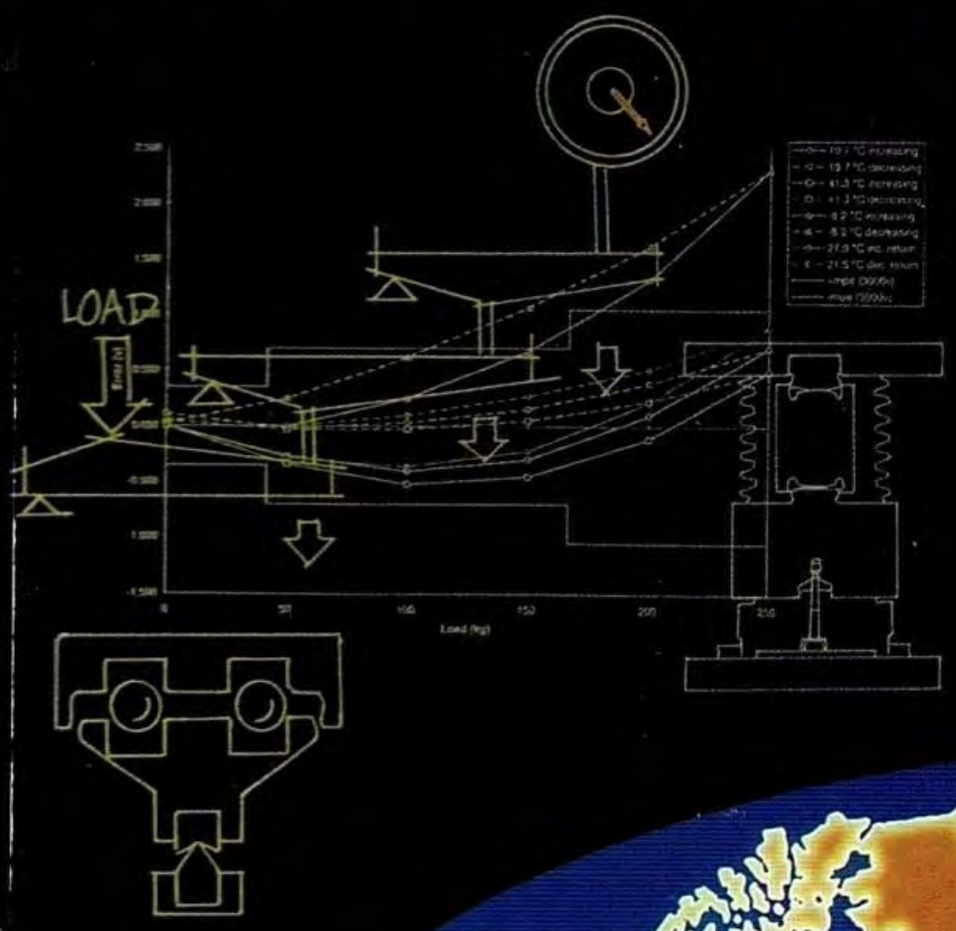
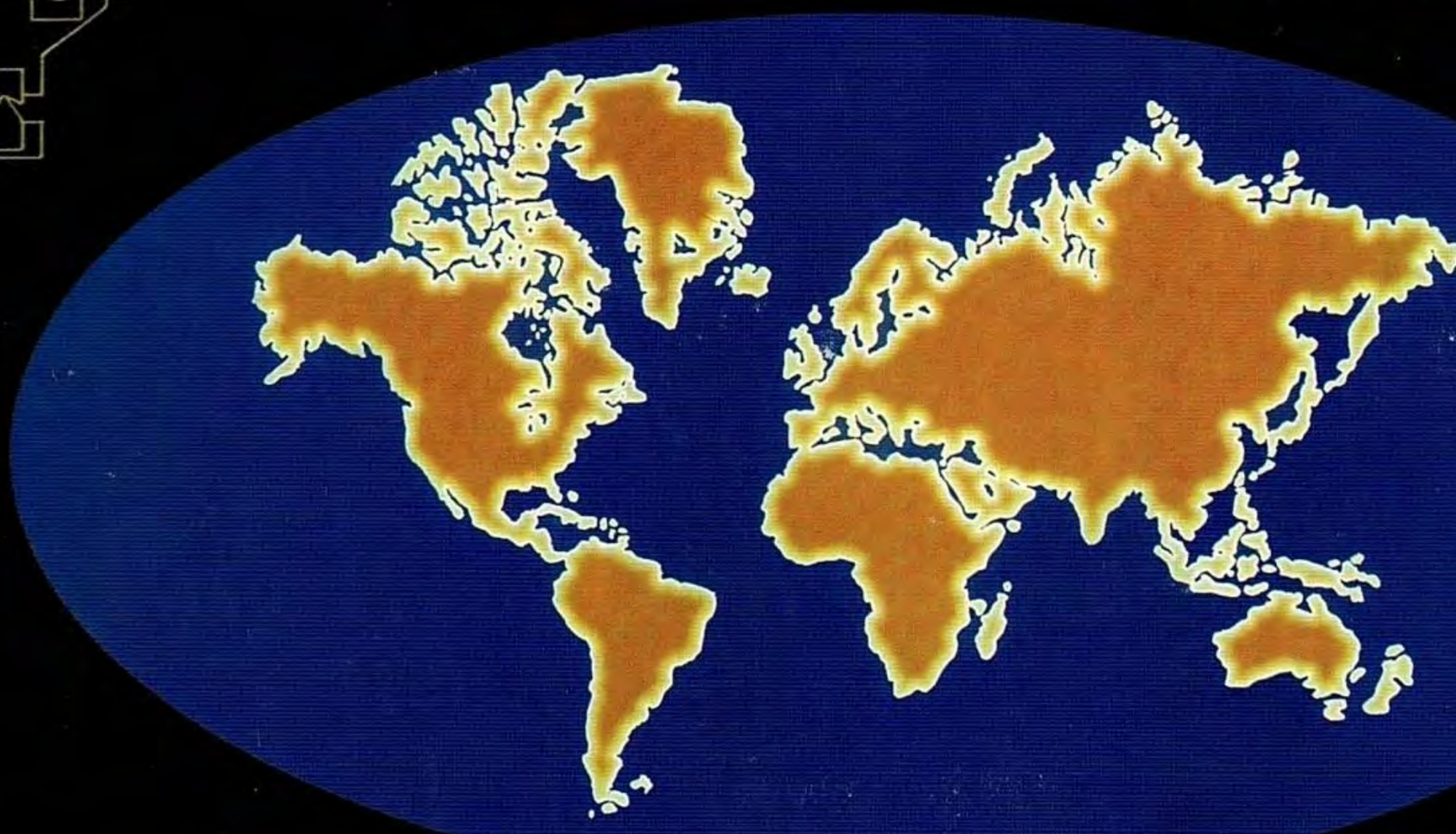
ชตว
CBWM

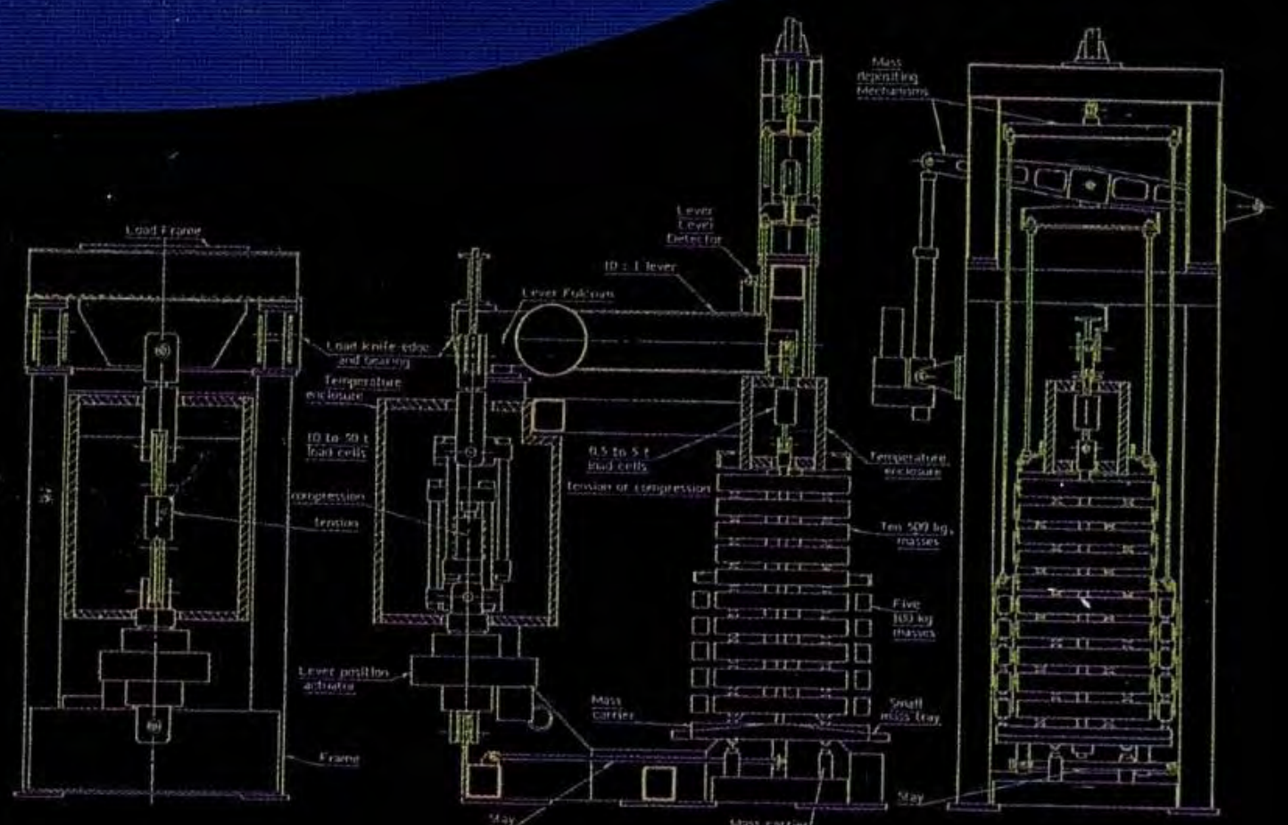
พิมพ์ครั้งที่ 2

การตรวจสอบต้นแบบ เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ

Pattern Approval of Nonautomatic Weighing Instruments



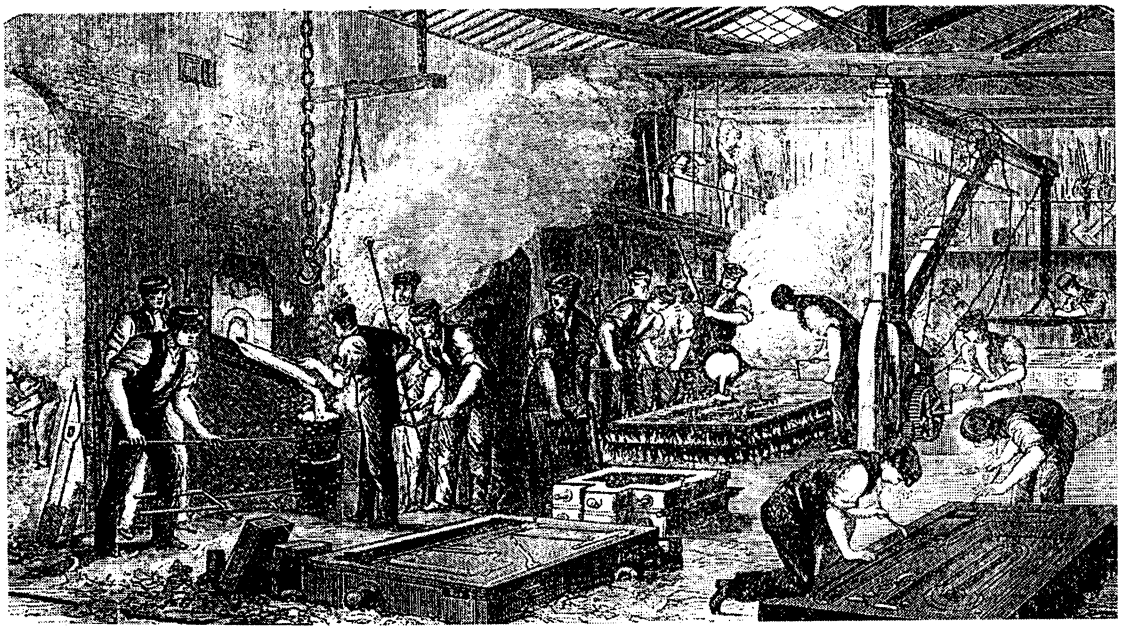




สำนักงานกลางชั่งตวงวัด
Central Bureau of Weights & Measures
กรมการค้าภายใน

การตรวจสอบต้นแบบ เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ

(Pattern Approval of Nonautomatic Weighing Instruments)



สำนักงานกลางชั่งตวงวัด

Central Bureau of Weights & Measures

การตรวจสอบต้นแบบ เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ

(Pattern Approval of Nonautomatic Weighing Instruments)

เรียบเรียงโดย

จรินทร สุทธนารักษ์

โสภณ โอภาสกิตติ

สาธิต ชูสุวรรณ

สำนักงานกลางชั่งตวงวัด

Central Bureau of Weights & Measures

คำนำ

เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Nonautomatic Weighing Instruments) มีบทบาทต่อการค้าขายทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศเป็นอย่างมาก การพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติได้เปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วตามความต้องการทางด้านการค้าและอุตสาหกรรม ดังนั้นการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติจึงเป็นเรื่องสำคัญและต้องทำความเข้าใจถึงวิธีการและเกณฑ์การตัดสินในการตรวจสอบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติดังกล่าว

องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยกฎหมายชั่งตวงวัด (International Organization of Legal Metrology; OIML) ซึ่งเป็นหน่วยงานสากลได้จัดทำข้อกำหนด OIML R76 (Nonautomatic Weighing Instruments Recommendation) เป็นแนวทางในการตรวจสอบต้นแบบของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Pattern Approval for Nonautomatic Weighing Instruments) โดยข้อกำหนดดังกล่าวเป็นที่ยอมรับทั้งจากผู้ผลิต ผู้ใช้งาน และหน่วยงานของรัฐของแต่ละประเทศที่ต้องดูแลรับผิดชอบอย่างกว้างขวาง ด้วยเหตุนี้กรมการค้าภายใน ในฐานะสำนักงาน-กลางชั่งตวงวัดที่รับผิดชอบงานชั่งตวงวัดจึงได้ให้มีการรวบรวมเรียบเรียงเรื่องดังกล่าวให้เหมาะสมและลำดับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติขึ้นเป็นหนังสือ “การตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Pattern Approval of Nonautomatic Weighing Instruments)” เพื่อผู้ปฏิบัติงานสามารถศึกษาค้นคว้าและใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ยังมุ่งหวังที่จะเผยแพร่ความรู้ดังกล่าวแก่ผู้ที่มีความสนใจทั่วไปด้วย

หวังว่าหนังสือเล่มนี้คงจะเป็นประโยนช์ต่อเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานด้านการตรวจสอบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติและผู้ที่เกี่ยวข้องตามสมควร

สำนักงานกลางชั่งตวงวัด
กรมการค้าภายใน

คำนำของผู้เรียบเรียง

จากการที่ผู้เรียบเรียงได้รับการฝึกอบรมหลักสูตรเรื่อง "The APLMF training workshops on the Implementation of OIML R76" ซึ่งเป็นการร่วมมือกันระหว่าง APLMF (Asia-Pacific Legal Metrology Forum) กับ NIM (National Institute of Metrology) สาธารณรัฐประชาชนจีน ณ นคร-เซี่ยงไฮ้ นั้น ผู้เรียบเรียงได้ตระหนักถึงความจำเป็นและเร่งด่วนในการที่สร้างความรู้ความเข้าใจของเจ้าหน้าที่ของรัฐให้ตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาเทคโนโลยีซึ่งประเทศอุตสาหกรรมได้ให้ความสนใจและได้ดำเนินการตรวจสอบต้นแบบของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Pattern Approval for Nonautomatic Weighing Instruments) กันเป็นเวลานานพอสมควรแล้ว และในบางประเทศอุตสาหกรรมได้เริ่มรณรงค์การสร้างเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของ OIML R76 (Nonautomatic Weighing Instruments) อีกด้วย ในแง่ของประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างประเทศไทยนับเป็นสิ่งที่ดีและได้รับผลประโยชน์อย่างมากหากเครื่องชั่งที่ส่งเข้ามาเพื่อขายภายในประเทศไทยเป็นรุ่น (Model) ที่ได้รับการการตรวจสอบต้นแบบแล้วโดยหน่วยงานของรัฐหรือหน่วยงานที่ได้รับการรับรองจากรัฐของประเทศผู้ผลิตเครื่องชั่งนั้นๆ สิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งประกันถึงขีดความสามารถและความน่าเชื่อถือตลอดจนความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัตินั้นๆ

หากเราหันมาพิจารณาถึงมูลค่าของสินค้าที่มีการซื้อขายและการเก็บภาษีอากรซึ่งมีมูลค่าเงินตรามหาศาลในแต่ละปีได้ผ่านเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติชนิดต่างๆและหลากหลายทั้งพิกัดกำลังสูงและต่ำ ด้วยเหตุนี้หากเครื่องชั่งที่ถูกใช้เป็นเครื่องมือสำหรับตีมูลค่าของสินค้าเป็นจำนวนเงินดังกล่าวนั้นมีความถูกต้องแม่นยำและน่าเชื่อถือแล้ว ผลประโยชน์ที่ประเทศชาติได้รับนั้นเกิดประโยชน์ทั้งในแง่ของสังคมและในแง่ของเศรษฐกิจประเทศ เนื่องจากเกิดความเป็นธรรมในการค้า, ลดการเอารัดเอาเปรียบระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขายในขณะเดียวกันรัฐก็สามารถจัดเก็บภาษีอากรได้ถูกต้องและเป็นจริง เป็นต้น

ภายในหนังสือเล่มนี้จึงแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักด้วยกัน ส่วนแรกจะเป็นการกล่าวถึงชนิดของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ, ส่วนประกอบ, หลักการทำงาน ขีดความสามารถและข้อจำกัดการใช้งาน เป็นการปูพื้นฐานให้ทราบถึงขอบเขตของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ อีกทั้งเกร็ดความรู้ในบางส่วนของเครื่องชั่งอัตโนมัติประเภทต่างๆ ส่วนที่ 2 เป็นการแปลเอกสาร OIML R76 (Nonautomatic Weighing Instruments) ซึ่งนับเป็นเอกสารที่ได้รับการยอมรับอย่างสูงในระดับนานาประเทศและเป็นเอกสารอ้างอิงในการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติอีกด้วย ส่วนที่ 3 ซึ่งเป็นส่วนสุดท้ายของเล่มนี้ได้ครอบคลุมการวางแผนและลำดับของการตรวจสอบต้นแบบ รวมทั้งขั้นตอนการทดสอบของแต่ละการทดสอบ

ทั้งนี้ต้องตระหนักด้วยว่าเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ฉะนั้นจำเป็นต้องยอมรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและเรียนรู้เพิ่มเติมอยู่ตลอดเวลา ผู้เรียบเรียงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่ข้าราชการชั่งตวงวัดและผู้ที่มีความสนใจ

ผู้เรียบเรียง

สารบัญ

บทที่ 1

บทนำ 1

เครื่องชั่งอัตโนมัติ (Automatic Weighing Instrument) 2

- เครื่องชั่งชนิดฮอพเพอร์ (Hopper) (Discontinuous totalising automatic weighing instrument หรือ Totalising hopper weighers) 4
- เครื่องชั่งขบวนรถไฟ (Automatic rail weighbridges หรือ Train weighing-in-motion weighbridges) 11
- เครื่องชั่งสายพานลำเลียง (Continuous totalising weighing instruments หรือ Belt weighers) 34

เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Non-automatic Weighing Instrument) 41

บทที่ 2

โครงสร้างเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ 43

(The Construction of Weighing Instruments)

เครื่องชั่งแบบกลไก (Mechanical Lever Weighing Instruments) 44

เครื่องชั่งไฮบริด (Hybrid Weighing Instruments) 49

เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิค (Electronic Weighing Instruments) 49

ส่วนประกอบของเครื่องชั่งพื้นฐาน (Basic components of weighing instruments) 55

ระบบคานในเครื่องชั่งแบบกลไก 56
(Levers in Mechanical Weighing Instruments)

โหลดเซลในเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิค 58
(Load Cells in Electronic Weighing Instruments)

- Resistance Strain Gauges 70
- วงจรวีทสโตนบริด (Wheatstone Bridge Circuit) 87
  - The deflection Method 87
  - The Null Method 88

สมรรถนะของโหลดเซล (Load Cell Performance) 96

ส่วนแสดงค่า (Weighing indicator) 106

- ตัวขยายสัญญาณ (Amplifiers) 107
- ตัวกรองสัญญาณย่านความถี่สูง (Low-pass filter) 108
- ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล (A/D Converter) 111
- แหล่งกำลังไฟฟ้าอ้างอิง (Reference power source)

จอแสดงค่า (Display) 123

ระบบโหลดเซล (Loadcell system) 127

- ระบบโหลดเซลแบบอนาล็อก (A common analogue system) 128
- ระบบโหลดเซลแบบดิจิตอล (A common digital system) 129

บทที่ 3

การจัดชั้นความเที่ยงเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ **137**

(Principles of Classification)

หมวดนิยาม (Terminology) (R76-1) 138

T.1 คำนิยามทั่วไป (General definitions) 138

T.2 โครงสร้างของเครื่องชั่ง (Construction of an instrument) 140

T.3 คุณสมบัติทางชั่งตวงวัดของเครื่องชั่ง 143

T.4. คุณสมบัติทางชั่งตวงวัด 145
(Metrological properties of an instrument)

T.5 การแสดงค่าและผลผิด (Indications and Errors) 145

T.6 สภาวะอ้างอิงและสภาวะเงื่อนไขอื่นๆ 149
(Influences and Reference Conditions)

T.7 การทดสอบสมรรถนะ (Performance Test) 150

1.(R76-1) ขอบเขตและจุดประสงค์ (Scope) 151

2.(R76-1) หลักการ (Principles of the Recommendation) 151

3.(R76-1) ข้อกำหนดทางชั่งตวงวัด (Metrological requirements) 152

3.1 (R76-1) หลักการแบ่งชั้นความเที่ยง 152
(Principles of classification)

3.2 (R76-1) การแบ่งชั้นเครื่องชั่ง 153
(Classification of instruments)

3.3 (R76-1) ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับ 155
เครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตราได้
(Additional requirements for multi-interval instruments)

3.4 (R76-1) ส่วนแสดงค่าช่วยเสริม 160
(Auxiliary indicating devices)

3.5 (R76-1) อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด 162
(Maximum permissible errors)
3.6 (R76-1) ความแตกต่างของผลการทดสอบที่ยอมให้ได้ 167
(Permissible differences between results)
3.7 (R76-1) แบบมาตราสำหรับการตรวจสอบให้คำรับรอง 168
(Verification standards)
3.8 (R76-1) ดิสคริมิเนชั่น (Discrimination) 170
3.9 (R76-1) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่างๆ 170
และเวลาต่อสมรรถนะของเครื่องชั่ง
(Variations due to influence quantities and time)
3.10 (R76-1) การทดสอบต้นแบบ (Pattern evaluation tests) 174

บทที่ 4

ข้อกำหนดทางเทคนิคเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ 175

(Technical Requirements For Non-Automatic Weighing Instruments)

4 (R76-1) ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าได้เอง 176
หรือกึ่งแสดงค่าได้เอง(Technical requirements for a self- or
semi-self-indicating instrument)
4.1 (R76-1) ข้อกำหนดทั่วไปของโครงสร้างเครื่องชั่ง 177
(General requirement of construction)
4.2 (R76-1) การแสดงค่าของผลการชั่ง 178
(Indication of weighing results)
4.3 (R76-1) ส่วนแสดงค่าแบบอนาล็อก 180
(Analogue indicating device)
4.4 (R76-1) ส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลและส่วนพิมพ์ค่า 182
(Digital indicating and printing devices)
4.5 (R76-1) ส่วนตั้งศูนย์และส่วนรักษาศูนย์ 184
(Zero-setting and zero-tracking devices)
4.6 (R76-1) ส่วนทดน้ำหนัก (Tare device) 185
4.7 (R76-1) ส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า 187
(Preset tare device)
4.8 (R76-1) ตำแหน่งที่ล็อค 188
(Locking position)

4.9 (R76-1) ส่วนตรวจรับรองช่วยเสริม 189
(แบบเคลื่อนย้ายได้หรือแบบติดตั้งกับที่)
(Auxiliary verification devices (removable or fixed))
4.10 (R76-1) การเลือกช่วงการชั่งของ 189
เครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง
(Selection of weighing ranges on multiple range instruments)
4.11 (R76-1) ส่วนสำหรับเลือกหรือสลับระหว่าง 190
หลายส่วนรับน้ำหนักและหลายส่วนส่งผ่านน้ำหนักกับ
หลายส่วนชั่งน้ำหนัก (Devices for selection (or switching)
between various load receptors-load transmitting devices
and various load measuring devices)
4.12 (R76-1) ข้อกำหนดสำหรับโหลดเซล 190
(Requirement for load cells)
4.13 (R76-1) เครื่องชั่งเปรียบเทียบ "บวก" และ "ลบ" 192
("Plus" and "minus" comparator instrument)
4.14 (R76-1) เครื่องชั่งสำหรับใช้ชั่งเพื่อการซื้อขาย 193
ต่อสาธารณะโดยตรง (Instrument for direct sales to the public)
4.15 (R76-1) ข้อกำหนดเพิ่มเติมของเครื่องชั่งสำหรับใช้ชั่ง 195
เพื่อการซื้อขายต่อสาธารณะโดยตรงที่มีส่วนแสดงราคา
(Additional requirements for an instrument for direct sales
to the public with price indication)
4.16 (R76-1) เครื่องชั่งที่คล้ายกับเครื่องชั่งสำหรับใช้ชั่ง 197
เพื่อการซื้อขายต่อสาธารณะโดยตรง
4.17 (R76-1) เครื่องชั่งพิมพ์ราคาได้ (Price-labeling instrument) 198
4.18 (R76-1) เครื่องชั่งแบบนับด้วยกลไกที่มีส่วนรับน้ำหนักเดียว 198
(Mechanical counting instrument with unit-weight receptor)
5. (R76-1) ข้อกำหนดสำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค (Requirements for electronic instruments) 198
5.1 (R76-1) ข้อกำหนดทั่วไป 198
(General requirements)
5.2 (R76-1) การแก้ไขเมื่อมีความผิดที่มีนัยสำคัญ 199
(Acting upon significant Faults)
5.3 (R76-1) ข้อกำหนดการทำงานของเครื่อง 199
(Functional requirements)
5.4 (R76-1) การทดสอบสมรรถนะ และ การทดสอบเสถียรภาพ 202
ของช่วงการชั่ง (Performance and span stability tests)

6. (R76-1) ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าเองไม่ได้ 203
(Technical requirements for a non-self indicating instrument)
6.1 (R76-1) ความรู้สึกน้อยที่สุด (Minimum sensitivity) 203
6.2 (R76-1) "วิธีการที่ยอมรับ" สำหรับส่วนแสดงค่า (Acceptable solutions for indicating devices) 204
6.3 (R76-1) เงื่อนไขของโครงสร้างเครื่องชั่ง (Conditions of construction) 205
6.4 (R76-1) เครื่องชั่งสองแขนเท่ากัน (Simple equal arm beam) 206
6.5 (R76-1) คันชั่งอัตราส่วนการชั่ง 1/10 (Simple 1/10 ratio beam) 207
6.6 (R76-1) เครื่องชั่งจีน(Simple sliding poise instrument, steelyard) 207
6.7 (R76-1) เครื่องชั่งโรเบอร์วัลและเบแรงเกอร์ (Roberval and Beranger instruments) 209
6.8 (R76-1) เครื่องชั่งที่มี platforms เป็นอัตราส่วน (Instruments with ratio platforms) 210
6.9 (R76-1) เครื่องชั่งที่มีส่วนชั่งน้ำหนักเป็นตุ้มเลื่อน (Instrument with a load-measuring device with accessible sliding poises (of the steelyard type) 210

บทที่ 5
การแสดงเครื่องหมายและการกำกับดูแลเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ 213
(Marking of an Instrument and Metrological controls for Non-Automatic Weighing Instruments)

7. (R76-1) การแสดงเครื่องหมายของเครื่องชั่ง (Marking of an instrument) 214
7.1 (R76-1) รายระเอียดการแสดงเครื่องหมาย (Descriptive markings) 214
7.2 (R76-1) เครื่องหมายการให้คำรับรอง (Verification marks) 217
8. (R76-1) การกำกับดูแลทางชั่งตวงวัด (Metrological Control) 217
8.1 (R76-1) ความรับผิดชอบงานกำกับดูแลทางชั่งตวงวัด (Liability to Metrological) 217
8.2 (R76-1) การตรวจสอบต้นแบบ (Pattern Approval) 218
8.3 (R76-1) การตรวจสอบให้คำรับรองชั้นแรก (Initial verification) 220
8.4 (R76-1) การควบคุมทางชั่งตวงวัดในระยะเวลาต่อไป (Subsequent metrology control) 221

บทที่ 6

ขั้นตอนการทดสอบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ; ภาคผนวก A และ ภาคผนวก B 223

(Testing Procedures For Non-Automatic Weighing Instruments); ANNEX A and ANNEX B

ANNEX A (R76-1) ขั้นตอนการทดสอบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ 224

(TESTING PROCEDURES FOR NONAUTOMATIC WEIGHING INSTRUMENTS)

A.1 (R76-1) งานการจัดการเอกสาร (Administrative examination, 8.2.1) 224

A.2 (R76-1) การเปรียบเทียบเครื่องชั่งจริงกับข้อความในเอกสาร (Compare construction with documentation, 8.2.2) 224

A.3 (R76-1) เริ่มทำการทดสอบ (Initial examination) 224

A.4 (R76-1) การทดสอบสมรรถนะ (Performance tests) 224

A.5 (R76-1) การพิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องชั่ง (Influence factors) 236

A.6 (R76-1) การทดสอบความคงทน (ทดสอบเฉพาะเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III และ IIII ที่มีค่าพิกัดกำลังสูงสุด $\leq$ 100 กก.) (Endurance test, 3.9.4.3) 240

ANNEX B (Mandatory) (R76-1) การทดสอบเพิ่มเติมสำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค 241

(ADDITIONAL TESTS FOR ELECTRONIC INSTRUMENTS)

B.1 (R76-1) ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคภายใต้การทดสอบ (General requirements for electronic instruments under test (EUT) 241

B.2 (R76-1) การทดสอบสมรรถนะเมื่ออยู่ภายใต้ปัจจัยอิทธิพลต่างๆ (Performance tests for influence factors) 241

B.3 (R76-1) การทดสอบสมรรถนะเมื่อได้รับการรบกวน (Performance tests for disturbances) 242

B.4 (R76-1) การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test) 245

บทที่ 7

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ 249

(Sequence of Pattern Approval Testing for Non-Automatic Weighing Instruments)

แผนการทำงาน (Work Planner) 250

บทที่ 8

6 วิธีการทดสอบมาตรฐานและการเตรียมการทดสอบต้นแบบ 261

(6 Standard Procedures and Preparation of the instruments for testing)

วิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1: 262
การประเมินค่าผลผิดโดยการใช้วิธีการหาตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Evaluation of Error by the Changeover Method)

วิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2: 267
การตั้งศูนย์ก่อนทำการวางน้ำหนักทดสอบ (Setting to Zero before Loading)

วิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3: 270
การทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test)

วิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 4: 270
การทดสอบการชั่ง (Weighing Test)

วิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5: 272
การหาสถานะของการทำงานของการตั้งศูนย์อัตโนมัติและการรักษาศูนย์ (How to Determine the Status of Automatic Zero Setting and Zero Tracking)

วิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6: 274
การทดสอบการชั่งเพิ่มเติม (Supplementary Test)

ข้อกำหนดในการทดสอบ (Testing Requirements) 275

1. แบบมาตราในการตรวจรับรอง (Verification standards) 275
2. เครื่องวัดอุณหภูมิ ความดัน และความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature, barometric pressure and humidity) 277
3. เงื่อนไขทั่วไป (Performance tests) ซึ่งกำหนดไว้ในข้อกำหนด A.4.1 277
4. สภาวะเงื่อนไขทั่วไปสำหรับห้องควบคุมสภาวะแวดล้อม 278

การเตรียมการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Preparation of the instrument for testing) 279

บทที่ 9

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 1 287

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 1 288
ช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (Initial Zero - Setting Range); A.4.2.1.1
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/1 293
ช่วงการตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติ (Non-Automatic and Semi-automatic Zero - Setting Range); A.4.2.1.2
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/2 295
ช่วงการตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic Zero - Setting Range); A.4.2.1.3
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/3 298
ช่วงการรักษาศูนย์ (Zero – tracking Range); A.4.5.1 และ 4.5.7
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/4 302
ส่วนแสดงศูนย์ (Zero – indicating Device); A.4.2.2
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/5 306
ความถูกต้องของการตั้งศูนย์ (Accuracy of Zero Setting); A.4.2.3
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/6 307
ความเร็วของการรักษาศูนย์ (Speed of Zero Tracking); 4.5.5 และ 4.5.7

บทที่ 10
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 3 313
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 4

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 3/1 314
การทดสอบดิสคริมิเนชั่น (Discrimination test, 3.8); A.4.8
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 3/2 319
การทดสอบหาความรู้สึก (Sensitivity, 6.1); A.4.9
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 4 323
การทดสอบการเยื้องศูนย์ (Eccentricity test, 3.6.2) ; A.4.7

บทที่ 11
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 5 335
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 5 336
การทดสอบหาผลผิดแฝงเริ่มต้น (Determination of Initial Intrinsic Error); A.4.4 และ A.4.5

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 345
การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4

บทที่ 12
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 7 359
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 8

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 7 360
การเปลี่ยนแปลงการแสดงค่าเมื่อเทียบกับเวลาที่เปลี่ยนไป (เฉพาะสำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III, หรือ IIII) (Variation of indication with time (for instruments of class II, III, IIII only); A.4.11
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 8 369
การทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability test, 3.6.1); A.4.10

บทที่ 13
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 9 375
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 11

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 9/1 376
การทดสอบการชั่งการทดน้ำหนัก (Tare Weighing test, 3.5.3.3); A.4.6.1
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 9/2 390
ส่วนทดน้ำหนักไม่อัตโนมัติ(Non- automatic Tare Setting Device)และ
ส่วนทดน้ำหนักกึ่งอัตโนมัติ(Semi-automatic Tare Setting Device); A.4.6.2.1
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 9/3 391
ส่วนทดน้ำหนักอัตโนมัติ (Automatic Tare Setting Device) ; A.4.6.2.2
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 9/4 392
ส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (Preset Tare Setting Device); A.4.6.2.3
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10 393
การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 11 396
การทดสอบเวลาที่ใช้ในการอุ่นเครื่อง (Warm-up time test, 5.3.5); A.5.2

บทที่ 14

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 12 401
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 13

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 12 402
การทดสอบความมั่นคงของสมดุล (Test for the stability of equilibrium); A.4.12 (4.4.2)
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 13 412
การเอียง (Tilting, A.5.1)

บทที่ 15

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 14 421
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 15 และ 16
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 17, 18, 19, 20 และ 21

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 14 422
การเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้า (Voltage variations, A.5.4); 3.9.3
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 15 และ 16 428
การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 17, 18, 19, 20 และ 21 431
การทดสอบการชั่งเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง หรือ
การทดสอบทางอุณหภูมิ (Temperature tests, A.5.3)

บทที่ 16

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 22 445
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 23
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 24

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 22 446
การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 23 449
การทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state); B.2.2

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 24 457
การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4

บทที่ 17

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 25 **461**
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 26
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 27
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 28

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 25 462
การลดกำลังไฟฟ้าเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ (Short time power reductions, B.3.1)
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 26 468
การเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่ง (Electrical Bursts, B.3.2)
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 27 478
การปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge, B.3.3)
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 28 490
การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4

บทที่ 18

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 29 **495**
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 30
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 31

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 29 496
ภูมิต้านทานต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Immunity to radiated electromagnetic fields, B.3.4)
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 30 504
การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 31 507
การทดสอบความคงทน (ทดสอบเฉพาะเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III และ IIII ที่มีค่าพิกัดกำลังสูงสุด $\leq$ 100 กก.)(Endurance test, A.6); 3.9.4.3

ศัพท์ในงานด้านชั่งตวงวัด 515
เอกสารอ้างอิง 529

บทที่ 1
บทนำ

เนื้อหาครอบคลุม

1 บทนำ

2 เครื่องชั่งอัตโนมัติ (Automatic Weighting Instruments)

3 เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Non-Automatic Weighting Instruments)

ในปัจจุบันการติดต่อค้าขายระหว่างบริษัท องค์กร หรือระหว่างประเทศ มักจะมีปัญหาอุปสรรคอันเนื่องการใช้เครื่องชั่งที่มีคุณสมบัติและความถูกต้องแม่นยำ ตลอดจนมาตรฐานของเครื่องชั่งที่แตกต่างกัน ความน่าเชื่อถือซึ่งกันและกันในเครื่องชั่งที่ใช้งานอยู่จึงต้องได้รับการพัฒนาให้เป็นที่ยอมรับซึ่งกันและกันเพื่อเสริมสร้างปริมาณการค้าขายให้สูงมากขึ้น นั่นหมายถึงเงินตราซึ่งได้มาสำหรับการพัฒนาสังคม และเศรษฐกิจของประเทศนั้นด้วยเช่นกัน

จากการที่เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารและการคมนาคมได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วและสะดวกขึ้น ทั้งระหว่างประเทศและภายในประเทศ ส่งผลให้การดำเนินธุรกิจและการค้าขายดำเนินไปภายใต้โลกซึ่งดูเหมือนจะเล็กลงไปทุกวันนั้น สินค้าที่ได้ทำการแลกเปลี่ยนซื้อขายกันนั้น ก็มีรูปแบบหลากหลายทั้งสินค้าเกษตรกรรมและสินค้าอุตสาหกรรม การสร้างระบบมาตรฐานเครื่องชั่งเดียวกันและเป็นที่ยอมรับซึ่งกันจึงเป็นเรื่องช่วยเสริมสร้างความเป็นธรรมในการค้า ไม่ว่ากับประเทศที่เจริญแล้วหรือประเทศที่กำลังพัฒนารวมทั้งประเทศด้อยการพัฒนาอีกด้วย ด้วยตระหนักในเรื่องดังกล่าวจึงได้พยายามรวบรวมและเรียบเรียงเนื้อหาในเรื่องเกี่ยวกับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ(Non-Automatic Weighting Instrument)

จากคำนิยาม**เครื่องชั่ง (Weighting Instrument)** ของ OIML R76-1, 1992 คือ เครื่องมือวัดซึ่งทำหน้าที่หาค่ามวลของวัตถุโดยการใช้ผลของแรงโน้มถ่วงกระทำต่อวัตถุนั้นๆ นอกจากนี้เครื่องมือดังกล่าวอาจมีความสามารถหาค่าอื่นๆได้เช่น จำนวนปริมาณ, ขนาดสูงสุด (magnitudes) หรือตัวแปรหรือคุณสมบัติต่างๆที่เกี่ยวข้องกับมวลของวัตถุนั้นๆ ด้วยหลักการทำงานดังกล่าวทำให้เราสามารถแยกประเภทของเครื่องชั่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

- เครื่องชั่งอัตโนมัติ (Automatic Weighting Instrument)
- เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Non-Automatic Weighting Instrument)

เครื่องชั่งอัตโนมัติ (Automatic Weighting Instrument)

เครื่องชั่งอัตโนมัติ คือ เครื่องชั่งที่ทำการชั่งโดยไม่ต้องอาศัยผู้ชั่ง ในขณะทำการชั่งและสามารถทำงานตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

เครื่องชั่งอัตโนมัติ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือเครื่องชั่งที่มีระบบการชั่งแบบต่อเนื่องหรือเครื่องชั่งสายพานลำเลียงและเครื่องชั่งที่มีระบบการชั่งอัตโนมัติแบบไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous automatic weighing instrument)

เครื่องชั่งสายพานลำเลียง (Continuous totalizing automatic weighing instruments (Belt Weighers)) คือ เครื่องชั่งที่มีส่วนชั่งน้ำหนักสัมผัสกับสายพานลำเลียง เพื่อใช้ชั่งน้ำหนักและวัดความเร็วของสิ่งของที่ลำเลียงมากับสายพานผ่านส่วนชั่งน้ำหนัก และสามารถรวมน้ำหนักสิ่งของที่ผ่านส่วนชั่งน้ำหนักทั้งหมดได้

เครื่องชั่งที่มีระบบการชั่งอัตโนมัติแบบไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous automatic weighing instrument) คือ เครื่องชั่งที่สามารถใช้ชั่งสิ่งของที่มีปริมาณมากๆ โดยมีระบบการแบ่งปริมาณของสิ่งของตามปริมาณที่กำหนดเพื่อชั่งเป็นครั้งๆ

หากพิจารณาตามเอกสารของ OIML (International Organisation of Legal Metrology) เราอาจสามารถแบ่งเครื่องชั่งอัตโนมัติออกเป็น

OIML R50-1, 1997 Continuous totalizing automatic weighing instruments (Belt Weighers)

OIML R51-1, 1996 Automatic catchweighing instruments

OIML R61-1, 1996 Automatic gravimetric filling instruments

OIML R106-1, Automatic rail-weighbridges

OIML R107-1, Discontinuous totalizing automatic weighing instruments (totalizing hopper weighers)

ในที่นี้ เราจะพิจารณาเครื่องชั่งอัตโนมัติซึ่งใช้ในการขนส่งและชั่งน้ำหนักคราวละมากๆ จากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่ง โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่ใช้กับเครื่องชั่งชนิดนี้จะเป็น

- ถ่านหิน (coal)
- ธัญพืช เช่น ข้าวสาลี, ข้าว barley, ข้าวสารทั่วไป เป็นต้น
- แร่หิน (iron ore)
- ทราย, กรวด (gravel) เป็นต้น
- Alumina

สำหรับเครื่องชั่งอัตโนมัติซึ่งใช้ชั่งผลิตภัณฑ์คราวละจำนวนมากซึ่งนิยมใช้กันวงการอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ได้แก่

- เครื่องชั่งชนิด Hopper (discontinuous totalising automatic weighing instrument หรือ totalising hopper weighers); **OIML R107-1**
- เครื่องชั่งสายพานลำเลียง (continuous totalising weighing instruments หรือ belt weighers); **OIML R50-1, 1997**
- เครื่องชั่งขบวนรถไฟ (automatic rail weighbridges หรือ train weighing-in-motion weighbridges); **OIML R106-1**

แต่อย่างไรก็ตามไม่ว่าเครื่องชั่งอัตโนมัติชนิดใดหลังจากทำการติดตั้งไปแล้วย่อมมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไปเช่นกัน เช่น

1. ความแม่นยำของเครื่องชั่ง (Accuracy of weighing) เราพบว่าเครื่องชั่งชนิด Hopper จะให้ผลการชั่งได้แม่นยำสูงกว่าเครื่องชั่งสายพานลำเลียง

2. ความรวดเร็วของขั้นตอนการชั่ง (Speed of operation) เครื่องชั่งสายพานลำเลียงสามารถทำงานและให้ผลการชั่งภายใต้ระยะเวลาที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องชั่งชนิด Hopper ที่ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ต้องการชั่งที่เท่ากัน

3. เนื้อที่สำหรับการติดตั้งเครื่องชั่ง โดยทั่วไปเครื่องชั่งสายพานลำเลียงจะต้องการพื้นที่สำหรับการติดตั้งน้อยกว่าเครื่องชั่งชนิด Hopper

4. ราคาค่าใช้จ่ายของการติดตั้ง ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องชั่งอัตโนมัติแต่ละชนิดนั้นอาจทำการเปรียบเทียบได้ด้วยความลำบากทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของระบบการทำงานเครื่องชั่งอัตโนมัติด้วยเช่นกัน

5. ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบให้คำรับรอง (Cost of verification) เราพบว่าเครื่องชั่งขบวนรถไฟมีต้นทุนสำหรับเครื่องมืออุปกรณ์ รวมทั้งระยะเวลาการทำงานที่ค่อนข้างสูงกว่าเครื่องชั่งอัตโนมัติชนิดอื่นๆ

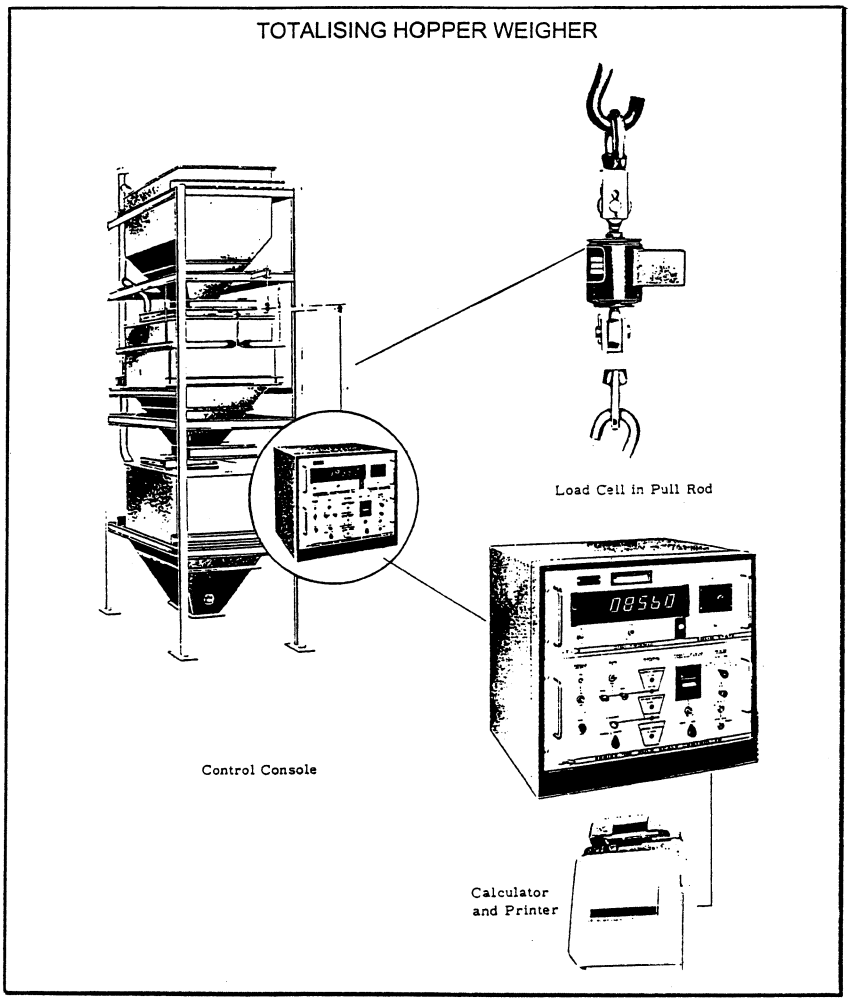
6. ระบบควบคุมการชั่ง (Control of the weighing) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของระบบการชั่งของเครื่องชั่งอัตโนมัติ นั้นคือ เครื่องชั่งชนิด Hopper สามารถควบคุมน้ำหนักได้ตามต้องการในแต่ละครั้ง ในขณะที่เครื่องชั่งขบวนรถไฟเพียงสามารถทราบน้ำหนักหลังจากบรรจุลงขบวนรถไฟและทำการชั่งไปแล้วด้วยเหตุนี้จึงไม่สามารถควบคุมน้ำหนักได้ตามที่ต้องการได้ให้แม่นยำ

7. อิทธิพลของการสั่นสะเทือนต่อเครื่องชั่งอัตโนมัติ พบว่าเครื่องชั่งอัตโนมัติส่วนใหญ่มักจะได้รับอิทธิพลจากการสั่นสะเทือนของชิ้นส่วนกลไกซึ่งทำงานร่วมกันกับเครื่องชั่งอัตโนมัติ

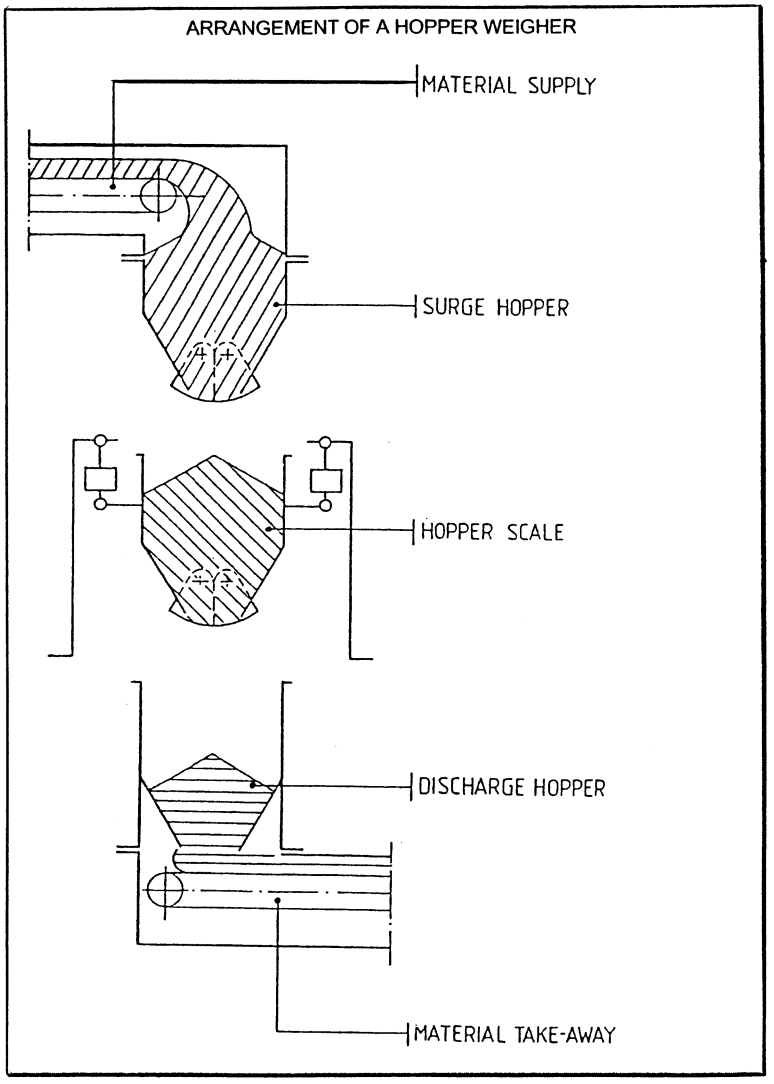
ด้วยเหตุนี้ในการติดตั้งต้องกระทำด้วยความระมัดระวังและตรวจสอบแก้ไขในระหว่างทดสอบการทำงานของเครื่องชั่งอัตโนมัติดังกล่าวด้วย

เครื่องชั่งชนิดฮอพเพอร์ (Hopper) (Discontinuous totalising automatic weighing instrument หรือ Totalising hopper weighers)

เครื่องชั่งชนิดนี้เป็นเครื่องชั่งซึ่งทำงาน มีฮอพเพอร์ (hopper) ติดตั้งอยู่บนกลไกของเครื่องชั่ง โดยวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการชั่งถูกลำเลียงป้อนลงฮอพเพอร์ ส่วนใหญ่จะใช้ระบบสายพานลำเลียงในการป้อนวัสดุดังกล่าว การทำงานของเครื่องชั่งชนิดนี้จะดำเนินการชั่งในสภาวะที่เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุล หลังจากนั้นก็จะทำการปล่อยวัสดุดังกล่าวออกจากฮอพเพอร์เพื่อทำการลำเลียงออกไปสู่สถานที่ต้องการต่อไป ดูรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 ลักษณะทั่วไปของเครื่องชั่งฮอพเพอร์ (Totalising hopper weighers)



Arrangement of a hopper weigher

รูปที่ 2 การจัดเรียงลำดับส่วนการทำงานของเครื่องชั่งฮอพเพอร์

ในรูปที่ 2 และ 3 จะเห็นได้ว่าระบบของเครื่องชั่งชนิดนี้ประกอบด้วย 3 ฮอพเพอร์ คือ ฮอพเพอร์จ่าย (supply hopper), ฮอพเพอร์ชั่ง (weighing hopper) และ ฮอพเพอร์รับ (receiving hopper) มีขั้นตอนการทำงานของในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1) สายพานทำการลำเลียงวัสดุจากแหล่งสินค้าคงคลัง เช่น โกดัง หรือไซโล ลำเลียงเพื่อทำการป้อนวัสดุเข้าเครื่องชั่งชนิดฮอพเพอร์

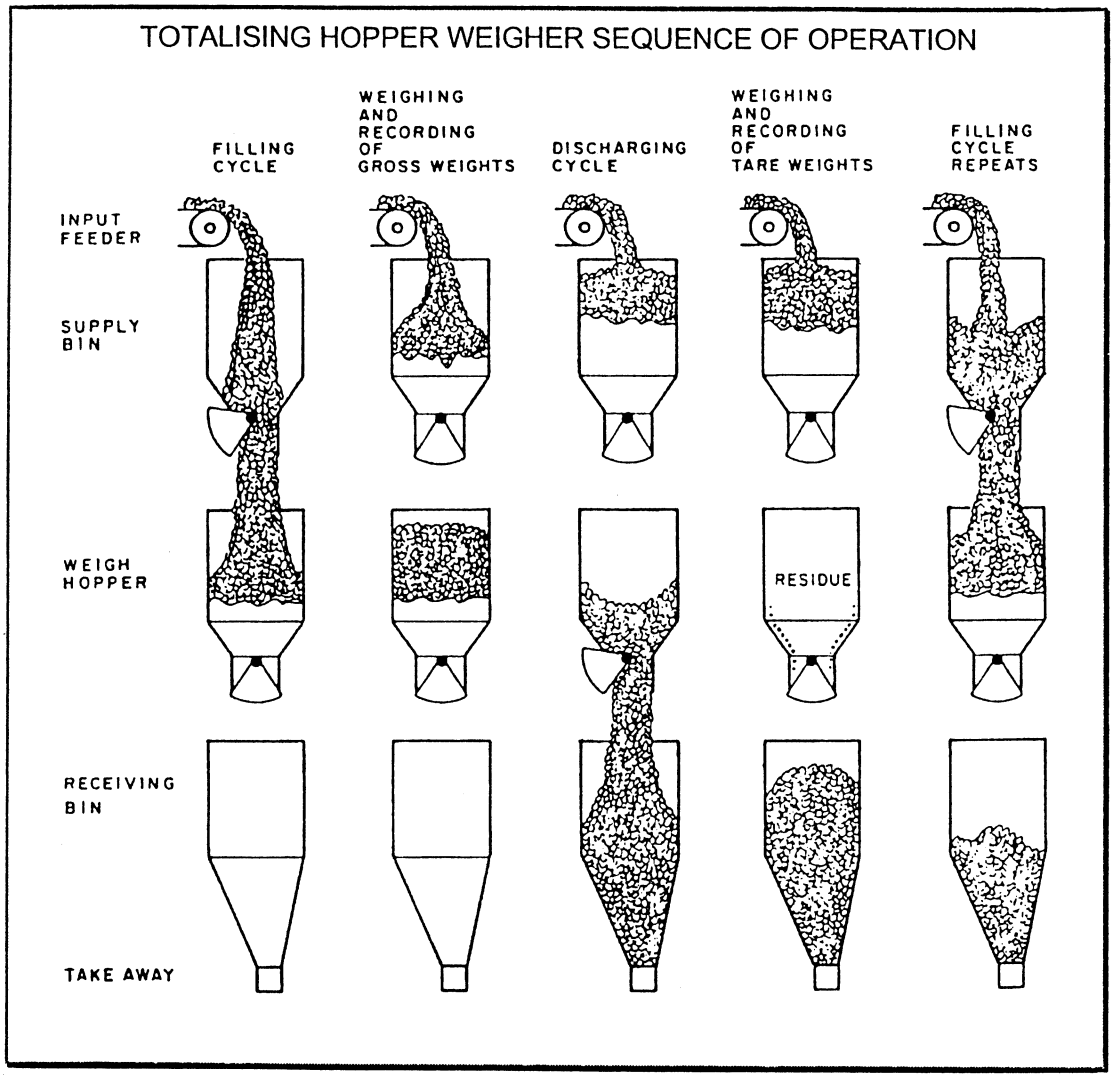
2) ทำการชั่งและบันทึกผลการชั่ง ค่าน้ำหนักรวม ("gross weight")

3) หลังจากทำการบันทึกผลแล้ว เครื่องชั่งชนิดฮอพเพอร์ก็จะดำเนินการถ่ายวัสดุออกจากตัวฮอพเพอร์

4) เครื่องชั่งจะทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้งทันทีที่ถ่ายวัสดุออกจากฮอพเพอร์หมด ทั้งนี้ก็เพื่อตรวจสอบค่าน้ำหนักที่ตกค้างอยู่ภายในเครื่องชั่งและบันทึกค่าดังกล่าว

5) จากนั้นทำการป้อนวัสดุเข้าฮอพเพอร์ได้ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งวงจรดังกล่าวจะดำเนินซ้ำไปอย่างนี้เรื่อยๆ

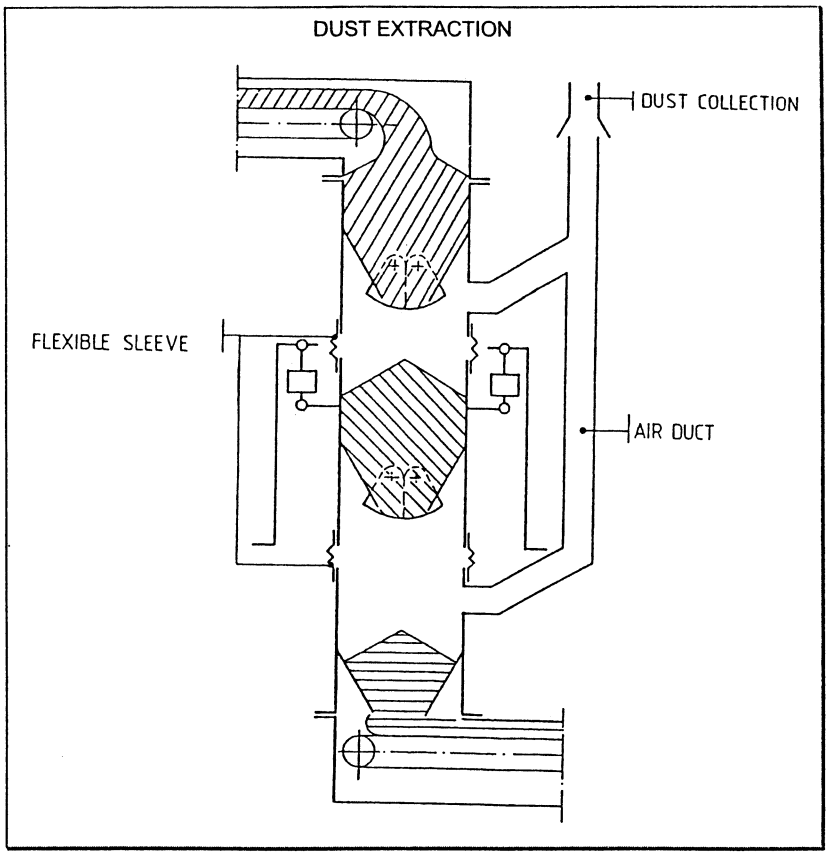
6) ในขณะเดียวกันเครื่องชั่งจะทำการหาน้ำหนักสุทธิสำหรับการชั่งแต่ละรอบ โดยนำค่าน้ำหนักที่วัดได้ในขั้นตอนชั่งลบด้วยน้ำหนักที่ตกค้าง และทำการรวมค่าน้ำหนักทั้งหมดที่ได้ดำเนินการชั่งตลอดช่วงระยะเวลาการชั่งเสร็จสิ้น



Totalising hopper weigher sequence of operation

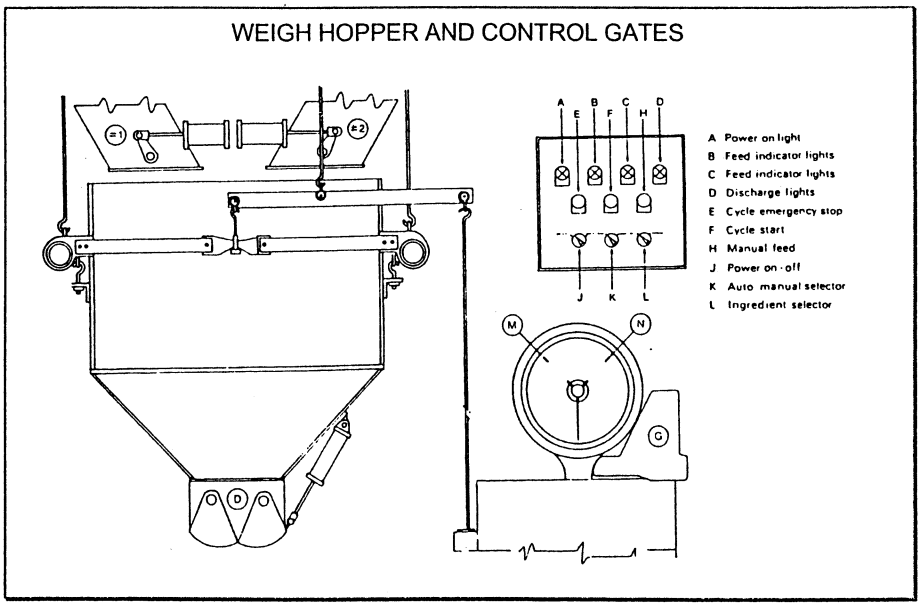
รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องชั่งฮอพเพอร์

ในภาคอุตสาหกรรมพบว่าเครื่องชั่งชนิดฮอพเพอร์มักจะมีการซีลระบบทั้งนี้ก็เพื่อสามารถควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองที่อาจเกิดขึ้น ดูรูปที่ 4 ในขณะเดียวกันยังมีผลดีต่อความแม่นยำของเครื่องชั่งชนิดนี้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามก็ต้องตระหนักผลกระทบของระบบซีลดังกล่าวอีกด้วยเนื่องจากความแตกต่างของความดันภายในระบบซีลระหว่างระบบชั่งแต่ละระบบอาจจะกระทบต่ออีกระบบหนึ่งได้เช่นกัน

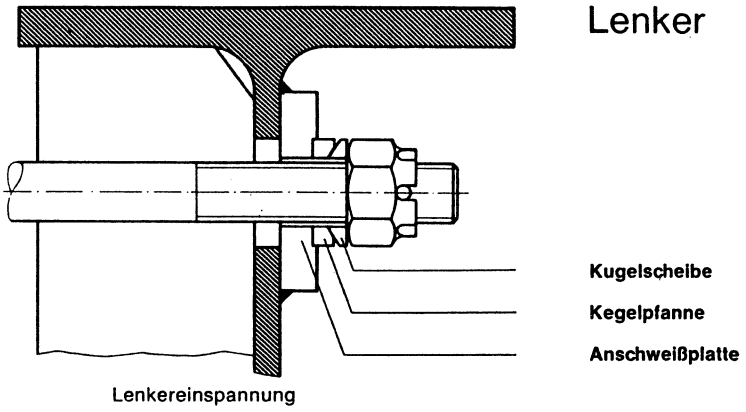


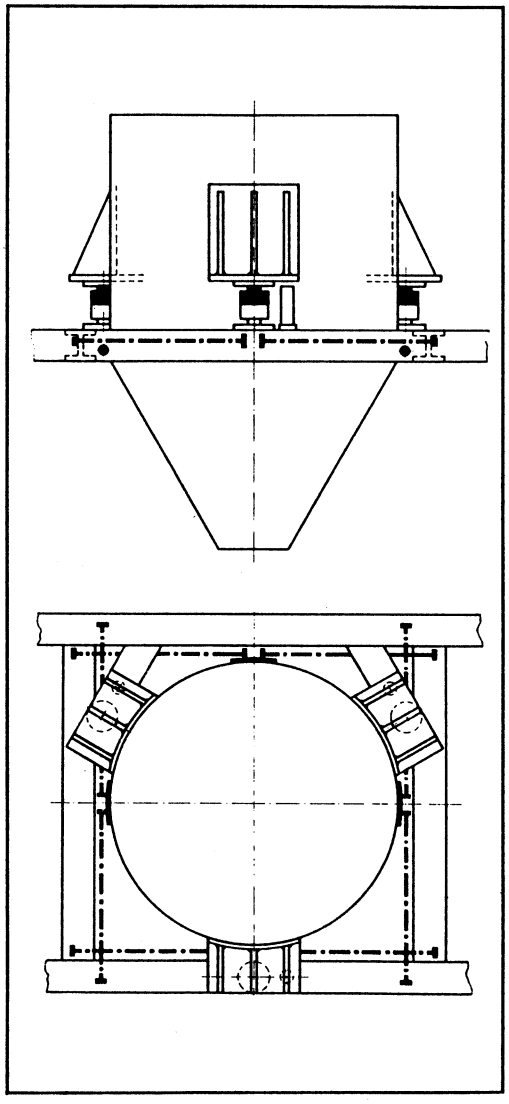
Dust extraction

รูปที่ 4 ระบบดักฝุ่นของเครื่องชั่งฮอพเพอร์



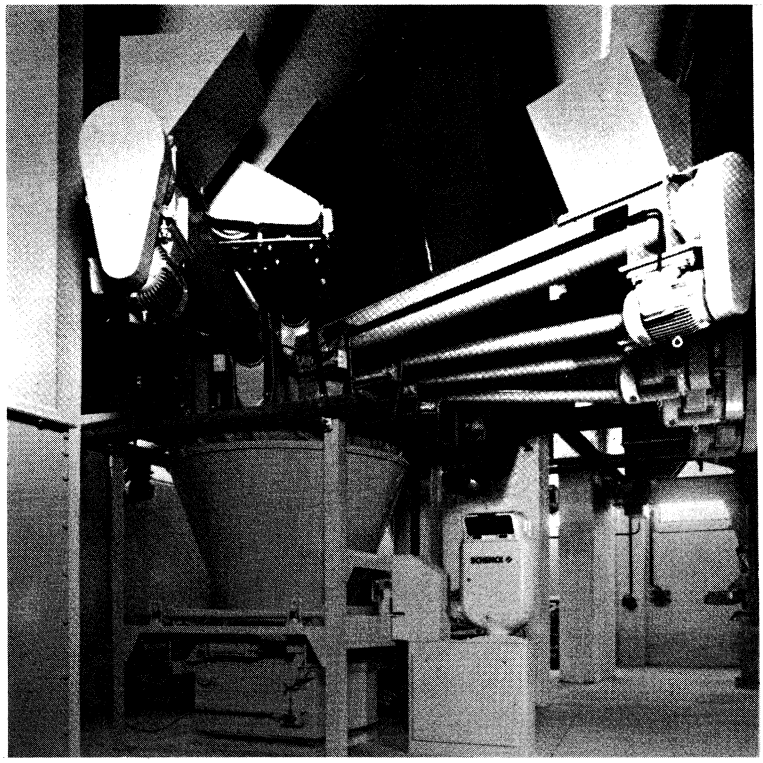
รูปที่ 5 กลไกการควบคุมการปิดเปิดของเครื่องชั่งฮอพเพอร์

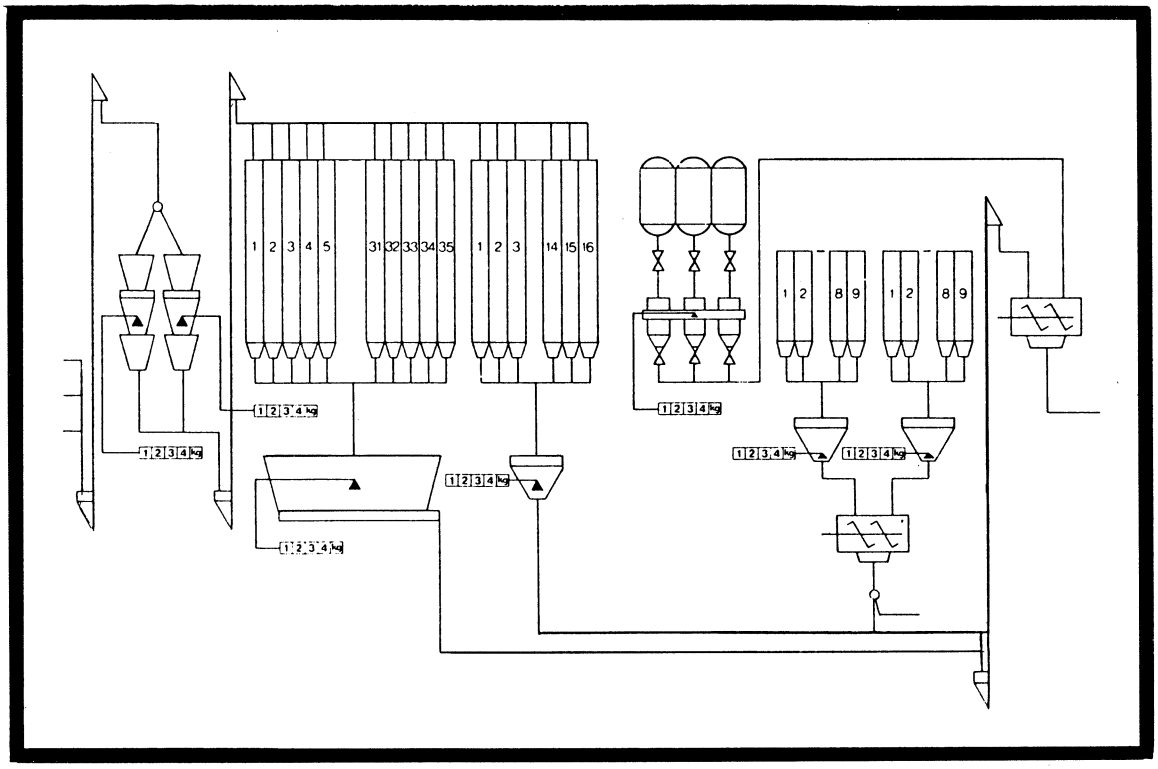




รูปที่ 6 การติดตั้งโหลดเซล (Loadcells) ในกรณีของเครื่องชั่งฮอพเพอร์

รูปที่ 7 เครื่องชั่งฮอพเพอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม





รูปที่ 8 เครื่องชั่งฮอพเพอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม

เครื่องชั่งขบวนรถไฟ (Automatic rail weighbridges หรือ Train weighing-in-motion weighbridges)

ลักษณะการทำงานของเครื่องชั่งขบวนรถไฟก็มีส่วนคล้ายคลึงกับเครื่องชั่งสายพานลำเลียงก็คือ เครื่องชั่งชนิดนี้จะมีส่วนรองรับน้ำหนัก (weighbridge) และส่วนชั่งน้ำหนักติดตั้งเข้ากับรางรถไฟ โดยทำการชั่งน้ำหนักเพลาล้อของขบวนรถไฟหรือทำการชั่งน้ำหนักทั้งตู้ (bogie) ของแต่ละตู้ในขบวนรถไฟเมื่อรถไฟวิ่งผ่านส่วนรองรับน้ำหนัก (weighbridge) ไปด้วยความเร็วคงที่

คุณสมบัติเฉพาะตัวของตู้ (bogie) รวมทั้งสภาพของรางรถไฟด้านทางเข้าและด้านทางออกของส่วนรองรับน้ำหนัก (weighbridge) ของเครื่องชั่งล้วนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องชั่งชนิดนี้ทั้งสิ้น นอกจากนี้ความเร็ว, การเร่งและการเบรกรถไฟขณะทำการชั่งก็ยังคงเป็นปัจจัยที่สำคัญเช่นกัน

พบว่าในปัจจุบันเครื่องชั่งขบวนรถไฟที่มีอยู่และนิยมใช้กันมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภทคือ

1. เครื่องชั่งจะถูกติดตั้งอยู่ภายในบ่อคอนกรีตเสริมเหล็ก มีโหลดเซลรองรับแรงซึ่งถูกส่งถ่ายลงมาจากรางรถไฟ จำนวนโหลดเซลส่วนใหญ่เท่ากับ 4 ตัวหรืออาจมากกว่าหรือน้อยกว่านี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบ ทั้งนี้รางรถไฟซึ่งถูกติดตั้งอยู่บนส่วนรองรับน้ำหนัก (weighbridge) จะต้องแยกตัวอิสระออกจากรางรถไฟด้านทางเข้าและด้านทางออกจากส่วนรับน้ำหนักและมีระยะห่างเพียงเล็กน้อย ดูรูปที่ 9

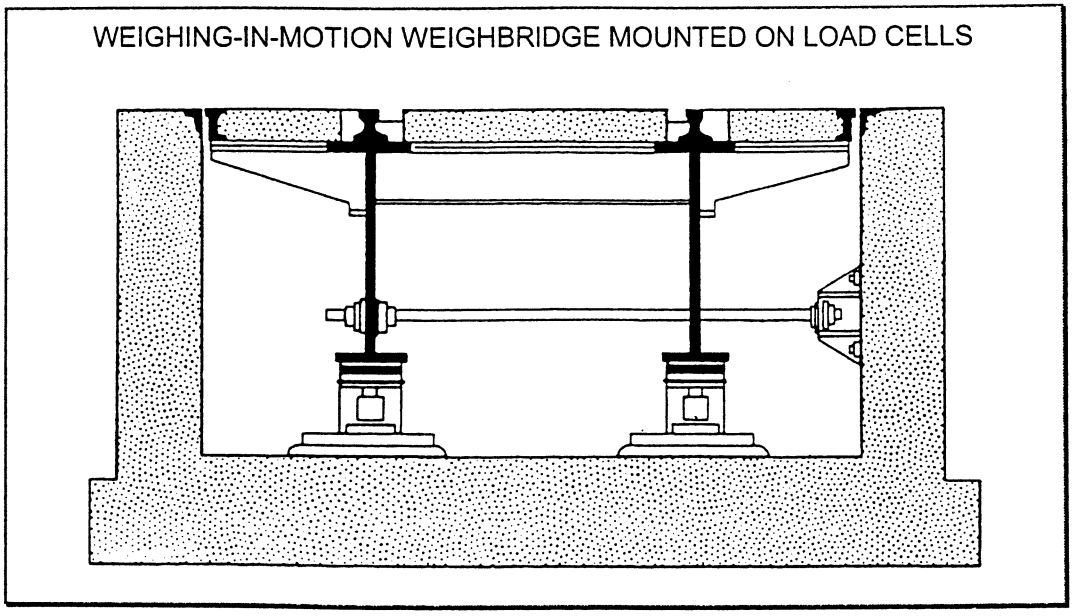
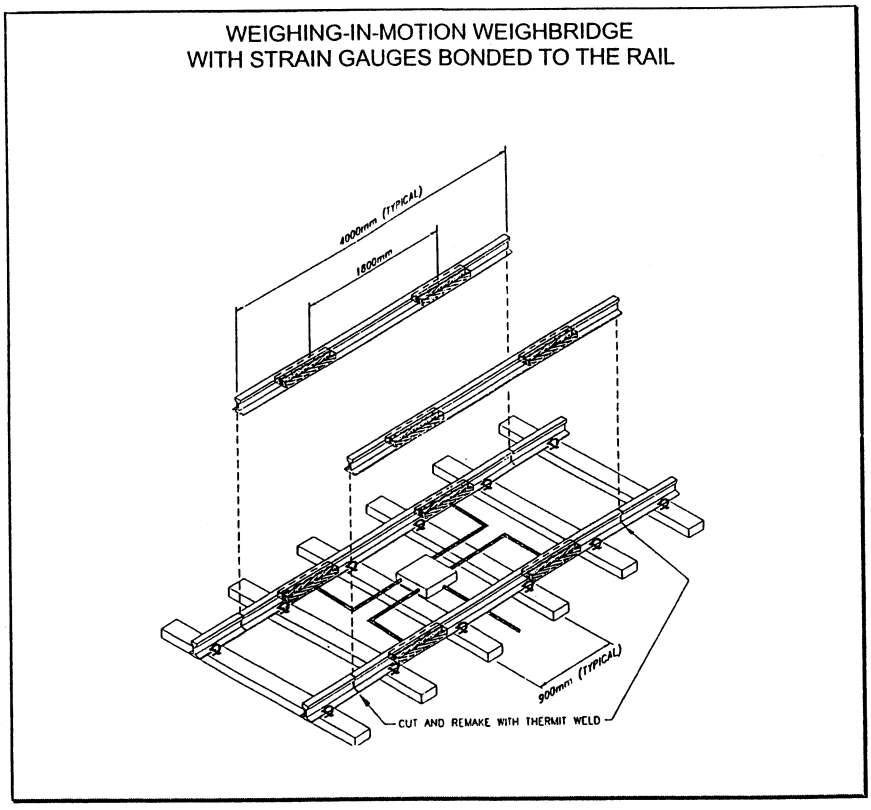


Figure Weighing-in-motion weighbridge mounted on load cells

รูปที่ 9 ส่วนรองรับน้ำหนักซึ่งติดตั้งอยู่บนโหลดเซลของเครื่องชั่งขบวนรถไฟ

2. ติดตั้ง Strain gauges เชื่อมติดกับรางรถไฟ โดยทำการติดตั้ง strain gauges เข้ากับรางรถไฟที่มีความยาวสั้นๆ แล้วทำการเชื่อมรางรถไฟขนาดสั้นดังกล่าวเข้ากับระบบรางรถไฟที่มีอยู่เดิม ดูรูปที่ 10



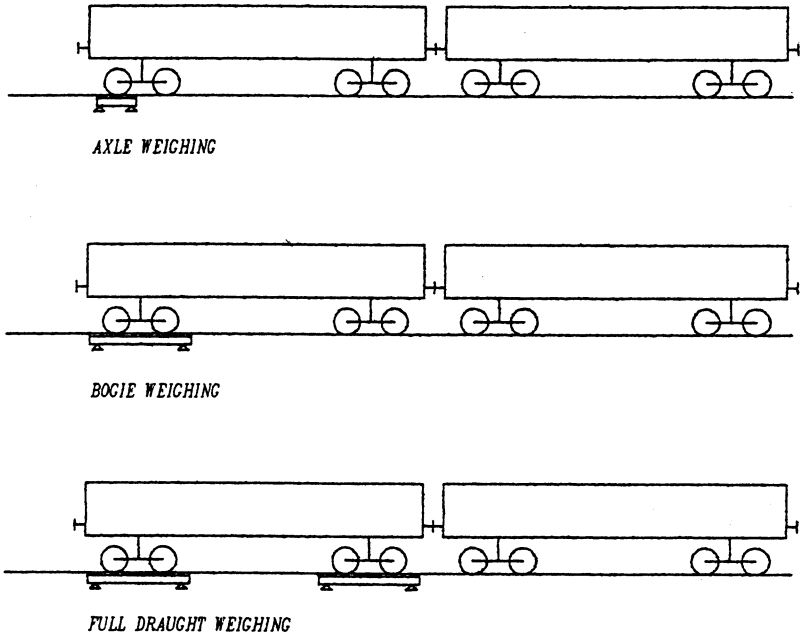
Weighing-in-motion weighbridge with strain gauges bonded to the rail

รูปที่ 10 การติดตั้ง Strain gauges เชื่อมติดกับรางรถไฟของเครื่องชั่งขบวนรถไฟ

หรือในบางครั้งเราอาจแบ่งชนิดของเครื่องชั่งขบวนรถไฟออกเป็น 3 ประเภท โดยยึดเอาหลักการชั่งเป็นหลัก ซึ่งก็สามารถแบ่งออกได้เป็น

1. เครื่องชั่งขบวนรถไฟแบบเพลาเดียว (Axle weighing mode) เครื่องชั่งแบบนี้ทำการชั่งน้ำหนักเพลาของตัวขบวนรถไฟที่ละหนึ่งเพลา (2 ล้อ) จากนั้นเครื่องชั่งดังกล่าวจะถูกออกแบบให้รวมค่าน้ำหนักแต่ละเพลาเพื่อนำไปแสดงค่าน้ำหนักรวมของตัวขบวนรถไฟ ด้วยเหตุนี้ขนาดของส่วนชั่งน้ำหนักเพลาจึงต้องมีขนาดเหมาะสมกับระยะห่างของเพลาของแต่ละตู้รถไฟ แต่ควรให้มีระยะยาวมากที่สุดเท่าที่กระทำได้เพื่อสร้างความมั่นใจในระหว่างทำการชั่งว่าดำเนินไปอย่างสมบูรณ์ โดยทั่วไปขนาดของส่วนชั่งน้ำหนักเพลาจะมีความยาวประมาณ 1.4 เมตร ข้อดีสำหรับเครื่องชั่งแบบนี้ก็คือสามารถประยุกต์ใช้งานได้กับขบวนรถไฟ (bogie) ที่มีลักษณะแตกต่างกันได้ แต่ก็มีข้อเสียก็คือเครื่องชั่งแบบนี้มีส่วนชั่งน้ำหนักสั้นเกินไปส่งผลให้ต้องกำหนดความเร็วของขบวนรถไฟที่วิ่งผ่านเครื่อง

ชั่งต้องวิ่งด้วยความเร็วต่ำ ในขณะเดียวกันผลผิดก็สามารถเกิดขึ้นได้ง่ายเช่นกัน เครื่องชั่งแบบดังกล่าวนี้จึงเป็นที่นิยมกันน้อยมาก ดูรูปที่ 11



รูปที่ 11 ชนิดของเครื่องชั่งขบวนรถไฟ

1. แบบเพลาเดียว (Axle weighing mode)
2. แบบชั่งหัวท้าย (Bogie weighing mode)
3. แบบทั้งขบวน (Full draught bogie weighing mode)

2. เครื่องชั่งขบวนรถไฟแบบชั่งหัวท้าย (Bogie weighing mode) เครื่องชั่งแบบนี้ทำการชั่งน้ำหนักเพลาทั้งหมดบริเวณส่วนหัวและส่วนท้ายของแต่ละตู้ขบวนรถไฟ เช่นหากส่วนหัวและส่วนท้ายตู้รถไฟแต่ละส่วนมี 2 เพลาล้อประกอบอยู่ ส่วนชั่งน้ำหนักก็จะทำการชั่งครั้งละ 2 เพลาล้อ (4 ล้อ) จากนั้นเครื่องชั่งดังกล่าวจะรวมค่าน้ำหนักแต่ละครั้งแสดงค่าน้ำหนักรวมของตัวตู้รถไฟนั้นๆ แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นความยาวของส่วนชั่งน้ำหนักต้องยาวมากที่สุดโดยที่ความยาวดังกล่าวไม่ก่อให้เกิดเหตุการณ์ที่มีเพลาล้อที่ 3 หรือเพลาล้อของอีกตู้ขบวนหนึ่งเข้าเขตส่วนชั่งน้ำหนัก (weighing zone) โดยเด็ดขาดซึ่งจะส่งผลให้การชั่งมีค่าผิดพลาดได้ โดยทั่วไปความยาวของส่วนชั่งน้ำหนักเพลาจะมีขนาดประมาณ 3.8 เมตร เครื่องชั่งแบบนี้จึงเป็นที่นิยมกันมาก ดูรูปที่ 11

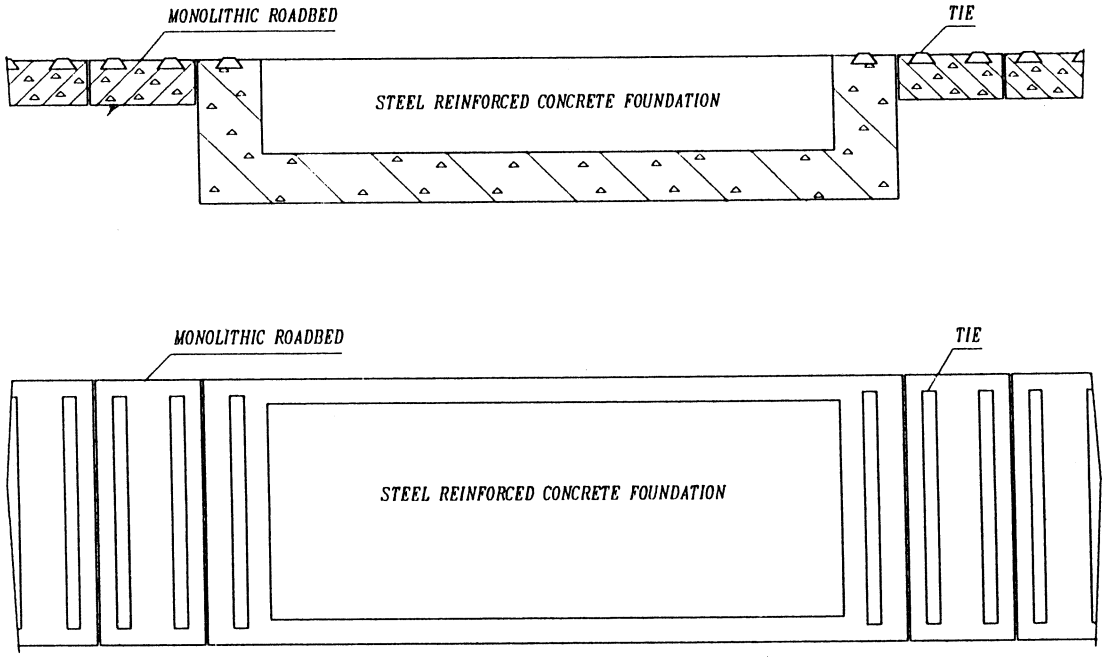
3. เครื่องชั่งขบวนรถไฟแบบทั้งขบวน (Full draught Bogie weighing mode) เครื่องชั่งชนิดนี้ค่อนข้างถูกออกแบบมาเพื่อใช้เฉพาะงานเท่านั้น เนื่องจากเป็นเครื่องชั่งซึ่งทำการชั่งเพลาล้อรถไฟทั้งส่วนหัวและส่วนท้ายตู้รถไฟพร้อมๆกันในคราวเดียวกัน ด้วยเหตุนี้ความยาวของส่วนชั่งน้ำหนักจึงถูกกำหนดไว้อย่างคงที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามขนาดของตู้รถไฟที่ต้องการชั่ง

เครื่องชั่งแบบนี้จึงเหมาะกับขบวนรถไฟซึ่งบรรทุกของเหลว เนื่องจากเครื่องชั่งชนิดนี้สามารถลดผลกระทบอันเนื่องจากการแกว่งและการเคลื่อนที่ของเหลวที่เกิดขึ้นตลอดเวลาขณะขบวนรถไฟเคลื่อนที่ ดูรูปที่ 11

ส่วนประกอบเครื่องชั่งขบวนรถไฟ

ในการออกแบบเครื่องชั่งขบวนรถไฟนั้นมีอยู่ด้วยกันหลากหลายด้วยกัน แต่ในที่นี้จะครอบคลุมส่วนประกอบเครื่องชั่งขบวนรถไฟเท่าที่สำคัญและจำเป็น

1. โครงสร้างฐานรองรับเครื่องชั่ง (Base and Monolithic Roadbed) เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องชั่งขบวนรถไฟมีลักษณะการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง มั่นคงแข็งแรงและเป็นที่น่าเชื่อถือ โดยเครื่องชั่งดังกล่าวยังคงทำงานและให้ผลการชั่งด้วยความแม่นยำภายในช่วงระยะเวลารอบทำงาน โครงสร้างฐานรองรับต้องมีความแข็งแรงมั่นคงเพื่อสามารถรองรับน้ำหนักขบวนรถไฟดังกล่าวได้ด้วยความปลอดภัย อาจจะเป็นลักษณะบ่อคอนกรีตเสริมเหล็กคล้ายกับเครื่องชั่งรถยนต์ หรือฐานคอนกรีตเสริมเหล็กหนา แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นโครงสร้างฐานรองรับดังกล่าวต้องได้รับการออกแบบให้อิทธิพลของความสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากการที่ขบวนรถไฟเคลื่อนที่ผ่านเครื่องชั่งขบวนรถไฟน้อยที่สุด เนื่องจากแรงสั่นสะเทือนดังกล่าวจะมีผลต่อความแม่นยำของเครื่องชั่งโดยตรง นอกจากนี้ต้องคำนึงถึงการจัดเรียงตัวของรางรถไฟให้อยู่ในแนวเดียวกันระหว่างรางรถไฟซึ่งติดตั้งอยู่บนส่วนรับน้ำหนักและรางรถไฟทางเข้าและทางออกจากส่วนรับน้ำหนัก โดยระยะเบี่ยงเบนต้องอยู่ภายในช่วงที่ย่อมรับได้ ซึ่งระยะเบี่ยงเบนดังกล่าวนี้จะมีผลต่อความแม่นยำของเครื่องชั่งเช่นกัน ดูรูปที่ 12



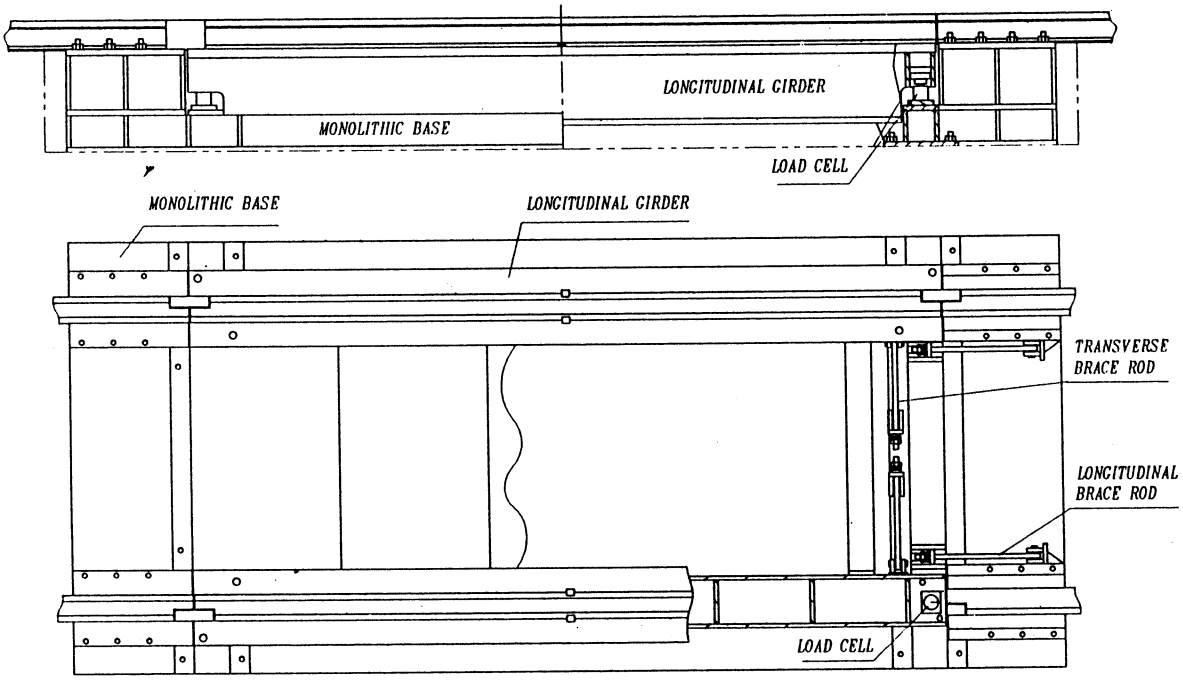
FOUNDATION AND MONOLITHIC ROADBED

รูปที่ 12 โครงสร้างฐานรองรับเครื่องชั่งขบวนรถไฟ (Base and Monolithic Roadbed)

2. ฐานรับน้ำหนัก (Weigh platform) ประกอบด้วย

2.1 ฐาน (Base) ซึ่งจะเป็นโครงสร้างโลหะที่รองรับรางรถไฟและติดตั้งอยู่เหนือโหลดเซล นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากส่วนหนึ่งซึ่งต้องรับน้ำหนักตัวขบวนรถไฟโดยต้องยังคงรักษาสภาพไม่บิดตัวหรือโค้งงอหรือเกิดการเบี่ยงเบนของตัวรางขณะทำการชั่ง มีอยู่ด้วยกัน 3 ประเภทคือ

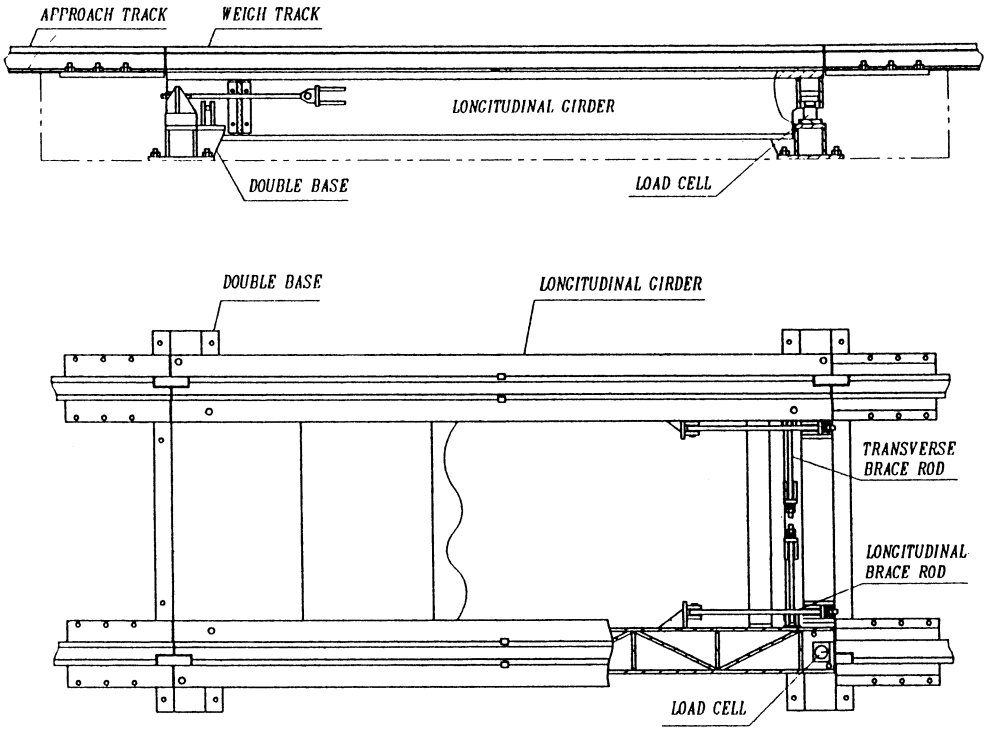
2.1.1) ฐานเดี่ยว (Monoblock base mode) จะเป็นฐานซึ่งเป็นชิ้นเดียวโดยติดตั้งรางรถไฟพาดไปบนฐานดังกล่าว ในขณะที่โหลดเซลจะถูกติดตั้งอยู่บนหัวหมุนทั้ง 4 ของฐาน ข้อดีของฐานเดียวก็คือง่ายต่อการติดตั้ง ข้อเสีย เนื่องจากเป็นโครงสร้างชิ้นเดียวตลอดจึงมีน้ำหนักสูงมาก ทั้งนี้ก็เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักของขบวนรถไฟได้ขณะทำการชั่ง ดูรูปที่ 13, 15 และ 16



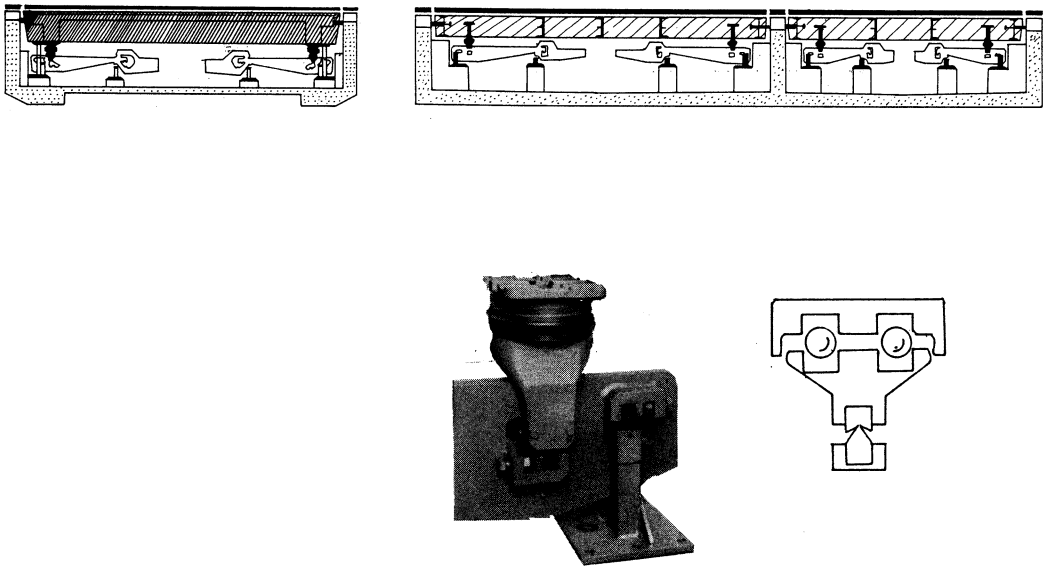
รูปที่ 13 ฐานรับน้ำหนักของเครื่องชั่งขบวนรถไฟแบบฐานเดียว (Monolithic Base)

2.1.2) ฐานคู่ (Dual-block base mode) จะประกอบเป็นฐาน 2 ฐานวางเรียงตัวตามความยาวของรางรถไฟ โดยจะมีโครงสร้างคานพาดขนานกันไปทั้ง 2 ข้างและฐานทั้ง 2 จะถูกต่อเชื่อมกัน แต่ละฐานจะมีโหลดเซลติดตั้งอยู่บนปลายของแต่ละฐานๆละ 2 ตัว ด้วยเหตุนี้ขนาดของฐานและน้ำหนักต่อฐานจึงมีค่าลดลงมากเมื่อเทียบกับฐานเดี่ยว แต่อย่างไรก็ตามประ

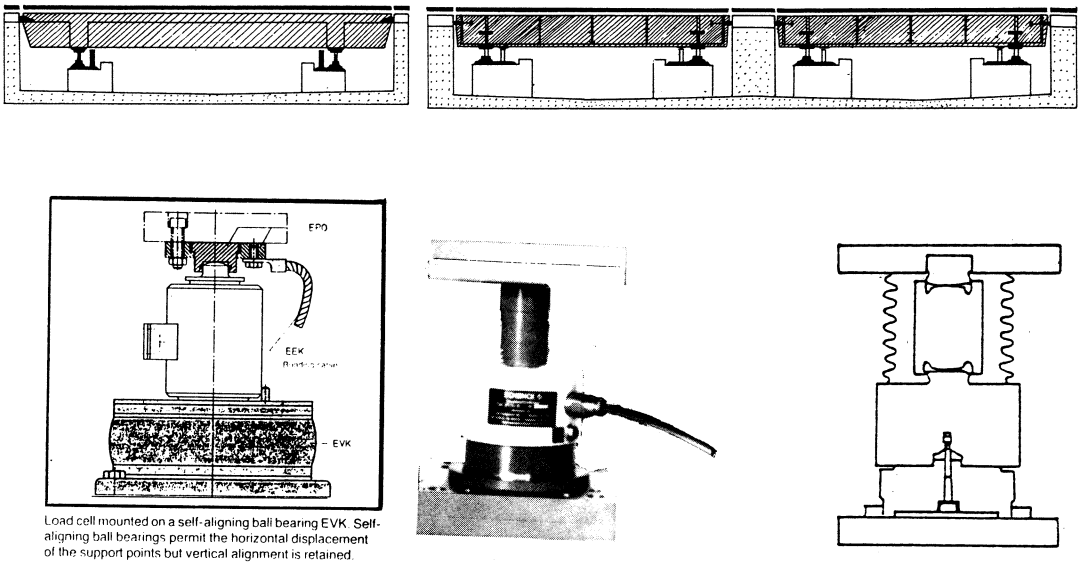
สิทธิภาพของฐานคู่ก็ยังไม่ดีเท่าแบบฐานเดี่ยว เนื่องจากประสบปัญหาในเรื่องของการเชื่อมต่อฐานทั้งสองเข้าด้วยกัน ดูรูปที่ 14, 15 และ 16



รูปที่ 14 ฐานรับน้ำหนักของเครื่องชั่งขบวนรถไฟแบบฐานคู่ (Double Base)

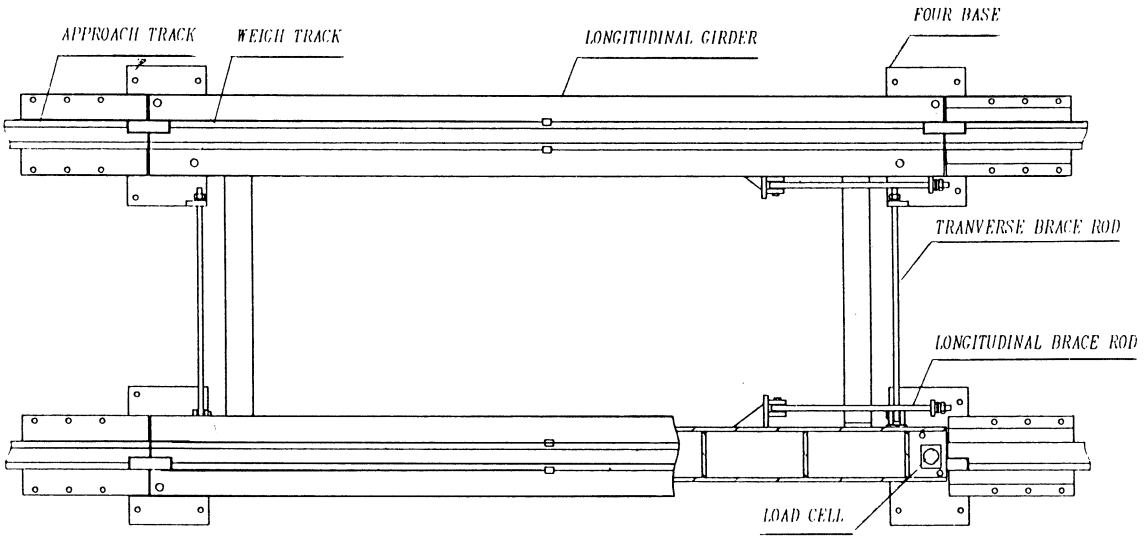


รูปที่ 15 ส่วนรับน้ำหนัก (Weighbridge) แบบกลไก



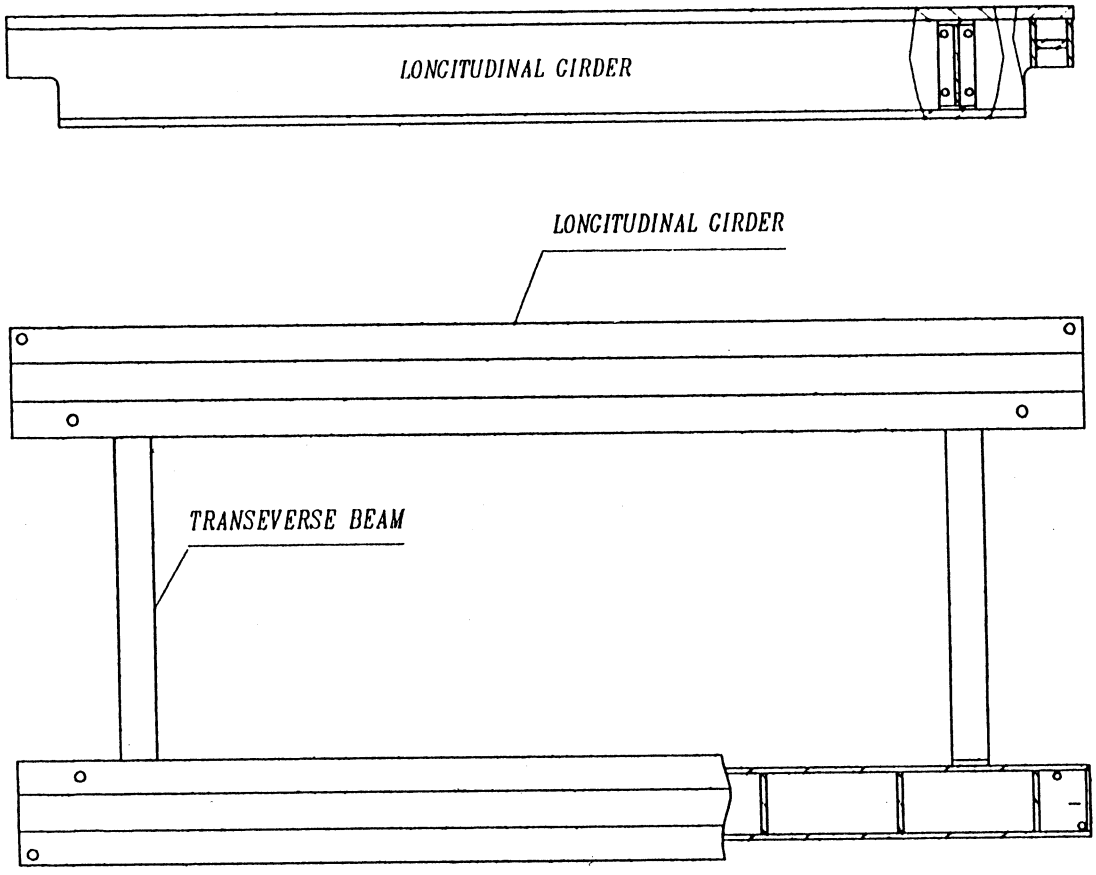
รูปที่ 16 ส่วนรับน้ำหนัก (Weighbridge) แบบใช้โหลดเซล

2.1.3) Quad-block mode หรือ 4 ฐาน ฐานจะถูกแยกออกเป็นส่วนๆ โดยแต่ละส่วนจะมีโหลดเซลเพียงตัวเดียว ดูรูปที่ 17 ฐานชนิดนี้ค่อนข้างจะนิยมใช้เป็นเฉพาะงานพิเศษ



รูปที่ 17 ฐานรับน้ำหนักของเครื่องชั่งขบวนรถไฟแบบ 4 ฐาน (Four Base)

2.2) ส่วนรับน้ำหนัก (Weighbridge) ประกอบด้วยคานซึ่งวางพาดไปตามแนวยาวขนานกับรางรถไฟ และมีคานวางพาดตั้งฉากทำหน้าที่เชื่อมคานทั้งสองเข้าด้วยกันเพื่อรักษาระยะห่างระหว่างคานตามแนวยาวทั้งสองให้มีระยะห่างคงที่ตลอดเวลาที่ส่วนรับน้ำหนักรับภาระแรงเนื่องจากการชั่ง ปูทับบนชุดคานทั้งหมดด้วยเหล็กแผ่นหนาอีกทีหนึ่งและใช้เป็นที่รองรับตัวรางรถไฟอีกทีหนึ่ง ดูรูปที่ 18

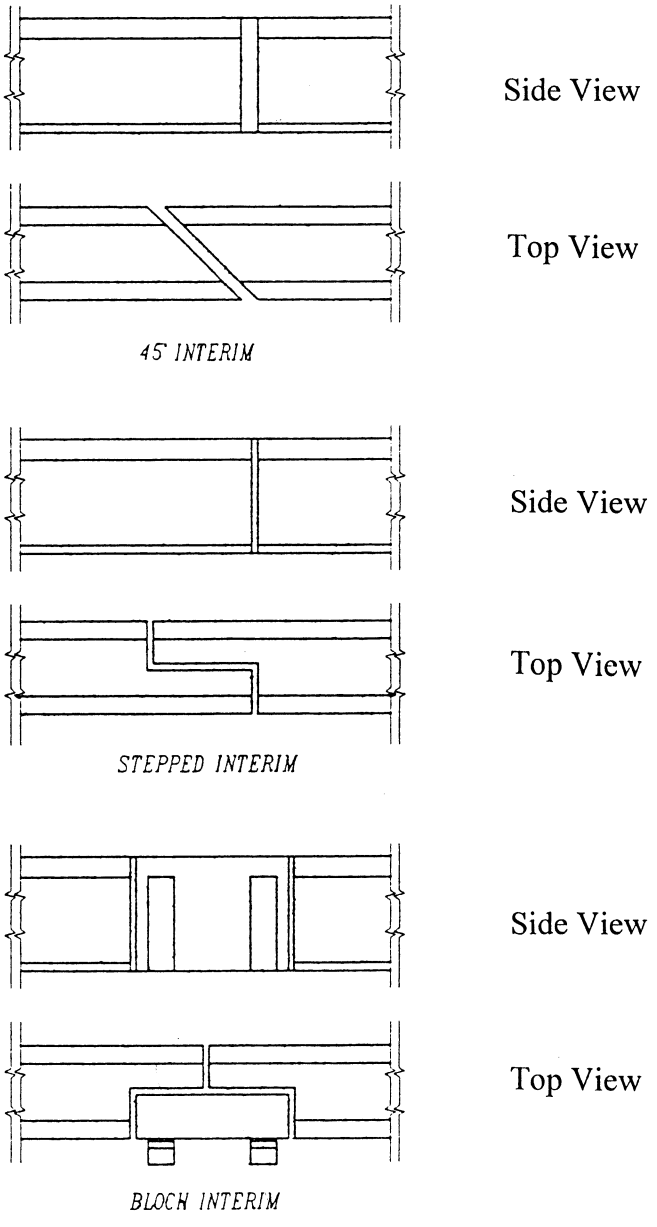


รูปที่ 18 โครงสร้างโลหะของส่วนรับน้ำหนัก (Weighbridge)

2.3) ตัวยึดรัด (Stay) เนื่องจากเครื่องชั่งขบวนรถไฟจะทำการชั่งน้ำหนักของตู้รถไฟขณะที่กำลังเคลื่อนที่ผ่านส่วนรับน้ำหนัก ด้วยเหตุนี้ฐานของเครื่องชั่งจำเป็นต้องรับภาระแรงไม่เฉพาะในแนวตั้งฉากอันเกิดจากแรงโน้มถ่วง แต่ต้องรับภาระแรงหลายทิศทางด้วยกัน ไม่ว่าในแนวขนานกับรางรถไฟ (Longitudinal force) หรือแรงในแนวตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของขบวนรถไฟ (Transverse force) เป็นต้น ดูรูปที่ 13, 14 และ 17 ตัวยึดรัดดังกล่าวจะถูกเรียกตามหน้าที่ของการใช้งานซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ

- Push rod stay
- Pull rod stay

2.4) รอยเชื่อมต่อของรางรถไฟ (Interim) เนื่องจากการเคลื่อนที่ของขบวนรถไฟบนรางก่อนด้านทางเข้าและด้านทางออกจากส่วนรับน้ำหนักจะเป็นรอยต่อซึ่งไม่ได้ทำการเชื่อมติดกันสนิท ยังมีช่องว่างอยู่ ด้วยเหตุนี้เมื่อล้อรถไฟวิ่งผ่านรอยต่อดังกล่าวจะส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของรางซึ่งถูกติดตั้งอยู่บนส่วนรับน้ำหนัก ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือน ส่งผลต่อความแม่นยำของเครื่องชั่ง เมื่อนำเทคนิคการต่อเชื่อมรางรถไฟเข้ามาช่วยจะทำให้เราสามารถลดอิทธิพลของแรงสั่นสะเทือนดังกล่าวได้ระดับหนึ่ง ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ ดูรูปที่ 19



รูปที่ 19 รอบต่อเชื่อมของรางรถไฟ (Interim)

1. รอยต่อเชื่อม 45 องศา (45 °cutting lips)
2. รอยต่อเชื่อมขั้นบันได (Stepped cutting lips)
3. Transition block

2.4.1) รอยต่อเชื่อม 45 องศา (45° cutting lips) รอยต่อชนิดนี้ง่ายต่อการทำ แต่เป็นรอยต่อเชื่อมที่สึกกร่อนได้ง่าย และยากต่อการซ่อม

2.4.2) รอยต่อเชื่อมขั้นบันได (Stepped cutting lips) มีความยุ่งยากทั้งในการติดตั้งและซ่อมแซม

2.4.3) Transitional block มีความยุ่งยากทั้งในการติดตั้งแต่ง่ายต่อการซ่อมแซม และเป็นที่นิยมใช้กันในสาธารณรัฐประชาชนจีน

2.5) ยางกันฝุ่น (Apron) เนื่องจากการติดตั้งเครื่องชั่งรถไฟฟ้าจะมีช่องว่างบริเวณรอยต่อระหว่างส่วนรับน้ำหนักและขอบบ่อซึ่งเป็นที่ติดตั้งของเครื่องชั่ง ยางกันฝุ่นดังกล่าวนี้จึงทำหน้าที่ป้องกันฝุ่นตกลงในบ่อ และเป็นการป้องกันความปลอดภัยแก่บุคคลซึ่งกำลังปฏิบัติงาน

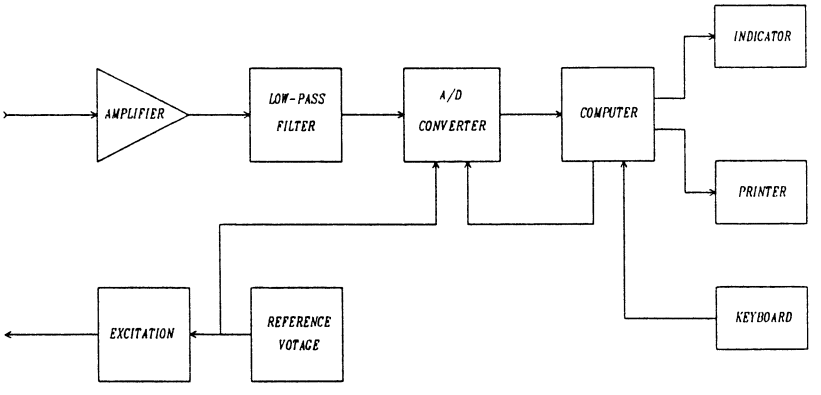
3. โหลดเซล (Load Cell) นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ โหลดเซลที่นิยมใช้กันสำหรับเครื่องชั่งขบวนรถไฟมี 2 ชนิดด้วยกันคือ

- cylindrical type
- spoke type

ในการเลือกโหลดเซลเพื่อการใช้งานมีหลายปัจจัยที่ต้องพิจารณาไม่ว่าทั้งในเรื่องคุณสมบัติทางไดนามิกส์และทางเทคนิคของตัวโหลดเซลด้วย เช่น ภาระแรงออกแบบใช้งาน (rated load), ภาระแรงสูงสุดที่ยังรับได้อย่างปลอดภัย (safety load), ความแรงสัญญาณด้านทางออก (rated output), อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการทำงานของโหลดเซล, แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการ เป็นต้น

4. Junction box จะทำหน้าที่รวบรวมสัญญาณด้านทางออกของโหลดเซลทุกตัวของเครื่องชั่งและประมวลผลให้เหลือเป็นเพียงสัญญาณเดียว ในกรณีที่สัญญาณด้านทางออกดังกล่าวไม่ถูกต้องหรือผิดเพี้ยนไปจากที่ควรเป็นเราสามารถทำการปรับแต่งสัญญาณในส่วนนี้ได้ ก่อนที่จะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ส่วนต่อไป

5. ส่วนแสดงค่า (Weighing indicator) ภายใต้การทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ออกแบบไว้นั้น เพื่อให้ผลการชั่งที่แม่นยำ ได้มีอุปกรณ์ที่สำคัญหลายตัวทำงานร่วมกันเพื่อขยายและกรองสัญญาณซึ่งส่งออกมาจากโหลดเซล ปรับเปลี่ยนสัญญาณจากแบบอนาล็อกเป็นแบบดิจิจตอลก่อนส่งสัญญาณดังกล่าวให้คอมพิวเตอร์ทำการประมวลผล จนกระทั่งผลการชั่งปรากฏขึ้นสู่จอแสดงค่าของเครื่องชั่ง ขั้นตอนที่กล่าวมานี้จึงประกอบด้วยอุปกรณ์ ดูรูปที่ 20



รูปที่ 20 ไดอะแกรมการทำงานของส่วนแสดงค่า (Weighing indicator) แบบอิเล็คทรอนิค

5.1) การกระตุ้นโหลดเซล (Excitation of load cell) ผลจากการโหลดเซลถูกกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าและภาระแรงที่มากระทำพอจะแบ่งการกระตุ้นโหลดเซลออกเป็น 2 แบบคือ การกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC excitation) และ การกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (DC excitation) และในขณะเดียวกันการกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงก็แบ่งย่อลงต่อไปอีก 2 รูปแบบคือ uni-polarity mode และ dual-polarity mode โดยทั่วไปแรงดันไฟฟ้าของโหลดเซลที่ส่งออกมานั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 10 - 20 Volt และ 200 – 400 mA

5.2) ตัวขยายสัญญาณ (Amplifier) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณด้านทางออกของโหลดเซลซึ่งเป็นสัญญาณที่อ่อนมากจาก 10-20 Volt ไปเป็น 100 - 1,000 เท่า ทั้งนี้และทั้งนั้นขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าด้านทางเข้าของตัวแปรสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล (A/D Converter)

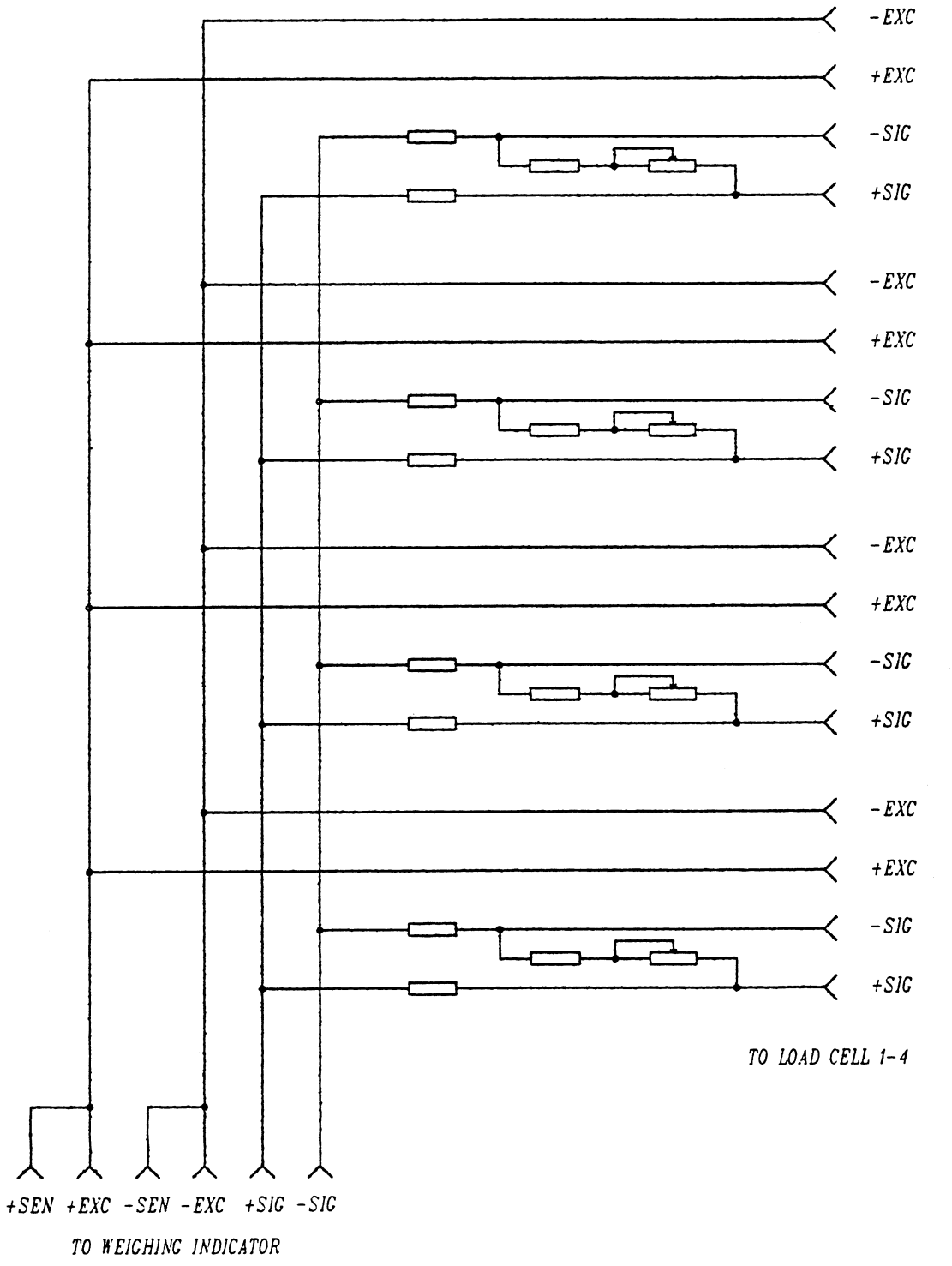
5.3) Low-pass filter ทำหน้าที่กรองสัญญาณรบกวนเช่น สัญญาณความถี่สูงอันเกิดจากส่วนรับน้ำหนักสั่นสะเทือน หรือสัญญาณแทรกซ้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electric-magnetic interference) จากนั้นจะรักษาส่วนของสัญญาณที่ต้องการให้คงที่

5.4) ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล (A/D Converter) หลังจากทำการขยายสัญญาณด้านทางออกของโหลดเซลซึ่งเป็นสัญญาณที่อ่อน และกรองสัญญาณรบกวนเป็นที่เรียบร้อยแล้ว สัญญาณอนาล็อกจากโหลดเซลดังกล่าวก็จะถูกแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยตัวแปรสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล แรงดันด้านทางเข้าตัวแปรนี้เท่ากับ 2.5 – 10 V มีความละเอียดของสัญญาณ (resolution rate) เท่ากับ 16 – 20 digits

5.5) แหล่งกำลังไฟฟ้าอ้างอิง (Reference power source) เพื่อสร้างความมั่นใจของระบบการทำงานของการกระตุ้นโหลดเซลและความแม่นยำของตัวแปรสัญญาณ การใช้แหล่งกำลังไฟฟ้าอ้างอิงเพื่อเลี้ยงระบบดังกล่าวด้วยวงจรที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการตรวจสอบการทำงานของระบบการชั่งได้ดี หากแหล่งกำลังไฟฟ้าหลักมีการเปลี่ยนความดันหรือกระแสไฟฟ้า จะส่งผลทำให้โหลดเซลทำงานผิดพลาด วงจรซึ่งใช้แหล่งกำลังไฟฟ้าอ้างอิงจะเป็นตัวช่วยตรวจสอบสภาวะดังกล่าวและส่งสัญญาณเตือนออกมาถึงความบกพร่องของเครื่องชั่ง ทำให้ผลการชั่งที่ถูกต้องแม่นยำ เนื่องจากเครื่องชั่งขบวนรถไฟเป็นเครื่องชั่งที่ต้องทำการชั่งสินค้าในคราวละมากๆและมีมูลค่าสูงระบบดังกล่าวถือว่ามีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง

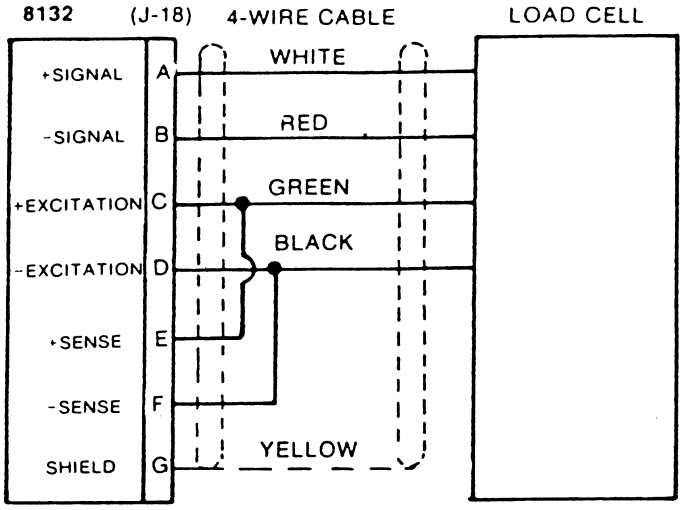
โดยทั่วไปสายไฟฟ้าที่เชื่อมระหว่างโหลดเซลกับระบบการทำงานของเครื่องชั่ง จะมีสายสัญญาณ 4 สายหลักๆ ประกอบด้วยสายไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจำนวน 2 สาย คือ +Ex และ –Ex และสายสัญญาณไฟฟ้าด้านทางออกจากตัวโหลดเซลจำนวน 2 สายคือ +Sig และ –Sig เราเรียกระบบสายสัญญาณที่มี 4 สายนี้ว่า “4 wire load cell” แต่ในท้องตลาดโดยทั่วไป ผู้ผลิตได้มีทางเลือกเพิ่มขึ้นอีกระบบหนึ่งซึ่งเป็นระบบที่มีเสถียรภาพมากกว่าระบบสายสัญญาณที่มี 4 สาย เรียกว่า “6 wire load cell” ระบบดังกล่าวนี้มีสายสัญญาณเพิ่มขึ้นอีก 2 สายคือ +Sense และ –Sense สายสัญญาณทั้งสองนี้ทำหน้าที่ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับกระตุ้นโหลดเซลที่ส่งไปยังโหลดเซลว่ายังคงมีค่าแรงดันคงที่และเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดตลอดเวลาช่วงระยะการทำงานหรือไม่ หากสายสัญญาณ +Sense และ –Sense ตรวจสอบพบว่าแรงดันไฟฟ้าด้านทางเข้าโหลดเซลหรือด้านกระตุ้นโหลดเซลนั้นต่ำหรือสูงเกินกว่าที่กำหนด ก็จะการส่งสัญญาณไปยังแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังเพื่อทำการปรับแรงดันกระตุ้น (excitation voltage) ให้เป็นไปตามที่กำหนด

ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้โหลดเซลที่เป็นแบบ “6 wire load cell” จึงสามารถติดตั้งโหลดเซลได้ระยะไกลเกินกว่า 20 เมตรห่างออกจากส่วนแสดงค่า (indicator) ดูรูปที่ 21, 21.1, 21.2, 21.3 และ 21.4

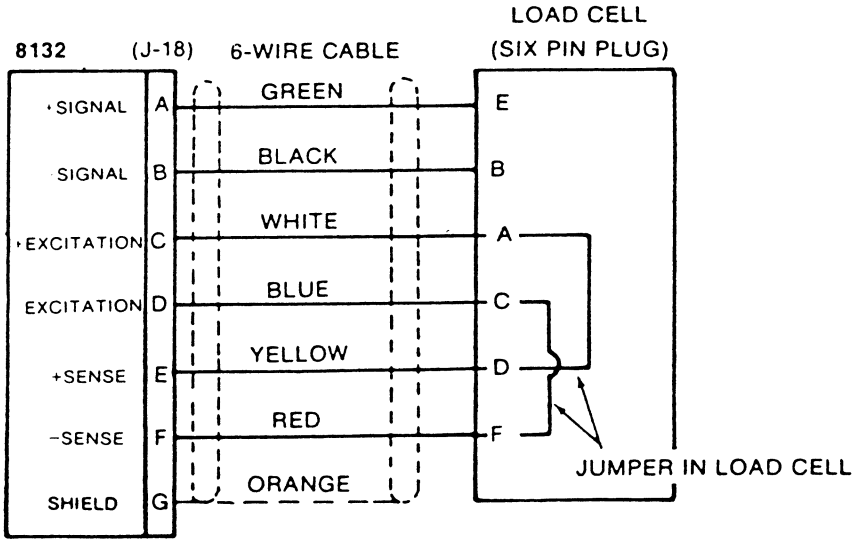


รูปที่ 21 ระบบสายสัญญาณไฟฟ้าเชื่อมต่อระหว่างโหลดเซล (Loadcell) หลายตัวที่ติดตั้งในเครื่องชั่งกับส่วนแสดงค่า(Weighing indicator) โดยใช้ Junction box

TYPICAL SINGLE LOAD CELL WIRING CONNECTIONS



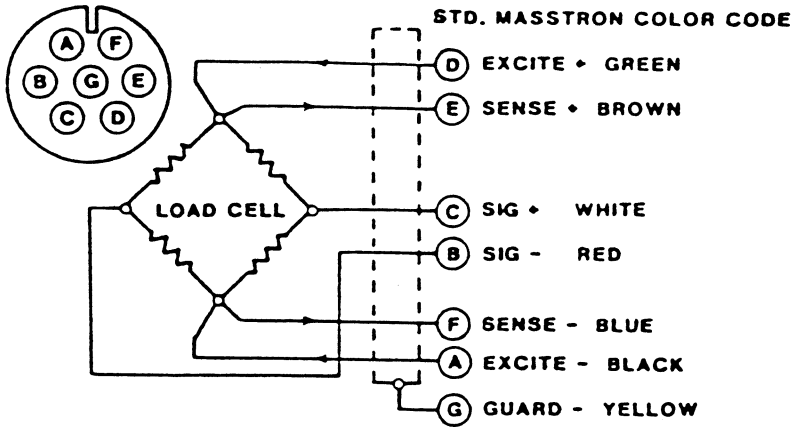
SINGLE 4 WIRE CELL CONNECTED DIRECTLY TO INSTRUMENT



SINGLE 6 WIRE CELL CONNECTED DIRECTLY TO INSTRUMENT

รูปที่ 21.1 ระบบสายสัญญาณไฟฟ้าเชื่อมต่อระหว่างโหลดเซล (Loadcell) จำนวน 1 ตัวกับส่วนแสดงค่า(Weighing indicator)

Figure **Load Cell Connections**

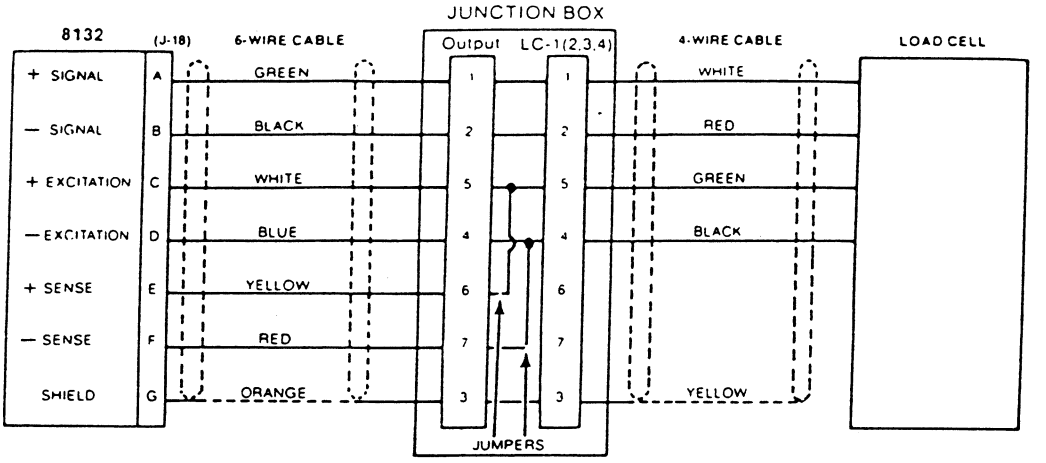


If the load cell cable contains 4 wires only, connect as follows with jumpers:

Excitation (+) to Sense (+)
Excitation (−) to Sense (−)

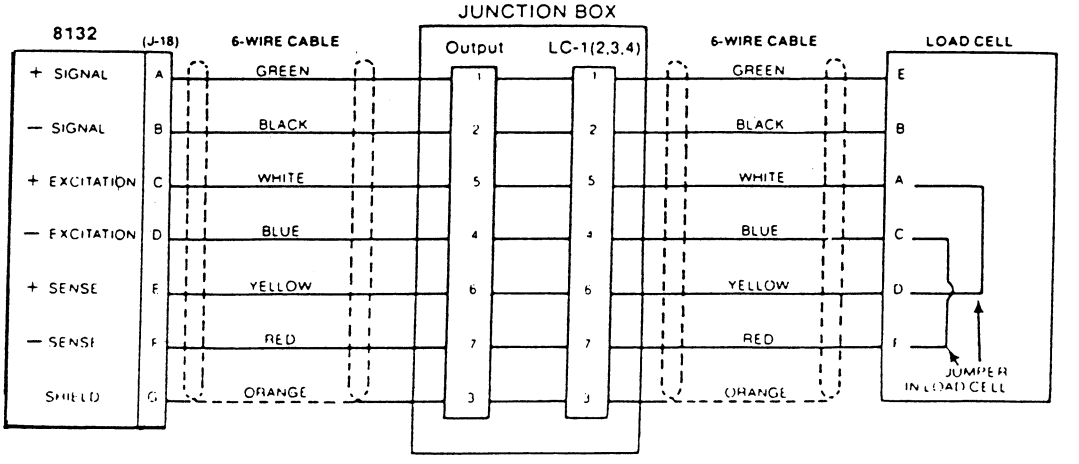
รูปที่ 21.2 ปลั๊กเสียบของระบบสายสัญญาณไฟฟ้าเชื่อมต่อระหว่างโหลดเซล (Loadcell) จำนวน 1 ตัวกับส่วนแสดงค่า(Weighing indicator)

TYPICAL LOAD CELL HOOK-UPS FOR SINGLE AND MULTIPLE CELL INSTALLATIONS WITH JUNCTION BOX



4 WIRE LOAD CELL(S) WITH JUNCTION BOX

When using 4 wire cells, there will be jumpers between terminals 4 and 7 and between terminals 5 and 6 on TB101. On the 6 wire cells the jumpers are built into the load cell and they are between pins A and D and between pins C and F. Use terminal strip #1 if only one L/C is used.



6 WIRE LOAD CELL(S) WITH JUNCTION BOX

รูปที่ 21.3 ระบบสายสัญญาณไฟฟ้าเชื่อมต่อระหว่างโหลดเซล (Loadcell) จำนวน 1 ตัวหรือหลายตัวกับส่วนแสดงค่า(Weighing indicator) โดยใช้ Junction box

1. แบบสายสัญญาณ 4 สาย
2. แบบสายสัญญาณ 6 สาย

LOAD CELL COLOR CODES

This cross reference chart allows you to replace one brand load cell with another when they have the same output (mv/v) and the same physical size.

	+Excitation	+Sense	-Excitation	-Sense	+Output	-Output	Shield
Revere	Green		Black		White	Red	Orange
Beowulf	Green		Black		White	Red	Bare
BLH	Green		Black		White	Red	Yellow
HBM	Green		Black		White	Red	Yellow
HBM(PLC)	Red		Black		Green	White	Yellow
Toledo	Green		Black		White	Red	Yellow
Toledo	White	Yellow	Blue	Red	Green	Black	
Allegany	Green		Black		White	Red	Bare
National	Green		Black		White	Red	Yellow
Cardinal	Green		Black		White	Red	Bare
Evergreen	Green		Black		White	Red	Bare
Transducers	Red		Black		Green	White	Orange
Interface	Red		Black		Green	White	Bare
Electroscale	Red		Black		Green	White	Bare
Genisco	Red		Black		Green	White	Bare
Ormond	Red		Black		Green	White	Bare
LeBow	Red		Black		Green	White	Bare
Alphatron	Red		Black		Green	White	Bare
Strainsert	Red		Black		Green	White	Bare
Sensortronics	Red		Black		Green	White	Bare
Sensortronics	Green		Black		White	Red	Yellow
Tedea	Green	Blue	Black	Brown	Red	White	Bare
NCI	Red	Yellow	Black	Blue	White	Green	Bare
Pesage Promotion	Blue		White		Red	Black	Yellow
Kubota	Red		White		Green	Blue	Yellow

Notes: Color code complies with ISA S37.8-1975 "Specifications for Tests for strain gauge force transducers" also per Western Regional Strain Gauge Committee Standard.

1. Unidirectional load cells (Tension only or Compression only) - Positive output in the direction of rated load.

2. Bi-directional load cells (Universal;Tension and Compression) Positive output in the direction of compression loading. Negative output in the direction of tension loading.

3. Direction of Standardization(Calibration) - In the case of bi-directional load cells, the rated output shall apply in the direction of compression loading.

To correct an instrument that displays a weight in the wrong direction, interchange the + Output and - Output connections. Example: If the load on the scale is increasing and the instrument display is decreasing, reverse the Output connections. Do not reverse the Excitation connections. The readout should now display increasing readings with increasing load.

รูปที่ 21.4 ระบบสีของสายสัญญาณไฟฟ้าเชื่อมต่อระหว่างโหลดเซล (Loadcell) กับส่วนแสดงค่า (Weighing indicator)

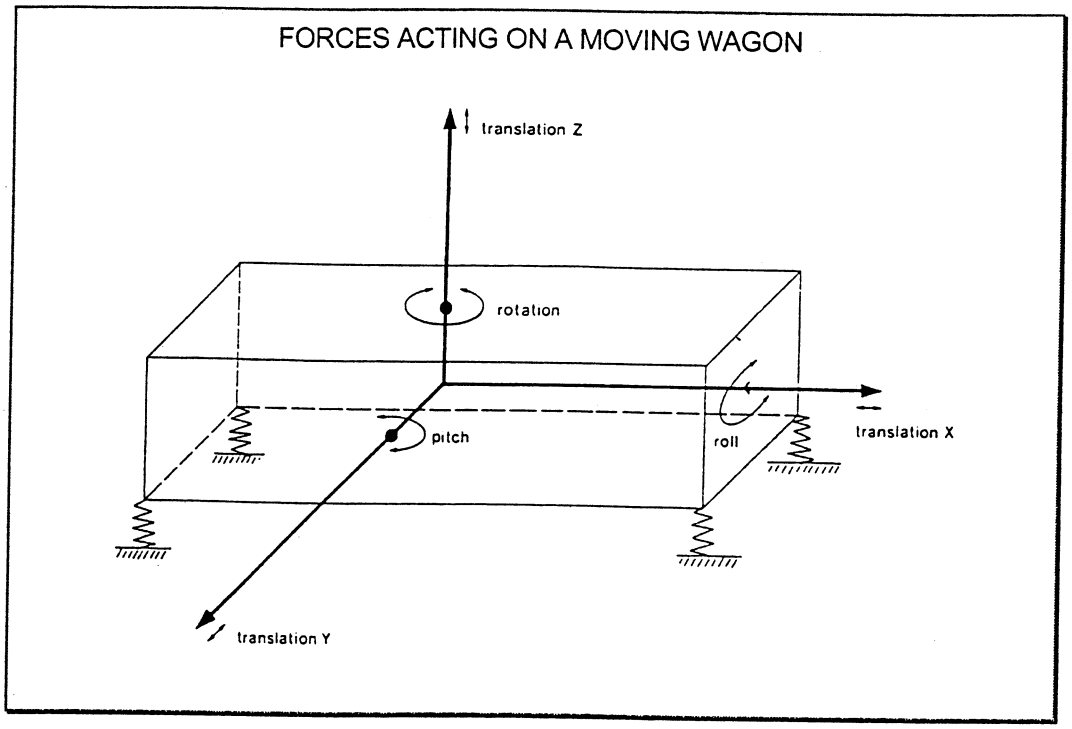
5.6) ไมโครคอมพิวเตอร์ นิยมใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC computer) ในการประมวลผล และมีโปรแกรมสำเร็จรูปร่วมใช้งาน

5.7) จอแสดงค่า (indicating device) อาจจะเป็น

- CRT (Cathode ray tube indicating device)
- LED (Light emitting diode indicating device)
- LCD (Liquid-crystal indicating device)
- VFD (Vacuum-fluorescent indicating device)

หลักการทำงาน (Weighing Principle)

ความสามารถของเครื่องชั่งขบวนรถไฟนั้นได้ถูกออกแบบมาเพื่อวัดค่าน้ำหนักจริงของตู้รถไฟส่งแรงผ่านล้อลงมายังส่วนรับน้ำหนัก แต่ในสภาวะการทำงานจริงเครื่องชั่งดังกล่าวต้องรับภาระแรงจากหลายแหล่งและหลายทิศทางด้วยกัน ทั้งแรงไดนามิกส์และแรงสถิตย์ซึ่งเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้เครื่องชั่งชนิดนี้ต้องได้รับการออกแบบให้สามารถทำการชั่งได้ภายใต้ข้อจำกัดของแรงต่างๆซึ่งไม่ใช่น้ำหนักจริงของตู้รถไฟมากที่สุดเท่าที่กระทำได้ จำนวนของแรงที่กระทำต่อตู้รถไฟขณะเคลื่อนที่ก็คือ ดูรูปที่ 22



Forces acting on a moving wagon

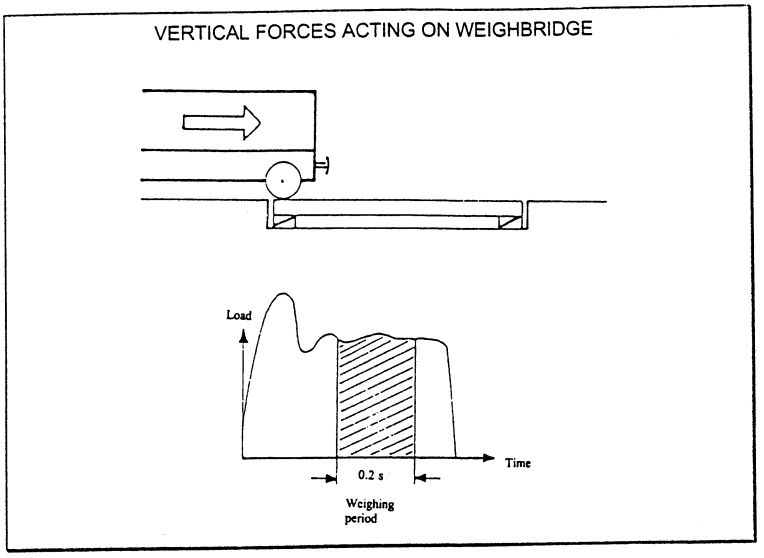
รูปที่ 22 แรงกระทำต่อขบวนตู้รถไฟที่กำลังเคลื่อนที่

- แรงก่อให้เกิดการหมุนรอบแกน X (ทิศทางเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของรถไฟ)
- แรงก่อให้เกิดการหมุนรอบแกน Y
- แรงก่อให้เกิดการหมุนรอบแกน Z
- แรงก่อให้เกิดการลื่นไถลไปตามแนวแกน X, Y และ Z

อิทธิพลของแรงที่ก่อให้เกิดการหมุนรอบแกน X สามารถแก้ไขและลดได้ด้วยการที่ทำการชั่งน้ำหนักเพลาซึ่งเป็นการชั่งน้ำหนักของล้อทั้ง 2 ข้างพร้อมกันส่งผลให้สามารถหาความสมดุลระหว่างล้อแต่ละข้างของเพลาได้ แต่ในขณะที่อิทธิพลของแรงที่ก่อให้เกิดการหมุนรอบแกน Y เราไม่สามารถแก้ไขได้เนื่องจากเราไม่สามารถชั่งน้ำหนักของเพลาของส่วนหน้าและเพลาของส่วนหลังของตู้รถไฟได้พร้อมกัน จึงไม่มีการรักษาสมดุลย์และถ่วงน้ำหนักได้เหมือนเช่นการชั่งน้ำหนักเพลาพร้อมกัน ยิ่งอิทธิพลของแรงที่ก่อให้เกิดการหมุนรอบแกน Z เรายิ่งไม่สามารถทำการแก้ไขปรับปรุงได้แต่อย่างใดเนื่องจากทั้งชนิดและตำแหน่งติดตั้งโหลดเซลไม่สามารถทำการวัดแรงในแนวดังกล่าวได้เช่นเดียวกันกับอิทธิพลของแรงก่อให้เกิดการลื่นไถลไปตามแนวแกน X และ Y ซึ่งเราก็ไม่สามารถทำการวัดได้เช่นกัน เฉพาะในแนวแกน Z เท่านั้นที่เราสามารถวัดได้เพราะจะถูกวัดรวมไปกับน้ำหนักของตู้รถไฟ แต่ก็อาจสามารถให้ผลการวัดผิดพลาดได้ด้วยเช่นกัน

นอกจากนี้เรายังพบว่าระหว่างที่ทำการอ่านค่าน้ำหนักของตู้รถไฟคันหนึ่งจะได้รับอิทธิพลจากตู้รถไฟอีกคันหนึ่งซึ่งลากต่อเชื่อมกันมา แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นผลผิดจากการอ่านค่าน้ำหนักดังกล่าวสามารถที่จะหักลบออกจากกันได้เมื่อเราพิจารณาค่าผลน้ำหนักรวมของเครื่องชั่งของรถไฟทั้งขบวน

หากเราไม่ใส่ใจกับอิทธิพลจากแรงภายนอกทั้งแรงไดนามิกส์และแรงสถิตย์ เมื่อตู้รถไฟผ่านเครื่องชั่ง ค่าน้ำหนักซึ่งอ่านได้จะมีค่าสูงสุดในช่วงระยะเวลาสั้นๆเพราะมีแรงกระแทกต่อส่วนรับน้ำหนักเกิดขึ้น จากนั้นค่าน้ำหนักดังกล่าวจะลดลงสู่ค่าน้ำหนักจริง ด้วยเหตุนี้ค่าน้ำหนักที่ควรอ่านได้จริงจึงมีระยะเวลาหน่วงระยะเวลาหนึ่งจนกระทั่งผลการชั่งเข้าสู่สภาวะเสถียร ดูรูปที่ 23



รูปที่ 23 แรงในแนวดิ่งกระทำต่อส่วนรับน้ำหนัก (Weighbridge) ขณะที่ขบวนตู้รถไฟ เคลื่อนที่ผ่าน

เนื่องจากเครื่องชั่งขบวนรถไฟมีโหลดเซลติดตั้งเข้ากับส่วนรับน้ำหนัก สัญญาณจากโหลดเซลของเครื่องชั่งชนิดนี้จึงจะต้องถูกแปลงสัญญาณจากสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อนำสัญญาณดิจิตอลไปใช้ประโยชน์ในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ต่อไป เนื่องจากการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์จะเป็นลักษณะใช้สัญญาณดิจิตอลเท่านั้นในการประมวลผล ดังนั้นจำเป็นต้องดำเนินการด้วยความรวดเร็วทั้งนี้ก็เนื่องจากเครื่องชั่งชนิดดำเนินการชั่งสิ่งของที่มีการเคลื่อนที่ไม่เหมือนกับการชั่งสิ่งของในสภาวะนิ่ง อุปกรณ์ต่างๆไม่ว่าจะเป็นความถี่ตอบสนองของโหลดเซล (The frequency reponse of the weighing load cell), ตัวขยายสัญญาณ (amplifiers) , low-pass filters และ ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล (A/C converters) ต้องทำงานประสานร่วมกันอย่างรวดเร็ว นั้นจะส่งผลถึงประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องชั่งขบวนรถไฟชนิดนั้นๆ

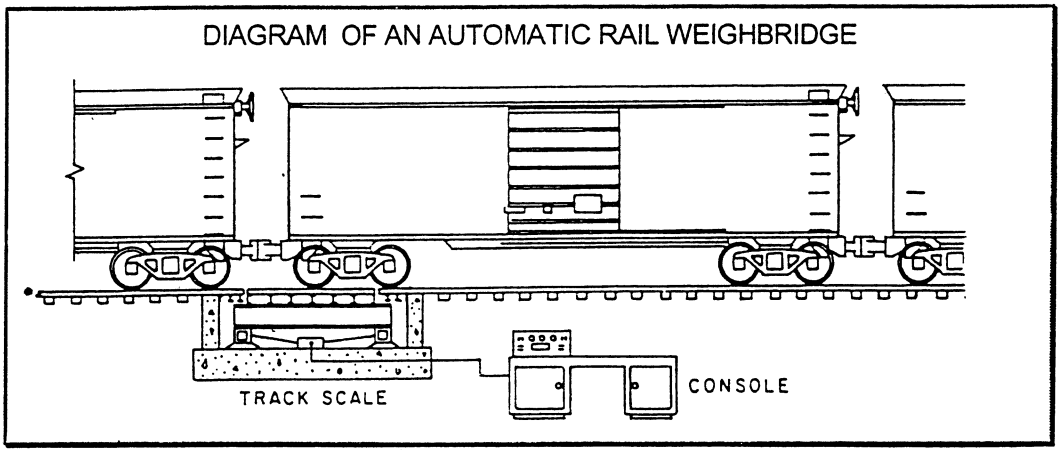
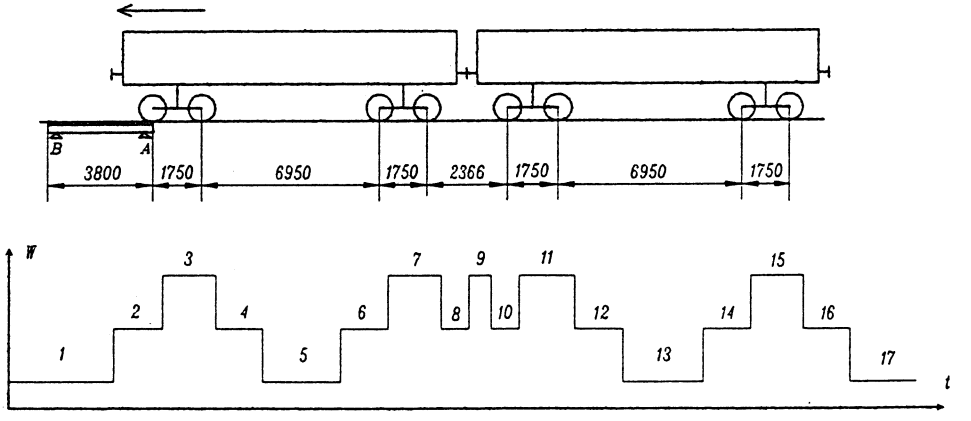


Figure Diagram of an automatic rail weighbridge

รูปที่ 24 รูปทั่วไปของเครื่องชั่งขบวนรถไฟ

ในที่นี้จะยกตัวอย่างการทำงานของเครื่องชั่งขบวนรถไฟแบบชั่งหัวท้าย (Bogie weighing mode) ดูรูปที่ 24 จำนวน 2 ตู้รถไฟเคลื่อนที่ผ่านเครื่องชั่งโดยส่วนหัวและส่วนท้ายของแต่ละตู้ขบวนรถไฟมีจำนวนเพลาล้อเท่ากันเท่ากับ 2 เพลาล้อ ดูรูปที่ 25 เป็นกราฟอุดมคติของสัญญาณซึ่งได้จากโหลดเซลขณะทำงาน จะได้ว่า



WEIGHING METHOD

รูปที่ 25 กราฟอุดมคติของสัญญาณจากโหลดเซลขณะทำการชั่งของเครื่องชั่งขบวนรถไฟ

หมายเลข 1 เป็นระดับสัญญาณเมื่อโหลดเซลอิสระ ไม่ได้รับภาระแรงจากภายนอก หรือน้ำหนักเพลาล้อของขบวนรถไฟ

หมายเลข 2 ระดับสัญญาณของโหลดเซลเมื่อขบวนรถไฟเคลื่อนที่เข้าสู่เครื่องชั่งโดยมีเพลาแรกสุดของตู้รถไฟเข้าเขตชั่งน้ำหนัก (Weighing Zone)

หมายเลข 3(*) ระดับสัญญาณของโหลดเซลเมื่อเพลาหน้าทั้ง 2 ของตู้รถไฟอยู่บนส่วนชั่งน้ำหนักพร้อมกัน ซึ่งสัญญาณนี้เองจะเป็นสัญญาณแสดงค่าน้ำหนักของน้ำหนักเพลาทั้งหมดของส่วนหน้าของตู้รถไฟตู้แรก

หมายเลข 4 เมื่อมีเพลา 1 เพลาจากจำนวน 2 เพลาหน้าของตู้รถไฟตู้แรกเคลื่อนที่ออกจากส่วนชั่งน้ำหนักในขณะที่ยังคงเหลืออีก 1 เพลาที่ยังค้างอยู่บนส่วนชั่งน้ำหนัก

หมายเลข 5 สัญญาณของโหลดเซลเมื่อเพลาหน้าทั้ง 2 เพลาเคลื่อนที่ออกจากส่วนชั่งน้ำหนัก

หมายเลข 6 ระดับสัญญาณของโหลดเซลเมื่อเพลาที่ 3 หรือเพลาแรกของส่วนท้ายตู้รถไฟเข้าเขตชั่งน้ำหนัก

หมายเลข 7(*) ระดับสัญญาณของโหลดเซลเมื่อเพลาหลังทั้ง 2 ของส่วนท้ายของตู้รถไฟอยู่บนส่วนชั่งน้ำหนักพร้อมกัน ซึ่งสัญญาณนี้เองจะเป็นสัญญาณแสดงค่าน้ำหนักของน้ำหนักเพลาทั้งหมดของส่วนท้ายของตู้รถไฟตู้แรก

หมายเลข 8 เมื่อมีเพลา 1 เพลาจากจำนวน 2 เพลาหลังของตู้รถไฟส่วนท้ายหรือเพลาที่ 3 เคลื่อนที่ออกจากส่วนชั่งน้ำหนักในขณะที่ยังคงเหลืออีก 1 เพลาที่ยังค้างอยู่บนส่วนชั่งน้ำหนัก

หมายเลข 9 ระดับสัญญาณของโหลดเซลเมื่อเพลาหน้าแรกสุดของตู้รถไฟตู้ที่ 2 ตู้ถัดมาเข้าเขตชั่งน้ำหนัก ในขณะที่เพลาที่ 4 หรือเพลาท้ายสุดของชุดเพลาส่วนท้ายของตู้ขบวนรถไฟตู้แรกยังคงอยูบนส่วนชั่งน้ำหนัก

หมายเลข 10 เมื่อมีเพลาที่ 4 หรือเพลาท้ายสุดของชุดเพลาหลังของตู้ขบวนรถไฟตู้แรกเคลื่อนที่ออกไป โดยเหลือเพียงเพลาแรกสุดของตู้รถไฟตู้ที่สอง จำนวน 1 เพลาที่ยังค้างอยู่บนส่วนชั่งน้ำหนัก

*หมายเลข 11(*)*ระดับสัญญาณของโหลดเซลเมื่อเพลาหน้าทั้ง 2 ของตู้รถไฟคันที่สองอยู่บนส่วนชั่งน้ำหนักพร้อมกัน ซึ่งสัญญาณนี้เองจะเป็นสัญญาณแสดงค่าน้ำหนักของน้ำหนักเพลาทั้งหมดของส่วนหน้าของตู้รถไฟตู้คันที่สอง

หมายเลข 12 เมื่อมีเพลา 1 เพลาจากจำนวน 2 เพลาหน้าของตู้รถไฟคันที่สองเคลื่อนที่ออกจากส่วนชั่งน้ำหนักในขณะที่ยังคงเหลืออีก 1 เพลาที่ยังค้างอยู่บนส่วนชั่งน้ำหนัก

หมายเลข 13 สัญญาณของโหลดเซลเมื่อทั้ง 2 เพลาส่วนหน้าของตู้รถไฟเคลื่อนที่ออกจากส่วนชั่งน้ำหนัก และเป็นสภาวะที่โหลดเซลอิสระจากภาระแรงอีกครั้งหนึ่ง

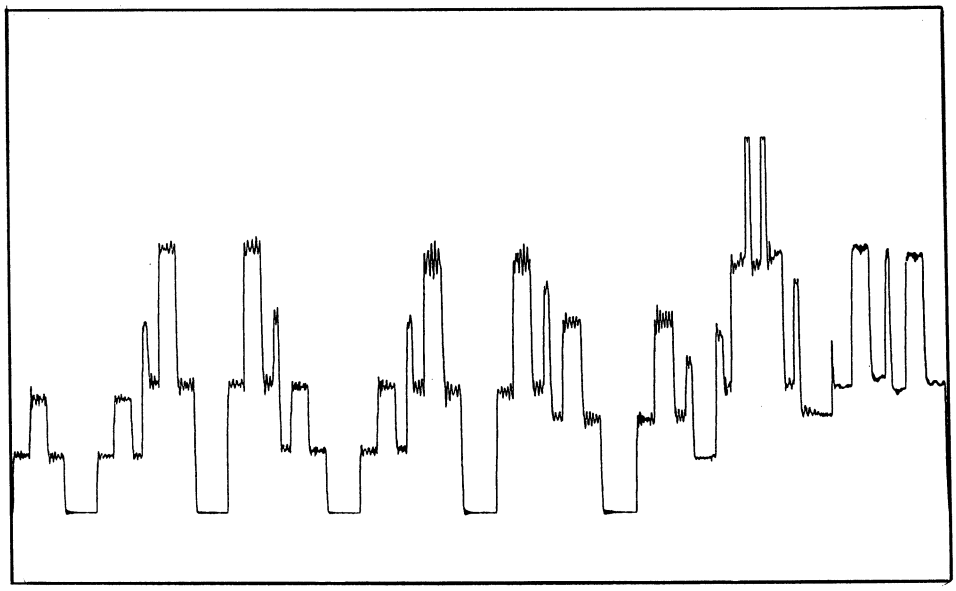
หมายเลข 14 ระดับสัญญาณของโหลดเซลเมื่อเพลาที่ 3 หรือเพลาแรกของส่วนท้ายของตู้รถไฟคันที่สองเข้าเขตชั่งน้ำหนัก

*หมายเลข 15(*)*ระดับสัญญาณของโหลดเซลเมื่อเพลาหลังทั้ง 2 ของตู้รถไฟคันที่สองอยู่บนส่วนชั่งน้ำหนักพร้อมกัน ซึ่งสัญญาณนี้เองจะเป็นสัญญาณแสดงค่าน้ำหนักของน้ำหนักเพลาทั้งหมดของส่วนท้ายของตู้รถไฟตู้คันที่สอง

หมายเลข 16 เมื่อมีเพลา 1 เพลาจากจำนวน 2 เพลาหลังของตู้รถไฟส่วนท้าย หรือเพลาที่ 3 เคลื่อนที่ออกจากส่วนชั่งน้ำหนักในขณะที่ยังคงเหลืออีก 1 เพลาที่ยังค้างอยู่บนส่วนชั่งน้ำหนัก

หมายเลข 17 เมื่อเพลาที่ 4 หรือเพลาท้ายสุดของชุดเพลาหลังของตู้ขบวนรถไฟตู้คันที่สองเคลื่อนที่ออกไป และเป็นสภาวะที่โหลดเซลอิสระจากภาระแรงอีกครั้งหนึ่ง

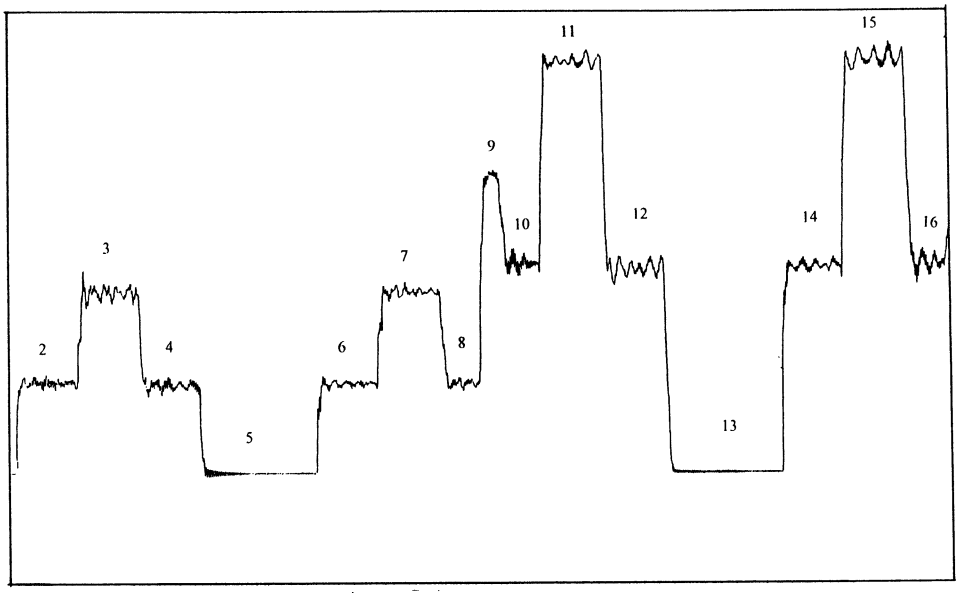
ในกรณีที่ความเร็วของขบวนรถไฟที่วิ่งผ่านเครื่องชั่งไม่คงที่ กราฟสัญญาณจากโหลดเซลจะมีลักษณะค่อนข้างซับซ้อนมากกว่านี้และส่งผลให้ผลการชั่งอาจมีผลผิดเพิ่มสูงขึ้นได้เช่นกัน



รูปที่ 26 กราฟจริงของสัญญาณจากโหลดเซลขณะทำการชั่งของเครื่องชั่งขบวนรถไฟ

กราฟที่แสดงให้เห็นดังกล่าวนั้น จะเป็นกราฟที่ค่อนข้างจะเป็นไปได้อยากในทางปฏิบัติ ทั้งนี้ก็เพราะว่าอาจมีสัญญาณแทรกสอดและแทรกซ้อนเข้ามาด้วยความถี่ที่แตกต่างกันไปอันเกิดจากสาเหตุของการสั่นสะเทือนของตัวตู้รถไฟเอง, การสั่นสะเทือนของส่วนรับน้ำหนัก หรืออาจเป็นการแทรกซ้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นลักษณะของสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแทรกซ้อน (Electric-magnetic interference) และการสั่นสะเทือนของเครื่องชั่ง (Vibration of the scale) จะมีความถี่สูงแต่ความสูงของคลื่น (Amplitude) ต่ำ ดังนั้นเมื่อใช้ low-pass filter เพื่อกรองสัญญาณจากโหลดเซลก็จะขจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการและให้กราฟที่ถูกต้องเหมาะสมตามความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น แต่ในขณะเดียวกันลักษณะของสัญญาณอันเนื่องจากการสั่นสะเทือนของตัวตู้รถไฟเอง (Car vibration) ก็จะมีความถี่ต่ำแต่ความสูงของคลื่น (Amplitude) สูง ซึ่งเป็นการยากที่ขจัดสัญญาณรบกวนประเภทนี้ด้วย Low-pass filter ด้วยเหตุนี้สัญญาณรบกวนจากการสั่นสะเทือนของตู้รถไฟขณะทำการชั่งจึงเป็นปัจจัยหลักสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของเครื่องชั่ง นอกจากนี้ยังพบว่าตัวขยายสัญญาณ (Amplifiers), Low-pass filters และ ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล (A/C converters) ในส่วนแสดงผลการชั่งก็เป็นสาเหตุให้เกิดการหน่วงสัญญาณจากการชั่ง ส่งผลให้เกิดการผิดเพี้ยนของสัญญาณเกิดขึ้นได้เช่นกัน การเลือกโหลดเซลและส่วนแสดงผลการชั่งให้สามารถ

ทำงานสอดคล้องซึ่งกันและกันเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ดูรูปที่ 26 และ 27 เป็นตัวอย่างของลักษณะสัญญาณซึ่งได้จากโหลดเซลหลังจากผ่านขั้นตอนการกรองสัญญาณแล้ว



LOAD CELL SIGNAL

รูปที่ 27 ภาพขยายของสัญญาณจริงจากโหลดเซลขณะทำการชั่งของเครื่องชั่งขบวนรถไฟ

วิธีการหาน้ำหนักทั้งหมดของตู้รถไฟ (Method to gain the total weight of a wagon)

จากกราฟอุดมคติของสัญญาณซึ่งได้จากโหลดเซลขณะทำงาน ในรูปที่ 25 นั้น กราฟหมายเลข 3 ระดับสัญญาณของโหลดเซลเมื่อเพลาหน้าทั้ง 2 ของตู้รถไฟตู้แรกอยู่บนส่วนชั่งน้ำหนักพร้อมกัน ซึ่งเป็นสัญญาณแสดงค่าน้ำหนักของน้ำหนักเพลาทั้งหมดของส่วนหน้าของตู้รถไฟตู้แรก และกราฟหมายเลข 7 เป็นระดับสัญญาณของโหลดเซลเมื่อเพลาหลังทั้ง 2 ของส่วนท้ายของตู้รถไฟตู้แรกอยู่บนส่วนชั่งน้ำหนักพร้อมกัน ซึ่งเป็นสัญญาณแสดงค่าน้ำหนักของน้ำหนักเพลาทั้งหมดของส่วนท้ายของตู้รถไฟตู้แรกนั้น เครื่องชั่งจะมีโปรแกรมซึ่งสามารถทำการรวบรวมค่าสัญญาณทั้งหมดด้วยวิธี integration method หรือ averaging method กำจัดสัญญาณที่ไม่ราบเรียบเพื่อให้ได้ค่าๆคงที่ค่าหนึ่ง หลังจากทำการรวมเอาค่าสัญญาณทั้งสอง (กราฟหมายเลข 3 และ หมายเลข 7) แล้วนำไปคูณด้วยค่าคงที่ที่เหมาะสมค่าหนึ่ง เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักร่วมของตู้รถไฟทั้งตู้ จากกราฟที่แสดงในรูปที่ 25 นั้นเราเห็นได้ว่าเป็นกราฟของสัญญาณซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง "ระดับสัญญาณ (weighing signal)" ของโหลดเซลซึ่งอยู่บนแกนตั้งและ "เวลา (time)" ซึ่งเป็นแกนนอน ด้วยเหตุนี้หากความเร็วของขบวนรถไฟเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ทุกส่วนของคลื่นในกราฟจะมีระยะสั้นมาก ดังนั้นหากช่วงระยะเวลาของสัญญาณซึ่งแทนค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ของตู้รถไฟน้อยกว่าคาบของรอบการสั่นของตัวตู้รถไฟ (cycle of car vibration) การกำจัดสัญญาณที่ไม่ราบเรียบของคลื่นในกราฟนั้นเพื่อให้ได้ค่าๆหนึ่งด้วยวิธีการ averaging method จะไม่ได้ผล ความผิดพลาดของสัญญาณชั่งจะมีค่าสูงขึ้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องควบคุมความเร็วของขบวนรถไฟที่วิ่งเข้าสู่เครื่องชั่งชนิดนี้ต้องไม่สูงเกินกว่าความเร็วที่กำหนด

การคำนวณหาความเร็วผ่านส่วนชั่งน้ำหนัก (Transit speed) ของตู้รถไฟ

จากกราฟอุดมคติของสัญญาณซึ่งได้จากโหลดเซลขณะทำงาน ในรูปที่ 25 นั้น ผลรวมของระยะเวลาของกราฟหมายเลข 2 และหมายเลข 3 แสดงถึงช่วงระยะเวลาซึ่งเพลาแรกของตู้รถไฟคันแรกเคลื่อนที่เข้าและออกจากส่วนชั่งน้ำหนัก ดังนั้นเมื่อเราทราบความยาวของส่วนชั่งน้ำหนัก Transit speed ของตู้รถไฟซึ่งวิ่งผ่านส่วนชั่งน้ำหนักจึงมีค่าเท่ากับระยะความยาวของส่วนชั่งน้ำหนักหารด้วยผลรวมของช่วงระยะเวลาของกราฟหมายเลข 2 กับช่วงระยะเวลาของกราฟหมายเลข 3

พบว่าเครื่องชั่งขบวนรถไฟมีขีดความสามารถในการชั่งด้วยความแม่นยำ (accuracy) เท่ากับ 0.05% - 0.1% เมื่อทำการชั่งในสภาวะสถิตย์ แต่เมื่อทำการชั่งในสภาวะที่ขบวนรถไฟเคลื่อนที่ผ่านจะให้ผลการชั่งมีความแม่นยำลดลงเหลือ 0.5% - 1.0% ทั้งนี้อาจมีได้หลายสาเหตุ จึงจำเป็นต้องให้ความดูแลเอาใจใส่ต่อการติดตั้ง อีกทั้งตัวของตู้รถไฟเองก็เช่นกัน อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดตามที่กำหนดไว้ใน OIML R106-1 ดังในรูปที่ 28 นอกจากนั้นยังมีปัจจัยอื่นๆที่ต้องการพิจารณาและควรระมัดระวังเพื่อให้ผลการชั่งได้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นได้แก่

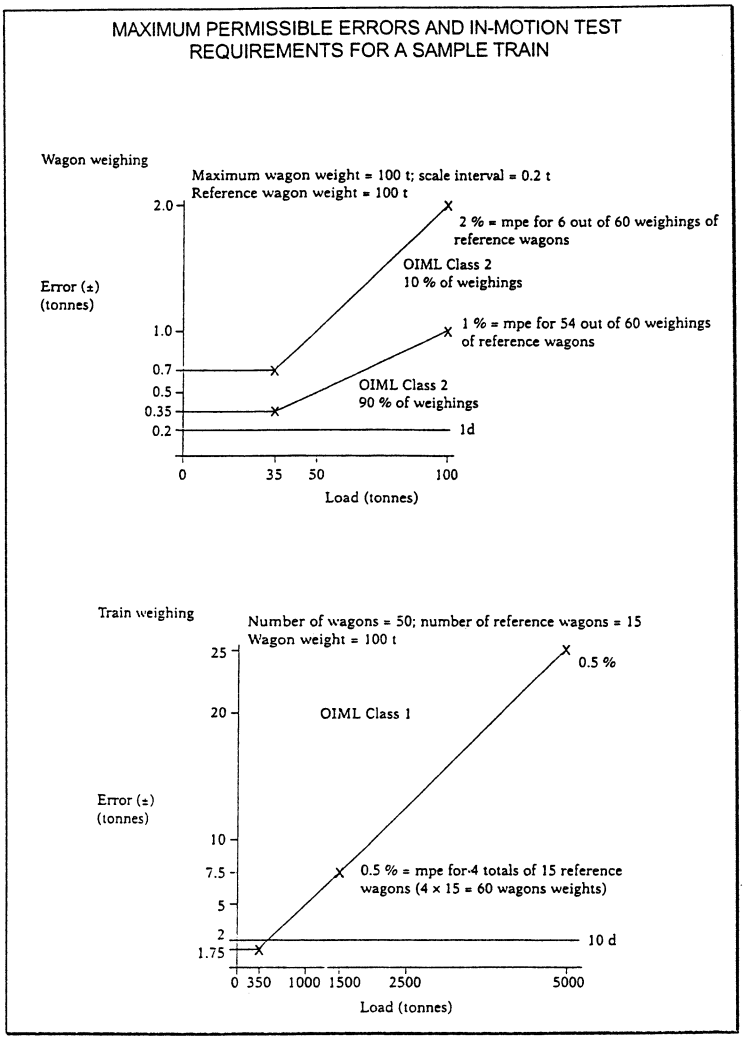


Figure Maximum permissible errors and in-motion test requirements for a sample train

รูปที่ 28 อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับเครื่องชั่งขบวนรถไฟตาม OIML R106-1

- รางรถไฟทั้ง 2 ข้างบนส่วนชั่งต้องเป็นแนวเส้นตรงไม่คดงอ และไม่แยกถ่างออกจากกันเมื่อขบวนรถไฟแล่นผ่าน
- ระดับทั้งด้านเข้าและออกจากส่วนรับน้ำหนัก (Weighbridge) รวมทั้งตัวของส่วนรับน้ำหนักเองต้องได้แนวระดับที่เท่ากัน ไม่เป็นขั้นบันไดทั้งก่อนและออกจากส่วนรับน้ำหนัก
- ส่วนรองรับตัวรางรถไฟต้องแข็งแรงมั่นคงพอและสามารถรองรับน้ำหนักของขบวนรถไฟได้ด้วยโดยไม่มีการยุบตัวขณะรับน้ำหนักซึ่งถ่ายผ่านจากตัวราง
- ความเร็วสูงสุดและความเร็วต่ำสุดของขบวนรถไฟเมื่อแล่นผ่านเครื่องชั่ง
- ความเร็วของขบวนรถไฟต้องสม่ำเสมอตลอดช่วงระยะเวลาผ่านเครื่องชั่ง นั่นหมายถึงต้องไม่มีการเร่งหรือเบรกขณะขบวนรถไฟแล่นผ่านเครื่องชั่ง
- การ กระเพื่อมของตัวถังตู้รถไฟขณะชั่งต้องมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่กระทำได้
- ความราบเรียบและการสึกหรอของล้อรถไฟ
- ปัจจัยอื่นๆตามคำแนะนำผู้ผลิต

ในขณะเดียวกันเพื่อให้เครื่องชั่งขบวนรถไฟสามารถดำเนินการชั่งอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีอุปกรณ์เสริม เช่น อุปกรณ์เตือนเมื่อขบวนรถไฟวิ่งด้วยความเร็วสูงกว่าที่กำหนด, หรืออุปกรณ์เตือนเมื่อขบวนรถไฟมีการเคลื่อนที่ถอยหลังเป็นต้น

เครื่องชั่งสายพานลำเลียง (Continuous totalising weighing instruments หรือ Belt weighers)

เครื่องชั่งสายพานลำเลียงจะถูกติดตั้งเข้ากับระบบสายพานลำเลียงที่มีอยู่เดิม ซึ่งถูกใช้สำหรับการลำเลียงวัสดุหรือผลิตภัณฑ์จากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่ง เครื่องชั่งสายพานลำเลียงประกอบด้วยโครงรองรับน้ำหนัก (the weigh frame) ประกอบด้วยลูกกลิ้ง (rollers) จำนวนหนึ่งรองรับสายพานลำเลียงในขณะที่สายพานวิ่งผ่านบนลูกกลิ้ง ในขณะเดียวกันลูกกลิ้งดังกล่าวจะถูกติดตั้งอยู่บนคานซึ่งถูกต่อไปยังกลไกและโหลดเซลหรือทำการส่งแรงไปยังโหลดเซลโดยตรงเพื่อทำหน้าที่ชั่งน้ำหนักต่อไป ดูรูปที่ 29 และ 30

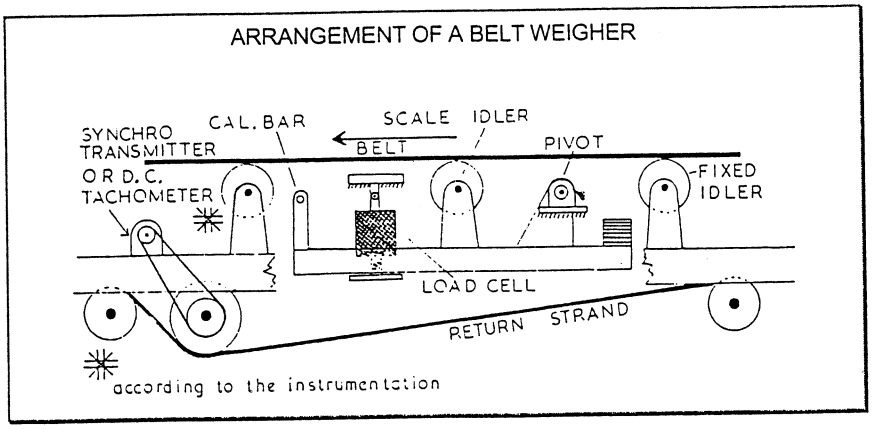


Figure Arrangement of a belt weigher

รูปที่ 29 ส่วนทำงานโดยทั่วไปของเครื่องชั่งสายพานลำเลียง

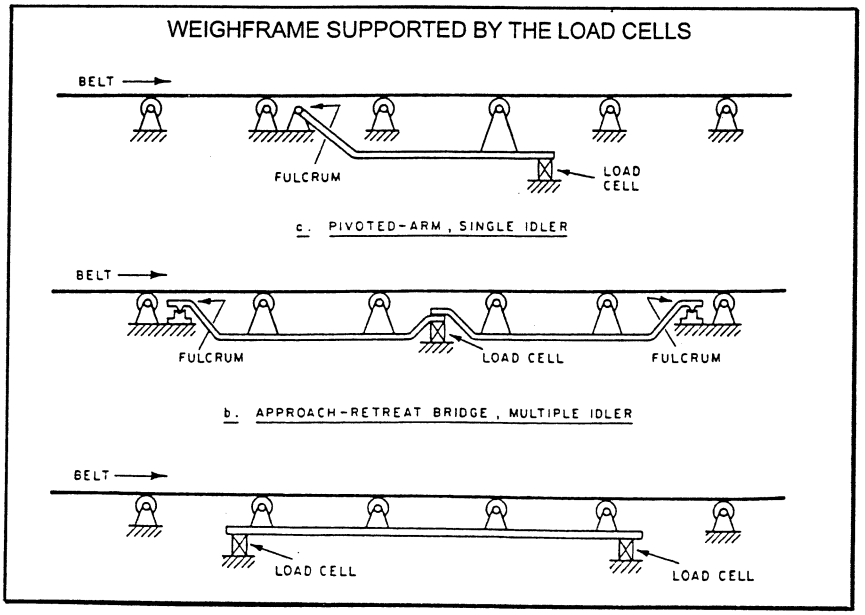


Figure Weighframe supported by the load cells

รูปที่ 30 ลักษณะโครงรองรับน้ำหนักซึ่งรองรับด้วยโหลดเซล

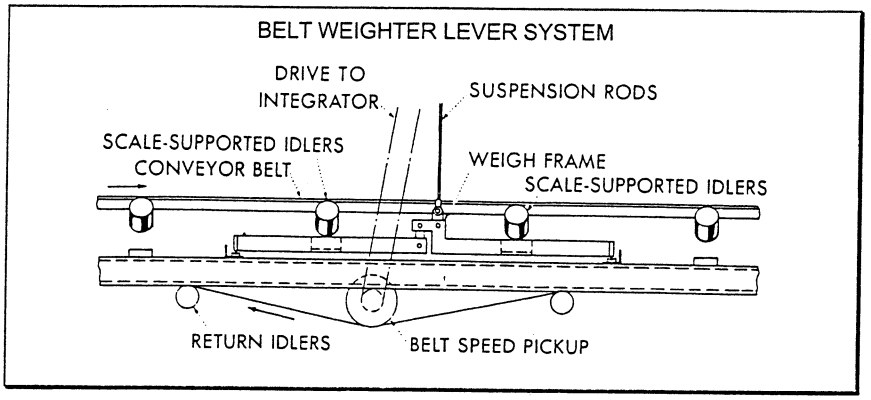


Figure Belt weigher lever system

รูปที่ 31 ระบบคานของการชั่งน้ำหนักของเครื่องชั่งสายพานลำเลียง

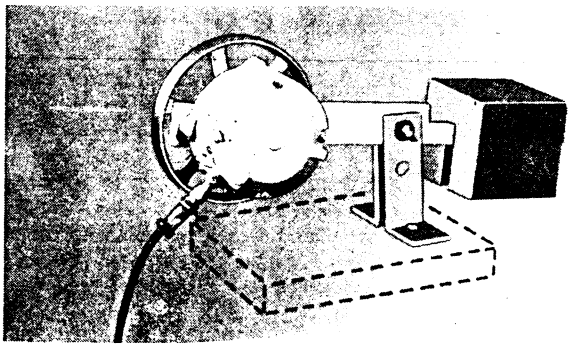
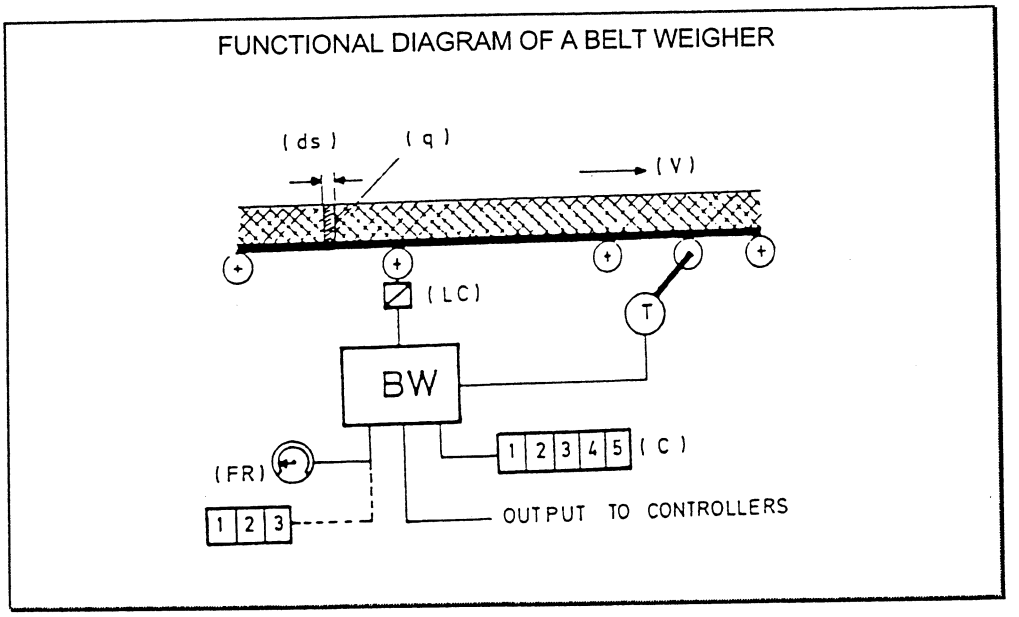


Figure A belt speed transmitter for use in continuous weighing systems when speed variations occur. The roller is held in constant contact with the belt to ensure accuracy. (Courtesy of Toledo Scales, Division of Reliance Electric Co.)

รูปที่ 32 ส่วนถ่ายถอดสัญญาณความเร็วของสายพาน

สำหรับความเร็วของสายพานจะถูกวัดด้วยอุปกรณ์วัดความเร็ว (Speed sensor) การติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร็วสายพานนี้หากเป็นตัวลูกล้อหมุนก็ต้องติดตั้งให้แนบชิดกับสายพานอีกทั้งควรติดตั้งในตำแหน่งที่ใกล้กับโครงรองรับน้ำหนักให้มากที่สุด ดูรูปที่ 29, 31 และ 32 แต่ควรติดตั้งด้านในของสายพานซึ่งเป็นด้านที่ไม่สัมผัสกับวัสดุที่ทำการชั่งอยู่ทั้งนี้วัสดุที่ตกค้างบนสายพานอาจก่อให้การวัดความเร็วให้ค่าสูงเกินไปเนื่องจากอาจมีวัสดุติดอยู่บนลูกล้อหรือความเร็วต่ำเกินไปเพราะมีการลื่นไถลของลูกล้อ เป็นต้น จากนั้นนำผลน้ำหนักที่วัดได้และความเร็วของสายพานจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ประมวลผลก่อนที่เครื่องชั่งจะสามารถแสดงค่าผลการชั่งทั้งหมดที่ผ่านเครื่องชั่งไปในช่วงระยะเวลาหนึ่งพร้อมอัตราการไหลมวลของวัสดุที่ทำการชั่ง ดูรูปที่ 33 และ 34 .



รูปที่ 33 ระบบการส่ง ,รับ และประมวลผลสัญญาณจากระบบการทำงานของเครื่องชั่งสายพานลำเลียง

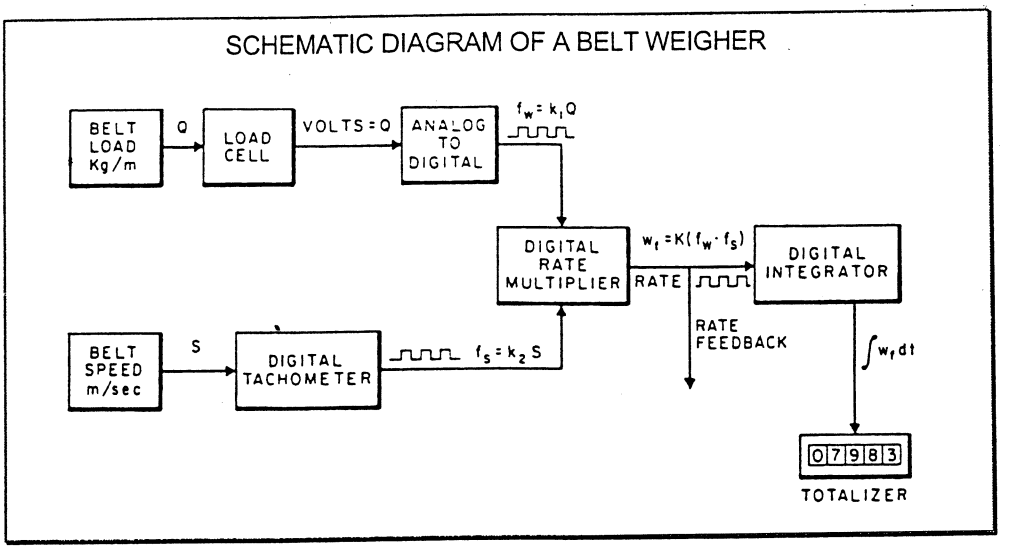


Figure Schematic diagram of a belt weigher

รูปที่ 34 ไดอะแกรมของการประมวลผลสัญญาณของเครื่องชั่งสายพานลำเลียง

การติดตั้งเครื่องชั่งสายพานลำเลียง ตำแหน่งของโครงรองรับน้ำหนัก ตลอดจนอุปกรณ์วัดความเร็วสายพาน เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อประสิทธิภาพและความแม่นยำของเครื่องชั่งชนิดนี้ สิ่งที่ต้องพิจารณาสำหรับเครื่องชั่งสายพานลำเลียงได้แก่

- โครงรองรับน้ำหนัก (the weigh frame) ต้องมีสภาพแข็งแรงไม่แอ่นงอระหว่างทำการชั่งน้ำหนัก
- ติดตั้งโครงรองรับน้ำหนักให้แยกอิสระจากโครงสร้างรับน้ำหนักอื่นๆ เพื่อลดปัญหาการสั่นสะเทือนหรือภาระแรงจากแหล่งอื่นแทรกซ้อน
- มีอุปกรณ์ยึดและรั้งให้ลดอิทธิพลของแรงในแนวราบหรือแนวด้านข้างให้มากที่สุด
- ความตึงของสายพานบริเวณโครงรองรับน้ำหนักต้องมีความตึงคงที่ ด้วยเหตุนี้โครงรองรับน้ำหนักควรถูกติดตั้งให้อยู่ใกล้กับด้านปลายของสายพานป้อนให้มากที่สุดและห่างจากมอเตอร์ขับสายพานให้มากที่สุด
- ความลาดเอียงของสายพานบนโครงรองรับน้ำหนักต้องไม่มากจนทำให้วัสดุที่ต้องการชั่งเคลื่อนที่หรือกลิ้งไปข้างหน้าหรือข้างหลังโดยมีความเร็วมากกว่าหรือน้อยกว่าความเร็วสายพานลำเลียง
- การจัดเรียงตัวของลูกกลิ้ง (rollers) ซึ่งติดตั้งอยู่บนโครงรองรับน้ำหนักต้องสมดุลได้แนวเดียวกันโดยลูกกลิ้งดังกล่าวต้องสัมผัสกับสายพานตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นช่วงไม่มีภาระแรงหรือในช่วงทำการชั่งน้ำหนักก็ตาม นอกจากนี้ตัวลูกกลิ้งเองก็ต้องหมุนได้สมดุลอีกด้วย ไม่แกว่งหรือฝืดจนเกินไป
- ควบคุมความเร็วของสายพานให้วิ่งด้วยความเร็วคงที่ให้มากที่สุดเท่าที่กระทำได้

ด้วยเหตุนี้ในการติดตั้งเครื่องชั่งสายพานลำเลียงควรกระทำตามข้อแนะนำของบริษัทผู้ผลิตอย่างใกล้ชิด

ระบบการควบคุมการทำงานของเครื่องชั่งสายพานลำเลียง (Methods of Control)

ในการควบคุมการทำงานของเครื่องชั่งสายพานลำเลียงเพื่อหาค่าน้ำหนักทั้งหมดหรือการควบคุมการไหลของวัสดุที่ต้องการชั่งด้วยสายพานป้อน (Belt feeders) มีด้วยกัน 3 วิธีคือ

1. การปรับเปลี่ยนความเร็วสายพาน (Varying the belt speed) ดูรูปที่ 35 เป็นระบบซึ่งแสดงให้เห็นถึงการใช้ระบบควบคุมการไหลของวัสดุที่ต้องการชั่งให้สม่ำเสมอโดยมีส่วนรับน้ำหนักซึ่งมีระบบคานติดตั้งต่อลงมาด้วยระบบคานเพื่อทำการส่งผ่านแรงไปยังโหลดเซล ในขณะที่ความเร็วของสายพานวัดด้วย tachometer-generator ถูกขับโดยลูกกลิ้งอิสระซึ่งวิ่งและสัมผัสโดยตรงกับสายพาน ก่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้ากระตุ้นวัดได้โดย potentiometer ซึ่งเป็นผลของแรงดันไฟฟ้าอันเกิดจากผลรวมของสัญญาณด้านออกของความเร็วสายพาน (belt speed) และภาระแรงของสายพาน (belt load) โดยสัญญาณดังกล่าวจะถูกแปลงไปเป็นสัญญาณมาตรฐานเป็นตัวแทนของอัตราการป้อนวัสดุ (feed rate) ดังนั้นเมื่อนำสัญญาณดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับระดับสัญญาณที่ตั้งค่าไว้ใน

ตัวควบคุม ผลต่างของสัญญาณจะเป็นค่าของการควบคุมจะถูกส่งไปยังหน่วยควบคุม SCR ซึ่งจะสั่งปรับเปลี่ยนความเร็วสายพานจนกระทั่งสัญญาณเป็นไปตามที่กำหนด

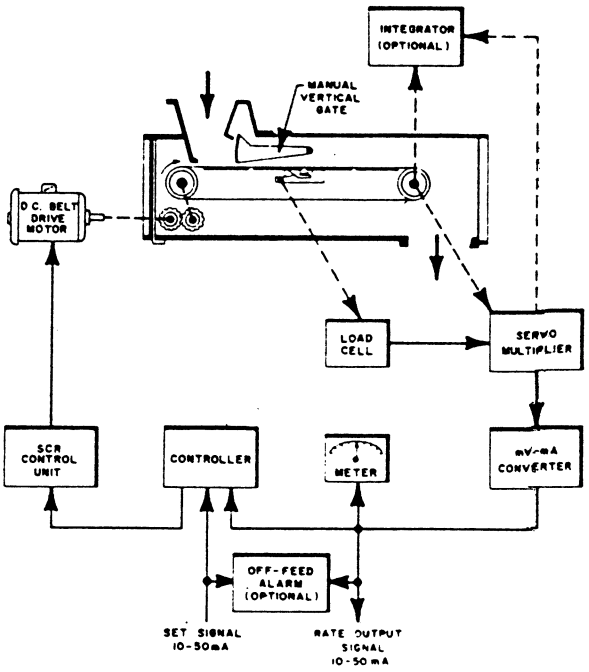


Figure Gravimetric feeder that employs belt speed control to maintain a constant weight feed rate. (Courtesy of Wallace and Tiernan, Division of Pennwalt Corp.)

รูปที่ 35 ระบบการควบคุมการทำงานของเครื่องชั่งสายพานลำเลียงแบบปรับเปลี่ยนความเร็วสายพาน (Vary the belt speed)

2. การปรับเปลี่ยนภาระน้ำหนักสายพาน (Varying the belt load) ข้อดีสำหรับการควบคุมภาระน้ำหนักสายพาน ก็คือระบบมีความซับซ้อนน้อยลงกว่าแบบแรกอีกทั้งราคาของระบบควบคุมต่ำกว่าระบบควบคุมความเร็วสายพานลำเลียงและการปรับเปลี่ยนทั้งความเร็วสายพานและภาระน้ำหนักสายพาน นอกจากนี้ยังพบว่าระบบซึ่งมีการปรับเปลี่ยนความเร็วสายพานยังมีข้อเสียในเรื่องทั้งราคาค่าติดตั้งและความซับซ้อนของระบบ เนื่องจากระบบจำเป็นต้องคำนวณอัตราการป้อน (feed rate) อยู่ตลอดเวลา ในขณะเดียวกันระบบควบคุมปรับเปลี่ยนภาระน้ำหนักสายพานก็มีข้อเสียเช่นเดียวกันคือความล่าช้าและความไม่แม่นยำในการควบคุมเนื่องจากเกิดการเหลื่อมของระยะเวลาระหว่างจุดควบคุมภาระน้ำหนักและจุดที่มีส่วนรับน้ำหนักทำงาน ด้วยเหตุนี้หากผลของความเหลื่อมดังกล่าวแตกต่างกันมากอาจส่งผลให้ผลการชั่งคลาดเคลื่อน หากใช้ระบบการควบคุมเพื่อวัตถุ

ประสงค์ผสมวัตถุดิบแล้วอาจทำให้อัตราส่วนผสมแตกต่างกันด้วยเช่นกัน วิธีการที่ใช้ในการควบคุมภาระน้ำหนักของสายพานก็คือ ดูรูปที่ 36

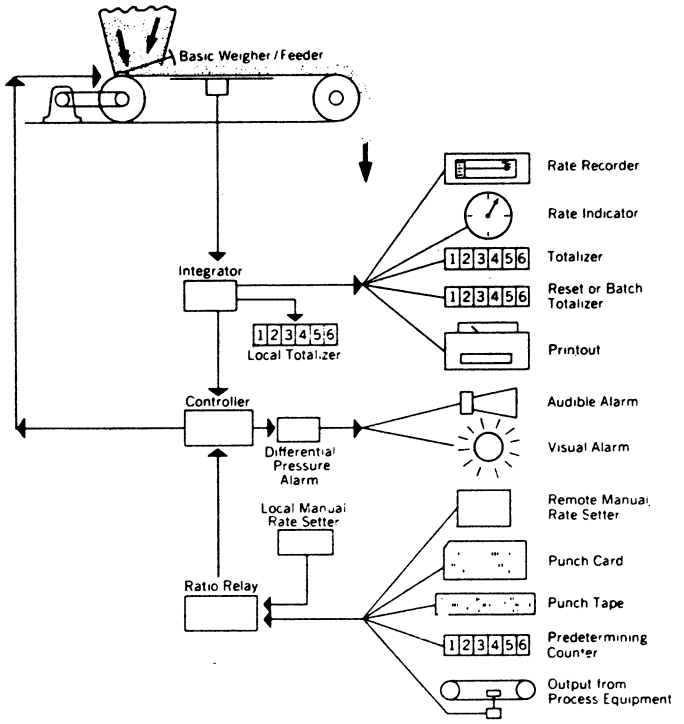


Figure Gravimetric feeder that employs belt load control to maintain constant feed rate. Various types of auxiliary functions are shown. (Courtesy of BIF, a unit of General Signal Corp.)

รูปที่ 36 ระบบการควบคุมการทำงานของเครื่องชั่งสายพานลำเลียงแบบปรับเปลี่ยนภาระน้ำหนักสายพาน (Varying the belt load)

A) Vertical Gate ง่ายต่อการปฏิบัติ แต่จะมีปัญหาเมื่อวัสดุที่ต้องการชั่งมีรูปร่างที่ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากหากวัสดุมีขนาดชิ้นใหญ่เกินไปก็อาจจะไหลผ่านช่องทางเปิดไม่ได้ หรือในบางกรณีวัสดุมีลักษณะเหนียวหนืดซึ่งอาจจะติดผนังช่องทางขณะที่มีการป้อนวัสดุลงสายพาน

B) Rotary vane feeder เป็นการป้อนวัสดุโดยการควบคุมอัตราการหมุนของ Rotary Vane ให้หมุนด้วยความเร็วที่ต้องการ วิธีการนี้เหมาะสมกับวัสดุที่มีขนาดเล็กหรือเป็นผง หรือง่ายต่อการตกลงจากส่วนป้อนน้ำหนัก หรือวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ

C) Screw feeder เหมาะกับวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ หรือวัสดุที่พองลม (aerated materials) ได้ง่าย หรือวัสดุที่เหนียวหนืดติดผนังหรือช่องทางขนส่งได้ง่าย, วัสดุโลหะหรือใช้กับวัสดุที่ไม่สามารถขนถ่ายป้อนส่งด้วย Vertical Gate หรือ Rotary vane feeder ได้

D) Vibratory feeder ค่อนข้างเป็นวิธีการที่มีการประยุกต์ใช้งานได้กว้างขวางมากหากในกรณีที่ไม่สามารถป้อนวัสดุโดยใช้วิธีการอื่นๆ อัตราการป้อนจะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของคลื่นการสั่นซึ่งกระทำโดย electromagnetic vibrator ด้วยการเปลี่ยนขนาดของแรงดันของแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า

3. การปรับเปลี่ยนทั้งความเร็วสายพานและภาระน้ำหนักสายพาน (Varying both belt speed and load) เป็นการออกแบบผสมประสานของหลักการทำงานในหัวข้อ 1 และ 2 ดังแสดงในรูปที่ 37

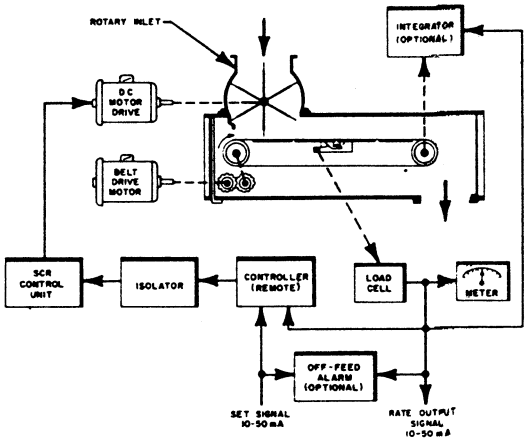


Figure Belt feed rate is achieved by varying the speed of a rotary vane at the discharge of a belt feed section. (Courtesy of Wallace and Tiernan, Division of Pennwalt Corp.)

รูปที่ 37 ระบบการควบคุมการทำงานของเครื่องชั่งสายพานลำเลียงแบบปรับเปลี่ยนทั้งความเร็วสายพานและภาระน้ำหนักสายพาน (Varying both belt speed and load)

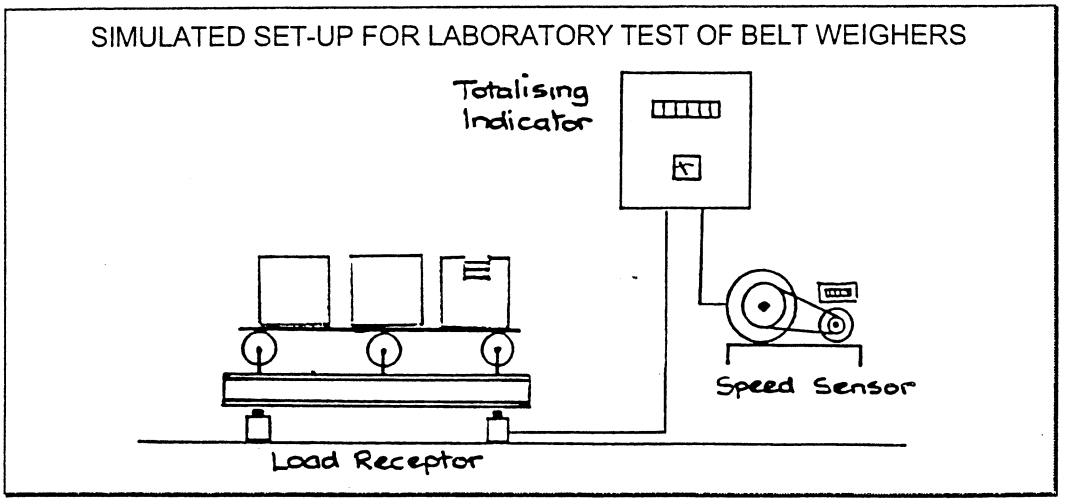


Figure Simulated set-up for laboratory test of belt weighers

รูปที่ 38 การจำลองการทำงานของเครื่องชั่งสายพานลำเลียงในการทดสอบภายในห้องปฏิบัติการ

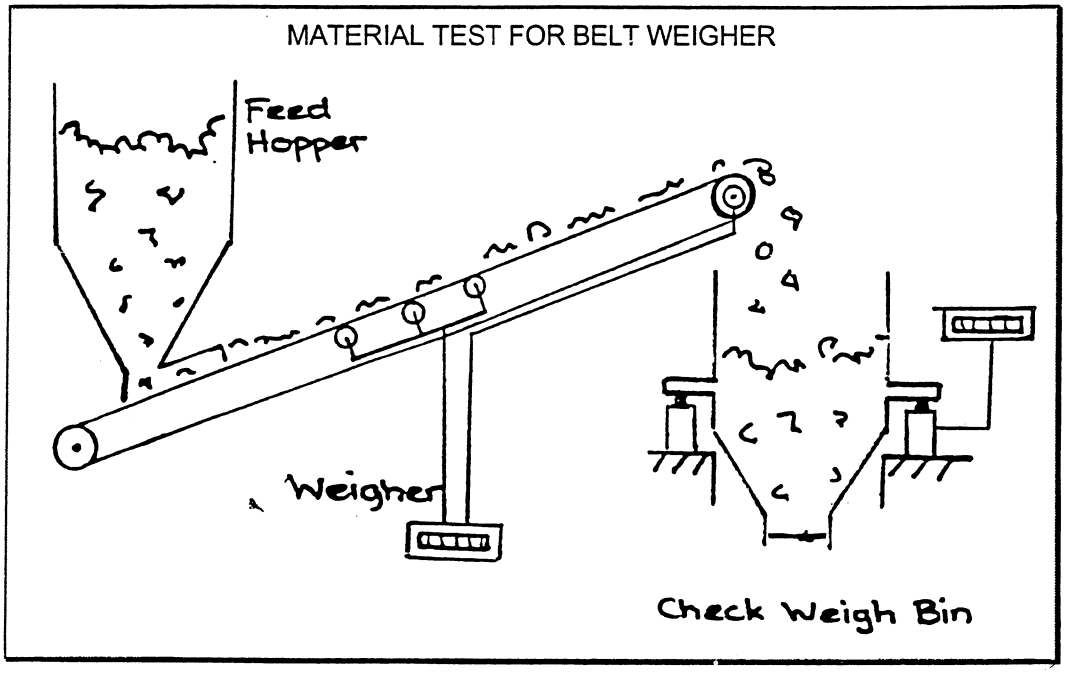


Figure Material test for belt weighers

รูปที่ 39 การทดสอบเครื่องชั่งสายพานลำเลียงในภาคสนามโดยใช้วัสดุทดสอบจริง

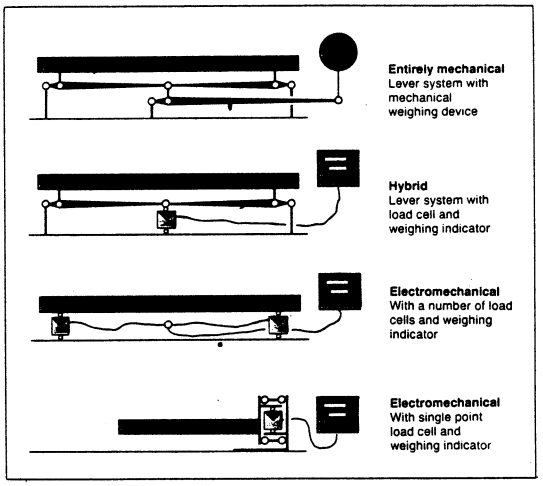
เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Non-automatic Weighing Instrument)

เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Non-automatic weighing instrument) คือ เครื่องชั่งที่ต้องใช้ผู้ชั่งทำการชั่งในระหว่างการชั่ง เช่น การยก-วางสิ่งของหรือตุ้มน้ำหนักบนเครื่องชั่ง และการอ่านผลการชั่ง

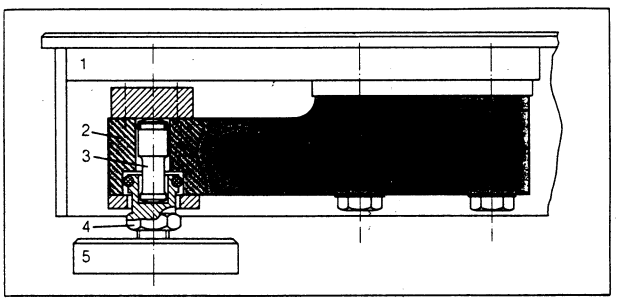
หากพิจารณาตามเอกสารของ OIML (International Organization of Legal Metrology) เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติจะครอบคลุมเนื้อหาด้วย OIML R76-1, 1992 Non-Automatic weighing instruments ส่วนในรายละเอียดจะกล่าวไว้ในบทต่อไป

เราสามารถทำการเปรียบเทียบความแม่นยำ (Relative accuracy) ระหว่างเครื่องชั่งอัตโนมัติกับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ ได้ว่า

เครื่องชั่ง	Relative accuracy
เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Non-automatic weighing instrument)	0.05% - 0.1%
เครื่องชั่งชนิด Hopper (Totalising hopper weighers)	0.1% - 0.25%
เครื่องชั่งสายพานลำเลียง (Belt weighers)	0.25% - 1.0%
เครื่องชั่งขบวนรถไฟ (Train weighing-in-motion weighbridges)	0.5% - 1.0%

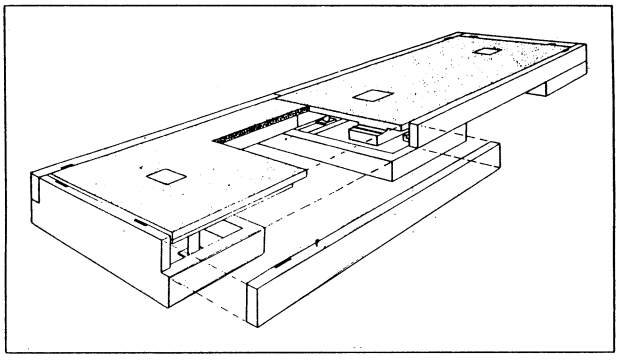


Technical advances in scale design

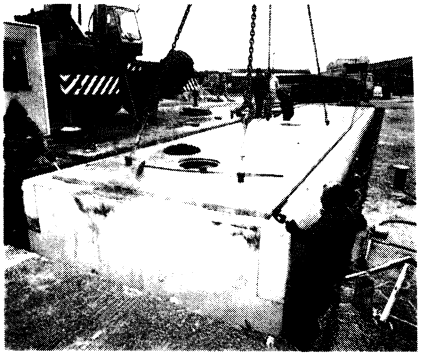


Incorporation of a shear beam load cell with integral pendulum support in a platform scale: 1 Scale platform, 2 Shear beam load cell, 3 Pendulum support, 4 Height adjuster, 5 Base plate

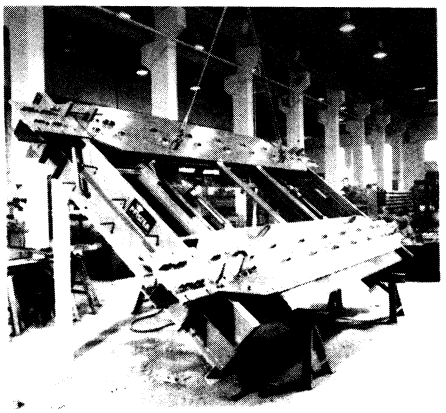
Standard design platform scale



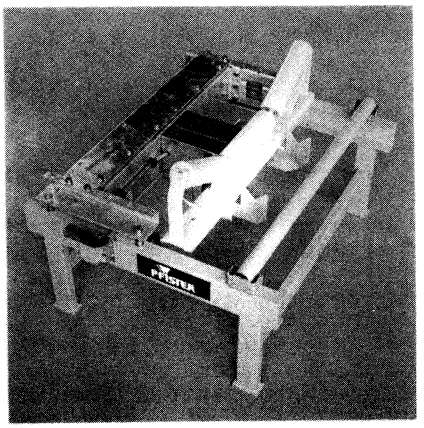
Prefabricated concrete elements of a vehicle weighbridge, modular design



Installation of a prefabricated concrete weighbridge



Low-profile rail wagon weighbridge in the factory



Single-idler belt conveyor scale

บทที่ 2

โครงสร้างเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (The construction of Weighing Instruments)

เนื้อหาครอบคลุม

1 เครื่องชั่งแบบกลไก (Mechanical Lever Weighing Instruments)

2 เครื่องชั่งไฮบริด (Hybrid Weighing Instruments)

3 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิค (Electronic Weighing Instruments)

4 เครื่องชั่งชนิดอื่น ๆ

5 ส่วนประกอบของเครื่องชั่งพื้นฐาน (Basic components of weighing instruments)

เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Non-automatic weighing instrument) คือ เครื่องชั่งที่ต้องใช้ผู้ชั่งทำการชั่งในระหว่างการชั่ง เช่น การยก-วางสิ่งของหรือตุ้มน้ำหนักบนเครื่องชั่ง และการอ่านผลการชั่ง

หากพิจารณาตามเอกสารของ OIML (International Organization of Legal Metrology) เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติจะครอบคลุมเนื้อหาด้วย OIML R76-1, 1992 Non-Automatic weighing instruments ซึ่งอาจเป็น

1.) เครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าน้ำหนัก (Graduated instrument), เครื่องชั่งที่ไม่มีส่วนแสดงค่าน้ำหนัก (Non-graduated instrument) หรือ

2.) เครื่องชั่งที่แสดงค่าได้เอง (Self-indicating instrument), เครื่องชั่งกึ่งแสดงค่าได้เอง (Semi-self-indicating instrument), เครื่องชั่งที่แสดงค่าเองไม่ได้ (Non-self-indicating instrument)

จากนิยาม OIML R76-1

เครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าน้ำหนัก (Graduated instrument) คือ เครื่องชั่งที่สามารถอ่านค่าผลการชั่งได้โดยตรงจากส่วนแสดงค่าน้ำหนัก

เครื่องชั่งที่ไม่มีส่วนแสดงค่าน้ำหนัก (Non-graduated instrument) คือ เครื่องชั่งที่ไม่สามารถอ่านค่าผลการชั่งได้โดยตรง

เครื่องชั่งที่แสดงค่าได้เอง (Self-indicating instrument) คือ เครื่องชั่งที่เข้าสู่สภาวะสมดุลได้เองโดยไม่ต้องใช้ผู้ชั่ง

เครื่องชั่งกึ่งแสดงค่าได้เอง (Semi-self-indicating instrument) คือ เครื่องชั่งที่มีช่วงการแสดงค่าได้เองหลายช่วง แต่ต้องใช้ผู้ชั่งในการเปลี่ยนช่วงการชั่งนี้

เครื่องชั่งที่แสดงค่าเองไม่ได้ (Non-self-indicating instrument) คือ เครื่องชั่งที่จะเข้าสู่สภาวะสมดุลได้โดยต้องใช้ผู้ชั่ง

เครื่องชั่งแบบกลไก (Mechanical Lever Weighing Instruments)

เครื่องชั่งแบบกลไกได้รับการออกแบบโดยใช้ระบบคานเพื่อส่งถ่ายแรงจากส่วนรับน้ำหนักไปยังส่วนแสดงค่าของเครื่องชั่ง โดยขยายการเคลื่อนที่ของส่วนรับน้ำหนักซึ่งเคลื่อนที่ด้วยระยะน้อยๆเมื่อทำการชั่งให้มีการเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อสามารถแสดงค่าน้ำหนักโดยใช้ระบบคานทด (Levers of the second order) และอาจมีกลไกเสริมเพื่อทำการหน่วงการเคลื่อนให้เข้าหาจุดสมดุลอย่างรวดเร็ว เช่นสปริง ลูกเบี้ยว หรือกระบอกสูบเป็นต้น

เครื่องชั่งชนิดนี้ได้รับความนิยมมาเป็นเวลานาน และยังคงให้ผลแม่นยำระดับหนึ่งอีกทั้งมีราคาค่อนข้างต่ำอีกด้วยเมื่อเทียบกับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค แต่เนื่องจากหลักการทำงานของเครื่องชั่งชนิดนี้เป็นแบบกลไก เช่น การใช้คมมีด (Knife edges) หมุดหมุน (pivot bearing) เป็นต้น เพื่อใช้เป็นที่รองรับและ/หรือเป็นจุดหมุนของคาน ดังนั้นในการออกแบบต้องลดความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานให้มากที่สุดเท่าที่กระทำได้เพราะเป็นปัจจัยที่สำคัญส่งผลต่อความแม่นยำของเครื่องชั่ง นอกจากนี้การเกิดการสึกกร่อนและเกิดสนิมก็ต้องคำนึงด้วยเช่นกัน พบว่าลักษณะการใช้งานเครื่องชั่งแบบกลไกมักได้รับการสั่นสะเทือนจากแรงภายนอกแต่โดยตัวของเครื่องชั่งเองแล้วส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติการสั่นสะเทือนที่ความถี่ธรรมชาติต่ำ (Low natural frequency) ด้วยเหตุนี้เองหากสภาพของน้ำหนักที่ต้องการชั่งหากมีการสั่นสะเทือนหรือเคลื่อนไหวอยู่ขณะทำการชั่งจะมีผลกระทบต่อความแม่นยำของเครื่องชั่งชนิดนี้และอาจก่อให้เกิดการแทรกสอดการสั่นสะเทือน (a resonance condition) ลดความแม่นยำของเครื่องชั่งหรืออาจถึงขั้นสามารถทำลายกลไกของเครื่องชั่งได้

เครื่องชั่งสองแขนเท่ากัน (The analytic balance หรือ Equal Arm Scale) เป็นเครื่องชั่งที่ได้รับการออกแบบด้วยหลักการทำงานที่ง่ายมากดังนั้นขั้นตอนการผลิตและขั้นการชั่งจำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังสูงทั้งนี้ก็เพื่อให้ได้ผลการชั่งที่ถูกต้องแม่นยำตามที่ต้องการ โดยคันชั่งจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน ดูรูปที่ 40 ซึ่งอาจเหลื่อมไม่เท่ากันเล็กน้อยแต่ไม่เกิน 2-3 ส่วนใน

1000 ของนิ้ว ใต้คานจะเป็นคมมีด (Knife edges) ทำหน้าที่เป็นจุดหมุนด้วยเหตุนี้จึงเป็นเรื่องยากที่เครื่องชั่งจะอยู่นิ่งๆ แต่จะมีการแกว่งไปมาด้วยสภาวะสมดุล ด้วยเหตุนี้หากคานชั่งเกิดการ

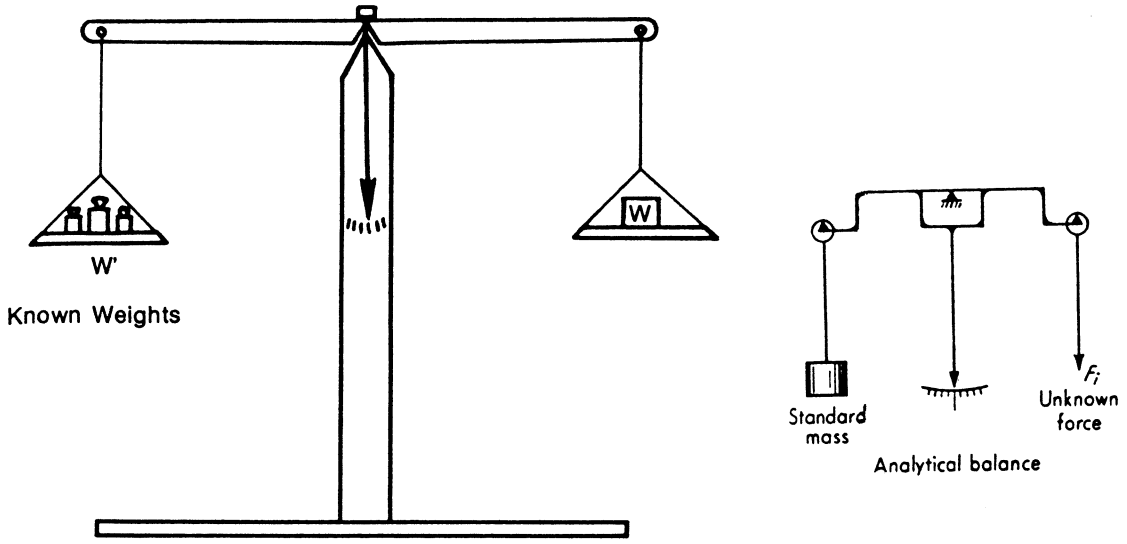


Figure The even arm balance is the oldest known weighing method.

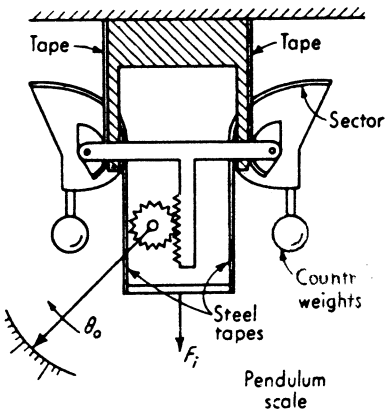
Description	Range, g	Resolution, g
Macro analytical	200–1,000	10^{-4}
Semimicro analytical	50–100	10^{-5}
Micro analytical	10–20	10^{-6}
Micro balance	less than 1	10^{-6}
Ultramicro balance	less than 0.01	10^{-7}

รูปที่ 40 เครื่องชั่งสองแขนเท่ากัน (Equal Arm Scale)

โค้งงอจะทำให้มีผลต่อความไวของเครื่องชั่งและอาจส่งผลถึงความสมดุลของเครื่องชั่งอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆอีกมากมายที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องชั่งเช่นความคมและความแข็งของคมมีด, แรงลม, ความแตกต่างของอุณหภูมิของแขนคันชั่งแต่ละข้าง นั้นคือหากแขนคันชั่งทั้งสองข้างมีอุณหภูมิแตกต่างกัน 1/20 ^{o}C จะเป็นสาเหตุก่อให้เกิดอัตราส่วนความยาวของแขนคันชั่งเปลี่ยนไป 1 ppm เป็นต้น

Pendulum Scale เป็นเครื่องชั่งซึ่งใช้หลักการเปลี่ยนแรงหรือน้ำหนักที่ไม่ทราบค่าเปลี่ยนเป็นแรงบิด (torque) และเครื่องชั่งทำการหน่วงแรงบิดดังกล่าวด้วยน้ำหนักอ้างอิงค่าหนึ่งจัด

เรียงเป็นลูกตุ้ม (Pendulum) โดยมุมที่เปลี่ยนแปลงไปของเข็มชี้ค่าแทนค่าของแรงหรือน้ำหนักต้องการทราบค่า ดูรูปที่ 41



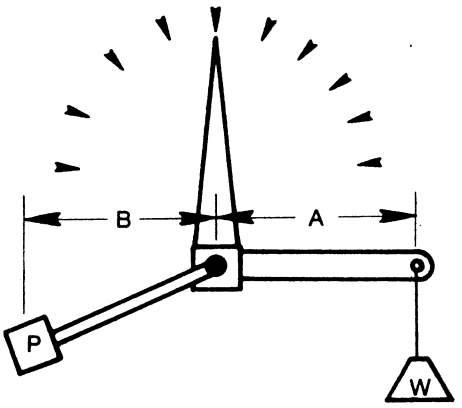
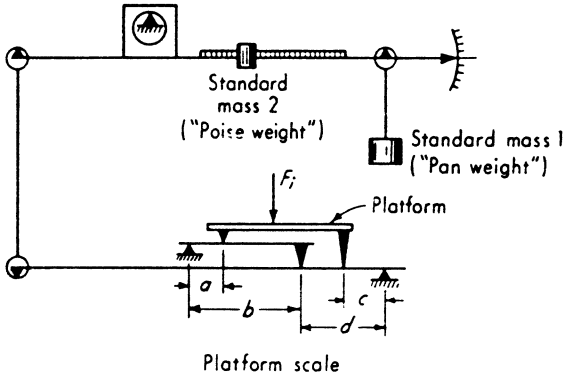


Figure A pendulum scale is another example of the mechanical lever scales where weight times lever arms are balanced.

รูปที่ 41 เครื่องชั่งชนิด Pendulum Scale

เครื่องชั่งแบบแท่นชั่ง (Platform Scale) เป็นการใช้ระบบคานเพื่อลดแรงหรือน้ำหนักที่ต้องการชั่งจากค่าน้ำหนักสูงๆ ลดลงด้วยระบบคานทดเหลือการเคลื่อนที่ของคันชั่งเพียงเล็กน้อยจากนั้นทำการปรับสมดุลระบบคานด้วยตุ้มถ่วง (counter poise-weight) หรือ/และตุ้มเลื่อน (Sliding poise-weight) จากรูปที่ 42 หากเครื่องชั่งแบบแท่นชั่งมีอัตราราส่วน a/b = c/d แล้วการอ่านค่าของเครื่องชั่งจะไม่ขึ้นกับตำแหน่งของแรงที่กระทำหรือตำแหน่งที่วางน้ำหนักต้องการชั่ง ดูรูปที่ 43



รูปที่ 42 หลักการทำงานของเครื่องชั่งแบบแท่นชั่ง (Platform scale) โดยใช้ระบบคาน

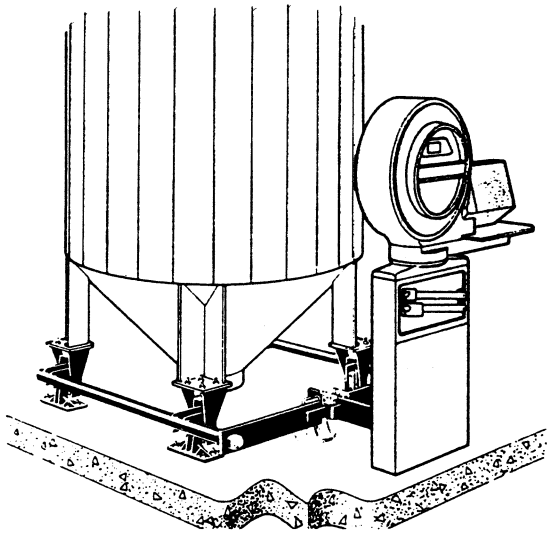


Figure A platform or mechanical lever scale using simple levers with pendulum counterbalance operating an indicator. (Courtesy of Toledo Scales, Division of Reliance Co.)

รูปที่ 43 การประยุกต์การใช้งานเครื่องชั่งแบบแท่นชั่ง (Platform scale) โดยใช้ระบบคาน

เครื่องชั่งสปริง (Spring scale) ก็เป็นเครื่องชั่งชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมใช้เนื่องจากมีราคาถูก พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ความยาวของสปริงจะเพิ่มสูงขึ้น ค่าความยืดหยุ่น (modulus of elasticity) จะมีค่าลดลง ส่งผลให้การการเคลื่อนที่ของเข็มชี้ค่าหนีออกจากการแสดงค่าศูนย์ (a zero shift) เครื่องชั่งสปริงที่ดีต้องสร้างด้วยสปริงอัลลอยล์ (spring alloy) และมีสปริงเสริมพิเศษชดเชย (compensating spring) ด้วยเหตุนี้เครื่องชั่งสปริงโดยทั่วไปจึงไม่มีสปริงเสริมพิเศษชดเชยจึงมีความแม่นยำเฉพาะในช่วงของอุณหภูมิหนึ่งเท่านั้น หรือในกรณีถ้าหากเครื่องชั่งถูกใช้เกินกว่าจุดที่สปริงสามารถหดตัวกลับมาได้ สปริงจะไม่คืนกลับมาแสดงค่าศูนย์ได้อีกต่อไป ถึงแม้จะทำการปรับการแสดงค่าศูนย์ได้ก็ตามค่าผลผิดจะแฝงอยู่กับเครื่องชั่งสปริงตลอดไป ดูรูปที่ 44 และ 45

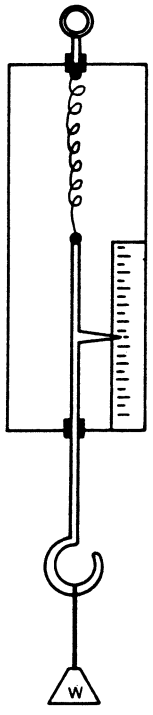


Figure Spring scale demonstrates the principle of the elongation of an elastic element which is proportional to the attached weight.

รูปที่ 44 หลักการทำงานของเครื่องชั่งสปริง (Spring scale)

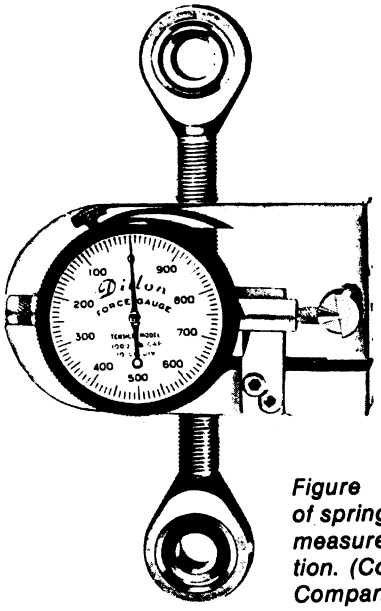


Figure A dynamometer (a type of spring scale) is used for tension measurements for cable installation. (Courtesy of W.C. Dillon and Company, Inc.)

รูปที่ 45 การประยุกต์การใช้งานเครื่องชั่งสปริง (Spring scale) สำหรับใช้วัดความตึงของสายเคเบิล

นอกจากนี้ยังมีเครื่องชั่ง

- **เครื่องชั่งแบบโรเบอร์วัลและเบแรงเงอร์**
- **เครื่องชั่งแบบสตีลยาร์ด** ดูรูปที่ 46

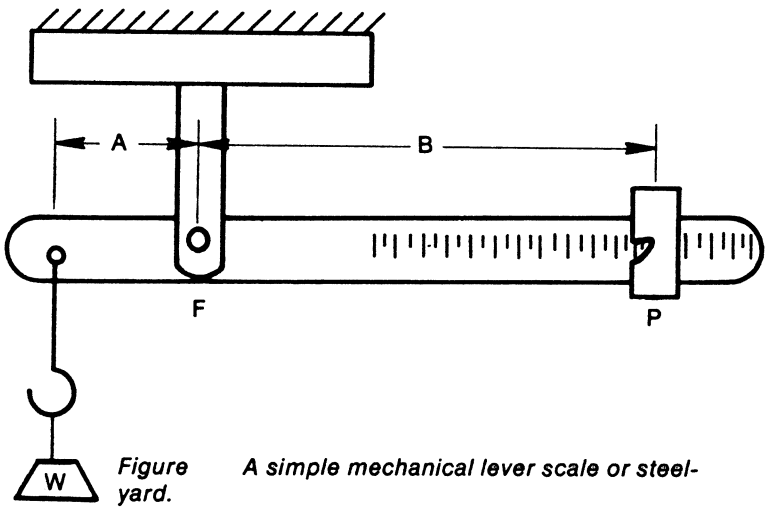


Figure A simple mechanical lever scale or steelyard.

รูปที่ 46 หลักการทำงานของเครื่องชั่งแบบสตีลยาร์ด

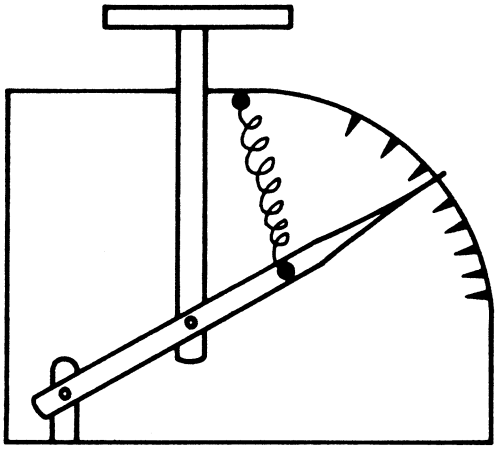


Figure The combination of levers and springs is used to demonstrate the spring balance scale.

รูปที่ 47 เครื่องชั่งที่นำเอาหลักการทำงานของระบบคานประยุกต์กับหลักการทำงานของสปริง

เครื่องชั่งไฮบริด (Hybrid Weighing Instruments)

เป็นเครื่องชั่งซึ่งเกิดจากการผสมผสานระหว่างเครื่องชั่งกลไกและเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค (Electronic weighing instruments) โดยทำการปรับปรุงหรือเปลี่ยนส่วนแสดงค่าของเครื่องชั่งแบบกลไกที่มีส่วนแสดงค่าแบบอนาล็อกไปเป็นส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอล โดยใช้โหลดเซลทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนแปลงแรงที่ส่งผ่านมาจากระบบกลไกไปยังส่วนแสดงค่าแบบอนาล็อกหรือคันชั่งเปลี่ยนเป็นแรงอิเล็คทรอนิคหรือสัญญาณอิเล็คทรอนิคนั้นเอง แล้วส่งสัญญาณไปยังส่วนแสดงค่าดิจิตอลได้ แต่ส่วนรับน้ำหนักก็ยังคงเป็นระบบกลไกเหมือนเช่นเดิมด้วยเหตุนี้เราจึงเรียกว่า เครื่องชั่งไฮบริด (Hybrid Weighing Instruments)

เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิค (Electronic Weighing Instruments)

เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิค (Electronic instrument) คือ เครื่องชั่งที่มีส่วนประกอบเป็นอิเล็กทรอนิค เครื่องชั่งชนิดนี้หากใช้ในการค้าขายหรือคิดคำนวณภาษี อากรต่างๆ ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิคซึ่งประกอบด้วยโหลดเซล เมื่อภาระแรงจากส่วนรับน้ำหนักถ่ายทอดภาระแรงไปยังโหลดเซลและส่วนสมองกลทำการประมวลผลแล้วจะส่งผลการชั่งไปยังส่วนแสดงค่า ซึ่งเครื่องชั่งประเภทนี้จะไม่มีกลไกประกอบหรือมีส่วนร่วมทำงานในขั้นตอนชั่งเลย แต่ในกรณีที่เครื่องชั่งสำหรับใช้งานในห้องปฏิบัติการหรืองานวิจัยซึ่งต้องการความแม่นยำของเครื่องชั่งสูงขึ้น หลักการทำงานของเครื่องชั่งที่แตกต่างหลากหลายอื่นก็จะถูกนำมาประยุกต์ใช้แทนโหลดเซล เช่น หลักการ Electromagnetic force compensation เป็นต้น

นอกจากนี้เรายังมีเครื่องชั่งซึ่งอาศัยหลักการทำงานที่แตกต่างกันมากมายและนิยมใช้กันอยู่ทั้งในวงการอุตสาหกรรมและในเชิงพาณิชย์ เช่นได้แก่

เครื่องชั่งไฮดรอลิกโหลดเซล (Hydraulic load cells) เป็นเครื่องชั่งซึ่งใช้หลักการการถ่ายทอดแรงผ่านระบบไฮดรอลิกจนถึงจุดสมดุลก็จะทราบแรงที่กระทำบนส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่งชนิดนี้ โดยเปลี่ยนแรงหรือน้ำหนักไปเป็นความดันของน้ำมันไฮโดรลิก พิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งชนิดนี้ที่มีในท้องตลาดมีขนาดถึง 100,000 Lbf แต่อาจจะสามารถทำให้มีพิกัดกำลังสูงกว่านี้ก็ได้ ซึ่งก็จะเป็นกรณีพิเศษเพื่อใช้เฉพาะงานไป เครื่องชั่งชนิดนี้ให้ความแม่นยำประมาณ 0.1% ของพิกัดกำลังสูงสุด (full scale) อ่านละเอียด (Resolution) ได้ 0.02% เครื่องชั่งไฮดรอลิกโหลดเซลเป็นเครื่องชั่งที่สามารถใช้งานได้เป็นระยะเวลานาน อีกทั้งไม่ต้องการแหล่งพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกและไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงจำกัดตามที่ออกแบบซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 0 –120 ^{o}F ด้วยเหตุนี้จึงเหมาะกับการใช้งานในบริเวณที่เกิดอันตรายได้ง่ายเช่น ใช้ชั่งสารเคมีที่มีอันตราย ในกรณีที่สภาพการชั่งซึ่งอาจเกิดภาระโหลดทันทีทันใด (impact load) เครื่องชั่งชนิดนี้สามารถทนต่อสภาวะการใช้งานเกินขอบเขต (over load) ได้ดีและยังคงรักษาความแม่นยำได้และไม่เกิดสภาวะการแสดงค่าหนีศูนย์ (a zero shift) แต่ปัญหาการรั่วไหลของน้ำมันไฮดรอริกเป็นข้อเสียของเครื่องชั่งชนิดนี้ คุณสมบัติประจำตัวของเครื่องชั่งไฮดรอลิกโหลดเซลก็คือมีความถี่ธรรมชาติของการสั่นสะเทือนมีค่าสูง (High natural frequency) และอัตราการตอบสนองต่อน้ำหนักสูง (fast response rate) ดูรูปที่ 48, 49, 50, 51 และ 52

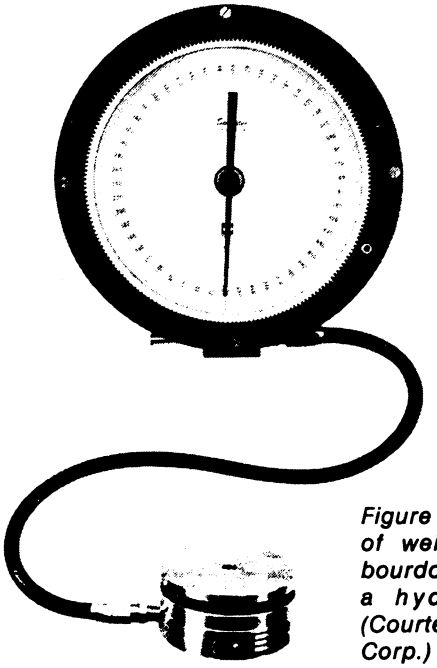
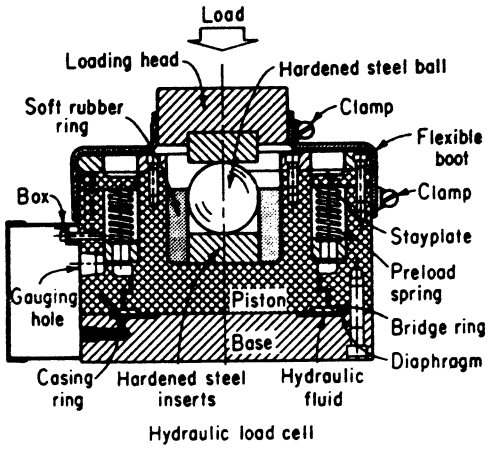
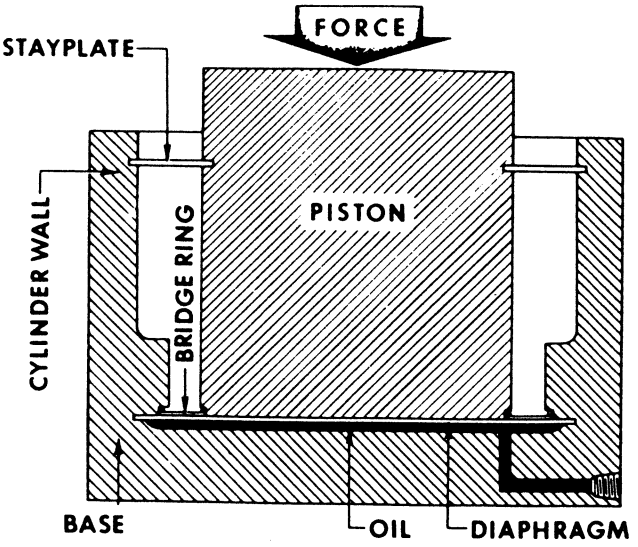


Figure Local indication of weight using a simple bourdon gauge connected to a hydraulic load cell. (Courtesy of Martin-Decker Corp.)

รูปที่ 48 เครื่องชั่งไฮดรอลิกโหลดเซล (Hydraulic load cells) ต่อเข้ากับส่วนแสดงค่าซึ่งใช้ Bourdon tube



รูปที่ 49 ส่วนประกอบภายในไฮดรอลิกโหลดเซล (Hydraulic load cells)



รูปที่ 50 ภาพหลักการทำงานของเครื่องชั่งไฮดรอลิกโหลดเซล (Hydraulic load cells) โดยมีแผ่นประกับเพื่อยังคงให้แรงกระทำอยู่ในแนวศูนย์กลาง

Figure This hydraulic load cell consists of a piston positioned centrally within a cylinder by means of a stay plate at the top and a bridge ring at the bottom. A fluid approximately .030 inch thick is sealed beneath the piston by a stainless steel diaphragm. (Courtesy of A.H. Emery Co.)

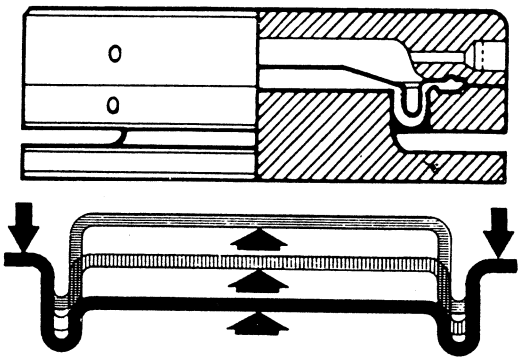


Figure This hydraulic load cell uses a rolling diaphragm that eliminates friction present in a conventional piston cell. The lower drawing shows the diaphragm in three positions. (Courtesy of Martin-Decker Corp.)

รูปที่ 51 ไฮดรอลิกโหลดเซล (Hydraulic load cells) ที่ใช้ diaphragm เพื่อลดแรงเสียดทาน

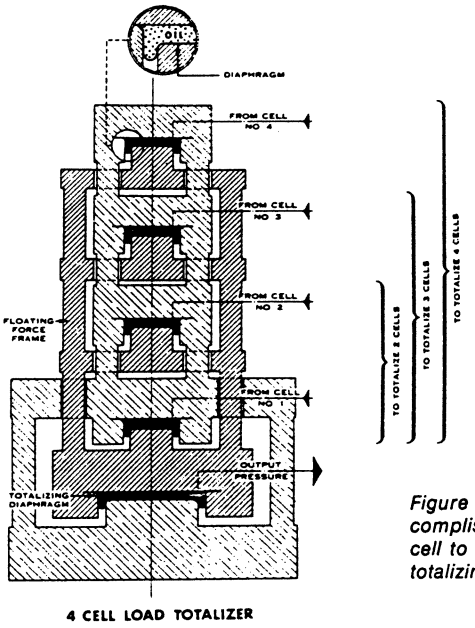


Figure Totalizing loads from several points is accomplished by applying the force from each individual load cell to a floating frame which exerts pressure on the single totalizing chamber. (Courtesy of A. H. Emery Co.)

รูปที่ 52 การประยุกต์ใช้งานไฮดรอลิกโหลดเซล (Hydraulic load cells) ให้สามารถใช้ได้ที่พิกัดกำลังสูงขึ้น

เครื่องชั่ง Pneumatic load cell เป็นการใช้อุปกรณ์ปิดเปิดหัวจ่ายลม (nozzle-flapper transducer) ทำหน้าที่เป็นตัวขยายสัญญาณ ดูรูปที่ 53 และ 54 มีหลักการทำงานคือเมื่อมีแรงหรือน้ำหนักกระทำ F_i จะส่งผลทำให้แผ่นไดอะแฟรมเคลื่อนที่ไประยะทาง x เป็นเหตุให้มีการเพิ่มความดัน p_o เนื่องจากหัวจ่าย (nozzle) ปิดมากขึ้นจากการกระทำของ F_i ความดันที่เพิ่มขึ้นนี้จะไปกดไดอะแฟรมพื้นที่เท่ากับ A เกิดแรงสัมประสิทธิ์ (a effective force) F_P ดันสวนทางขึ้นไปในทิศทางตรงกันข้ามเมื่อเทียบกับ F_i ซึ่งจะกระทำให้ไดอะแฟรมคืนกลับสู่ตำแหน่งเดิมอีกครั้ง เขียนความสมการสภาวะสมดุลได้ว่า

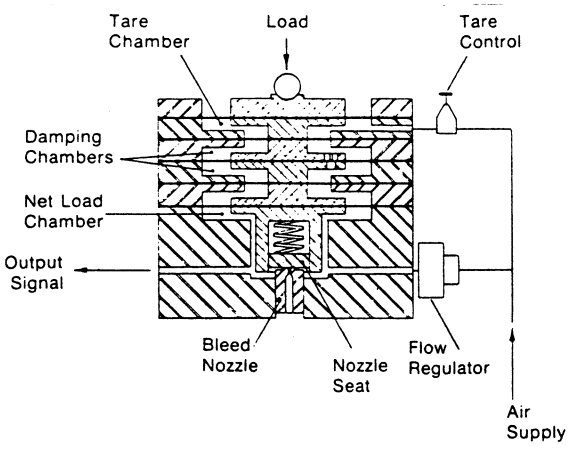


Figure Pneumatic load cell works on force balance principle: increasing load restricts flow through bleed nozzle, builds up signal output pressure in proportion to loading. (Courtesy of K-Tron Corp.)

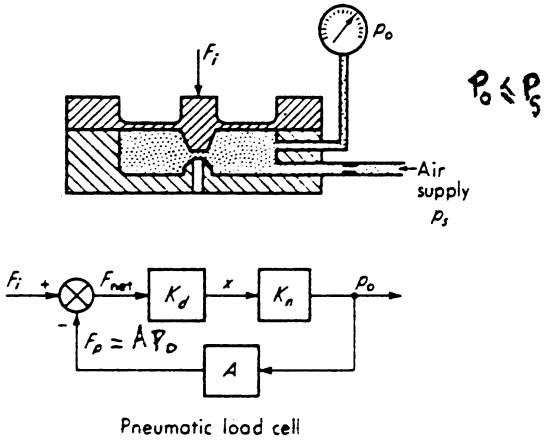
รูปที่ 53 หลักการทำงานและส่วนประกอบของเครื่องชั่ง Pneumatic load cell

$$(F_i - p_0 A)K_d K_n = p_0$$

เมื่อ

K_d คือ Diaphragm compliance, in/lbf

K_n คือ Nozzle-flapper gain, (lb/in2)/in



รูปที่ 54 ไดอะแกรมการทำงานของเครื่องชั่ง Pneumatic load cell

เมื่อต้องการแก้สมการเพื่อหาค่า p_o

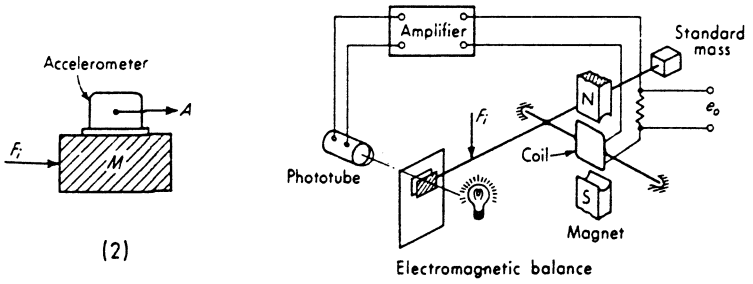
$$p_0 = \frac{F_i}{1/(K_d K_n) + A}$$

แต่เนื่องจาก K_n มีค่าไม่คงที่แต่จะเปลี่ยนแปลงตามค่าระยะการเคลื่อนที่ของไดอะแฟรม x ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง K_n และ x มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinearity) และในทางปฏิบัติยังพบอีกว่าผลคูณ $K_d K_n$ มีค่าสูงมากจน $1/K_d K_n$ มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ A ดังนั้นสมการข้างบนจึงลดรูปเหลือ

$$p_0 = \frac{F_i}{A}$$

เนื่องจาก A เป็นค่าคงที่ ดังนั้น p_o มีความสัมพันธ์ลักษณะเป็นเชิงเส้น (Linearity) กับ F_i นั้นเอง แต่เนื่องจากในทางปฏิบัติพบว่าแรงดันด้านจ่ายเข้าระบบ (p_s) มีความดันประมาณ 60 lb/in2 จากหลักการทำงานค่า p_o จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ p_s เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ส่งผลทำให้เป็นการจำกัดค่า F_i ที่มากระทำให้มีค่าน้อยกว่า 60 เท่าของพื้นที่ไดอะแฟรม (60 A) หรือพูดอีกนัยหนึ่งว่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งชนิดนี้ถูกจำกัดด้วยความดันด้านจ่าย p_s นั้นเอง เครื่องชั่งชนิดนี้จึงไม่เป็นที่นิยมในการใช้เป็นเครื่องชั่งในเชิงพาณิชย์เนื่องจากมีปัญหาในการสร้างและความสามารถในการ

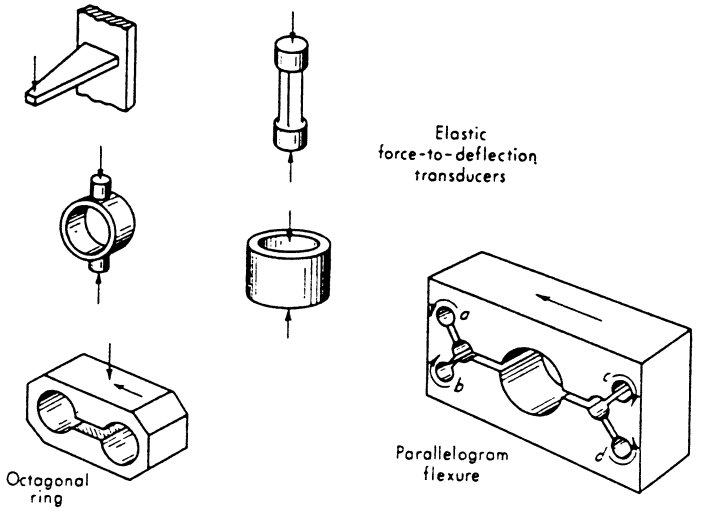
ตอบสนองต่อภาระน้ำหนักที่มากระทำช้า พิกัดกำลังสูงสุดที่เครื่องชั่งชนิดนี้สามารถทำการชั่งได้ไม่เกิน 9,800 Lb ต่อ Pneumatic load cell 1 ตัว



Basic force-measurement methods.

รูปที่ 55 หลักการทำงานของเครื่องชั่งแบบ Electromagnetic balance

สำหรับเครื่องชั่งมีหลักการทำงานแบบ Electromagnetic force balance ดังในรูปที่ 55 นั้น เป็นการใช้ photoelectric หรือ ตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ (displacement sensor) อื่นๆ เป็น Null detector ยังมีตัวขยายสัญญาณ (an amplifier) และขดลวด (a torquing coil) ในระบบโซโว (Servosystem) เพื่อทำการหาความสมดุลของความแตกต่างระหว่างแรงที่กระทำที่ไม่ทราบค่ากับแรงโน้มถ่วงของโลกอันเนื่องจากมวลมาตรฐานที่ทราบค่าแน่นอน ระบบในรูปดังกล่าวเป็นระบบที่มีขนาดเล็ก, ตอบสนองต่อการวัดได้รวดเร็ว นอกจากนี้สัญญาณอิเล็คทรอนิคด้านทางออกสามารถนำไปใช้ในการบันทึกผลหรือแสดงผลอีกทั้งใช้ในการควบคุมได้อีกด้วย นอกจากนี้หากนำ Microprocessors ติดตั้งเข้าไปในระบบก็ยิ่งเพิ่มขีดความสามารถของระบบการทำงานนี้ โดยสามารถทำการทดน้ำหนัก, สามารถหาค่าเบี่ยงเบนของชุดการชั่งหนึ่งๆ, สามารถเปลี่ยนค่าน้ำหนักเป็นจำนวนชิ้นได้ อีกทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการที่ทำการชั่งน้ำหนักสัตว์หรือสิ่งของที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ซึ่งเครื่องชั่งนี้จะนำค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ชั่งได้ในการแสดงค่า

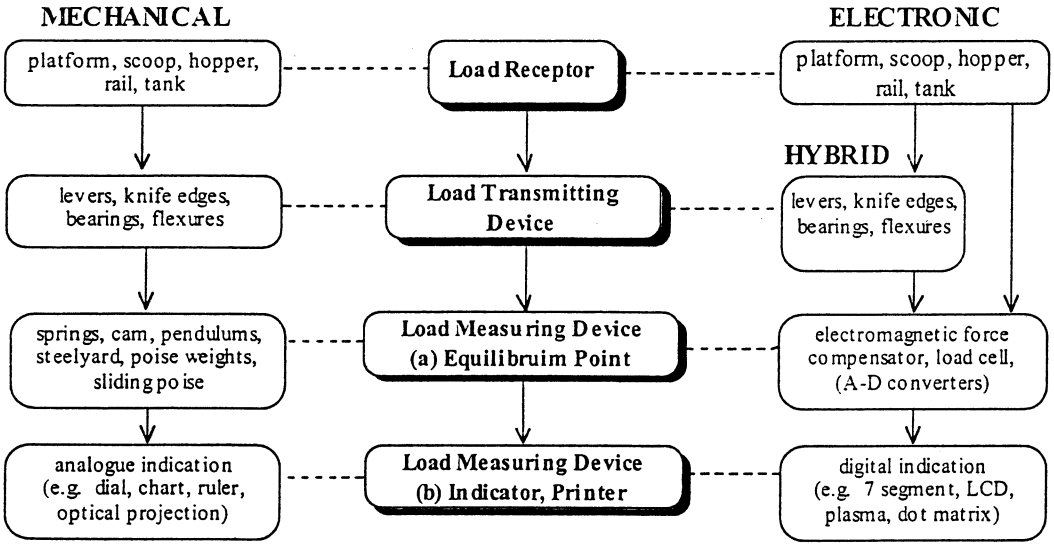


รูปที่ 56 ลักษณะของการวัดแรงด้วยโหลดเซลรูปแบบต่างๆ

ส่วนประกอบของเครื่องชั่งพื้นฐาน (Basic components of weighing instruments)

ดูรูปที่ 57 จะแสดงให้เห็นว่าไม่ว่าจะเป็นเครื่องชั่งแบบกลไก (Mechanical Lever Weighing Instruments), เครื่องชั่งไฮบริด (Hybrid Weighing Instruments) หรือ เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิค (Electronic Weighing Instruments) ต่างก็มีส่วนประกอบพื้นฐานอยู่ด้วยกัน คือ

1. **ส่วนรับน้ำหนัก (Load Receptor)** คือส่วนของเครื่องชั่งที่ใช้รองรับสิ่งของที่ชั่ง
2. **ส่วนส่งผ่านน้ำหนัก (Load Transmitting Device)** คือ ส่วนของเครื่องชั่งที่ส่งผ่านแรงที่เกิดจากน้ำหนักของสิ่งของที่กระทำบนส่วนรับน้ำหนักไปยังส่วนชั่งน้ำหนัก อาจเป็นระบบคาน, คมมีด, ลูกปืน, เฟืองทดหรือกลไกต่างๆ
3. **ส่วนชั่งน้ำหนัก (Load Measuring Device)** คือ ส่วนของเครื่องชั่งที่ใช้ชั่งน้ำหนักของสิ่งของ โดยใช้ส่วนที่ทำให้เกิดสมดุล (equilibrium device) เพื่อถ่วงสมดุลกับแรงที่มาจากส่วนส่งผ่านน้ำหนักกระทำและนอกจากนี้อาจมีส่วนประกอบของส่วนแสดงค่าหรือส่วนพิมพ์ค่าน้ำหนัก ดังนั้นพอแบ่งองค์ประกอบของส่วนชั่งน้ำหนักตามลักษณะบทบาทหน้าที่ได้ว่า
   - 3.1 **สภาวะสมดุล (Equilibrium Point)** จะประกอบด้วยกลไกหรือหลักการทำงานที่แตกต่างกันออกไปเพื่อทำการหาจุดสมดุลระหว่างแรงที่มากระทำทั้งหมด ทำให้เราทราบค่าของน้ำหนักนั้นๆ เช่นสปริง, ลูกเบี้ยว, pendulums, ตุ้มถ่วง, ตุ้มเลื่อน, โหลดเซล, electromagnetic force เป็นต้น
   - 3.2 **ส่วนแสดงค่าน้ำหนัก (Indicators)** จะเป็นแบบอนาล็อก หรือดิจิตอล และ/หรือส่วนพิมพค่าน้ำหนักและส่วนบันทึกผล (data storage)



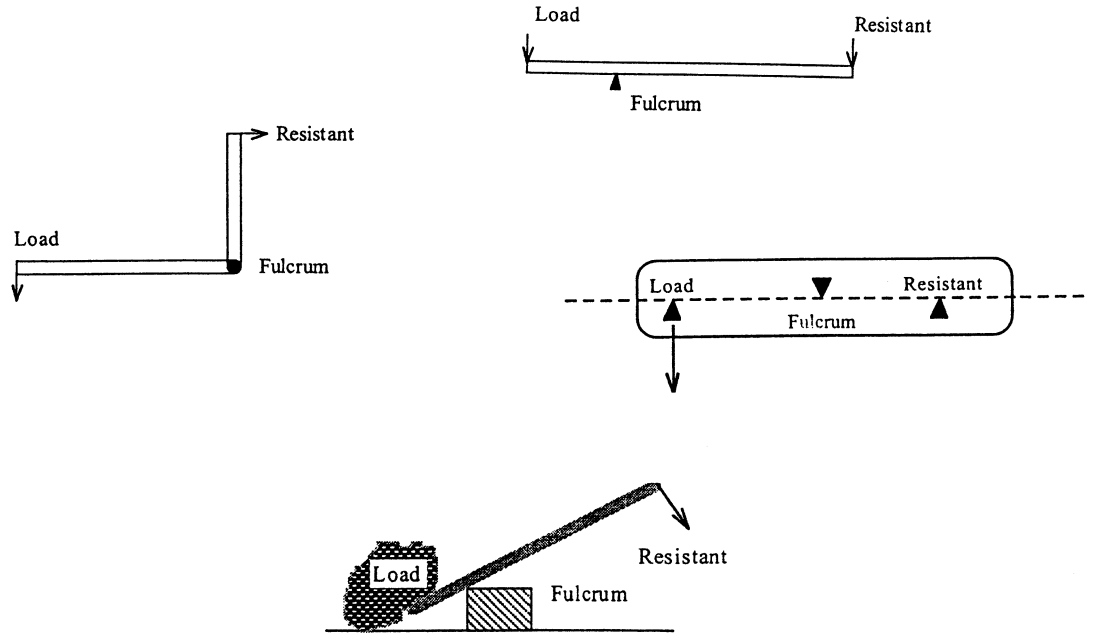
Basic components of a weighing instrument

รูปที่ 57 การเปรียบเทียบส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องชั่งแบบกลไก (Mechanical), เครื่องชั่งไฮบริด (Hybrid) และเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค (Electronic)

ระบบคานในเครื่องชั่งแบบกลไก (Levers in Mechanical Weighing Instruments)

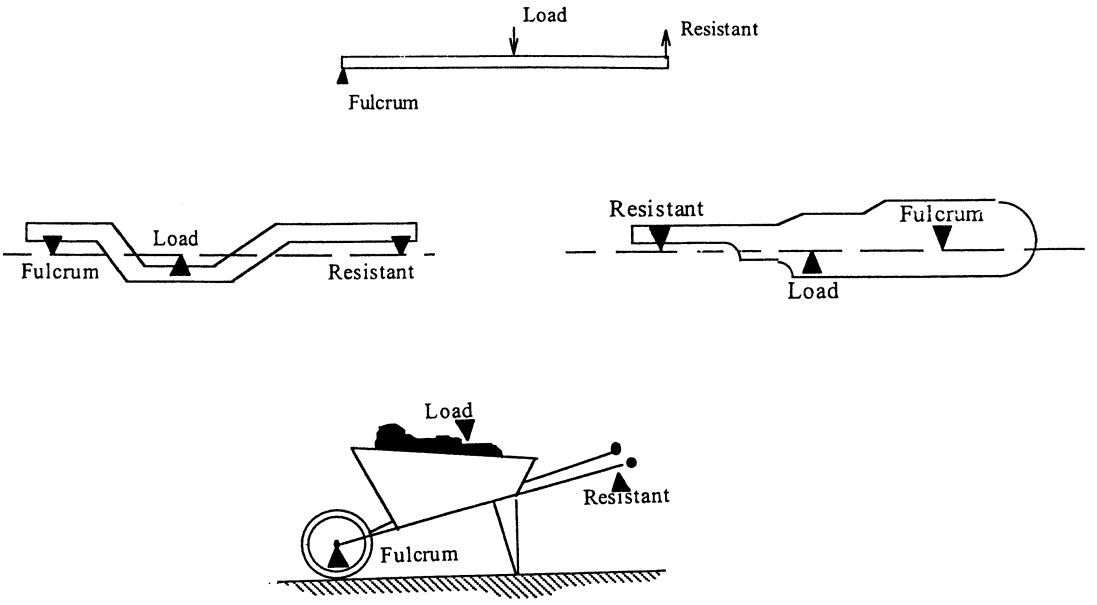
เครื่องชั่งแบบกลไกได้รับการออกแบบโดยใช้ระบบคานเป็นส่วนส่งผ่านน้ำหนักเพื่อส่งถ่ายแรงจากส่วนรับน้ำหนักไปยังส่วนแสดงค่าของเครื่องชั่ง มีหลักการทำงานคือขยายการเคลื่อนที่ของส่วนรับน้ำหนักซึ่งเคลื่อนที่ด้วยระยะน้อย ๆให้มีการเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อสามารถแสดงค่าน้ำหนักโดยใช้ระบบคานทด ด้วยเหตุนี้รูปร่างของคานจึงมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับขนาดของแรงหรือน้ำหนักที่มากระทำหรือต้องการวัด, การถ่ายทอดส่งผ่านของแรง, และทิศทางกระทำของแรง เป็นต้น ซึ่งค่าน้ำหนักที่ชั่งได้จะเป็นค่าน้ำหนักที่สภาวะสมดุลระหว่างสิ่งของที่ต้องการชั่งกับน้ำหนักอ้างอิงหรือแรงต้านทานที่กำหนดแทนค่าน้ำหนักที่ได้มาตรฐาน สามารถแบ่งระบบคานออกได้ 3 ระบบด้วยกัน

1. ระบบคานทดชั้นเดียว (First Order Levers) เป็นระบบที่มีจุดหมุน (Fulcrum) เพียงจุดเดียวอยู่ระหว่างภาระแรงหรือสิ่งของที่ต้องการชั่งกับแรงต้านหรือน้ำหนักอ้างอิง ซึ่งระยะห่างจากจุดที่แรงทั้งสองกระทำกับจุดหมุนจะมีผลต่อการได้เปรียบและเสียเปรียบเชิงกลที่แตกต่างกันออกไป อีกทั้งระยะห่างดังกล่าวอาจจะอยู่กันคนละระนาบก็ได้อาจเป็นดังแสดงในรูปที่ 58



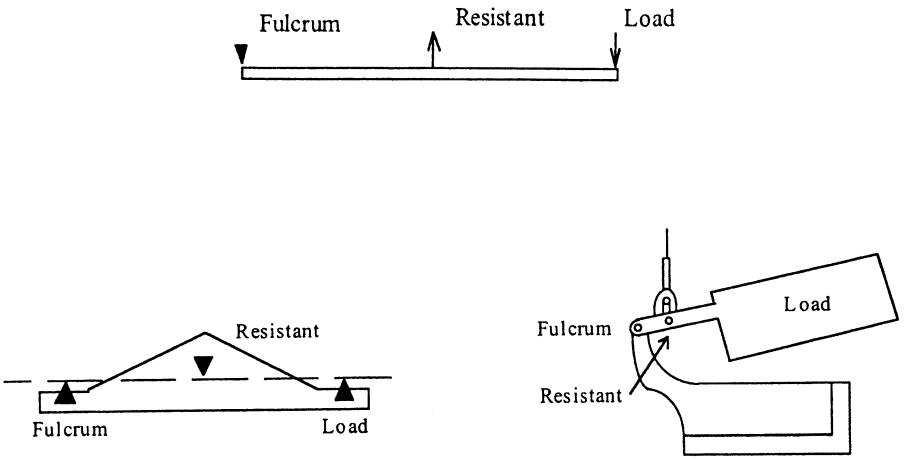
รูปที่ 58 ระบบคานทดชั้นเดียว (First order levers)

2. ระบบคานทดชั้นสอง (Second Order Levers) เป็นระบบคานซึ่งมีจุดหมุน (Fulcrum) อยู่ด้านปลายสุดของคานโดยมีแรงต้านหรือน้ำหนักอ้างอิงอยู่ปลายสุดของอีกด้านตรงข้าม ซึ่งระบบคานเป็นระบบคานที่ได้เปรียบเชิงกลเสมอ ด้วยเหตุนี้ระบบคานระบบนี้จึงได้รับความนิยมใช้เป็นหลักการทำงานของเครื่องชั่งแบบกลไกในสมัยยุคแรกเริ่มที่ผ่านมา แสดงดังรูปที่ 59



รูปที่ 59 ระบบคานทดชั้นสอง (Second order levers)

3. ระบบคานทดชั้นสาม (Third Order Levers) เป็นระบบคานซึ่งมีจุดหมุน (Fulcrum) อยู่ด้านปลายสุดของคานโดยมีแรงต้านหรือน้ำหนักอ้างอิงอยู่ตรงกลางระหว่าง ในขณะที่ภาระแรงหรือน้ำหนักที่ต้องการชั่งอยู่ปลายสุดของอีกด้านตรงข้าม ระบบคานแบบนี้เป็นระบบคานที่เสียเปรียบเชิงกล แสดงดังรูปที่ 60



รูปที่ 60 ระบบคานทดชั้นสาม (Third order levers)

ในการออกแบบเครื่องชั่งเพื่อให้ได้มาซึ่งความแม่นยำ และความสะดวกสบายในการชั่งน้ำหนักจึงได้มีการนำเอาระบบคานทั้ง 3 แบบนี้มาประสมประสานและประยุกต์ใช้งานร่วมกันในขั้นตอนการออกแบบเครื่องชั่งด้วยวัตถุประสงค์ที่แตกต่างออกไป เช่น

- ต้องการถ่ายน้ำหนักจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง
- ต้องการเปลี่ยนแปลงทิศทางของแรงนั้นๆ
- ต้องการถ่ายน้ำหนักจากระบบคานหลายระบบให้มารวมอยู่บนคานเพียงคานเดียว
- ต้องการลักษณะได้เปรียบเชิงกลหรือเสียเปรียบเชิงกลระหว่างภาระน้ำหนักที่ต้องการชั่ง หรือแรงเสียดทาน หรือน้ำหนักอ้างอิง เป็นต้น

แต่ไม่ว่าด้วยเหตุผลใด ก็เพื่อได้มาซึ่งขนาดความยาวของคานที่ประกอบอยู่ภายในเครื่องชั่งนั้นให้มีขนาดความยาวลดลงและรวมทั้งการกำหนดจุดหมุน (Fulcrum) นั้นเอง

โหลดเซลในเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิก (Load Cells in Electronic Weighing Instruments)

เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติในปัจจุบันเป็นเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีบทบาททั้งทางตรงและทางอ้อมต่อเศษฐกิจและสังคมของแต่ละประเทศตลอดจนภูมิภาคและโลกอย่างมากเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ใช้บ่งบอกปริมาณสินค้าและมูลค่าการซื้อขายการแลกเปลี่ยนกันมากชนิดหนึ่ง, การเก็บภาษีอากรและค่าธรรมเนียมต่างๆของแต่ละประเทศ นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงมาตรฐานการผลิตของภาคอุตสาหกรรมหรือแม้แต่ความเป็นธรรมทางการค้าระหว่างบุคคลหรือประเทศอีกด้วย เครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคซึ่งเป็นเครื่องชั่งชนิดหนึ่งในหลายประเภทของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติที่ได้รับการนิยมเพิ่มสูงกันมากขึ้นทั้งนี้ เนื่องจากไม่เพียงเป็นเครื่องชั่งที่สามารถอ่านค่าได้ง่ายและมีความแม่นสูงน่าเชื่อระดับหนึ่งอีกทั้งขั้นตอนการชั่งสะดวกรวดเร็วยังสามารถนำเครื่องชั่งดังกล่าวประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้องสำคัญๆ เช่นการควบคุมปริมาณสินค้าคงคลัง (Stock) ซึ่งช่วยลดเงินทุนเกินความจำเป็นในระบบการจัดการหรืออาจสามารถจัดทำบาร์โค็ตประจำสิ้นค้านั้นๆประกอบการชั่งน้ำหนัก เป็นต้น

เราพอแบ่งโหลดเซล (Strain Gauge Load Cells) ออกเป็น 2 จำพวกใหญ่ได้แก่

- Canister Type Cells และ
- Beam Cells

ถึงแม้โหลดเซล 2 จำพวกนี้อาจจะถูกแบ่งออกได้หลากหลายรูปแบบก็ตามแต่ลักษณะของการทำงานของโหลดเซลจะมีอยู่ 3 รูปแบบด้วยกันคือ

- แรงอัดและแรงดึง (Compression / Tension force)
- แรงดัด (Bending force) และ
- แรงเฉือน (Shear force)

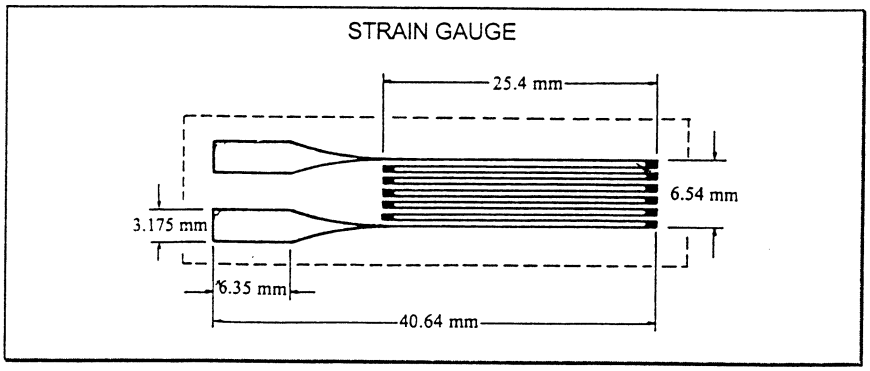


Figure Strain gauge

รูปที่ 61 รูปร่างและขนาดของ Strain gauge โดยทั่วไปที่ใช้กับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ

ภายในเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค โหลดเซลได้ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบปริมาณภาระแรง โหลดเซลประกอบด้วย Strain gauges จำนวนอย่างน้อย 4 ตัวเชื่อมติดอยู่กับแท่งโครงโลหะ (a metal frame) ในตำแหน่งที่แม่นยำ รูปร่างของ Strain gauge จะเป็นเส้นลวดขดไปมาเป็นรูปร่างต่างๆแล้วแต่วัตถุประสงค์การใช้งาน ดูรูปที่ 61 และ 62 Strain gauge ทั้ง 4 ตัวมีการต่อเชื่อมทางไฟฟ้าด้วยวงจรวีทสโตนบริด (Wheatstone Bridge Circuit) โดย Strain gauges จะเป็นตัวตรวจสอบปริมาณภาระแรงเนื่องจากน้ำหนักด้วยการอ่านค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไป

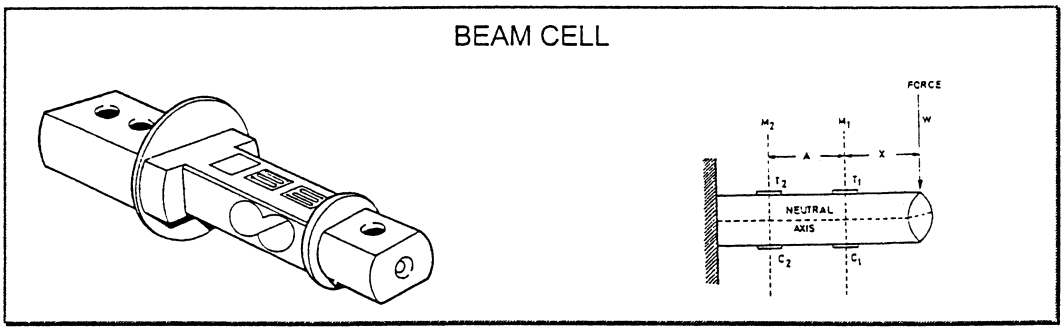


Figure Beam cell

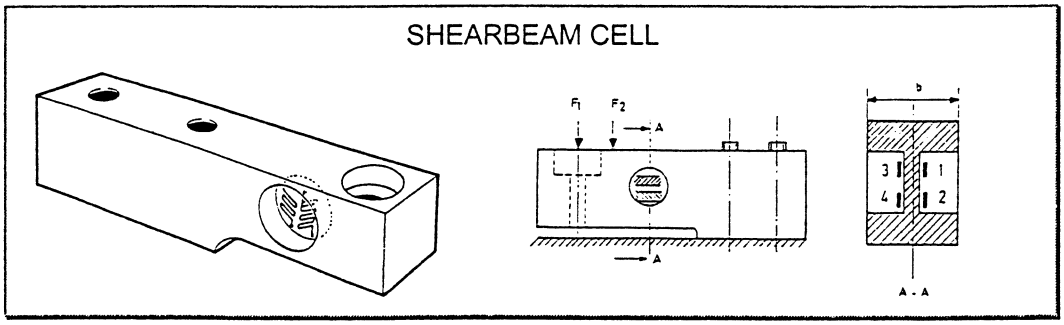
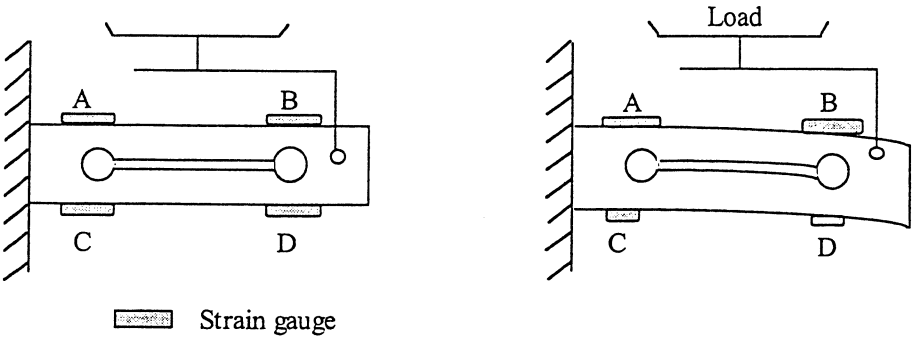


Figure Shearbeam cell

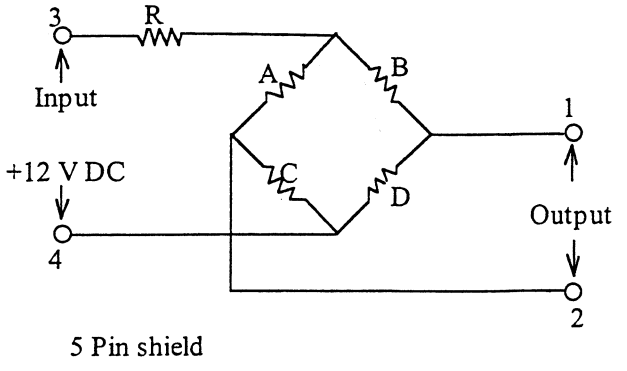
รูปที่ 62 ลักษณะการติดตั้ง Strain gauges ของโหลดเซลแบบ Beam cell และ Shearbeam cell

พิจารณาในรูปที่ 63 a) เป็นสภาวะที่แท่งโครงโลหะไม่มีภาระแรงมากระทำ ดังนั้น Strain gauges A, B, C, และ D จึงอยู่ในลักษณะปกติ พิจารณารูปที่ 63 b) เมื่อมีน้ำหนัก (load) อยู่บนส่วนรับน้ำหนักจะมีภาระแรงกระทำ (F) ต่อตัวแท่งโครงโลหะซึ่งถูกเชื่อมต่อกับส่วนรับน้ำหนัก แท่งโครงโลหะดังกล่าวจะมีการเสียรูปทรงอย่างเป็นสัดส่วนเมื่อเทียบกับภาระแรงที่มากระทำ ดังนั้น จากรูปที่ 63 b) Strain gauge A และ B จะมีสภาวะถูกดึงเกิดแรงดึง (Tension force) กระทำต่อ Strain gauge ทั้งสองดังกล่าวเป็นผลให้ส่วนที่เป็นขดลวดของ Strain gauge มีการขยายตัวเป็นการเพิ่มความยาวขดลวดให้มากขึ้นส่งผลให้ค่าความต้านทานของขดลวดเพิ่มขึ้นเช่นกัน ในขณะเดียวกัน Strain gauge C และ D จะมีสภาวะถูกกดอัดเกิดแรงอัด (Compression force) กระทำต่อ Strain gauge ทั้งสองเป็นผลให้ส่วนที่เป็นขดลวดของ Strain gauge ทั้งสองมีการหดตัวทำให้เกิดการลดความยาวขดลวดลงส่งผลให้ค่าความต้านทานของขดลวดลดลง



รูปที่ 63 หลักการทำงานของโหลดเซลเปรียบเทียบระหว่างสภาวะไม่มีน้ำหนักกระทำกับสภาวะเมื่อมีภาระน้ำหนักกระทำ

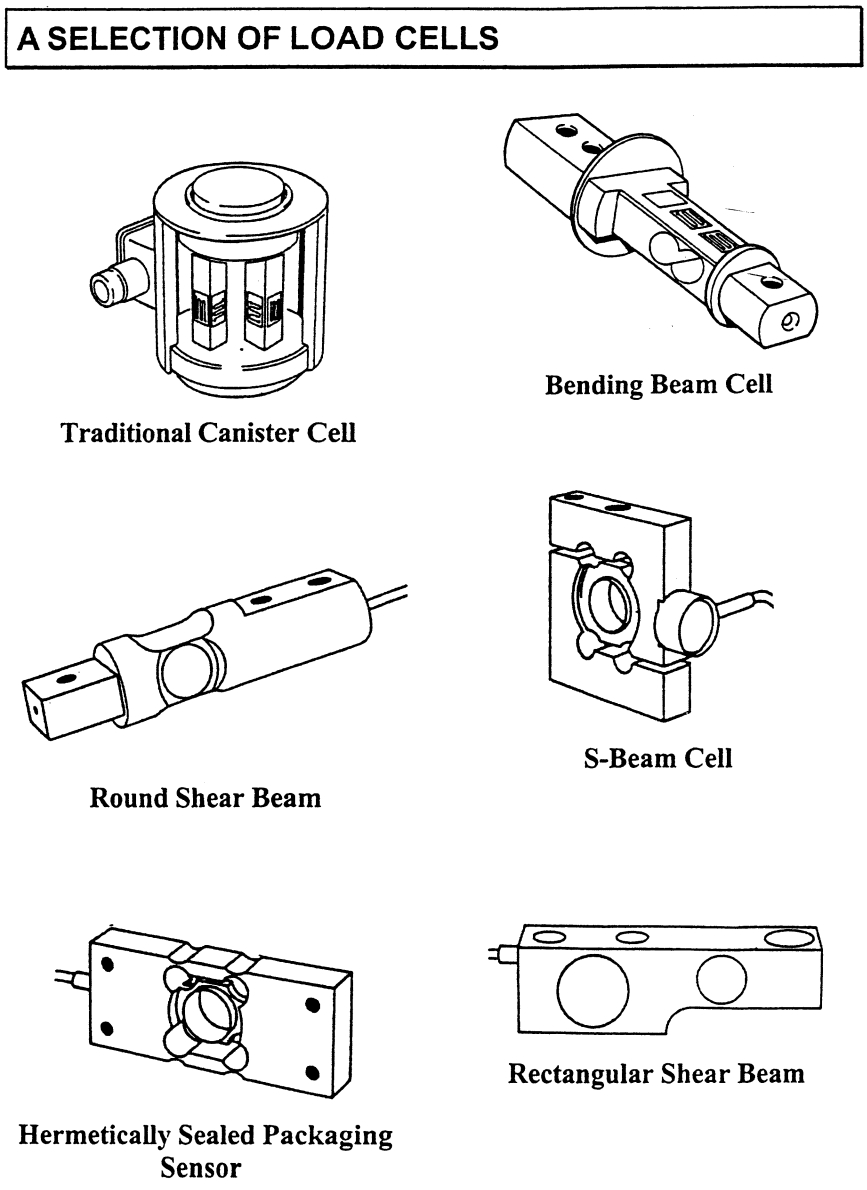
การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของส่วนที่เป็นขดลวดของ Strain gauges ทั้ง 4 ตัว อันเป็นผลจากแรงกระทำต่อแท่งโครงโลหะ ด้วยเหตุนี้วงจรไฟฟ้าซึ่ง Strain gauge ทั้ง 4 เชื่อมต่อระหว่างกัน ดูรูปที่ 64 จึงเกิดเสียความสมดุลอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานโดยเป็นสัดส่วนที่แม่นยำมากเมื่อเทียบกับภาระแรงซึ่งกระทำต่อแท่งโครงโลหะที่เปลี่ยนแปลงไป และก่อให้เกิดสัญญาณด้านออกของตัวโหลดเซลมีลักษณะเป็นเชิงเส้น (linear output signal) เมื่อเทียบกับภาระแรงที่กระทำบนโหลดเซล จึงให้ผลการวัดน้ำหนักของเครื่องชั่งด้วยความแม่นยำ



รูปที่ 64 การต่อเชื่อมเป็นวงจรไฟฟ้าวีทสโตนบริด (Wheatstone Bridge Circuit) ของ Strain gauges

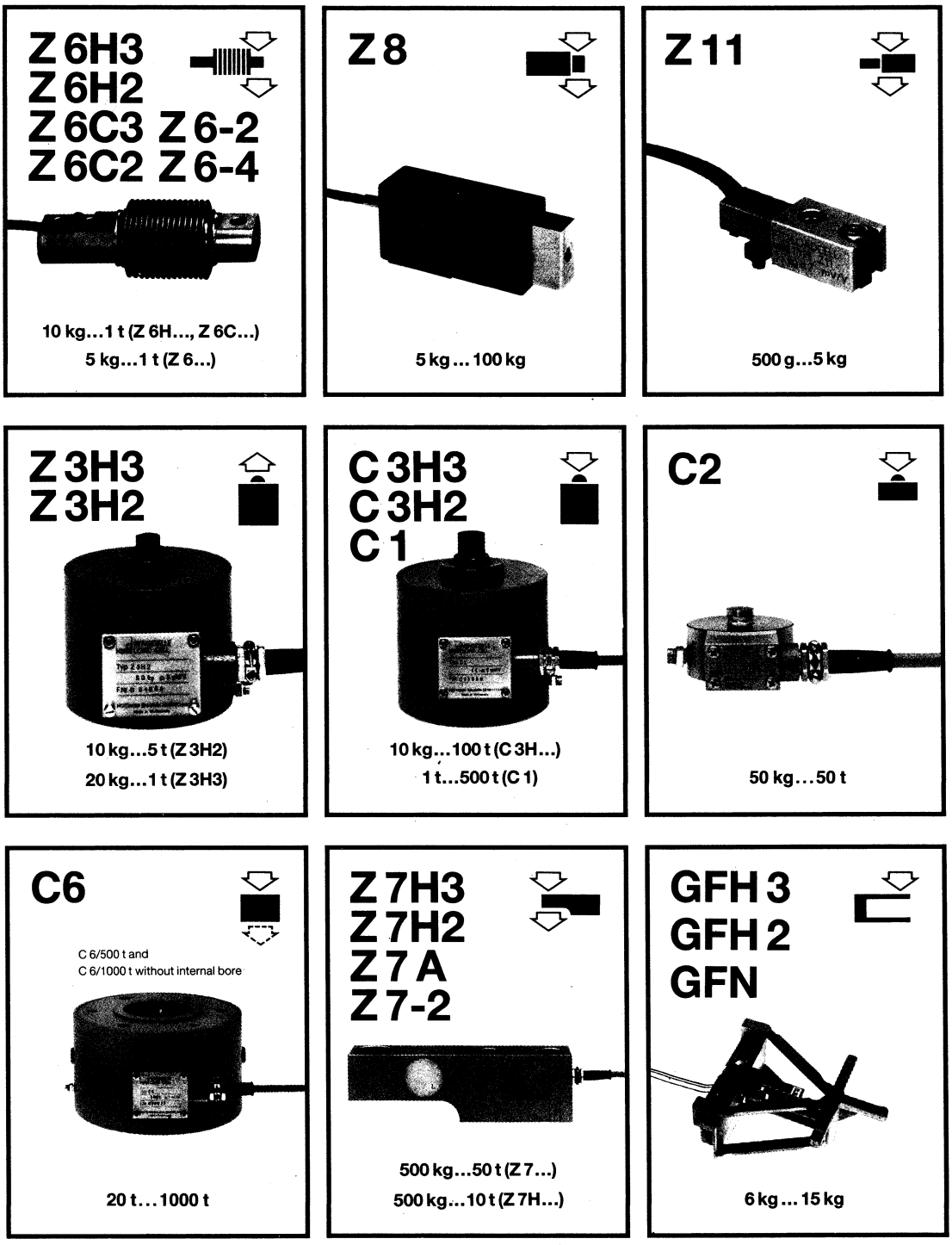
นอกจากนี้เรายังพบว่าโหลดเซลซึ่งประกอบด้วย Strain gauge อาจถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้ทั้งรับแรงอัดและแรงดึงหรือแม้กระทั่งแรงเฉือน โดยอาจประกอบด้วยวงจรสำหรับ Strain gauge จำนวน 2 วงจรโดยแยกสัญญาณด้านออกของโหลดเซลออกจากกันก็กระทำได้

แรงดันไฟฟ้าของสัญญาณด้านทางออกของโหลดเซลแบบ Strain gauge นี้มีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าหรือแรงดันไฟฟ้ากระตุ้น (Excitation voltage) โดยทั่วไปแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณด้านทางออกของโหลดเซลจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1 ถึง 3 Millivolts ต่อ 1 Excitation Volt ในขณะที่แรงดันกระตุ้น (Excitation voltage) ซึ่งอาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) หรือไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ก็ได้มีค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง 5 ถึง 25 Volts ดังนั้นการออกแบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระตุ้น, ตัวขยายสัญญาณ (amplifiers) และอุปกรณ์ร่วมต่างๆ ให้เหมาะสมและสอดคล้องกันนั้นจึงมีความสำคัญต่อความแม่นยำของเครื่องชั่งด้วยเช่นกัน



รูปที่ 65 ลักษณะรูปแบบต่างๆ ของโหลดเซลตามวัตถุประสงค์การใช้งาน

Load Cells



รูปที่ 65 (ต่อ) ลักษณะรูปแบบต่างๆ ของโหลดเซลตามวัตถุประสงค์การใช้งาน

การติดตั้งโหลดเซลให้เหมาะสมกับชนิดนั้นต้องพิจารณาให้รอบคอบและต้องทำการลดภาระแรงแทรกซ้อนที่ไม่ต้องการวัดมีผลต่อการทำงานของ Strain gauges พบว่าโหลดเซลโดยทั่วไปสามารถรับภาระแรงเกินกว่าที่กำหนดออกแบบได้ไม่เกิน 125% แต่อาจจะมีโหลดเซลบางชนิดสามารถทนได้ตั้งแต่ 150% ถึง 500% หากพิจารณาในเรื่องราคาแล้วในปัจจุบันถือว่าราคาไม่ค่อยแพงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์อื่นๆ นอกจากนี้โหลดเซลโดยทั่วไปสามารถทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่ค่อนข้างกว้างคือประมาณตั้งแต่ 15° จนถึง 115° F โดยไม่จำเป็นต้องมีวงจรพิเศษเพื่อทำหน้าที่ชดเชยอุณหภูมิของ Strain gauge แต่อย่างใด ในกรณีที่การป้องกันอิทธิพลของอุณหภูมิซึ่งมีผลต่อความแม่นยำและการทำงานของโหลดเซล ผู้ผลิตอาจใช้ขดลวดชนิด Temperature-insensitive alloys สำหรับทำ Strain gauge อีกทั้งอาจมีตัวทานชดเชย (compensating resistors) ในระบบวงจรการชั่งก็กระทำได้

A summary of load cell type and their applications are shown in the table below.

Type	Typical capacity ranges	Applications
Single point cells	1 – 50 kg	Retail scales Postal scales Counting scales Fish graders Packaging machines
	50 – 500 kg	Industrial scales
Bending beam cells	5 – 200 kg	Hybrid scales Packaging machines Hopper weighing
Bi-directional cells (tension/compression)	5 – 1000 kg	Hybrid scales Packaging machines Testing machines Mechanical scale conversions
	1 – 20 t	Vessel weighing
Compression cells	5 – 250 t	Weighbridges Vessel weighing Aircraft weighing
Shear beams	0.5 – 20 t	Industrial scales Weighbridges Pallet scales Vessel weighing
Double ended/shear beams	20 – 50 t	Weighbridges Vessel weighing

รูปที่ 66 ตารางสรุปการประยุกต์ใช้งานโหลดเซลและพิกัดกำลังของโหลดเซล

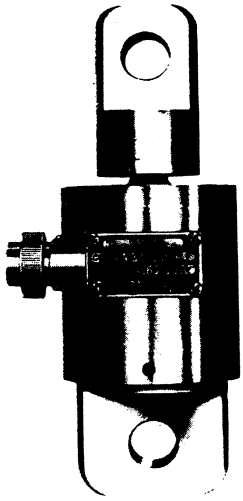


Figure Induction load cells range in size from 1⅛ inch diameter by 2½ inches long for 600-pound capacity to 6¾ inch diameter by 10¾ inches long for 300,000-pound capacity. Cell shown is for tension measurement. (Courtesy of W.C. Dillon and Company, Inc.)

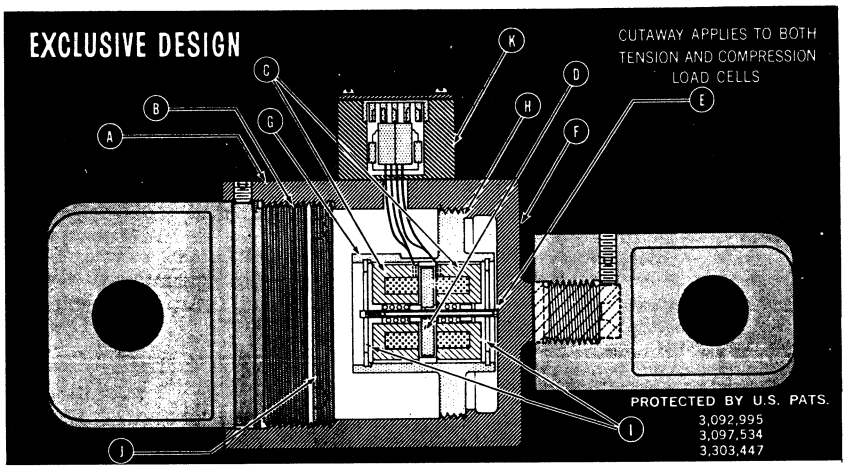


Figure Induction electrical load cell utilizes changed inductance as load deforms cell dome, moving armature away from stationary inductor coils. The cell consists of a stainless steel case (a), internal threads (b), two ferrite inductors (c), armature (d), armature shaft (e), diaphragm (f), sleeve (g), shoulder (h), end plates (i), threaded plug (j) and saddle (k). (Courtesy of W.C. Dillon and Company, Inc.)

รูปที่ 67 โหลดเซลชนิดเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า (Induction electrical load cell)

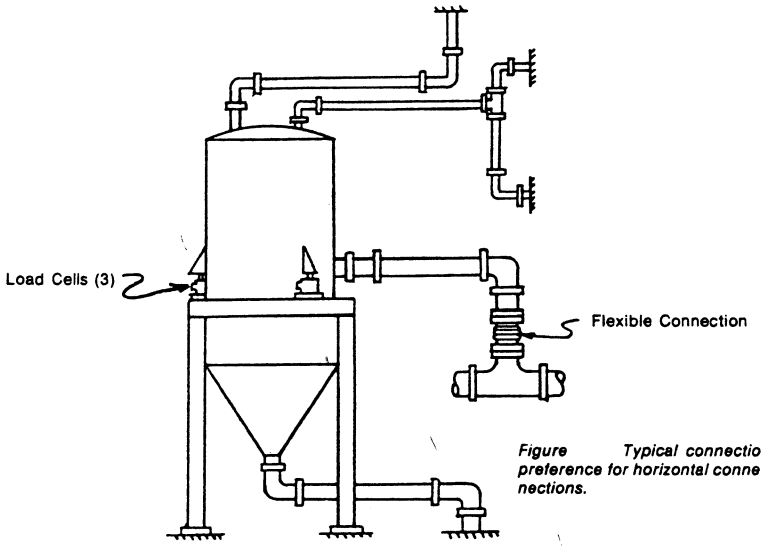


Figure Typical connections to a weigh tank showing preference for horizontal connections and use of flexible connections.

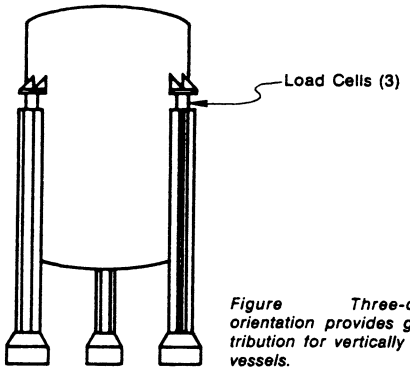


Figure Three-cell load orientation provides good distribution for vertically mounted vessels.

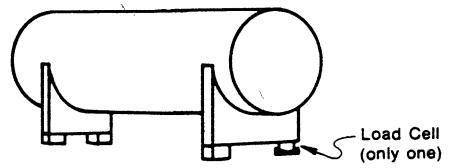


Figure One cell may be used for multisupport weigh system with some sacrifice of accuracy.

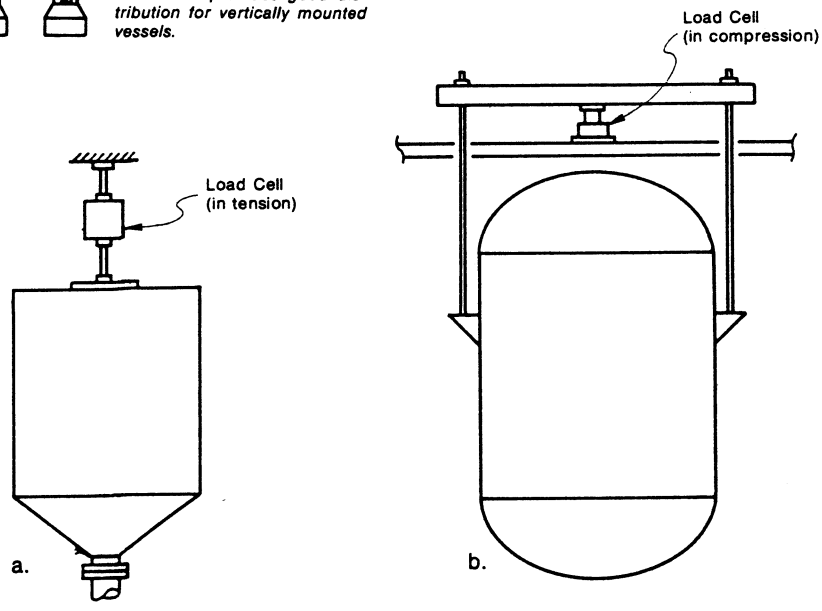


Figure Single-load cells may be used for small loads in both tension (a) and compression (b) measurements.

รูปที่ 68 การประยุกต์และการติดตั้งโหลดเซลกับงานในภาคอุตสาหกรรม

ก่อนที่จะศึกษาในรายละเอียดของการทำงานของ ขดลวด strain gauge นั้นก็ทำความเข้าใจและการเรียกส่วนต่างๆของขดลวด strain gauge เสียก่อนคือ (ดูรูปที่ 69)

ตะแกรงขดลวด (Grid) คือ เป็นขดลวดขนาดเล็กมากๆ จัดเรียงตัวขดกลับไปกลับมาหรือจะเรียงตัวเป็นวงกลม หรืออาจตั้งมุม 45 องศาเป็นต้น เป็นส่วนที่ตรวจวัดและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความต้านทานอันเนื่องจากความเค้น (Strain) อันเกิดจากการเคลื่อนที่ของชิ้นงานซึ่งขดลวด strain gauge ติดอยู่ ดูรูปที่ 69

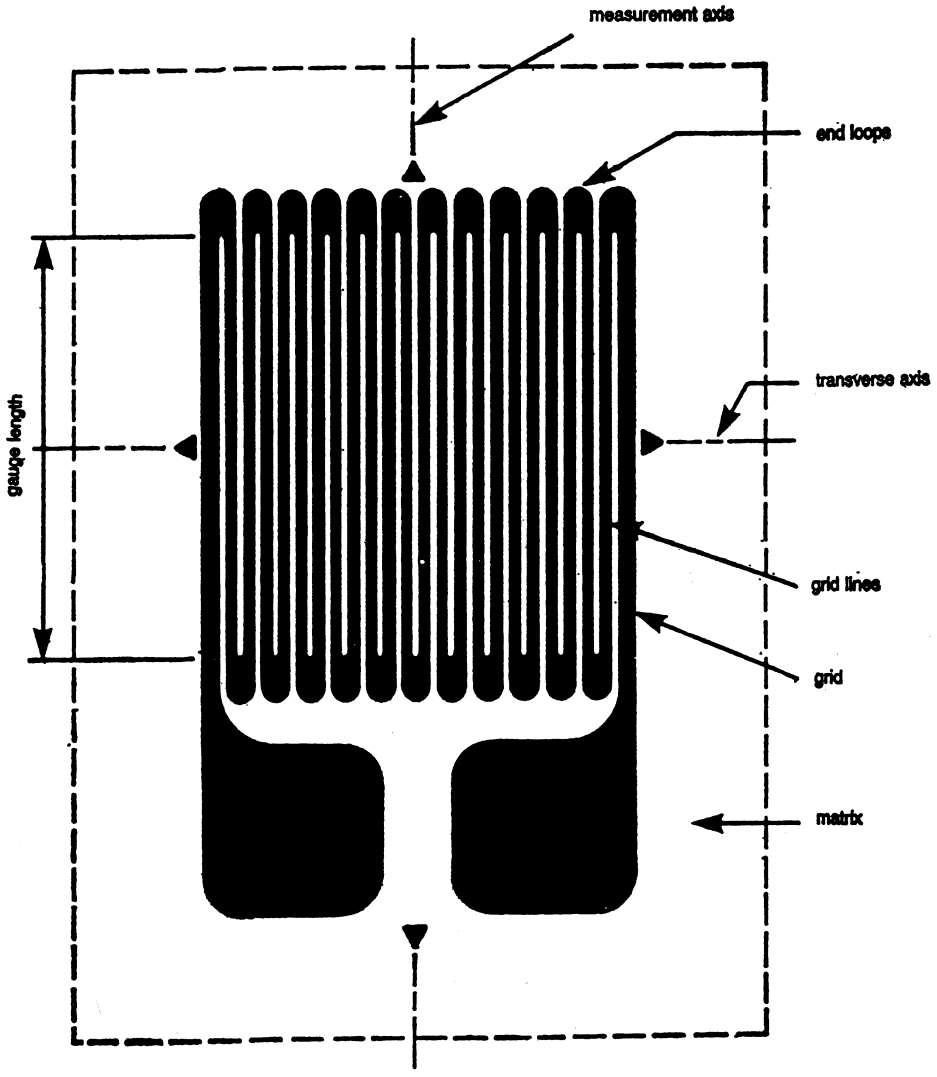


Figure Typical foil strain gauge

รูปที่ 69 รูปร่างลักษณะโดยทั่วไปของ Strain gauges แบบ Foil

สารยึดไม่นำไฟฟ้า (Matrix) คือ เป็นตัวรองรับตะแกรงขดลวด strain gauge (a strain gauge grid) ทำหน้าที่สองประการด้วยกันคือเป็นตัวเชื่อมยึดระหว่างขดลวด strain gauge กับชิ้นงานที่ต้องการวัดแรง ดังนั้นขดลวดจึงมีการเคลื่อนที่ควบคู่ไปพร้อมกับชิ้นงานตลอดเวลา และในขณะเดียวกันจะทำหน้าที่ป้องการขดลวด strain gauge ในกรณีที่เกิดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลบนแท่งโครงโลหะซึ่งขดลวด strain gauge ติดอยู่ ดูรูปที่ 70 b)

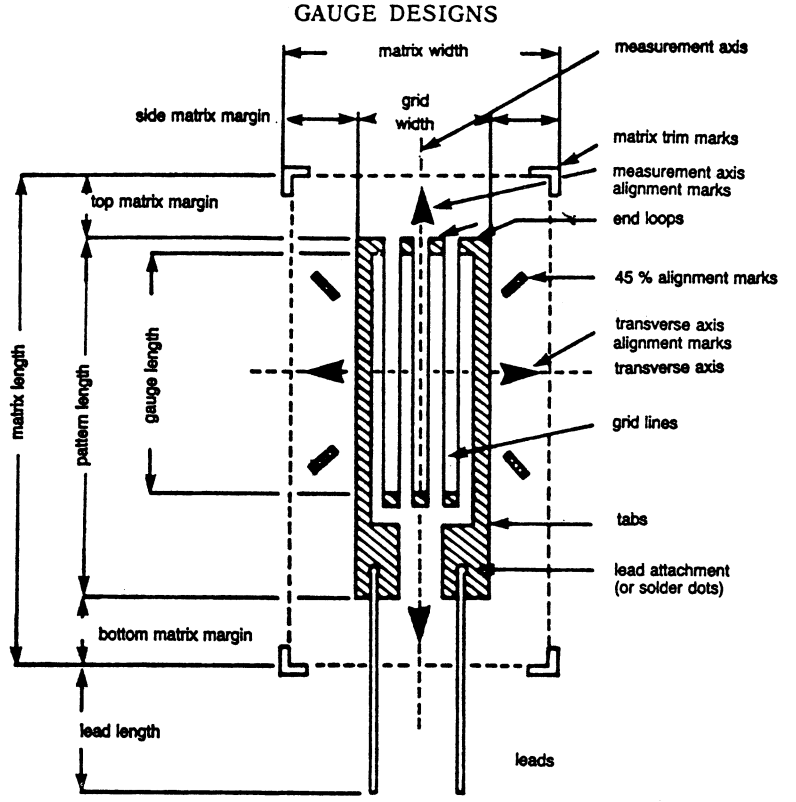


Figure a) Typical foil strain gauge

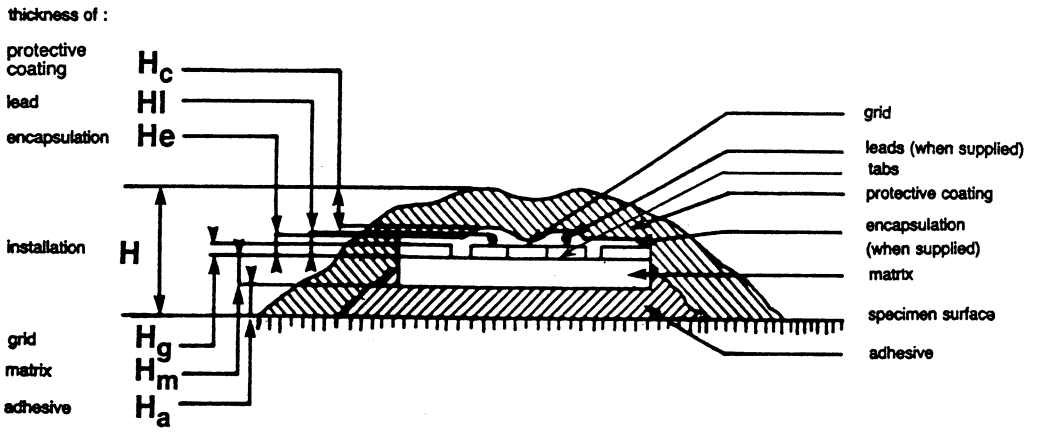


Figure b) Typical strain gauge installation

Displacement of grid from specimen surface :

$$H_d = H_a + H_m + 1/2\ H_g$$

รูปที่ 70 a) รูปร่างลักษณะโดยทั่วไปของ Strain gauges แบบ Foil

b) การติดตั้งของ Strain gauges แบบ Foil

แกนวัด (Measurement axis) คือ แกนตามแนวขนานกับ แนวเส้นของตระแกรงขดลวด (grid line) เป็นแนวแกนซึ่งทำการวัดความเค้น (Strain) หรือตรวจจับการเคลื่อนที่ หรือทำการวัดความเครียด (Stress) ในแนวทิศทางเดียวกับที่แรงกระทำ

ความยาวของตะแกรงขดลวด (Gauge length) คือ เป็นความยาวของส่วนที่มีความไวต่อความเค้น (Strain) ของ Strain gauge ในทิศทางตามแนวแกนวัด โดยทั่วไปจะกำหนดระยะระหว่างส่วนด้านในของขวดลวดซึ่งขดกลับไปกลับมา ดังรูปที่ 69

แนวแกนขวาง (Transverse axis) คือ แนวแกนตั้งฉากกับแกนวัด 90 องศา จะทำการวัด Transverse stress อันเนื่องจากอัตราส่วนปัวซอง (Poisson's ratio; ν) ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 0.5 สำหรับวัสดุทุกชนิด

$$\nu = \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} \qquad A)$$

เนื่องจากในการยืดหรือหดตัวของ Strain gauge นั้นไม่ได้มีการเกิดการยืดหรือหดตัวของส่วนที่เป็นขดลวด Strain gauge เพียงทิศทางเดียวเท่านั้น แต่ยังมีการยืดและหดตัวในแนวตั้งฉากกับแกนวัดอีกด้วย ซึ่งการยืดหรือหดตัวดังกล่าวนี้จะมีผลต่อความแม่นยำของโหลดเซลที่มี Strain gauge ติดตั้งอยู่ด้วยเช่นกัน

จากกฎของฮุคได้กำหนดให้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วงแรงและความเครียด (strain)สำหรับวัสดุเหนียวและเปราะในช่วงอิลาสติค โดยมีเงื่อนไขสำหรับวัสดุชนิด homogeneous และ isotropic วัสดุมีเนื้อเดียวกันตลอดและคุณสมบัติของวัสดุไม่ขึ้นกับทิศทางของแรงกระทำแล้ว จะได้เป็นดังสมการ

$$\sigma = E\varepsilon \qquad B)$$

เมื่อ E คือโมดุลัสของยัง (Young's modulus)

ในขณะเดียวกันในช่วงอิลาสติคหน่วยแรงเฉือยจะเป็นสัดส่วนกับความเครียดเฉือนดังนี้

$$\tau_{xy} = G\gamma_{xy} \qquad C)$$

เมื่อ G คือ โมดูลัสอิลาสติซิติในการเฉือน (Shear modulus of elasticity)

สำหรับโลหะ (steel) G มีค่าเท่ากับ 82 × 109 N/m2

เมื่อ element ของวัตถุมีแรงกระทำในแนวแกน x ทำให้เกิดแรง และความเครียด (strain) ตามกฎของฮุค

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} \qquad D)$$

ในทิศทาง y และ z ซึ่งตั้งฉากกับแกน x นั้น วัตถุจะมีการหดตัวลงโดยมีอัตราส่วนของความเครียดด้านข้างกับความเครียดตามแนวแกนเป็นค่าคงที่ ค่าคงที่นี้เรียก อัตราส่วนปัวซอง (Poisson's ratio; ν) นั่นคือ

ν = ความเครียดด้านข้าง / ความเครียดตามแนวแกนตั้งฉาก E)

ดังนั้นความเครียดด้านข้างที่เกิดขึ้นจะได้ว่า

$$\varepsilon_y = -\nu\varepsilon_x = -\nu\frac{\sigma_x}{E} \quad \text{F)}$$

$$\varepsilon_z = -\nu\varepsilon_x = -\nu\frac{\sigma_x}{E} \quad \text{G)}$$

เครื่องหมายลบหมายความว่าวัตถุเกิดการหดตัว

ความไวในแนวแกนขวาง (Transverse Sensitivity) คือ อัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงหนึ่งหน่วยความต้านทานของ Strain gauge ซึ่งติดตั้งโดยตั้งฉากกับแกนสนามความเค้น (strain field) (เรียกว่า Transverse gauge) เทียบกับการเปลี่ยนแปลงหนึ่งหน่วยความต้านทานของ Strain gauge ซึ่งติดตั้งขนานกับแกนสนามความเค้น (เรียกว่า Longitudinal gauge)

เกจแฟคเตอร์ (Gauge Factor) คือ อัตราส่วนระหว่างการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของ strain gauge อันเนื่องจากความเครียด (strain) และ measurand

สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของเกจแฟคเตอร์ (Temperature Coefficient of gauge factor) คือ อัตราส่วนของหน่วยการเปลี่ยนแปลงของเกจแฟคเตอร์ (Gauge Factor) ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

$$\frac{K_{T_1} - K_{T_0}}{K_{T_0}} \cdot \frac{1}{T_1 - T_0} \quad \text{H)}$$

เมื่อ T_1 คือ อุณหภูมิทดสอบ

T_0 คือ อุณหภูมิอ้างอิง

K_{T_1} คือ เกจแฟคเตอร์ (Gauge Factor) ที่อุณหภูมิทดสอบ

K_{T_0} คือ เกจแฟคเตอร์ (Gauge Factor) ที่อุณหภูมิอ้างอิง

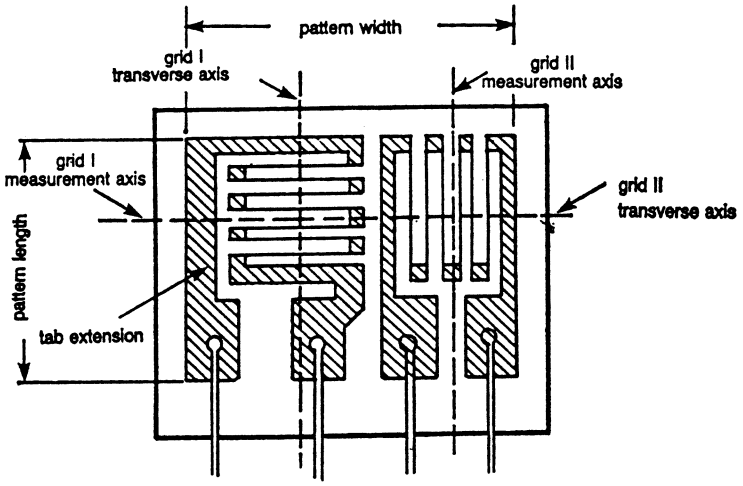


Figure Typical multiple grid strain gauge

รูปที่ 71 รูปร่างลักษณะโดยทั่วไปของ Strain gauges แบบหลายชุดขด (Multiple grids)

Resistance Strain Gauges

เมื่อเราพิจารณาตัวนำไฟฟ้าซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดคงที่เท่ากับ A และมีความยาว L ทำด้วยวัสดุซึ่งมีค่าความต้านทาน (Resistivity) ρ ดังนั้นวัสดุดังกล่าวจะมีค่าความต้านทานเท่ากับ

$$R = \frac{\rho L}{A} \qquad 1)$$

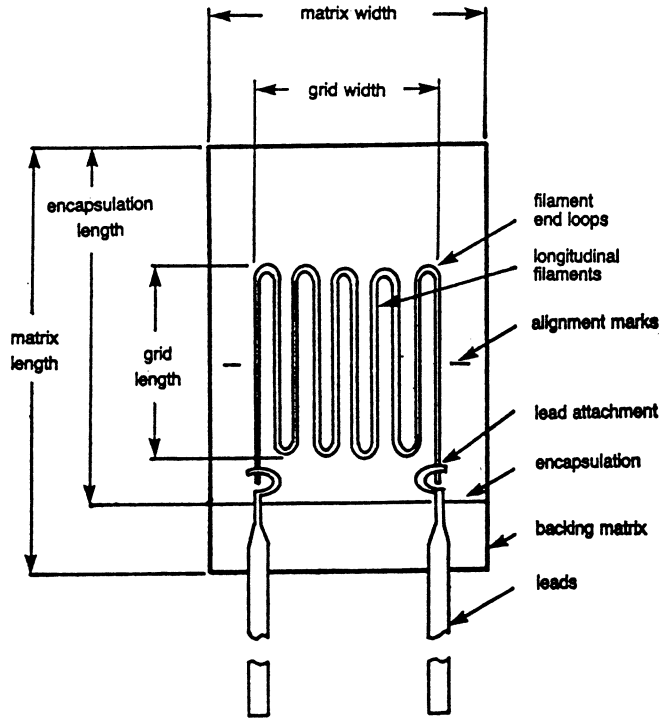


Figure Typical wire strain gauge

รูปที่ 72 รูปร่างลักษณะโดยทั่วไปของ Strain gauges แบบขดลวด (Wire)

เมื่อตัวนำไฟฟ้าดังกล่าวถูกทำให้มีการยืดตัวหรือหดตัว ค่าความต้านทานดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ก็เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาด (พื้นที่หน้าตัดคงที่เท่ากับ A และมีความยาว L) ของตัวนำนั้นเอง จากหลักการพื้นฐานของวัสดุศาสตร์ซึ่งเรียกว่า "Piezoresistance" ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างค่าต้านทาน (Resistivity) ρ กับค่าความเครียดเชิงกล (mechanical strain) เราสามารถหาค่าการเปลี่ยนแปลง dR เมื่อเทียบกับ R โดยการดิฟเฟอเรียลซิเอส สมการข้างบนจะได้ว่า

$$dR = \frac{A(\rho dL + Ld\rho) - \rho LdA}{A^2} \qquad 2)$$

เนื่องจากปริมาตร V=AL เมื่อทำการดิฟเฟอเรียลซิเอสจะได้ว่า dV=AdL+LdA และเมื่อ

$$dV = L(1+\varepsilon)A(1-\varepsilon\nu)^2 - AL \qquad 3)$$

เมื่อ ε คือ Unit strain

ν คือ Poisson's ratio จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 0.5 สำหรับวัสดุทุกชนิด

$$\nu = \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_y}$$

และเนื่องจาก ε มีค่าน้อยมากดังนั้นเทอม $(1-\varepsilon\nu)^2$ จึงสามารถลดรูปเหลือ

$$(1-\varepsilon\nu)^2 \approx 1 - 2\varepsilon\nu \qquad 4)$$

ดังนั้นสมการที่ 3) จึงมีค่าเท่ากับ

$$dV = AL\varepsilon(1-2\nu) = AdL + LdA \qquad 5)$$

แต่เพราะว่าความเครียด (strain) ในแนวแกนความยาวของขดลวดมีค่าเท่ากับ

$$\varepsilon = dL/L \qquad 6)$$

ดังนั้นแทนค่าลงในสมการที่ 5)

$$AdL(1-2\nu) = AdL + LdA$$

$$-2\nu AdL = LdA \qquad 7)$$

แทนค่าสมการที่ 7) ลงในสมการที่ 2)

$$dR = \frac{\rho AdL + LAd\rho + 2\nu\rho AdL}{A^2} \qquad 8)$$

หรือ

$$dR = \frac{\rho dL(1+2\nu)}{A} + \frac{Ld\rho}{A} \qquad 9)$$

หารสมการที่ 9) ด้วยสมการที่ 1) จะได้ว่า

$$\frac{dR}{R} = \frac{dL}{L}(1+2\nu) + \frac{d\rho}{\rho} \qquad 10)$$

ด้วยเหตุนี้เราจะได้ เกจแฟคเตอร์ (Gauge Factor) ตามคำนิยามมีค่าเท่ากับ

$$\text{GageFactor} = \frac{dR/R}{dL/L} = 1 + 2\nu + \left[\frac{\frac{d\rho}{\rho}}{\frac{dL}{L}}\right] \qquad 11)$$

เมื่อ

- **เทอมแรก** เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงความต้านทานอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความยาวของขดลวดตัวนำ
- **เทอมที่สอง** เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงความต้านทานอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัด
- **เทอมที่สาม** เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงความต้านทานอันเนื่องจากการอิทธิพลของ piezoresistance ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ หรืออาจมีค่าเท่ากับ

$$\frac{d\rho/\rho}{dL/L} = \pi_1 E \qquad 12)$$

เมื่อ

π_1 คือ Longitudinal piezoresistance coefficient สามารถเป็นได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ

E คือ Modulus of elasticity

หรือเราสามารถหาค่าเกจแฟคเตอร์ (Gauge Factor) ได้ด้วยอีกวิธีการหนึ่งคือ

$$R = \frac{\rho L}{A} = \rho\frac{L}{CD^2} \qquad 13)$$

เมื่อ C คือสัมประสิทธิ์ของพื้นที่หน้าตัดของวัสดุนำไฟฟ้า

สำหรับพื้นที่หน้าตัดวงกลม C = $\pi/4$

สำหรับพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยม C = 1

ทำการดิฟเฟอเรียลซิเอสสมการที่ 13

$$dR = \frac{L}{A}d\rho + \rho d\left(\frac{L}{A}\right) = \frac{L}{CD^2}d\rho + \rho d\left(\frac{L}{CD^2}\right) = \frac{L}{CD^2}d\rho + \rho\left[\frac{CD^2dL - Ld(CD^2)}{(CD^2)^2}\right]$$

$$dR = \frac{L}{CD^2}d\rho + \frac{\rho dL}{CD^2} - \frac{2\rho LDdD}{CD^4} \qquad 14)$$

หารสมการที่ 14) ด้วย R จะได้ว่า

$$\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dL}{L} - \frac{2dD}{D} \qquad 15)$$

$$\frac{dR/R}{dL/L} = 1 + \left[\frac{\frac{d\rho}{\rho}}{\frac{dL}{L}}\right] - \frac{2dD}{D}\left(\frac{L}{dL}\right) \qquad 16)$$

จากนิยามอัตราส่วนปัวซอง (Poisson's ratio; ν) นั้นคือ

ν = ความเครียดด้านข้าง (-) / ความเครียดตามแนวแกนตั้งฉากพื้นที่หน้าตัด (+)

$$\nu = -\frac{\left(\frac{dD}{D}\right)}{\left(\frac{dL}{L}\right)} \qquad 17)$$

แทนค่าสมการที่ 17) ลงในสมการที่ 16) ได้ผลเช่นเดียวกับสมการที่ 11)

$$\text{Gauge Factor} = \frac{dR/R}{dL/L} = 1 + 2\nu + \left[\frac{\frac{d\rho}{\rho}}{\frac{dL}{L}}\right] \qquad 11)$$

ด้วยเหตุนี้หากเราทราบค่าเกจแฟคเตอร์ (Gauge Factor) เมื่อเราทำการวัด dR/R เราก็ทราบค่าความเครียด (Strain) dL/L=ε และนี้เองเราจึงเรียกว่า **หลักการของ Resistance Strain Gauges (The principle of the resistance strain gauge)** โดยทั่วไปแล้วค่า GF (Gauge Factor) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 2-4

พบว่าเมื่อค่า GF มีค่ามาก นั้นหมายถึง Resistance Strain Gauges มีความไวสูงต่อการตอบสนองการเปลี่ยนแปลงภาระแรงที่กระทำ แต่ให้ผลสัญญาณด้านทางออกมีลักษณะความเป็นเชิงเส้นต่ำลง แต่ในขณะเดียวกัน

หากค่า GF มีค่าต่ำหรือน้อย นั้นหมายถึง Resistance Strain Gauges มีความไวต่ำต่อการตอบสนองการเปลี่ยนแปลงภาระแรงที่กระทำต่ำ แต่ให้ผลสัญญาณด้านทางออกมีลักษณะความเป็นเชิงเส้นดี

ปกติแล้วค่าเกจแฟคเตอร์ (Gauge Factor) จะมีค่าค่อนข้างคงที่ภายในช่วงหนึ่งหรือกับช่วงความเครียด (strain) ช่วงหนึ่ง ค่าเกจแฟคเตอร์สามารถหาได้จากการทดสอบโลหะที่ใช้ทำ Strain Gauges แต่ละชนิดนั้น ตัวอย่างดังในตารางข้างล่างนี้

Grid Material	**Composition**	**Approx. Gauge Factor**	**Approx. Resistivity Microhm-cm**	**Thermal coefficient of resistivity $^{\circ}c^{-1}x10^{-5}$**	**Maximum Operating Temp. $^{\circ}F$ (Approx.)**
Nichrome V	80%Ni; 20%Cr	2.1 to 2.63	108	10	2000
Constantan	45%Ni; 55%Cu	2.1	49	±2	900
Isoelastic	36%Ni; 8%Cr; 4%Mn-Si-Mo; 52%Fe	3.52 to 3.6	112	+17	...
Karma	74%Ni; 20%Cr; 3%Cu; 3%Fe	2.1 to 2.4	130	+2	1500
Manganin	4%Ni; 12%Mn; 84%Cu	0.3 to 0.47	48	±2	...
Platinum-Iridium	95%Pt; 5%Ir	5.1	24	..	2000
Alloy 479	92%Pt; 8%W	3.6 to 4.4	..	+24	...
Monel	67%Ni; 33%Cu	1.9	42	..	...
Nickel	Pure	-12 to -20	7.8	670	...
Platinum	Pure	4.8	10	..	...
Silicon	p-type	100 to 170	..	70 to 700	...
Silicon	n-type	-100 to -140	..	70 to 700	...

Metallic Strain-Gauge Materials ปกติแล้วตัวนำไฟฟ้าทั้งหมดมีความสามารถที่ทำ Strain Gauges ได้แต่มีตัวนำไฟฟ้าเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่มีประสิทธิภาพเพียงพอในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ยังพบว่าวัสดุที่ใช้ทำ Strain Gauges และให้ค่าเกจแฟคเตอร์สูงมีแน้วโน้มที่ง่ายและไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอีกทั้งค่อนข้างมีความเสถียรภาพน้อยกว่าวัสดุที่ใช้ทำ Strain Gauges และให้ค่าเกจแฟคเตอร์ต่ำ ปัจจัยหลักๆ ที่คำนึงถึงได้แก่ ค่าเกจแฟคเตอร์, resistance, สัมประสิทธิอุณหภูมิของเกจแฟคเตอร์ (temperature coefficient of gauge factor), thermal coefficient of resistivity และความมีเสถียรภาพของการใช้งาน (stability) เป็นหลัก

Constantan เป็นวัสดุโลหะชนิดแรกๆ ที่ใช้ในการวัดความเครียดสถิตย์ (static strain) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิทางด้านอุณหภูมิของเกจแฟคเตอร์ต่ำ (low temperature coefficient of gauge factor) ด้วยเหตุนี้ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้งานจะอยู่ระหว่าง 10 °C ถึง 204 °C (50 °F ถึง 400 °F)

Karma วัสดุชนิดนี้จะให้ช่วงการชดเชยอุณหภูมิ (the temperature compensation range) กว้างกว่าวัสดุ Constantan ด้วยคุณสมบัติโดนเด่นในการชดเชยอุณหภูมินี้เองจึงสามารถใช้งานได้ดีอย่างมีประสิทธิภาพจนถึงอุณหภูมิประมาณ 427 °C (800 °F)

Nichrome V นิยมใช้งานกับการวัดความเครียดไดนามิกส์และความเครียดสถิตย์ (daynamic and static strains) ที่อุณหภูมิสูงๆ หากอยู่ภายใต้สภาวะการทำงานที่ดีแล้วสามารถวัดความเครียดสถิตย์ (static strain) ได้ถึง 649 °C (1200 °F) และวัดความเครียดไดนามิกส์ (daynamic strains) ได้ถึง 982 °C (1800 °F)

Semiconductor (Silicon) Strain-Gauge Materials ถือเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเด่นกว่าวัสดุชนิดอื่นๆทั้งนี้เนื่องจากมีค่าเกจแฟคเตอร์ (Gauge Factor) สูงถึง 50 – 70 เท่าเมื่อเทียบกับวัสดุที่กล่าวมาทั้งหมดในตารางข้างบน แต่เนื่องจากมี Thermal coefficient of resistivity ($^{o}c^{-1}x10^{-5}$) สูงหากมีการเพิ่มเกจแฟคเตอร์ให้สูงมากยิ่งขึ้นโอกาสที่ได้รับผลกระทบอันเนื่องจาก Thermal coefficient of resistivity ก็ยิ่งมากขึ้นเช่นกันเราเรียกผลกระทบว่า “temperature effect” แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องให้ความสำคัญปัจจัย

คุณสมบัติที่ดีของ Strain Gauges

การที่จะได้ Strain Gauges ที่ดีมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงนั้นโลหะที่ใช้ควรมีคุณสมบัติคือ

1. มีค่าเกจแฟคเตอร์ (Gauge Factor) สูง (High gauge factor)
2. มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำ (Low sensitivity to temperature)
3. มีความเสถียรภาพทางไฟฟ้าสูง (High electrical stability)
4. มีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง (High resistivity)
5. มีความสามารถต้านทานต่อการกัดกร่อนได้ดี (Good resistance to corrosion)
6. มีขอบเขตการทนต่อการล้าสูง (High endurance limit)

7. มีจุดครากสูง (High yield point)
8. ง่ายต่อการบัดกรีหรือเชื่อม (Easy to solder or weld)
9. สามารถทำในรูปชิ้นงานได้ดี (Good workability)
10. มีคุณสมบัติ hysteresis ต่ำ (Low hysteresis)

แต่ในทางปฏิบัติแล้วเป็นการยากที่จะมีโลหะชนิดใดชนิดหนึ่งมีคุณสมบัติได้ครบถ้วนทั้งหมดดังที่กล่าวมา ดังนั้นในการเลือกชนิดของโลหะที่จะนำมาทำ Strain Gauges จำเป็นต้องประนีประนอมแต่ละปัจจัยเท่าที่เหมาะสมกับความต้องการให้มากที่สุด นอกจากนี้ควรมีคุณสมบัติที่คงที่หลังจากการสอบเทียบแล้ว สำหรับค่าเกจแฟคเตอร์ (Gauge Factor) ของ Strain Gauges ต้องไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปอีกทั้งควรมีค่าที่ดีพอสำหรับการวัดความเครียด (strain) ด้วยความแม่นยำอย่างน้อย 1 μcm/cm

จากหลักการของ Resistance Strain Gauges นี้เองได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายวิธีการด้วยกันดังต่อไปนี้

- Unbonded metal-wire gauge
- Bonded metal-wire gauge ดูรูปที่ 72
- Bonded metal-foil gauge
- Vacuum-deposited thin-metal-film gauge
- Sputter-deposited thin-metal-film gauge
- Bonded semiconductor gauge
- Diffused semiconductor gauge

การนำหลักการดังกล่าวนี้ไปใช้งานส่วนใหญ่แล้วจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะใหญ่ๆ ด้วยกันคือ สำหรับการวิเคราะห์ความเค้น (Stress) ของชิ้นส่วนกลไกและโครงสร้าง และสำหรับการใช้งานเป็นอุปกรณ์สำหรับการวัดแรง, แรงบิด, ความดัน, การไหล, และความเร่งเป็นต้น สำหรับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติซึ่งได้นำโหลดเซลสำหรับการวัดค่าน้ำหนักหรือแรงโน้มถ่วงกระทำต่อวัสดุที่ต้องการชั่งนั้น ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นรูปแบบ Bonded metal-wire gauge และ/หรือ Bonded metal-foil gauge ดูรูปที่ 73 โดยขดลวดจะจัดเป็นรูปตะแกรงขดลวดบางๆเล็ก (a grid of fine wire) ทำการติดเชื่อมกับผิวชิ้นงาน โดยฝังอยู่ในสารยึดไม่นำไฟฟ้า (Matrix) ดูรูปที่ 70 b) ซึ่งเป็นตัวรองรับตะแกรงขดลวด strain gauge (a strain gauge grid) สารยึดไม่นำไฟฟ้า (Matrix)ทำหน้าที่สองประการด้วยกันคือเป็นตัวเชื่อมยึดระหว่างขดลวด strain gauge กับชิ้นงานที่ต้องการวัดแรงดังนั้นขดลวดจึงมีการเคลื่อนที่ควบคู่ไปพร้อมกับชิ้นงานตลอดเวลา และในขณะเดียวกันจะทำหน้าที่ป้องกัน

ส่วนที่เป็นขดลวดของ strain gauge ในกรณีที่เกิดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลบนชิ้นงานซึ่งขดลวด strain gauge ติดอยู่

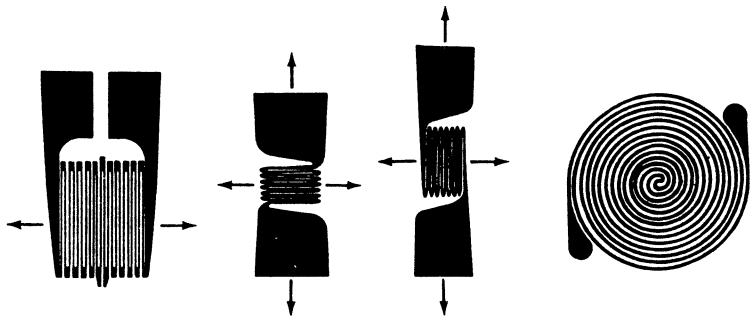


Figure a) Foil strain gages.

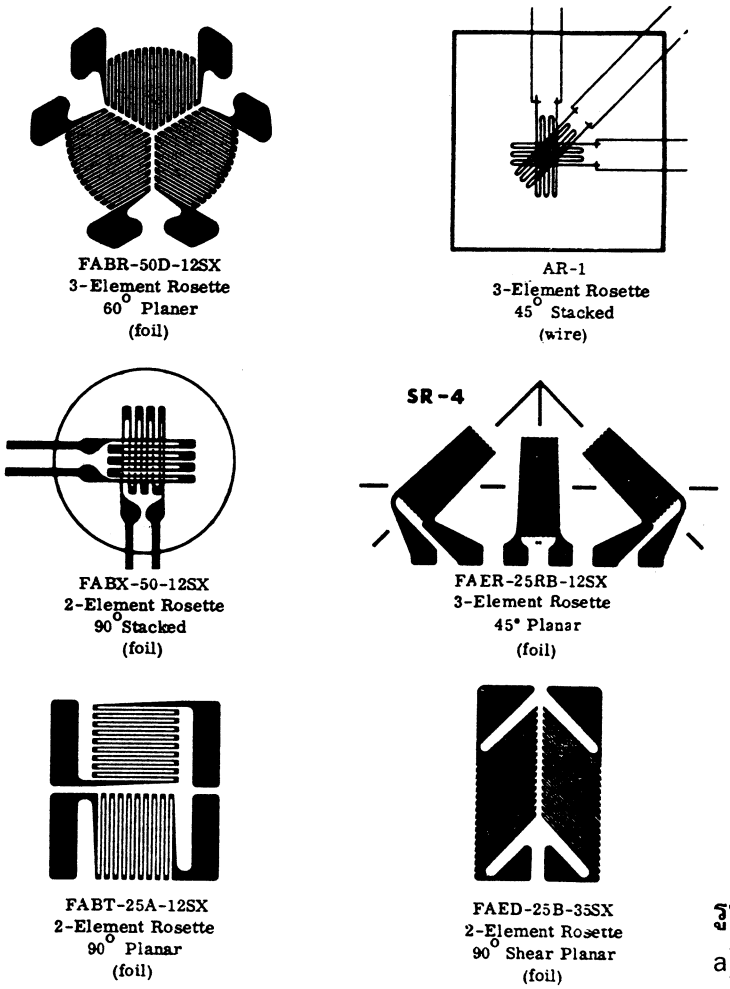


Figure b) Strain-gage rosettes. (*Courtesy BLH Electronics, Waltham, Mass.*)

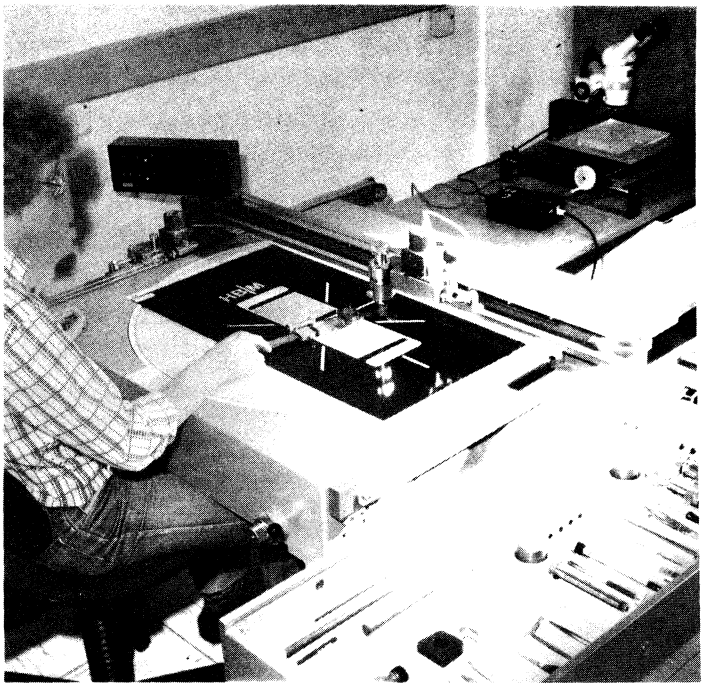
รูปที่ 73

a) รูปร่างลักษณะโดยทั่วไปของ Strain gauges แบบ Foil

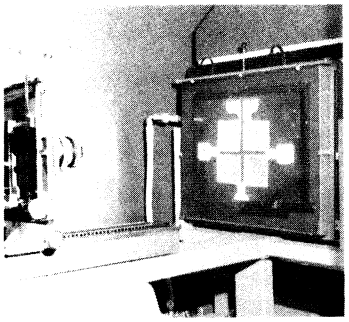
b) รูปร่างลักษณะโดยทั่วไปของ Strain gauges แบบ Rosettes

ขดลวด Strain gauge ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นหนาน้อยกว่า 0.0002 นิ้ว (0.0005 มม.) ด้วยขบวนการผลิตที่เรียกว่า "Photoetching processes" (คือการกัดโลหะด้วยการฉายแสงบนแผ่นโลหะบาง) ส่งผลให้มีความสามารถยืดหยุ่นตัวได้สูง ดังรูปที่ 73 ในส่วนที่ด้านปลายขดลวดซึ่งขดกลับไปกลับมาจะเป็นขดลวดปลายแบน (a fat end turns) ส่งผลให้ไปลดความไวในแนวแกนขวาง (Transverse Sensitivity) เนื่องจากขดลวด strain gauge ถูกออกแบบเพื่อต้องการวัดค่าความเครียดในส่วนตามแนวแกนความยาวของขดลวดเป็นหลัก ดังนั้นการติดตั้งขดลวด Strain gauge เข้ากับชิ้นงานหรือแท่งโครงโลหะในกรณีของเครื่องชั่งด้วยสารยึดไม่นำไฟฟ้า (Matrix) ซึ่งจะเป็นพวก polyamide, glass reinforced, phenolic เป็นต้น มีความหนาประมาณ 0.001 นิ้ว (0.0025 มม.) ดังนั้นเมื่อรวมเอาความหนาของขดลวด Strain gauge กับสารยึดไม่นำไฟฟ้าก็มีความหนามากกว่า 0.001 นิ้ว (0.0025 มม.) เล็กน้อย ในการนำขดลวด Strain gauge ไปใช้งานเพื่อตรวจสอบความเครียดนั้นเป็นไปไม่ได้ที่จะทำการติดตั้งขดลวด Strain gauge ให้ครอบคลุมพื้นที่ที่เกิดความเครียดบนชิ้นงานหรือแท่งโครงโลหะในกรณีของเครื่องชั่งเนื่องจากขดลวด Strain gauge มีขนาดเล็กมาก ในกรณีที่ชิ้นงานหรือแท่งโครงโลหะมีการกระจายตัวของความเค้น (strain gradient) สม่ำเสมอเป็นเชิงเส้นเราจะถือเอาตำแหน่งที่เกิดความเค้นซึ่งมีค่าประมาณเท่ากับค่าเฉลี่ยของความเครียดที่เกิดขึ้นทั้งหมดดังกล่าวเป็นตำแหน่งติดตั้งของจุดกึ่งกลางของความยาวของตะแกรงขดลวด (Gauge length) ดูรูปที่ 72 แต่ถ้าหากการกระจายตัวของความเครียด (strain gradient) ไม่สม่ำเสมอก็จะก่อให้ผลการวัดผิดไปและได้ค่าจากการวัดไม่แน่นอน การแก้ปัญหาอาจกระทำได้โดยพิจารณาเป็นรายๆไป เช่นหากการกระจายตัวของความเค้นเข้มข้นเป็นบริเวณจุด (stress concentration) อาจแก้ปัญหาโดยการลดขนาดของขดลวดให้เล็กลงไป แต่อย่างไรก็ตามขนาดของขดลวดก็จะถูกบังคับหรือมีข้อจำกัดอันเนื่องจากขั้นตอนการผลิตและวิธีการติดยึดกับชิ้นงานของขดลวดเช่นกัน พบว่าขดลวด Strain gauge มีขนาดเล็กสุดประมาณ 0.38 มิลลิเมตร

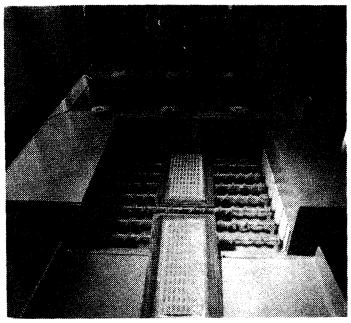
โดยทั่วไปขดลวด Strain gauge มีค่าความต้านทาน 120, 350 และ 1,000 โอห์ม ด้วยกระแสไฟ 5 ถึง 40 mA และมีเกจแฟคเตอร์ (Gauge Factor) ระหว่าง 2 ถึง 4 เนื่องจากหลังจากทำการติดตั้งขดลวด Strain gauge เข้ากับชิ้นงานหรือแท่งโครงโลหะไปแล้วไม่สามารถถอดนำมาใช้ได้อีกดังนั้นการบ่งบอกค่าเกจแฟคเตอร์จึงเป็นเพียงผลการทดสอบและให้ค่าเฉลี่ยของเกจแฟคเตอร์ของการผลิตในแต่ละชุดเท่านั้น สำหรับความล้าของขดลวด (Fatigue life of gauges) โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 10 ล้านรอบที่ $\pm$1,500 microstrian แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน นอกจากนี้ในทางปฏิบัติหลังจากทำการติดตั้งขดลวด Strain gauge อาจมีการเคลือบชิ้นงานหรือแท่งโครงโลหะ ด้วยสารกันความชื้นเพื่อป้องกันน้ำหรือความชื้นอีกครั้งเพื่อยืดอายุการใช้งานโหลดเซลก็สามารถกระทำได้



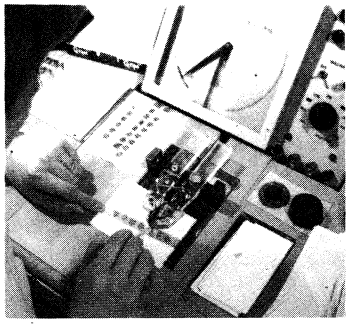
1. Strain gauge master on coordinatograph, prior to reduction



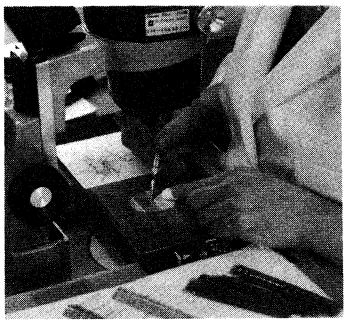
2. Strain gauge negative made with special camera



3. Strain gauges on working frame run-through etching machine



4. Etching of each strain gauge to adjust resistance

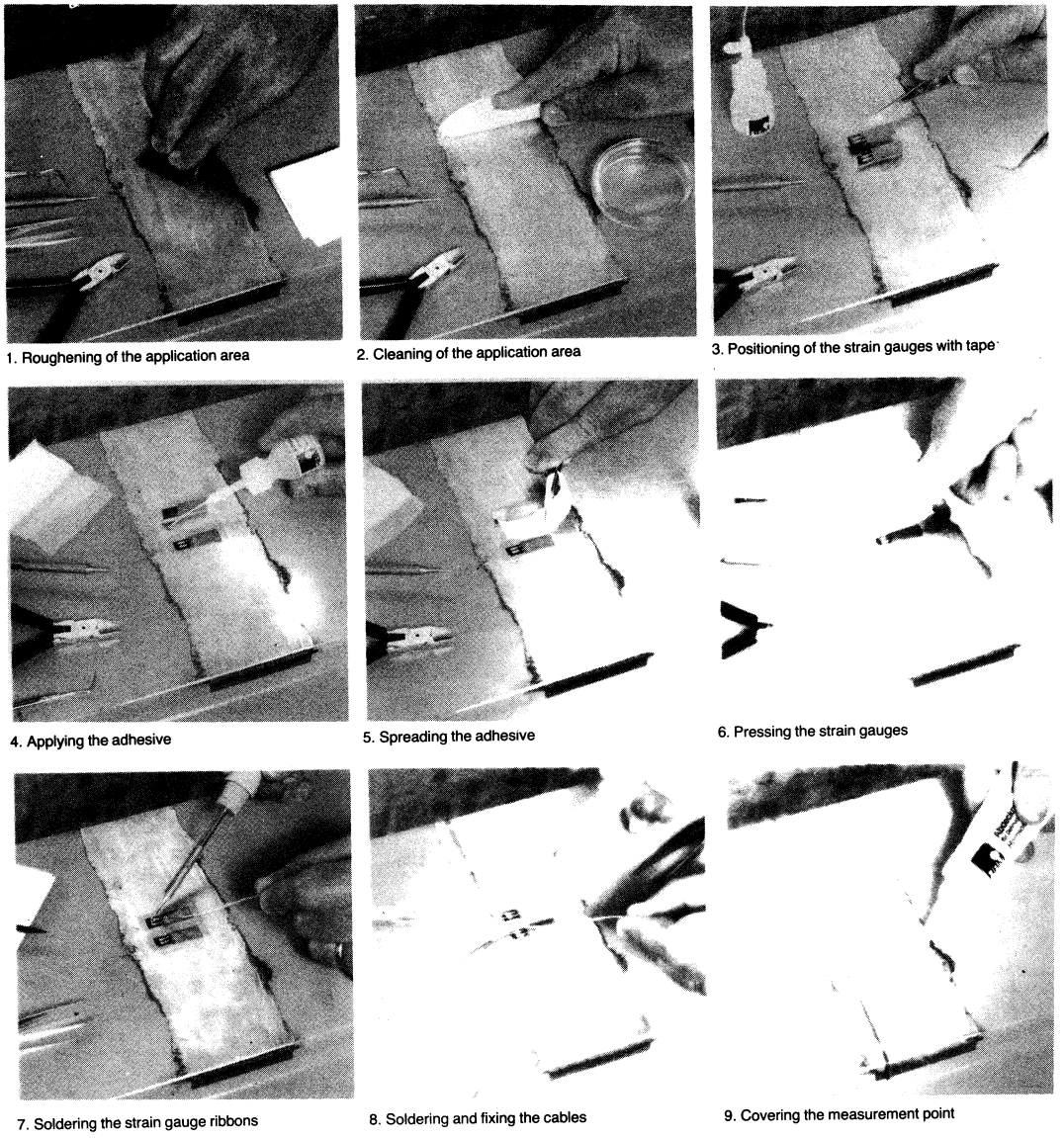


5. Example of further treatment: soldering the ribbons under the microscope

6. Final control of strain gauges, checking the resistance

รูปที่ 74.1 ขั้นตอนการผลิต Strain gauges

1. ขั้นตอนการออกแบบซึ่งจะมีขนาดที่ใหญ่กว่าที่เป็นจริง
2. ทำการถ่ายภาพ Negative ลงบนฟิล์ม
3. ทำการกัดโลหะเพื่อให้ได้ Strain gauges โดยเครื่อง
4. กัดขอบเพื่อให้ได้ค่าความต้านทานตามที่ออกแบบ
5. ทำการตรวจสอบและเชื่อมเข้ากับสายไฟฟ้าแบบริ้ว
6. ตรวจสอบขั้นตอนสุดท้าย



รูปที่ 74.2 ขั้นตอนการติดตั้ง Strain gauges ลงบนแผ่นโลหะที่ต้องวัดความเครียด

Technical data of G series strain gauges

Strain gauge design		Foil strain gauge with embedded measuring grid
Measuring grid		
Material		Constantan foil
Thickness	µm	3.8 or 5, depending on gauge type
Carrier		
Material		phenolic resin with gloss fibre reinforcement
Substrate thickness	µm	35 ± 10
Cover thickness	µm	25 ± 8
Connections		Nickel plated Cu ribbons about 30 mm long
Nominal resistance	Ω	120 or 350 depending on type**
Resistance tolerance per package	%	± 0.35
Gauge factor		approx. 2
Nominal value of gauge factor		given on package
Gauge factor tolerance at 0.6 mm and 1.5 mm grid length	%	± 1.5
at ≧ 3 mm grid length	%	± 0.7
Transverse sensitivity		
at reference temperature, using adhesive Z 70		
on strain gauge type LG 11 3/120	%	− 0.1
Reference temperature	°C [°F]	23 [73]
Service temperature range		
for static measurements	°C [°F]	− 70 . . . + 200 [− 90 . . . + 390]
for dynamic measurements	°C [°F]	− 200 . . . + 200 [− 330 . . . + 390]
Temperature characteristic		given in package
Temperature characteristic matched to thermal expansion coefficient as required α		
α for ferritic steel	1/K [1/°F]	$11 \cdot 10^{-6}$ [6.1 ppm] (all gauges)
α for aluminium	1/K [1/°F]	$23 \cdot 10^{-6}$ [12.7 ppm] (see table)
α for plastic	1/K]1/°F]	$65 \cdot 10^{-6}$ [36.1 ppm] (on request)
α for austenitic steel	1/K [1/°F]	$16 \cdot 10^{-6}$ [8.9 ppm] (on request)
α for titanium	1/K [1/°F]	$9 \cdot 10^{-6}$ [5 ppm] (on request)
α for molybdenum	1/K [1/°F]	$5.4 \cdot 10^{-6}$ [3 ppm] (on request)
α for quartz	1/K [1/°F]	0 (on request)
Tolerance of temperature characteristic	1/K [1/°F]	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$ [± 0.5 ppm]
Temperature range of matching	°C [°F]	+ 10 . . . + 120 [+ 50 . . . + 250]
Mechanical hysteresis*		
at reference temperature and at strain ε = ± 1000 µm/m		
at strain gauge type LG 11 6/120		
for 1st load cycle and adhesive EP 250	µm/m	0.5
for 3rd load cycle and adhesive EP 250	µm/m	0.5
for 1st load cycle and adhesive X 60	µm/m	3
for 3rd load cycle and adhesive X 60	µm/m	1.5
at strain gauge type LG 11 3/350		
for 1st load cycle and adhesive Z 70	µm/m	1.6
for 3rd load cycle and adhesive Z 70	µm/m	0.8
Maximum elongation*		
at reference temperature, adhesive Z 70 used		
at strain gauge type LG 11 6/120		
strain amount ε in positive sense	µm/m	20 000 (≙ 2 %)
strain amount ε in negative sense	µm/m	50 000 (≙ 5 %)
Fatigue properties*		
at reference temperature, adhesive Z 70		
and oscillating strain ε_w = ± 1000 µm/m used at strain gauge type LG 11 3/350		
No. of load cycles and		
zero point change $\Delta\varepsilon_m \leqq 300$ µm/m		$>> 10^7$
$\Delta\varepsilon_m \leqq 30$ µm/m		$3 \cdot 10^6$
at strain gauge type LG 11 6/350		
zero point change $\Delta\varepsilon_m \leqq 300$ µm/m		$>> 10^7$
$\Delta\varepsilon_m \leqq 30$ µm/m		$3 \cdot 10^6$
Smallest bending radius, at reference temperature	mm	3
Adhesives used		
cold curing adhesives		Z 70; X 60
hot curing adhesives		EP 250; EP 310

* Data depend on various application parameters, therefore, only given for representative examples.

** At 0.6 mm grid length the nominal resistance may deviate by ± 1 %.

รูปที่ 74.3 ข้อมูลทางเทคนิคของ Strain gauges

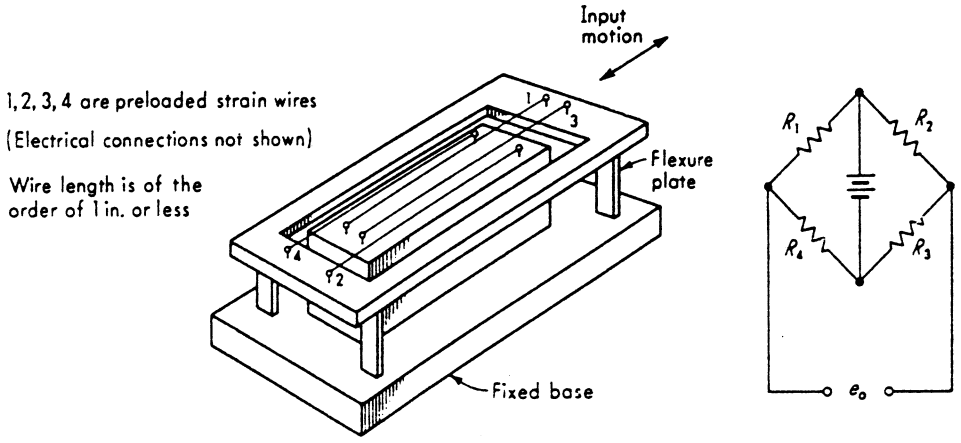


Figure Unbonded strain gage.

รูปที่ 75 การประยุกต์ใช้งาน Strain gauges

อุณหภูมิ (Temperature) เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการทำงานของโหลดเซลหรือขดลวด Strain gauge เพราะค่าความต้านทานของขดลวด Strain gauge เกิดจากการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งจากความเค้น (Strain) และอุณหภูมิ ซึ่งในการทดสอบพบว่าการเปลี่ยนแปลงความต้านทานอันเนื่องจากความเค้นคิดเป็นสัดส่วนน้อยมากเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงความต้านทานอันเนื่องมาจากอุณหภูมิ อีกส่วนหนึ่งที่อาจจะมีผลกระทบอันเนื่องจากจากอุณหภูมิก็คือ การเกิดเหตุการณ์ของความแตกต่างของการขยายตัว (Differential Thermal Expansion) ระหว่างขดลวด Strain gauge กับสารยึดไม่นำไฟฟ้า (Matrix) ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานของขดลวด Strain gauge แม้ชิ้นงานหรือแท่งโครงโลหะไม่ได้รับแรงจากภายนอกเลยก็เป็นได้ วิธีการแก้ปัญหาเพื่อชดเชยค่าอุณหภูมิดังกล่าวสามารถกระทำได้หลายวิธีการด้วยกันก็คือ ติดตั้งขดลวด Strain gauge ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกันกับขดลวด Strain gauge ที่ติดตั้งเชื่อมอยู่กับชิ้นงานที่ต้องการวัดเข้ากับชิ้นงานที่ไม่ได้รับภาระแรงแต่อย่างใดและเป็นวัสดุเดียวกันกับชิ้นงานที่ต้องรับภาระแรง อีกทั้งต้องมีอุณหภูมิเท่ากันด้วย เราจะเรียกขดลวด Strain gauge ที่ติดตั้งกับชิ้นงานที่ไม่ได้รับภาระแรงดังกล่าวนี้ว่า "Dummy Gauge" ดูรูปที่ 76 โดย Dummy Gauge จะเป็นส่วนหนึ่งของวงจร Wheatstone Bridge ด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนแปลงความต้านทานเนื่องจากสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของเกจแฟคเตอร์ (Temperature Coefficient of gauge factor) เพราะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของชิ้นงานและความแตกต่างของการขยายตัว (Differential Thermal Expansion) เนื่องจากคุณสมบัติวัสดุที่แตกต่างกันระหว่าง

ขดลวด Strain gauge กับสารยึดไม่นำไฟฟ้า (Matrix) ก็จะไม่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของวงจร Wheatstone Bridge แต่อย่างใด ดูรูปที่ 77

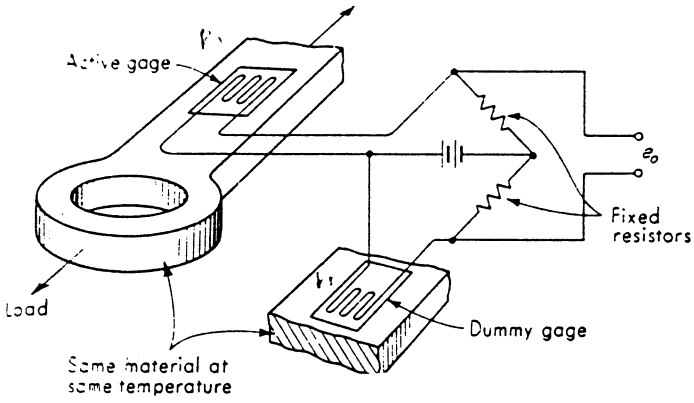


Figure Strain-gage temperature compensation.

รูปที่ 76 การติดตั้ง Strain gauge ลงบนชิ้นงานที่ต้องการวัดความเครียดโดยมี Strain gauge พิเศษอีกหนึ่งตัวทำหน้าที่ชดเชยอุณหภูมิ

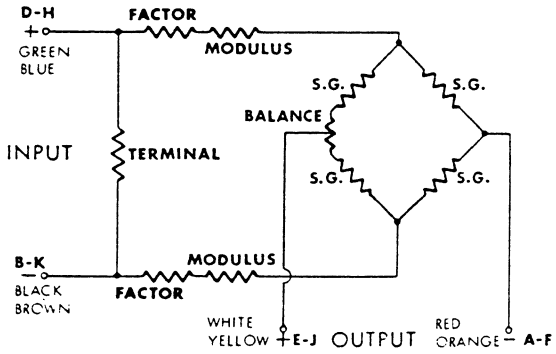
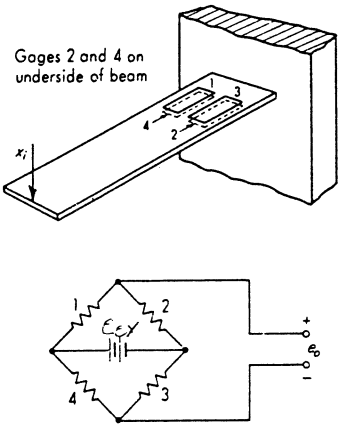


Figure Load cell wiring schematic uses familiar Wheatstone bridge measuring circuit with strain gauges as arms in bridge. (Courtesy of Toroid Corp.)

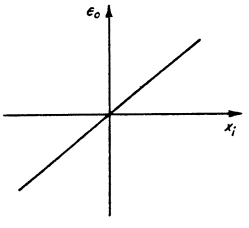
รูปที่ 77 การเชื่อมต่อ Strain gauges ด้วยวงจรไฟฟ้าวีทสโตนบริด (Wheatstone Bridge Circuit) สำหรับใช้ในทางการค้า

นอกจากนี้ในการประยุกต์ใช้งานและรูปแบบต่างๆของการติดตั้ง Strain gauge ได้ใช้ Strain gauge ทั้ง 4 ตัวในการทำหน้าที่วัดแรง ดูรูปที่ 78 และ 79 ซึ่งต่างกับรูปที่ 76 ซึ่งใช้ Strain gauge เพียงตัวเดียวในการตรวจวัดความเครียด (strain) ดูรูปที่ 80 เป็นแสดงโหลดเซลซึ่งถูกออกแบบสำหรับรับแรงอัด (Compression stress) ในการสร้างจะทำการติดตั้ง Strain gauges จำนวน 4 ตัวหลักคือ Strain gauge ตัวที่ 1 และ 3 ทำหน้าที่ตรวจวัดความเค้นโดยตรง (direct stress) เนื่องจากแรง F_i ในขณะเดียวกัน Strain gauge ตัวที่ 2 และ 4 ทำหน้าที่ตรวจจับความเค้นด้านขวาง (Transverse stress) อันเนื่องจาก Poisson's ratio ซึ่งให้Sensitivity เท่ากับ $2(1+\varepsilon)$ เท่าเมื่อเทียบกับการใช้ strain gauge เพียงตัวเดียวในการตรวจวัดความเครียดในวงจร Wheatstone bridge นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ Side-force stiffener ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันแรงแทรกซ้อนเนื่องจากการเบี่ยงเบนหนีศูนย์ของการกระทำของ F_i อีกทั้งยังป้องกันน้ำและความชื้นที่จะทำให้ Strain gauge เสียหายได้หรือมีผลกระทบต่อการทำงาน หากต้องการโหลดเซลมีความแม่นยำสูง (ประมาณ 0.3% ถึง 0.1% ของ full scale) จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เสริมอื่นๆด้วยกันเช่น ตัวชดเชยอุณหภูมิ ในรูปที่ 80 ได้ติดตั้ง the temperature-sensitive resistors , R_{gc} และ R_{mc} โดยstrain gauge ทั้ง 2 จะถูกติดตั้งอยู่ภายในโหลดเซลเช่นเดียวกับ Strain gauge ตัวที่ 1, 2, 3 และ 4 ทั้งนี้ก็เพื่อต้องการให้ R_{gc} และ R_{mc} มีอุณหภูมิเดียวกัน วัตถุประสงค์และหน้าที่ของ R_{gc} เพื่อที่ต้องการชดเชยสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน (Temperature Coefficient of resistance) ของ Strain gauge ทั้ง 4 ตัว ในขณะเดียวกันวัตถุประสงค์และหน้าที่ของ R_{mc} ก็เพื่อชดเชยอิทธิพลของอุณหภูมิต่อโมดูลัสของความยืดหยุ่นของ Strain gauge ทั้ง 4 ตัว (the temperature dependence of the modulus of elasticity of the load-sensing members) เนื่องจากเมื่อโมดูลัสของความยืดหยุ่นของ Strain gauge จะทำให้ strain มีค่าเปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน (นั้นคือ ให้แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซล, e_o เปลี่ยนแปลงไป) ผลที่ตามมาอีกก็คือ Sensitivity ของโหลดเซลเปลี่ยนแปลงตามมา ดังนั้น R_{mc} จะทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนแรงดันกระตุ้น (excitation voltage) ให้มีแรงดันในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อชดเชยอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงโมดูลัสของความยืดหยุ่นของ Strain gauge



รูปที่ 78 การประยุกต์การใช้งาน Strain gauges กับคาน

Figure Beam displacement transducer.



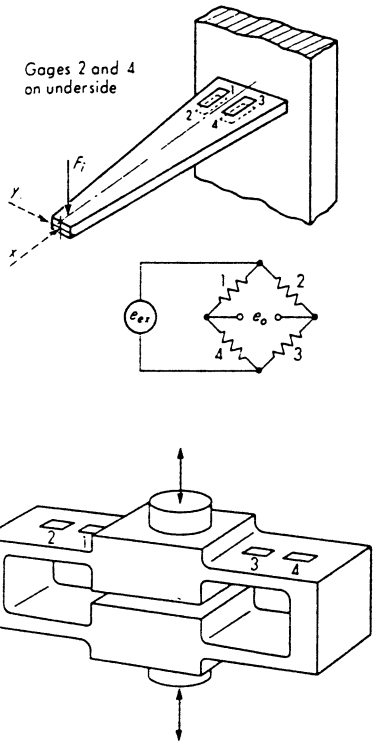
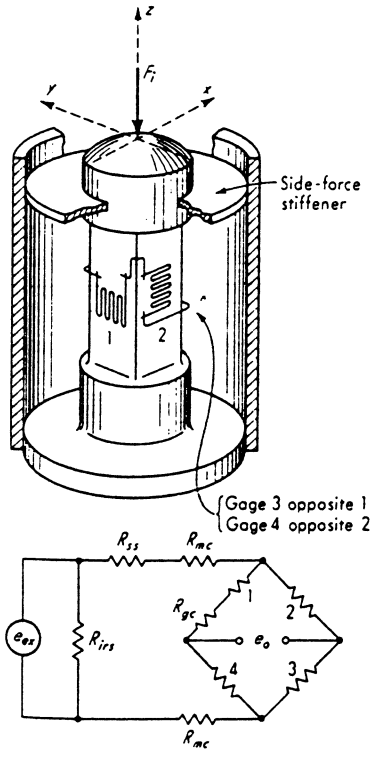


Figure Strain-gage beam transducers.

รูปที่ 79 การประยุกต์การใช้งาน Strain gauges กับคาน

นอกจากนี้ ในโหลดเซลที่มีใช้ในทางการค้าในทั่วตลาดจะมี non-temperature-sensitive resistors จำนวน 2 ตัว นั่นก็คือ R_{ss} ทำหน้าที่ปรับมาตรฐานความไวสำหรับแรงดันทางออกของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระตุ้น (e_{ex}) เพื่อให้ได้แรงดันที่มาตรฐานคงที่ตลอดเวลาตามที่ต้องการและ R_{irs} ใช้เพื่อปรับความต้านทานด้านทางเข้า (the input resistance) ตามที่ต้องการ



รูปที่ 80 การติดตั้ง Strain gauges เข้ากับโหลดเซล

Figure Strain-gage load cell.

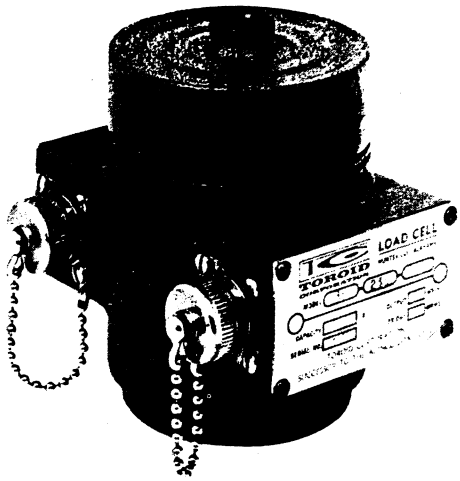


Figure Strain gauge load cells are compact, accurate and ideally suited for electronic measuring systems. (Courtesy of Toroid Corp.)

รูปที่ 81 โหลดเซลที่มีอยู่ในท้องตลาด

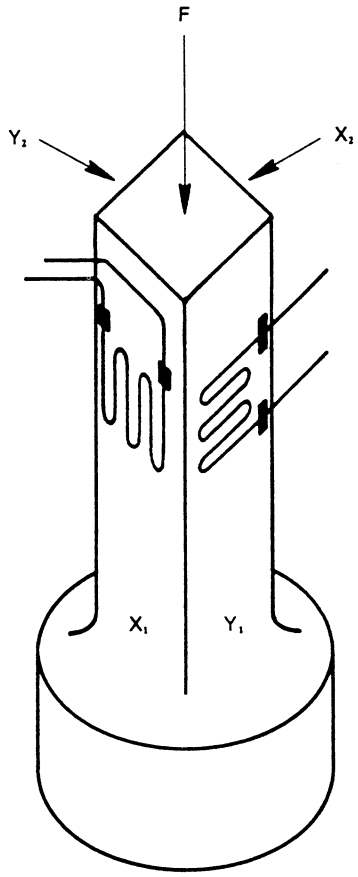


Figure Strain gauge cell support column with bonded strain gauges X1 and X2 for weight measurement and Y1 and Y2 for temperature compensation.

รูปที่ 82 การประยุกต์การติดตั้ง Strain gauges ด้วยวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันคือ ติดตั้ง Strain gauges X1 และ X2 เพื่อสำหรับวัดน้ำหนัก ในขณะที่ Y1 และ Y2 ใช้สำหรับการชดเชยอุณหภูมิ

วงจรวีทสโตนบริด (Wheatstone Bridge Circuit)

เนื่องจากเป็นวงจรที่ได้รับความนิยมอย่างมากในการนำไปใช้งานที่แตกต่างหลากหลายด้วยกัน เช่นเพื่อวัดค่าความต้านทาน (Resistance), ค่าการเก็บประจุ (Capacitance), การเหนี่ยวนำ (Inductance) เป็นต้น เนื่องจากอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆสามารถแปลงเปลี่ยนตัวแปรทางฟิสิกส์ให้เป็นในรูปของค่าการเปลี่ยนแปลงความต้านทาน, การเปลี่ยนแปลงค่าความจุ, การเปลี่ยนแปลงค่าการเหนี่ยวนำ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงเป็นวงจรที่น่าสนใจอย่างยิ่ง แต่ในที่นี้เราจะให้ความสนใจเฉพาะวงจร Wheatstone Bridge ที่ใช้การเปลี่ยนแปลงตัวแปรทางฟิสิกส์ คือแรงหรือน้ำหนักให้เป็นในรูปของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเท่านั้น เนื่องจากเป็นการประยุกต์ใช้งานที่พบบ่อยมากกับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ

ดูรูปที่ 83 เป็นการแสดงวงจรอย่างง่ายของวงจร Wheatstone Bridge มีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระตุ้น (Excitation voltage); E_{ex} ซึ่งอาจเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) หรือไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) หลักการทำงานของวงจรชนิดนี้แบ่งออกได้ 2 หลักการด้วยกันคือ **"The Null Method"** และ **"The deflection Method"** และหลังจากทำการปรับค่าความต้านทานทั้ง 4 จนกระทั่งค่าความดันคร่อมจุด AC (e_{AC}) เท่ากับ 0 นั้นหมายถึง

$$\frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3} \qquad 18)$$

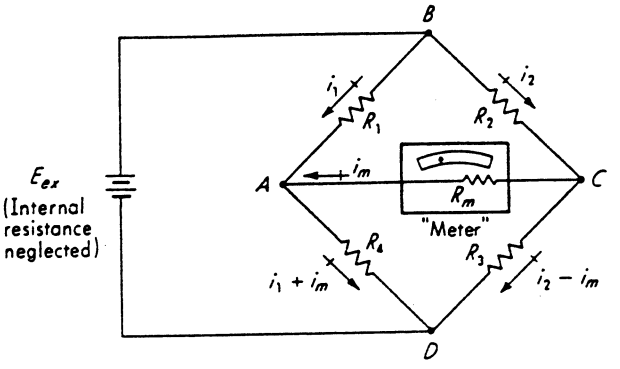


Figure Basic Wheatstone bridge.

รูปที่ 83 หลักการทำงานพื้นฐานของวงจรไฟฟ้าวีทสโตนบริด (Wheatstone Bridge Circuit)

The deflection Method

เมื่อให้ตัวต้านทาน R_1 เกิดการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลให้ความสมดุลของวงจรเสียไป ค่าแรงดันไฟฟ้าคร่อมจุด AC (e_{AC}) ไม่เท่ากับ 0 ทำให้มิเตอร์ซึ่งติดตั้งอยู่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากค่าที่แสดงเมื่อวงจรอยู่ในสภาวะสมดุล ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงนี้เป็นตัวแสดงถึงการเปลี่ยน

แปลงค่าความต้านทาน R_1 ซึ่งเราสามารถใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปนี้เพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงของ R_1 ได้ วิธีการดังกล่าวนี้เรียกว่า **"The deflection Method"** เนื่องจากการเบี่ยงเบนของมิเตอร์เป็นตัวแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทาน

- ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องสอบเทียบมิเตอร์อยู่เสมอ และถ้าหากค่าแรงดันของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระตุ้น (Excitation voltage); E_{ex} เปลี่ยนแปลงไม่คงที่แล้ว ผลผิดของวงจรก็จะเกิดขึ้นเนื่องจากค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์ก็จะเปลี่ยนไปเช่นกัน
- เนื่องจากเป็นวิธีการนี้ให้สัญญาณด้านออกของวงจรเป็นแรงดันไฟฟ้าเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าคร่อมจุด AC (e_{AC}) ดังนั้นวิธีการนี้จึงมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวค่าความต้านทาน R_1 ได้อย่างรวดเร็วมาก และสามารถนำสัญญาณแรงดันไฟฟ้าคร่อมจุด AC ไปแสดงใน Oscilloscope ก็กระทำได้
- สำหรับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติจะใช้หลักการนี้ในการทำงานของเครื่องชั่งที่ใช้โหลดเซลเป็นส่วนชั่งน้ำหนัก (Load measuring device)

The Null Method

สำหรับ **"The Null Method"** สมมุติให้ตัวต้านทานตัวหนึ่งสามารถปรับค่าความต้านทานได้ด้วยมือในที่นี้เราให้เป็น R_2 (ดูรูปที่ 83) ดังนั้นเมื่อตัวต้านทาน R_1 เปลี่ยนแปลงจะทำให้วงจรเสียสมดุล ทำให้มิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ในวงจรเกิดการเปลี่ยนแปลงจากค่าที่แสดงเมื่อวงจรอยู่ในสภาวะสมดุล ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปนี้เราสามารถอ่านค่าได้จากมิเตอร์ จากนั้นเราจะทำการปรับค่าความต้านทาน R_2 จนกระทั่งมีผลหักล้างการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานอันเกิดจาก R_1 และวงจรกลับเข้าสู่สภาวะสมดุลอีกครั้งหนึ่งนั้นคือค่าความดันคร่อมจุด AC (e_{AC}) เท่ากับ 0 การปรับค่าความต้านทาน R_2 จะพิจารณาเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าและทิศทางของค่าแรงดันไฟฟ้าที่มิเตอร์อ่านได้ว่าเป็นบวกหรือลบ ด้วยเหตุนี้ค่าการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน R_1 จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการปรับค่าความต้านทาน R_2

- ในการปฏิบัติงานจำเป็นต้องทำการสอบเทียบตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าได้ และเนื่องจากไม่ได้ใช้ผลการวัดโดยมิเตอร์เพื่อนำค่าดังกล่าวไปทำการปรับค่าความต้านทาน นั้นคือเป็นเพียงอ่านผลการวัดก่อนทำการปรับค่าความต้านทานและใช้เป็นแนวทางในการปรับค่าความต้านทานเท่านั้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระตุ้น (Excitation voltage); E_{ex} จึงไม่มีผลต่อค่าผลผิดของวงจร
- วิธีการนี้ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทาน R_1 ได้ค่อนข้างช้า เนื่องจากต้องคอยปรับค่าความต้านทาน R_2 จนกว่าวงจรเข้าสู่สมดุลอีกครั้งหนึ่ง ถึงแม้ในบางอุปกรณ์จะใช้การปรับค่าความต้านทานด้วยระบบอัตโนมัติก็ตาม

ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า Wheatstone Bridge จำเป็นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานว่า

1. ความสัมพันธ์ของตัวต้านทานภายในวงจรเมื่อระบบอยู่ในสภาวะสมดุล นั้นคือค่าความดันคร่อมจุด AC (e_{AC}) เท่ากับ 0 จะได้ว่า

$$\frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3}$$

2. ความไวของระบบวงจร Wheatstone Bridge ก็คือการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าด้านออก หรือค่าแรงดันไฟฟ้าคร่อมจุด AC (e_{AC}) ต่อการแปลงหนึ่งหน่วยของค่าความต้านทานในขาหนึ่งเพียงขาเดียวของขาของวงจรทั้งหมดทั้ง 4 ขา

3. มีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อค่าความต้านทานภายในตัวมิเตอร์ในขั้นตอนการวัดแรงดันไฟฟ้า

ในกรณีที่ค่าความต้านทานภายในมิเตอร์; R_m มีค่าสูงเมื่อเทียบกับค่าความต้านทานซึ่งอยู่ในวงจร Wheatstone Bridge จะส่งผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมิเตอร์ i_m มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับกระแสไฟฟ้าซึ่งไหลผ่านตัวต้านทานในวงจร ซึ่งข้อสมมุติฐานดังกล่าวมักจะเกิดขึ้นจริงในทางปฏิบัติเพราะเรามักจะต่อ Oscilloscope หรือ digital voltmeters แทนตำแหน่งของมิเตอร์ในวงจรเพื่อคอยตรวจสอบค่าแรงดันไฟฟ้านั้นเอง

หาก i_m =0 พิจารณาวงจรย่อย “ABC” เราได้ว่า

$$i_1 = \frac{E_{ex}}{R_1 + R_4} \qquad 19)$$

$$i_2 = \frac{E_{ex}}{R_2 + R_3} \qquad 20)$$

เมื่อ e_{AB} คือค่าความดันคร่อมจุด A และ B ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$e_{AB} = i_1 R_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_4} E_{ex} \qquad 21)$$

เมื่อ e_{CB} คือค่าความดันคร่อมจุด C และ B ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$e_{CB} = i_2 R_2 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} E_{ex} \qquad 22)$$

และในที่สุดจะได้ว่า

$$e_{AC} = e_{AB} + e_{BC} = e_{AB} - e_{CB} = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_4} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right) E_{ex} \qquad 23)$$

หรือ

$$e_{AC} = E_{ex} \left(\frac{(R_1 R_3 - R_2 R_4)}{(R_1 + R_4)(R_2 + R_3)} \right) \qquad 23.1)$$

จากสมการข้างบนนี้แสดงให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของวงจร Wheatstone Bridge มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น (Linear function) เมื่อเทียบกับแรงดันของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระตุ้น (Excitation voltage); E_{ex} แต่โดยทั่วไปเราพบว่าแรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของวงจร Wheatstone Bridge มีความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear function) เมื่อเทียบกับค่าความต้านทาน R_1, R_2, R_3, และ R_4

หากเมื่อสภาวะเริ่มต้นวงจร Wheatstone Bridge อยู่ในสภาวะสมดุล จากนั้นค่าความต้านทาน R_1 เริ่มเปลี่ยน จะพบว่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านทางออกของวงจรจะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทาน R_1 แต่เนื่องจากการใช้วงจรเสริมต่างๆส่งผลให้ได้ว่าเมื่อสภาวะสมดุล

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R \qquad 24)$$

และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงก็จะเป็น

$$+\Delta R_1 = -\Delta R_2 = +\Delta R_3 = -\Delta R_4 \qquad 25)$$

ดังนั้นเราอาจได้ว่า

$$e_{AC} = \left(\frac{R_1 + \Delta R_1}{(R_1 + \Delta R_1) + (R_4 + \Delta R_4)} - \frac{R_2 + \Delta R_2}{(R_2 + \Delta R_2) + (R_3 + \Delta R_3)} \right) E_{ex} \qquad 26)$$

จากสมการที่ 24) ดังนั้นสมการที่ 26) จึงลดรูปเหลือ

$$e_{AC} = \frac{\Delta R_1}{R} E_{ex} \qquad 27)$$

จากสมการที่ 27) จะเห็นได้ชัดเจนว่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของวงจร Wheatstone Bridge หรือค่าความดันคร่อมจุด AC (e_{AC}) มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น (Linear function) โดยตรงเมื่อเทียบกับค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไปของ R_1 ซึ่งเท่ากับ ΔR_1 แต่การที่จะได้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงนั้นก็ต่อเมื่อ

- $R_2 = R_3$ และ
- $+\Delta R_1 = -\Delta R_4$

จึงทำให้สมการที่ 26) ลดรูปเหลือสมการที่ 27) นั่นเอง

และเมื่อไรก็ตามที่สภาวะสมดุลดังข้างบนสูญเสียไป การตอบสนองของวงจรยังคงเป็นเชิงเส้นตราบเท่าที่การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน (ΔR) ในวงจรมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของตัวต้านทาน (R) ในทางปฏิบัติพบว่าการทำงานของ Strain gauges เมื่อมีแรงกระทำจะทำให้เกิดค่าการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน (ΔR) ที่เกิดขึ้นแทบจะมีค่าไม่เกินกว่า 1% เทียบกับตัวต้านทาน (R)

ต่อไปเรามาสนใจถึงความไวของวงจร Wheatstone Bridge จากสมการที่ 23) พบว่า $e_{AC} = f(R_1 = R_2 = R_3 = R_4)$ และในขณะเดียวกันการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานจากสภาวะสมดุล (Null condition) จะได้ว่า

$$\Delta e_{AC} = e_{AC} \approx \frac{\partial e_{AC}}{\partial R_1}\Delta R_1 + \frac{\partial e_{AC}}{\partial R_2}\Delta R_2 + \frac{\partial e_{AC}}{\partial R_3}\Delta R_3 + \frac{\partial e_{AC}}{\partial R_4}\Delta R_4 \qquad 28)$$

ดังนั้น

$$\frac{\partial e_{AC}}{\partial R_1} = E_{ex}\frac{R_4}{(R_1+R_4)^2} \qquad V/\Omega \qquad 29)$$

$$\frac{\partial e_{AC}}{\partial R_2} = -E_{ex}\frac{R_3}{(R_2+R_3)^2} \qquad 30)$$

$$\frac{\partial e_{AC}}{\partial R_3} = E_{ex}\frac{R_2}{(R_2+R_3)^2} \qquad 31)$$

$$\frac{\partial e_{AC}}{\partial R_4} = -E_{ex}\frac{R_1}{(R_1+R_4)^2} \qquad 32)$$

ผลของ Partial derivatives ของทั้ง 4 สมการข้างบนก็จะได้ค่าคงที่มา 4 ค่า ดังนั้นสมการที่ 28) จะได้ว่าค่าความดันไฟฟ้าคร่อมจุด AC (e_{AC}) มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น (Linear function) โดยตรงเมื่อเทียบกับค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไปของ R ทั้ง 4 (ΔR_1, ΔR_2 , ΔR_3 , ΔR_4) นั่นเอง

จากการแยกปริมาณออกเป็นส่วนๆดังข้างบนโดยเราตั้งอยู่บนเงื่อนไขที่ว่าค่าความต้านทานของมิเตอร์ในวงจร "สูงเพียงพอ" จนก่อให้ค่าความดันไฟฟ้าคร่อมจุด AC (e_{AC}) เท่ากับศูนย์หรือเสมือนเป็นวงจรเปิด คือไม่มีกระแสไฟฟ้า (i_m =0) ด้วยเหตุนี้เพื่อต้องการตรวจสอบว่าค่าความต้านทานของมิเตอร์ในวงจร "สูงเพียงพอ" จริงหรือไม่ ถ้าไม่แล้วเราจะทำการแก้ไขอย่างไร ในที่นี้เราจะใช้ "Thevenin's theorem" เป็นเครื่องมือแก้ปัญหา พิจารณารูปที่ 84 และ 85 เนื่องจากเราเรียกความดันไฟฟ้าคร่อมจุด AC (e_{AC}) เท่ากับศูนย์หรือเสมือนเป็นวงจรเปิด ซึ่งก็คือค่า E_0 ในรูปที่ 85 ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าคร่อมจุด AC ขณะที่มีภาระแรง (e_{ACL}) เราต้องทราบค่า i_m ก่อนจะได้ว่า (เมื่อแทนค่าจากสมการที่ 23)

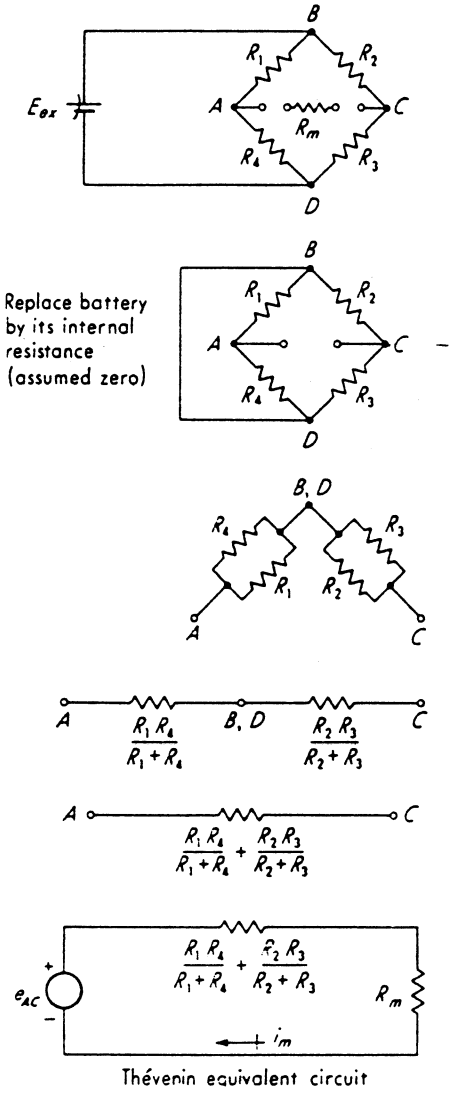


Figure Thévenin analysis of bridge.

รูปที่ 84 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าวีทสโตนบริดด้วย Thevenin' s theorem

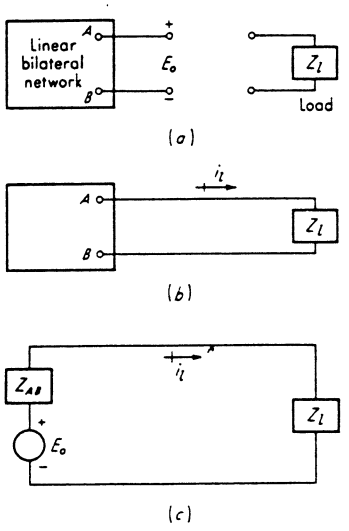


Figure Thévenin's theorem.

รูปที่ 85 Thevenin' s theorem

$$i_m = \frac{e_{AC}}{R_{total}} = E_{ex}\frac{R_1/(R_1+R_4) - R_2/(R_2+R_3)}{R_m + R_1R_4/(R_1+R_4) + R_2R_3/(R_2+R_3)} \qquad 33)$$

เมื่อเราทราบ i_m เราสามารถคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าจริง (e_{ACL}) คร่อมมิเตอร์ ซึ่งจะเป็นผลคูณกระแส i_m กับค่าความต้านทานของมิเตอร์ R_m จัดรูปสมการที่ 33) ใหม่จะได้ว่า

$$e_{ACL} = \frac{E_{ex}(R_1R_3 - R_2R_4)}{(R_1+R_4)(R_2+R_3) + \left[(R_1+R_4)R_2R_3 + (R_2+R_3)R_1R_4\right]/R_m} \qquad 34)$$

เมื่อ

$$e_{AC} = E_{ex}\left(\frac{(R_1R_3 - R_2R_4)}{(R_1+R_4)(R_2+R_3)}\right) \qquad 23.1)$$

และเมื่อเราต้องการทราบอิทธิพลของค่าความต้านทานของมิเตอร์มีผลต่อแรงดันด้านทางออกของวงจรหรือแรงดันไฟฟ้าคร่อมจุด A และ C (e_{AC}) หรือไม่อย่างไร โดยทำการหาค่าอัตราส่วนระหว่างสมการที่ 34) เทียบกับสมการที่ 23.1) ได้ว่า

$$\frac{e_{ACL}}{e_{AC}} = \frac{1}{1 + (1/R_m)\left[R_2R_3/(R_2+R_3) + R_1R_4/(R_1+R_4)\right]} \qquad 35)$$

พิจารณาจากสมการที่ 35) หากค่าความต้านทานของมิเตอร์ $R_m = \infty$ จะทำให้ค่า $e_{ACL} = e_{AC}$ ตามที่เราตั้งเงื่อนไขไว้และคาดว่าควรจะเป็น แต่ถ้าหาก R_m มีค่าไม่เป็นอนันต์แล้วค่า

R_m จะเป็นตัวที่ลดสัญญาณด้านทางออกของวงจร โดยขนาดของการลดสัญญาณด้านทางออกของวงจรดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่าง R_m กับ ความต้านทานเทียบเท่าของวงจร (the bridge equivalent resistance) R_e ซึ่งกำหนดมีค่าเท่ากับ

$$R_e \equiv \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + \frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4} \qquad 36)$$

หากเขียนสมการที่ 35) ในรูปของ R_e และจะมีค่าเท่ากับ

$$\frac{e_{ACL}}{e_{AC}} = \frac{1}{1 + R_e / R_m} \qquad 37)$$

ยกตัวอย่างในกรณีที่ R_m = 10 R_e จะได้ว่า

$$\frac{e_{ACL}}{e_{AC}} = \frac{1}{1 + 0.1} = 0.91$$

นั้นหมายถึงมีการสูญเสียของสัญญาณ 9% อันเนื่องจากค่าความต้านทานของมิเตอร์ซึ่งต่อคร่อมจุด A และ C มีค่าไม่สูงมากพอ และถือว่าเป็น "Loading effect" นั้นคือมิเตอร์เป็นภาระให้กับวงจร (load down) และลดความไวของวงจร (Sensitivity) ลงอีกด้วย

จากทฤษฎีข้างบนได้ถูกพัฒนาเพื่อเป็นประโยชน์ในการลดปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อความไวของวงจร และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการคำนวณหาค่าความไวของวงจรได้อีกด้วยหากเราทราบค่าตัวแปรอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ในการสอบเทียบวงจรโดยตรงเราสามารถติดตั้งตัวต้านทานที่ทราบค่าความต้านทานที่แน่นอนจำนวน 1 ตัวให้เรียกว่า R_c ดังแสดงในรูปที่ 86 และเมื่อสวิตช์เปิดอยู่วงจร Wheatstone Bridge จะอยู่ที่สภาวะสมดุล แต่เมื่อสวิตช์ปิดค่าความต้านทานที่ขา 1 จะมีการเปลี่ยนแปลงและวงจรจะเสียสมดุล ค่าแรงดันไฟฟ้าคร่อมจุด A และ C ซึ่งอ่านได้จากมิเตอร์อีกทั้ง

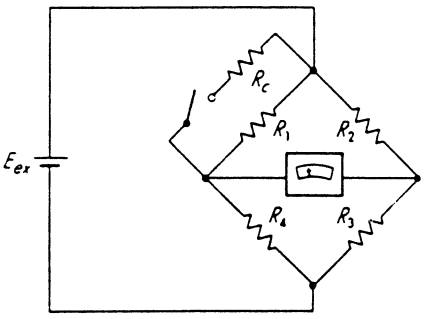


Figure Shunt calibration method.

รูปที่ 86 วิธีการสอบเทียบตัวต้านทาน (Shunt calibration method)

การเปลี่ยนแปลงความต้านทาน ΔR ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดแรงดันไฟฟ้าคร่อมระหว่างจุด A และ C เปลี่ยน คำนวณได้เท่ากับ

$$\Delta R = R_1 - \frac{R_1 R_c}{R_1 + R_c} \qquad 38)$$

และดังนั้นค่าความไวของวงจร (the bridge sensitivity); S มีค่าเท่ากับ

$$S \equiv \frac{e_{AC}}{\Delta R} \qquad V/\Omega \qquad 39)$$

ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดนี้จะให้ผลการสอบเทียบ เพราะค่าของตัวต้านทานทั้งหมดและแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรีถูกนำเข้าไปพิจารณาร่วมด้วย

สำหรับในรูปที่ 87 แสดงให้เห็นถึงวงจรตัวอย่างของวงจร Wheatstone Bridge ตัวอย่างซึ่งจะเป็นวงจรที่สร้างความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้ โดยขีดความสามารถของวงจรนี้สามารถ

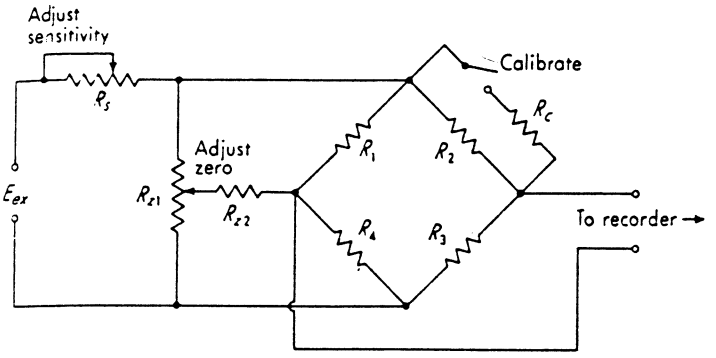


Figure Bridge with sensitivity, balance, and calibration features.

รูปที่ 87 วงจรไฟฟ้าวีทสโตนบริด(Whetstone Bridge Circuit)ที่สามารถปรับความไว (sensitivity) ความสมดุล (balance) และทำการสอบเทียบได้

1. เปลี่ยนแปลงความไวทั้งหมดของวงจรโดยไม่ต้องทำการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระตุ้น (Excitation voltage); E_{ex} โดยทำการปรับค่า R_s

2. มีมาตราการปรับแต่งแรงดันไฟฟ้าด้านออกของวงจรหรือแรงดันไฟฟ้าคร่อมจุด A และ C (e_{AC}) เพื่อให้ได้ค่าเท่ากับศูนย์อย่างแม่นยำ โดยทำการปรับค่า R_{z1} และ R_{z2}

3. สามารถสอบเทียบตัวทานทานโดยใช้ตัวต้านทานที่ทราบค่าแน่นอน; R_c ติดตั้งแบบขนานกับตัวต้านทานหนึ่ง (Shunt-resistor calibration)

สมรรถนะของโหลดเซล (Load Cell Performance)

เมื่อเราพูดถึงโหลดเซลเราควรให้ความสนใจใน

- พิกัดกำลัง (Capacity) พบว่าที่พิกัดกำลังที่ 70% ของพิกัดกำลังเป็นตำแหน่งที่เหมาะกับการชั่งน้ำหนักเพราะโหลดเซลส่วนใหญ่จะมีผลผิด (error) เท่ากับศูนย์ที่ตำแหน่งดังกล่าว ดูรูปที่ 88

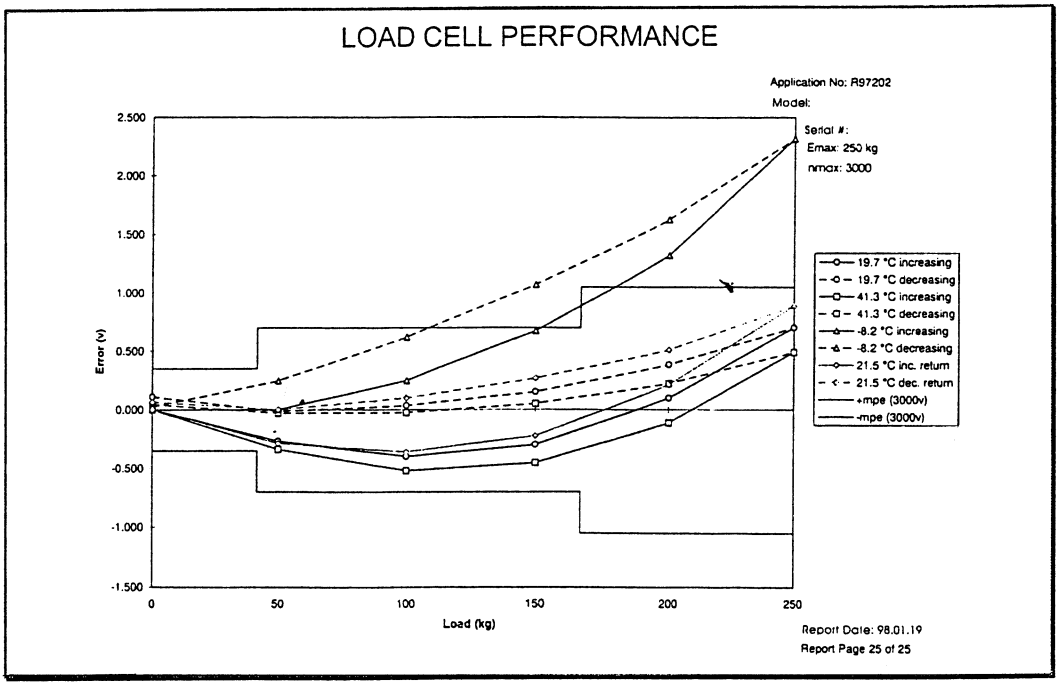
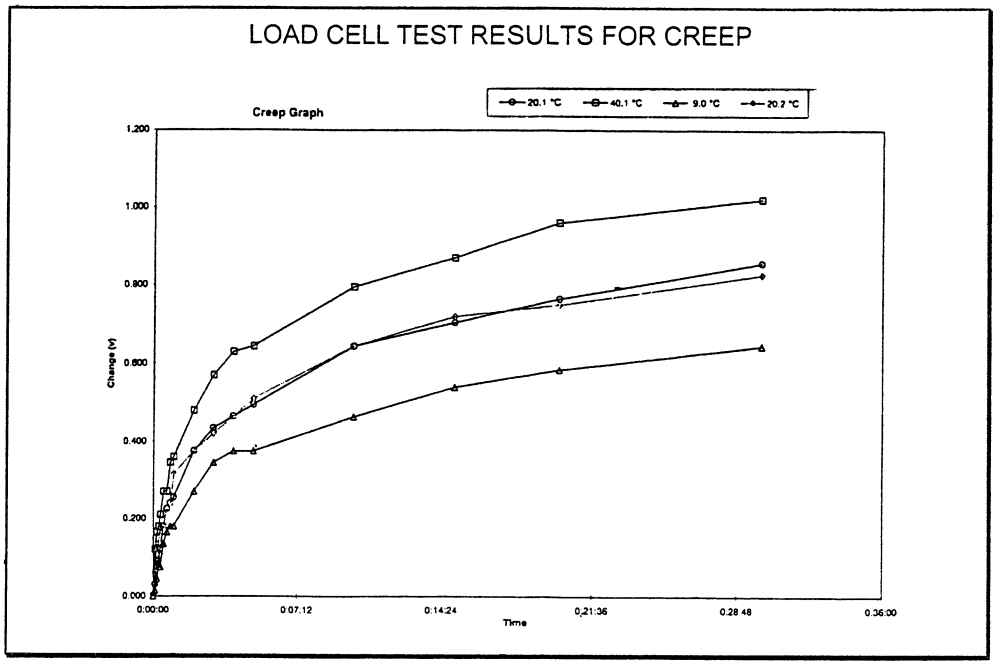


Figure Load cell performance

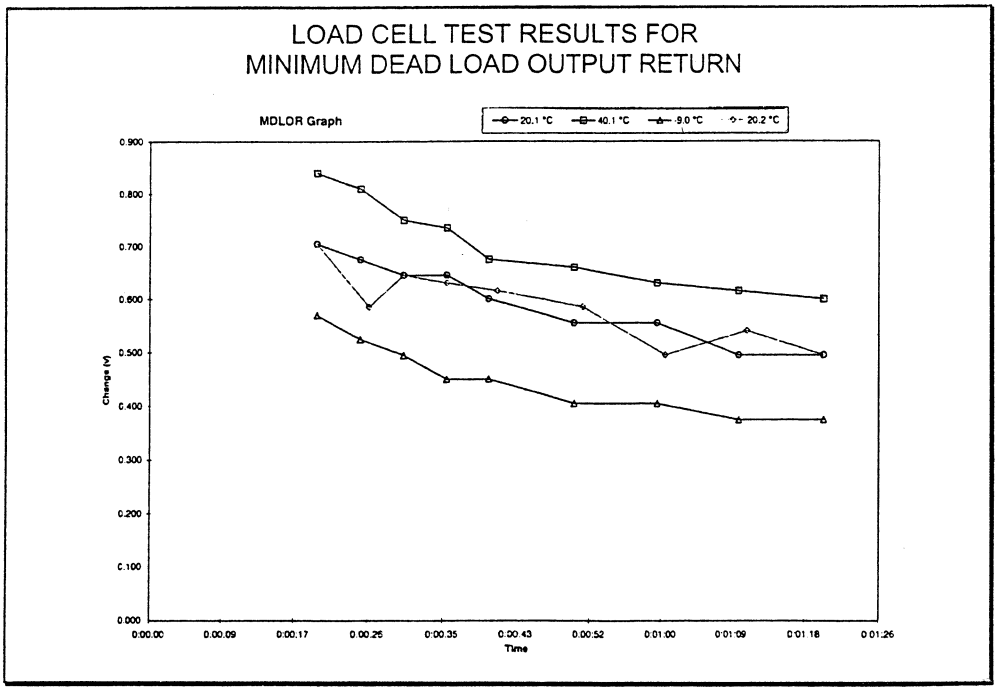
รูปที่ 88 สมรรถนะของโหลดเซลที่ถูกทดสอบภายใต้อุณหภูมิทดสอบที่แตกต่างกัน

- ความไว (Sensitivity)
- แรงดันไฟฟ้ากระตุ้น (Excitation)
- ความเป็นเชิงเส้น (Linearity)
- ผลผิด (Maximum permissible error) ตาม OIML R60 ได้กำหนดผลผิดของโหลดเซลไว้มีค่าไม่เกิน 70% MPE(Maximum permissible error) ของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติที่ใช้โหลดเซลนั้นๆ โดยยังยอมให้อีก 30% สำหรับการประกอบติดตั้งเข้ากับเครื่องชั่งและปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ

- Hysteresis
- อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการแสดงค่าศูนย์และความไว (sensitivity) ของโหลดเซล (Temperature effect on Zero and Sensitivity) ดูรูปที่ 89, 90 และ 91



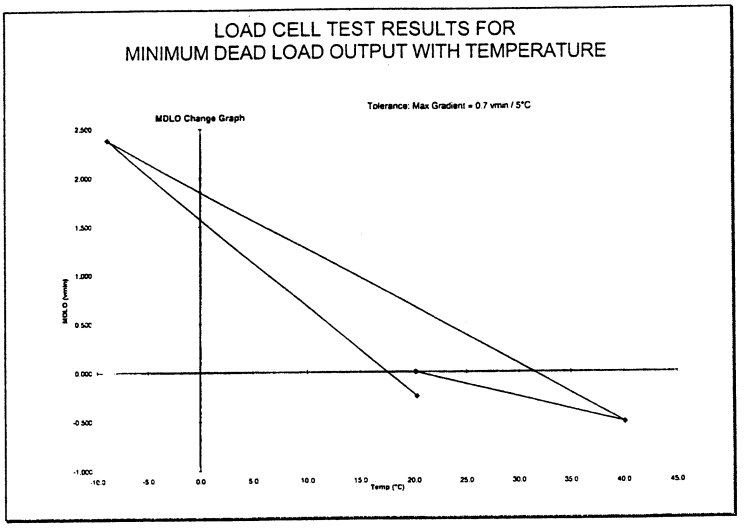
รูปที่ 89 ผลการทดสอบโหลดเซลเนื่องจากการทดสอบการคราก (creep)



Load cell test results for minimum dead load output return

รูปที่ 90 ผลการทดสอบโหลดเซลภายใต้สภาวะน้ำหนักตายต่ำสุด (minimum dead load output) เทียบกับเวลา

- Effect of creep on Zero and maximum capacity ดูรูปที่ 89
- อิทธิพลของความชื้น (Effect of humidity)
- อิทธิพลของความดันต่อการแสดงค่าศูนย์ (Effect of barometric pressure on Zero)
- ความสามารถทำซ้ำได้ (Repeatability)



รูปที่ 91 ผลการทดสอบโหลดเซลภายใต้สภาวะน้ำหนักตายต่ำสุด (minimum dead load output) เทียบกับอุณหภูมิ

การแสดงบ่งบอกคุณลักษณะและคุณสมบัติของโหลดเซลอย่างน้อยควรมีข้อมูลครอบคลุมถึง ดังแสดงในรูปที่ 92 และ 92 1

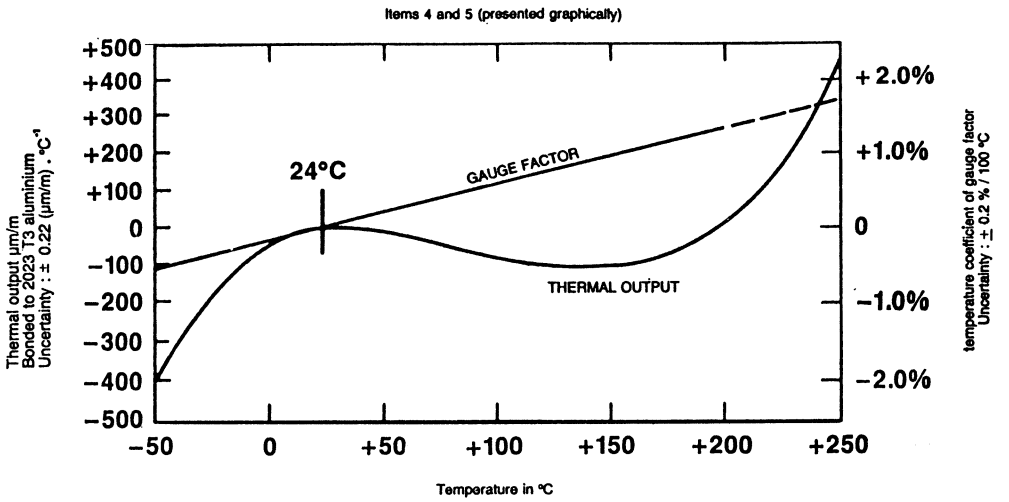
EXAMPLE : PACKAGE INFORMATION

GAUGE TYPE : RLX-25PB-8764
LOT : 36D91L
BATCH : 6143

PERFORMANCE CHARACTERISTIC	VALUE	
1. Gauge resistance at 24 °C and 50 % RH	350 Ω ± 0.2 %	
2. Gauge factor at 24 °C and 50 % RH	2.05 ± 1 %	
3. Transverse sensitivity at 24 °C and 50 % RH	(— 0.6 ± 0.2) %	
4. Temperature coefficient of gauge factor (if expressed numerically)	(+ 0.9 ± 0.2) %/100 °C	(*)
5. Thermal output in µm/m versus temperature in °C (if expressed numerically). Bonded to 2023-T3 aluminium. Temperature change and data are continuous.	$-45.1 + 3.32\,T - 6.76\cdot10^{-2}\,T^2 + 3.20\cdot10^{-4}\,T^3 - 2.86\cdot10^{-7}\,T^4$ µm/m ± 0.22 (µm/m)·°C^{-1}	(*)

(*) see figure hereafter for graphical presentation.

รูปที่ 92 คุณสมบัติของ Strain gauges ที่ควรแสดงไว้สำหรับชุดการผลิตหนึ่ง



รูปที่ 92.1 คุณสมบัติของ Strain gauges ที่ควรแสดงไว้สำหรับชุดการผลิตหนึ่งตามข้อ 4 และข้อ 5

สมรรถนะของโหลดเซลจะพูดถึงจำนวนสูงสุดของขั้นหมายมาตรา (the maximum number of scale intervals) และค่าต่ำสุดของขั้นหมายมาตรา (the minimum value of a scale interval) โดยทั่วไปโหลดเซลจะมีจำนวนสูงสุดของขั้นหมายมาตราเท่ากับ 3,000 ขั้นหมายมาตรา และค่าต่ำสุดของขั้นหมายมาตราเท่ากับ 1/10,000 ของค่าพิกัดกำลังของโหลดเซล

Load Cells – Tabular survey

Load cells for		Tensile and Compressive load					
Series		Q11	U1	U2A	Z6-4	Z6-2	Z6C2
Nominal loads	5	● ♦					
	10	● ♦					
g	50	● ♦					
	100	● ♦					
	500	● ♦	●				
	1	● ♦	●				
	2		●				
	5	● ♦	●		● ♦	● ♦	
	10	● ♦	● ♦ ▲ □		● ♦	● ♦	● ♦
kg	20	● ♦	● ♦ ▲ □		● ♦	● ♦	● ♦
	50		● ♦ ▲ □	● ♦	● ♦	● ♦	● ♦
	100		● ♦ ▲ □	● ♦ ▲	● ♦	● ♦	● ♦
	200		● ♦ ▲ □	● ♦ ▲	● ♦	● ♦	● ♦
	500		● ♦ ▲ □	● ♦ ▲	● ♦	● ♦	● ♦
	1		● ♦ ▲ □	● ♦ ▲	● ♦	● ♦	● ♦
	2		● ♦ △ ■	● ♦ ▲			
	5		● ♦ △ ■	● ♦ ▲			
	10		● ♦ △ ■	● ♦ ▲			
	20		● ♦ △ ■	● ♦ ▲			
	30						
t	50						
	70						
	100						
	150						
	200						
	300						
	500						
	1000						

● Standard version
♦ for intrinsically safe circuits (Ex) i
▲ flame-proof encapsulated (Ex) d 3nG5
△ flame-proof encapsulated (Ex) d 2 G5
■ for applic. in mines exposed to danger of fire damp
□ dust-explosion proof StEx zone 10

รูปที่ 93 ข้อมูลทางเทคนิคของโหลดเซล

Load Cells – Technical Data

Series		Q11	U1	U2A	Z6-4	Z6-2	Z6C2
							***
Nominal sensitivity	mV/V	16	2	2		2	2
Sensitivity range	mV/V				1.85...2.65*		
Sensitivity tolerance	%	±1	±0.2	±0.2	±0.5	< (+1; −0.1)	±0.1
Temperature coefficient of the sensitivity per 10 K	%	< ±0.5	< ±0.1	< ±0.1	< ±0.1	< ±0.05	< ±0.012
Temperature coefficient of the zero signal per 10 K	%	< ±0.5	< ±0.05	< ±0.05	< ±0.05	< ±0.05	< ±0.024
Combined error	%	< ±0.5	< ±0.05	< ±0.1 (0.2***)	< ±0.1	< ±0.05	< ±0.023
Variability	%		< ±0.03	< ±0.03	< ±0.03	< ±0.03	< ±0.01
Creep error over 30 minutes	%		< ±0.06	< ±0.06	< ±0.05	< ±0.05	< ±0.025
Input resistance at reference temper.	Ω	approx. 54	350 ± 2	350 ± 2	380 ± 35	350 ± 3	350 ± 3
Output resistance at reference temp.	Ω		350 ± 1.5	350 ± 1.5	350 ± 20	350 ± 1.5	350 ± 1.5
Nominal range of excitation voltage	V	2.5 ± 5%	0.5...12	0.5...12	0.5...12	0.5...12	0.5...12
Maximum excitation voltage	V	5	18	18	18	18	18
Reference temperature	°C	+23	+23	+23	+23	+23	+23
Nominal temperature range	°C	−30...+100	−10...+70	−10...+70	−10...+70	−10...+70	−10...+40
Service temperature range	°C	−30...+100	−30...+85	−30...+85	−30...+70	−30...+70	−30...+70
Storage temperature range	°C	−50...+100	−50...+85	−50...+85	−50...+85	−50...+85	−50...+85
Mechanical values related to nom. load related to nominal load Service load	%	105	110...120	150	150	150	150
Limit load	%	200...2000	150...2000	150	150	150	150
Breaking load	%	200...2000	300...4000	>300	>300	>300	>300
Relative static side load limit	%	100	10...400	25	≦400	≦400	≦400
Permissible dynamic load	%	50	70	160	70	70	70

* The real sensitivity is given on each transducer.
** The temperature coefficient of sensitivity and the combined error are balanced in such a way that the sum is less than ≦ 60% of the error limit of the scale class II, in accordance with the calibration regulations

รูปที่ 93 ข้อมูลทางเทคนิคของโหลดเซล

สำหรับคุณสมบัติของโหลดเซลควรได้รับการทดสอบเป็นไปตาม OIML R60 ในการทดสอบโหลดเซลต้องกระทำภายในห้องที่ได้รับการควบคุมอุณหภูมิที่สามารถควบคุมให้คงที่ตลอดเวลาทำการทดสอบและสามารถทำการปรับอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -20 °C ถึง 40 °C โดยทั่วไปจะทำการทดสอบที่ 20°C เพิ่มเป็น 40°C แล้วลดลงเป็น -10°C จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิกลับไปที่ 20°C อีกครั้งหนึ่ง ตัวอย่างเครื่องมือทดสอบโหลดเซลและผลการทดสอบโหลดเซลดังรูปที่ 94, 95, 96, 97, 98, และ 99

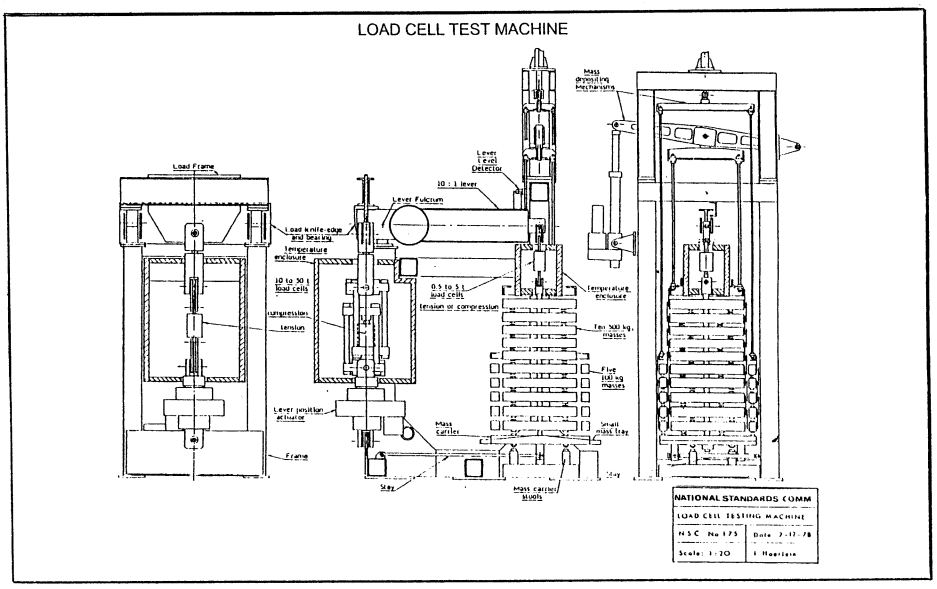


Figure Load cell test machine

รูปที่ 94 เครื่องมือทดสอบโหลดเซลแบบกลไก

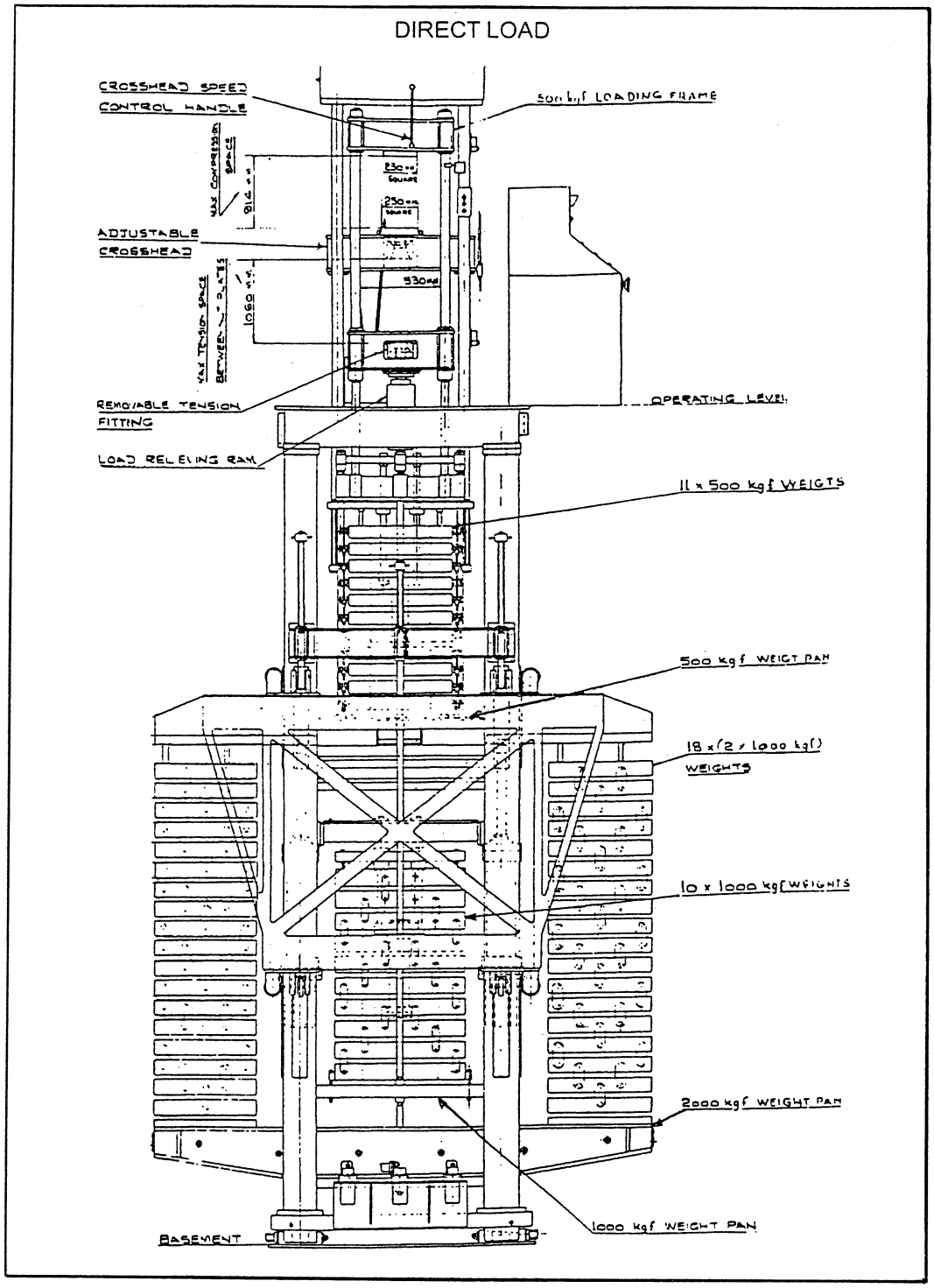


Figure Direct load

รูปที่ 95 เครื่องมือทดสอบโหลดเซลด้วยน้ำหนักทดสอบโดยตรง

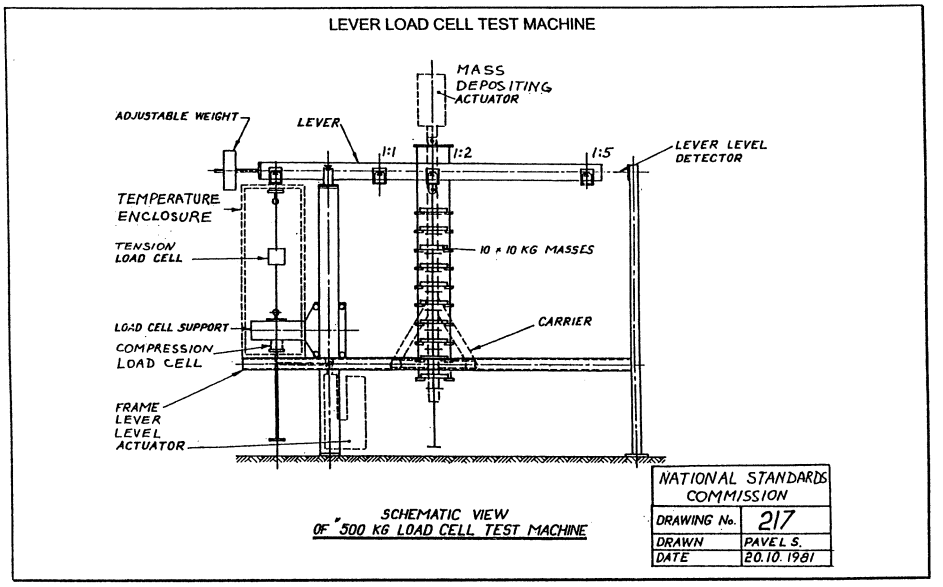


Figure Lever load cell test machine

รูปที่ 96 เครื่องมือทดสอบโหลดเซลด้วยระบบคาน

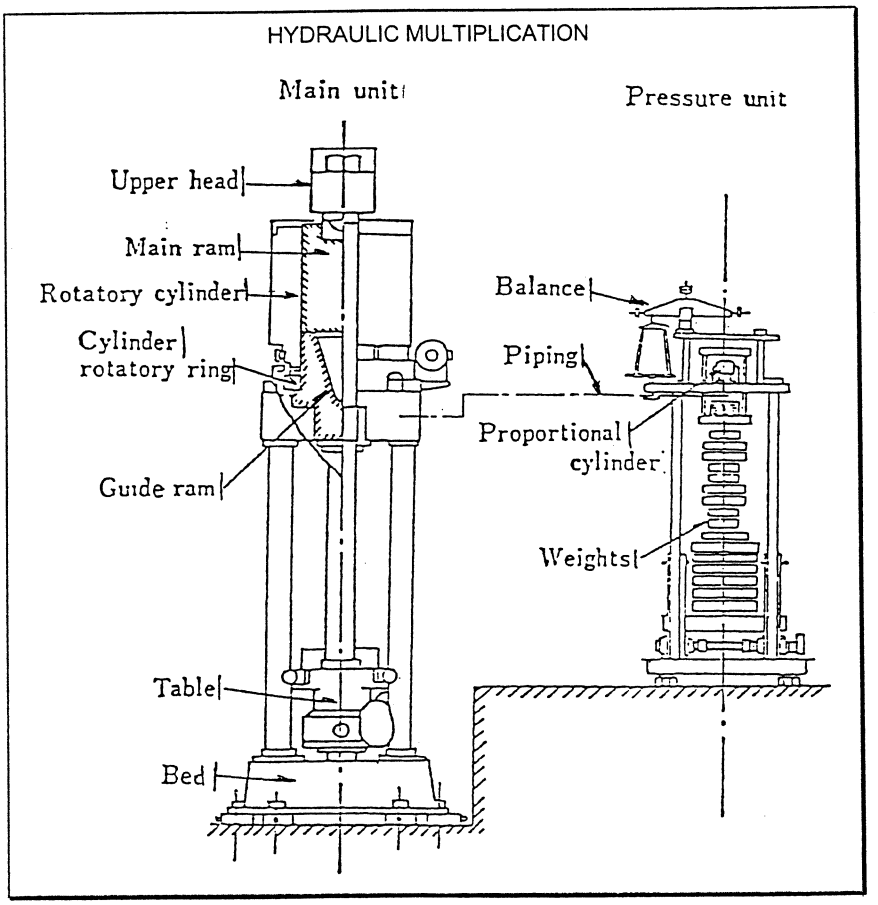


Figure Hydraulic multiplication

รูปที่ 97 เครื่องมือทดสอบโหลดเซลด้วยระบบไฮดรอลิค

Figure 8 is a graph of the maximum overall system error expected.

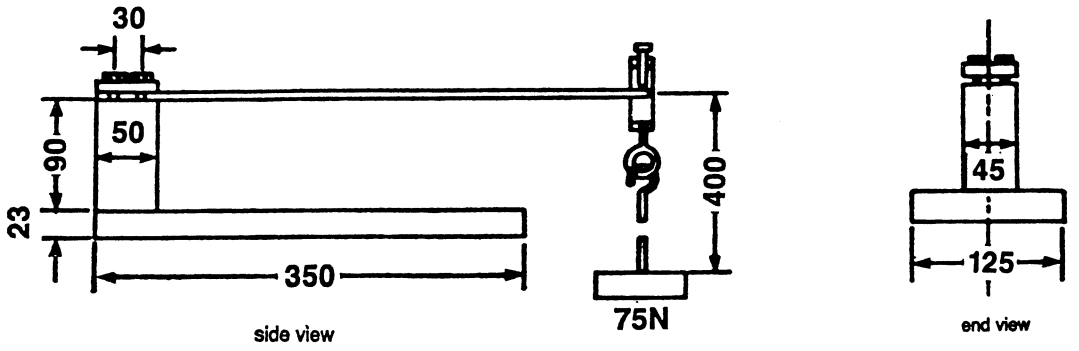


Figure (A) User gauge evaluation test rig

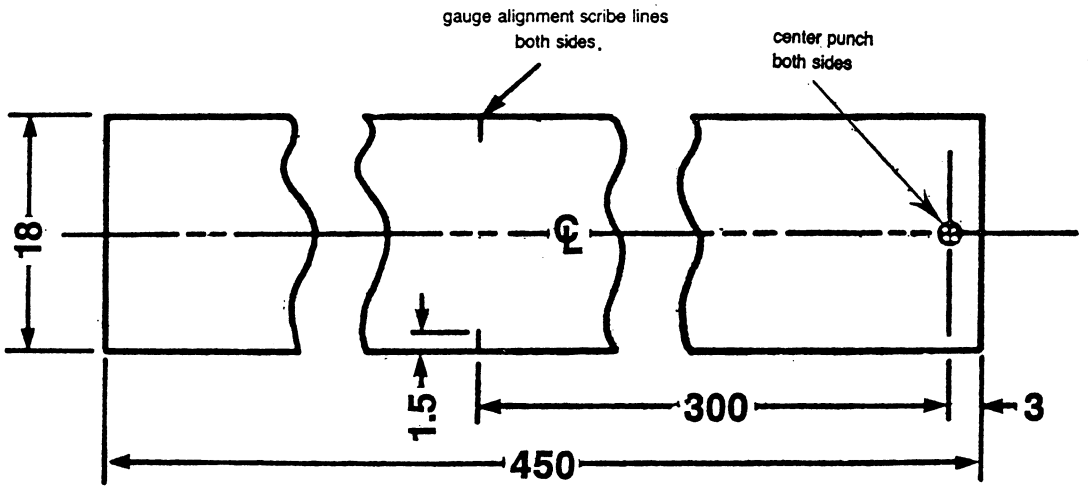


Figure (B) Test specimen for user test rig

Notes : Suggested material : 6 mm thick tool steel, ground all four faces ; center punch marks and scribe lines made before hardening ; harden to HRC 45 minimum.

รูปที่ 98 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบสมรรถนะของ Strain gauge ด้วยวิธี "User gauge evaluation test" (OIML R62 `1985)

(A) การติดตั้งแท่งทดสอบกับน้ำหนักถ่วงคงที่

(B) แท่งทดสอบซึ่งจะถูกยึดติดด้านปลายแน่น ในขณะอีกปลายด้านหนึ่งถ่วงด้วยน้ำหนักคงที่ เพื่อก่อให้เกิด strain ที่จุดกำหนดเท่ากับ 1,000 μm/m

3. The approximate specimen surface strain in the beam at the test location is calculated as follows :

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{6 \cdot M}{b \cdot h^2 \cdot E}$$

where :

ε is the strain in m/m
σ is the stress in N/m^2
E is the modules of elasticity in N/m^2
M is the bending moment in N·m
b is the beam width in m
h is the beam thickness in m

$$\varepsilon = \frac{6 \cdot [75\ N] \cdot [0.3\ m]}{[0.018\ m] \cdot [0.006^2\ m^2] \cdot [207 \cdot 10^9\ N/m^2]} = 0{,}001006\ m/m = 1\,006\ \mu m/m$$

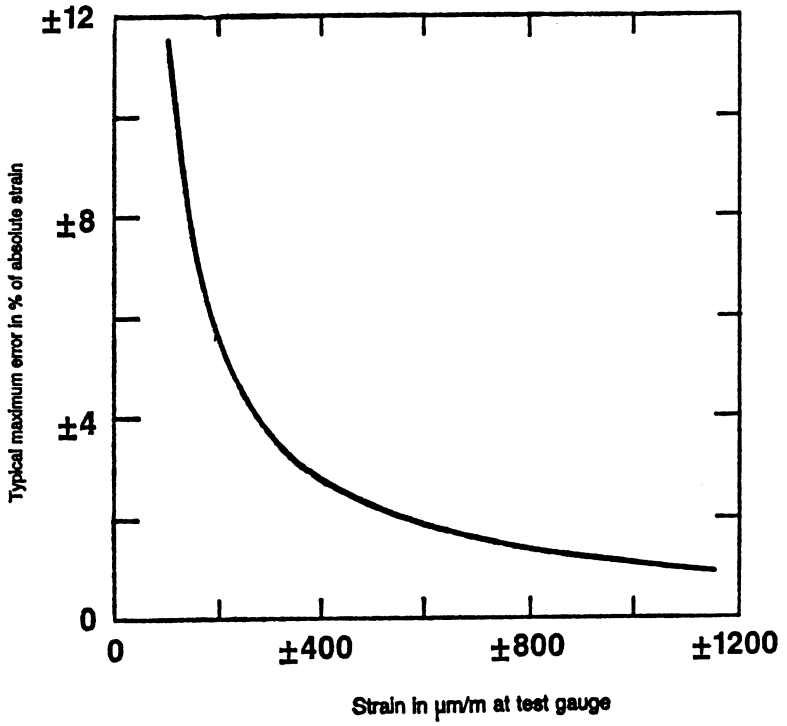


Figure 8. Typical system accuracy of user gauge evaluation test rig

รูปที่ 99 ค่าความแม่นยำของระบบการทดสอบสมรรถนะของ Strain gauge ด้วยวิธี "User gauge evaluation test" โดยทั่วไป

ตัวอย่าง Strain gauge ซึ่งทำด้วยโลหะ ถูกใช้งานเพื่อการวัดระดับความเครียด (stress) 1,000 lb/in^2 ในแท่งโลหะโดยใช้ Strain gauge ที่มีค่าความต้านทาน 120 Ω และมีเกจแฟคเตอร์ (Gauge factor) เท่ากับ 2.0 โดยใช้วงจร Wheatstone Bridge และตัวต้านทานทั้ง 4 ตัวมีค่าความต้านทานเท่ากัน วงจรสามารถทนกระแสจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระตุ้น (Excitation voltage);

E_{ex} ได้ไม่เกิน 30 mA จงหาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของวงจร Wheatstone Bridge หาค่าแรงดันไฟฟ้ากระตุ้นสูงสุดเท่ากับ

$$E_{ex} = VA = (240V) \times (0.030A) = 7.2V$$

เนื่องจากเป็นการวัดความเครียดบนโลหะ (steel) ซึ่งมีค่า Modulus of Elasticity เท่ากับ 30×10^6 Psi ดังนั้นจากความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น (stress) และความเครียด (strain) จะได้ว่า

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

เมื่อแทนค่าความเครียดและค่า Modulus of Elasticity ลงไปจะได้ค่าความเค้นเท่ากับ

$$\varepsilon = 1000/30 \times 10^6 \quad \text{in/in}$$

จากค่านิยามของเกจแฟคเตอร์ (Gauge factor)

$$\text{Gauge Factor} = \frac{dR/R}{dL/L} = 1 + 2\nu + \left[\frac{\frac{d\rho}{\rho}}{\frac{dL}{L}} \right]$$

และ

$$dL/L = \varepsilon$$

ดังนั้นพอสามารถเขียนได้ว่า

$$\text{Gauge Factor} = \frac{\Delta R}{R\varepsilon}$$

$$\Delta R = (\text{Gauge Factor})(\varepsilon)(R) = 2 \times (3.33 \times 10^{-5})(120)$$
$$= 7.99 \times 10^{-3} \ \Omega$$

เมื่อต้องการแรงดันไฟฟ้าคร่อมจุด A และ C (e_{AC})

$$e_{AC} = E_{ex}\left(\frac{(R_1R_3 - R_2R_4)}{(R_1 + R_4)(R_2 + R_3)} \right) \qquad 23.1)$$

แต่

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$$

อีกทั้งมีเพียง strain gauge ที่เป็นตัวต้านทานเดียวที่ตรวจจับความเครียดบนแท่งโลหะก็คือ R_1 และค่าความต้านทานเปลี่ยนไปเท่ากับ ΔR เพราะฉะนั้นจากสมการที่ 23.1) จึงเท่ากับ

$$e_{AC} = E_{ex}\left(\frac{(R+\Delta R)R - R^2)}{(R+R)(R+R)}\right) = E_{ex}\frac{1}{4R}\Delta R$$

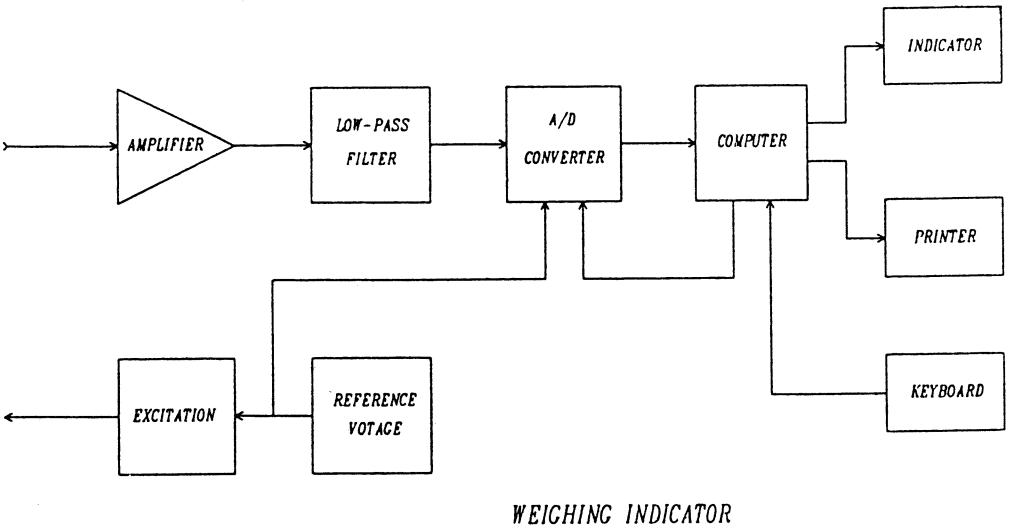
$$e_{AC} = (7.2V)\frac{1}{4(120\Omega)}(7.22\times10^{-3}\Omega)$$

$$e_{AC} = 0.12\ mV \qquad \text{Ans.}$$

ส่วนแสดงค่า (Weighing indicator)

ภายใต้การทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ออกแบบไว้นั้น เพื่อให้ผลการชั่งที่แม่นยำ ได้มีอุปกรณ์ที่สำคัญหลายตัวทำงานร่วมกันเพื่อขยายและกรองสัญญาณซึ่งส่งออกมาจากโหลดเซล ปรับเปลี่ยนสัญญาณจากแบบอนาล็อกเป็นแบบดิจิตอลก่อนส่งสัญญาณดังกล่าวให้คอมพิวเตอร์ทำการประมวลผล จนกระทั่งผลการชั่งปรากฏขึ้นสู่จอแสดงค่าของเครื่องชั่ง ขั้นตอนที่กล่าวมานี้จึงประกอบด้วยอุปกรณ์ ดูรูปที่ 100

1) **การกระตุ้นโหลดเซล (Excitation of load cell)**
2) **ตัวขยายสัญญาณ (Amplifier)**
3) **ตัวกรองสัญญาณย่านความถี่สูง (Low-pass filter)**
4) **ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล (A/D Converter)**
5) **แหล่งกำลังไฟฟ้าอ้างอิง (Reference power source)**



รูปที่ 100 ขั้นตอนการทำงานภายในส่วนแสดงค่า (Indicator device) ขณะทำงาน

ตัวขยายสัญญาณ (Amplifiers)

เนื่องจากสัญญาณด้านทางออกของโหลดเซลมีแรงดันไฟฟ้าค่อนข้างต่ำจึงจำเป็นต้องทำการขยายสัญญาณดังกล่าวเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปไม่ว่าเพื่อต้องการส่งสัญญาณให้ได้ระยะทางไกลออกไป หรือเพื่อส่งไปยังส่วนแสดงค่า เพื่อประมวลผล หรือบันทึกค่าต่อไป เนื่องจากลักษณะการขยายสัญญาณมีด้วยกันหลากหลายในที่นี้เราจะให้ความสนใจเฉพาะการขยายสัญญาณของโหลดเซลซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค หรือเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติเท่านั้น ดังนั้นจึงกล่าวถึงเฉพาะเพียงวงจรตัวอย่างเดียว

เมื่อสภาวะสมดุลย (Bridge null) ดูรูปที่ 101 ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านทางออกที่ e_x และ e_y สมมติให้เท่ากับ 5 Volts สัญญาณด้านทางออก (output) ของตัวขยายสัญญาณ (Amplifiers) มีค่าเท่ากับศูนย์ เมื่อมีแรงกระทำต่อโหลดเซลทำให้ระบบวงจรเสียสมดุลทางไฟฟ้าที่ e_x มีค่าแรงดันเท่ากับ 5.01 V และที่ e_y เท่ากับ 4.99 V ด้วยเหตุนี้เราต้องทำการขยายสัญญาณที่ต่างกัน 0.02 V นั้นเอง โดยทั่วไปเราเรียกสัญญาณ 5 V เดิมว่า "Common-mode voltage" ,e_{CM} และเรากำหนดให้ e_1 และ e_2 เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปของ e_x และ e_y ตามลำดับ เนื่องจากระบบเป็นเชิงเส้น (system linearilty) ดังนั้นเราจะได้ว่าแรงดันไฟฟ้าหลังออกจากตัวขยายสัญญาณ

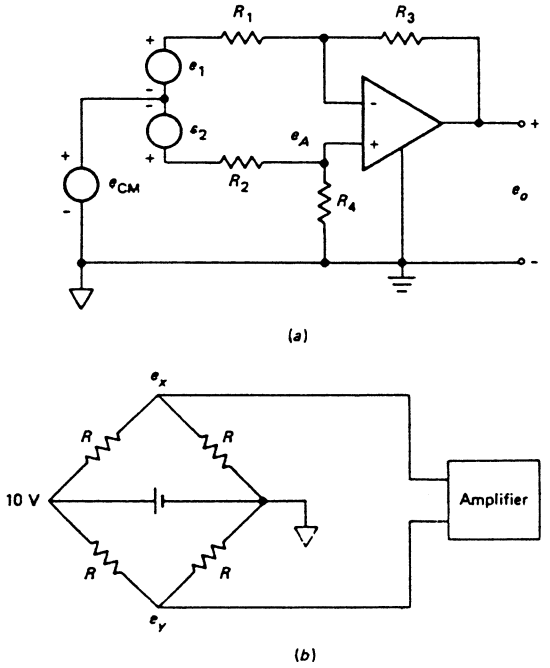


Figure Differential input op-amp configuration.

รูปที่ 101 วงจรขยายสัญญาณ

$$e_0 = -\frac{R_3}{R_1}(e_{CM} + e_1) + e_A(1 + \frac{R_3}{R_1}) \qquad 40)$$

$$e_A = (e_{CM} + e_2)(\frac{R_4}{R_2 + R_4}) \qquad 41)$$

เมื่อแทนสมการที่ 41) ในสมการที่ 40) จะได้ว่า

$$e_0 = -e_1\frac{R_3}{R_1} + e_2\frac{R_4}{R_2}\frac{R_3/R_1 + 1}{R_4/R_2 + 1} + e_{CM}\left[\frac{R_4}{R_2}\frac{R_3/R_1 + 1}{R_4/R_2 + 1} - \frac{R_3}{R_1}\right] \qquad 42)$$

จากสมการเพื่อกำจัดผลผิดอันเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณ 5 V เดิม (common-mode voltage ,e_{CM}) เราต้องรักษาให้ $R_4/R_2 = R_3/R_1$ ซึ่งเราจะได้วงจร Wheatstone Bridge ตามที่ต้องการ และผลการขยายสัญญาณจะได้ว่า

$$e_0 = \frac{R_3}{R_1}(e_2 - e_1) \qquad 43)$$

ตัวกรองสัญญาณย่านความถี่สูง (Low-pass filter)

ในการเลือกค่าความถี่ของสัญญาณที่ต้องการกรองด้วยตัวกรองสัญญาณ (filter) นั้นว่าจะยอมให้ค่าความถี่ใดผ่านไปได้หรือความถี่ใดไม่สามารถผ่านตัวกรองสัญญาณไปได้จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดกันมากขึ้น ในรูปที่ 102 ได้สรุปคุณลักษณะความถี่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการกรองพอจะแบ่งออกได้

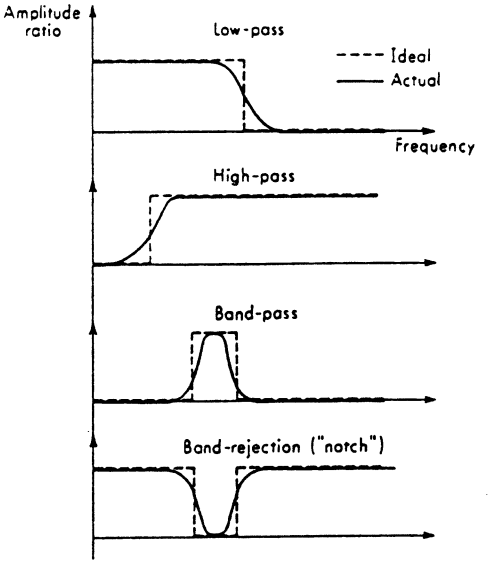


Figure Basic filter characteristics.

รูปที่ 102 คุณลักษณะของการกรองสัญญาณพื้นฐาน

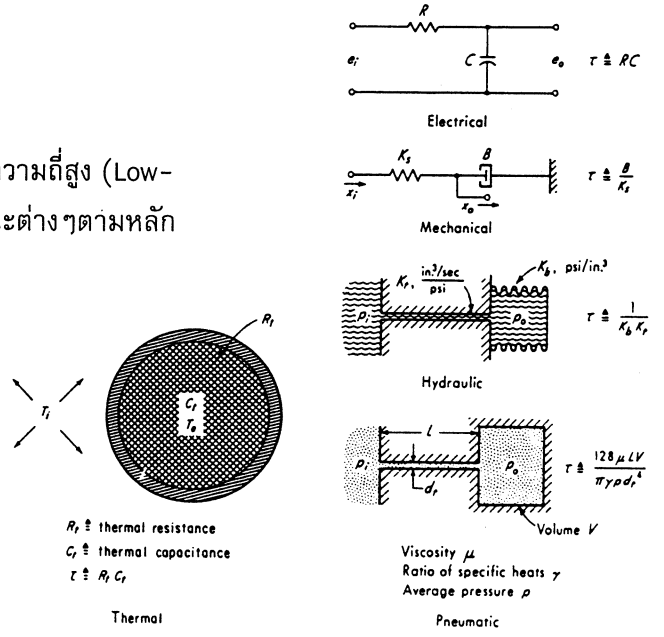
- Low-pass filter ชนิดความถี่ต่ำผ่าน
- High-pass filter ชนิดความถี่สูงผ่าน

- Bandpass filter
- Band-Rejection filter

ตัวกรองสัญญาณ (filter) มีด้วยกันหลากหลายรูปแบบในทางฟิสิกส์แต่อย่างไรก็ตามในรูปแบบของอิเล็คทรอนิคนั้นเป็นที่นิยมใช้กันมากและได้รับการพัฒนากันอย่างต่อเนื่องไม่ว่าทั้งในทางทฤษฎีหรือในทางปฏิบัติที่เป็นไปได้จริง สำหรับการกรองสัญญาณแบบอนาล็อกนั้นอุปกรณ์ที่ทำงานร่วมตัวกรองสัญญาณอิเล็คทรอนิคอาจแนะนำให้เป็นรูปแบบของกลกไก, ไฮดรอลิค, เสียง (acoustical) เป็นต้น ซึ่งแต่ละระบบได้รับการออกแบบด้วยวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาการใช้งานของตัวกรองสัญญาณให้เหมาะสมกับทางปฏิบัติ

สำหรับตัวกรองสัญญาณย่านความถี่สูง (Low-pass filter) นั้นจากรูปที่ 102 นั้นจะเห็นได้ว่าหลักการทำงานก็คือเป็นการกรองสัญญาณที่มีสัดส่วนความสูงของคลื่นความถี่ (amplitude ratio) คงที่ค่าหนึ่งในย่านความถี่ต่ำให้ผ่านไปได้ แต่ไม่ยอมให้สัดส่วนความสูงของคลื่นความถี่ (amplitude ratio) คงที่ค่าหนึ่งในย่านความถี่สูงผ่านไปได้ ด้วยเหตุนี้ตัวกรองสัญญาณย่านความถี่สูง (Low-pass filter) ในเครื่องชั่งจึงทำหน้าที่กรองสัญญาณรบกวนเช่น สัญญาณความถี่สูงอันเกิดจากส่วนรับน้ำหนักสั่นสะเทือน หรือสัญญาณแทรกซ้อนแม่เหล็กไฟฟ้า (electric-magnetic interference) เนื่องจากคุณลักษณะของสัญญาณการสั่นสะเทือนของเครื่องชั่ง (Vibration of the scale) และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแทรกซ้อน (Electric-magnetic interference) จะมีความถี่สูงแต่ความสูงของคลื่น (Amplitude) ต่ำ ดังนั้นเมื่อใช้ตัวกรองสัญญาณย่านความถี่สูงเพื่อกรองสัญญาณจากโหลดเซลก็จะขจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการ จากนั้นจะรักษาส่วนของสัญญาณที่ต้องการให้คงที่ ในขณะเดียวกันคุณลักษณะของสัญญาณของการสั่นสะเทือนใดๆหรือสิ่งของที่กำลังชั่งอยู่หากสั่นสะเทือนด้วยค่าความถี่ต่ำแต่ขนาดความสูงของคลื่น (Amplitude) สูงก็เป็นการยากที่ขจัดสัญญาณรบกวนประเภทนี้ด้วยตัวกรองสัญญาณย่านความถี่สูง

รูปแบบโดยทั่วๆ ไปและง่ายที่สุดของตัวกรองสัญญาณย่านความถี่สูง (Low-pass filter) ดังแสดงในรูปที่ 103 ซึ่งมีฟังก์ชั่นแปลงสัญญาณเหมือนกันคือ



รูปที่ 103 ตัวกรองสัญญาณย่านความถี่สูง (Low-pass filters) ลักษณะต่างๆตามหลักการทำงาน

$$\frac{e_0}{e_i}(D) = \frac{x_0}{x_i}(D) = \frac{p_0}{p_i}(D) = \frac{T_0}{T_i}(D) = \frac{1}{\tau D + 1}$$

แต่เนื่องจากในรูปที่ 103 นั้นเป็นระบบ first-order system ดังนั้นในการกรองสัญญาณความถี่นั้นไม่ได้แสดงถึงค่าความแตกต่างระหว่างช่วงความถี่ที่ยอมให้ผ่านไปกับช่วงความถี่ที่ไม่สามารถผ่านไปได้มากนัก ดังนั้นในการเพิ่มความซับซ้อนของตัวกรองที่เป็น first-order system เดิมให้ซับซ้อนมากขึ้นก็ทำให้สามารถแยกความแตกต่างของความถี่ในการกรองได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้สำหรับตัวกรองสัญญาณย่านความถี่สูง (Low-pass filter) ยังแบ่งลักษณะการทำงานเป็น 2 แบบคือ Passive filter และ Active filter สำหรับ Passive filter นั้นพลังงานทั้งด้านทางออกของตัวกรองสัญญาณได้จากพลังงานด้านทางเข้า แต่ในขณะเดียวกัน Active filter ซึ่งทำงานอยู่บนพื้นฐานเทคโนโลยี op-amp นั้นสามารถปรับและประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายอีกทั้งครอบคลุมช่วงความถี่ได้กว้าง นอกจากนี้ยังมี input impedance สูงและ output impedance ทำให้ง่ายต่อการประยุกต์ใช้งานในการเชื่อมต่อ

ในรูปที่ 104 (a) แสดงถึงตัวกรองสัญญาณย่านความถี่สูง (Low-pass filter) แบบ active second-order low-pass filter และในรูปที่ 104 (b) แบบ state-variable filter ซึ่งสามารถปรับตัวพารามิเตอร์ได้จึงสามารถทำงานได้ทั้ง 3 รูปแบบ คือ

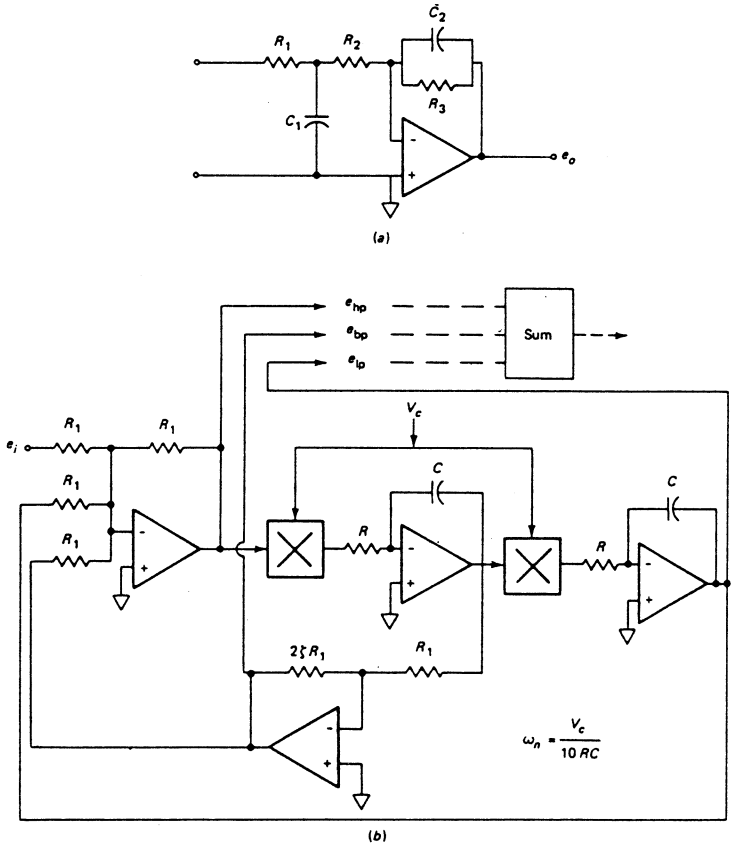


Figure Active low-pass filter and voltage-controlled state-variable filter.

รูปที่ 104 วงจรตัวกรองสัญญาณย่านความถี่สูง (Low-pass filters) และตัวกรองที่สามารถปรับเปลี่ยนควบคุมความต่างศักย์ไฟฟ้า

Low-pass filter

$$\frac{e_{lp}}{e_i}(D) = -\frac{1}{D^2/\omega_n^2 + 2\zeta D/\omega_n + 1}$$

High-pass filter

$$\frac{e_{hp}}{e_i}(D) = -\frac{(100R^2C^2/V_c^2)D^2}{D^2/\omega_n^2 + 2\zeta D/\omega_n + 1}$$

และ Bandpass filter

$$\frac{e_{hp}}{e_i}(D) = -\frac{(100R^2C^2/V_c^2)D^2}{D^2/\omega_n^2 + 2\zeta D/\omega_n + 1}$$

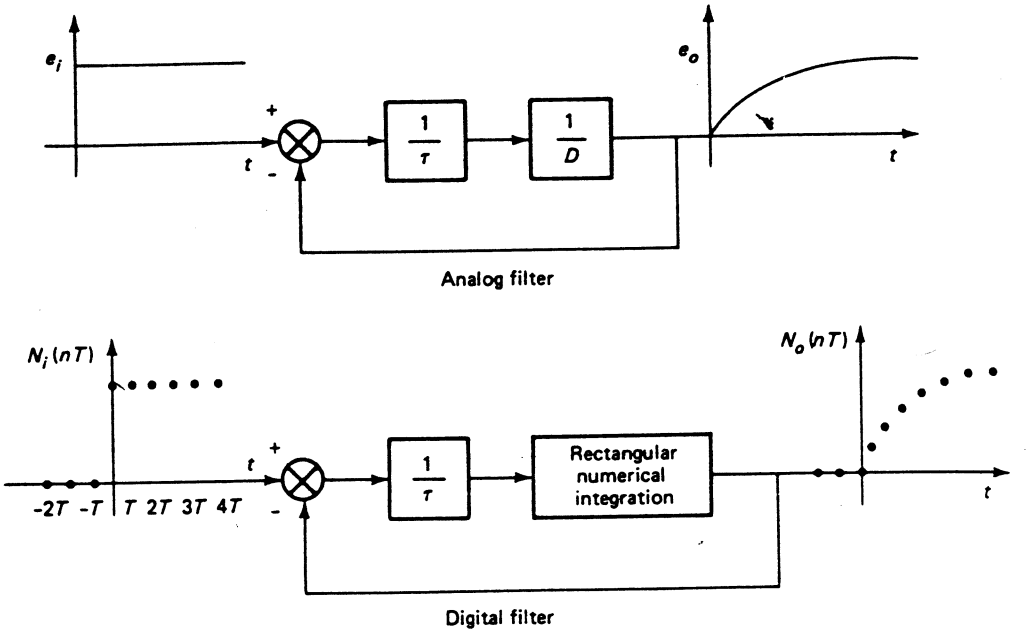


Figure Digital low-pass filter.

รูปที่ 105 ตัวกรองสัญญาณย่านความถี่สูงแบบดิจิตอล (Digital low-pass filters)

ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converters)

เนื่องจากตัวตรวจวัดสัญญาณ (sensors) ต่างๆส่วนใหญ่ให้สัญญาณด้านทางออกของตัวตรวจวัดเป็นชนิดอนาล็อก แต่ในขณะเดียวกันการประมวลผลจากการตรวจวัดสัญญาณดำเนินการด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้สัญญาณเป็นชนิดดิจิตอล ด้วยเหตุนี้อุปกรณ์ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converters) จึงทำหน้าที่สำคัญของระบบเป็นอย่างสูง โดยเฉพาะในเครื่องชั่งไม่

อัตโนมัติซึ่งเรากำลังสนใจอยู่ในขณะนี้ เนื่องจากคุณสมบัติพื้นฐานของอุปกรณ์ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลมีข้อจำกัดเนื่องจากค่าละเอียดที่อ่านได้ (resolution) ของอุปกรณ์เอง ดังรูปที่ 106 โดยทั่วไปจะมีจำนวน 8 ถึง 12 bits แต่ก็อาจมีสูงถึง 18 bits ก็ได้

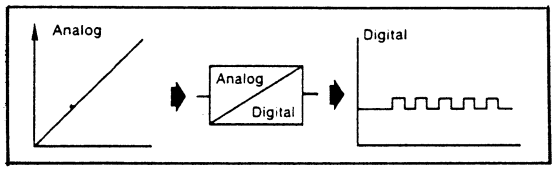


Fig.
Analog-digital converter.

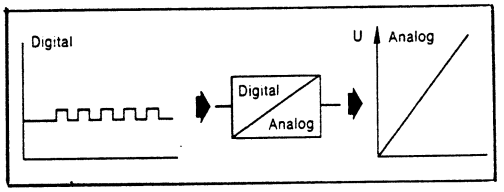


Fig.
Digital-analog converter.

Binary Bits (n)	(2^n)	Equivalent percent or fraction of range of least-significant bit*		Residual $1-\sum_1^n\left(\frac{1}{2^n}\right)$
		Percent	ppm	
1	2	50.0	500 000.	0.5
2	4	25.	250 000.	0.25
3	8	12.5	125 000.	0.125
4	16	6.25	62 500.	0.062 5
5	32	3.125	31 250.	0.031 25
6	64	1.562 5	15 625.	0.015 625
7	128	0.781 25	7 812.5	0.007 812 5
8	256	0.390 625	3 906.25	0.003 906 25
9	512	0.195 313	1 953.13	0.001 953 13
10	1 024	0.097 656	976.56	0.000 976 56
11	2 048	0.048 828	488.28	0.000 488 28
12	4 096	0.024 414	244.14	0.000 244 14
13	8 192	0.012 207	122.07	0.000 122 07
14	16 384	0.006 104	61.04	0.000 061 04
15	32 768	0.003 052	30.52	0.000 030 52
16	65 536	0.001 526	15.26	0.000 015 26
17	131 072	0.000 763	7.63	0.000 007 63
18	262 144	0.000 381	3.81	0.000 003 81
19	524 288	0.000 191	1.91	0.000 001 91
20	1 048 576	0.000 095	0.95	0.000 000 95
21	2 097 152	0.000 048	0.48	0.000 000 48
22	4 194 304	0.000 024	0.24	0.000 000 24
23	8 388 608	0.000 012	0.12	0.000 000 12
24	16 777 216	0.000 006	0.06	0.000 000 06

* May be limited by noise and other uncertainties in actual circuit.

Figure Resolution of A/D and D/A converters.

รูปที่ 106 ความละเอียด (Resolution) ของการแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล และการแปรดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก

ในกรณีสัญญาณดิจิตอล ข้อมูลที่ได้จากสัญญาณชนิดนี้เป็นการถ่ายทอดออกมาในรูปแบบของลำดับของสัญญาณพัลซ์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 106.1 โดยแต่ละสัญญาณพัลซ์ถูกพิจารณาให้ถือเป็นการแสดงสถานะของสัญญาณว่า "ON" หรือ "High" สำหรับในกรณีของการหายไปของสัญญาณพัลซ์ก็ให้ถือว่าเป็นการแสดงสถานะของสัญญาณว่า "OFF" หรือ "Low" นอกจากนี้เราจะให้จำนวนเลขฐานสอง (Binary number) ตัวเลข 0 คือสถานะของสัญญาณว่า "OFF" หรือ "Low" และจำนวนเลขฐานสองตัวเลข 1 คือสถานะของสัญญาณว่า "ON" หรือ "High" ดังตารางข้างล่างนี้

Binary number	***Signal***
0	"Low" or "OFF"
1	"High" or "ON"

รูปที่ 106.1 สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal)

แต่ละจำนวนตัวเลขฐานสองเราเรียกว่า "Bit" เมื่อนำตัวเลขหลายๆ ตัวรวมกลุ่มกันเป็นชุดก็จะกลายเป็น "Word" ยกตัวอย่างของชุดของตัวเลขฐานสองที่รวมตัวกันเป็น word เช่น 010011 ซึ่งมีตัวเลขฐานสองทั้งหมด 6 ตัวเลขหรือ 6 bits นั้นเอง เพื่อแสดงให้เข้าใจถึงการทำงานของตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converters)ให้ดียิ่งขึ้น จึงขอยกตัวอย่างเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติเครื่องหนึ่งต้องการแรงดันไฟฟ้าด้านทางเข้า (input voltage) ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล 0.1 V เพื่อก่อให้เกิด 1 bit ด้วยเหตุนี้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าอนาล็อกด้านทางเข้า (input analogue voltage) กับสัญญาณดิจิตอลด้านทางออกในรูปของ Bit แสดงดังในรูปที่ 106.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อไม่มีสัญญาณค่าของ Bit ทั้งหมดใน Word มีค่าเท่ากับ 0 แต่เมื่อมีสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอนาล็อกด้านทางเข้า (input analogue voltage) เท่ากับ 0.1 V ค่าของ Bit ตัวแรกมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อแรงดันไฟฟ้าอนาล็อกด้านทางเข้าเพิ่มขึ้นอีก 0.1 V หรือมีค่าเท่ากับ 0.2 V ค่าของ Bit ตัวแรกจะเปลี่ยนค่าเป็น 0 และค่าของ Bit ตัวที่สองเปลี่ยนเป็น 1 หรืออาจพิจารณา

0001 + 0001 = 0010

และเมื่อแรงดันไฟฟ้าอนาล็อกด้านทางเข้าเพิ่มขึ้นอีก 0.1 V หรือมีค่าเท่ากับ 0.3 V ค่าของ Bit ตัวแรกมีค่าเท่ากับ 1 ในขณะที่ค่าของ Bit ตัวที่สองยังคงมีค่าเท่ากับ 1

0001 + 0001 + 0001 = 0011

และเมื่อแรงดันไฟฟ้าอนาล็อกด้านทางเข้าเพิ่มขึ้นอีก 0.1 V หรือมีค่าเท่ากับ 0.4 V ค่าของ Bit ตัวแรกเปลี่ยนเป็น 0 ในขณะที่ค่าของ Bit ตัวที่สองมีค่าเท่ากับ 0 และ Bit ตัวที่สามมีค่าเท่ากับ 1

0001 + 0001 + 0001 + 0001 = 0100

จะเห็นได้ว่าขั้นตอนพื้นฐานสำหรับการบวกเลขของระบบเลขฐานสองก็คือ

0 + 0 = 0

0 + 1 = 1

1 + 1 = 10

Input in V	Word				Signal
0.0	0	0	0	0	
0.1	0	0	0	1	
0.2	0	0	1	0	
0.3	0	0	1	1	
0.4	0	1	0	0	
0.5	0	1	0	1	
0.6	0	1	1	0	
0.7	0	1	1	1	
0.8	1	0	0	0	
0.9	1	0	0	1	
1.0	1	0	1	0	
1.1	1	0	1	1	
1.2	1	1	0	0	
1.3	1	1	0	1	
1.4	1	1	1	0	
1.5	1	1	1	1	

รูปที่ 106.2 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analogue to digital converter) ชนิด 4-bit

จากการแสดงการทำงานของตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converters) ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analogue to digital converter) ชนิด 4-bit ดังในรูปที่ 106.2 พบว่าการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอนาล็อกด้านทางเข้า (input analogue voltage) มีค่าเท่ากับ 0.1 V นั้นหมายถึงค่าความละเอียด (Resolution) ของตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converters) นั้นเอง การเปลี่ยนแปลงใดๆที่มีค่าต่ำกว่า 0.1 V จะไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในด้านสัญญาณทางออกดิจิตอล ด้วยเหตุนี้ในการกำหนดช่วงของสัญญาณด้านทางเข้าพบว่ายิ่งตัวแปรสัญญาณมีความยาวของ Word มากเท่าไรนั้นหมายถึงตัวแปรสัญญาณยิ่งมีค่าความละเอียด (Resolution) ดียิ่งขึ้นเป็นเงาตามตัว ในตัวอย่างข้างต้นนี้เราพบว่าตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลมีความยาว Word เท่ากับ 4-bit นั้นหมายถึงช่วงสัญญาณ (the signal range) จะถูกแบ่งออกได้ถึง 16 รูปแบบ (element) ในขณะเดียวกันถ้าหากความยาว Word เท่ากับ 6-bit นั้นหมายถึงช่วงสัญญาณ (the signal range) จะถูกแบ่งออกได้ถึง 64 รูปแบบ (element) และถ้าหากความยาว Word เท่ากับ 8-bit ช่วงสัญญาณ (the signal range) จะถูกแบ่งออกได้ถึง 256 รูปแบบ (element)

ดังนั้นถ้าหากสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอนาล็อกสูงสุดของด้านทางเข้า (Maximum analogue voltage input) มีค่าเท่ากับ 10 V และใช้ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลชนิด 4-bit (4-bit word A/D Converters) ค่าละเอียดที่สุดของสัญญาณซึ่งสามารถแบ่งย่อยลงได้มีค่าเท่ากับ 10/16 = 0.625 V แต่ถ้าหากใช้ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลชนิด 6-bit ค่าละเอียดที่สุดของสัญญาณซึ่งสามารถแบ่งย่อยลงได้มีค่าเท่ากับ 10/64 = 0.156 V ในขณะที่ชนิด 8-bit จะมีค่าเท่ากับ 10/256 = 0.039 V

หลักการทำงานหลักๆ ของตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converters) ที่นิยมกันมีอยู่ 3 วิธีการด้วยกันคือ 1) Successive Approximation 2) Dual Slope (Integrating) และ 3) Flash (parallel) จะได้ผลที่ดีกว่าแต่ความเร็วในการแปลงสัญญาณช้ากว่า ซึ่งค่อนข้างเป็นปัจจัยหลักในการเลือกเนื่องจากเครื่องมือหลายชนิดต้องการความรวดเร็วในการทำงาน หลักการที่ 1) Successive Approximation จึงได้รับความนิยมแพร่หลายมากกว่า รูปที่ 107 เป็นตัวอย่างของตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ขนาด 3 bits ส่วนในรูปที่ 108 เป็นตัวอย่างของตัวแปรสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก

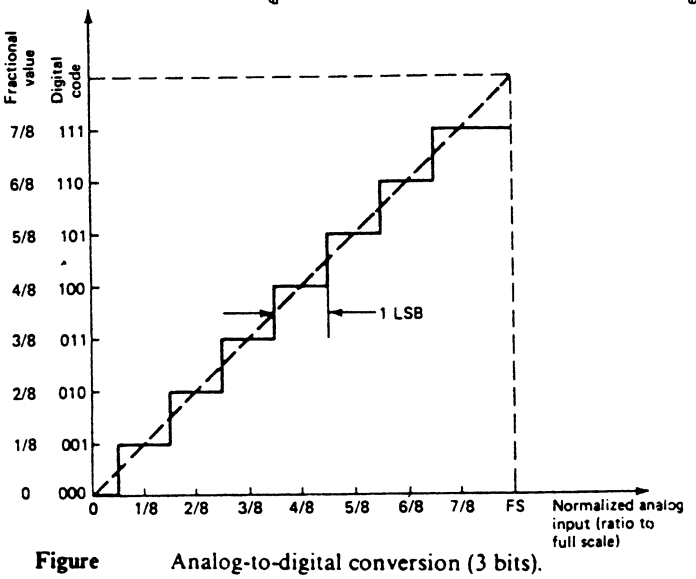


Figure Analog-to-digital conversion (3 bits).

รูปที่ 107 การแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลแบบ 3 บิต

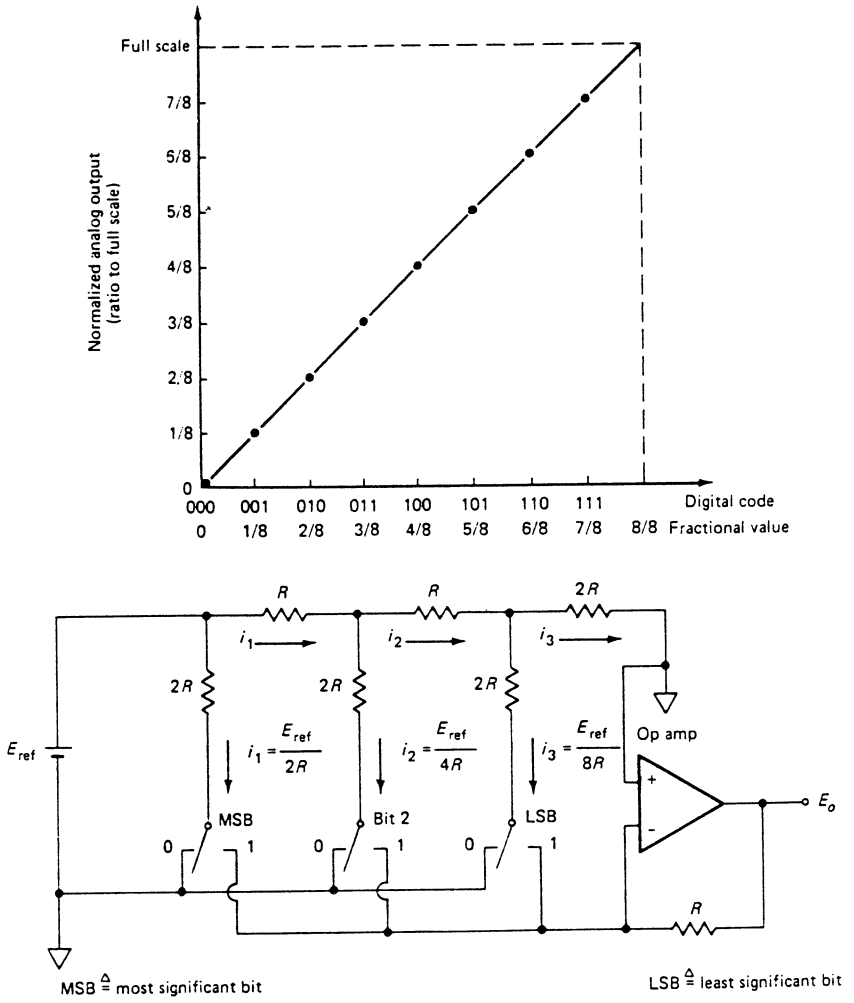


Figure Digital-to-analog conversion (3 bits).

รูปที่ 108 การแปรดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อกแบบ 3 บิต

Successive Approximation A/D Converter ส่วนในรูปที่ 109 เป็นไดอะแกรมแสดงการทำงานของตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลซึ่งมีหลักการทำงานแบบ Successive Approximation จะเป็นการเปรียบเทียบสัญญาณอนาล็อกด้านทางเข้า (the analog input) เทียบกับ the most significant bit (MSB) ถ้าสัญญาณเข้าอนาล็อก (Input analog signal) มีค่ามากกว่า MSB แล้ว MSB ก็ยังคง ON และให้สัญญาณด้านออกบันทึกเป็น 1 ตามด้วย Bit เล็กๆทดสอบ แต่ถ้าสัญญาณเข้าอนาล็อก (Input analog signal) มีค่าน้อยกว่า MSB แล้ว MSB ก็จะ OFF และให้สัญญาณด้านออกบันทึกเป็น 0 ตามด้วย Bit เล็กๆทดสอบ ต่อจากนั้นถ้า Bit ที่ 2 ไม่เพิ่มค่า weight มากพอที่ให้เกินสัญญาณอนาล็อกด้านทางเข้า (the analog input) MSB ก็ยังคง ON จากนั้น Bit ที่ 3 ก็จะทำการทดสอบ ถ้า Bit ที่ 2 มีค่า weight มากพอเกินสัญญาณอนาล็อกด้านทางเข้า (the analog input) ("tips the scales") MSB ก็จะ OFF และจากนั้น Bit ที่ 3 ก็จะทำการทดสอบ ขบวนการดังกล่าวนี้จะดำเนินการต่อเนื่องเพื่อที่ทำการลดค่า bit weight จนกระทั่ง Bit ตัวสุดท้ายถูกส่งออกไปเพื่อ

ตรวจสอบสัญญาณอนาล็อกด้านเข้าว่ายังคงสูงเกินกว่า MSB หรือไม่ ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลชนิดนี้มีถึงประมาณ 16 bits (conversion time ≈ 30 μs) สำหรับ 8 bits (conversion time ≈ 1-2 μs) ซึ่งเร็วกว่า

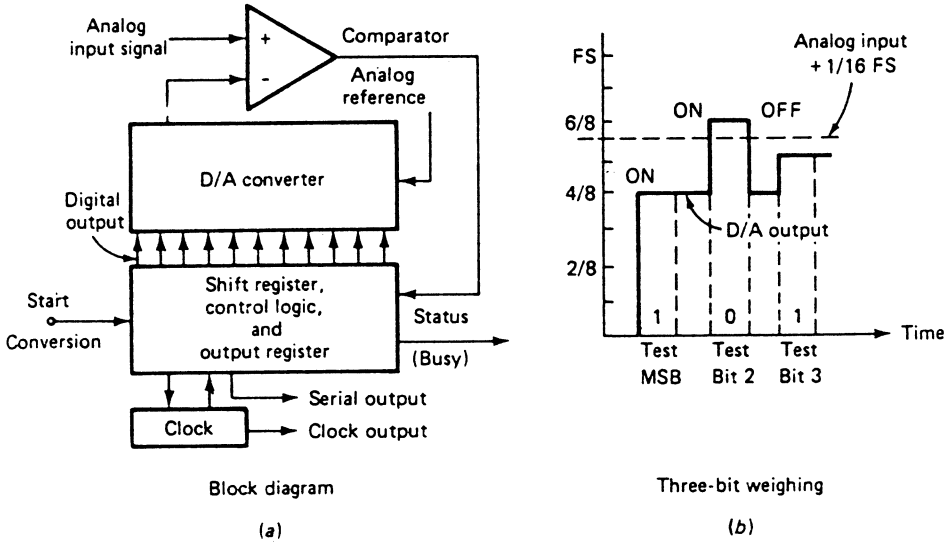


Figure Successive-approximation A/D converter.

รูปที่ 109 ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลแบบ "Successive Approximation A/D Converter"

Dual Slope A/D Converter ในรูปที่ 110 เป็นการแสดงการทำงานของตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลโดยใช้หลักการ Dual Slope (Integrating) ในรูปนี้การแปลงสัญญาณจะดำเนินการเป็นลักษณะโดยทางอ้อมเพราะสัญญาณอนาล็อกด้านเข้า (The analog Input) จะถูกแปลงเป็นช่วงระยะเวลา (time interval) ในตอนแรกก่อนและจากนั้นจะถูกทำให้เป็นดิจิตอลโดยการนับจำนวนสัญญาณโดยตัวนับสัญญาณ (counter) เมื่อสัญญาณ อนาล็อกด้านเข้า (V_{in}) ถูกป้อนเข้าตัว integrator แล้วตัวนับสัญญาณ (counter) ซึ่งทำหน้าที่นับสัญญาณนาฬิกา (counting clock pulses) จะเริ่มทำงานทันทีพร้อมๆกัน หลังจากตั้งจำนวนนับล่วงหน้า (เป็นการกำหนดเวลาที่แน่นอน T) แล้วสัญญาณอนาล็อกด้านเข้า (The analog Input) จะถูกตัดออกไปช่วงคราวและค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงซึ่งมีขั้วด้านตรงข้าม (Reference voltage of opposite polarity) ถูกส่งไปยัง integrator ในขณะที่มีการสวิตย์ชิ่งแรงดันด้านออกของ integrator จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของสัญญาณอนาล็อก ด้านเข้า (V_{in}) ตลอดช่วงระยะเวลา T ในส่วนทั้งหมดของสัญญาณ V_{ref} ก็คือกราฟมีความชันด้านตรงข้ามกับความชันของกราฟในช่วงเวลา T (an opposition-going ramp) ของความชัน $V_{ref}/(RC)$ ตัวนับสัญญาณ (counter)ซึ่งเดิมที่ถูกรีเซทให้มีค่าเท่าศูนย์เมื่อช่วงเวลา T ก็จะเริ่มทำการนับสัญญาณ

เมื่อเวลา T ผ่านไปจนกระทั่งกราฟสัญญาณด้านทางออกของ integrator ลดลงจนข้ามเขตระดับซึ่งเท่ากับศูนย์ด้วยระยะเวลา Δt วินาทีต่อมานั้นเอง ดังนั้น Δt จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าแรงดันไฟ

ฟ้าเฉลี่ยของสัญญาณอนาล็อกด้านเข้า (V_{in}) ตลอดช่วงระยะเวลา T ในรูปที่ 110 พบว่า V_{in} ถูกทำให้เยื้องโดย V_{ref} และถูกหารด้วย 2 ด้วยเหตุนี้จะยอมให้ a bipolar analog input ก่อให้เกิดสัญญาณไบนารีเยื้อง (an offset binary output) ที่เหมาะสมสำหรับระบบคอมพิวเตอร์

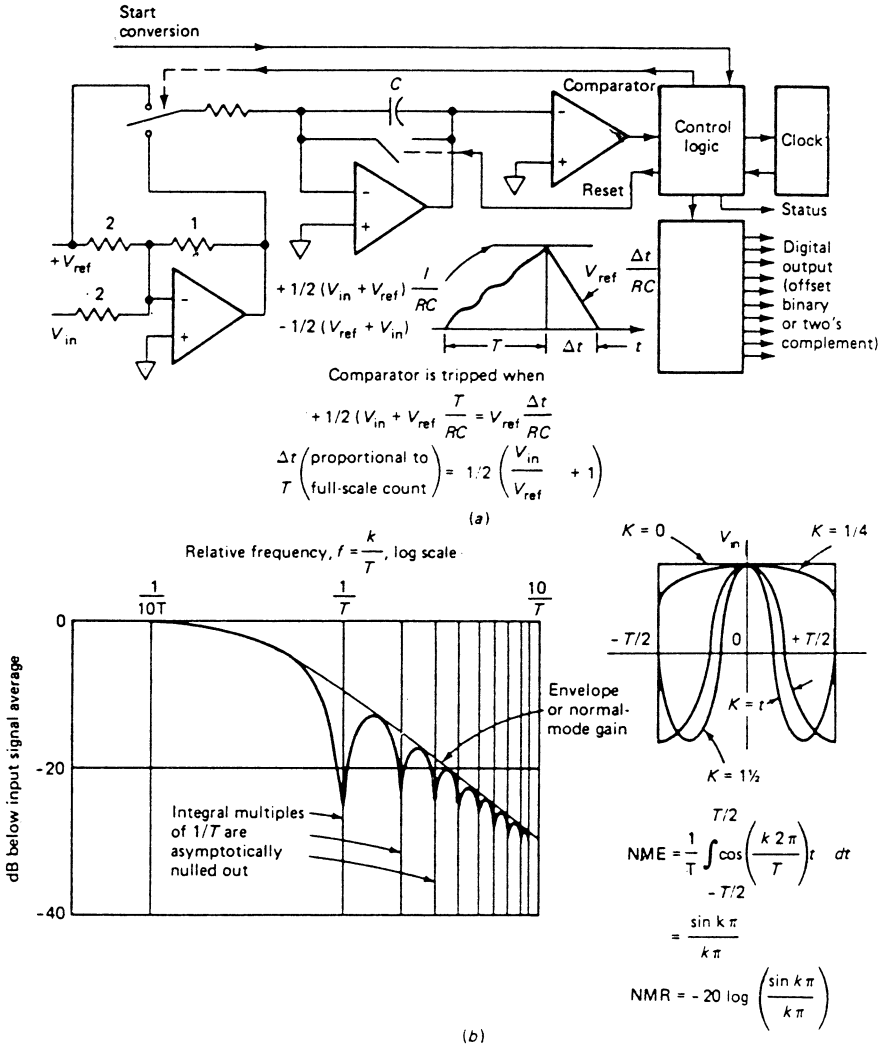
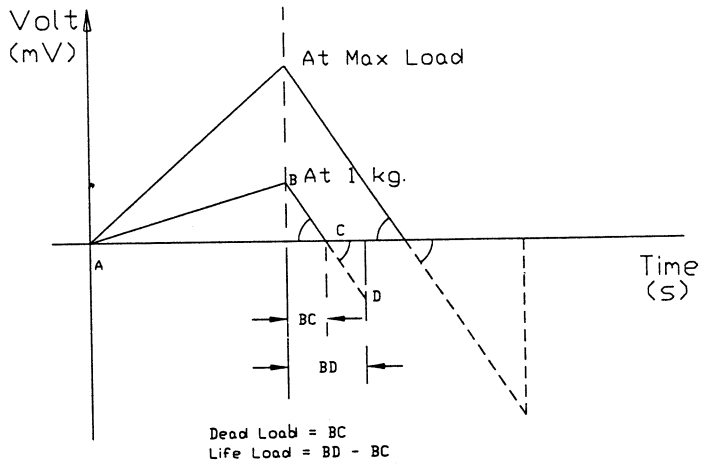


Figure Dual-slope A/D converter.

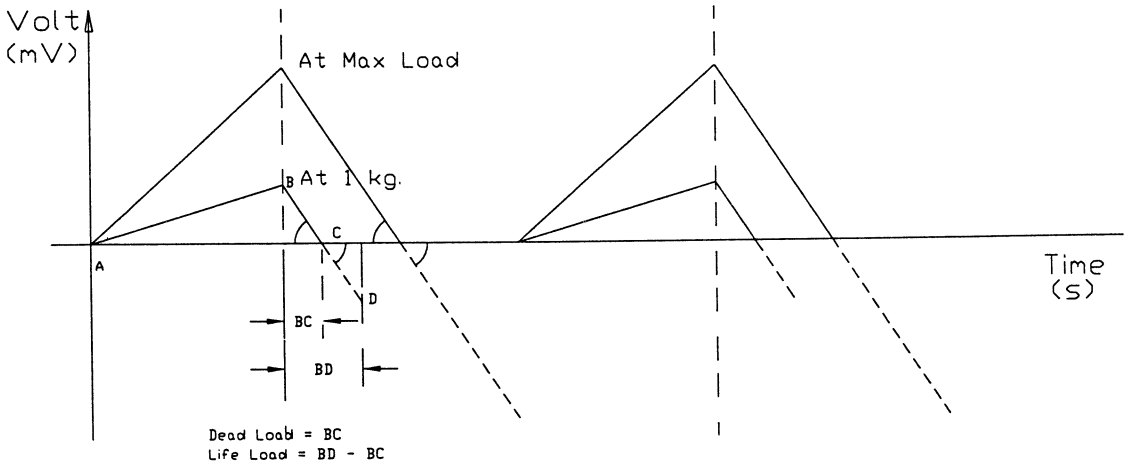
รูปที่ 110 ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลแบบ "Dual Slop A/D Converter"

Dual Slope A/D Converter เป็นตัวแปรสัญญาณที่มีข้อดีหลายอย่างด้วยกันคือความแม่นยำไม่ได้รับผลกระทบต่อค่าตัวเก็บประจุ (capacitor) หรือความถี่สัญญาณนาฬิกา (clock frequency) เพราะว่าสิ่งเหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อกราฟทั้งที่มีความชันขึ้นและความชันลง (up slop and down ramp) เท่าๆกัน ยังสามารถตัดสัญญาณเสียงความถี่สูง (high-frequency noise) และ แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของสัญญาณอนาล็อกด้านเข้า (V_{in}) ตลอดช่วงเวลา T การเลือกค่า T ขึ้นอยู่กับการออกแบบ T อาจมีค่าเท่ากับ 1/60 วินาที เป็นต้น เมื่อมีข้อดีก็ต้องมีข้อเสียเช่นกันคืออัตราการแปลง

สัญญาณช้ามาก (conversion rate) ปกติน้อยกว่า 30 ต่อวินาที ซึ่งในเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติบางชนิดก็ใช้หลักการนี้ในการผลิตเครื่องชั่งเช่นกัน



(a)



(b)

รูปที่ 111 เป็นตัวอย่างหลักการทำงานเครื่องชั่งที่มีอยู่ในท้องตลาดบางยี่ห้อ

(a) ลักษณะของสัญญาณออกจาก Load cell ของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติแบบอิเล็คทรอนิค

(b) สัญญาณออกจาก Load cell ของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติแบบอิเล็คทรอนิคเมื่อเวลาผ่านไป

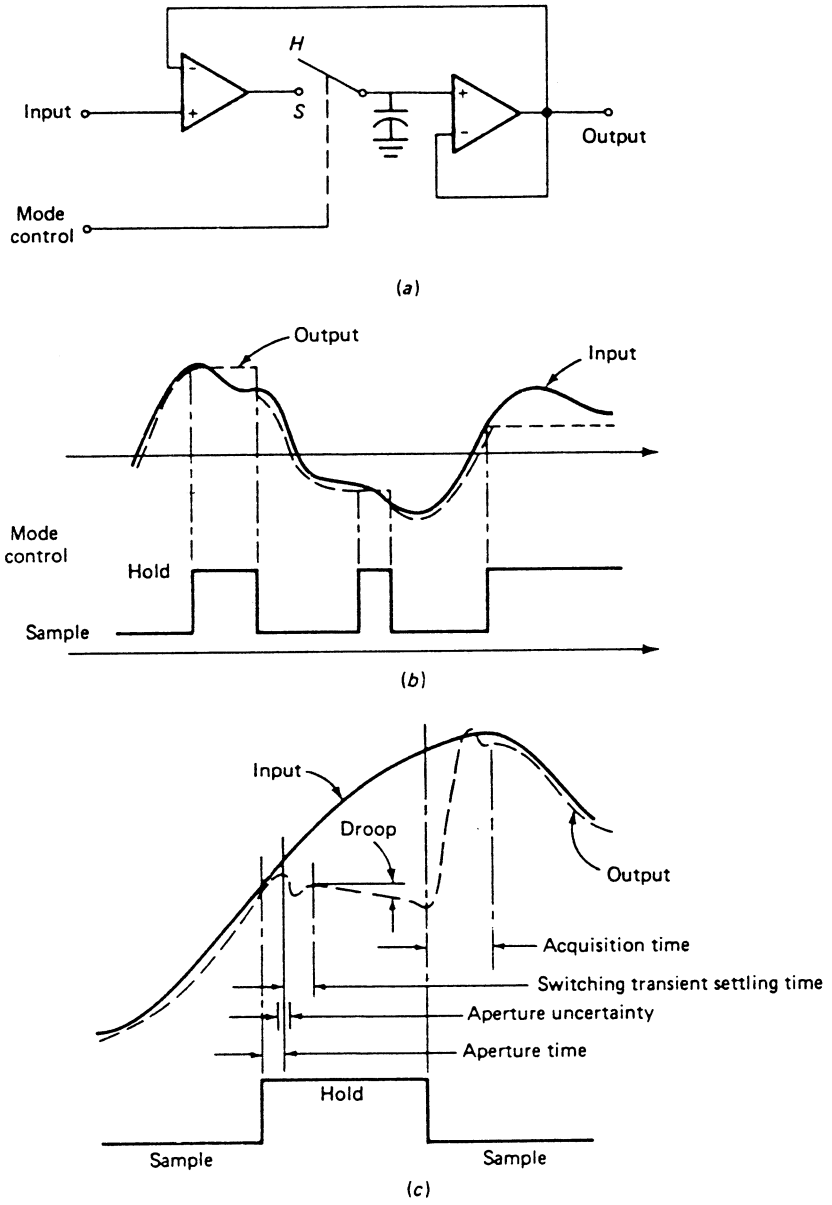


Figure Sample-hold amplifier.

รูปที่ 112 ตัวอย่างการลดสัญญาณของตัวขยายสัญญาณ

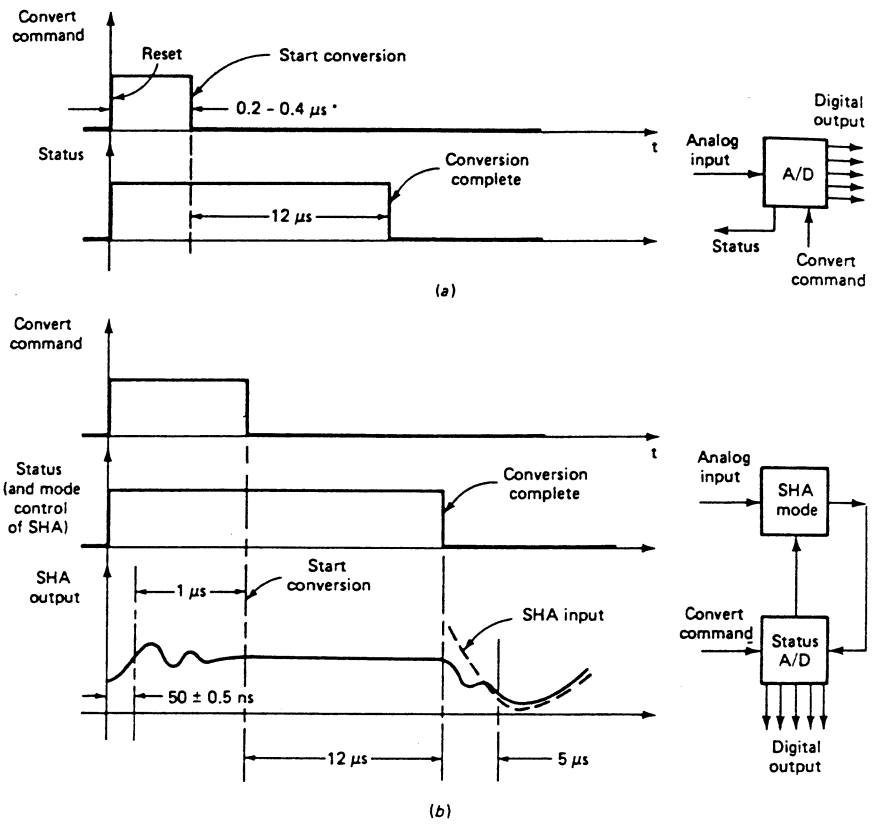


Figure Effect of sample/hold on A/D conversion.

รูปที่ 113 ผลของการสุ่มตัวอย่าง/การลดสัญญาณของตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล

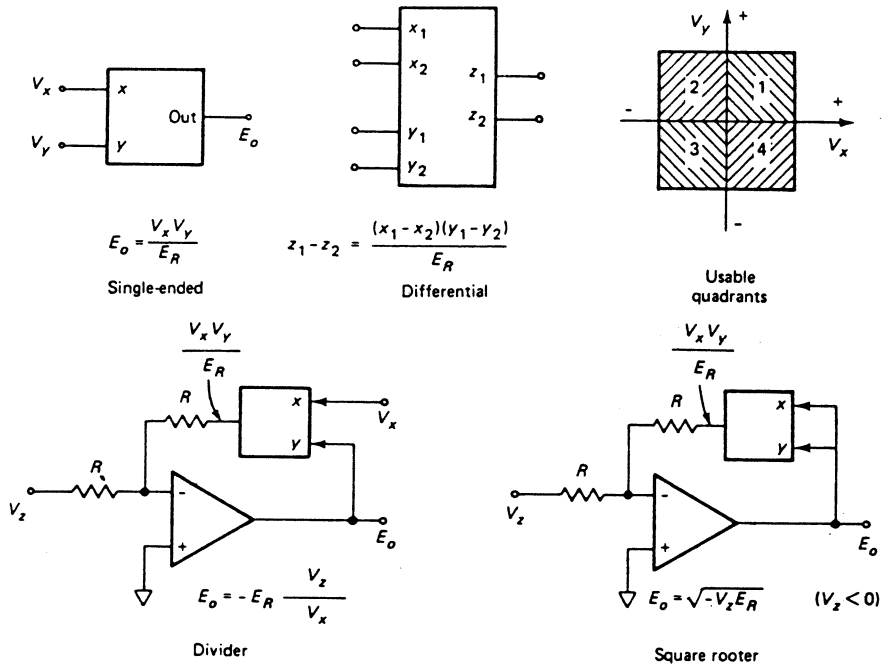


Figure Electronic multiplier/divider.

รูปที่ 114 ตัวคูณ / ตัวหารของวงจรอิเล็คทรอนิค (Electronic multiplier/divider)

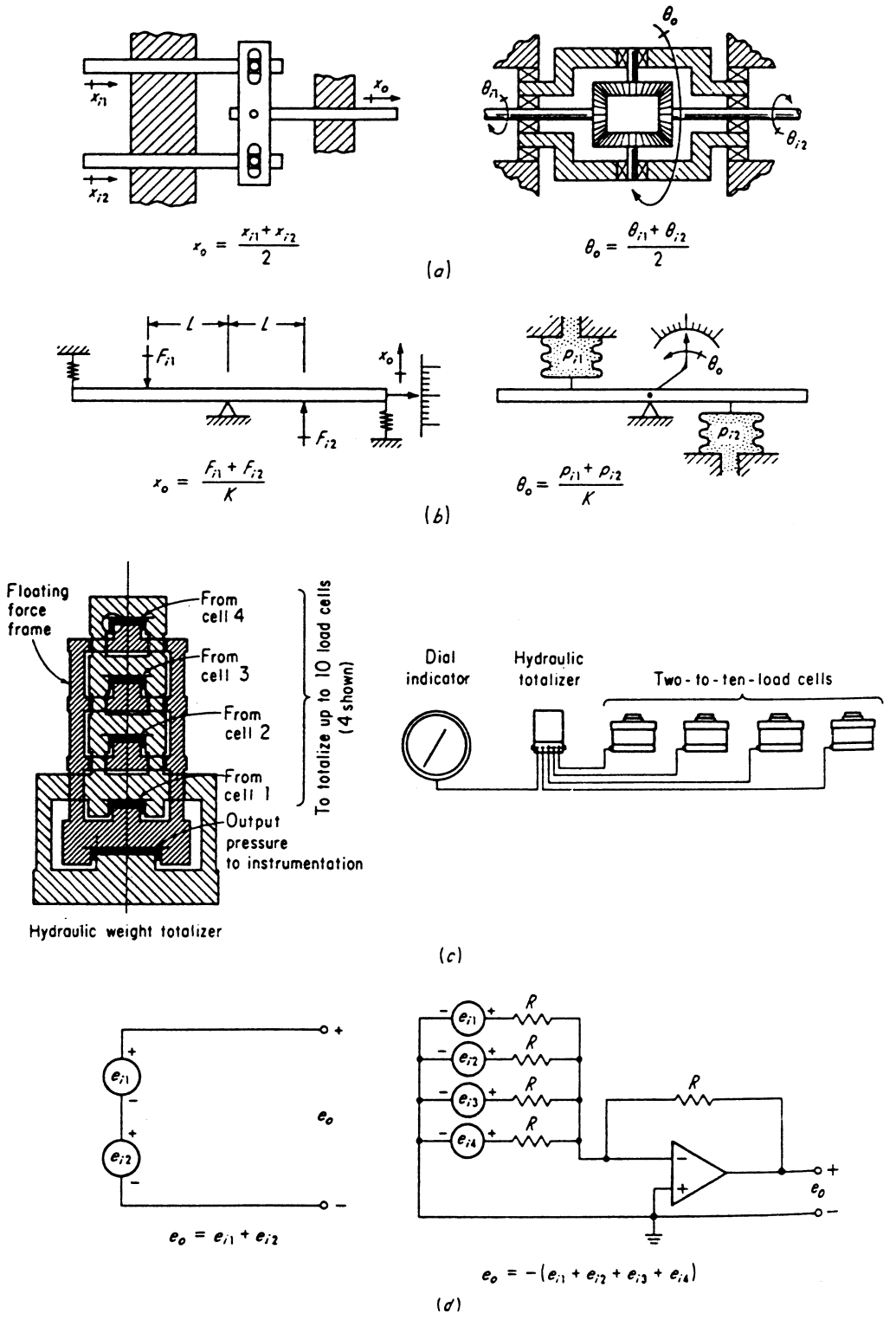


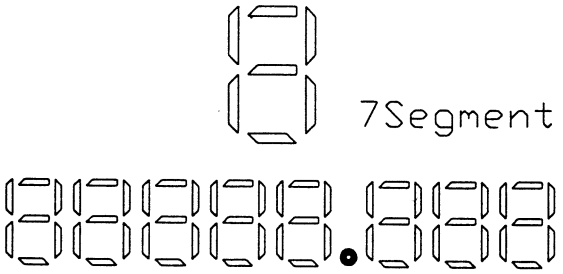
Figure Addition and subtraction.

รูปที่ 115 การบวก และการลบสัญญาณต่างๆ ของแต่ละหลักการทำงาน

จอแสดงค่า (Display)

ลักษณะการแสดงค่าผลการชั่งด้วยจอแสดงค่า ซึ่งนิยมใช้กับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติได้แก่

1) **7 Segment** มีลักษณะการนำเอาเส้นตรง 7 เส้นประกอบกันเป็นตัวเลขอารา บิก ดังรูปที่ 116

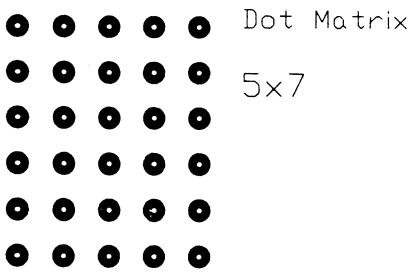


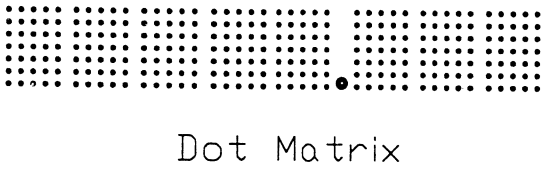
รูปที่ 116 การแสดงค่าแบบ **"7 Segment"** ของจอแสดงค่าเครื่องชั่ง

2) **LCD** จะมีลักษณะเป็นขาวและดำ

3) **Dot Matrix** ประกอบด้วยจุดทั้งหมด 49 จุด เรียงตัวแถวละ 5 จุดจำนวน 7 แถวเป็นรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้า ดูรูปที่ 117

4) อื่นๆ





รูปที่ 117 การแสดงค่าแบบ **"Dot Matrix"** ของจอแสดงค่าเครื่องชั่ง

จอแสดงค่า (Indicators) ที่ใช้ร่วมกับเครื่องชั่งนั้นจำเป็นต้องได้รับการทดสอบเช่นเดียวกันเพื่อศึกษาผลกระทบและความแม่นยำในการแสดงค่าด้วย สิ่งที่ต้องคำนึงถึงสมรรถนะของจอแสดงค่าได้แก่

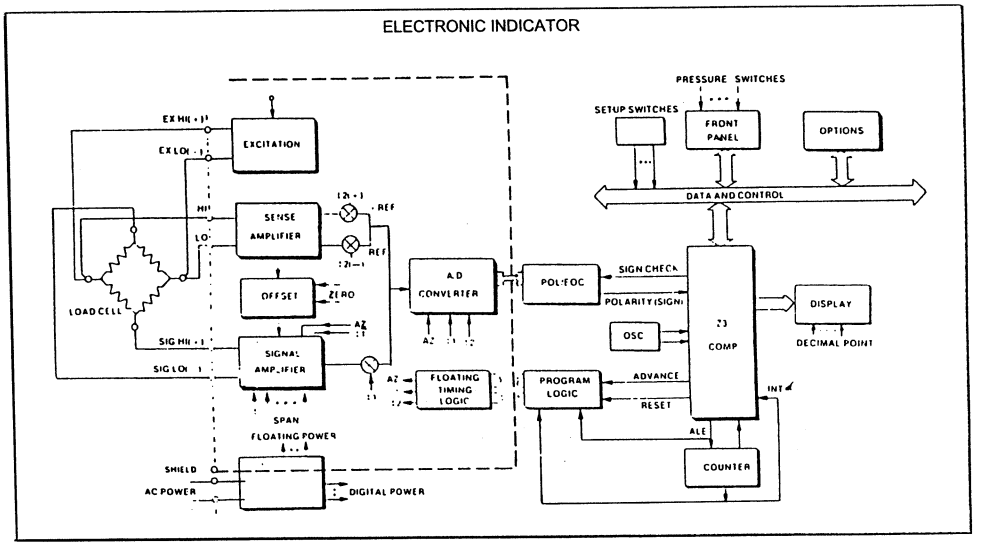


Figure Electronic indicator

รูปที่ 118 ส่วนประกอบการทำงานของส่วนแสดงค่าแบบอิเล็คทรอนิค (Electronic indicator)

- ความเป็นเชิงเส้น (Linearity) คือความสามารถแสดงผลได้โดยมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นเมื่อเทียบกับสัญญาณด้านทางเข้าซึ่งส่งมาจากโหลดเซล
- อิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้นต่อการแสดงค่าศูนย์และช่วงการชั่ง (span) (Temperature and humidity effects on Zero and on Span) ซึ่งจอแสดงค่าที่ใช้สัญญาณอนาล็อกมักจะได้รับอิทธิพลจากปัจจัยดังกล่าวสูงมาก การทดสอบจอแสดงค่าเนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 119, 120 และ 121

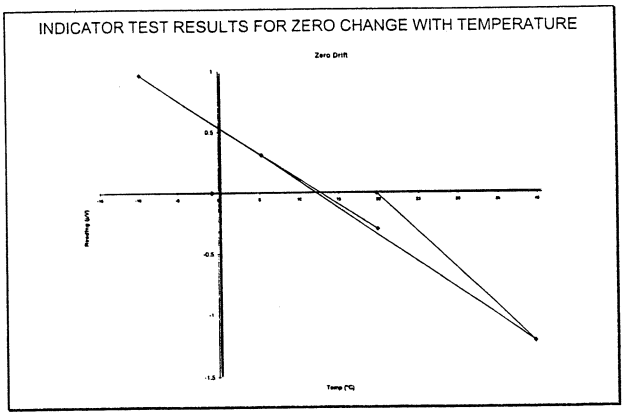


Figure Indicator test results for zero change with temperature

รูปที่ 119 ผลการทดสอบส่วนแสดงค่า (Indicator device) เมื่อการแสดงค่าศูนย์เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

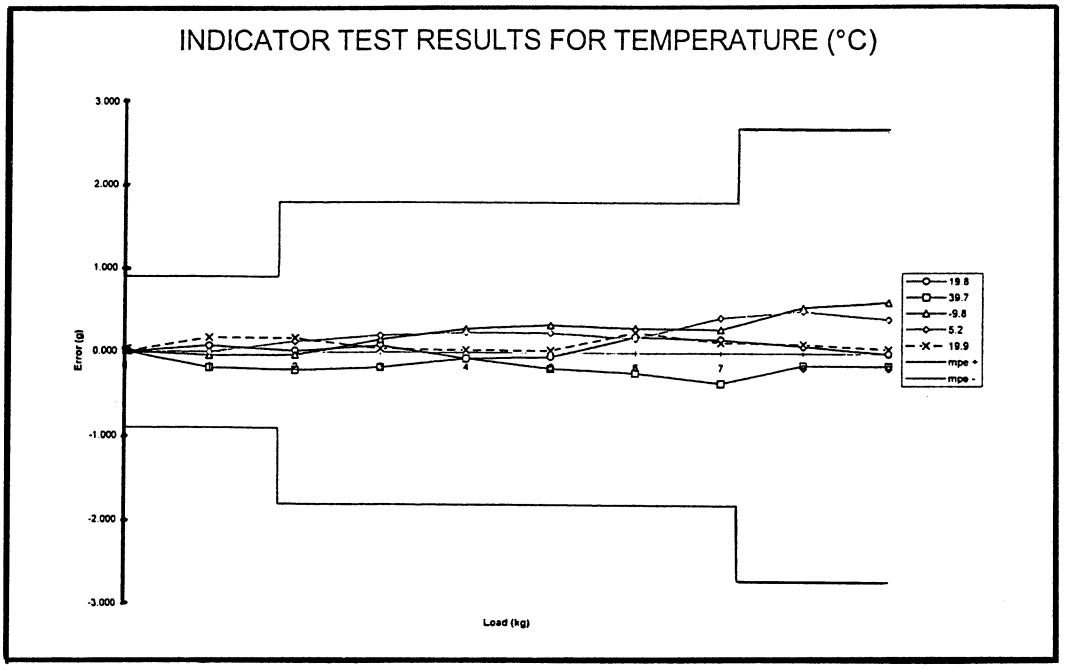


Figure Indicator test results for temperature (°C)

รูปที่ 120 ผลการทดสอบสมรรถนะของส่วนแสดงค่า(Indicator device) เทียบกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

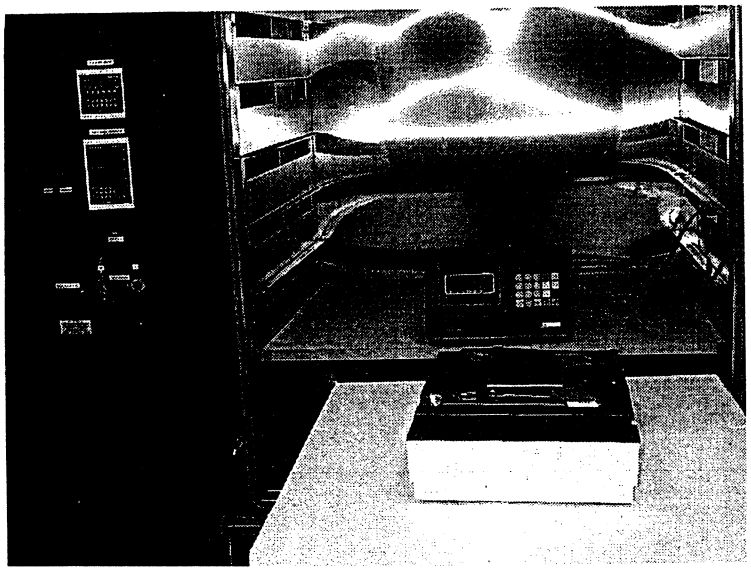


Figure Indicator test equipment

รูปที่ 121 ห้องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature chamber) และอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับทดสอบส่วนแสดงค่า (Indicator device)

- อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าและการรบกวนทางด้านไฟฟ้าด้านสัญญาณทางออก (Effect of supply voltage variations and electrical disturbances on the output)
- การหนีศูนย์อันเนื่องจากอายุการใช้งาน (Long term drift of the electronics due to aging of the electronic components)
- ผลผิด (Maximum permissible error) ตาม OIML R76 ได้กำหนดผลผิดของจอแสดค่า (indicators) ไว้มีค่าไม่เกิน 0.5 เท่าของMPE (Maximum permissible error) ของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติที่ใช้จอแสดค่านั้นๆ โดยยังยอมให้อีก 0.5เท่าของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับหลังจากการประกอบติดตั้งเข้ากับเครื่องชั่งและปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ
- สามารถผ่านการทดสอบการรบกวนจากการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยปริมาณที่กำหนด (specified electromagnetic fields) ;EMS

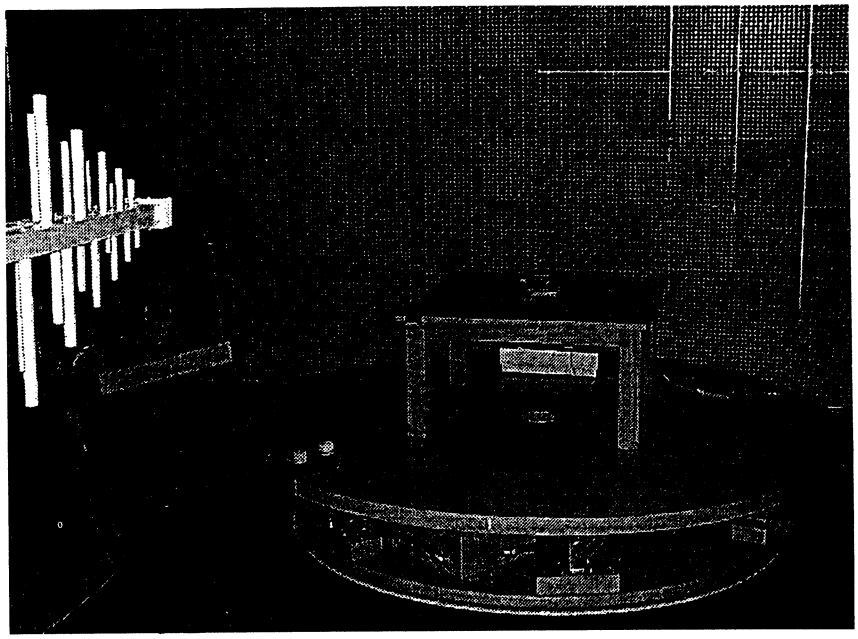


Diagram of the test set up in the anechoic chamber

รูปที่ 122 รูปการติดตั้งเครื่องมือภายในห้องทดสอบการรบกวนการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต่อส่วนแสดงค่า

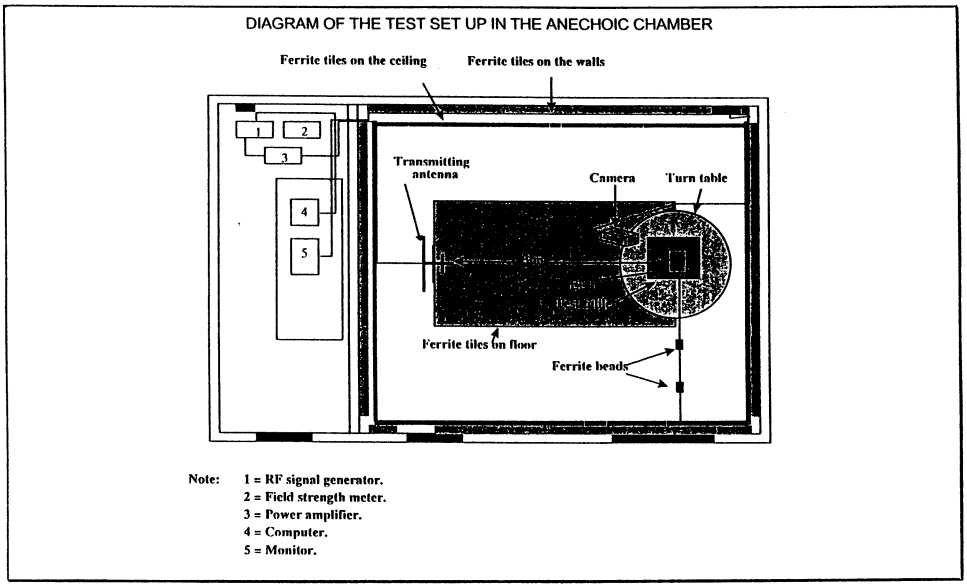
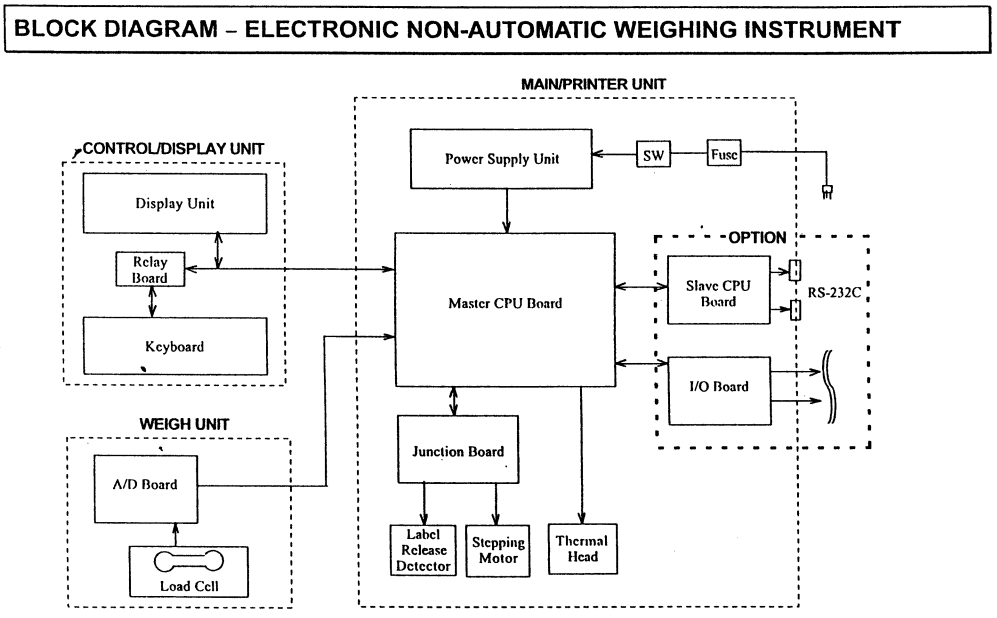


Figure Indicator in EMS chamber

รูปที่ 123 ห้องทดสอบการรบกวนการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (EMS chamber) ต่อส่วนแสดงค่า

ระบบโหลดเซล (Loadcell system)

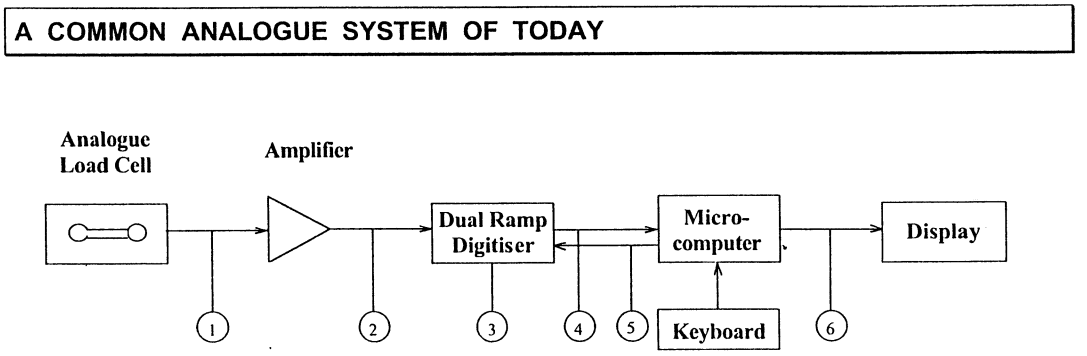
จากเนื้อหาที่ผ่านมาได้ครอบคลุมเนื้อหาถึงส่วนประกอบที่สำคัญที่มีอยู่ภายในเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ และต่างก็ทำงานร่วมกันเพื่อให้ได้ผลการชั่งที่ถูกต้องแม่นยำตามที่ออกแบบไว้ ดูรูปที่ 124 เพื่อกระชับในเนื้อหาในที่นี้ ในส่วนของโหลดเซลที่นับเป็นหัวใจของเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคและได้รับการพัฒนาทั้งจากหน่วยงานวิจัยของรัฐและภาคเอกชน เพื่อต้องการเพิ่มขีดความสามารถและความแม่นยำของโหลดเซล ด้วยเหตุนี้พอจะแบ่งระบบโหลดเซลที่ได้รับการพัฒนาและนิยมใช้กันปัจจุบัน 2 ระดับด้วยกันคือ



รูปที่ 124 ไดอะแกรมหลักการทำงานของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติชนิดอิเล็คทรอนิค

1. ระบบโหลดเซลแบบอนาล็อก (A common analogue system)

เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติที่มีระบบระบบโหลดเซลแบบอนาล็อกประกอบทำงานอยู่นั้นเป็นรูปแบบที่นิยมใช้กับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติมากที่สุด ลักษณะขั้นตอนการทำงานจะประกอบด้วย ดังรูปที่ 125



รูปที่ 125 ไดอะแกรมหลักการทำงานของระบบโหลดเซลแบบอนาล็อก (A common analogue system)

หมายเลข 1 สัญญาณด้านทางออกของโหลดเซล (Load cell output) มีค่าประมาณ 0-30 mV

หมายเลข 2 สัญญาณถูกขยายด้วยตัวขยายสัญญาณ (Amplifier) เพิ่มสูงขึ้นประมาณ 0 - 5 V

หมายเลข 3 ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converters) แบบ Dual ramp digitiser converts ทำการแปรสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลด้านทางออกจากตัวขยายและทำการนับจำนวนสัญญาณพัลซ์แบบดิจิตอล

หมายเลข 4 จำนวนพัลซ์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักที่กระทำต่อโหลดเซล ซึ่งจำนวนสัญญาณพัลซ์จะประกอบด้วยทั้งน้ำหนักตาย (Dead Load) เช่น น้ำหนักส่วนรับน้ำหนัก และน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง (Life Load) ก็คือน้ำหนักวัสดุที่ต้องการชั่ง

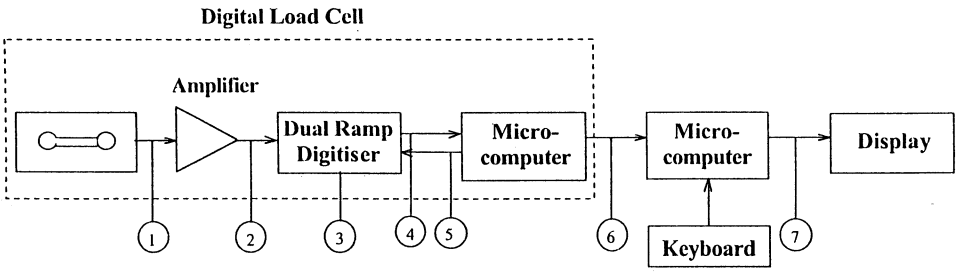
หมายเลข 5 ไมโครคอมพิวเตอร์จะทำการส่งสัญญาณเกจ (Gating Signals) ออกมาเพื่อควบคุมการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล

หมายเลข 6 หลังสัญญาณจากตำแหน่ง 4 ก็จะถูกส่งไปประมวลผลเพื่อส่งสัญญาณไปเพื่อแสดงค่าโดยจอแสดงค่า (Display)

2. ระบบโหลดเซลแบบดิจิตอล (A common digital system)

เนื่องจากผู้ผลิตโหลดเซลได้เริ่มพัฒนาเทคโนโลยีโหลดเซลให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานให้หลากหลายมากยิ่งขึ้น และการที่มีความต้องการควบคุมเครื่องชั่งได้ระยะทางไกลมากขึ้น โดยอาจติดตั้งโหลดเซลห่างจากจอแสดงค่าได้ถึง 20 เมตรด้วยสายสัญญาณชนิด RS-232C ส่งผลให้เกิด "Digital Load Cell" เป็นระบบโหลดเซลแบบดิจิตอลระบบใหม่ขึ้นมา ด้วยการรวมเอาขั้นตอนการทำงานที่เกิดขึ้นในระบบโหลดเซลแบบอนาล็อกให้จบอยู่ภายในส่วนเดียวรวมทั้งทำการประมวลผลต่างๆให้จบลง ณ ตำแหน่งที่โหลดเซลติดตั้ง โดยไม่จำเป็นต้องส่งสัญญาณด้านทางออกของโหลดเซลไปประมวลผลที่ห้องควบคุมที่มีระยะห่างไกลออกไปจากตำแหน่งติดตั้งโหลดเซลอีกทั้งยังลดปัญหาการสูญเสียของสัญญาณในระหว่างทางอีกด้วย ดูรูปที่ 126 เป็นลักษณะขั้นตอนการทำงาน

A COMMON DIGITAL SYSTEM OF TODAY



รูปที่ 126 ไดอะแกรมหลักการทำงานของระบบโหลดเซลแบบดิจิตอล (A common digital system)

หมายเลข 1 สัญญาณด้านทางออกของโหลดเซล (Load cell output) มีค่าประมาณ 0-30 mV

หมายเลข 2 สัญญาณถูกขยายด้วยตัวขยายสัญญาณ (Amplifier) เพิ่มสูงขึ้นมีค่าประมาณ 0-5 V

หมายเลข 3 ตัวแปรสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converters) แบบ Dual ramp digitiser converts ทำการแปรสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลที่ด้านทางออกจากตัวขยายและทำการนับจำนวนสัญญาณพัลซ์แบบดิจิตอล

หมายเลข 4 จำนวนพัลซ์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักที่กระทำต่อโหลดเซล ซึ่งจำนวนสัญญาณพัลซ์จะประกอบด้วยทั้งน้ำหนักตาย (Dead Load) เช่น น้ำหนักส่วนรับน้ำหนัก และน้ำหนักจร (Life Load) ก็คือน้ำหนักวัสดุที่ต้องการชั่ง

หมายเลข 5 ไมโครคอมพิวเตอร์จะทำการส่งสัญญาณเกจ (Gating Signals) ออกมาเพื่อควบคุมการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล

หมายเลข 6 หลังสัญญาณจากตำแหน่ง 4 ก็จะถูกทำให้เป็นเส้นตรงก่อนและทำการชดเชยผลผิดอันเนื่องจากปัจจัยฟิสิกส์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ, ความยืดตัวโลหะ (creep) , และ hysteris เป็นต้น โดยไมโครชิปซึ่งติดตั้งอยู่บนตัวโหลดเซลชนิดดิจิตอลชนิดนี้เสียก่อนที่จะส่งสัญญาณออกไปจากตัวโหลดเซลส่งไปประมวลผล

หมายเลข 7 สัญญาณส่งไปยังจอแสดงค่า (Display) เพื่อแสดงผลการชั่ง ,ราคาต่อหน่วย หรือ ค่าอื่นๆ

ตัวอย่าง โหลดเซลมีแรงดันไฟฟ้ากระตุ้น (Excitation) 10 V อัตราส่วน Output/Input เท่ากับ 2 mV/V สามารถรับน้ำหนักพิกัดกำลังสูงสุด 200 kg

1. หากชั่งน้ำหนัก 20 kg (ไม่คิด dead load) แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซลมีค่าเท่าไร
2. หากชั่งน้ำหนัก 160 kg (คิด dead load เช่นส่วนรับน้ำหนัก, คาน เป็นต้น เท่ากับ 20 kg) แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซลมีค่าเท่าไร

1) นั้นคือ
ที่พิกัดกำลังสูงสุด 200 kg ต้องการแรงดันไฟฟ้ากระตุ้น 10V จะทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซลมีค่าเท่ากับ 20 mV
หากชั่งน้ำหนัก 20 kg แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซลเท่ากับ

$$= \frac{20\text{mV} \times 20\text{kg}}{200\text{kg}} = 2\text{mV}$$

ดังนั้นหากต้องการชั่ง 100 kg ต้องการแรงดันไฟฟ้ากระตุ้น 5V จะทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซลเท่ากับ 10 mV *Ans*

2)
หากชั่งน้ำหนัก 160 kg แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซลเท่ากับ

$$\frac{\text{Max. mV} \times (\text{Dead Load} + \text{Life Load})}{\text{Max. Capacity}}$$

$$= \frac{20\text{mV} \times (160\text{kg} + 20\text{kg})}{200\text{kg}} = 18\text{mV}$$ *Ans*

ตัวอย่าง เมื่อจอแสดงค่า (Display) ต้องการแรงดันไฟฟ้ากระตุ้น 10 V มีอัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้าต่อค่าขั้นหมายมาตราเท่ากับ 1μV/e และสามารถแสดงค่าละเอียดได้เท่ากับ 5000e (e คือช่องขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง) ใช้แสดงค่าผลการชั่งโดยทำงานร่วมกับโหลดเซลพิกัดกำลังสูงสุดขนาด 10 kg และมีอัตราส่วน Output/Input (Sensitivity) เท่ากับ 2 mV/V พร้อมต้องการแรงดัน

ไฟฟ้ากระตุ้น 10 V จงหาสภาวะการทำงานของโหลดเซลนั้นทำงานสูดสุดเท่าไรเมื่อทำงานร่วมกับจอแสดงค่าดังกล่าว

นั้นหมายถึงจอแสดงค่าต้องการกระแสไฟเท่ากับ $(1\mu V/e)\times 5000e = 5$ mV
และโหลดเซลที่น้ำหนัก 10 kg ให้กระแสไฟด้านทางออกเท่ากับ

$= (2\ mV/V)\times 10\ V = 20mV$

พบว่าจอแสดงค่าใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ 5000e เท่ากับ 5 mV

แต่กระแสไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซลเมื่อทำการชั่งน้ำหนัก 10 kg จะให้กระแสไฟฟ้า
เท่ากับ 20 mV

ดังนั้นเมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 20 mV สามารถชั่งน้ำหนักได้เท่ากับ 10 kg
แต่วงจรทำงานร่วมระหว่างโหลดเซลกับจอแสดงค่าสามารถรับกระแสได้สูงสุด 5 mV
ดังนั้นโหลดเซลจึงสามารถชั่งได้สูงสุดเท่ากับ

$$= \frac{5mV \times 10kg}{20mV} = 2.5kg$$

ด้วยเหตุนี้เราสามารถใช้โหลดเซลให้เหมาะสมกับจอแสดงค่าได้โดยใช้ที่พิกัดกำลังเท่ากับ 2.5 kg หรือเพียง 25% ของพิกัดกำลังสูงสุดของโหลดเซล
หมายเหตุ โดยปกติแล้วที่ตำแหน่ง 70% ของพิกัดกำลังสูงสุดของโหลดเซลจะให้ประสิทธิภาพดีที่สุด

Ans

ตัวอย่าง ทำการปรับปรุงเครื่องชั่งรถยนต์ซึ่งเดิมทำงานด้วยระบบคานและมีส่วนแสดงค่าแสดงผลการชั่งด้วยระบบอนาล็อกเข็มชี้ค่าหรือคันชั่งเพื่อเปลี่ยนไปเป็นส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอล นั้นคือเปลี่ยนเครื่องชั่งแบบกลไกไปเป็นเครื่องชั่งไฮบริด โดยติดตั้งโหลดเซลเข้ากับเพลาที่รวมแรงทั้งหมดจากระบบคานซึ่งเชื่อมต่อกับส่วนรับน้ำหนักเพื่อทำการส่งแรงไปยังส่วนแสดงค่าแบบอนาล็อกนั้นเอง โดยข้อกำหนดทางเทคนิคเดิมของเครื่องชั่งแบบกลไกที่มีส่วนแสดงค่าแสดงผลการชั่งด้วยระบบอนาล็อกเข็มชี้ค่าหรือคันชั่งคือ

Load Cell

Capacity	250 kg
Sensitivity	3 mV/V
Excitation	15 VDC

Indicator

Maximum Capacity	3 ton
Scale Interval (e)	10 kg

Baseworks (โครงสร้างเดิม)

Lever Ratio (อัตราส่วนคันชั่ง) 150:1

Dead Load (น้ำหนักของส่วนรับน้ำหนัก เป็นต้น) 3 t

จงหา

a) Dead load ซึ่งกระทำต่อโหลดเซล

b) Life load ซึ่งกระทำต่อโหลดเซล

c) Total load ซึ่งกระทำต่อโหลดเซล

d) แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซลที่

- น้ำหนักเท่ากับศูนย์ และ
- น้ำหนักเท่ากับ 30 t

a) เนื่องจาก Dead Load (น้ำหนักของส่วนรับน้ำหนัก เป็นต้น) มีค่าเท่ากับ 3 t โดยน้ำหนักดังกล่าวจะส่งผ่านระบบคานและถ่ายแรงต่อไปยังเพลาซึ่งติดตั้งอยู่ก่อนถูกส่งแรงไปยังคันชั่งที่มี อัตราส่วนคันชั่ง (Lever Ratio) เท่ากับ 150:1

ดังนั้น Dead load ซึ่งกระทำบนโหลดเซล เท่ากับ 3,000 kg/150 = 20 kg

b) น้ำหนักจร (Life Load) ก็คือภาระน้ำหนักของสิ่งของที่ต้องการชั่ง ในที่นี้เครื่องชั่งที่สามารถทำการชั่งได้ด้วยพิกัดกำลังสูงสุดเท่ากับ 30,000 kg ด้วยเหตุนี้น้ำหนักจร (Life Load) ที่กระทำบนโหลดเซลเช่นเดียวกัน จึงเท่ากับ

30,000 kg/150 = 200 kg

c) Total load ซึ่งกระทำต่อโหลดเซล

Total load = Dead Load + Life Load = 20 kg + 200 kg = 220 kg

ทำการตรวจสอบว่าโหลดเซลสามารถรับภาระแรงที่พิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งได้หรือไม่

Capacity of load cell 250 kg > 220 kg แสดงว่าสามารถทนรับแรงได้

d) พบว่าโหลดเซลให้แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกสูงสุดเท่ากับ

$$\text{Max.Output} = \text{Excitation} \times \text{Sensitivity} = 15\text{VDC} \times 3\text{mV/V} = 45\text{mV}$$

- น้ำหนักเท่ากับศูนย์

ดังนั้นที่พิกัดกำลังสูงสุดของโหลดเซล 250 kg จะให้แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกเท่ากับ 45 mV เพราะฉะนั้นที่ Dead Load (3 ton) ซึ่งเท่ากับการแสดงค่าเท่ากับศูนย์กระทำต่อ โหลดเซล 20 kg แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซลจะมีค่าเท่ากับ

$$= \frac{\text{Max. Output} \times \text{Dead Load}}{\text{LoadCell Capacity}} = \frac{45\text{mV} \times 20\text{kg}}{250\text{kg}} = 3.60\text{mV}$$

➢ น้ำหนักเท่ากับ 30 t

ดังนั้นที่พิกัดกำลังสูงสุดของโหลดเซล 250 kg จะให้แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกเท่ากับ 45 mV เพราะฉะนั้นที่ Dead Load (3 ton) และ Life Load 30 ton จะมีแรงกระทำต่อโหลดเซล 20 kg + 200 kg แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซลจะมีค่าเท่ากับ

$$= \frac{\text{Max.Output} \times (\text{Dead Load} + \text{Life Load})}{\text{LoadCell Capacity}} = \frac{45\text{mV} \times (20\text{kg} + 200\text{kg})}{250\text{kg}} = 39.60\text{mV}$$

Ans

ตัวอย่าง เมื่อนำจอแสดงค่าเพื่อทำการทดสอบการทำงาน โดยตัวจอแสดงค่าเองมีความสามารถแสดงค่าได้ 5000e ด้วย Sensitivity 1.5μV/e โดยนำจอแสดงค่าดังกล่าวต่อเชื่อมกับแท่นชั่งซึ่งมีโหลดเซลติดตั้งอยู่ขนาดพิกัดกำลัง (Capacity) 20 kg มี Sensitivity เท่ากับ 1mV/V, Excitation แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 15 VDC และมี Dead Load อันเนื่องจากน้ำหนักของแท่งชั่ง เท่ากับ 1 kg

จงคำนวณหา

a) น้ำหนักทดสอบหนักเท่าไรจึงจะให้จอแสดงค่าสามารถแสดงค่าน้ำหนักได้ 5000e
b) แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซลมีค่าเท่ากับเท่าไรเมื่อ จอแสดงค่า แสดงค่าน้ำหนักที่ 5000e

a)

นั้นหมายถึงจอแสดงค่าต้องการกระแสไฟด้านทางเข้าเท่ากับ

$= (1.5\mu\text{V/e}) \times 5000\text{e} = 7.5\text{ mV}$

ในขณะที่โหลดเซลให้แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกสูงสุดเท่ากับ

$$\text{Max.Output} = \text{Excitation} \times \text{Sensitivity} = 15\text{VDC} \times 1\text{mV/V} = 15\text{mV}$$

ดังนั้นเมื่อกระแสไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซล เท่ากับ 15 mV ต่อเมื่อรับน้ำหนัก 20 kg แต่หากต้องการให้จอแสดงค่าสามารถแสดงค่าน้ำหนักได้ 5000e ซึ่งต้องการ 7.5 mV ดังนั้นน้ำหนักต้องใช้เท่ากับ = (20 kg × 7.5 mV)/15 mV = 10 kg

b)

ที่พิกัดกัดกำลังสูงสุดของโหลดเซลเท่ากับ 20 kg ให้กระแสไฟฟ้าด้านทางออกสูงสุดเท่ากับ 15 mV

- ที่จอแสดงค่าเท่ากับศูนย์หรือโหลดเซลรับภาระน้ำหนักเท่ากับ Dead Load 1 kg ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าด้านทางออกเมื่อจอแสดงค่าเท่ากับหรือภาระน้ำหนักของโหลดเซลเท่ากับ 1 kg จึงเท่ากับ = (15 mV × 1 kg)/20 kg = 0.75 mV
- ถ้าหากจอแสดงค่าเท่ากับ 5000e หรือโหลดเซลรับภาระน้ำหนักเท่ากับ Dead Load 1 kg และน้ำหนักจร (Live Load) เท่ากับ 10 kg จะให้แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกเท่ากับ = (15 mV × (1 kg + 10 kg))/20 kg = 8.25 mV

Ans

ตัวอย่าง เครื่องชั่งเครื่องหนึ่ง เป็นชั้นความเที่ยง III, Increment size หรือ e = 0.5 lb , Max = 5000 lb โหดลเซลพิกัดกำลัง 2000 lb จำนวน 4 ตัวประกอบทำงานร่วมกัน แรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซลมีค่าเท่ากับ 2mV/V ในขณะที่แรงดันไฟฟ้ากระตุ้นที่ค่าเท่ากับ 12.5 VDC ทำการคำนวณหา V/increment

Total Number of Increments	Minimum μV per Increment	Maximum μV per Increment	
		2 mV/V	3 mV/V
600	5.0	43.3	63.3
1,000	3.0	26.0	38.0
1,200	2.5	21.7	31.7
1,500	2.0	17.3	25.3
2,000	1.5	13.0	19.0
2,500	1.2	10.4	15.2
3,000	1.0	8.7	12.7
4,000	0.75	6.5	9.5
5,000	0.6	5.2	7.6
6,000	0.5	4.4	6.4
8,000	0.375	3.3	4.8
10,000	0.3	2.6	3.8
12,000	0.3	2.2	3.2
15,000	0.3	1.7	2.5
16,000	0.3	1.6	2.4
20,000	0.3	1.3	1.9
25,000	0.3	1.0	1.5
30,000	0.3	0.87	1.3
32,000	0.3	0.81	1.2
35,000	0.3	0.74	1.1
40,000	0.3	0.65	0.95
45,000	0.3	0.58	0.84
48,000	0.3	0.54	0.80
50,000	0.3	0.52	0.76

Table Micro Volt Build

จากสูตร

$$\mu V \text{ per Increment} = \frac{e * V * O * 1000}{C * R}$$

เมื่อ

e คือ Increment size หรือ e ที่ต้องการ โดยต้องให้หน่วยของ Increment size หรือ e และพิกัดกำลังเครื่องชั่งและพิกัดกำลังของโหลดเซลจะต้องมีหน่วยเดียวกัน ถ้าหากใช้หน่วย kg ให้ทำการคูณ kg ด้วย 0.45359 เพื่อเปลี่ยนหน่วยเป็น lb จึงใช้สมการข้างบนได้

V คือ แรงดันไฟฟ้ากระตุ้นโหลดเซล ในหน่วยของ VDC

O คือ อัตราแรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของเหลดเซลต่อแรงดันไฟฟ้ากระตุ้นโหลดเซล ในหน่วย mV/V

C คือ พิกัดกำลังโหลดเซล

R คือจำนวนโหลดเซลหรืออัตราส่วนระบบคานทั้งหมด (total lever ratio) ถ้าหากต้องการเปลี่ยนครื่องชั่งแบบกลไกให้แสดงผลดิจิตอลด้วยโหลดเซล

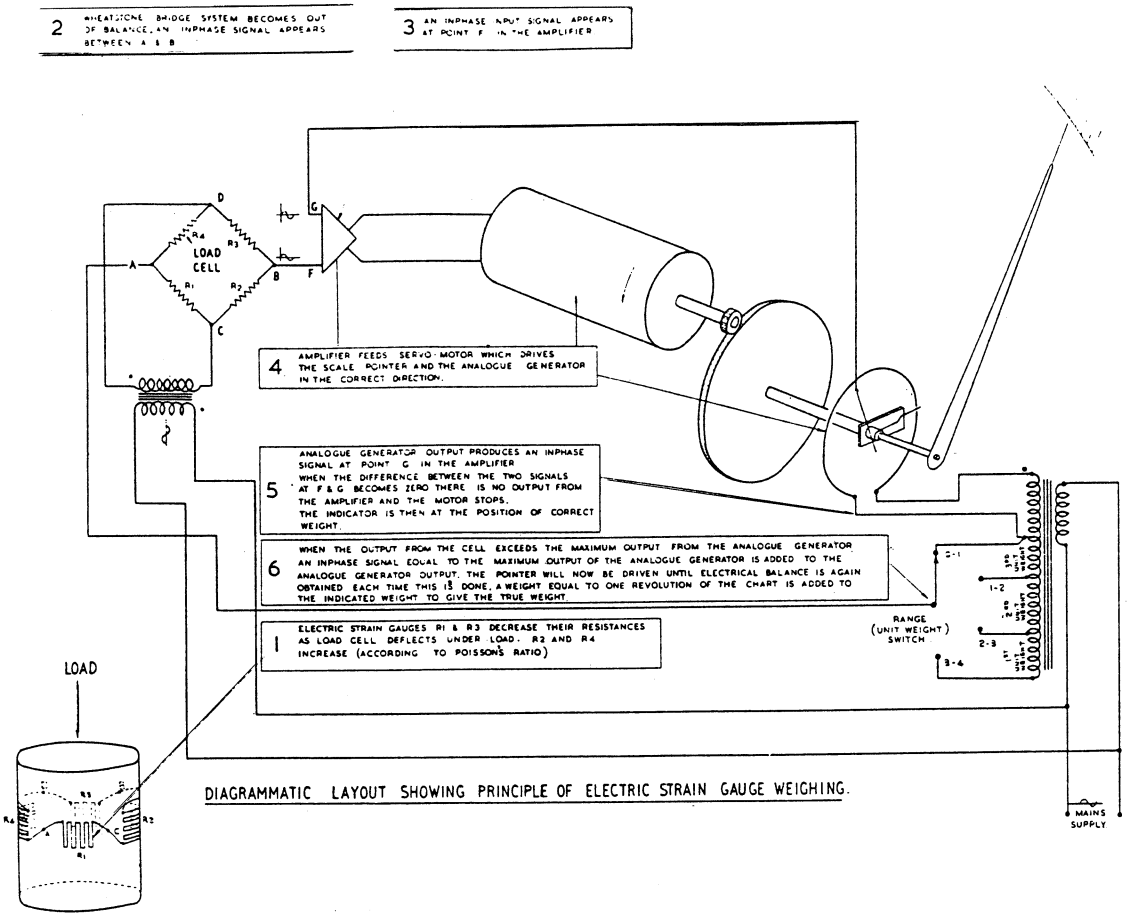
$$\mu V \text{ per Increment} = \frac{0.5 \text{lb} * 12.5 \text{DCV} * 2 \text{mV/V} * 1000}{2000 \text{ lb} * 4 \text{ load cells}} = 1.56 \, \mu V \text{ per increment}$$

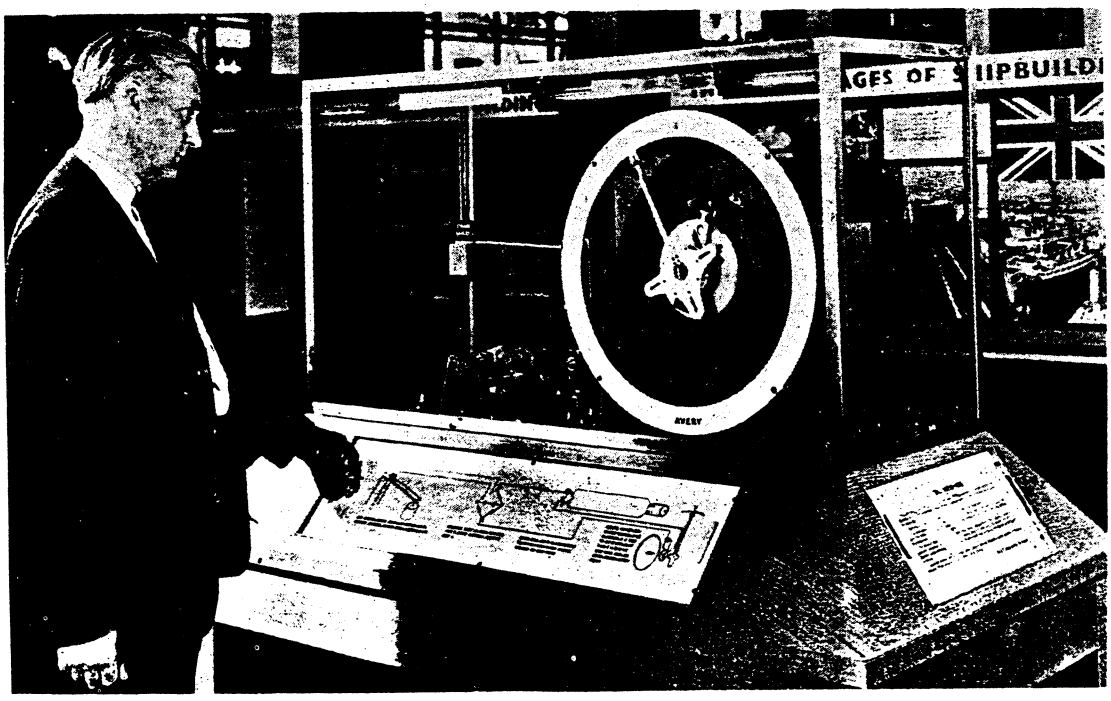
หากต้องการทราบจำนวนขั้นหมายมาตราของเครื่องชั่ง จะได้เท่ากับ

$$n = \frac{5000 \text{ lb}}{0.5 \text{ lb}} = 10{,}000$$

จากตารางข้างล่างนี้ จะเห็นได้ว่าที่จำนวนขั้นหมายมาตราของเครื่องชั่งเท่ากับ 10,000 นั้น ช่วงตั้งแต่ค่าต่ำสุดของ μV per increment เท่ากับ 0.3 μV/e จนถึงค่าสูงสุดของ μV per increment เท่ากับ 2.6 μV/e ซึ่งหากเลยเกินค่าสูงสุดแล้วจะไม่สามารถทำการปรับแต่งในการสอบเทียบเครื่องชั่งได้ แต่จากการคำนวณได้มีค่าเท่ากับ 1.56 μV/e แสดงว่าเครื่องชั่งสามารถใช้งานได้

Ans





การแสดงการทำงานของโหลดเซลโดย W. & T. Avery Ltd., the Birmingham weighing and testing machine manufacturers แสดงที่ The London Science Museum เมื่อ ค.ศ.1966

บทที่ 3
การจัดชั้นความเที่ยงเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Principles of Classification)

เนื้อหาตามรอบคลุม

OIML R76-1 Nonautomatic weighing instruments

1 หมวดนิยาม (Terminology)

2 ขอบเขตและจุดประสงค์ (Scope)

3 หลักการ (Principles of the Recommendation)

4 ข้อกำหนดทางชั่งตวงวัด (Metrological Requirements

การจัดชั้นความเที่ยงเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Non-automatic weighing instrument) ใช้กับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นเครื่องชั่งแบบกลไกหรือเครื่องชั่งแบบไฮบริคหรือเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคหรือจะมีหลักการทำงานอย่างไร แต่ในกรณีที่ส่วนประกอบอิเล็คทรอนิคหรือกลไกใดมีหน้าที่ทำงานร่วมกับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติหากคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 แล้วส่วนประกอบดังกล่าวต้องไม่มีผลกระทบหรือแทรกซ้อนต่อการทำงานของเครื่องชั่ง

ด้วยเหตุนี้ข้อกำหนดใน OIML R76-1 จึงครอบคลุมทุกส่วนประกอบซึ่งทำหน้าที่ไม่ว่าเป็นส่วนร่วมทำงานหรือถูกผลิตขึ้นมาแยกเป็นส่วนแล้วนำมาประกอบรวมกันเพื่อให้สามารถทำงานเป็นเครื่องชั่งในที่สุด ยกตัวอย่างเช่น load-measuring device, indicating device, printing device, preset tare device, price-calculating device

เนื้อหาต่อไปนี้ ผู้เรียบเรียงได้ทำการแปลเนื้อหาและใจความจากข้อกำหนด OIML R76-1 Nonautomatic weighing instruments,

1992 โดยตรง พร้อมกันนี้ในบางหัวข้อได้เสริมเพิ่มเติมเพื่อให้มีความเข้าใจลงในรายละเอียด ผู้เรียบเรียงก็จะจัดเนื้อหาดังกล่าวภายใต้หัวข้อ ***"บทแทรก"*** ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องปูพื้นฐานความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติเสียก่อนไม่ว่าเป็นคำนิยามต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง, การจัดชั้นความเที่ยงของเครื่องชั่ง, ขอบเขตการใช้ข้อกำหนด OIML R76-1 ตลอดจนข้อกำหนดทางเทคนิคที่กำหนดให้เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติที่ถูกผลิตออกมาให้สามารถทำงานได้ภายใต้สภาวะแวดล้อมและเงื่อนไขที่เหมาะสมกับความเป็นจริงในการใช้งานเครื่องชั่งโดยทั่วๆไป เนื้อหาใน OIML R76-1 เป็นเนื้อหาที่กำหนดใช้ในการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Pattern Approval) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในหลายประเทศโดยเฉพาะประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนาบางส่วน ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่เราไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้และจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำความเข้าใจและศึกษาเพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างเช่นประเทศเรา และใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อประเทศไทยให้มากที่สุดเท่าที่กระทำได้

หมวดนิยาม (Terminology)

จากนิยาม OIML R76-1

T.1 คำนิยามทั่วไป (General definitions)

T 1.1 เครื่องชั่ง (Weighing Instrument) คือ เครื่องที่ใช้วัดมวลของสิ่งของ โดยใช้หลักการของแรงโน้มถ่วงที่กระทำบนสิ่งของ
เครื่องนี้อาจใช้ในการหาปริมาณอื่นๆ, ขนาด, ตัวแปร หรือคุณสมบัติอื่นที่เกี่ยวข้องกับมวล
เมื่อพิจารณาตามวิธีการทำงานของเครื่องชั่ง สามารถแบ่งชนิดของเครื่องชั่งออกเป็นเครื่องชั่งอัตโนมัติ (automatic instrument) และเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (nonautomatic instrument)

T.1.2 เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Non-automatic weighing instrument) คือ เครื่องชั่งที่ต้องใช้ผู้ชั่งทำการชั่งในระหว่างการชั่ง เช่น การยก-วางสิ่งของหรือตุ้มน้ำหนักบนเครื่องชั่ง และการอ่านผลการชั่ง
เครื่องชั่งอัตโนมัติสามารถให้ผลการชั่งได้โดยตรงด้วยการแสดงค่าหรือการพิมพ์ค่า ซึ่งทั้งการแสดงผลการชั่งทั้งสองนี้จะถือเป็น "การแสดงค่า (indication)" ของเครื่องชั่ง
หมายเหตุ คำอื่น เช่น แสดง (indicate) และ ส่วนชี้ค่า (indicating component) และคำอื่นที่คล้ายกันจะไม่มีความหมายรวมถึงการพิมพ์ (printing)
เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติอาจเป็น
- เครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าน้ำหนัก (Graduated instrument) หรือเครื่องชั่งที่ไม่มีส่วนแสดงค่าน้ำหนัก (Non-graduated instrument)
- เครื่องชั่งที่แสดงค่าได้เอง (Self-indicating instrument), เครื่องชั่งกึ่งแสดงค่าได้เอง (Semi-self-indicating instrument) หรือเครื่องชั่งที่แสดงค่าเองไม่ได้ (Non-self-indicating instrument)
หมายเหตุ ในเอกสารนี้เรียกเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติว่า "เครื่องชั่ง(instrument)"

T.1.2.1 เครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าน้ำหนัก (Graduated instrument) คือ เครื่องชั่งที่สามารถอ่านค่าผลการชั่งได้โดยตรงจากส่วนแสดงค่าน้ำหนัก

T.1.2.2 เครื่องชั่งที่ไม่มีส่วนแสดงค่าน้ำหนัก (Non-graduated instrument) คือ เครื่องชั่งที่ไม่สามารถอ่านค่าผลการชั่งได้โดยตรง

T.1.2.3 เครื่องชั่งที่แสดงค่าได้เอง (Self-indicating instrument) คือ เครื่องชั่งที่เข้าสู่สภาวะสมดุลได้เองโดยไม่ต้องใช้ผู้ชั่ง

T.1.2.4 เครื่องชั่งกึ่งแสดงค่าได้เอง (Semi-self-indicating instrument) คือ เครื่องชั่งที่มีช่วงการแสดงค่าได้เองหลายช่วง แต่ต้องใช้ผู้ชั่งในการเปลี่ยนช่วงการชั่งนี้

T.1.2.5 เครื่องชั่งที่แสดงค่าเองไม่ได้ (Non-self-indicating instrument) คือ เครื่องชั่งที่จะเข้าสู่สภาวะสมดุลได้โดยต้องใช้ผู้ชั่ง

T.1.2.6 เครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค (Electronic instrument) คือ เครื่องชั่งที่มีส่วนประกอบเป็นอิเล็คทรอนิค

T.1.2.7 เครื่องชั่งที่มีมาตราส่วนราคา (Instrument with price scales) คือ เครื่องชั่งที่แสดงราคาโดยตารางราคา หรือมาตราส่วนราคาที่สัมพันธ์กับค่าราคาต่อหน่วย

T.1.2.8 เครื่องชั่งที่คำนวณราคาได้ (Price-computing instrument) คือ เครื่องชั่งที่สามารถคำนวณราคาได้ โดยคิดจากค่าน้ำหนักที่เครื่องชั่งแสดงคูณด้วยราคาต่อหน่วย

T.1.2.9 เครื่องชั่งพิมพ์ราคาได้ (Price-labelling instrument) คือ เครื่องชั่งที่คำนวณราคาได้ และสามารถพิมพ์ค่าน้ำหนัก ราคาต่อหน่วย และราคารวมของสินค้าทั้งหมด

T.1.2.10 เครื่องชั่งสำหรับบริการตนเอง (Self-service instrument) คือ เครื่องชั่งที่ตั้งใจไว้สำหรับให้ผู้ใช้ทำการชั่งด้วยตนเอง

T.1.3 การแสดงค่าของเครื่องชั่ง (Indications provided by an instrument)

T.1.3.1 การแสดงค่าหลัก (Primary Indications) คือ การแสดงค่า, สัญญาณ และสัญลักษณ์ที่เป็นไปตามข้อกำหนดของเอกสารนี้

T.1.3.2 การแสดงค่ารอง (Secondary Indications) คือ การแสดงค่า, สัญญาณ และสัญลักษณ์ที่ไม่ใช่การแสดงค่าหลัก

T.2 โครงสร้างของเครื่องชั่ง (Construction of an instrument)

ในเอกสารนี้คำว่า "ส่วน (Device)" หมายถึง วิธีการทำงานใดๆจงเจาะวิธีการหนึ่งของเครื่องชั่ง โดยไม่คำนึงถึงสภาพทางกายภาพ ว่าจะเป็นการทำงานด้วยกลไก หรือปุ่มกดกระตุ้นหรือสั่งให้เครื่องชั่งทำงาน "ส่วน" ดังกล่าวนี้อาจเป็นส่วนเล็ก ๆ หรือส่วนหลักประกอบอยู่ในเครื่องชั่ง

T.2.1 ส่วนประกอบหลัก (Main Devices)

T.2.1.1 ส่วนรับน้ำหนัก (Load receptor) คือ ส่วนของเครื่องชั่งที่ใช้รองรับสิ่งของที่ชั่ง

T.2.1.2 ส่วนส่งผ่านน้ำหนัก (Load transmitting device) คือ ส่วนของเครื่องชั่งที่ส่งผ่านแรงที่เกิดจากน้ำหนักของสิ่งของที่กระทำบนส่วนรับน้ำหนักไปยังส่วนชั่งน้ำหนัก

T.2.1.3 ส่วนชั่งน้ำหนัก (Load-measuring device) คือ ส่วนของเครื่องชั่งที่ใช้ชั่งน้ำหนักของสิ่งของโดยใช้ส่วนที่ทำให้เกิดสมดุล (equilibrium device) เพื่อถ่วงกับแรงที่มาจากส่วนส่งผ่านน้ำหนักและอาจมีส่วนประกอบของส่วนแสดงค่า หรือส่วนพิมพ์ค่าน้ำหนัก

T.2.2 โมดูล (Module) คือ ส่วนหนึ่งของเครื่องชั่งที่ใช้สำหรับการทำงานด้วยหน้าที่จำเพาะหน้าที่หนึ่ง สามารถทำการทดสอบแยกต่างหากจากเครื่องชั่งได้โดยใช้อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กำหนด

T.2.3 ส่วนอิเล็คทรอนิก (Electronic Parts)

T.2.3.1 ส่วนอิเล็คทรอนิค (Electronic device) คือ ส่วนประกอบของเครื่องชั่งที่เป็นอิเล็คทรอ นิค เพื่อใช้ทำงานเฉพาะ และสามารถแยกออกมาทดสอบได้อย่างอิสระ

หมายเหตุ ส่วนอิเล็คทรอนิคตามที่นิยามข้างต้นอาจเป็นเครื่องชั่งที่สมบูรณ์ เช่น เครื่องชั่งที่ใช้ในการซื้อขายทั่วไปหรือเป็นเพียงส่วนหนึ่งของเครื่องชั่ง เช่น เครื่องพิมพ์ (printers), ส่วนแสดงค่า (indicators)

T.2.3.2 ส่วนประกอบอิเล็คทรอนิคย่อย (Electronic Sub-Assembly) คือ ส่วนใดส่วนหนึ่งของส่วนอิเล็คทรอนิค โดยใช้ชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิคและสามารถทำหน้าที่ได้เองตามที่ออกแบบ

ตัวอย่าง A/D converter, display matrix ฯลฯ

T.2.4 ส่วนแสดงค่า (Indicating device) คือ ส่วนหนึ่งของส่วนชั่งน้ำหนัก (Load-measuring device) ที่ใช้แสดงผลการชั่งโดยตรง

T.2.4.1 ชิ้นส่วนแสดงค่า (Indicating Component) คือ ส่วนที่แสดงความสมดุลและ/หรือผลการชั่ง สำหรับเครื่องชั่งที่มีตำแหน่งสมดุลเพียงตำแหน่งเดียว ชิ้นส่วนแสดงค่าจะแสดงเฉพาะตำแหน่งสมดุลเดียวเท่านั้น (ที่เรียกว่าตำแหน่ง "ศูนย์"(zero))

สำหรับเครื่องชั่งที่มีตำแหน่งสมดุลหลายตำแหน่ง ชิ้นส่วนแสดงค่าจะแสดงทั้งตำแหน่งสมดุลและผลการชั่ง สำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค ชิ้นส่วนแสดงค่าก็คือ Display

T.2.4.2 ขั้นหมายมาตรา (Scale mark) คือ ขีดหรือฟันเลื่อยหรือเครื่องหมายอื่นๆบนที่แสดงค่าน้ำหนัก

T.2.4.3 ฐานขั้นหมายมาตรา (Scale Base) คือ เส้นสมมติที่อยู่กึ่งกลางของขั้นหมายมาตราที่สั้นที่สุด

T.2.5 ส่วนแสดงค่าช่วยเสริม (Auxiliary indicating devices)

T.2.5.1 ไรเดอร์ (Rider) คือ ตุ้มน้ำหนักพิกัดต่ำ ๆ สามารถถอดประกอบได้ โดยใช้วางและเลื่อนไปมาบนคันชั่งย่อยได้ตลอดคันชั่งไม่ว่าบนคันที่มีขั้นหมายมาตราหรือไม่มีก็ตาม

T.2.5.2 เครื่องที่ใช้ในการอ่านค่าประมาณค่าระหว่างค่าที่ทราบ (Device for interpolation of reading ; vernier or nonius) คือ ส่วนที่เชื่อมอยู่กับชิ้นส่วนแสดงค่า (the indicating element) และการแบ่งย่อยขั้นหมายมาตราของเครื่องชั่ง โดยไม่มีการปรับพิเศษใด ๆ

T.2.5.3 ส่วนแสดงค่าประกอบ (Complementary Indicating Device) คือ ส่วนที่สามารถปรับแต่งได้ด้วยวิธีการการประมาณค่าในหน่วยของมวล ค่ามวลที่ประมาณดังกล่าวจะสอดคล้องกับระยะทางระหว่างขั้นหมายมาตราและชิ้นส่วนแสดงค่า (indicating component)

T.2.5.4 ส่วนแสดงค่าด้วยค่าขั้นหมายแตกต่างกัน (Indicating device with differentiated scale division) คือ ส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลที่มีตัวเลขตำแหน่งสุดท้ายหลังจุดทศนิยมแตกต่างจากตัวเลขตำแหน่งอื่นอย่างเห็นได้ชัดเจน

T.2.6 เครื่องแสดงขยาย (Extended Indicating Device) คือ ส่วนที่ทำการเปลี่ยนขั้นหมายมาตราจริง (d) ให้มีค่าน้อยกว่าค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (e) อย่างชัดเจนตามคำสั่ง

T.2.7 ส่วนเสริม (Supplementary Devices)

T.2.7.1 ส่วนปรับระดับ (Leveling device) คือ ส่วนที่ใช้ปรับให้เครื่องชั่งอยู่ในแนวระดับ

T.2.7.2 ส่วนตั้งศูนย์ (Zero-setting device) คือ ส่วนที่ใช้ปรับให้เครื่องชั่งแสดงค่าน้ำหนักเป็นศูนย์เมื่อไม่มีน้ำหนักใดๆบนส่วนรับน้ำหนัก

T.2.7.2.1 ส่วนตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติ (Non-automatic zero-setting device) คือ ส่วนที่ใช้ปรับให้เครื่องชั่งแสดงค่าน้ำหนักเป็นศูนย์ โดยผู้ชั่งต้องทำการปรับจนกว่าเครื่องชั่งจะแสดงค่าศูนย์

T.2.7.2.2 ส่วนตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic zero-setting device) คือ ส่วนที่ใช้ปรับให้เครื่องชั่งแสดงค่าน้ำหนักเป็นศูนย์โดยอัตโนมัติเมื่อได้รับคำสั่งจากผู้ชั่ง

T.2.7.2.3 ส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero-setting device) คือ ส่วนที่ใช้ปรับให้เครื่องชั่งแสดงค่าน้ำหนักเป็นศูนย์โดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องรอคำสั่งจากผู้ชั่ง

T.2.7.2.4 ส่วนตั้งศูนย์ครั้งแรก (Initial zero-setting device) คือ ส่วนที่ใช้ปรับให้เครื่องชั่งแสดงค่าน้ำหนักเป็นศูนย์โดยอัตโนมัติเมื่อเครื่องชั่งเริ่มทำงาน

T.2.7.3 ส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) คือ ส่วนที่ทำให้เครื่องชั่งแสดงค่าน้ำหนักเป็นศูนย์อยู่เสมอโดยอัตโนมัติ ภายในช่วงที่กำหนดให้

T.2.7.4 ส่วนทดน้ำหนัก (Tare device) คือ ส่วนที่ทำให้เครื่องชั่งแสดงค่าน้ำหนักเป็นศูนย์ ขณะที่ยังมีสิ่งของอยู่บนส่วนรับน้ำหนัก
- โดยไม่เปลี่ยนช่วงการชั่ง (the weighing range) สำหรับน้ำหนักสุทธิ (additive tare device) หรือ
- ทำให้ช่วงการชั่งของเครื่องชั่งลดลงสำหรับน้ำหนักสุทธิ (Subtractive tare device)

ส่วนทดน้ำหนักอาจเป็น

- **ส่วนทดน้ำหนักไม่อัตโนมัติ (Non-automatic tare device)** คือ ส่วนทดน้ำหนักที่ผู้ชั่งต้องทำการปรับสมดุลของน้ำหนักที่ทดเอง
- **ส่วนทดน้ำหนักกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic tare device)** คือ ส่วนทดน้ำหนักที่ผู้ชั่งต้องสั่งให้ส่วนทดน้ำหนักทำการปรับสมดุลของน้ำหนักที่ทด
- **ส่วนทดน้ำหนักอัตโนมัติ (Automatic tare device)** คือ ส่วนทดน้ำหนักที่ทำการปรับสมดุลของน้ำหนักที่ทดได้เอง โดยไม่ต้องรอคำสั่งจากผู้ชั่ง

T.2.7.4.1 ส่วนปรับสมดุลน้ำหนักที่ทดไว้ (Tare-balancing device) คือ ส่วนทดน้ำหนักที่ไม่แสดงค่าน้ำหนักที่ทดไว้ ขณะมีน้ำหนักอยู่บนเครื่องชั่ง

T.2.7.4.2 ส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ (Tare-weighing device) คือ ส่วนทดน้ำหนักที่เก็บค่าน้ำหนักที่ทดไว้และแสดงหรือพิมพ์ค่าน้ำหนักทดไว้ออกมาได้ ไม่ว่าจะมีน้ำหนักอยู่บนเครื่องชั่งหรือไม่

T.2.7.5 ส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (Preset tare device) คือ ส่วนที่ใช้สำหรับตั้งน้ำหนักทดไว้ล่วงหน้า และเมื่อทำการชั่งน้ำหนัก เครื่องชั่งจะแสดงค่าน้ำหนักเท่ากับ น้ำหนักของสิ่งของที่ชั่งลบด้วยค่าน้ำหนักทดที่ตั้งไว้ล่วงหน้า

T.2.7.6 ส่วนล็อค (Locking device) คือ ส่วนที่ป้องกันไม่ให้กลไกบางส่วนหรือทั้งหมดของเครื่องชั่งเคลื่อนที่

T.2.7.7 ส่วนตรวจรับรองช่วยเสริม (Auxiliary Verification Device) คือ ส่วนที่ยอมให้ตรวจรับรองแยกออกไปได้ของส่วนหนึ่ง หรือส่วนหลักของของเครื่องชั่งที่สามารถแยกออกไปตรวจรับรองได้ต่างหาก

T.2.7.8 ส่วนที่ใช้เลือกหรือสลับระหว่างหลายส่วนรับน้ำหนักกับหลายส่วนชั่งน้ำหนัก (Selection device for load receptors and load-measuring device) คือ ส่วนที่ทำการต่อเชื่อมส่วนรองรับน้ำหนักที่มีมากกว่า 1 ส่วนเข้ากับส่วนชั่งน้ำหนักที่มีมากกว่า 1 ส่วน โดยใช้ส่วนส่งผ่านน้ำหนัก (Load transmitting device) แบบใดก็ได้

T.2.7.9 ส่วนทำให้การแสดงค่ามีเสถียรภาพ (Indication stabilizing device) คือ ส่วนที่รักษาการแสดงค่าน้ำหนักให้คงที่ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

T.3 คุณสมบัติทางชั่งตวงวัดของเครื่องชั่ง

T.3.1 พิกัดกำลังการชั่ง (Weighing Capacity)

T.3.1.1 พิกัดกำลังสูงสุด (Maximum capacity, Max) คือ ความสามารถของเครื่องชั่งที่สามารถชั่งน้ำหนักได้มากที่สุด โดยไม่รวมกับความสามารถในการทดน้ำหนัก

T.3.1.2 พิกัดกำลังต่ำสุด (Minimum capacity, Min) คือ ความสามารถของเครื่องชั่งที่สามารถชั่งน้ำหนักได้น้อยที่สุด โดยไม่ทำให้ผลการชั่งมีผลผิดสัมพัทธ์มากเกินกว่าที่ควรจะนำเครื่องชั่งไปใช้

T.3.1.3 พิกัดแสดงค่าได้เอง (Self-indication capacity) คือ พิกัดกำลังการชั่งภายในช่วงการชั่งที่เครื่องชั่งสามารถเข้าสู่สภาวะสมดุลได้เองโดยไม่มีต้องการผู้ใช้ควบคุม

T.3.1.4 ช่วงการชั่ง (Weighing range) คือ ช่วงระหว่างพิกัดกำลังต่ำสุดและพิกัดกำลังสูงสุด

T.3.1.5 ช่วงขยายของการแสดงค่าได้เอง (Extension interval of self-indication) คือ ค่าของช่วงการแสดงค่าได้เองของเครื่องชั่งที่สามารถขยายเพิ่มขึ้นได้ภายในช่วงการชั่ง

T.3.1.6 ค่าการทดน้ำหนักมากที่สุด (Maximum tare effect , T = +....., T = -.....) คือ พิกัดสูงสุดของส่วนทดน้ำหนักทั้งแบบที่เปลี่ยนแปลงและไม่เปลี่ยนแปลงช่วงการชั่ง

T.3.1.7 น้ำหนักปลอดภัยสูงสุด (Maximum safe load , Lim) คือ น้ำหนักมากที่สุดที่เครื่องชั่งรับได้โดยไม่ทำให้คุณภาพและความถูกต้องของเครื่องชั่งเปลี่ยนไป

T.3.2 Scale division

T.3.2.1 ช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตรา (Scale spacing) ของเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบอนาล็อก คือ ช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตรา 2 ขั้นที่ต่อเนื่องกัน โดยวัดจากขอบของขั้นหมายมาตราหนึ่งถึงขอบของขั้นหมายมาตราอีกขั้นหนึ่ง ตามแนวกึ่งกลางของเส้นขั้นหมายมาตราที่สั้นที่สุด

T.3.2.2 ค่าขั้นหมายมาตราของเครื่องชั่ง (Actual scale interval, d) คือ ค่าที่แสดงเป็นหน่วยของน้ำหนักของ

- ความแตกต่างระหว่างค่าของขั้นหมายมาตรา 2 ขั้นที่ต่อเนื่องกัน (สำหรับการแสดงค่าแบบอนาล็อก) หรือ
- ความแตกต่างระหว่างค่าที่แสดง 2 ค่าที่ต่อเนื่องกัน (สำหรับการแสดงค่าแบบดิจิตอล)

T.3.2.3 ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (Verification scale interval, e) คือ ค่าที่ใช้สำหรับแบ่งชั้นความเที่ยงของเครื่องชั่งและสำหรับการคำนวณค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดในการตรวจสอบให้คำรับรองเครื่องชั่ง ค่านี้แสดงเป็นหน่วยของน้ำหนัก

T.3.2.4 ช่วงขั้นหมายมาตราที่มีตัวเลขแสดงอัตราน้ำหนัก (Scale interval of numbering) คือ ค่าของความแตกต่างระหว่างขั้นหมายมาตราที่มีตัวเลขแสดงอัตราน้ำหนัก 2 ขั้นหมายมาตราที่ต่อเนื่องกัน

T.3.2.5 จำนวนช่องขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (Number of verification scale intervals, n) สำหรับเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งเพียงช่วงเดียว คือ อัตราส่วนระหว่างค่าพิกัดกำลังสูงสุดกับค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง

$$\text{จำนวนช่องขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (n)} = \frac{\text{ค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max)}}{\text{ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (e)}}$$

T.3.2.6 เครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (Multi – interval instrument) คือ เครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่ง 1 ช่วง และช่วงการชั่งนี้ถูกแบ่งออกเป็นช่วงการชั่งย่อยๆหลายช่วง โดยที่ช่วงการชั่งย่อยแต่ละช่วงจะมีค่าช่องขั้นหมายมาตราที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ช่วงการชั่งจะเปลี่ยนค่าช่องมาตราต่ำสุดได้เมื่อทำการชั่งน้ำหนักที่อยู่ในช่วงน้ำหนักนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นการชั่งแบบเพิ่มน้ำหนัก หรือทอนน้ำหนัก

T.3.2.7 เครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instrument) คือ เครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งตั้งแต่ 2 ช่วงขึ้นไป แต่ละช่วงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดและมีค่าช่องขั้นหมายมาตราที่แตกต่างกัน โดยมีส่วนรับน้ำหนักอันเดียวกัน และในแต่ละช่วงการชั่งจะต้องเริ่มจากน้ำหนักศูนย์ถึงพิกัดกำลังสูงสุดของช่วงการชั่งนั้น

T.3.3 อัตราส่วนการลด (Reduction ratio; R) คือ อัตราส่วนระหว่างแรงที่กระทำบนส่วนชั่งน้ำหนักกับแรงที่กระทำบนส่วนรับน้ำหนัก

$$R = \frac{FM}{FL}$$

เมื่อ

เมื่อ

FM คือแรงกระทำบนส่วนชั่งน้ำหนัก (the load measuring device)

FL คือแรงกระทำบนส่วนรับน้ำหนัก (the load receptor)

T.4. คุณสมบัติทางชั่งตวงวัด (Metrological properties of an instrument)

T.4.1 ความรู้สึก (Sensitivity) ความรู้สึกของเครื่องชั่งที่อัตราน้ำหนักใดๆ คือ อัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงการแสดงค่าหรือสมดุลใดๆของเครื่องชั่ง ต่อการเปลี่ยนน้ำหนักที่ชั่ง

$$\text{ความรู้สึก(k)} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงการแสดงค่าหรือสมดุล } (\Delta I)}{\text{การเปลี่ยนน้ำหนักที่ชั่ง } (\Delta m)}$$

T.4.2 ดิสคริมิเนชั่น (Discrimination) คือ ความสามารถของเครื่องชั่งที่ในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักน้อยๆ

ค่าดิสคริมิเนชั่น (discrimination threshold) ที่ค่าน้ำหนักใดๆ คือ ค่าน้ำหนักน้อยที่สุดที่เติมเข้าไปหรือเอาออกจากเครื่องชั่งแล้วทำให้เครื่องชั่งแสดงค่าเปลี่ยนไป

T.4.3 ความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability) คือ ความสามารถของเครื่องชั่งที่ให้ผลการชั่งที่สอดคล้องกันในการชั่งสิ่งของสิ่งเดียวกันหลายครั้งๆ โดยใช้ผู้ชั่ง วิธีการชั่ง และสภาวะแวดล้อมเดียวกัน

T.4.4 ความคงทน (Durability) คือ ความสามารถของเครื่องชั่งที่จะรักษาสมรรถนะของเครื่องในช่วงอายุการใช้งานที่กำหนด

T.4.5 ระยะเวลาอุ่นเครื่อง (Warm-up Time) คือ เวลาตั้งแต่เริ่มจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าเครื่องชั่งจนถึงเวลาที่เครื่องชั่งสามารถทำงานได้ถูกต้องตามข้อกำหนดนี้

T.5 การแสดงค่าและผลผิด (Indications and Errors)

T.5.1 วิธีการแสดงค่า (Method of Indication)

T.5.1.1 การแสดงค่าโดยการทำให้สมดุลด้วยตุ้มน้ำหนัก (Balancing by weight) คือ การอ่านค่าน้ำหนักของสิ่งของที่ชั่งได้ด้วยตุ้มน้ำหนักที่ใช้ถ่วงให้เครื่องชั่งสมดุลกับน้ำหนักที่ชั่ง

T.5.1.2 การแสดงค่าแบบอนาล็อก (Analog indication) คือ การแสดงค่าด้วยขีดขั้นหมายมาตราและตัวชี้ที่สามารถประมาณค่าน้ำหนักในระหว่างช่องขั้นหมายมาตราได้ เมื่อเครื่องชั่งสมดุล

T.5.1.3 การแสดงค่าแบบดิจิตอล (Digital indication) คือ การแสดงค่าด้วยตัวเลขขั้นหมายมาตราที่เรียงต่อเนื่องกัน โดยไม่สามารถประมาณค่าระหว่างช่องขั้นหมายมาตราได้ เมื่อเครื่องชั่งสมดุล

T.5.2 ผลการชั่ง (Weighing Results)

หมายเหตุ คำจำกัดความต่อไปนี้ใช้เฉพาะเมื่อปรับให้เครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์ก่อนวางน้ำหนักบนเครื่องชั่ง

T.5.2.1 ค่าน้ำหนักทั้งหมด (Gross Value; G or B) คือ ค่าน้ำหนักที่ชั่งได้บนเครื่องชั่งในขณะที่ส่วนทดน้ำหนัก (Tare device) หรือส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (Preset tare device) ไม่ทำงาน

T.5.2.2 ค่าน้ำหนักสุทธิ (Net Value) คือ ค่าน้ำหนักที่ชั่งได้บนเครื่องชั่งหลังจากมีการทดน้ำหนักโดยส่วนทดน้ำหนัก (Tare device)

T.5.2.3 ค่าน้ำหนักทด(Tare value) คือ ค่าน้ำหนักที่ชั่ง ได้จากส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ (Tare-weighing device)

T.5.3 ค่าน้ำหนักอื่น ๆ (Other Weight Values)

T.5.3.1 ค่ากำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (Preset Tare Value; PT) คือ ค่าตัวเลขแทนค่าน้ำหนักที่ถูกป้อนส่งผ่าน (introduced) เข้าไปในเครื่องชั่ง
"ส่งผ่าน" (introduced) รวมถึงขั้นตอน เช่นการป้อนข้อมูลลงไป, เรียกข้อมูลจากส่วนเก็บข้อมูล หรือส่งข้อมูลผ่าน Interface เข้าเครื่องชั่ง

T.5.3.2 ค่าน้ำหนักสุทธิที่คำนวณได้ (Calculated Net value) คือ ค่าของความแตกต่างระหว่างค่าน้ำหนักทั้งหมด หรือน้ำหนักสุทธิกับค่ากำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า

T.5.3.3 ค่าน้ำหนักรวมที่คำนวณได้ (Calculated Total weight value) คือ ผลรวมที่คำนวณได้จากค่าน้ำหนัก และ/หรือ ค่าน้ำหนักสุทธิที่คำนวณได้

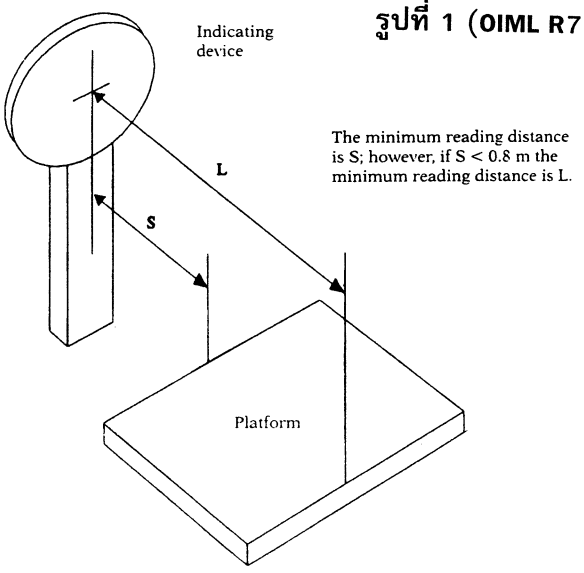
T.5.4 การอ่าน (Reading)

T.5.4.1 การอ่านด้วยการจัดเรียงลำดับข้อความอย่างง่าย (Reading by Simple Juxtaposition) คือ การอ่านผลการชั่งโดยการอ่านค่าผลการชั่ง, อักษรย่อและสัญลักษณ์ต่างๆมีการจัดเรียงกันอย่างเป็นระเบียบง่ายต่อการอ่าน โดยไม่ต้องนำค่าไปคำนวณผลการชั่งต่อ

T.5.4.2 ความไม่ถูกต้องของการอ่านทั้งหมด (Overall inaccuracy of reading) คือ ความไม่ถูกต้องของการอ่านทั้งหมดจากเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบอนาล็อกมีค่าเท่ากับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการอ่านการแสดงค่าเดียวกัน (the standard deviation of the same indication) ภายใต้สภาวะปกติด้วยผู้ชั่งหลาย ๆ คน
โดยปกติต้องทำการอ่านผลการชั่งอย่างน้อย 10 ครั้ง

T.5.4.3 ผลผิดที่เกิดจากการปัดค่าของการแสดงค่าแบบดิจิตอล (Rounding Error of Digital Indication) คือ ความแตกต่างระหว่างการแสดงค่าแบบดิจิตอลกับผลที่เครื่องชั่งให้ด้วยการแสดงค่าแบบอนาล็อก

T.5.4.4 ระยะห่างของการอ่านน้อยที่สุด (Minimum Reading Distance) คือ ระยะทางที่สั้นที่สุดที่ผู้ชั่งสามารถเข้าไปอ่านค่าผลการชั่งที่ส่วนแสดงค่าได้อย่างอิสระภายใต้สภาวะการใช้งานปกติ
การเข้าไปถึงส่วนแสดงค่าได้อย่างอิสระนั้นให้พิจารณามีบริเวณที่ว่างสำหรับผู้อ่านผลการชั่งบริเวณหน้าส่วนแสดงค่าเป็นอย่างน้อย 0.8 ม.



รูปที่ 1 (OIML R76-1)

T.5.5 ผลผิด (Errors)
(ดูรูปที่ 2 เพื่อทำความเข้าใจพร้อมกับคำนิยาม)

T.5.5.1 ผลผิดของการแสดงค่า (Error of Indication) คือ ค่าที่เครื่องชั่งแสดงลบด้วยค่าจริง (the conventional true value) ของมวล

T.5.5.2 ผลผิดแฝง (Intrinsic Error) คือ ผลผิดของเครื่องชั่งภายใต้สภาวะอ้างอิง

T.5.5.3 ผลผิดแฝงเริ่มต้น (Initial Intrinsic Error) คือ ผลผิดจริงของเครื่องชั่งที่หาได้ก่อนทำการทดสอบสมรรถนะ และการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test, B.4)

T.5.5.4 อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (Maximum permissible error) คือ ความแตกต่างทางบวกหรือทางลบที่มากที่สุดที่กำหนดในนี้ระหว่างการแสดงค่าของเครื่องชั่งและค่าจริงของสิ่งของชั่งเดียวกัน โดยหาด้วยการใช้มวลของแบบมาตราในขณะที่เครื่องชั่งต้องแสดงค่าศูนย์เมื่อไม่มีน้ำหนักขณะอยู่ในตำแหน่งอ้างอิง

T.5.5.5 ความผิด (Fault) คือ ความแตกต่างระหว่างผลผิดของการแสดงค่าและผลผิดจริง (Intrinsic Error) ของเครื่องชั่ง

หมายเหตุ โดยหลักการแล้ว ความผิด คือ ผลของการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต้องการของข้อมูลที่อยู่ในหรือส่งออกมาจากเครื่องชั่งอิเลคทรอนิค

T.5.5.6 ความผิดที่มีนัยสำคัญ (Significant Fault) คือ ความผิดที่มีค่ามากกว่า e

หมายเหตุ สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (Multi - interval instrument) ค่า e คือค่าขั้นหมายมาตราของช่วงการชั่งย่อย (partial weighing range) ที่เหมาะสม
สิ่งต่อไปนี้ไม่ถูกพิจารณาว่าเป็นความผิดที่มีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าความผิดดังกล่าวมีค่าเกินกว่า e

- ความผิดที่เกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ในเวลาเดียวกันและมีสาเหตุที่ไม่ขึ้นต่อกันภายในเครื่องชั่ง
- ความผิดที่แสดงให้เห็นว่าเป็นไปไม่ได้ที่จะกระทำการวัด
- ความผิดที่มากจนเกินไปจนความผิดดังกล่าวถูกนำไปร่วมกับผลการชั่งทั้งหมด
- ความผิดที่เกิดขึ้นในระยะสั้น ๆ ของการแสดงค่า และไม่สามารถตีความว่าเกิดอะไรขึ้นหรือมีการบันทึกหรือส่งข้อมูลเป็นผลการชั่งแต่ไม่มีผลกระทบกับผลการชั่ง

T.5.5.7 ผลผิดความคงทน (Durability Error) คือ ผลต่างระหว่างผลผิดจริง (Intrinsic Error) ตลอดช่วงระยะที่ใช้งานเครื่องชั่งกับผลผิดจริงครั้งแรก (Initial Intrinsic Error) ของเครื่องชั่ง

T.5.5.8 ผลผิดความคงทนที่มีนัยสำคัญ (Significant Durability Error) คือ ผลผิดความคงทนที่มีค่ามากกว่า e

หมายเหตุ 1. ผลผิดความคงทนอาจเกิดจากสาเหตุของการสึกกร่อนทางเมคคานิกหรือการฉีกขาดหรือเนื่องจากการขยับช่วง (drift) และอายุของชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิค หลักการของผลผิดความคงทนที่มีนัยสำคัญใช้เฉพาะกับชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิค

2. สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (Multi - interval instrument) ค่า e ที่ใช้ต้องเหมาะสมกับค่าน้ำหนักตกลงในช่วงการชั่งย่อยใด

สิ่งต่อไปนี้ไม่จัดเป็นผลผิดความคงทนที่มีนัยสำคัญ แม้จะมีค่ามากกว่า e

ผลผิดที่เกิดขึ้นหลังจากการใช้งานเครื่องชั่งเป็นระยะเวลาหนึ่ง และสามารถบ่งบอกได้ว่าเป็นผลมาจากส่วน/ชิ้นส่วนเกิดล้มเหลวในการทำงาน หรือผลจากทำการรบกวนและ และการแสดงค่า

- ที่ไม่สามารถตีความได้, บันทึก หรือส่งถ่ายข้อมูลให้เป็นผลการชั่ง
  หรือ
- เป็นการแสดงค่าที่เป็นการบอกเป็นนัยว่า เป็นไปไม่ได้ที่ได้ผลการวัดเช่นนั้น หรือ
- ความผิดที่มากจนเกินไปจนความผิดดังกล่าวถูกนำไปร่วมกับผลการชั่งทั้งหมด

T.5.5.9 ความเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability) คือ ความสามารถของเครื่องชั่งในการรักษาความแตกต่างระหว่างการแสดงค่าน้ำหนักที่พิกัดสูงสุด และการแสดงค่าที่ศูนย์ หลังการใช้งานเครื่องชั่งในช่วงเวลาที่กำหนด

T.6 สภาวะอ้างอิงและสภาวะเงื่อนไขอื่น ๆ (Influences and Reference Conditions)

T.6.1 ปริมาณที่มีผลกระทบ (Influence Quantity) คือ ปริมาณที่มิใช่ปริมาณที่ต้องการวัดแต่มีผลกระทบกับค่าที่ต้องการวัดหรือการแสดงค่าของเครื่องชั่ง

T.6.1.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบ (Influence Factor) คือ ปริมาณที่มีผลกระทบที่มีค่าภายในสภาวะการทำงานที่กำหนดเฉพาะไว้ (the specified rated operating conditions) ของเครื่องชั่ง

T.6.1.2 การรบกวน (Disturbance) คือ ปริมาณที่มีผลกระทบที่มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดนี้ แต่อยู่นอกสภาวะการทำงานที่กำหนดเฉพาะไว้ (the specified rated operating conditions) ของเครื่องชั่ง

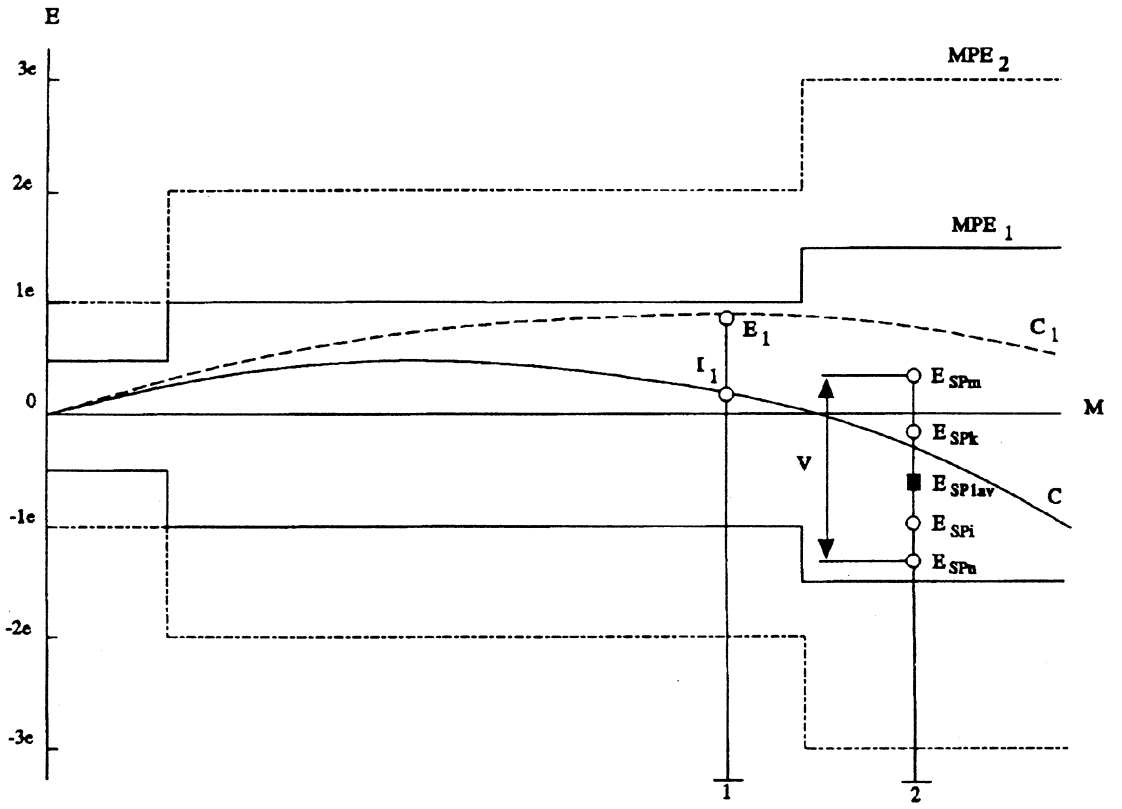
T.6.2 สภาวะการทำงานที่กำหนด (Rated Operating Conditions) คือ สภาวะเงื่อนไขการใช้ โดยกำหนดให้เป็นช่วงของค่าของปริมาณที่มีผลกระทบ ซึ่งเมื่อเครื่องชั่งทำงานภายใต้ช่วงของสภาวะของปริมาณที่มีผลกระทบดังกล่าวแล้วยังคงมีคุณสมบัติการทำงานและมีความถูกต้องอยู่ภายในอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กำหนด

T.6.3 สภาวะอ้างอิง (Reference Conditions) คือ การกำหนดค่าของปัจจัยที่มีผลกระทบ (Influence Factor) ทั้งหลายเพื่อให้แน่ใจว่ายังคงให้ผลการชั่งที่ยังเชื่อถือได้

T.6.4 ตำแหน่งอ้างอิง (Reference Position) คือ ตำแหน่งของเครื่องชั่งก่อนที่ทำการปรับ

T.7 การทดสอบสมรรถนะ (Performance Test) คือการทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าอุปกรณ์ภายใต้การทดสอบ (Equipment under test; EUT) ยังคงมีขีดความสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบได้อยู่อีกหรือไม่

Figure 2 **รูปที่ 2 (OIML R76-1)**
Illustration of certain terms used



M = mass to be measured
E = error of indication (T.5.5.1)
MPE_1 = maximum permissible error on initial verification
MPE_2 = maximum permissible error in service
C = characteristic under reference conditions
C_1 = characteristic due to influence factor or disturbance (*)
E_{SP} = error of indication evaluated during span stability test
I = intrinsic error (T.5.5.2)
V = variation in the errors of indication during span stability test

สถานะการณ์ที่ 1 แสดงผลผิด E_1 ของเครื่องชั่งเนื่องจากปัจจัยที่มีผลกระทบ (Influence Factor) หรือการรบกวน (Disturbance) และ I_1 คือผลผิดจริง(Intrinsic Error) ดังนั้นผลผิด (T.5.5.5) เนื่องจากปัจจัยที่มีผลกระทบหรือการรบกวนมีค่าเท่ากับ $E_1 - I_1$

สถานะการณ์ที่ 2 แสดงผลผิดเฉลี่ย E_{SP1av} ของผลผิดในการวัดครั้งแรกสำหรับการทดสอบความเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test) นอกจากนี้ผลผิดอื่น ๆ เช่น E_{SPi} และ E_{SPk} และค่าผล

ผิดมากที่สุดและน้อยที่สุด (extreme values of the error) E_{SPm} และ E_{SPn} ค่าผลผิดทั้งหมดเหล่านี้ถูกประเมินในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันในระหว่างทำการทดสอบความเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test) การเปลี่ยนแปลงของค่าผลผิด (V) ของการแสดงค่าระหว่างการทดสอบความเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test) มีค่าเท่ากับ $E_{SPm} - E_{SPn}$

1.(R76-1) ขอบเขตและจุดประสงค์ (Scope)

OIML R76-1 เป็นเอกสารนี้ข้อกำหนดและแนวทางปฏิบัติทางชั่งตวงวัดและทางเทคนิคสำหรับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติที่อยู่ภายใต้การควบคุมของกฎหมายในประเทศที่ทันสมัยหลายประเทศโดยเฉพาะเครื่องชั่งเพื่อใช้ประโยชน์ในทางการค้า

อีกทั้งเพื่อตั้งใจที่จะจัดให้มีข้อกำหนดและกระบวนการทดสอบที่เป็นมาตรฐานในการประเมินคุณสมบัติทางชั่งตวงวัดและทางเทคนิคให้เป็นรูปแบบเดียวกันและสอบเทียบกันได้เท่าเทียบกันทั่วโลกทุกๆภูมิภาค

2.(R76-1) หลักการ (Principles of the Recommendation)

2.1(R76-1) หน่วยการวัด (Units of measurement)

หน่วยของมวลที่ใช้ในการวัดคือ กิโลกรัม (กก.), กรัม (ก.), มิลลิกรัม (มก.) เป็นต้น

สำหรับการใช้งานพิเศษ เช่น การซื้อขายอัญมณี อาจใช้หน่วยการวัดเป็นเมตริก กะหรัต สัญลักษณ์ แทนกะหรัต คือ กต. (carat-ct)

2.2(R76-1) หลักการของข้อกำหนดทางชั่งตวงวัด (Principles of the metrological requirements)

ข้อกำหนดนี้ใช้กับเครื่องชั่งทุกแบบโดยไม่คำนึงถึงหลักการวัดน้ำหนักของเครื่องชั่ง ดังนั้นเครื่องชั่งถูกจัดแบ่งออกตาม

- ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (Verification scale interval, e) เป็นตัวแทนของความแม่นยำสัมบูรณ์ (Absolute accuracy) และ
- จำนวนช่องขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง เป็นตัวแทนของความแม่นยำสัมพัทธ์ (Relative accuracy)

และอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (Maximum Permissible Error) ของเครื่องชั่งจะกำหนดเป็นลำดับของจำนวนช่องขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง

ในขณะที่การกำหนดพิกัดกำลังต่ำสุด (Min) ก็เพื่อบ่งบอกว่าการใช้เครื่องชั่งเพื่อทำการชั่งน้ำหนักน้อย ๆ จะให้ผลการชั่งที่มีผลผิดสัมพัทธ์ (relative error) สูงมากเกินไป

2.3(R76-1) หลักการของข้อกำหนดทางเทคนิค (Principle of the technical requirements)

ข้อกำหนดทางเทคนิคทั่วไปนี้จะใช้กับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติซึ่งมีหลักการทำงานไม่ว่ารูปแบบใด ไม่ว่าจะเป็นแบบเมคคานิกหรืออิเล็คทรอนิคและอาจมีการเสริมข้อกำหนดอื่นเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์มากขึ้นสำหรับข้อกำหนดของเครื่องชั่งที่ใช้ในงานพิเศษ หรือออกแบบมาสำหรับเทคโนโลยีพิเศษ ข้อกำหนดทางเทคนิคเป็นข้อกำหนดที่ตั้งใจกำหนดสมรรถนะไม่ใช่เป็นกำหนดวิธีการออกแบบ

โดยเฉพาะเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคซึ่งมีหน้าที่การทำงาน (Functions) ซึ่งไม่ได้กล่าวถึงในเอกสารนี้ให้ใช้ได้ทุกอย่างตราบเท่าที่ไม่ขัดกับข้อกำหนดทางชั่งตวงวัด

2.4(R76-1) การประยุกต์ใช้ข้อกำหนด (Application of requirements)

ข้อกำหนดนี้ใช้กับอุปกรณ์ทุกชนิดที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าอุปกรณ์เหล่านี้จะอยู่ภายในเครื่องชั่งหรือผลิตแยกต่างหากแต่สามารถต่อร่วมเพื่อให้ทำงานร่วมกับเครื่องชั่งได้

ตัวอย่าง ส่วนชั่งน้ำหนัก (Load-measuring device)
ส่วนแสดงค่า (Indicating device)
ส่วนพิมพ์ (Printing device)
ส่วนคำนวณราคา (Price calculating device)

นอกจากนี้อาจมีอุปกรณ์บางอย่างที่ไม่ได้ทำงานร่วมกับเครื่องชั่งอาจมีกฎหมายหรือข้อกำหนดอื่นให้ได้รับการยกเว้นไม่ต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดนี้ก็ทำได้

3.(R76-1) ข้อกำหนดทางชั่งตวงวัด (Metrological requirements)

3.1(R76-1) หลักการแบ่งชั้นความเที่ยง (Principles of classification)

3.1.1 ชั้นความเที่ยง (Accuracy classes)

ชั้นความเที่ยงของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติและสัญลักษณ์ให้เป็นไปตามตารางที่ 1(OIML R76-1)

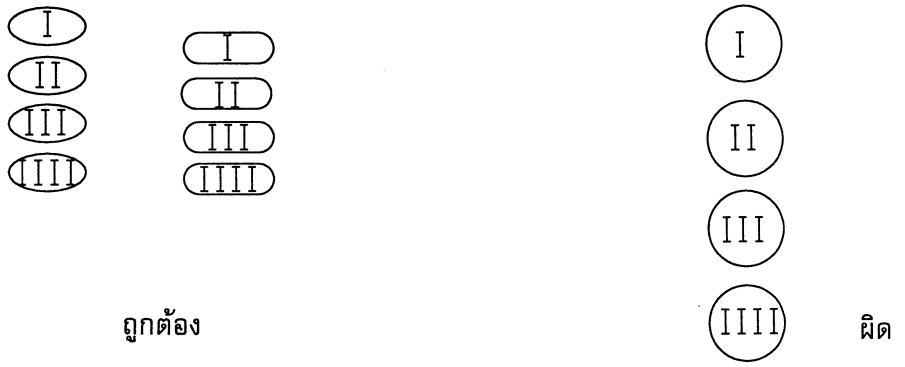
ตารางที่ 1 (OIML R76-1)

ชั้นความถูกต้องพิเศษ	I
ชั้นความถูกต้องสูงสุด	II
ชั้นความถูกต้องปานกลาง	III
ชั้นความถูกต้องธรรมดา	IIII

การกำหนดสัญลักษณ์ของชั้นความเที่ยง ให้ใช้รูปวงรีขนาดใด ๆ หรือใช้เส้นตรงแนวนอน 2 เส้นโดยปิดปลายทั้งสองด้วยครึ่งวงกลมทั้งสองด้านซ้ายขวา แต่ไม่ใช้วงกลมทั้งวงล้อมรอบชั้นความเที่ยง เพราะใน International Recommendation OIML R 34 เรื่อง ชั้นความถูกต้องของเครื่องชั่งได้

ใช้เครื่องหมายวงกลมสำหรับการแสดงชั้นความถูกต้องของเครื่องชั่งที่กำหนดอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดเป็นร้อยละ

❑ ***บทแทรก*** ได้แสดงตัวอย่างไว้ในรูปที่ 127



รูปที่ 127 ตัวอย่างการแสดงเครื่องบ่งบอกถึงชั้นความเที่ยงของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติตาม OIML R76-1

3.1.2 ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรองของเครื่องชั่ง (Verification scale interval)

ช่องมาตราตรวจรับรอง สำหรับเครื่องชั่งชนิดต่างๆ ต้องเป็นไปตามตารางที่ 2(OIML R76-1)

ตารางที่ 2 (OIML R76-1)

เครื่องชั่ง	ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง(e)
เครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าน้ำหนัก โดยไม่มีส่วนแสดงช่วยเสริมสำหรับอ่านค่าละเอียด	e = d
เครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าน้ำหนัก และมีส่วนแสดงช่วยเสริมสำหรับอ่านค่าละเอียด	ให้ผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดค่า e โดยให้เป็นไปตามข้อกำหนด 3.2 และข้อกำหนด 3.4.2
เครื่องชั่งที่ไม่มีส่วนแสดงค่าน้ำหนัก	ให้ผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดค่า e โดยให้เป็นไปตามข้อข้อ 3.2

3.2(R76-1) การแบ่งชั้นเครื่องชั่ง (Classification of instruments)

การจัดระดับความถูกต้องของเครื่องชั่งมีองค์ประกอบที่ต้องพิจารณาคือ ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (Verification scale interval, e) จำนวนช่องขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (number of verification scale interval, n) และพิกัดกำลังต่ำสุด (Minimum capacity. Min) เป็นดังนี้

ตารางที่ 3 (OIML R76-1)

ชั้นความเที่ยง	ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง e	จำนวนขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (n = Max/e)		พิกัดกำลังต่ำสุด(Min.) ไม่น้อยกว่า (Lower limit)
		จำนวนต่ำสุด	จำนวนสูงสุด	
ชั้น I	ตั้งแต่ 0.001 ก. ขึ้นไป (0.001 ก. ≤ e) (*)	50 000 (**)		100e
ชั้น II	ตั้งแต่ 0.001 ก. ถึง 0.05 ก. (0.001 ก. ≤ e ≤ 0.05 ก.)	100	100 000	20e
	ตั้งแต่ 0.1 ก. ขึ้นไป (0.1 ก. ≤ e)	5 000	100 000	50e
ชั้น III	ตั้งแต่ 0.1 ก. ถึง = 2 ก. (0.1 ก. ≤ e ≤ 2 ก.)	100	10 000	20e
	ตั้งแต่ 5 ก. ขึ้นไป (5 ก. ≤ e)	500	10 000	20e
ชั้น IIII	ตั้งแต่ 5 ก. ขึ้นไป (5 ก. ≤ e)	100	1 000	10e

ถ้าเป็นเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instrument) แต่ละช่วงจะต้องเริ่มต้นจากศูนย์เสมอ และในแต่ละช่วงการชั่งมีค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง $e_1, e_2, \ldots e_r$ โดย $e_1 < e_2 < \ldots < e_3$ (เมื่อ r คือเลขลำดับของช่วงการชั่ง) ค่าพิกัดกำลังต่ำสุด (Min.) พิกัดกำลังสูงสุด (Max) และจำนวนช่องขั้นหมายมาตรา (n) ต้องสอดคล้องตามหลักเกณฑ์ในข้อกำหนด 3.2 ด้วย

หมายเหตุ (*) ปกติจะไม่ตรวจสอบและตรวจรับรองเครื่องชั่งที่มีค่า e < 1 มก. เนื่องจากค่าความไม่แน่นอนของค่าน้ำหนักของน้ำหนักที่ตรวจสอบนั้นๆ

(**) ดูข้อยกเว้นในข้อกำหนด 3.4.4

สำหรับเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง ในการทดสอบเครื่องชั่งให้ทดสอบที่แต่ละพิกัดโดยให้ถือแต่ละช่วงการชั่งเสมือนเป็นเครื่องชั่งเครื่องหนึ่ง

เครื่องชั่งสำหรับการใช้งานพิเศษอาจแสดงเครื่องหมายชั้นความเที่ยงของแต่ละช่วงการชั่งแตกต่างกัน เช่น ช่วงการชั่งช่วงที่หนึ่งอยู่ในชั้นความเที่ยง I และอีกช่วงหนึ่งอยู่ในชั้นความเที่ยง II หรือช่วงการชั่งช่วงที่หนึ่งอยู่ในชั้นความเที่ยง II และอีกช่วงหนึ่งอยู่ในชั้นความเที่ยง III ดังนั้นในแต่ละช่วงการชั่งของเครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด 3.9 ตามชั้นความเที่ยงที่ต้องเป็นไปทั้ง 2 ชั้นความเที่ยง

❑ ***บทแทรก*** ยกตัวอย่าง เช่น ตัวอย่าง 1 และตัวอย่าง 2

ตัวอย่าง 1 เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติชนิดหนึ่งพิกัดกำลังสูงสุด 6,000 kg และมีขั้นหมายตราตรวจรับรอง, e 20 kg เครื่องชั่งชนิดนี้จัดอยู่ในชั้นความเที่ยงชั้นใด

เมื่อ e เท่ากับ 20 kg ดังนั้น

จำนวนช่องขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (n) = $\frac{\text{ค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max)}}{\text{ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (e)}}$

$$n = \frac{6000\text{kg}}{20\text{kg}} = 300$$

พิจารณาจากตารางที่ 3 (OIML R76-1) อยู่ในเงื่อนไขของชั้นความเที่ยง III *Ans*

ตัวอย่าง 2 เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติชนิดหนึ่งพิกัดกำลัง 6000 kg และมีขั้นหมายตราตรวจรับรอง, e 10 kg เครื่องชั่งชนิดนี้จัดอยู่ในชั้นความเที่ยงชั้นใด

เมื่อ e เท่ากับ 10 kg ดังนั้น

$$n = \frac{6000\text{kg}}{10\text{kg}} = 600$$

พิจารณาจากตารางที่ 3 อยู่ในเงื่อนไขของชั้นความเที่ยงทั้ง III และ IIII ด้วยเหตุนี้ผู้ผลิตเครื่องชั่งจึงต้องเป็นผู้กำหนดชั้นความเที่ยงเอง *Ans*

❑ ***บทแทรก*** ในการกำหนดชั้นความเที่ยงนั้น ยังต้องกำหนดให้มีพิกัดกำลังต่ำสุด (Min) หรือ Lower Limit ก็เพื่อบ่งบอกว่าการใช้เครื่องชั่งเพื่อทำการชั่งน้ำหนักน้อย ๆ จะให้ผลการชั่งที่มีผลผิดสัมพัทธ์ (relative error) สูงมากเกินไป

$$\frac{\text{MPE.of.Min}}{\text{Min}} \times 100\% \quad \geq \quad \frac{\text{MPE.of.Max}}{\text{Max}} \times 100\%$$

3.3 (R76-1) ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตราได้ (Additional requirements for multi-interval instruments) (ดูตัวอย่าง *)

3.3.1 ช่วงการชั่งย่อย (Partial weighing range) ช่วงการชั่งย่อยแต่ละช่วง (ดัชนี i = 1, 2 ... เมื่อ i คือ เลขลำดับของช่วงการชั่งย่อย) ให้มีลักษณะ ดังนี้

— ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง e_i, $e_{i+1} > e_i$

— พิกัดกำลังสูงสุด Max_i

— พิกัดกำลังต่ำสุด $Min_i = Max_{i-1}$ (สำหรับ i = 1 พิกัดกำลังต่ำสุด Min_1 = Min)

จำนวนขั้นหมายมาตราตรวจรับรองสำหรับช่วงการชั่งย่อย (n_i)แต่ละช่วงเท่ากับ

$$n_i = \frac{Max_i}{e_i}$$

ตัวอย่าง(*) เครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตราได้อัตโนมัติ (multi-interval instruments) พิกัดสูงสุด, Max = 15 กก. ชั้นความเที่ยง III

ขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง	e_1 = 1 ก.	ช่วงการชั่งจาก 0 ถึง 2 กก.
	e_2 = 2 ก.	ช่วงการชั่งจาก 2 ถึง 5 กก.
	e_3 = 10 ก.	ช่วงการชั่งจาก 5 ถึง 15 กก.

เครื่องชั่งมีพิกัดกำลังสูงสุด, Max = 15 กก. และมีพิกัดกำลังต่ำสุด, Min = 20 ก. ช่วงการชั่งย่อยแต่ละช่วงคือ

- Min = 20 ก. Max_1 = 2 กก., e_1 = 1ก., n_1 = 2 000
- Min_2 = 2 กก. Max_2 = 5 กก., e_2 = 2ก., n_2 = 2 500
- Min_3 = 5 กก. Max_3 = Max = 15 กก. e_3 = 10ก., n_3 = 1 500

อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรองชั้นแรก (ดูข้อกำหนด 3.5.1) คือ

จาก m = 400 ก.	=	$400e_1$	อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด = 0.5 ก.
จาก m = 1 600 ก.	=	$1\,600e_1$	อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด = 1.0 ก.
จาก m = 2 100 ก.	=	$1\,050e_2$	อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด = 2.0 ก.
จาก m = 4 250 ก.	=	$2\,125e_2$	อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด = 3.0 ก.
จาก m = 5 100 ก.	=	$510e_3$	อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด = 10.0 ก.
จาก m = 15 000 ก.	=	$1\,500e_3$	อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด = 10.0 ก.

เมื่อไรก็ตามหากการเปลี่ยนแปลงของการแสดงค่าดันเนื่องจากได้รับผลกระทบจากปัจจัยอิทธิพลที่แน่นอนถูกจำกัดให้อยู่ในรูปของค่าเป็นเศษส่วนหรือจำนวนเท่าของ e นั้นหมายความว่า เราจะใช้ค่า e ที่สอดคล้องกับน้ำหนักทดสอบที่ใช้ว่าจะอยู่ในช่วงการชั่งใดและมีค่า e เท่ากับเท่าไร โดยเฉาะค่าที่ศูนย์หรือค่าที่ใกล้ศูนย์ ค่า $e = e_1$

❑ ***บทแทรก*** ดูรูปที่ 128 เพื่อความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น และตัวอย่าง 3 ดังข้างล่างนี้

❑ ***บทแทรก*** **ตัวอย่าง 3** เครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตราได้อัตโนมัติ (multi-interval instruments) พิกัดกำลังสูงสุด, Max = 15 กก. มีขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง, e เท่ากับ 2/5 g, 0-6 kg/6-15 kg, ชั้นความเที่ยง III

นั้นคือ

ขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง e_1 = 2 ก. ช่วงการชั่งจาก 0 ถึง 6 กก.

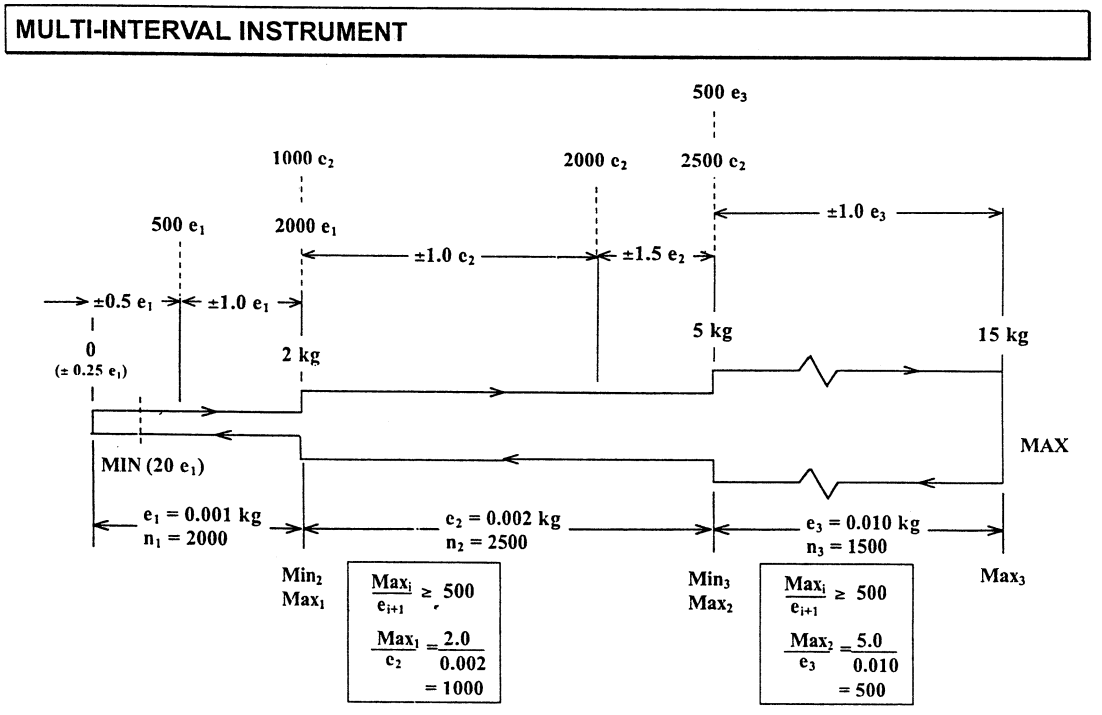
e_2 = 5 ก. ช่วงการชั่งจาก 6 ถึง 15 กก.

- Min = 40 ก. Max_1 = 6 กก., e_1 = 2 ก., n_1 = 3 000
- Min_2 = 6 กก. Max_2 = 15 กก., e_2 = 5 ก., n_2 = 3 000

อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรองชั้นแรก (ดูข้อกำหนด 3.5.1) คือ

จาก m = 1000 ก.	=	$500e_1$	อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด = 1.0 ก.
จาก m = 4000 ก.	=	$2\,000e_1$	อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด = 2.0 ก.
จาก m = 6000 ก.	=	$3\,000e_1$	อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด = 5.0 ก.
จาก m = 2500 ก.	=	$500e_2$	< 6 kg. จึงไม่อยู่ในการพิจารณา
จาก m = 10 000 ก.	=	$2000e_2$	อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด = 5.0 ก.
จาก m = 15 000 ก.	=	$3000e_2$	อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด = 7.5 ก.

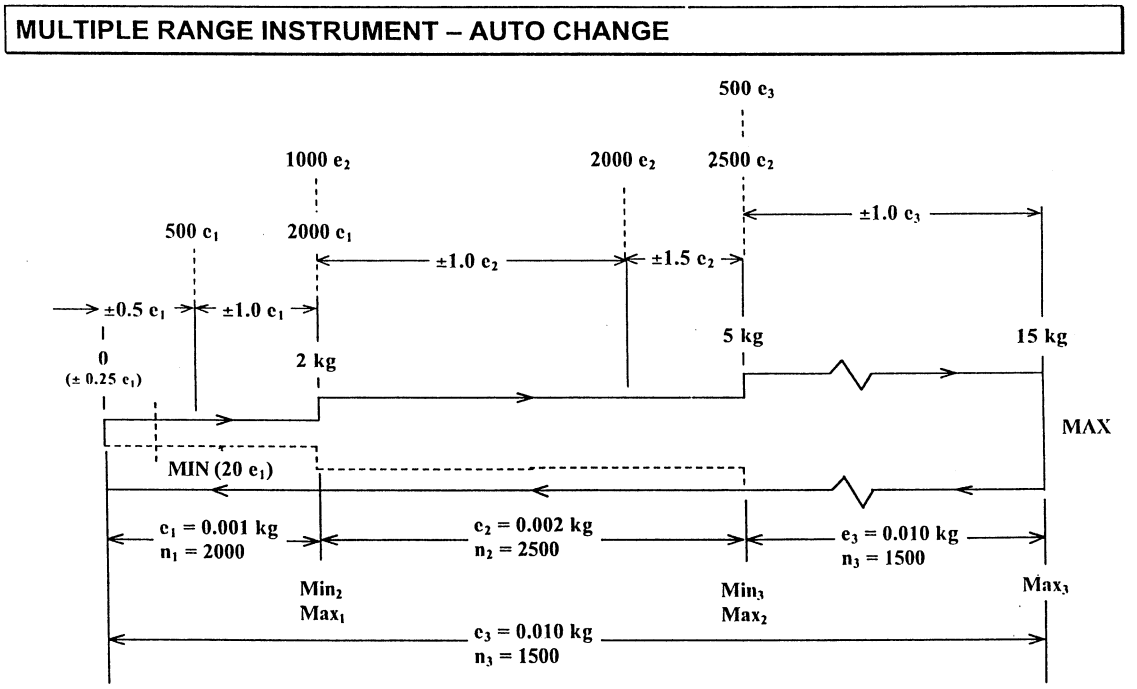
Ans



รูปที่ 128 กราฟแสดงอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตราได้ (Multi-interval instruments)

❑ ***บทแทรก*** **ตัวอย่าง 4** **เครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instrument)** คือ เครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งตั้งแต่ 2 ช่วงขึ้นไป แต่ละช่วงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดและมีค่าขั้นหมายมาตราที่แตกต่างกัน โดยมีส่วนรับน้ำหนักอันเดียวกัน และในแต่ละช่วงการชั่งจะต้องเริ่มจากน้ำหนักศูนย์ถึงพิกัดกำลังสูงสุดของช่วงการชั่งนั้น เครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วงอาจเป็นเครื่องชั่งที่สามารถเปลี่ยนช่วงการชั่งได้เองอัตโนมัติหรือผู้ใช้เครื่องเป็นผู้เลือกและกำหนดช่วงการชั่งเองเป็นเครื่องชั่งพิกัดกำลังสูงสุด 15 กก. โดยมีช่วงดังนี้

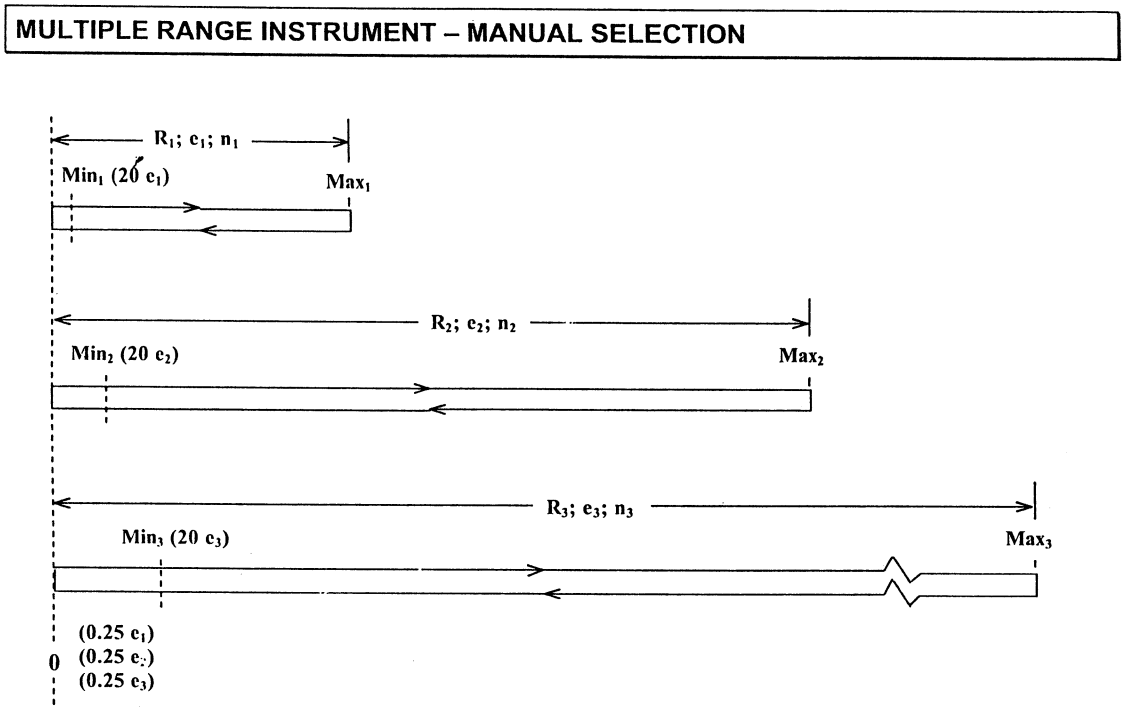
- Min = 20 ก. Max_1 = 2 กก., e_1 = 1ก, n_1 = 2 000
- Min_2 = 2 กก. Max_2 = 5 กก., e_2 = 2 ก, n_2 = 2 500
- Min_3 = 5 กก. Max_3 = Max = 15 กก. e_3 = 10 ก, n_3 = 1 500



รูปที่ 129 กราฟแสดงอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instruments) ชนิดเปลี่ยนช่วงการชั่งได้อัตโนมัติ

เมื่อทำการชั่งน้ำหนัก 15 กก. และเอาออกจากเครื่องชั่งทันที่หลังจากทราบค่า เรามาพิจารณาการทำงานของเครื่องชั่งพบว่าเส้นทางการแสดงค่าของเครื่องชั่งจะเปลี่ยนค่า e ของแต่ละช่วงจนถึง 15 กก. ตามค่าน้ำหนักที่ทำการชั่งคือ 15 กก. และเมื่อเอาน้ำหนักออกจากส่วนรับน้ำหนักไปแล้วเส้นทางการแสดงค่าของเครื่องชั่งจะลดลงด้วยค่า e_3 ตลอดขากลับ ดังแสดงในรูปที่ 129 ใน

กรณีที่เป็นเครื่องชั่งที่ทำการเปลี่ยนช่วงการชั่งหลังจากได้รับคำสั่งหรือกดปุ่มเพื่อเปลี่ยนช่วงการชั่ง ดังแสดงในรูปที่ 130



รูปที่ 130 กราฟแสดงอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instruments) ชนิดเปลี่ยนช่วงการชั่งโดยผู้ใช้

❑ ***บทแทรก*** จากผู้ที่เคยทำการการทดสอบต้นแบบ (Pattern Approval) เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติได้ให้ข้อคิดเห็นว่า เครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตราได้อัตโนมัติ (multi-interval instruments) จะเป็นเครื่องชั่งที่มีคุณสมบัติดีกว่าเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instrument) ไม่ว่าในเรื่องของคุณสมบัติของตัวโหลดเซลหรือแผงวงจรในตัวของเครื่องชั่ง

3.3.2 ชั้นความเที่ยง (Accuracy class)

ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง e_i และจำนวนขั้นหมายมาตราตรวจรับรองสำหรับช่วงการชั่งย่อย (n_i) แต่ละช่วง และ พิกัดกำลังต่ำสุด Min_1 ต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดในข้อกำหนด 3.2 ตารางที่ 3 (OIML R76-1)

3.3.3 ค่าพิกัดกำลังสูงสุดของช่วงการชั่งย่อยแต่ละช่วง (Maximum capacity of partial weighing ranges)

สัดส่วนระหว่างพิกัดกำลังสูงสุดของช่วงการชั่งย่อยใด ๆ กับค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรองของช่วงการชั่งย่อยถัดไปต้องสอดคล้องกับชั้นความเที่ยงตามตารางข้างล่าง ยกเว้นช่วงการชั่งย่อยช่วงสุดท้าย

ตารางที่ 4 (OIMLR76-1)

ชั้นความเที่ยง	ชั้น I	ชั้น II	ชั้น III	ชั้น IIII
พิกัดกำลังสูงสุดของช่วงการชั่ง / ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรองของช่วงการชั่งย่อยถัดไป $\left(\frac{Max_i}{e_{i+1}}\right)$	≥ 50 000	≥ 5 000	≥ 500	≥ 50

3.3.4 เครื่องชั่งที่มีเครื่องทดน้ำหนัก (Instrument with a tare device) เครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตราได้หลังจากทำการทดน้ำหนักแล้ว เมื่อทำการชั่ง ผลการชั่งตกอยู่ในช่วงการชั่งย่อยใด การแสดงค่าต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของช่วงการชั่งย่อยนั้น

❑ ***บทแทรก*** นั้นหมายถึงสมมติเครื่องชั่งมีพิกัดกำลังสูงสุด, Max = 15 กก. มีขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง, e เท่ากับ 2/5 g, 0-6 kg/6-15 kg, ชั้นความเที่ยง III และสามารถทำการทดน้ำหนักได้ 4 กก. เมื่อทำการชั่งน้ำหนัก 7 กก. แล้วทำการลบด้วยค่าทดน้ำหนัก เครื่องชั่งจะแสดง 3 กก. ด้วยค่า e_1 เท่ากับ 2 ก. ไม่ใช่ e_2 เท่ากับ 5 ก.

3.4 (R76-1) ส่วนแสดงค่าช่วยเสริม (Auxiliary indicating devices)

3.4.1 ชนิดและการใช้อุปกรณ์ (Type and application)

เฉพาะเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I และชั้นความเที่ยง II อาจติดตั้งอุปกรณ์แสดงค่าพิเศษ ซึ่งอาจเป็น

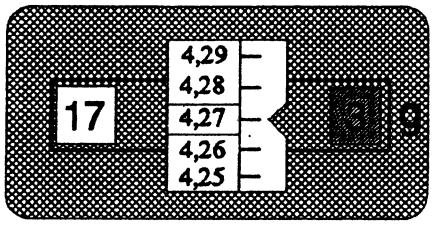
- ส่วนที่ประกอบด้วยไรเดอร์ (Rider) หรือ
- ส่วนสำหรับช่วยการอ่านค่าระหว่างขั้นหมายมาตรา หรือ
- ส่วนแสดงค่าเสริม (a complementary indicating device) ดังแสดงในรูปที่ 3 (OIML R76-1) (*) หรือ
- ส่วนแสดงค่าที่มีค่าขั้นหมายมาตราแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4(OIML R76-1) (**)

ส่วนเหล่านี้อนุญาตให้ใช้เฉพาะสำหรับทำให้สามารถอ่านค่าตัวเลขที่อยู่ทางขวาของจุดทศนิยมได้เท่านั้น

เครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตราได้อัตโนมัติ (multi-interval instruments) ห้ามมีส่วนแสดงค่าช่วยเสริม

หมายเหตุ

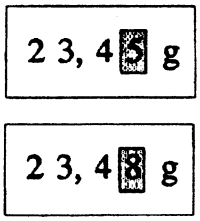
(*) รูปที่ 3 (OIML R76-1) ตัวอย่างของส่วนแสดงค่าช่วยเสริม



การแสดงค่า : 174.273 g.
ตัวเลขตำแหน่งสุดท้าย : 3
d = 1 mg. e = 10 mg

รูปที่ 3 (OIML R76-1)

(**) รูปที่ 4 (OIML R76-1) ตัวอย่างของส่วนแสดงค่าที่มีค่าขั้นหมายมาตราแตกต่างกัน



ตัวเลขตำแหน่งสุดท้าย 5
d = 0.01 g. หรือ 0.05 g.
e = 0.1 g.

ตัวเลขตำแหน่งสุดท้าย 8
d = 0.01 g หรือ 0.02 g
e = 0.1 g.

รูปที่ 4 (OIML R76-1)

3.4.2 ขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (verification scale interval)

ค่าของขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง e คำนวณได้จากสูตร

$d < e \leq 10d$ (ดังตารางที่ 5 (OIML R76-1) ***)

$e = 10^k$ กก.

เมื่อ d - ความสามารถอ่านได้ละเอียดที่สุดของเครื่องชั่ง

k - เลขจำนวนเต็มลบ หรือจำนวนเต็มบวก หรือศูนย์

แต่ข้อกำหนดนี้ไม่บังคับกับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ที่มีค่าช่องขั้นหมายมาตรา d < 1 มก. ในขณะที่ขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง e = 1 มก.

หมายเหตุ

(***) ตัวอย่างค่า e ที่คำนวณจากข้อกำหนดข้างต้น

ตารางที่ 5(OIML R76-1)

d =	0.1 ก.	0.2 ก.	0.5 ก.
e =	1 ก.	1 ก.	1 ก.

- บทแทรก ยกตัวอย่างเช่น

e = 1	d	= 1.0	e = 2	d	= 2.0
		= 0.1			= 0.2
		= 0.01			= 0.02
e = 5	d	= 5.0			
		= 0.5			
		= 0.05			

3.4.3 พิกัดกำลังต่ำสุด (Minimum capacity)

พิกัดกำลังต่ำสุดของเครื่องชั่งให้คำนวณตามข้อกำหนดในตารางที่ 3 (OIML R76-1) อย่างไรก็ตามแถวสุดท้ายในตารางที่ 3 (OIML R76-1) ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรองจะถูกแทนด้วยค่าขั้นหมายมาตราของเครื่องชั่ง (Actual scale interval, d)

3.4.4 จำนวนที่น้อยที่สุดของขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (Minimum number of verification scale intervals)

สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ที่มีค่าขั้นหมายมาตราของเครื่องชั่ง (Actual scale interval, d) d < 0.1 มก. n อาจน้อยกว่า 50 000

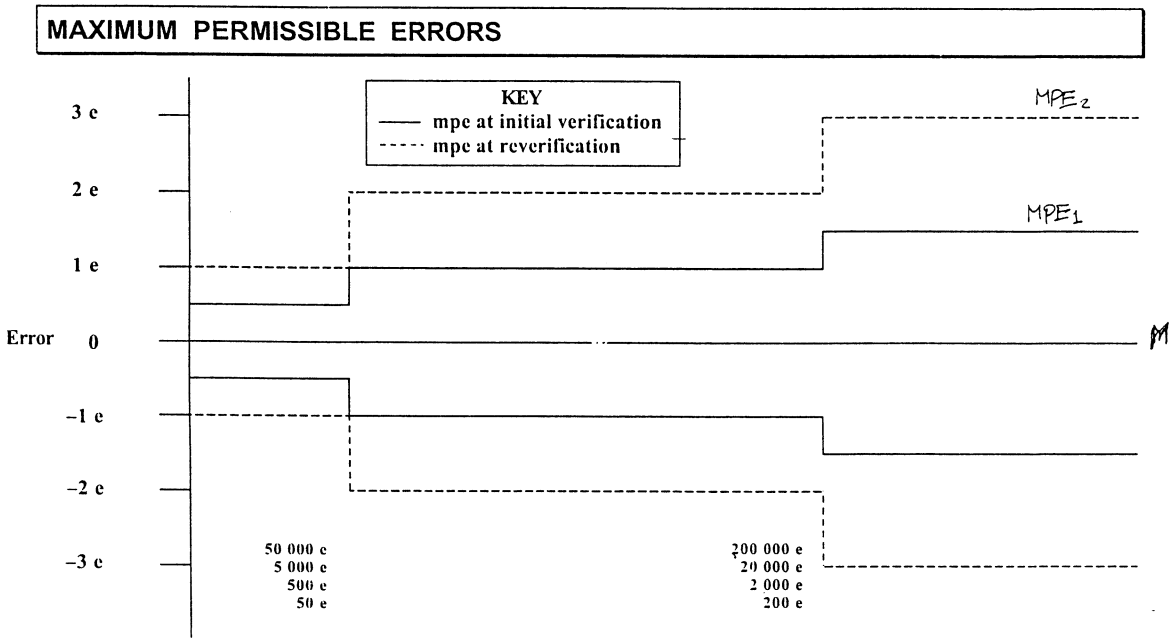
3.5 (R76-1) อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (Maximum permissible errors)

3.5.1 อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจสอบให้คำรับรองชั้นแรก (Values of maximum permissible errors on initial verification)

อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการเพิ่มน้ำหนักและการทอนน้ำหนักแสดงไว้ในตารางที่ 6 (OIML R76-1)

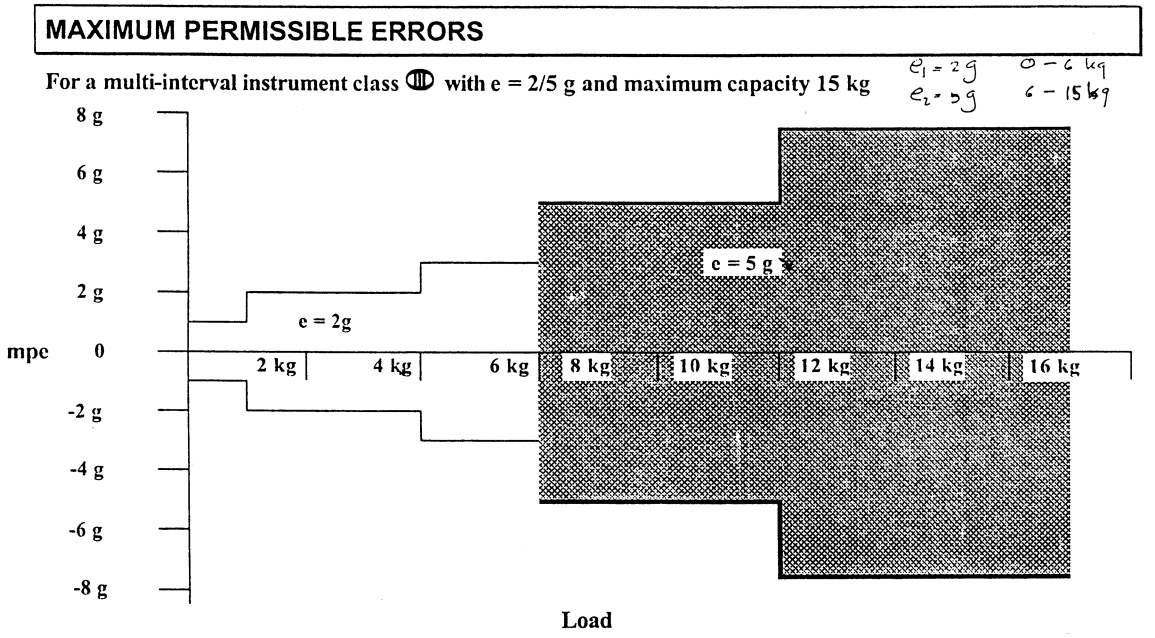
ตารางที่ 6 (OIML R76-1)

อัตรา เผื่อเหลือ เผื่อขาด	น้ำหนักใช้ทดสอบ (m) แสดงในหน่วยของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (e)			
	ชั้น I	ชั้น II	ชั้น III	ชั้น IIII
±0.5 e	ตั้งแต่ 0 ถึง 50000 (0 ≤ m ≤ 50000)	ตั้งแต่ 0 ถึง 5000 (0 ≤ m ≤ 5000)	ตั้งแต่ 0 ถึง 500 (0 ≤ m ≤ 500)	ตั้งแต่ 0 ถึง 50 (0 ≤ m ≤ 50)
±1.0 e	มากกว่า 50000 ถึง 200000 (50000 < m ≤ 200000)	มากกว่า 5000 ถึง 20000 (5000 < m ≤ 20000)	มากกว่า 500 ถึง 2000 (500 < m ≤ 2000)	มากกว่า 50 ถึง 200 (50 < m ≤ 200)
±1.5 e	มากกว่า 200000 (200000 < m)	มากกว่า 20000 ถึง 100000 (20000 < m ≤ 100000)	มากกว่า 2000 ถึง 10000 (2000 < m ≤ 10000)	มากกว่า 200 ถึง 1000 (200 < m ≤ 1000)



รูปที่ 131 อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ ตามข้อกำหนด OIML R76-1

❑ ***บทแทรก*** จะสังเกตเห็นว่าช่วงน้ำหนักใช้ทดสอบ (m) แสดงในหน่วยของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (e) ของแต่ละชั้นความเที่ยงจะต่างกันอยู่เท่ากับ 10 เท่า สามารถสรุปอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดในตารางที่ 6 (OIML R76-1) ไว้ดังในรูปที่ 131 สำหรับรูปที่ 132 นั้นให้ดูเคียงคู่กับกับตัวอย่าง 3 ของบทแทรกของข้อกำหนด 3.3.1



รูปที่ 132 ตัวอย่างอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ เครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตราได้ (Multi-interval instruments) ชั้นความเที่ยง III, Max = 15 kg. , e = 2/5 g. (6 kg./15 kg.)

3.5.2 อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจสอบ (Values of maximum permissible errors in service)

อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจสอบมีค่าเท่ากับ 2 เท่าของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจให้คำรับรองชั้นแรก

3.5.3 กฎพื้นฐานในการคำนวณค่าผลผิด (Basic rules concerning the determination of errors)

3.5.3.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบ (Influence factors)

การหาค่าผลผิดของเครื่องชั่งให้คำนวณหาภายใต้สภาวะการทดสอบปกติ เมื่อทำการทดสอบผลกระทบจากปัจจัยที่มีผลกระทบตัวใดต้องให้ปัจจัยที่มีผลกระทบอื่นคงที่และใกล้เคียงภาวะการใช้งาน

3.5.3.2 การกำจัดผลผิดที่เกิดจากการปัดค่า (Elimination of rounding error)

ผลผิดที่เกิดจากการปัดค่าตัวเลขที่ถูกรวมเข้าไปกับการแสดงค่าแบบดิจิตอลจะต้องถูกจำกัดให้หมดลงถ้าค่าขั้นหมายมาตราของเครื่องชั่ง, d มีค่ามากกว่า 0.2 e

3.5.3.3 อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับค่าน้ำหนักสุทธิ (Maximum errors for net values)

ถ้ามีการทดน้ำหนัก ค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กล่าวในตารางที่ 6 (OIML R76-1) ใช้สำหรับค่าน้ำหนักสุทธิหลังจากทำการทดน้ำหนักไปแล้ว ยกเว้นจะเป็นการกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (Preset tare values)

3.5.3.4 ส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ (Tare weighing device)

อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ที่ค่าน้ำหนักทดใด ๆ มีค่าเท่ากับอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่ทำการชั่งด้วยน้ำหนักที่มีค่าเท่ากับค่าน้ำหนักทดนั้นๆ

3.5.4 การแบ่งอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (Apportioning of errors)

ในการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่ง ถ้ามีการแยกตรวจสอบต้นแบบส่วนประกอบของเครื่องชั่งออกเป็นชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (Modules) เพื่อทำการทดสอบต้นแบบชุดใดชุดหนึ่งหรือระบบใดระบบหนึ่ง ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปนี้

3.5.4.1 อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (Module) M_i ที่แยกทดสอบต้นแบบมีค่าเท่ากับ p_i ส่วนของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่มีการประกอบชิ้นส่วนหรือระบบอย่างสมบูรณ์แล้วหรือการเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้ของการแสดงค่าของเครื่องชั่งที่ประกอบสมบูรณ์ โดยทุกค่าสัดส่วนของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของแต่ละชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (Module) จะต้องกระทำการทดสอบด้วยเงื่อนไขเดียวกันทั้งชั้นความเที่ยงและจำนวนขั้นหมายมาตราตรวจรับรองเดียวกันกับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติที่ประกอบสมบูรณ์โดยมีชุดหรือระบบซึ่งทดสอบนั้นติดตั้งประกอบร่วม

ผลรวมของค่าสัดส่วน p_i ของแต่ละชุดหนึ่งๆหรือระบบหนึ่งๆ (Module) ยกกำลังสองต้องมีค่าไม่เกิน 1

$$p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 + ... \leq 1$$

3.5.4.2 ผู้ผลิตชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (Module) เป็นผู้เลือกค่าสัดส่วน p_i ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของแต่ละชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่งและต้องได้รับการตรวจสอบต้นแบบด้วยวิธีการทดสอบต้นแบบที่เหมาะสม โดยค่าสัดสวนผลผิดดังกล่าวแต่ละสัดส่วนต้องมีค่าไม่เกิน 0.8 และไม่ต่ำกว่า 0.3 เมื่อมีชุดหรือระบบมากกว่าหนึ่งชุดหรือหนึ่งระบบกระจายสัดส่วนไปในแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานเครื่องชั่งในการตรวจสอบต้นแบบ

"วิธียอมรับ" (ให้ดูในย่อหน้าที่ 2 ข้อกำหนดหมวด 4 หน้า 40 OIML R76-1)

สำหรับส่วนที่เป็นโครงสร้างเมคคานิก เช่น แท่นชั่ง (Weighbridges) ส่วนส่งผ่านน้ำหนัก (load transmitting device) และชิ้นส่วนเชื่อมต่อที่เป็นเมคคานิก หรืออิเล็คทรอนิคที่ออกแบบและผลิตตามเทคนิควิศวกรรมอาจให้ค่าเศษส่วนทั้งหมด p_i เท่ากับ 0.5 โดยไม่ต้องทำการทดสอบ เช่น เมื่อคานทำจากวัสดุชนิดเดียวกัน และเมื่อเชื่อมต่อคานเข้าด้วยกันให้เป็นระบบคาน 2 ระนาบที่สมดุลกัน (ระนาบตามความยาวและระนาบตามแนวขวาง) หรือคุณลักษณะเสถียรภาพของชิ้นส่วนเชื่อมต่อแบบอิเล็คทรอนิคมีความเหมาะสมสำหรับการถ่ายทอดสัญญาณ เช่น สัญญาณจากโหลดเซล (load cell output), ความต้านทาน (impedance) เป็นต้น

สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนประกอบด้วยชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (Module) ทั่วๆไป (ดูวิธีการที่ยอมรับในข้อกำหนด 8.2.1) ค่าเศษส่วน p_i อาจมีค่าเป็นไปตามตารางที่ 7 (OIML R76-1)

ตารางที่ 7 (OIML R76-1)

เกณฑ์สมรรถนะ	โหลดเซล	ส่วนแสดงค่าแบบอิเล็คทรอนิค (Electronic indicator)	ชิ้นส่วนเชื่อมโยงต่าง ๆ (Connecting elements, etc)
ผลกระทบรวม (*) (Combined effect)	0.7	0.5	0.5
ผลกระทบจากอุณหภูมิต่อการแสดงค่าศูนย์ (Temperature effect on no load indication)	0.7	0.5	0.5
การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟ (Power supply variation)	-	1	-
ผลของการคราก (Effect of creep)	1	-	-
ความร้อน (Damp heat)	0.7	0.5	0.5

(*) ผลกระทบรวม (Combined effects) : ความไม่เป็นเส้นตรง (non-linearity), hysteresis, ผลกระทบของอุณหภูมิบนช่วงการชั่ง (span) โดยให้ใช้ผลกระทบรวม (Combined effects) กับ module หลังจากอุ่นเครื่องตามเวลาที่ผู้ผลิตกำหนด (the combined effect error fractions apply to modules)
เครื่องหมาย "-" หมายความว่า ไม่มีผลกระทบต่อ module (not applicable)

❑ ***บทแทรก*** จะสังเกตเห็นได้ว่าผลของการคราก (Effect of creep) เป็นปัจจัยที่เกิดขึ้นกับชุดหรือระบบหนึ่งที่มีส่วนประกอบที่เป็นกลไกดังนั้นสัดส่วน p_i จึงเท่ากับ 1 กับโหลดเซลเท่านั้น เนื่องจาก Mechanical effect

3.5.5 การทดสอบสำหรับการตรวจรับรอง (Testing for verification)

ในการขอตรวจสอบให้คำรับรองส่วนชั่งน้ำหนัก (Load-measuring device) ซึ่งก็คือ ส่วนของเครื่องชั่งที่ใช้ชั่งน้ำหนักของสิ่งของ โดยใช้ส่วนที่ทำให้เกิดสมดุล (equilibrium device) เพื่อถ่วงกับแรงที่มาจากส่วนส่งผ่านน้ำหนักและ อาจมีส่วนประกอบของส่วนแสดงค่า หรือส่วนพิมพ์ค่าน้ำหนัก ยกตัวอย่างเช่น ทำการทดสอบตัวโหลดเซล หรือทำการทดสอบจอแสดงค่า (Display Device) เป็นต้น อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่ยอมให้ได้เท่ากับ 0.7 เท่าของค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์ (ส่วนนี้ได้รวมเอาผลผิดของแบบมาตราหรือส่วนที่ใช้ในการตรวจรับรอง (verification device)ที่ใช้ในการทดสอบไว้แล้ว)

แต่ในการขอตรวจรับรองเครื่องชั่งในกรณีใดๆ ต้องได้รับการตรวจสอบหลังจากประกอบเป็นเครื่องชั่งที่สมบูรณ์

3.6 (R76-1) ความแตกต่างของผลการทดสอบที่ยอมให้ได้ (Permissible differences between results)

หากไม่คำนึงถึงว่าการเปลี่ยนแปลงของผลการทดสอบจะเป็นที่ยอมรับได้หรือไม่แล้ว ผลผิดของผลการชั่งแต่ละครั้งต้องไม่เกินอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กำหนดสำหรับน้ำหนักนั้นๆ

3.6.1 การทำซ้ำได้ (Repeatability)

ความแตกต่างของผลการชั่งน้ำหนักเดียวกันหลาย ๆ ครั้ง ต้องไม่มากกว่าค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่น้ำหนักนั้น

3.6.2 การทดสอบการแสดงค่าที่ตำแหน่งเยื้องจุดศูนย์กลางส่วนรับน้ำหนัก (Eccentric loading) หรืออาจเรียก Shift Test

เมื่อทดสอบเครื่องชั่งตามวิธีในข้อกำหนด 3.6.2.1 ถึงข้อกำหนด 3.6.2.4 การแสดงค่าของเครื่องชั่งเมื่อวางน้ำหนักที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนส่วนรับน้ำหนักต้องมีค่าแตกต่างไม่เกินกว่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด

หมายเหตุ ถ้าเครื่องชั่งได้รับการออกแบบมาในลักษณะที่อาจวางน้ำหนักบนเครื่องชั่งด้วยวิธีการที่แตกต่างๆ กันได้อาจทำการทดสอบด้วยวิธีการมากกว่า 1 วิธีดังต่อไปนี้ก็ได้

3.6.2.1 ถ้าไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น ให้ใช้น้ำหนักทดสอบ 1/3 เท่าของน้ำหนักรวมของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง (Max) กับพิกัดกำลังน้ำหนักทดแบบบวก (the corresponding maximum additive tare effect)

3.6.2.2 สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนรับน้ำหนักซึ่งมีจุดรองรับน้ำหนักจำนวน n จุด และ $n > 4$ ให้ใช้น้ำหนักทดสอบเท่ากับ $1/(n-1)$ ของผลรวมของพิกัดกำลังสูงสุดเครื่องชั่ง (Max) และพิกัดกำลังน้ำหนักทดแบบบวก (the corresponding maximum additive tare effect) วางที่จุดรองรับน้ำหนักแต่ละจุด

3.6.2.3 สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนรับน้ำหนักทนต่อการเยื้องศูนย์ได้น้อย (minimal off-center loading) (เช่น ถัง (tank), ฮอปเปอร์ (hopper)..) ให้ใช้น้ำหนักทดสอบมีค่าเท่ากับ 1 ใน 10 ของผลรวมพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งและพิกัดกำลังน้ำหนักทดแบบบวก (the corresponding maximum additive tare effect) ลงบนแต่ละจุดรองรับ

3.6.2.4 เครื่องชั่งที่ใช้ชั่งสิ่งของที่มีล้อหรือกลิ้งได้ (เช่น เครื่องชั่งรถยนต์ (vehicle scale), เครื่องชั่งน้ำหนักแขวนที่มีรางและล้อ (rail suspension instrument)) ให้ทดสอบด้วยน้ำหนักที่มีลักษณะกลิ้งได้ (a rolling test load) เท่ากับน้ำหนักที่ชั่งในสภาวะการทำงานปกติ อาจใช้น้ำหนักทดสอบดังกล่าวเท่ากับน้ำหนักที่หนักที่สุดหรือเป็นน้ำหนักที่อาจทำการชั่งบ่อยครั้งที่สุดด้วยก็ได้ แต่ไม่ว่าในกรณีใดๆต้องไม่เกิน 0.8 เท่าของผลรวมพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งรวมกับพิกัดกำลังน้ำหนักทดแบบบวก (the corresponding maximum additive tare effect) วางที่จุดแตกต่างกันบนส่วนรับน้ำหนัก

3.6.3 เครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าหลายส่วน (Multiple indicating devices)

เมื่อทำการชั่งน้ำหนักค่าหนึ่งผลต่างของการแสดงค่าระหว่างส่วนแสดงค่าทุกส่วนรวมทั้งส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ (Tare weighing devices) ต้องไม่เกินค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (the absolute value of the maximum permissible error) ที่ค่าน้ำหนักทดสอบนั้น แต่ถ้าเป็นส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอล (digital indicating devices) หรือส่วนพิมพ์ค่า (printing devices) ค่าแสดงผลการชั่งที่น้ำหนักชั่งใดๆต้องเท่ากัน

3.6.4 ความแตกต่างของตำแหน่งสมดุล (Different position of equilibrium)

ผลการชั่ง 2 ครั้งที่ได้จาก การชั่งน้ำหนักเดียวกันด้วยวิธีการหาจุดสมดุลย์ที่แตกต่างกัน(ในกรณีที่เครื่องชั่งประกอบด้วยส่วนขยายพิกัดการแสดงค่าได้เอง (a device for extending the self-indication capacity)) ติดต่อกัน ต้องต่างกันไม่เกินกว่าค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (the absolute value of the maximum permissible error) ที่ค่าน้ำหนักทดสอบนั้น

3.7 (R76-1) แบบมาตราสำหรับการตรวจสอบให้คำรับรอง (Verification standards)

3.7.1 ตุ้มน้ำหนัก (Weights)

ตุ้มน้ำหนักแบบมาตรา (standard weights) หรือแบบมาตรามวล (standard masses)ที่ใช้ในการตรวจสอบให้คำรับรองเครื่องชั่งต้องมีค่าผลผิดไม่เกิน 1/3 ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่ค่าน้ำหนักทดสอบนั้น

❑ ***บทแทรก*** ในการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัตินั้น เพื่อให้มีการสอบเทียบย้อนกลับได้ (Traceability) และ สร้างระบบการทำงานที่น่าเชื่อถือระบบเดียวกันจากข้อกำหนด 3.7.1 นี้ทำให้เราสามารถจัดชั้นความเที่ยงของเครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบเทียบกับตุ้มน้ำหนักแบบมาตราได้ดังในตารางข้างล่างนี้

ชั้นความเที่ยงของเครื่องชั่ง	ตุ้มน้ำหนักแบบมาตรา (Weights) *OIML R111
ชั้น I	E_1 และ E_2
ชั้น II	F_1
ชั้น III	F_1 , F_2 และ M_1
ชั้น IIII	F_2 , M_1 , M_2 และ M_3

สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III ซึ่งเป็นชั้นความเที่ยงที่นิยมใช้กันมากในการทำธุรกิจในเชิงพาณิชย์ เราสามารถใช้ตุ้มน้ำหนักแบบมาตราเพื่อการตรวจสอบให้คำรับรอง (Verification) หรือการสอบเทียบ (calibration) ด้วยในชั้น F_1 , F_2 หรือ M_1 ดังแสดงในตารางข้างบนนี้

❑ ***บทแทรก*** หากหน่วยงานของรัฐใช้ตุ้มน้ำหนักแบบมาตราในการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัตินั้น ควรเลือกใช้ตุ้มน้ำหนักแบบมาตรา (standard weights) หรือแบบมาตรามวล (standard masses) มีค่าผลผิดไม่เกิน 1/10 ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่ค่าน้ำหนักทดสอบนั้น

3.7.2 ส่วนตรวจรับรองช่วยเสริม (Auxiliary verification device)

เมื่อเครื่องชั่งติดตั้งส่วนตรวจรับรองช่วยเสริม หรือเมื่อต้องทดสอบเครื่องชั่งด้วยส่วนตรวจรับรองที่แยกออกเสริมต่างหาก ส่วนตรวจรับรองเสริมดังกล่าวต้องมีผลผิดไม่เกิน 1/3 ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่ค่าน้ำหนักทดสอบนั้น แต่ถ้าใช้เป็นตุ้มน้ำหนัก (weights) เป็นอุปกรณ์เสริมในการตรวจรับรอง ผลกระทบของผลผิดของตุ้มน้ำหนักดังกล่าวต้องไม่เกิน 1/5 ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่ขอตรวจรับรองที่ค่าน้ำหนักทดสอบนั้น

3.7.3 การแทนค่าน้ำหนักของตุ้มน้ำหนักแบบมาตรา (Substitution of standard weights)

เมื่อทดสอบเครื่องชั่งที่มีพิกัดกำลังสูงสุดเกินกว่า 1 ตัน สามารถใช้น้ำหนักอื่นๆที่มีค่าคงที่เพื่อแทนน้ำหนักของตุ้มน้ำหนักแบบมาตราได้โดยต้องจัดให้มีตุ้มน้ำหนักแบบมาตราอย่างน้อย 1 ตัน หรือ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง แล้วแต่ค่าใดมากกว่าเลือกเอาค่านั้น ในการใช้น้ำหนักแทนค่าน้ำหนักของตุ้มน้ำหนักแบบมาตราเท่ากับ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งสัดส่วนของตุ้มน้ำหนักแบบมาตราอาจลดจำนวนลงให้มีค่าน้ำหนักเหลือ เท่ากับ

- 35% ของพิกัดกำลังสูงสุดเครื่องชั่ง ถ้าผลผิดของการทำซ้ำได้ (Repeatability error) ไม่เกิน 0.3e และ

- 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดเครื่องชั่ง ถ้าผลผิดของการทำซ้ำได้ (Repeatability error) ไม่เกิน 0.2e

การหาผลผิดของการทำซ้ำได้(Repeatability Error) กระทำได้โดยวางน้ำหนักทดสอบด้วยน้ำหนักประมาณ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งบนส่วนรับน้ำหนัก 3 ครั้งติดต่อกัน

3.8 (R76-1) ดิสคริมิเนชั่น (Discrimination)

3.8.1 เครื่องชั่งที่แสดงค่าเองไม่ได้ (Non-self-indicating instrument)

ในขณะที่เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลย์ เมื่อทำการชั่งน้ำหนักทดสอบ การเพิ่มหรือลดน้ำหนักทดสอบพิเศษ (the extra load) ที่มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (the maximum permissible error) ของน้ำหนักทดสอบนั้นลงบนหรือเอาออกจากส่วนรับน้ำหนักอย่างแผ่วเบาในขณะที่เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลเมื่อทำการชั่งน้ำหนักทดสอบแล้วต้องทำให้เครื่องชั่งเสียสมดุลย์จนสังเกตเห็นได้จากการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนแสดงค่า (indicating element)

3.8.2 เครื่องชั่งที่แสดงค่าได้เอง หรือ กึ่งแสดงค่าได้เอง (Self or semi-self-indicating instrument)

3.8.2.1 การแสดงค่าแบบอนาล็อก (Analogue indication)

ในขณะที่เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุล เมื่อทำการชั่งน้ำหนักทดสอบ การเพิ่มหรือลดน้ำหนักทดสอบพิเศษ (the extra load) ที่มีค่าเท่ากับค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (the maximum permissible error) ของน้ำหนักทดสอบนั้นลงบนหรือเอาออกจากส่วนรับน้ำหนักอย่างแผ่วเบาในขณะที่เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลเมื่อทำการชั่งน้ำหนักทดสอบแล้วต้องทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนแสดงค่า (indicating element)อย่างถาวรไม่น้อยกว่า 0.7 เท่าของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงพิเศษดังกล่าว

3.8.2.2 การแสดงค่าแบบดิจิตอล (Digital indication)

การเพิ่มหรือลดน้ำหนักเพิ่มเติม (additional load) มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 1.4 เท่าของค่าขั้นหมายมาตราเครื่องชั่ง (the actual scale interval, d) ลงบนหรือเอาออกจากส่วนรับน้ำหนักอย่างแผ่วเบาในขณะเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลย์ ต้องทำให้เครื่องชั่งเปลี่ยนแปลงค่าที่แสดงอยู่ในตอนเริ่มต้น

3.9 (R76-1) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่าง ๆ และเวลาต่อสมรรถนะของเครื่องชั่ง (Variations due to influence quantities and time)

ถ้าไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น เครื่องชั่งต้องทำงานเป็นไปตามที่กำหนดในข้อกำหนด 3.5, 3.6 และ 3.8 ภายใต้เงื่อนไขในข้อกำหนด 3.9.2 และ 3.9.3 และนอกจากนั้นต้องสอดคล้องกับข้อกำหนด 3.9.1 และ 3.9.4 ด้วย

3.9.1 ความลาดเอียง (Tilting)

3.9.1.1 สำหรับเครื่องชั่งชั้น II, III หรือ IIII ซึ่งอาจจะถูกทำให้เอียงขณะใช้งานได้นั้น ต้องทดสอบผลกระทบจากความลาดเอียงทั้งด้านตามยาว (Lengthwise tilting) หรือ ด้านขวาง (Transverse tilting) ด้วยความลาดเอียงเท่ากับ 2/1000 หรือตามเครื่องหมายกำกับความลาดเอียงบนเครื่องชั่ง หรือตามขอบเขตจำกัดของส่วนแสดงระดับ (level indicator) ประจำเครื่องชั่ง โดยเลือกเอาค่าที่มากที่สุดเป็นค่าความลาดเอียงในการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ

ผลต่างของการแสดงค่าของเครื่องชั่งเมื่อเครื่องชั่งอยู่ในตำแหน่งระดับอ้างอิง (reference position) ที่ไม่มีการเอียงเทียบกับเมื่อเครื่องชั่งถูกติดตั้งในตำแหน่งที่มีสภาวะลาดเอียงต้องมีค่าไม่เกินกว่าที่กำหนดต่อไปนี้

- **สภาวะไม่มีน้ำหนัก (No load)** ผลต่างการแสดงค่าต้องไม่เกิน 2 ขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (2e) (ในการทดสอบครั้งแรกนั้นต้องทำการปรับศูนย์ของเครื่องชั่งที่สภาวะไม่มีน้ำหนักในตำแหน่งระดับอ้างอิง) ยกเว้นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II (ดูข้อกำหนด 4.14.8)

- **สภาวะพิกัดกำลังสูงสุดของส่วนแสดงค่าสามารถแสดงค่าได้เองหรือเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ได้เอง (Self-indication capacity) และที่พิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง (Max)** ผลต่างการแสดงค่าต้องไม่เกินอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (ต้องทำการปรับศูนย์เครื่องชั่งที่สภาวะไม่มีน้ำหนักทั้งในตำแหน่งระดับอ้างอิงและตำแหน่งลาดเอียงทดสอบ)

เครื่องชั่งต้องมีส่วนปรับระดับ (Leveling device คือ ส่วนที่ใช้ปรับให้เครื่องชั่งอยู่ในแนวระดับ) และส่วนแสดงระดับ (Level indicator) ติดตั้งอย่างถาวรบนเครื่องชั่งในตำแหน่งที่ผู้ใช้หรือผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถมองเห็นได้ง่ายและชัดเจน ยกเว้นเครื่องชั่งที่

- แขวนอย่างอิสระ(freely suspended) หรือ
- ติดตั้งอยู่กับที่ หรือ
- เป็นไปตามข้อกำหนดการทดสอบความลาดเอียง เมื่อเครื่องชั่งทำงานภายใต้สภาวะความลาดเอียง 5 % ในทุกทิศทางได้

ค่าขอบเขตของส่วนแสดงระดับ (the limiting valve of the level indicator) ควรเห็นได้ชัดเพื่อที่สามารถสังเกตความลาดเอียงได้ง่าย

หมายเหตุ **"ค่าขอบเขตของความลาดเอียง (the limiting valve of tilting)"** คือ การเคลื่อนที่ระยะ 2 มม. จากตำแหน่งกึ่งกลาง (โดยไม่คำนึงถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงรอบใดๆที่ถูกใช้เพื่อแสดงความเป็นจุดศูนย์กลาง) หรือดวงไฟ หรือการแสดงโดยวิธีอื่นของส่วนแสดงระดับ (Level indicator) ที่เป็นการแสดงให้เห็นการเอียงว่ากำลังเกินกว่าค่าความลาดเอียงที่กำหนด

3.9.1.2 สำหรับเรื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ค่าของเขตของการเอียงต้องเท่ากับการเอียงไม่เกิน 2/1000 หรือไม่เช่นนั้นเครื่องชั่งต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดสำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II

3.9.2 อุณหภูมิ (Temperature) (อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับค่าอุณหภูมิได้กำหนดให้ไว้ในกระบวนการทดสอบ Annex A และ Annex B)

3.9.2.1 ขอบเขตอุณหภูมิที่กำหนด (prescribed temperature limits)

ถ้าไม่กำหนดช่วงอุณหภูมิใช้งานไว้เป็นอย่างอื่นบนเครื่องชั่งแล้ว ให้ถือว่าเครื่องชั่งต้องทำงานได้อย่างถูกต้องภายในช่วงขอบเขตอุณหภูมิ

- 10 °ซ. ถึง + 40 °ซ.

3.9.2.2 ขอบเขตอุณหภูมิพิเศษ (Special temperature limits)

เครื่องชั่งที่แสดงขอบเขตอุณหภูมิใช้งานจำเพาะ (particular limits) ต้องทำงานได้อย่างถูกต้องภายในขอบเขตอุณหภูมิดังกล่าว

การเลือกขอบเขตอุณหภูมิอาจเลือกตามสภาวะการใช้งานของเครื่องชั่ง

ช่วงของขอบเขตอุณหภูมิใช้งานของเครื่องชั่งอย่างน้อยควรเท่ากับ

ช่วงอุณหภูมิ 5 °ซ. สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ช่วงอุณหภูมิ 15 °ซ. สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II

ช่วงอุณหภูมิ 30 °ซ. สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III และ IIII

3.9.2.3 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการแสดงค่า ณ สภาวะไม่มีน้ำหนัก (Temperature effect on no-load indication)

การแสดงค่าศูนย์หรือใกล้ศูนย์ต้องเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 1 ช่องขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (The verification scale interval) เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเปลี่ยนไป 1 °ซ. สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I และ 5 °ซ. สำหรับเรื่องชั่งชั้นอื่น ๆ

สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (multi-interval instrument) และสำหรับเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (multiple range instrument) ให้ใช้ข้อกำหนดนี้กับขั้นหมายมาตราตรวจรับรองที่มีค่าน้อยที่สุดของ เครื่องชั่งนั้นๆ

3.9.3 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหลัก (Main power supply)

เครื่องชั่งที่ทำงานโดยใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหลักต้องสามารถทำงานได้ตรงตามข้อกำหนดทางชั่งตวงวัดเมื่อกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนไปใน

- ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Voltage) เปลี่ยนไปในช่วง - 15% ถึง + 10% ของค่าที่กำหนดไว้บนเครื่องชั่ง

- ความถี่ (Frequency) เปลี่ยนไปในช่วง - 2% ถึง + 2% ของค่าที่กำหนดไว้บนเครื่องชั่ง (กรณีที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ)

3.9.4 เวลา (Time)

ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่คงที่ เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III หรือ IIII ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดนี้

3.9.4.1 เมื่อวางน้ำหนักใด ๆ บนเครื่องชั่ง ค่าน้ำหนักที่เครื่องชั่งแสดงทันทีหลังจากวางน้ำหนักบนเครื่องชั่งกับค่าน้ำหนักที่เครื่องชั่งแสดงในระหว่างช่วงเวลา 30 นาทีต่อมาหลังจากวางน้ำหนักต้องต่างกันไม่เกิน 0.5e อย่างไรก็ตามค่าน้ำหนักที่อ่านได้ที่เวลา 15 นาที และที่ 30 นาที ต้องต่างกันไม่เกิน 0.2 e

ถ้าไม่เป็นไปตามที่กล่าวข้างต้น ค่าน้ำหนักที่เครื่องชั่งแสดงทันทีหลังจากวางน้ำหนักบนเครื่องชั่งกับค่าน้ำหนักที่เครื่องชั่งแสดงในระหว่างช่วงเวลา 4 ชม. ต่อมาต้องต่างกันไม่เกินค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (the absolute value of the maximum permissible error) ของน้ำหนักทดสอบนั้น

3.9.4.2 เมื่อเอาน้ำหนักใดๆ ที่วางอยู่บนเครื่องชั่งหลังจากวางค้างไว้เป็นเวลานานเท่ากับ 1/2 ชม. ออก ทันทีเครื่องชั่งกลับมาสภาวะสมดุลย์แสดงค่าศูนย์ เครื่องชั่งต้องไม่มีการเบี่ยงเบนจากค่าศูนย์เกินกว่า 0.5 e

สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (multi-interval instrument) การเบี่ยงเบนจากการแสดงค่าศูนย์ในกรณีดังกล่าวนี้ต้องไม่เกิน 0.5 e_1

สำหรับเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (multiple range instrument) การเบี่ยงเบนเมื่อกลับสู่ศูนย์ (the deviation on returning to zero) ที่พิกัดกำลังใด ๆ Max_i ต้องไม่เกิน $0.5e_i$ นอกจากนั้นการกลับคืนสู่ศูนย์จากน้ำหนักที่ชั่งมากกว่า Max_1 และเมื่อลดน้ำหนักลงมาอยู่ในช่วงการชั่งน้ำหนักช่วงต่ำสุด (the lowest weighing range) เครื่องชั่งต้องแสดงค่าใกล้ศูนย์ไม่เปลี่ยนไปเกินกว่า e_1 ในช่วงระยะเวลา 5 นาทีต่อมา

❑ ***บทแทรก*** จากเนื้อหาในย่อหน้าที่ 3 แสดงให้เห็นโดยทางอ้อมว่าเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instrument) มีคุณสมบัติต่ำกว่าเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตราได้ (Multi-interval instrument)

3.9.4.3 ผลผิดในด้านความคงทน (the durability error) ที่เกิดจากการสึกหรอ (wear)และการฉีกขาด (tear) ไม่ควรมากกว่าค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (the absolute value of the maximum permissible error) ที่น้ำหนักทดสอบนั้นๆ

ข้อกำหนดนี้ใช้กับเครื่องชั่งที่ต้องผ่านการทดสอบความคงทน (the endurance test) ตามที่กำหนดในข้อกำหนด A.6 โดยข้อกำหนดดังกล่าวกำหนดให้ทดสอบเฉพาะกับเครื่องชั่งที่มีพิกัดกำลังสูงสุดน้อยกว่า 100 กก.

3.9.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะเครื่องชั่งและข้อจำกัดอื่น ๆ (Other influence quantities and restraints)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะเครื่องชั่งหรืออิทธิพลอื่นๆที่มีต่อเครื่องชั่ง ยกตัวอย่าง เช่น

- การสั่นสะเทือน
- สภาวะการทำงานด้วยความรีบเร่ง หรือการกระชาก
- ข้อจำกัดทางระบบกลไกและข้อห้าม

ซึ่งมีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมการทำงานของเครื่องชั่ง เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในหมวด 3 และหมวด 4 (OIML R76-1) ภายใต้อิทธิพลจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะเครื่องชั่งเหล่านั้น ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบสร้างเครื่องชั่งให้ทำงานได้ถูกต้องทั้งๆที่อยู่ภายใต้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะดังกล่าวหรือเป็นการป้องกันเครื่องชั่งจากการรบกวนดังกล่าวก็ได้

ตัวอย่าง เครื่องชั่งที่ติดตั้งกลางแจ้งโดยไม่มีสิ่งป้องกันสภาวะแวดล้อมโดยปกติแล้วการทำงานของเครื่องชั่งอาจไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของหมวด 3 และหมวด 4 (OIML R76-1) ถ้ามีจำนวนขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง, n มากเกินไป (ปกติแล้ว n ไม่ควรเกิน 3, 000e นอกจากนี้เครื่องชั่งรถยนต์ เครื่องชั่งขบวนรถไฟควรมีค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรองไม่น้อยกว่า 10 กก.)

ข้อกำหนดนี้ให้ใช้กับแต่ละช่วงการชั่งของ combination instruments หรือเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (multiple range instrument) หรือแต่ละช่วงการชั่งย่อยของเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (partial weighing range of multi-interval instrument)

3.10 (R76-1) การทดสอบต้นแบบ (Pattern evaluation tests)

การทดสอบต้นแบบที่กำหนดไว้ใน Annexes A และ Annexes B ต้องดำเนินการทดสอบโดยยึดหลักเกณฑ์ให้เป็นไปตามที่กำหนดในข้อกำหนด 3.5, 3.6, 3.8, 3.9.1, 3.9.2, 3.9.3, 3.9.4, 4.5, 4.6, 5.3 และ 6.1 สำหรับทดสอบความคงทน (A.6) ต้องทำการทดสอบหลังการทดสอบในหัวข้ออื่น ๆ ทั้งหมดใน Annexes A และ Annexes B เสียก่อน นั้นคือทดสอบความคงทน (A.6) เป็นขั้นตอนการทดสอบขั้นตอนสุดท้ายนั้นเอง

สำหรับส่วนที่ทำงานในลักษณะดิจิตอล เช่น ส่วนพิมพ์ค่า หรือส่วนแสดงค่าเพิ่มเติม (additional display) อาจเพียงทดสอบเฉพาะความถูกต้องของการทำงานของส่วนดังกล่าวและทดสอบการรบกวนดังใน B.3 (the disturbance test) ก็เพียงพอ

บทที่ 4

ข้อกำหนดทางเทคนิค เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Technical Requirements For Non-Automatic Weighing Instruments)

เนื้อหาครอบคลุม

OIML R76-1 Nonautomatic weighing instruments

1 ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าเองได้และกึ่งแสดงค่าเองได้ (Technical Requirements for A self-or semi-self-indicating instruments)

2 ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับเครื่องชั่งอิเลคทรอนิค(Technical Requirements for Electronic Instruments)

3 ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าเองไม่ได้ (Technical Requirements for A Non-self-indicating instruments)

ข้อกำหนดทางเทคนิคเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Technical Requirements for Non-Automatic Weighting Instruments) เนื่องจากการวิวัฒนาการของเครื่องชั่งได้ดำเนินอย่างต่อเนื่องด้วยระยะเวลานาน การจำแนกเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติที่มีใช้อยู่นั้นเป็นเรื่องที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนอย่างยิ่ง ทั้งนี้ก็เพราะว่าการผลิตและหลักการทำงานของเครื่องชั่งแต่ละชนิดหรือแต่ละแบบนั้นได้มีการพัฒนาและปรับปรุงเทคโนโลยี่ตลอดเวลา ในที่นี้เพื่อความเหมาะสมและเป็นไปตามระบบสากลเราจึงให้ความสนใจการจัดแบ่งเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติตามวัตถุประสงค์การใช้งานนั้นก็คือ ความที่ต้องการทราบค่าน้ำหนักสิ่งของที่ต้องการชั่งด้วยเครื่องชั่งหรือก็คือ “ผลการชั่งน้ำหนัก” นั้นเอง

พอที่ทำการแบ่งเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ด้วยกันคือ

1. เครื่องชั่งที่แสดงค่าได้เอง หรือกึ่งแสดงค่าได้เอง(A Self-or Semi-Self-Indicating Instrument)
2. เครื่องชั่งที่แสดงค่าได้เองไม่ได้ (A Non-Self-Indicating Instrument)

แต่ในขณะเดียวกันก็อาจมี

- เครื่องชั่งอิเลคทรอนิค (Electronic instrument)
- เครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าน้ำหนัก (Graduated instrument)
- เครื่องชั่งที่ไม่มีส่วนแสดงค่าน้ำหนัก (Non-graduated instrument)
- เครื่องชั่งที่มีมาตราส่วนราคา (Instrument with price scales)
- เครื่องชั่งที่คำนวณราคาได้ (Price-computing instrument)
- เครื่องชั่งพิมพ์ราคาได้ (Price-labeling instrument)
- เครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (Multi - interval instrument)
- เครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instrument)
- เครื่องชั่งสองแขนเท่ากัน (Equal Arms)
- เครื่องชั่งแบบโรเบอร์วัลและเบแรงเงอร์ (Roberval and Beranger instruments)
- เครื่องชั่งแบบสตีลยาร์ด (Simply steelyards with sliding poises)
- เครื่องชั่งแบบแท่นชั่ง (Instruments of the steelyard type with accessible sliding poises)

ด้วยเหตุนี้หากส่วนประกอบต่างๆของเครื่องที่กล่าวมามีส่วนหนึ่งส่วนใดเป็นไปตามหรือหลักการทำงานตามข้อกำหนดของเครื่องเครื่องชั่งที่แสดงค่าได้เอง หรือกึ่งแสดงค่าได้เอง (A Self-or Semi-Self-Indicating Instrument) หรือเครื่องชั่งที่แสดงค่าได้เองไม่ได้ (A Non-Self-Indicating Instrument) ก็สามารถนำข้อกำหนดดังกล่าวมาใช้เสริมเพิ่มเติมได้ นอกจากนี้แล้วเรายังพบว่าใน OIML R76-1 ก็จะมีข้อกำหนดเสริมเพิ่มเติมเฉพาะเครื่องชั่งที่ได้กล่าวมาอีกด้วย

เนื้อหาต่อไปนี้เป็นไปตาม OIML R76-1 ข้อกำหนดหมวด 4, ข้อกำหนดหมวด 5 และข้อกำหนดหมวด 6

4 (R76-1) ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าได้เอง หรือกึ่งแสดงค่าได้เอง(Technical requirements for a self- or semi-self-indicating instrument)

ข้อกำหนดต่อไปนี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบ และโครงสร้างของเครื่องชั่งที่เหมาะสมเพื่อให้เครื่องชั่งแสดงผลการชั่งที่ถูกต้องและชัดเจนภายใต้สภาวะการใช้งานปกติถึงแม้ว่าผู้ใช้จะไม่มีความรู้ความชำนาญในการใช้เครื่องชั่ง ข้อกำหนดนี้ไม่ต้องการให้เป็นข้อกำหนดการออกแบบหรือแนวทาง

การผลิตเครื่องชั่งแต่อย่างใด ๆ เพียงแต่กำหนดลักษณะการทำงานของเครื่องชั่งในสิ่งที่ควรเป็นและเหมาะสมสำหรับการใช้งาน

หากวิธีการใด ๆ ที่ได้มีการทดลองทำมาเป็นเวลานานและได้รับการยอมรับแล้ว วิธีการดังกล่าวจะถูกแสดงขึ้นต้นด้วยข้อความ **"วิธีการที่ยอมรับ (Acceptable solution)"** ตามด้วยเนื้อหาแต่อย่างไรก็ตามก็ไม่จำเป็นต้องทำตามวิธีการที่ยอมรับนี้ก็ได้ แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นวิธีการดังกล่าวได้รับการพิจารณาแล้วว่าสอดคล้องกับข้อกำหนดใน OIML R76-1 ก็ได้

4.1 (R76-1) ข้อกำหนดทั่วไปของโครงสร้างเครื่องชั่ง (General requirement of construction)

4.1.1 ความเหมาะสม(Suitability)

4.1.1.1 ความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน (Suitability for application)

เครื่องชั่งต้องได้รับการออกแบบมาให้เหมาะสมกับจุดประสงค์ของการใช้งาน

4.1.1.2 ความเหมาะสมในการใช้งาน (Suitability for use)

เครื่องชั่งต้องมั่นคงแข็งแรงเพียงพอและได้รับการสร้างเพื่อให้มั่นใจว่ายังคงรักษาคุณสมบัติด้านชั่งตวงวัด (metrological qualities) ตลอดช่วงอายุการใช้งาน

4.1.1.3 ความเหมาะสมสำหรับการตรวจสอบให้คำรับรอง (Suitability for verification)

เครื่องชั่งต้องมีลักษณะที่สามารถทำการทดสอบตามข้อกำหนดนี้ได้

โดยเฉพาะส่วนรับน้ำหนัก (Load receptor) ควรมีลักษณะที่สามารถวางตุ้มน้ำหนักแบบมาตราบนส่วนรับน้ำหนักได้ง่ายและปลอดภัย หากไม่สามารถวางตุ้มน้ำหนักแบบมาตราได้อาจจัดหาโครงสร้างอื่นเพิ่มเติมมาเพื่อให้สามารถวางตุ้มน้ำหนักแบบมาตราได้

เป็นไปได้ที่สามารถบ่งบอกส่วนใดที่ได้รับการทดสอบแยกต่างหากออกไปได้แล้ว (เช่น โหลดเซล, ส่วนพิมพ์ค่า,.....)

4.1.2 การรักษาปลอดภัยเครื่องชั่ง (Security)

4.1.2.1 การใช้เพื่อการฉ้อโกง(Fraudulent use)

เครื่องชั่งต้องอยู่ในลักษณะไม่สามารถใช้งานเพื่อการฉ้อโกงได้ง่าย

4.1.2.2 การหยุดชะงักโดยอุบัติเหตุ และการปรับแต่งที่ผิด (Accidental breakdown and maladjustment)

เครื่องชั่งต้องได้รับการออกแบบและสร้างให้อยู่ในลักษณะเมื่อเครื่องชั่งมีการหยุดทำงานชะงักโดยอุบัติเหตุ หรือการปรับแต่งที่ไม่ถูกต้องของส่วนควบคุมของเครื่องชั่งแล้ว ไปทำให้เครื่องชั่งทำงานไม่ถูกต้องหรือก่อให้เกิดผลผิดโดยปราศจากการแสดงผลหรือการเตือนอย่างชัดเจนโดยเครื่องชั่ง

4.1.2.3 ส่วนควบคุม (Controls)

ส่วนควบคุมต้องได้ถูกออกแบบลักษณะที่โดยทั่วของการทำงานของส่วนควบคุมต้องไม่สามารถกลับสู่ตำแหน่งพักการทำงานได้นอกเสียจากเป็นการออกแบบโดยมีความตั้งใจให้เกิดขึ้นนอกเสียจากในกรณีระหว่างทำการขนย้าย ส่วนแสดงค่าทั้งหมดต้องไม่สามารถแสดงค่าใดๆได้ สำหรับปุ่มกดหรือสวิตช์ต่างๆต้องแสดงเครื่องหมายหรือความหมายอย่างชัดเจนและถาวร

4.1.2.4 การป้องกันการปรับแก้ไขอุปกรณ์ และส่วนควบคุมการตั้งค่าล่วงหน้า(Securing (sealing) of component and pre-set control)

ต้องจัดให้มีมาตราการและวิธีการป้องกันการปรับแต่งแก้ไขอุปกรณ์และส่วนควบคุมการตั้งค่าล่วงหน้าที่มีผลต่อการทำงานและความถูกต้องของเครื่องชั่ง กฎเกณฑ์การควบคุมทางชั่งตวงของแต่ละประเทศสามารถกำหนดวิธีการซีลป้องกันดังกล่าวได้

สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ส่วนปรับความรู้สึก (Sensitivity) ของเครื่องชั่งอาจไม่จำเป็นต้องทำการซีล

"วิธีที่ยอมรับ"

การใช้เครื่องหมายควบคุมติดเพื่อป้องกันการปรับแก้ไข พื้นที่สำหรับการติดเครื่องหมายควบคุมควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อยสุด 5 มม.

หรือสามารถป้องกันการปรับแต่งแก้ไขอุปกรณ์และส่วนควบคุมการตั้งค่าล่วงหน้าโดยการใช้รหัสผ่าน (Passwords) หรือ วิธีการใกล้เคียงทางด้าน software โดยต้องมีผลให้ผู้ที่ต้องการปรับแก้ไขไม่สามารถเข้าถึงขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขได้ หรือหากมีผู้พยายามเข้าไปทำการเปลี่ยนแปลงแก้ไขก็จะต้องแสดงข้อความให้เห็นทุกครั้งอย่างอัตโนมัติ นั้นคือเมื่อมีผู้ที่พยายามเข้าถึงขั้นตอนดังกล่าวต้องมีการสร้างเลขหมายหรือสัญญาณขึ้นเองอย่างอัตโนมัติให้ต่างจากตัวเลขหมายหรือสัญญาณของการตรวจสอบให้คำรับรองครั้งสุดท้ายตามเครื่องหมายควบคุมติดเพื่อป้องกันการปรับแก้ไข

4.1.2.5 การปรับแต่ง (Adjustment)

ในกรณีเครื่องชั่งมีส่วนปรับช่วงการชั่งได้เองอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ (an automatic or semi-automatics span adjustment device) อยู่ภายในเครื่อง ส่วนดังกล่าวต้องทำงานร่วมกันภายในเครื่องชั่งเท่านั้น ปัจจัยภายนอกใดๆจะมีอิทธิพลต่อส่วนปรับช่วงการชั่งได้เองอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติหลังจากที่มีการซีลแล้วไม่สามารถกระทำได้

4.1.2.6 การชดเชยผลกระทบจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity compensation)

เครื่องชั่งใดหากมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงแรงโน้มถ่วงของโลกอาจติดตั้งส่วนชดเชยแรงโน้มถ่วงที่เปลี่ยนแปลงไปได้ แต่หลังจากทำการซีลส่วนดังกล่าวแล้วผลกระทบจากภายนอกหรือการเข้าไปทำการปรับปรุงแก้ไขการทำงานของส่วนดังกล่าวต้องไม่สามารถกระทำได้

4.2 (R76-1) การแสดงค่าของผลการชั่ง (Indication of weighing results)

4.2.1 คุณภาพของการอ่านค่า(Quality of reading)

สามารถอ่านผลการชั่งได้อย่างน่าเชื่อถือ, ง่าย และชัดเจนภายใต้ภาวะการใช้งานปกติโดย

- ความไม่แม่นยำถูกต้องทั้งหมด (inaccuracy overall) ของการอ่านค่าจากส่วนแสดงค่าแบบอนาล็อกต้องไม่เกิน 0.2 e

- รูปแบบผลการชั่งต้องมีขนาด, รูปร่าง และง่ายชัดเจนต่อการอ่าน

ขั้นหมายมาตรา, ตัวเลข และผลการพิมพ์ที่แสดงอยู่เพื่อแสดงผลการชั่งนั้นต้องอยู่ในลักษณะการจัดเรียงลำดับเพื่อสามารถอ่านได้ง่ายและชัดเจน

4.2.2 รูปแบบของการแสดงค่า (Form of indication)

4.2.2.1 ผลการชั่งต้องประกอบด้วยชื่อหรือสัญญลักขณ์ของหน่วยของน้ำหนักตามที่เครื่องชั่งแสดงผลการชั่งนั้น

ส่วนแสดงค่าผลการชั่งน้ำหนักหนึ่งส่วนใดๆ ต้องแสดงหน่วยของน้ำหนักเพียงหน่วยเดียว

ค่าขั้นหมายมาตราให้แสดงในค่า 1×10^k , 2×10^k หรือ 5×10^k โดย k เป็นเลขยกกำลังจำนวนเต็มบวก หรือจำนวนเต็มลบ หรือศูนย์

ส่วนแสดงค่า, ส่วนพิมพ์ค่า และส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ล่วงหน้า (Tare weighing device) ทุกๆ ส่วนของเครื่องชั่งต้องมีค่าขั้นหมายมาตรา (Scale interval) เท่ากันภายในช่วงการชั่งหนึ่งๆ

4.2.2.2 ส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอล (Digital Indication) ต้องแสดงค่าตัวเลขอย่างน้อยสุดจำนวนหนึ่งตัวบนตำแหน่งด้านขอบขวาสุดของส่วนแสดงค่าเมื่อเครื่องชั่งทำงาน

ในกรณีที่เป็นเครื่องที่สามารถเปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตรา (Scale interval) ได้อัตโนมัติ เครื่องหมายจุดทศนิยมต้องอยู่ตำแหน่งเดิมของส่วนแสดงค่า

ค่าน้ำหนักที่เป็นค่าทศนิยมต้องแยกออกจากค่าน้ำหนักจำนวนเต็มด้วยเครื่องหมายแสดงทศนิยม (อาจใช้เครื่องหมาย จุดทศนิยม(.) หรือจุลภาค (,)) คั่นระหว่างเลขจำนวนเต็มและเลขหลังจุดทศนิยม และในการแสดงค่านี้ต้องแสดงตัวเลขทางซ้ายของเครื่องหมายทศนิยมอย่างน้อย 1 ตำแหน่ง และแสดงตัวเลขทางขวาของเครื่องหมายทุกตำแหน่ง

สำหรับการแสดงค่าศูนย์ อาจแสดงโดยเลขศูนย์เพียง 1 ตำแหน่งทางขวาสุดโดยไม่ต้องมีเครื่องหมายก็ได้

การเลือกใช้หน่วยน้ำหนักต้องเลือกใช้แล้วต้องไม่ทำให้ค่าน้ำหนักมีเลขศูนย์ที่ไม่เป็นเลขนัยสำคัญ (non-significant zero) ทางตำแหน่งขวามือของค่าที่แสดงน้ำหนักเกิน 1 ตำแหน่ง สำหรับค่าน้ำหนักที่มีจุดทศนิยมประกอบอยู่ อนุญาตให้มีเลขศูนย์ที่ไม่เป็นเลขนัยสำคัญได้ในตำแหน่งที่สามหลังจุดทศนิยม

4.2.3 ขอบเขตของการแสดงค่า (Limits of indication)

ขอบเขตการแสดงค่าสูงสุดของเครื่องชั่งต้องแสดงค่าได้ไม่เกิน Max + 9e

4.2.4 ส่วนแสดงค่าประมาณ (Approximate indicating device)

ค่าขั้นหมายมาตรา (Scale interval) ของส่วนแสดงค่าประมาณต้องมากกว่า Max/100 และไม่ว่ากรณีใดๆต้องไม่น้อยกว่า 20e ส่วนแสดงค่าประมาณนี้ถือเป็นส่วนช่วยในการแสดงค่า (Secondary indications)

4.2.5 การขยายช่วงการแสดงค่าได้เองของเครื่องชั่งกึ่งแสดงค่าได้เอง (Extending the range of self-indication on a semi-self-indicating instrument)

การขยายช่วงของช่วงของการแสดงค่าได้เอง (the extension interval of the range of self indication) ต้องไม่มากกว่าค่าพิกัดกำลังของการแสดงได้เอง (value of the self-indication capacity)

"วิธียอมรับ"

a) ค่าขั้นหมายมาตราของการขยายช่วงของช่วงของการแสดงค่าได้เองต้องเท่ากับพิกัดกำลังของการแสดงค่าได้เอง (capacity of self-indication) (เครื่องชั่งเปรียบเทียบ (Comparator instrument) ไม่รวมอยู่ในข้อกำหนดนี้)

b) ส่วนขยายช่วงการชั่ง (an extension device) ด้วยวิธีการใช้ตุ้มเลื่อน (Sliding poises) ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด 6.2.2

c) ส่วนขยายช่วงการชั่งที่ใช้ตุ้มเลื่อนแบบถอดไม่ได้หรือกลไกสลับน้ำหนักถ่วงติดตั้งอยู่ การขยายแต่ละช่วงของส่วนดังกล่าวต้องจัดให้มีการเปลี่ยนแปลงของระบบตัวเลขบ่งบอกค่าให้เพียงพอ ในขณะเดียวกันต้องจัดให้มีการซีลฝาครอบตัวเรือนและช่องปรับน้ำหนักของตุ้มเลื่อนหรือน้ำหนักถ่วง

4.3 (R76-1) ส่วนแสดงค่าแบบอนาล็อก (Analogue indicating device)

ข้อกำหนดต่อไปนี้เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมจากข้อกำหนด 4.2.1 ถึงข้อกำหนด 4.2.4

4.3.1 ขั้นหมายมาตรา; กว้างและยาว (Scale marks ; length and width)

ต้องออกแบบขั้นหมายมาตราและตัวเลขที่กำกับขั้นหมายมาตราให้อ่านได้ง่ายและชัดเจน

"วิธียอมรับ"

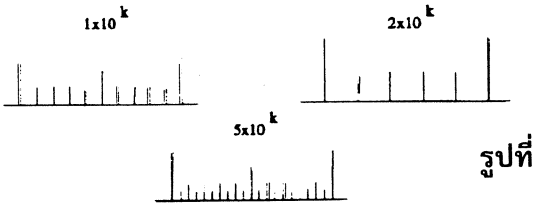
a. รูปแบบของขั้นหมายมาตรา(Form of scale marks)

ขั้นหมายมาตราต้องมีขนาดหนาเท่ากันสม่ำเสมอตลอดความยาวและมีความหนาอยู่ระหว่าง 1/10 ถึง 1/4 ของช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตรา (Scale spacing) แต่ต้องไม่บางกว่า 0.2 มม. ความยาวของขีดขั้นหมายมาตราที่สั้นที่สุดต้องไม่สั้นกว่าช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตรา

b. การจัดเรียงตัวของขั้นหมายมาตรา(Arrangement of scale marks)

การจัดเรียงตัวของขั้นหมายมาตราควรให้สอดคล้องกับแบบใดแบบหนึ่งในรูปที่ 5 (OIML R76-1)

Figure 5
Examples of application to rectilinear scales



รูปที่ 5 (OIML R76-1)

c. ตัวเลขกำกับ (Numbering)

สำหรับระบบขั้นหมายมาตราหนึ่ง การกำหนดตัวเลขของค่าขั้นหมายมาตราต้อง

- ห่างกันด้วยระยะคงที่

- อยู่ในรูป 1×10^k , 2×10^k หรือ 5×10^k โดย k เป็นเลขยกกำลังจำนวนเต็มบวก หรือจำนวนเต็มลบ หรือศูนย์

- ไม่เกิน 25 เท่าของค่าขั้นหมายมาตรา (Scale interval) ของเครื่องชั่งนั้นๆ

ถ้าถ่ายทาบเงาขั้นหมายมาตรา (Scale) ลงบนจอส่วนแสดงค่า ต้องมีขั้นหมายมาตราที่มีตัวเลขกำกับค่าขั้นหมายมาตราอย่างน้อย 2 ค่าปรากฏบนจอส่วนแสดงค่าพร้อมกัน

ความสูง (จริงหรือปรากฏ) ของตัวเลขที่แสดงค่าในหน่วยของ "มม." ไม่ควรน้อยกว่า 3 เท่าของระยะการอ่านได้น้อยที่สุดที่แสดงในหน่วย ม. แต่ไม่ว่ากรณีใดต้องไม่น้อยกว่า 2 มม.

ความสูงของตัวเลขกำกับค่านี้ควรเป็นสัดส่วนกับความยาวของขั้นหมายมาตราที่กำกับอยู่

ความกว้างของตัวเลขเมื่อวัดตามแนวขนานกับฐานของขั้นหมายมาตรา ต้องน้อยกว่าระยะระหว่างขั้นหมายมาตราที่มีตัวเลขกำกับติดต่อเนื่องกัน 2 ค่า

d. ส่วนประกอบการแสดงค่า (Indicating component)

ความกว้างของตัวชี้ค่า (pointer) ของส่วนประกอบการแสดงค่าต้องมีขนาดประมาณเท่ากับความกว้างของขั้นหมายมาตราและมีความยาวอย่างน้อยสุดปลายของตัวชี้ค่าต้องยาวถึงระดับกึ่งกลางขั้นหมายมาตราที่สั้นที่สุด

ระยะห่างระหว่างตัวชี้ค่ากับขั้นหมายมาตราควรเท่ากับช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตรา (Scale spacing) แต่ไม่ว่ากรณีใดๆต้องไม่เกินกว่า 2 มม.

4.3.2 ช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตรา (Scale spacing)

ความกว้างน้อยที่สุด i_0 ของช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตราควรเท่ากับ

- สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I หรือ II
  - 1 มม. สำหรับส่วนแสดงค่า
  - 0.25 มม. สำหรับส่วนแสดงค่าเสริม (Complementary indicating devices) ในกรณีนี้ความกว้างน้อยที่สุด i_0 คือการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างส่วนประกอบการแสดงค่า (indicating component) และขั้นหมายมาตราที่ยื่น (projected scale) เมื่อเทียบกับขั้นหมายมาตราตรวจรับรองของเครื่องชั่ง
- สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III หรือ IIII
  - 1.25 มม. สำหรับส่วนแสดงค่าแบบหน้าปัดกลม (Dial indicating device)
  - 1.75 มม. สำหรับส่วนแสดงค่าที่ใช้แสงฉายเงาขั้นหมายมาตรา (Optical projection indicating devices)

"วิธียอมรับ"

ช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตรา (Scale spacing) (จริงหรือที่ปรากฏ) , i ในหน่วย มม. ควรมีค่าอย่างน้อยเท่ากับ $(L + 0.5)i_0$

เมื่อ

i_0 คือ ช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตราน้อยที่สุด หน่วย มม.

L คือ ระยะห่างของการอ่านน้อยที่สุด (minimum reading distance) หน่วย เมตร อย่างน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ L = 0.5 ม.

ช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตรากว้างที่สุดไม่ควรเกิน 1.2 เท่าของช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตราเล็กที่สุดบนขั้นหมายมาตราชุดเดียวกัน

4.3.3 ขอบเขตของการแสดงค่า (Limits of indication)

ต้องมีส่วนกันการเคลื่อนที่ (Stops) มิให้เข็มชี้เคลื่อนไปต่ำกว่าการแสดงค่าศูนย์ และสูงเกินเลยกว่าแสดงค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง ยกเว้นเครื่องชั่งที่เป็นระบบหน้าปัดหลายรอบ (multi-revolution dial instruments)

"วิธียอมรับ"

จัดให้มีตัวหยุดตัวชี้ค่าเพื่อป้องกันไม่ให้เคลื่อนที่ล่วงเกินไปต่ำกว่าศูนย์และเหนือกว่าค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องที่แสดงค่าเองได้อัตโนมัติได้ด้วยระยะประมาณอย่างน้อย 4 เท่าของช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตรา โดยในพื้นที่ดังกล่าวนี้ต้องไม่มีขีดขั้นหมายมาตราบนหน้าปัดในกรณีที่เป็นหน้าปัดที่ใช้เพียงรอบเดียว พื้นที่นี้เรียกว่า "พื้นที่ว่าง(Blank zones)"

4.3.4 การหน่วงการแกว่ง (Damping)

การหน่วงการแกว่งของตัวชี้ค่าหรือส่วนที่มีการเคลื่อนไหวของเครื่องชั่งต้องปรับให้มีค่าต่ำกว่า critical damping ไม่ว่าเกิดจากปัจจัยใดๆ ที่มีผลต่อเครื่องชั่ง

"วิธียอมรับ"

การหน่วงการแกว่งต้องทำให้ส่วนแสดงค่าสามารถอยู่ในสภาวะเสถียรได้หลังจากแกว่งไป 3, 4 หรือ 5 เท่าครึ่งคาบของการแกว่ง

ระบบการหน่วงการแกว่งที่เป็นระบบไฮดรอลิกซึ่งจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะต้องจัดให้มีส่วนปรับความดันอัตโนมัติ (an automatic regulating device) หรือมีส่วนที่สามารถปรับได้ง่ายโดยใช้มือ

สำหรับระบบการหน่วงการแกว่งที่เป็นระบบไฮดรอลิกในเครื่องชั่ง ที่สามารถพกพาได้ง่าย ของเหลวไฮดรอลิกภายในระบบดังกล่าวต้องไม่หกหรือไหลออกมาเมื่อเครื่องชั่งเอียง 45°

4.4 (R76-1) ส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลและส่วนพิมพ์ค่า (Digital indicating and printing devices)

ข้อกำหนดต่อไปนี้เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมจากข้อกำหนด 4.2.1 ถึงข้อกำหนด 4.2.5

4.4.1 การเปลี่ยนการแสดงค่า(Change of indication)

เมื่อเปลี่ยนภาระน้ำหนักบนเครื่องชั่ง ผลการชั่งก่อนหน้านี้ของเครื่องชั่งต้องแสดงอยู่เกิน 1 วินาที

4.4.2 สภาวะสมดุลเสถียร(Stable equilibrium)

สภาวะสมดุลจะถือว่าเสถียรเมื่อ

- สำหรับส่วนพิมพ์ค่าและ/หรือส่วนเก็บข้อมูลต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดวรรคสุดท้ายในข้อกำหนด 4.4.5

- ในกรณีของการปรับศูนย์หรือการทดน้ำหนัก (ข้อกำหนด 4.5.4, 4.5.6, 4.5.7 และ 4.6.8) ต้องทำให้ใกล้สภาวะสมดุลสุดท้ายที่เครื่องจะทำงานได้ถูกต้องภายในข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง

4.4.3 ส่วนแสดงค่าขยาย(Extended indicating device)

ไม่ใช้ส่วนแสดงค่าขยายกับเครื่องชั่งที่มีค่าขั้นหมายมาตราแตกต่างกัน (differentiated scale division)

หากเครื่องชั่งประกอบด้วยส่วนแสดงค่าขยาย จะแสดงค่าที่ละเอียดกว่าค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง e ได้เฉพาะเมื่อ

- ในระหว่างการกดปุ่มคีย์ หรือ
- ในช่วงเวลาไม่เกิน 5 วินาทีหลังจากสั่งงานจากภายนอก

ในทุกกรณีค่าของส่วนแสดงค่าขยายนี้จะถูกสั่งพิมพ์ค่าออกมาไม่ได้

4.4.4 การใช้เครื่องแสดงค่าแบบอื่น ๆ (Multiple use of indicating devices)

ส่วนแสดงค่าอื่นๆนอกเหนือจากส่วนแสดงค่าหลัก (primary indications) อาจจัดให้แสดงอยู่ในส่วนแสดงเดียวกันก็ได้ โดยมีเงื่อนไข

- เป็นปริมาณอื่นที่ไม่ใช้ค่าน้ำหนักผลการชั่งแต่สอดคล้องเหมือนกับส่วนส่วนแสดงค่าหลัก โดยแสดงด้วยหน่วยการชั่ง หรือสัญญลักขณ์
- ค่าน้ำหนักที่ไม่ใช่ผลการชั่ง (ตามนิยาม T.5.2.1 ถึง T.5.2.3) ซึ่งต้องบอกไว้อย่างชัดเจน หรืออาจแสดงเฉพาะเมื่อมีคำสั่งจากภายนอก แต่จะสั่งพิมพ์ค่าน้ำหนักดังกล่าวไม่ได้

ไม่มีข้อจำกัดใด ๆ ถ้าโหมดการชั่งทำงานแยกต่างหากด้วยคำสั่งพิเศษ

4.4.5 ส่วนพิมพ์ค่า (Printing device)

ส่วนพิมพ์ต้องพิมพ์ผลการชั่งได้ชัดเจน คงทนถาวรตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ตัวพิมพ์ต้องมีความสูงอย่างน้อย 2 มม.

ผลจากการพิมพ์ ชื่อหรือสัญญลักขณ์ของหน่วยการวัดต้องอยู่ทางขวามือ หรือด้านบนตามแนวแถว (column) ของผลการวัดที่พิมพ์ออกมา

ส่วนพิมพ์ค่าจะต้องไม่สามารถพิมพ์ค่าผลการชั่งได้ เมื่อสภาวะสมดุลยังไม่เสถียร

การพิจารณาว่าเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลเสถียรก็ต่อเมื่อเครื่องชั่งแสดงค่า 2 ค่า ที่ต่อเนื่องกันคงที่เป็นเวลา 5 วินาที และค่าใดค่าหนึ่งในสองค่านี้จะต้องถูกพิมพ์ค่าออกมา (ในกรณีที่เครื่องชั่งมีค่า $d < e$ จะไม่มีการพิจารณา the differentiated scale divisions)

4.4.6 ส่วนเก็บข้อมูล (Memory storage device)

การเก็บข้อมูลผลการแสดงค่าของส่วนแสดงค่าหลัก, การส่งถ่ายข้อมูล, การรวมผลน้ำหนักหรืออื่นๆ จะสามารถดำเนินการดังกล่าวได้ก็ต่อเมื่อเครื่องชั่งอยู่ในภาวะสมดุลเสถียร เกณฑ์การตัดสินว่าสมดุลเสถียรอย่างไรให้เป็นเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในข้อกำหนด 4.4.5

4.5 (R76-1) ส่วนตั้งศูนย์และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-setting and zero-tracking devices)

เครื่องชั่งอาจมีส่วนตั้งศูนย์มากกว่า 1 ส่วนก็ได้ แต่ต้องมีส่วนรักษาศูนย์ได้ไม่เกิน 1 ส่วน

4.5.1 ผลกระทบที่มากที่สุด (Maximum effect)

ส่วนตั้งศูนย์ต้องไม่มีผลกระทบต่อพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง

ผลกระทบการทำงานทั้งหมดของส่วนตั้งศูนย์และส่วนรักษาศูนย์ต้องไม่เกิน 4% ของพิกัดกำลังสูงสุด และผลกระทบการทำงานรวมของส่วนตั้งศูนย์ครั้งแรก (the initial zero-setting device) ต้องไม่เกิน 20% ของพิกัดกำลังสูงสุด (ซึ่งข้อกำหนดนี้ไม่มีผลบังคับกับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง IIII เว้นแต่จะใช้เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III ในการซื้อขาย)

ช่วงการทำงานที่ยอมให้สำหรับส่วนตั้งศูนย์ครั้งแรก (the initial zero-setting device) ข้างบนนี้อาจขยายได้กว้างมากกว่าที่กำหนด หากผลการทดสอบเครื่องชั่งแสดงว่าเครื่องชั่งยังคงเป็นไปตามข้อกำหนด 3.5, 3.6, 3.8 และ 3.9 ที่ทำการชั่งน้ำหนักชดเชยใด ๆ (any load compensated) โดยการทำงานของส่วนนี้ภายในช่วงที่กำหนดนั้นๆ

4.5.2 ความเที่ยง (Accuracy)

หลังจากการตั้งศูนย์ ผลกระทบของการเบี่ยงเบนจากศูนย์ต่อผลการชั่งของเครื่องชั่งต้องไม่กระทบต่อผลการชั่งเกินกว่า 0.25e ในกรณีที่เครื่องชั่งมีส่วนแสดงค่าช่วยเสริม (Auxiliary indicating devices) ผลกระทบนี้ต้องไม่เกิน 0.5d

4.5.3 เครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instrument)

หากเครื่องชั่งสามารถทำงานโดยสามารถเปลี่ยนช่วงการชั่งจากช่วงการชั่งหนึ่งไปยังช่วงการชั่งที่สูงกว่าได้อย่างต่อเนื่องขณะทำการชั่งอยู่ การตั้งศูนย์ภายในช่วงชั่งใดๆ ของเครื่องชั่งต้องมีผลเช่นเดียวกันกับในช่วงการชั่งที่เป็นช่วงการชั่งสูงขึ้นด้วย

4.5.4 การควบคุมของส่วนตั้งศูนย์(Control of zero-setting device)

ยกเว้นเครื่องชั่งตามข้อกำหนด 4.14 และข้อกำหนด 4.15 เครื่องชั่งใดๆที่มีหรือไม่ประกอบด้วยส่วนตั้งศูนย์ครั้งแรกอาจมีส่วนตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติ (a semi-automatic zero-setting device) และส่วนปรับสมดุลน้ำหนักที่ทดไว้กึ่งอัตโนมัติ (a semi-automatic tare-balancing device) ประกอบร่วมทำงานอยู่โดยใช้ปุ่มควบคุมปุ่มเดียวกันก็ได้

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์ (a zero-setting device) และส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ (a tare-weighing device) การควบคุมส่วนตั้งศูนย์ต้องแยกออกจากการควบคุมส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้

ส่วนตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติควรทำงานก็ต่อเมื่อ

- เมื่อเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลเสถียร
- เมื่อส่วนดังกล่าวไปยกเลิกการทดน้ำหนักใดๆที่กระทำไว้ในครั้งก่อนหน้านี้

4.5.5 ส่วนแสดงศูนย์สำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบดิจิตอล (Zero indicating device on an instrument with digital indication)

เครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบดิจิตอลต้องมีส่วนแสดงศูนย์ (Zero indicating device) เพื่อแสดงให้ทราบถึงสภาวะเครื่องชั่งเมื่อมีการเบี่ยงเบนจากตำแหน่งศูนย์ไม่เกิน 0.25e ด้วยสัญญลักขณ์พิเศษ ส่วนแสดงศูนย์นี้อาจทำงานเมื่อเครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์หลังทำการทดน้ำหนักอีกด้วยก็ได้

สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าช่วยเสริม (Auxiliary indicating devices) หรือมีส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) ซึ่งมีอัตราการรักษาศูนย์ (the rate of zero tracking) ไม่ต่ำกว่า 0.25d/วินาที อาจไม่ต้องมีส่วนแสดงศูนย์ก็ได้

4.5.6 ส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero-setting device)

ส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติควรทำงานก็ต่อเมื่อ

- เกิดสภาวะสมดุลเสถียร และ
- ส่วนแสดงค่ายังคงแสดงค่าต่ำกว่าค่าศูนย์เป็นเวลานานอย่างน้อยที่สุด 5 วินาที

4.5.7 ส่วนรักษาศูนย์(Zero tracking device)

ส่วนรักษาศูนย์ควรทำงานก็ต่อเมื่อ

- เครื่องชั่งแสดงศูนย์ หรือ ที่ค่า Negative net value มีค่าเท่ากับ gross zero และ
- เกิดสภาวะสมดุลเสถียร และ
- ค่าแก้ไข (the corrections) ไม่เกิน 0.5d/วินาที

เมื่อเครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์หลังจากทำการทดน้ำหนัก ส่วนรักษาศูนย์อาจทำงานอยู่ภายในช่วง 4% ของพิกัดกำลังสูงสุดรอบค่าศูนย์จริง (the actual zero) ก็ได้

4.6 (R76-1) ส่วนทดน้ำหนัก (Tare device)

4.6.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General requirement)

ส่วนทดน้ำหนักต้องเป็นไปตามข้อกำหนดตามข้อกำหนด 4.1 ถึงข้อกำหนด 4.4

4.6.2 ช่องขั้นหมายมาตรา(Scale interval)

ช่องขั้นหมายมาตราของส่วนทดน้ำหนักต้องมีค่าเท่ากับช่องขั้นหมายมาตราของเครื่องชั่งทุกน้ำหนักที่ทุกค่าน้ำหนักชั่งใดๆ

4.6.3 ความถูกต้อง (Accuracy)

ส่วนทดน้ำหนักต้องยอมให้สามารถทำการปรับการแสดงค่าศูนย์ด้วยความถูกต้องสูงกว่า

$\pm$0.25e สำหรับเครื่องชั่งอิเลคทรอนิคและเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบอนาล็อก

$\pm$0.5d สำหรับเครื่องชั่งเมคคานิกที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลและเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าช่วยเสริม (Auxiliary indicating devices)

สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (Multi-interval instrument) ให้ใช้ค่า e_1 แทนค่า e ($\pm$0.25e_1) สำหรับความถูกต้องที่ยอมให้ข้างบน

4.6.4 ช่วงการใช้งาน (Operating range)

ส่วนทดน้ำหนักต้องอยู่ในลักษณะที่ไม่สามารถใช้งานได้ที่ศูนย์ หรือต่ำกว่าศูนย์สัมฤทธิ์ (zero effect) หรือเหนือพิกัดกำลังสูงสุด (maximum indicated effect) ของส่วนทดน้ำหนัก

4.6.5 การแสดงให้เห็นถึงสภาวะการทำงาน (Visibility of operation)

เมื่อมีส่วนทดน้ำหนักทำงาน ควรมีการแสดงให้เห็นชัดเจนถึงสภาวะการทำงานของส่วนดังกล่าวบนเครื่องชั่งให้ทราบด้วย ในกรณีของเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบดิจิตอลควรแสดงเครื่องหมายหรือสัญญลักขณ์เพื่อบ่งบอกถึงค่าน้ำหนักสุทธิ ด้วยคำว่า "NET" หรือ "Net" หรือ "net" ก็ได้

หมายเหตุ ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนแสดงค่าที่ยอมให้ค่าน้ำหนักทั้งหมด (Gross Value) แสดงได้ชั่วขณะหนึ่งในขณะส่วนทดน้ำหนักทำงาน เครื่องหมายหรือสัญญลัขณ์เพื่อบ่งบอกถึงค่าน้ำหนักสุทธิ ด้วยคำว่า "NET" หรือ "Net" หรือ "net" ต้องหายไปเมื่อมีการแสดงค่าน้ำหนักทั้งหมด

ข้อกำหนดนี้ไม่จำเป็นต้องใช้กับเครื่องชั่งที่มีส่วนตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติและส่วนทดน้ำหนักกึ่งอัตโนมัติซึ่งทำงานและควบคุมด้วยปุ่มกดเดียวกัน

ในการบังคับใช้ข้อกำหนดนี้สามารถเปลี่ยน คำว่า "NET" หรือ "Net" หรือ "net" และ "T" ด้วยภาษาราชการของแต่ละประเทศนั้นก็ได้

"วิธียอมรับ"

สำหรับส่วนทดน้ำหนักแบบเมคคานิก (a mechanical tare adding device) ให้มีการแสดงค่าน้ำหนักที่ทดไว้ หรือแสดงไว้บนเครื่องชั่งด้วยเครื่องหมาย เช่น "T"

4.6.6 ส่วนทดน้ำหนักลบ (Subtractive tare device)

เมื่อการใช้ส่วนทดน้ำหนักลบก็เพื่อเป็นการไม่ยอมให้ทราบค่าพิสัยน้ำหนักค้าง (the residual weighing range) ส่วนทดน้ำหนักลบดังกล่าวต้องป้องกันการใช้เครื่องชั่งชั่งน้ำหนักเกินพิกัดกำลังสูงสุด หรือมีการแสดงให้ทราบเมื่อมีการชั่งถึงตำแหน่งพิกัดกำลังสูงสุด

4.6.7 เครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instrument)

หากเครื่องชั่งสามารถทำงานโดยสามารถเปลี่ยนช่วงการชั่งจากช่วงการชั่งหนึ่งไปยังช่วงการชั่งที่สูงกว่าได้อย่างต่อเนื่องขณะทำการชั่งอยู่ การทดน้ำหนักภายในช่วงชั่งใดๆ ของเครื่องชั่งต้องมีผลเช่นเดียวกันกับในช่วงการชั่งที่เป็นช่วงการชั่งสูงขึ้นด้วย

4.6.8 ส่วนทดน้ำหนักอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic or automatic tare devices)

ส่วนนี้ทำงานได้ก็ต่อเมื่อเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลเสถียร

4.6.9 การรวมเอาส่วนทดน้ำหนักกับส่วนตั้งศูนย์ (Combined zero-setting and tare-balancing devices)

เครื่องชั่งที่มีส่วนตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติและส่วนทดน้ำหนักกึ่งอัตโนมัติซึ่งควบคุมด้วยปุ่มกดเดียวกัน ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด 4.5.2, 4.5.5 และตามความเหมาะสมในข้อกำหนด 4.5.7 ที่ทุกค่าน้ำหนักใดๆ

4.6.10 การทดน้ำหนักติดต่อกัน (Consecutive tare operation)

ยอมให้ส่วนทดน้ำหนักทำงานติดต่อกันได้

หากมีส่วนทดน้ำหนักมากกว่า 1 ส่วนทำงานในเวลาเดียวกัน เมื่อแสดงค่าหรือพิมพ์ค่าน้ำหนักออกมา ต้องแสดงหรือพิมพ์ให้ชัดเจนว่าเป็นผลการชั่งได้ใช้ค่าทดน้ำหนักค่าใด

4.6.11 การพิมพ์ผลการชั่ง (Printing of weighing results)

ค่าน้ำหนักรวมทั้งหมด (gross weight values) อาจพิมพ์โดยไม่ต้องแสดงอะไรเพิ่มเติมพิเศษ ถ้าหากต้องการแสดงข้อความเพิ่มเติมยอมให้ใช้อักษร "G" หรือ "B" เท่านั้น

ถ้าพิมพ์ค่าน้ำหนักสุทธิ (Net weight values) เพียงค่าเดียวโดยไม่ได้พิมพ์ค่าน้ำหนักรวมทั้งหมด (gross values) หรือค่าน้ำหนักทด (tare values) อาจพิมพ์ค่าดังกล่าวโดยไม่ต้องแสดงข้อความหรืออะไรเพิ่มเติมเป็นพิเศษ การแสดงข้อความหรืออะไรเพิ่มเติมเป็นพิเศษสำหรับการพิมพ์ค่าน้ำหนักสุทธิควรเป็นอักษร "N" ข้อกำหนดดังกล่าวสามารถนำไปใช้ได้กับเครื่องชั่งที่มีส่วนตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติและส่วนปรับสมดุลน้ำหนักที่ทดไว้กึ่งอัตโนมัติ (semi-automatic tare balancing) ซึ่งควบคุมด้วยปุ่มกดเดียวกัน

ค่าน้ำหนักรวมทั้งหมด, ค่าน้ำหนักสุทธิ หรือค่าน้ำหนักทดของเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วงและเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ไม่จำเป็นต้องแสดงเครื่องหมายหรือสัญญลักขณ์พิเศษใดๆเพื่อบ่งบอกอ้างถึงช่วงการชั่งใดหรือช่วงการชั่งย่อยใด

หากมีการพิมพ์ค่าน้ำหนักสุทธิ พร้อมกับค่าน้ำหนักรวมทั้งหมด และ/หรือค่าน้ำหนักทด ต้องให้มีการแสดงสัญญลักขณ์ของค่าน้ำหนักสุทธิ และค่าน้ำหนักทดด้วยอักษร "N" และ "T"

ในการบังคับใช้ข้อกำหนดนี้สามารถเปลี่ยน คำว่า "G", "B", "N" และ "T" ด้วยภาษาราชการของแต่ละประเทศกับเครื่องชั่งที่ใช้ได้

หากค่าน้ำหนักสุทธิและค่าน้ำหนักทดหาได้จากส่วนทดน้ำหนักที่แตกต่างกันถูกพิมพ์ค่าออกมาแยกออกจากกัน ต้องแสดงหรือพิมพ์ให้ชัดเจนว่าเป็นผลการชั่งค่าใด

4.7 (R76-1) ส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (Preset tare device)

4.7.1 ขั้นหมายมาตรา(Scale interval)

โดยไม่คำนึงว่าจะเป็นการนำค่าน้ำหนักทดล่วงหน้า (preset tare valve) เข้าไปในส่วนกำหนดทดล่วงหน้าอย่างไร ค่าขั้นหมายมาตราของส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าต้องมีค่าเท่ากับค่าขั้นหมายมาตราของเครื่องชั่งหรือทำการปัดค่าอัตโนมัติให้มีค่าเท่ากับขั้นหมายมาตราของเครื่องชั่ง สำหรับเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (multi range instrument) ค่าน้ำหนักที่กำหนดไว้ล่วงหน้าของช่วงการชั่ง หนึ่งสามารถถูกถ่ายทอดค่าไปสู่ช่วงการชั่งที่สูงกว่า (มีค่าขั้นหมายมาตราตรวจสอบ (e) มากกว่า) ได้แต่ต้องปัดค่าทันทีไปยังค่าซึ่งมีขั้นหมายมาตราใหม่

สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ ค่ากำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าสูงสุด (the maximum preset tare value) ต้องไม่มากกว่า Max_1 และการแสดงค่าหรือพิมพ์ค่าน้ำหนักสุทธิที่คำนวณได้ต้องปัดค่าไปยังขั้นหมายมาตราของเครื่องชั่งให้เท่ากับขั้นหมายมาตราที่ค่าน้ำหนักสุทธิเดียวกันนั้น

- ***บทแทรก*** ยกตัวอย่างในกรณีเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III , e = 5 g. หากทำการป้อนค่าน้ำหนักทดล่วงหน้า (preset tare valve) เท่ากับ 500 g. แล้วปรากฏว่า เครื่องชั่งรับค่าที่ป้อนเข้าไปและแสดงค่าเท่ากับ 0.500 kg. แสดงว่าเครื่องชั่งถูกต้อง แต่ถ้าหากป้อนค่าน้ำหนักทดล่วงหน้าเท่ากับ 502 g. แล้วปรากฏว่า

  - เครื่องชั่งไม่ยอมรับค่าน้ำหนักที่ป้อนเข้าไป แสดงว่าเครื่องชั่งถูกต้อง เนื่องจาก 2 g. มีค่าน้อยกว่า e (5 g.)
  - เครื่องชั่งยอมรับค่าน้ำหนักที่ป้อนเข้าไปแต่ทำการปรับค่าให้มีค่าเท่ากับ 500 g. แสดงว่าเครื่องชั่งถูกต้อง แต่ก็อาจเป็นไปได้อีก 2 กรณีคือ เครื่องชั่งทำการปัดค่าทั้งจอแสดงค่า (display) และ CPU หรือในกรณีที่ 2 เครื่องชั่งเพียงแต่ปัดค่าเฉพาะจอแสดงค่า (display) ซึ่งต้องทดสอบด้วยการหาจุดเปลี่ยนตำแหน่ง (Changeover point)
  - เครื่องชั่งยอมรับค่าน้ำหนักที่ป้อนเข้าไปและไม่ทำการปรับค่า โดยยังคงแสดงค่าเท่ากับ 502 g. แสดงว่าเครื่องชั่งทำงานไม่เป็นไปตามที่กำหนดในข้อกำหนดนี้

4.7.2 โหมดการทำงาน (Modes of operation)

ส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าอาจทำงานร่วมกับส่วนทดน้ำหนัก 1 ส่วนหรือมากกว่าก็ได้ ก็ต่อเมื่อ

- สอดคล้องกับข้อกำหนด 4.6.10 และ
- การทำงานของส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าไม่สามารถถูกทำการปรับแต่ง หรือถูกยกเลิกตลอดระยะเวลาที่ส่วนทดน้ำหนักใดๆยังทำงานหลังจากทำการกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าได้

ส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าอาจทำงานอัตโนมัติได้หากสามารถกำหนดค่าน้ำหนักทดล่วงหน้าด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งเช่นระบบบาร์โค็ตซึ่งติดอยู่กับน้ำหนักที่ต้องการชั่ง

4.7.3 การแสดงสภาวะการทำงาน(Indication of operating)

สำหรับส่วนแสดงค่าที่เป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 4.6.5 ส่วนแสดงค่าดังกล่าวต้องแสดงค่ากำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (a preset tare value) ได้เพียงชั่วคราวเป็นอย่างน้อย

การกำหนดใช้ข้อกำหนด 4.6.11 ก็ต่อเมื่อ

- ถ้ามีการพิมพ์ค่าสุทธิที่คำนวณได้ และค่ากำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าด้วยพร้อมกันแล้วข้อยกเว้นสำหรับเครื่องชั่งที่ยอมให้ได้ตามข้อกำหนด 4.14, 4.15 หรือ 4.17
- โดยปกติแล้วใช้อักษรย่อ "PT" เป็นสัญญลักขณ์ของค่ากำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า แต่อย่างไรก็ตามสามารถที่เปลี่ยนไปใช้ภาษาราชการของแต่ละประเทศกับเครื่องชั่งที่ใช้ก็ได้

4.8 (R76-1) ตำแหน่งที่ล็อค (Locking position)

4.8.1 การป้องกันการชั่งเมื่อเครื่องชั่งอยู่นอกเหนือตำแหน่งชั่ง (Prevent of weighing outside the "weight" position)

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนล็อค 1 ส่วน หรือมากกว่า ส่วนล็อคเหล่านี้ต้องมีตำแหน่งเสถียร 2 ตำแหน่งคือตำแหน่ง "ล็อค" และ "ชั่ง" เท่านั้นและสามารถทำการชั่งได้เฉพาะอยู่ในตำแหน่ง "ชั่ง" เท่านั้น

อาจมีตำแหน่งชั่งล่วงหน้า (Preweight) สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I หรือ II ยกเว้นเครื่องชั่งในข้อกำหนด 4.14, 4.15 และ 4.17

4.8.2 การแสดงตำแหน่ง(Indication of position)

ต้องแสดงตำแหน่ง "ล็อค" และ "ชั่ง" ไว้อย่างชัดเจน

4.9 (R76-1) ส่วนตรวจรับรองช่วยเสริม (แบบเคลื่อนย้ายได้หรือแบบติดตั้งกับที่) (Auxiliary verification devices(removable or fixed))

4.9.1 ส่วนที่มีแท่นชั่ง 1 แท่น หรือมากกว่า(Devices with one or more platform)

ค่าอัตราส่วนระหว่างตุ้มน้ำหนักที่วางบนแท่นชั่ง เพื่อให้สมดุลกับน้ำหนักที่ต้องการชั่งที่แน่นอนค่าหนึ่งกับน้ำหนักที่ต้องการชั่งดังกล่าวต้องไม่น้อยกว่า 1/5000 (ต้องแสดงให้เห็นชัดเจนเหนือแท่นชั่ง)

ค่าของตุ้มน้ำหนักที่ใช้ถ่วงสมดุลกับน้ำหนักเท่าที่ต้องการชั่งที่มีค่ากับค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรองต้องเป็นเลขจำนวนเต็มคูณกับ 0.1 กรัม

4.9.2 ส่วนกำหนดค่าขั้นหมายมาตรา (Numbered scale devices)

ขั้นหมายมาตราของส่วนตรวจรับรองช่วยเสริมต้องเท่ากับหรือน้อยกว่า 1/5 เท่าของขั้นหมายมาตราตรวจรับรองที่ส่วนดังกล่าวต้องการที่จะใช้ควบคู่กับเครื่องชั่ง

4.10 (R76-1) การเลือกช่วงการชั่งของเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Selection of weighing ranges on multiple range instrument)

ต้องมีการแสดงให้ทราบอย่างชัดเจนว่ากำลังใช้งานในช่วงการชั่งใด

การเลือกช่วงการชั่ง (Weighing range) ด้วยมือใช้ได้ ก็ต่อเมื่อ

- เป็นการเปลี่ยนช่วงการชั่งต่ำกว่าไปยังช่วงการชั่งสูงกว่าที่น้ำหนักใด ๆ
- เป็นการเปลี่ยนจากช่วงการชั่งสูงกว่าไปยังช่วงการชั่งต่ำกว่า ก็ต่อเมื่อไม่มีน้ำหนักใด ๆ บนส่วนรับน้ำหนัก และส่วนแสดงค่าต้องแสดงค่าศูนย์หรือแสดงค่าสุทธิเป็นลบ (a negative net value) นั้นคือการทดน้ำหนักต้องถูกยกเลิกและค่าศูนย์ต้องถูกตั้งอยู่ระหว่างค่า $\pm 0.25e_i$ โดยการทำงานดังกล่าวทั้งสองอย่างนี้ต้องดำเนินพร้อมกันอย่างอัตโนมัติ

การเปลี่ยนช่วงการชั่งโดยอัตโนมัติใช้ได้ ก็ต่อเมื่อ

- เป็นการเปลี่ยนจากช่วงการชั่งพิกัดต่ำกว่าไปยังช่วงการชั่งพิกัดสูงกว่าถัดไปติดกันเมื่อน้ำหนักที่ทำการชั่งอยู่นั้นเกินกว่าน้ำหนักรวมทั้งหมดสูงสุด (the maximum gross weight)ของช่วงการชั่งที่กำลังทำงานอยู่

- เป็นการเปลี่ยนจากเฉพาะช่วงการชั่งพิกัดสูงกว่าไปยังช่วงการชั่งพิกัดต่ำกว่าเมื่อไม่มีน้ำหนักใด ๆ บนส่วนรับน้ำหนัก และส่วนแสดงค่าต้องแสดงค่าศูนย์หรือแสดงค่าสุทธิเป็นลบ (a negative net value) นั้นคือการทดน้ำหนักต้องถูกยกเลิกและค่าศูนย์ต้องถูกตั้งอยู่ระหว่างค่า $\pm 0.25e_i$ โดยการทำงานดังกล่าวทั้งสองอย่างนี้ต้องดำเนินพร้อมกันอย่างอัตโนมัติ

4.11 (R76-1) ส่วนสำหรับเลือกหรือสลับระหว่างหลายส่วนรับน้ำหนักและหลายส่วนส่งผ่านน้ำหนักกับหลายส่วนชั่งน้ำหนัก (Devices for selection (or switching) between various load receptors-load transmitting devices and various load measuring devices)

4.11.1 การชดเชยของสภาวะไม่มีน้ำหนัก (Compensation of no-load effect)

ส่วนสลับ (Selecting device) ต้องมีความสามารถชดเชยอิทธิพลของสภาวะไม่มีน้ำหนักที่ไม่เท่ากันของแต่ละส่วนรับน้ำหนักและส่วนส่งผ่านน้ำหนักที่จับคู่แตกต่างกันได้อย่างน่าเชื่อถือ

4.11.2 การตั้งศูนย์ (Zero-setting)

การตั้งศูนย์ของเครื่องชั่งที่มีการเชื่อมโยงการทำงานระหว่างส่วนรับน้ำหนักและส่วนชั่งน้ำหนักที่แตกต่างกันหลากหลายรูปแบบภายในเครื่องชั่งเดียวกันต้องชัดเจนและเป็นไปตามข้อกำหนด 4.5

4.11.3 การห้ามชั่ง (Impossibility of weighing)

ขณะส่วนสลับ (Selecting device) กำลังทำงาน ขบวนการชั่งต้องไม่สามารถดำเนินการได้

4.11.4 การบ่งบอกการทำงานร่วมกันของส่วนต่าง ๆ (Identification of the combinations used)

การทำงานร่วมกันของแต่ละส่วนรับน้ำหนักและส่วนชั่งน้ำหนักต้องบ่งบอกให้ชัดเจนในที่สามารถมองเห็นได้

4.12 (R76-1) ข้อกำหนดสำหรับโหลดเซล (Requirement for load cells)

ข้อกำหนดนี้ใช้แทนข้อกำหนด 3.5.4 สำหรับโหลดเซลของเครื่องชั่งที่ได้ถูกแยกออกไปทดสอบตามข้อกำหนด OIML R-60 (Metrological regulation for load cells) ทั้งในข้อกำหนด OIML R-60 ได้กำหนดให้ค่าเศษส่วน $p_i = 0.7$ เท่าของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่ประกอบสมบูรณ์พร้อมใช้งานโดยมีโหลดเซลดังกล่าวประกอบอยู่ภายใน

และดูเหมือนจะเป็นที่ยอมรับได้ว่าโหลดเซลเป็นไปตามข้อกำหนด 3.9.2.3, 3.9.4.1 และ 3.9.4.2 ถ้าหากโหลดเซลเป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปนี้

4.12.1 พิกัดกำลังสูงสุดของโหลดเซล (Maximum capacity of load cell)

พิกัดกำลังสูงสุดของโหลดเซล ต้องเป็นไปตามเงื่อนไข

$$E_{max} \geq Q \bullet Max \bullet R/N$$

เมื่อ

E_{max} คือ พิกัดกำลังสูงสุดของโหลดเซล

N คือ จำนวนโหลดเซล

R คือ อัตราส่วนลด (Reduction ratio)ของส่งผ่านน้ำหนัก (T.3.3)

$$R = \frac{FM}{FL}$$

เมื่อ

FM คือแรงกระทำบนส่วนชั่งน้ำหนัก (the load measuring device)

FL คือแรงกระทำบนส่วนรับน้ำหนัก (the load receptor)

Q คือ ค่าแก้ไข (Correction factor)

สำหรับค่าแก้ไข $Q > 1$ พิจารณาถึงในกรณีผลกระทบที่เป็นไปได้ของการวางน้ำหนักเยื้องศูนย์, น้ำหนักตาย (dead load) ของส่วนรับน้ำหนัก, ช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (initial zero setting range) และการกระจายภาระน้ำหนักที่ไม่สม่ำเสมอ

4.12.2 จำนวนมากที่สุดของช่องขั้นหมายมาตราของโหลดเซล (Maximum number of load cell intervals)

จำนวนมากที่สุดของช่องขั้นหมายมาตรา (n_{LC}) (ดู OIML R60) ของโหลดเซลแต่ละตัวต้องไม่น้อยกว่าจำนวนช่องขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (n) ของเครื่องชั่ง

$$n_{LC} \geq n$$

สำหรับเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง หรือเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ จำนวนมากที่สุดของช่องขั้นหมายมาตรา (n_{LC}) (ดู OIML R60) ของโหลดเซลแต่ละตัวต้องไม่น้อยกว่าจำนวนช่องขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (n) ของเครื่องชั่งแต่ละช่วงการชั่ง (weighing range) หรือช่วงการชั่งย่อย (partial weighing range)

$$n_{LC} \geq n_i$$

สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ ค่าด้านทางออกอันเนื่องจากภาระน้ำหนักตายต่ำสุด (the minimum dead load output return) ; DR (คือ ค่าความแตกต่างของด้านทางออกของโหลดเซลที่ภาระน้ำหนักตายต่ำสุด เมื่อทำการวัดก่อนและหลังจากวางน้ำหนักทดสอบ ;ดู OIML R60) ต้องสอดคล้องกับ

$$DR \leq 0.5 \bullet e_1 \bullet R/N$$

"วิธียอมรับ"

หากไม่ทราบค่า DR เงื่อนไขที่ยอมรับได้ต้องเป็นไปตาม $n_{LC} \geq Max_r/e_1$

นอกจากนั้นสำหรับเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วงเมื่อใช้โหลดเซลเดียวกันสำหรับช่วงการชั่งมากกว่า 1 ช่วง ค่าด้านทางออกอันเนื่องจากภาระน้ำหนักตายต่ำสุด (the minimum dead load output return) ; DR (ดู OIML R60) ต้องสอดคล้องกับ

$$DR \leq e_1 \bullet R/N$$

"วิธียอมรับ"

หากไม่ทราบค่า DR เงื่อนไขที่ยอมรับได้ต้องเป็นไปตาม $n_{LC} \geq 0.4 \bullet Max_r/e_1$

4.12.3 ขั้นหมายมาตราตรวจรับรองน้อยที่สุดของโหลดเซล (Minimum load cell verification interval)

ขั้นหมายมาตราตรวจรับรองน้อยที่สุดของโหลดเซล (ดู OIML R60) ต้องไม่มากกว่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง e คูณด้วยอัตราส่วนลด R ของส่วนส่งผ่านน้ำหนักและหารด้วยรากที่สองของจำนวน N โหลดเซล

$$V_{min} \leq e \bullet R/\sqrt{N}$$

สำหรับเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วงที่ใช้โหลดเซลเดียวกันมากกว่า 1 ช่วงการชั่ง หรือเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ จะแทนค่า e แทนด้วย e_1

4.13 (R76-1) เครื่องชั่งเปรียบเทียบ "บวก" และ "ลบ" ("Plus" and "minus" comparator instrument)

ด้วยวัตถุประสงค์เพื่อทำการตรวจสอบให้คำรับรองให้จัดประเภทเครื่องชั่งเปรียบเทียบเป็นเครื่องชั่งกึ่งแสดงค่าได้เอง

4.13.1 การแบ่งแยกระหว่างขอบเขต "บวก" และ "ลบ" (Distinction between "plus" and "minus" zones)

สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าแบบอนาล็อก ขอบเขตพื้นที่แต่ละด้านของศูนย์กำหนดแบ่งแยกด้วยเครื่องหมาย + และ -

สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอล ที่บริเวณใกล้ส่วนแสดงค่าต้องแสดงข้อความ

- Range $\pm$ .....u_m หรือ
- Range - .....u_m/+ .....u_m,

เมื่อ u_m คือหน่วยของน้ำหนักตามที่กำหนดในข้อกำหนด 2.1

4.13.2 รูปแบบของขั้นหมายมาตรา (Form of scale)

เครื่องชั่งเปรียบเทียบควรมีขั้นหมายมาตราอย่างน้อย d = e บนทั้งสองด้านของการแสดงค่าศูนย์ ค่าที่สอดคล้องกันควรแสดงค่าบนปลายสุดของขั้นหมายมาตราบนทั้งสองด้านเช่นกัน

4.14 (R76-1) เครื่องชั่งสำหรับใช้ชั่งเพื่อการซื้อขายต่อสาธารณะโดยตรง (Instrument for direct sales to the public) (ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งใดจัดเป็นเครื่องชั่งเพื่อการซื้อขายต่อสาธารณะโดยตรงขึ้นอยู่กับประเทศนั้นๆ)

ข้อกำหนดต่อไปนี้ใช้กับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III หรือ IIII ที่มีพิกัดกำลังสูงสุดไม่เกิน 100 กก. ตามที่ออกแบบไว้เพื่อใช้ในการซื้อขายโดยตรงต่อสาธารณะ

4.14.1 ส่วนแสดงค่าหลัก (Primary indications)

ส่วนแสดงค่าหลักของเครื่องชั่งสำหรับใช้ชั่งเพื่อการซื้อขายต่อสาธารณะโดยตรงต้องแสดงผลการชั่งและข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งการแสดงค่าศูนย์ที่ถูกต้อง, สภาวะการทำงานของส่วนทดน้ำหนัก (tare device)และส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (preset tare device)

4.14.2 ส่วนตั้งศูนย์ (Zero-setting device)

เครื่องชั่งสำหรับใช้ชั่งเพื่อการซื้อขายต่อสาธารณะโดยตรงต้องไม่ประกอบด้วยส่วนตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติ ยกเว้นเป็นการสั่งให้ส่วนตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติทำงานด้วยเครื่องมือเท่านั้น

4.14.3 ส่วนทดน้ำหนัก (Tare device)

เครื่องชั่งแบบกลไกที่ประกอบด้วยส่วนรับน้ำหนักต้องไม่มีส่วนทดน้ำหนัก

เครื่องชั่งแบบแท่นชั่งเดียวอาจมีส่วนทดน้ำหนักได้ถ้าหากทำให้ผู้ซื้อสามารถมองเห็น

- ส่วนทดน้ำหนักกำลังถูกใช้งานอยู่หรือไม่ และ
- การตั้งค่าของส่วนทดน้ำหนักได้มีการเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่

ให้ส่วนทดน้ำหนักสามารถทำงานได้เพียงส่วนเดียวเท่านั้น เมื่อเครื่องชั่งยังคงทำงานอยู่

หมายเหตุ ข้อกำหนดกำหนดการใช้งานนี้รวมถึงต้องเป็นไปตามข้อกำหนด 4.14.3.2 ย่อหน้าที่ 2

เครื่องชั่งต้องไม่ประกอบด้วยส่วนซึ่งสามารถเรียกค่าน้ำหนักรวม (Gross vale) ขณะที่มีส่วนทดน้ำหนัก หรือส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าทำงานอยู่

4.14.3.1 ส่วนทดน้ำหนักไม่อัตโนมัติ (Nonautomatic tare device)

ระยะการเคลื่อนที่ 5 มม. ของจุดควบคุมควรมีค่าเท่ากับ 1 ขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง

4.14.3.2 ส่วนทดน้ำหนักกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic tare device)

เครื่องชั่งอาจประกอบด้วยส่วนทดน้ำหนักกึ่งอัตโนมัติ ถ้า

- การทำงานของส่วนทดน้ำหนักต้องไม่ยอมให้มีการลดค่าของน้ำหนักที่ทดไว้ และ
- ผลของการทดน้ำหนักสามารถถูกยกเลิกได้ก็ต่อเมื่อไม่มีน้ำหนักบนส่วนรับน้ำหนัก เท่านั้น

นอกจากนี้ เครื่องชั่งต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดอย่างน้อย 1 ข้อของข้อกำหนดต่อไปนี้

1. ค่าน้ำหนักทดต้องถูกแสดงอย่างถาวรบนส่วนแสดงค่าน้ำหนักทดซึ่งแยกออกมาจากการแสดงค่าน้ำหนักชั่งอย่างชัดเจน

2. ค่าน้ำหนักทดต้องถูกแสดงด้วยเครื่องหมายลบ ("-") เมื่อไม่มีน้ำหนักใด ๆ บนส่วนรับน้ำหนัก หรือ

3. ผลของการทำงานของส่วนทดน้ำหนักถูกยกเลิกโดยอัตโนมัติ และส่วนแสดงค่ากลับมาแสดงค่าศูนย์เมื่อไม่มีน้ำหนักบนส่วนรับน้ำหนักหลังการแสดงผลการชั่งที่น้ำหนักสุทธิมากกว่าศูนย์

4.14.3.3 ส่วนทดน้ำหนักอัตโนมัติ (Automatic tare device)

เครื่องชั่งต้องไม่ประกอบด้วยส่วนทดน้ำหนักอัตโนมัติ

4.14.4 ส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (Preset tare device)

อาจมีส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าได้ถ้ามีการแสดงค่าน้ำหนักทดที่ตั้งไว้ล่วงหน้าบนส่วนแสดงค่าน้ำหนักหลักในส่วนของจอซึ่งแยกแสดงผลแตกต่างออกจากผลการชั่งอย่างชัดเจน และเป็นไปตามข้อกำหนด 4.14.3.2 วรรคแรก

ส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าต้องไม่สามารถทำงานได้ขณะที่ส่วนทดน้ำหนักกำลังทำงานอยู่

เมื่อส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าประกอบด้วย price look up; PLU ค่าน้ำหนักทดล่วงหน้าอาจถูกยกเลิกพร้อมกับการยกเลิก price look up; PLU

4.14.5 การห้ามชั่ง (Impossibility of weighing)

ต้องไม่สามารถทำการชั่งหรือกำหนดการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนแสดงค่า (indicating element) ระหว่างเครื่องชั่งอยู่ในตำแหน่งล็อคปกติ หรือระหว่างการทำงานเพิ่มหรือลดน้ำหนักตามปกติ

4.14.6 การมองเห็น (Visibility)

ส่วนแสดงค่าหลักทุกส่วนต้องแสดงผลการชั่งแก่ผู้ซื้อและผู้ขายให้เห็นพร้อม ๆกันอย่างชัดเจน

สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าหลักแบบแบบดิจิตอล ตัวเลขหรือสัญญลักขณ์สำหรับการแสดงค่าผลการชั่งต้องมีขนาดสัดส่วนเท่ากันทั้งด้านที่แสดงแก่ผู้ซื้อและผู้ขาย และต้องสูงอย่างน้อย 10 มม. $\pm$ 0.5 มม.

สำหรับเครื่องชั่งซึ่งใช้ตุ้มน้ำหนักประกอบการชั่ง ต้องแสดงค่าของตุ้มน้ำหนักดังกล่าวอย่างชัดเจน

"วิธียอมรับ"

ส่วนแสดงค่าหลักถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด (สำหรับผู้ซื้อ 1 ผู้ขาย 1)

4.14.7 ส่วนแสดงช่วยเสริมและส่วนแสดงผลขยาย (Auxiliary and extended indicating devices)

เครื่องชั่งต้องไม่ประกอบด้วยทั้งส่วนแสดงช่วยเสริม (Auxiliary indicating device)และส่วนแสดงผลขยาย (Extending indicating device)

4.14.8 เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II (Instrument class II)

เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II ต้องสอดคล้องกับข้อกำหนด 3.9 ซึ่งกำหนดไว้สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III

4.14.9 ความผิดที่มีนัยสำคัญ (Significant fault)

เมื่อมีตรวจพบความผิดที่มีนัยสำคัญเกิดขึ้นต้องมีแสดงหรือส่งเสียงสัญญาณเตือนแก่ลูกค้า และต้องป้องกันการถ่ายทอดข้อมูลไปยังส่วนการทำงานใดๆของเครื่องชั่ง การแสดงหรือส่งเสียงสัญญาณเตือนแก่ลูกค้าต้องแสดงไว้จนกว่าผู้ใช้จะแก้ไข, รับทราบหรือความผิดปกตินั้นๆหมดไป

4.14.10 อัตราส่วนการนับ (Counting ratio)

อัตราส่วนการนับของเครื่องชั่งที่มีการนับค่าแบบกลไก (a mechanical counting instrument) ต้องมีค่าเท่ากับ 1/10 หรือ 1/100

4.15 (R76-1) ข้อกำหนดเพิ่มเติมของเครื่องชั่งสำหรับใช้ชั่งเพื่อการซื้อขายต่อสาธารณะโดยตรงที่มีส่วนแสดงราคา (Additional requirements for an instrument for direct sales to the public with price indication)

ข้อกำหนดต่อไปนี้เป็นข้อกำหนดเสริมเพิ่มเติมจากข้อกำหนด 4.14

4.15.1 การแสดงค่าหลัก (Primary indications)

สำหรับเครื่องชั่งที่แสดงราคาได้ (a price-indicating instrument) การแสดงค่าหลักเสริมเพิ่มเติม (the supplementary primary indications) ต้องมีการแสดงราคาต่อหน่วย และจำนวนเงินที่ต้องจ่าย และอาจเป็นไปได้ที่จะมีการแสดงจำนวน, ราคาต่อหน่วย และจำนวนเงินที่ต้องจ่ายสำหรับสินค้าที่ไม่ยังไม่มีการชั่ง, ราคาของสินค้าที่ไม่ยังไม่มีการชั่งและราคาทั้งหมด ในส่วนของกราฟแสดงราคาสินค้าไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามข้อกำหนดนี้

4.15.2 เครื่องที่มีขั้นหมายมาตราราคา (Instrument with price scales)

สำหรับราคาต่อหน่วยและขั้นหมายมาตราของราคาที่ต้องจ่าย (price-to-pay scales) ต้องให้สอดคล้องกับข้อกำหนด 4.2 และข้อกำหนด 4.3.1 ถึงข้อกำหนด 4.3.3 สำหรับการแสดงค่าเศษส่วนหลังจุดทศนิยมให้เป็นไปตามข้อกำหนดในกฎหมายของประเทศนั้นๆ

ค่าขั้นหมายมาตราของราคาที่ต้องจ่ายต้องอยู่ในลักษณะที่ทำให้ผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างผลคูณระหว่างค่าน้ำหนักของสินค้า (W) กับราคาต่อหน่วย (U) ลบด้วยจำนวนเงินที่จ่าย (P) แล้วต้องไม่เกินกว่าผลคูณของขั้นหมายมาตราตรวจรับรองกับด้วยราคาต่อหน่วยของสินค้าที่ขาย ดังสมการ

$$|W.U - P| \leq e.U$$

4.15.3 เครื่องชั่งที่คำนวณราคาได้ (Price computing instrument)

จำนวนเงินที่ต้องจ่ายที่ได้จากการคำนวณจากการคูณน้ำหนักที่ชั่งได้กับราคาต่อหน่วยและถูกปัดเศษให้ใกล้เคียงกับขั้นหมายมาตราราคาที่ต้องจ่ายที่ใกล้ที่สุด โดยการคำนวณต้องนำค่าน้ำหนักและราคาต่อหน่วยตามที่แสดงไว้โดยเครื่องชั่ง ส่วนที่ทำการคำนวณไม่ว่าในกรณีใดๆถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องชั่ง

ขั้นหมายมาตราราคาที่ต้องจ่ายต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดและกฎหมายของแต่ละประเทศนั้นๆ

ราคาต่อหน่วยต้องแสดงราคาในรูป ราคาต่อ 100 ก. หรือ ราคาต่อ 1 กก.

แม้จะเป็นไปตามข้อกำหนด 4.4.1 การแสดงค่าน้ำหนัก, ราคาต่อหน่วย และจำนวนเงินที่ต้องจ่ายต้องยังคงแสดงให้เห็นอยู่หลังจากการแสดงค่าน้ำหนักแสดงค่าคงที่เสถียรภาพแล้ว และแม้หลังจากทำการป้อนค่าราคาต่อหน่วยและขณะที่สินค้าอยู่บนส่วนรับน้ำหนักก็ต้องแสดงค่าค้างไว้อย่างน้อยสุด 1 วินาที

นอกจากข้อกำหนด 4.4.1 การแสดงค่านี้อาจยังคงแสดงค่าอยู่ไม่เกิน 3 วินาทีหลังจากเอาของที่ชั่งออกไป ถึงแม้ว่าการแสดงค่าน้ำหนักได้อยู่ในสภาวะเสถียรอยู่ก่อนแล้วและเป็นการแสดงค่าศูนย์ ตราบที่มีการแสดงค่าน้ำหนักหลังจากเอาของที่ชั่งออกไปแล้วการที่ป้อนหรือเปลี่ยนค่าราคาต่อหน่วยใหม่ต้องกระทำไม่ได้

หากมีการซื้อขายด้วยการแสดงผลการชั่งของเครื่องชั่งด้วยการพิมพ์ ข้อมูลจากเครื่องชั่งที่ต้องถูกพิมพ์แสดงไว้ได้แก่ ค่าน้ำหนัก, ราคาต่อหน่วย และจำนวนเงินรวมที่ต้องจ่าย

ถ้าหากเครื่องชั่งถูกออกแบบให้สามารถเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำของเครื่องชั่งก่อนทำการพิมพ์ ข้อมูลดังกล่าวต้องไม่สามารถถูกส่งไปยังส่วนพิมพ์ค่าเพื่อทำการพิมพ์บนตั๋วสำหรับลูกค้าซ้ำอีกในครั้งถัดไป

เครื่องชั่งที่สามารถพิมพ์ป้ายหรือแถบแสดงราคาได้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด 4.17 ด้วย

4.15.4 การประยุกต์ใช้งานเครื่องชั่งที่คำนวณราคาได้ในกรณีพิเศษ (Special applications of a price computing scale)

ถ้าการซื้อขายใดๆดำเนินการเสร็จสิ้นโดยเครื่องชั่งหรือส่วนที่เกี่ยวข้องโดยการพิมพ์ผลการชั่งลงบนตั๋วหรือแถบแสดงข้อมูลแก่ลูกค้า เครื่องชั่งที่คำนวณราคาได้อาจมีหน้าที่การทำงานเพิ่มเติมในการจัดการและการบริการได้แต่หน้าที่การทำงานดังกล่าวต้องไม่ทำให้เกิดการสับสนกับผลการชั่งและผลการคำนวณราคา

นอกจากนี้วิธีการอื่นใดๆหรือการแสดงค่าอื่นที่ไม่เป็นไปตามที่กล่าวนี้อาจสามารถทำงานได้ก็ต่อเมื่อไม่มีการแสดงใดๆที่ก่อให้เกิดความเข้าใจผิดเมื่อส่วนแสดงค่าหลักได้แสดงผลการชั่งกับลูกค้า

4.15.4.1 เมื่อไม่มีสิ่งของบนส่วนรับน้ำหนัก (Non-weighed articles)

เครื่องชั่งอาจเก็บข้อมูลจำนวนเงินที่ต้องจ่ายทั้งที่เป็น บวก หรือ ลบ ของสิ่งของที่ยังไม่ได้ทำการชั่งค่าเดียวหรือหลายค่า ถึงแม้การแสดงค่าน้ำหนักมีค่าเท่ากับศูนย์หรือโหมดการชั่งยังไม่ทำงาน ราคาที่ต้องจ่ายสำหรับสิ่งของจำนวนหนึ่งสิ่งหรือหลายสิ่งต้องแสดงในส่วนแสดงค่าที่ผู้ซื้อต้องจ่าย (the price-to-pay display)

ถ้าจำนวนเงินที่ต้องจ่ายคำนวณจากสินค้าที่มากกว่าปริมาณสินค้าที่เท่ากันหนึ่งค่า ส่วนแสดงค่าน้ำหนักต้องแสดงจำนวนสินค้าทั้งหมดนั้นๆโดยไม่ต้องนำค่าน้ำหนักและราคาของแต่ละสินค้าจากส่วนแสดงราคาต่อหน่วยมาใช้ในการคำนวณ เว้นเสียแต่มีส่วนแสดงเสริมถูกใช้เพื่อแสดงจำนวนสินค้าและราคาสินค้า

4.15.4.2 การรวมผลทั้งหมด (Totalization)

เครื่องชั่งอาจรวมข้อมูลผลการซื้อขายไว้ด้วยตั๋วจำนวน 1 ใบหรือหลายใบก็ได้ โดยราคารวมทั้งหมดต้องแสดงค่าไว้ที่ส่วนแสดงจำนวนเงินที่ต้องจ่าย และทำการพิมพ์ผลรวมทั้งหมดดังกล่าวพร้อมด้วยคำหรือสัญญลักขณ์พิเศษบนปลายแถว (column) หลักแสดงจำนวนเงินที่ต้องจ่ายหรือบนแผ่นป้ายซึ่งพิมพ์แยกออกมาหรือตั๋วที่มีการอ้างอิงที่เหมาะสมกับสินค้าที่ได้รวบรวมค่าจำนวนเงินที่ต้องจ่ายทั้งหมด ราคาของสินค้าทุกสินค้าที่ต้องจ่ายหลังจากรวบรวมแล้วต้องพิมพ์ค่าโดยผลรวมของราคาทั้งหมดต้องสอดคล้องตามหลักคณิตศาสตร์

เครื่องชั่งอาจสามารถทำการรวมผลการซื้อขายจากเครื่องชั่งอื่นซึ่งถูกต่อเชื่อมโยงด้วยกันหรืออุปกรณ์อื่นๆซึ่งนอกเหนือจากข้อกำหนดทางชั่งตวงวัด สามารถยอมให้ได้แต่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด 4.15.4 รวมทั้งถ้าขั้นหมายมาตราของราคาที่ต้องจ่าย (the price-to-pay scale intervals) ของเครื่องชั่งที่ต่อพ่วงเข้าด้วยกันทั้งหมดมีค่าเท่ากันด้วย

4.15.4.3 การขายพร้อม ๆ กัน (Multi-vendor operation)

เครื่องชั่งอาจถูกออกแบบให้สามารถใช้ชั่งซื้อขายได้พร้อม ๆ กันด้วยผู้ขายหลายคนเพื่อสามารถบริการผู้ซื้อหลายคนพร้อมๆกันในเวลาเดียวกันได้ ก็ต่อเมื่อการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลการซื้อขายและความเกี่ยวข้องระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายสามารถแสดงไว้อย่างชัดเจน

4.15.4.4 การยกเลิก (Cancellation)

เครื่องชั่งอาจสามารถยกเลิกข้อมูลการซื้อขายครั้งก่อนหน้านี้ได้และเมื่อมีการพิมพ์ข้อมูลการซื้อขายใหม่เกิดขึ้น ราคาที่ต้องจ่ายที่ถูกยกเลิกไปควรได้รับการพิมพ์เครื่องหมายเพื่อเป็นการหมายเหตุที่เหมาะสม แต่ถ้าข้อมูลการซื้อขายที่ยกเลิกไปแล้วปรากฏขึ้นแสดงให้ผู้ซื้อมองเห็นข้อมูลดังกล่าวต้องทำให้เห็นว่าเป็นข้อมูลที่แตกต่างจากข้อมูลการซื้อขายปกติ

4.15.4.5 ข้อมูลเพิ่มเติม (Additional information)

เครื่องชั่งอาจพิมพ์ข้อมูลอื่นเพิ่มเติมได้ถ้าสามารถแสดงความสัมพันธ์ที่ถูกต้องและชัดเจนต่อการซื้อขายครั้งนั้นๆและต้องไม่ให้ซ้ำซ้อนหรือทำให้เกิดความสับสนกับการแสดงค่าน้ำหนักและสัญญลักขณ์หรือหน่วยประจำนั้นๆ

4.15.5 เครื่องชั่งสำหรับบริการตนเอง (Self-service instrument)

เครื่องชั่งสำหรับบริการตนเองไม่จำเป็นต้องมีส่วนแสดงค่าผลการชั่งจำนวน 2 ส่วนหรือหน้าปัด

ถ้าหากเครื่องชั่งสามารถพิมพ์ผลการชั่งด้วยตั๋วหรือแถบกระดาษ การแสดงผลหลักต้องครอบคลุมถึงเวลาที่ทำการใช้เครื่องชั่งด้วยชนิดสินค้าที่แตกต่างกัน

4.16 (R76-1) เครื่องชั่งที่คล้ายกับเครื่องชั่งสำหรับใช้ชั่งเพื่อการซื้อขายต่อสาธารณะโดยตรง

เครื่องชั่งที่คล้ายกับเครื่องชั่งสำหรับใช้ชั่งเพื่อการซื้อขายต่อสาธารณะโดยตรงแต่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด 4.14 ถึง 4.15 ให้ติดข้อความใกล้หน้าปัดว่า "ห้ามใช้ชั่งซื้อขาย"

4.17 (R76-1) เครื่องชั่งพิมพ์ราคาได้ (Price-labeling instrument)

เป็นไปตามข้อกำหนด 4.14.8, 4.15.3 (วรรค 1 และวรรค 5), 4.15.4.1 (วรรค 1) และ 4.15.4.5

เครื่องชั่งพิมพ์ราคาได้ต้องมีหน้าปัดหรือส่วนแสดงค่าผลการชั่งอย่างน้อย 1 ส่วนทั้งนี้อาจมีไว้เพื่อใช้สำหรับวัตถุประสงค์ในการติดตั้งและการปรับแต่ง เช่นอาจใช้ตั้งขอบเขตการชั่งน้ำหนัก (setting weight limits), ราคาต่อหน่วย, ค่ากำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า, ชื่อสินค้า เป็นต้น

ระหว่างการใช้งานเครื่องชั่ง อาจทำการตรวจสอบค่าปัจจุบันของราคาต่อหน่วย และค่ากำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (preset tare value)

ต้องไม่สามารถทำการพิมพ์ค่าผลการชั่งซึ่งมีค่าต่ำกว่าพิกัดกำลังต่ำสุด (minimum capacity) ของเครื่องชั่ง

อนุญาตให้เครื่องชั่งสามารถพิมพ์ค่าน้ำหนัก, ราคาต่อหน่วย และจำนวนเงินที่จ่ายของสินค้าที่ทำการชั่งได้ก็ต่อเมื่อเครื่องชั่งดังกล่าวไม่อยู่ในโหมดการชั่งเท่านั้น

4.18 (R76-1) เครื่องชั่งแบบนับด้วยกลไกที่มีส่วนรับน้ำหนักเดียว (Mechanical counting instrument with unit-weight receptor)

เพื่อวัตถุประสงค์สำหรับการตรวจสอบให้คำรับรองเครื่องชั่ง จัดให้เครื่องชั่งแบบนับด้วยกลไกจัดเป็นเครื่องชั่งกึ่งแสดงค่าได้เอง

4.18.1 ส่วนแสดงค่า (Indicating device)

เพื่อให้ตรวจสอบให้คำรับรองสามารถดำเนินการได้ เครื่องชั่งแบบนับด้วยกลไกต้องมีขั้นหมายมาตราอย่างน้อย d = e บนทั้งสองด้านของศูนย์ ค่าประจำขั้นหมายมาตราต้องแสดงกำกับไว้บนสเกลด้วย

4.18.2 อัตราส่วนการนับ (Counting ratio)

ต้องแสดงอัตราส่วนการนับไว้อย่างชัดเจนเหนือแต่ละถาดนับ (counting platform) หรือเหนือเครื่องหมายสเกลนับแต่ละอัน

5. (R76-1) ข้อกำหนดสำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค (Requirements for electronic instruments)

นอกจากต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในหมวด 3 และหมวด 4 แล้วเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดต่อไปนี้

5.1 (R76-1) ข้อกำหนดทั่วไป (General requirements)

5.1.1 เครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคต้องได้รับการออกแบบและผลิตให้มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้เมื่อได้รับการรบกวน ต้องทั้ง

ก. ไม่ก่อให้เกิดความผิดที่มีนัยสำคัญ (Significant fault) หรือ

ข. ต้องสามารถตรวจสอบความผิดที่มีนัยสำคัญ (Significant fault) และทำการแก้ไขได้ การแสดงความผิดที่มีนัยสำคัญในส่วนแสดงค่าต้องไม่ก่อให้เกิดความสับสนกับข้อความอื่นๆซึ่งปรากฏอยู่ในส่วนแสดงค่า

หมายเหตุ ถ้าค่าความผิดเท่ากับหรือน้อยกว่าค่าขั้นหมายมาตรา e สามารถยินยอมให้ไม่ต้องรวมกับผลผิดของการแสดงค่า

5.1.2 เครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคต้องสอดคล้องกับข้อกำหนด 3.5, 36, 3.8, 3.9 และ 5.1.1 ตามวัตถุประสงค์ของการใช้เครื่องชั่ง

5.1.3 ต้นแบบของเครื่องชั่งจะถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนด 5.1.1, 5.1.2 และ 5.3.2 ก็ต่อเมื่อผ่านการทดสอบและการทดสอบตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนด 5.4

5.1.4 ข้อกำหนด 5.1.1 อาจใช้แยกออกตาม

ก. แต่ละสาเหตุเฉพาะแต่ละอย่างของความผิดที่มีนัยสำคัญ และ/หรือ

ข. แต่ละส่วนของเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค

ผู้ผลิตเป็นผู้เลือกใช้ว่าเป็นไปตามข้อ 5.1.1 (a). หรือ 5.1.1 (b).

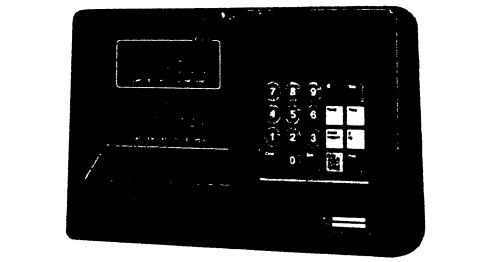
5.2 (R76-1) การแก้ไขเมื่อมีความผิดที่มีนัยสำคัญ (Acting upon significant Faults)

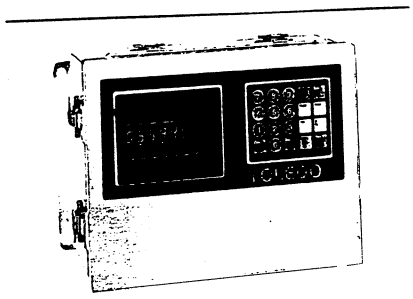
เมื่อตรวจพบความผิดที่มีนัยสำคัญ (Significant fault) เครื่องชั่งต้องหยุดทำงานโดยอัตโนมัติหรือแสดงให้เห็นหรือส่งเสียงเตือนโดยอัตโนมัติอย่างต่อเนื่องไปจนกว่าผู้ใช้เครื่องจะดำเนินการแก้ไขหรือจนกว่าความคลาดเคลื่อนนั้นหมดไป

5.3 (R76-1) ข้อกำหนดการทำงานของเครื่อง(Functional requirements)

5.3.1 หลังจากเปิดเครื่องชั่ง (เปิดส่วนแสดงค่า)เครื่องชั่งต้องมีการทำงานที่ต้องแสดงสัญญลักขณ์อย่างของส่วนแสดงค่าให้ปรากฏที่จอโดยจำลองทั้งสภาวะเครื่องหมายสัญญลักขณ์ดังกล่าวขณะทำงานสลับกับการสภาวะไม่ทำงานด้วยเวลานานเพียงพอเพื่อให้ผู้ใช้ตรวจสอบได้

5.3.2 นอกจากเป็นไปตามข้อกำหนด 3.9، แล้วเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคต้องทำงานได้ถูกต้องที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 85% ที่ช่วงขอบเขตบนของช่วงอุณหภูมิ (the upper limit of the temperature range) ยกเว้นเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคชั้นความเที่ยง I และ II ที่มีค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง e < 1 ก.





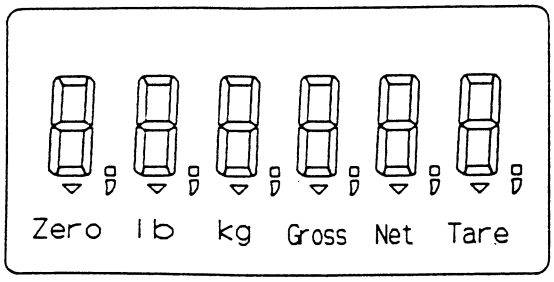


Figure Single Display

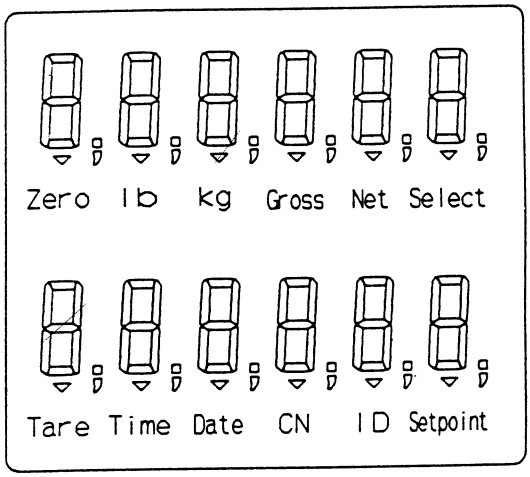


Figure Dual Display Advanced

รูปที่ 133 หลังจากเปิดเครื่องชั่ง ส่วนแสดงค่าของเครื่องชั่งต้องแสดงสัญญลักขณ์ทุกอย่างโดยจำลองทั้งสภาวะขณะที่เครื่องหมายทำงานและขณะที่เครื่องหมายไม่ทำงาน ตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 5.3.1

5.3.3 เครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค ยกเว้นชั้นความเที่ยง I ต้องผ่านการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test) ที่กำหนดในข้อกำหนด 5.4.4 ผลผิดของน้ำหนักใกล้พิกัดกำลังสูงสุด (The error near maximum capacity) ต้องไม่เกินอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กำหนด และค่าสัมบูรณ์ของความ

แตกต่างของผลผิดระหว่างการชั่ง 2 ครั้งใด ๆ ต้องไม่เกิน 1/2 e หรือ 1/2 ของค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด โดยให้เลือกค่าที่มากกว่า

5.3.4 เมื่อทำการรบกวน (Disturbances) เครื่องชั่งตามที่กำหนดในข้อกำหนด 5.4.3 ความแตกต่างระหว่างผลการชั่งขณะมีการรบกวนและผลการชั่งปกติปราศจากการรบกวน (intrinsic error) ต้องต่างกันไม่เกิน e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจจับความผิดที่มีนัยสำคัญที่เกิดขึ้นได้ และทำการแก้ไข

5.3.5 ในระหว่างการอุ่นเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค เครื่องชั่งต้องไม่สามารถแสดงผลการชั่งหรือส่งถ่ายข้อมูลผลการชั่งได้

5.3.6 เครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคอาจประกอบด้วยอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Interfaces) เพื่อทำการเชื่อมต่อเครื่องชั่งกับอุปกรณ์เสริมอื่นๆ หรือกับเครื่องชั่งด้วยกันเองได้

อุปกรณ์เชื่อมต่อ (Interfaces) ต้องไม่ทำให้คุณสมบัติด้านชั่งตวงวัด, ผลการชั่งหรือข้อมูลการชั่งของเครื่องชั่งได้รับผลกระทบจากอุปกรณ์เสริมอื่นๆ (เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์) หรือกับเครื่องชั่งด้วยกันเอง หรือการรบกวนซึ่งกระทำต่ออุปกรณ์เชื่อมต่อ

คำสั่งที่ต้องการให้เครื่องชั่งทำงานโดยกระทำผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่อนี้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดและเงื่อนไขในหมวด 4

หมายเหตุ "อุปกรณ์เชื่อมต่อ (Interfaces)" นี้ประกอบด้วยส่วนที่เป็นกลไก คุณสมบัติสัญญาณไฟฟ้าและลอกจิกที่จุดแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องชั่งและอุปกรณ์เสริมอื่นๆ หรือกับเครื่องชั่งด้วยกันเอง

5.3.6.1 ต้องไม่สามารถการสั่ง หรือกำหนดสิ่งใดๆ เข้าเครื่องชั่งโดยผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Interfaces) ด้วยคำสั่ง (instructions) หรือข้อมูล (data) ที่ตั้งใจหรือก่อให้เกิด

- การแสดงข้อมูลที่ไม่ได้มีการกำหนดชัดเจนว่าเป็นข้อมูลใดและเป็นข้อมูลซึ่งอาจก่อให้เกิดผลผิดต่อผลการชั่ง
- การแสดงค่า, การคำนวณหรือจัดเก็บผลการชั่งผิด
- ปรับเครื่องชั่งหรือเปลี่ยนตัวแปรการปรับค่าใดๆ (any adjustment factor) อย่างไรก็ตามอาจให้หรือส่งคำสั่งผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่อในขั้นตอนทำการปรับแต่งเครื่องชั่งด้วยการใช้ span adjustment device ใช้ทำงานร่วมเข้ากันภายในเครื่องชั่ง หรือใช้ตุ้มน้ำหนักแบบมาตราภายนอกในกรณีสำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
- ส่วนแสดงค่าหลักในกรณีเครื่องชั่งสำหรับการซื้อขายโดยตรงต่อสาธารณชนผิดพลาด

5.3.6.2 อุปกรณ์เชื่อมต่อซึ่งไม่สามารถก่อให้เกิดเหตุการณ์ดังในข้อกำหนด 5.3.6.1 ได้ ไม่จำเป็นต้องทำการซีลอุปกรณ์เชื่อมต่อดังกล่าว ส่วนอุปกรณ์เชื่อมต่ออื่นต้องทำการป้องกันตามข้อกำหนด 4.1.2.4

5.3.6.3 อุปกรณ์เชื่อมต่อที่ตั้งใจจะใช้เพื่อเชื่อมส่วนอุปกรณ์เสริมต่างๆ ที่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 กับเครื่องชั่งแล้ว อุปกรณ์เชื่อมต่อต้องส่งผ่านข้อมูลอย่างมีความสัมพันธ์กับการแสดงผลการชั่งหลักเพื่อที่ก่อให้ส่วนอุปกรณ์เสริมต่างๆ ยังคงเป็นไปตามข้อกำหนด

5.3.7 เครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคที่ใช้แบตเตอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานต้องทำงานอย่างถูกต้องต่อเนื่อง หรือต้องไม่แสดงผลการชั่งเมื่อค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าที่ผู้ผลิตกำหนด

5.4 (R76-1) การทดสอบสมรรถนะ และ การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Performance and span stability tests)

5.4.1 ข้อพิจารณาในการทดสอบ (Test considerations)

เครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคทุกเครื่องในรุ่นหรือประเภทเดียวกัน จะมีหรือไม่มีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับการตรวจสอบก็ตามต้องผ่านการทดสอบสมรรถนะเช่นเดียวกัน

5.4.2 สภาวะของเครื่องชั่งภายใต้การทดสอบ (State of instrument under test)

การทดสอบสมรรถนะให้ทดสอบเต็มความสามารถของเครื่องภายใต้สภาวะการใช้งานปกติซึ่งระบุไว้หรือสภาวะที่คล้ายคลึงกันมากที่สุดเท่าที่กระทำได้ ถ้าหากมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์อื่นต่างที่กำหนดไว้ปกติ กระบวนการทดสอบต้องได้รับการเห็นชอบหรือได้รับความยินยอมรับจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้ยื่นขอการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งนั้นๆด้วย อีกทั้งต้องเขียนกำกับอธิบายไว้ในเอกสารทางการทดสอบด้วย

ถ้าหากเครื่องชั่งมีอุปกรณ์เชื่อมต่อซึ่งสามารถเชื่อมกับเครื่องมืออุปกรณ์อื่นๆ ในระหว่างการทดสอบตามข้อกำหนด B.3.2, B.3.3 และ B.3.4 เครื่องชั่งต้องทำการต่อเชื่อมกับเครื่องมืออุปกรณ์อื่นๆ ดังกล่าว ตามที่กำหนดไว้ในกระบวนการทดสอบด้วย

5.4.3 การทดสอบสมรรถนะ (Performance tests)

การทดสอบสมรรถนะต้องดำเนินการตามข้อกำหนด B.2 และ B.3

ตารางที่ 8 (OIML R76-1)

การทดสอบ	คุณสมบัติภายใต้ทดสอบ
อุณหภูมิสถิตย์	ปัจจัยที่มีผลกระทบ (Influence factor)
การทดต่อสภาพความร้อนคงที่	ปัจจัยที่มีผลกระทบ
การเปลี่ยนแปลงกำลังแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายกำลัง	ปัจจัยที่มีผลกระทบ
การลดกำลังไฟฟ้าช่วงระยะเวลาสั้น ๆ	การรบกวน (Disturbance)
การระเบิดไฟฟ้าภายในระบบสาย (Bursts)	การรบกวน
การปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตย์	การรบกวน
ความทนต่อสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	การรบกวน

5.4.4 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test) ต้องดำเนินการตามข้อกำหนด B.4

6. (R76-1) ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าเองไม่ได้ (Technical requirements for a non-self indicating instrument)

เครื่องชั่งที่แสดงค่าเองไม่ได้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดหมวด 3 และหมวด 4 ตราบใดที่ยังคงประยุกต์ใช้งานได้ ในข้อกำหนดหมวด 6 นี้ได้มีข้อกำหนดเสริมเพิ่มเติมจากหมวด 4 บางส่วน

ขณะที่ข้อกำหนด 6.1 เป็นข้อบังคับ ในส่วนข้อกำหนด 6.2 เป็น **"วิธีการที่ยอมรับ"** ตามที่มีในข้อกำหนดหมวด 4

ข้อกำหนดสำหรับเครื่องชั่งชนิดทั่วไปอาจสามารถยื่นเสนอโดยตรงสำหรับการตรวจสอบให้คำรับรองซึ่งกำหนดไว้ในข้อกำหนด 6.3 ถึงข้อกำหนด 6.9 ไม่ต้องตรวจสอบต้นแบบ ข้อกำหนดสำหรับเครื่องชั่งชนิดทั่วไปที่สามารถส่งให้ตรวจสอบครั้งแรกได้โดยตรง ได้แก่

- เครื่องชั่งสองแขนเท่ากัน ด้วยอัตราส่วนคาน 1/10 (Simple equal arm and 1/10 ratio beams)
- เครื่องชั่งจีนและตุ้มเลื่อน (Simple steelyards with sliding poises)
- เครื่องชั่งโรเบอร์วัลและเบแรงเกอร์ (Roberval and Beranger instruments)
- เครื่องชั่งแบบแท่นชั่งอัตราส่วน (Instruments with ratio platforms)
- เครื่องชั่งแบบสตีลยาร์ดประกอบด้วยตุ้มเลื่อน (Instruments of the steelyard type with accessible sliding poises)

6.1 (R76-1) ความรู้สึกน้อยที่สุด (Minimum sensitivity)

เมื่อวางน้ำหนักที่มีค่าเท่ากับค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่ค่าน้ำหนักใดๆบนเครื่องชั่งอย่างเบาที่สุดขณะเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลเสถียร และก่อให้เกิดเข็มชี้ (indicating element) การเคลื่อนที่จากสภาวะสมดุลเดิมไปอย่างน้อย

1 มิลลิเมตร สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I หรือชั้นความเที่ยง II

2 มิลลิเมตร สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III หรือชั้นความเที่ยง IIII ที่มีพิกัดกำลังสูงสุดไม่เกิน 30 กิโลกรัม

5 มิลลิเมตร สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III หรือชั้นความเที่ยง IIII ที่มีพิกัดกำลังสูงสุดมากกว่า 30 กิโลกรัม

การวางน้ำหนักเพื่อทดสอบความรู้สึกนี้ให้วางน้ำหนักพิเศษ (extra load) ด้วยแรงกระแทกน้อยๆเพื่อลดอิทธิพลของดิสคริมิเนชั่น (the effects of discrimination theshold)

6.2 (R76-1) "วิธีการที่ยอมรับ" สำหรับส่วนแสดงค่า (Acceptable solutions for indicating devices)

6.2.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General provisions)

6.2.1.1 ชิ้นส่วนแสดงสภาวะสมดุลย์ (Equilibrium indicating component)

การเคลื่อนสัมพัทธ์ของชิ้นส่วนแสดงค่าหนึ่งสัมพัทธ์กับชิ้นส่วนแสดงค่าอีกส่วนหนึ่ง นั้นคือ เข็มชี้ (indices) ทั้งสองต้องมีขนาดความหนาเท่ากันและมีระยะห่างกันไม่เกินความหนาดังกล่าว

อย่างไรก็ตามระยะห่างกันระหว่างเข็มชี้ (indices) ทั้งสองนี้อาจเท่ากับ 1 มม. ถ้าความหนาของเข็มชี้น้อยกว่า 1 มม.

6.2.1.2 การป้องกันการปรับแก้ไข (Securing)

อาจทำการซีลตุ้มเลื่อน (sliding poises), ตุ้มอื่นๆ ที่ถอดออกจากเครื่องชั่งได้ (removable masses) และช่องปรับน้ำหนัก (adjusting cavities) หรือตัวเรือนของชุดตุ้มดังกล่าว

6.2.1.3 การพิมพ์ (Printing)

ถ้าเครื่องชั่งอนุญาตให้พิมพ์ค่าผลการชั่งได้ก็ต่อเมื่อแท่งเลื่อน (sliding bars) หรือตุ้มเลื่อน (sliding poises) หรือมวลที่ใช้สำหรับสลับกลไก (a mass switching mechanism) ต่างอยู่ในตำแหน่งที่ให้ผลตรงสอดคล้องกับเลขจำนวนเต็มของช่องขั้นหมายมาตรา การพิมพ์จะสามารถดำเนินการได้ก็ต่อเมื่อส่วนแสดงสภาวะสมดุลย์อยู่ในตำแหน่งอ้างอิงสมดุลย์ภายในไม่เกินกึ่งหนึ่งของค่าขั้นหมายมาตรา ยกเว้นเครื่องชั่งที่มีแท่งเลื่อนหรือตุ้มเลื่อน

6.2.2 ส่วนตุ้มเลื่อน (Sliding poise device)

6.2.2.1 รูปแบบของขั้นหมายมาตรา (Form of scale marks)

บนคันชั่งที่มีค่าขั้นหมายมาตราเท่ากับค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง e ของเครื่องชั่ง ขั้นหมายมาตราต้องสมานรูปด้วยความหนาเท่ากัน และขีดขั้นหมายมาตรา (scale mark) บนคันชั่งหลักและคันชั่งรองต้องทำการเซาะร่อง

6.2.2.2 ช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตรา (Scale spacing)

ช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตราระหว่างขั้นหมายมาตรา 2 ขั้นที่ต่อเนื่องกันต้องมีระยะไม่น้อยกว่า 2 มม. และต้องมีความยาวเพียงพอที่ผลผิดในการผลิตชิ้นส่วนกลไก (the normal machining tolerances) สำหรับการเซาะร่อง (notches) หรือการทำขีดขั้นหมายมาตรา (scale mark) ต้องไม่ก่อให้เกิดผลผิดในผลการชั่งเกินกว่า 0.2 e

6.2.2.3 ที่กั้นตุ้มเลื่อน (Stops)

การเคลื่อนที่ของตุ้มเลื่อนและคันชั่งย่อย (minor bars) ต้องถูกจำกัดการเคลื่อนที่ได้จนถึงสุดขีดขั้นหมายมาตราที่ปรากฏบนคันชั่งหลัก (major bars) และคันชั่งย่อย

6.2.2.4 ชิ้นส่วนแสดงค่า (Indicating component)

ตุ้มเลื่อนแต่ละตุ้มต้องจัดให้มีชิ้นส่วนแสดงค่า

6.2.2.5 ลักษณะของส่วนตุ้มเลื่อน (Accessible sliding poise device)

ตุ้มเลื่อนต้องไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ได้ ยกเว้นคันชั่งย่อย (minor bars)
ต้องไม่มีช่องบนตุ้มเลื่อนซึ่งอาจก่อให้เกิดสิ่งแปลกปลอมเข้าไปอยู่ได้
ต้องสามารถซีลส่วนที่อาจถอดออกจากตุ้มเลื่อนได้
การเลื่อนตุ้มเลื่อนหรือคันชั่งย่อยต้องใช้แรงและความพยายามพอสมควร

6.2.3 การแสดงค่าโดยใช้ตุ้มน้ำหนัก (Indication by use of metrologically controlled weigher)

อัตราส่วนลดควรอยู่ในรูป 10^k, เมื่อ k คือเลขจำนวนเต็มหรือศูนย์

สำหรับเครื่องชั่งสำหรับการซื้อขายโดยตรงต่อสาธารณะชน ความสูงของขอบส่วนรับน้ำหนัก (weight receptor) ต้องสูงไม่เกิน 1/10 เท่าของความยาวของด้านที่ยาวที่สุดของส่วนรับน้ำหนัก แต่ไม่ว่ากรณีใดๆต้องขอบส่วนรับน้ำหนักต้องไม่เกิน 25 มม.

6.3 (R76-1) เงื่อนไขของโครงสร้างเครื่องชั่ง (Conditions of construction)

6.3.1 ส่วนแสดงสภาวะสมดุล (Equilibrium indicating component)

เครื่องชั่งต้องมีเข็มชี้ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ 2 ส่วนหรือเข็มชี้ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ 1 ส่วน พร้อมขีดเครื่องหมายติดอยู่กับที่เป็นตำแหน่งอ้างอิงแสดงถึงตำแหน่งแสดงสภาวะสมดุล

เครื่องชั่งในชั้นความเที่ยง III หรือ IIII ที่ใช้ชั่งซื้อขายโดยตรงต่อสาธารณชน ต้องออกแบบให้เข็มชี้ค่าทั้งหลายและขีดขั้นหมายมาตราเพื่อบ่งบอกถึงสภาวะสมดุลของเครื่องชั่งสามารถมองเห็นได้จากทั้งสองด้านของเครื่องชั่ง

6.3.2 คมมีด ที่รองรับคมมีดและแผ่นเสียดทาน (Knives, bearings and friction plates)

6.3.2.1 ลักษณะการเชื่อมต่อ (Types of connection)

คันชั่งต้องประกอบด้วยเฉพาะคมมีดเท่านั้น โดยคมมีดดังกล่าวทำหน้าที่เป็นจุดหมุน (pivoted) บนแผ่นเสียดทาน

แนวการสัมผัสระหว่างคมมีดกับที่รองรับคมมีดต้องเป็นแนวเส้นตรงจดตลอดแนว

สำหรับคันชั่งถ่วง (Counter-beams) ต้องมีจุดหมุนอยู่บนคมมีด (knife-edges) เช่นกัน

6.3.2.2 คมมีด (Knives)

ลักษณะการติดตั้งคมมีดบนคันชั่งต้องเป็นลักษณะที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอัตราส่วนของแขนคันชั่ง และการติดตั้งคมมีดเข้ากับคันชั่งต้องไม่เป็นการเชื่อมหรือบัดกรี

ขอบของคมมีดของคันชั่งใด ๆหรือบนคันชั่งเดียวกันต้องเป็นแนวขนานกันและอยู่ในระนาบเดียวกัน

6.3.2.3 ที่รองรับคมมีด (Bearings)

ต้องไม่ทำการเชื่อมหรือบัดกรีที่รองรับคมมีดกับฐานหรือที่ติดตั้งสำหรับที่รองรับคมมีดของเครื่องชั่ง

สำหรับเครื่องชั่งแบบแท่นชั่งอัตราส่วน (instruments with ratio platforms) และเครื่องชั่งแบบสตีลยาร์ด (instruments of the steelyard type) ที่รองรับคมมีดอาจแกว่งไปได้ทุกทิศทางบนฐานหรือที่รองรับ ในกรณีเช่นนี้ต้องทำการติดตั้งส่วนป้องกันการห่างของข้อต่อ (anti-disconnection device) เพื่อป้องกันการหลุดออกจากข้อต่อหรือรอยต่อเชื่อมของส่วนที่มีการเคลื่อนที่

6.3.2.4 แผ่นเสียดทาน (Friction plates)

ต้องมีการป้องการการเคลื่อนไหวตามแนวความยาวของคมมีดด้วยแผ่นเสียดทานกั้นไว้ ที่จุดสัมผัสระหว่างคมมีดและแผ่นเสียดทานต้องอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมบนแนวรอยต่อของเส้นสัมผัสระหว่างมีดและที่รองรับคมมีดที่ขยายออกไป

แผ่นเสียดทานควรอยู่ในระนาบที่ต้องผ่านจุดสัมผัสระหว่างแผ่นเสียดทานกับคมมีดและตั้งฉากกับแนวเส้นสัมผัสระหว่างคมมีดกับที่รองรับคมมีด แผ่นเสียดทานนี้ต้องไม่ได้เชื่อมหรือบัดกรีเข้ากับที่รองรับคมมีดหรือที่ติดตั้ง

6.3.3 ความแข็ง (Hardness)

ส่วนสัมผัสของคมมีด, ที่รองรับคมมีด, แผ่นเสียดทาน, คันเชื่อมของระบบคันชั่ง (interlever), ที่รองคันเชื่อมคันชั่ง (interlever supports) และคานเชื่อมโยงต้องมีความแข็งอย่างน้อยเท่ากับ 58 รอกเวลสเกล (Rockwell C)

6.3.4 การเคลือบป้องกัน (Protective coating)

อาจเคลือบป้องกันชิ้นส่วนที่มีการสัมผัสกันของชิ้นส่วนที่เชื่อมต่อกันได้ก็ต่อเมื่อการเคลือบป้องกันดังกล่าวไม่ทำให้คุณสมบัติทางชั่งตวงวัดเปลี่ยนไป

6.3.5 ส่วนทดน้ำหนัก (Tare devices)

เครื่องชั่งเหล่านี้ต้องไม่ประกอบด้วยส่วนทดน้ำหนัก

6.4 (R76-1) เครื่องชั่งสองแขนเท่ากัน (Simple equal arm beam)

6.4.1 ความสมนัยของคันชั่ง (Symmetry of the beams)

คันชั่งต้องสมนัยทั้งในระนาบแนวดิ่งและระนาบแนวราบ เครื่องชั่งต้องเข้าสู่สภาวะสมดุลไม่ว่าขณะมีถาดชั่ง (pans) หรือไม่ ชิ้นส่วนที่สามารถถอดออกได้ของแต่ละด้านของแขนเครื่องชั่งอาจสลับด้านกันก็ได้และควรมีมวลเท่ากัน

6.4.2 การตั้งศูนย์ (Zero setting)

ถ้าเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III หรือ IIII มีส่วนตั้งศูนย์ ซึ่งกระทำได้โดยจัดให้มีช่องใต้ถาดชั่งถาดใดถาดหนึ่ง

ช่องใต้ถาดต้องสามารถซีลได้

6.5 (R76-1) คันชั่งอัตราส่วนการชั่ง 1/10 (Simple 1/10 ratio beam)

6.5.1 การแสดงอัตราส่วนการชั่ง (Indication of the ratio)

ต้องแสดงอัตราส่วนการชั่งบนคันชั่งให้ชัดเจนและถาวรในรูปแบบ 1:10 หรือ 1/10

6.5.2 การสมนัยของคันชั่ง (Symmetry of the beam)

คันชั่งต้องมีระนาบที่สมนัยในแนวดิ่ง (a longitudinal plane of symmetry)

6.5.3 การตั้งศูนย์ (Zero setting)

ใช้ข้อกำหนดตามในข้อกำหนด 6.4.2

6.6 (R76-1) เครื่องชั่งจีน (Simple sliding poise instrument, steelyard)

6.6.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General)

6.6.1.1 ขั้นหมายมาตรา (Scale marks)

ขั้นหมายมาตราอาจเป็นเส้นหรือเป็นร่อง แสดงอยู่ทั้งบนขอบคันชั่งทั้ง 2 ด้านหรือบนส่วนราบแบนด้านแสดงค่าน้ำหนักแก่ผู้ใช้

ช่องระหว่างขั้นหมายมาตราน้อยที่สุด (minimum scale spacing) ระหว่างส่วนเป็นร่องติดกันมีค่าเท่ากับ 2 มม. และระหว่างส่วนที่เป็นเส้นขั้นหมายมีค่าเท่ากับ 4 มม.

6.6.1.2 จุดหมุน (Pivots)

ค่าอัตราส่วนระหว่างภาระน้ำหนักต่อความยาวบนคมมีดต้องไม่เกินกว่า 10 กก./มม.

สำหรับที่รองรับคมมีดซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวนกลมต้องมีเส้นผ่าศูนย์อย่างน้อยเท่ากับ 1.5 เท่าของส่วนที่ยาวที่สุดของพื้นที่หน้าตัดคมมีด

6.6.1.3 ชิ้นส่วนแสดงสภาวะสมดุล (Equilibrium indicating component)

ความยาวของชิ้นส่วนแสดงสภาวะสมดุลวัดจากขอบของจุดหมุนคมมีดของเครื่องชั่งต้องยาวไม่น้อยกว่า 1/15 เท่าของความยาวของส่วนขั้นหมายมาตราของคันชั่งตุ้มเลื่อนหลัก

6.6.1.4 เครื่องหมายเฉพาะ (distinctive mark)

ที่หัวเครื่องชั่งและตุ้มเลื่อนที่ถอดออกได้ให้ทำเครื่องหมายเฉพาะอย่างเดียวกัน

6.6.2 เครื่องชั่งที่มีพิกัดการชั่งเดียว (Instrument with single capacity)

6.6.2.1 ระยะต่ำสุดระหว่างขอบคมมีด (knife-edge)

ระยะต่ำสุดระหว่างขอบคมมีดต้องมีค่าเท่ากับ

25 มม. สำหรับเครื่องชั่งที่มีพิกัดกำลังสูงสุดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 กก.

20 มม. สำหรับเครื่องชั่งที่มีพิกัดกำลังสูงสุดมากกว่า 30 กก.

6.6.2.2 ขั้นหมายมาตรา (Graduation)

ให้เริ่มจากศูนย์ถึงพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง

6.6.2.3 การตั้งศูนย์ (Zero-setting)

ถ้าเครื่องชั่งในชั้นความเที่ยง III และ IIII มีส่วนตั้งศูนย์ ส่วนตั้งศูนย์ต้องมีลักษณะการจัดเรียงตัวของชุดสกรู (Screws)หรือน๊อต (Nuts) โดยผลของการปรับชุดสกรูหรือน๊อตต้องไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการแสดงค่าผลการชั่งเกินกว่า 4 ขั้นหมายมาตราตรวจรับรองต่อการหมุนชุดสกูรหรือน๊อต 1 รอบ

6.6.3 เครื่องชั่งที่มี 2 พิกัดกำลังการชั่ง (Instrument with dual capacity)

6.6.3.1 ระยะระหว่างขอบคมมีด

ระยะต่ำสุดระหว่างขอบคมมีดต้องมีค่าเท่ากับ

45 มม. สำหรับพิกัดกำลังที่ต่ำกว่า

20 มม. สำหรับพิกัดกำลังที่สูงกว่า

6.6.3.2 ความแตกต่างของกลไกการแขวน (Differentiation of suspension mechanisms)

กลไกการแขวนของเครื่องชั่งต้องมีความแตกต่างจากกลไกการแขวนของสิ่งของที่ต้องการชั่ง

6.6.3.3 ขั้นหมายมาตราที่มีตัวเลขกำกับ (Numbered scales)

ขั้นหมายมาตราของแต่ละพิกัดกำลังของเครื่องชั่งต้องสามารถทำการชั่งได้ตั้งแต่ศูนย์ถึงพิกัดกำลังสูงสุดได้อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงการชั่งได้สูงสุดโดย

- ต้องไม่มีขั้นหมายมาตรา 2 ขั้นหมายมาตราใดของพิกัดกำลังทั้งสองอยู่ตรงตำแหน่งเดียวกัน หรือ

- อาจมีขั้นหมายมาตราร่วมกันได้ไม่เกิน 1/5 ของค่าสูงสุดของช่วงพิกัดกำลังที่ต่ำกว่า

6.6.3.4 ค่าขั้นหมายมาตรา (Scale intervals)

ค่าขั้นหมายมาตราของแต่ละช่วงพิกัดกำลังต้องมีค่าคงที่

6.6.3.5 ส่วนตั้งศูนย์ (Zero-setting device)

เครื่องชั่งชนิดนี้ต้องไม่ประกอบด้วยส่วนตั้งศูนย์

6.7 (R76-1) เครื่องชั่งโรเบอร์วัลและเบแรงเกอร์ (Roberval and Beranger instruments)

6.7.1 ความสมนัย (Symmetry)

ส่วนประกอบที่ถอดออกได้ซึ่งสมนัยกันเป็นคู่ต้องสามารถแลกเปลี่ยนข้างกันได้ด้วยน้ำหนักที่เท่ากัน

6.7.2 การตั้งศูนย์ (Zero-setting)

ถ้าเครื่องชั่งประกอบด้วยส่วนตั้งศูนย์ โดยส่วนดังกล่าวทำเป็นช่องอยู่ใต้ฐานของถาดชั่งอันใดอันหนึ่ง และช่องดังกล่าวต้องสามารถทำการซีลได้ด้วย

6.7.3 ความยาวของคมมีด (Length of the knife-edges)

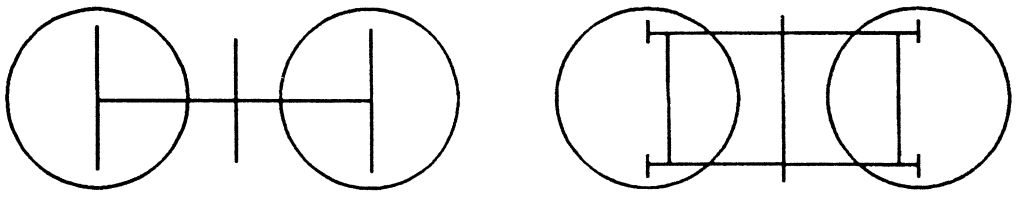
สำหรับเครื่องชั่งที่มีคันชั่งอันเดียว

- ระยะระหว่างปลายด้านนอกของคมมีดที่รองรับสิ่งของที่ต้องการชั่งให้มีค่าอย่างน้อยเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของก้นถาด

- ระยะระหว่างปลายด้านนอกของคมมีดตรงกลางให้มีค่าอย่างน้อยสุดเท่ากับ 0.7 เท่าของความยาวคมมีดที่รองรับสิ่งของที่ต้องการชั่ง

เครื่องชั่งคันคู่ (double beam)ให้มีกลไกที่มั่นคงเทียบเท่ากับเครื่องชั่งคันเดี่ยว (simple beam)

รูปที่ 6 (OIML R76-1)



simple beam

double beam

6.8 (R76-1) เครื่องชั่งที่มี platforms เป็นอัตราส่วน (Instruments with ratio platforms)

6.8.1 พิกัดกำลังสูงสุด (Maximum capacity)

พิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งต้องมากกว่า 30 กก.

6.8.2 การแสดงอัตราส่วนการชั่ง (Indication of the ratio)

อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของสิ่งของที่ชั่งกับตุ้มน้ำหนักที่ทำให้เครื่องชั่งสมดุลต้องแสดงอย่างถาวรและชัดเจนบนคันชั่งในรูปแบบของ 1:10 หรือ 1/10

6.8.3 การตั้งศูนย์ (Zero-setting)

หากเครื่องชั่งต้องมีส่วนตั้งศูนย์ ส่วนตั้งศูนย์ต้องประกอบด้วย

- ถ้วยที่มีที่ฝาปิดเป็นรูปโค้ง หรือ
- มีลักษณะการจัดเรียงตัวของชุดสกรู (Screws)หรือน๊อต (Nuts) โดยผลของการปรับชุดสกรูหรือน๊อตต้องไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการแสดงค่าผลการชั่งเกินกว่า 4 ขั้นหมายมาตราตรวจรับรองต่อการหมุนชุดสกรูหรือน๊อต 1 รอบ

6.8.4 ส่วนสร้างสมดุลเสริม (Complementary balancing device)

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนสร้างสมดุลเสริมเพื่อต้องการหลีกเลี่ยงการใช้ตุ้มน้ำหนักพิกัดต่ำๆ เมื่อเทียบสัมพัทธ์กับพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง ส่วนดังกล่าวนี้ต้องให้เป็นคันชั่งที่มีขั้นหมายมาตราพร้อมด้วยตุ้มเลื่อน (a graduated steelyard with a sliding poise) โดยเป็นการเพิ่มผลของน้ำหนักเข้ากับค่าที่ชั่งแต่ผลการเพิ่มน้ำหนักต้องไม่เกิน 10 กก.

6.8.5 การล็อคคันชั่ง (Locking of the beam)

เครื่องชั่งต้องมีส่วนที่ใช้ล็อคคันชั่งด้วยมือ โดยผลของการล็อคก็เพื่อป้องกันเข็มชี้สภาวะสมดุลตรงกันขณะเครื่องอยู่ตำแหน่งพัก

6.8.6 ข้อกำหนดสำหรับชิ้นส่วนที่ทำจากไม้ (Provisions relating to wooden parts)

ถ้าส่วนใดของเครื่องชั่ง เช่น โครงเครื่องชั่ง แท่นชั่งหรือกระดานทำด้วยไม้ ไม้นี้ต้องถูกทำให้แห้งและไม่มีตำหนิและต้องทำการทำการทาสีหรือวานิชเพื่อป้องกันการผุกร่อน

การประกอบของไม้ต้องไม่ใช้ตะปู

6.9 (R76-1) เครื่องชั่งที่มีส่วนชั่งน้ำหนักเป็นตุ้มเลื่อน (Instrument with a load-measuring device with accessible sliding poises (of the steelyard type)

6.9.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General)

ใช้ข้อกำหนด 6.2 กับส่วนชั่งน้ำหนักที่ใช้ตุ้มเลื่อน

6.9.2 ช่วงของขั้นหมายมาตราที่มีตัวเลขกำกับ (Range of numbered scale)

การแสดงหมายเลขกำกับขั้นหมายของเครื่องชั่งต้องสามารถทำให้สามารถอ่านค่าผลการชั่งได้ต่อเนื่องจากศูนย์ถึงเต็มพิกัด

6.9.3 ช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตราต่ำสุด (Minimum scale spacing)

ช่องว่างระหว่างขั้นหมายมาตรา i_x ของคันชั่งคนละคัน (x = 1,2, 3,.....) เมื่อเทียบกับค่าขั้นหมายมาตรา (d) ของคันชั่งแต่ละคัน ต้องมีความสัมพันธ์

$$i_x \geq \frac{d_x}{e} 0.05 \quad \text{มม.} \quad \text{แต่ } i_x \geq 2 \text{ มม.}$$

6.9.4 แท่นชั่งอัตราส่วน (Ration platform)

ถ้าเครื่องชั่งมีแท่นชั่งอัตราส่วนสำหรับขยายช่วงการแสดงของขั้นหมายมาตราที่มีตัวเลขกำกับค่า อัตราส่วนระหว่างค่าตุ้มน้ำหนักที่วางบนแท่นชั่งเพื่อให้สมดุลกับน้ำหนักสิ่งของที่ชั่งกับน้ำหนักของสิ่งของต้องมีค่าเท่ากับ 1/10 หรือ 1/100

ค่าอัตราส่วนดังกล่าวนี้ต้องแสดงอย่างเห็นได้ชัดเจนและถาวรบนคันชั่งในตำแหน่งใกล้กับอัตราส่วนของแท่นชั่งในรูป 1/10, 1/100 หรือ 1:10, 1:100

6.9.5 การตั้งศูนย์ (Zero-setting)

ใช้ข้อกำหนด 6.8.3

6.9.6 การล็อคคันชั่ง (Locking of the beam)

ใช้ข้อกำหนด 6.8.5

6.9.7 ชิ้นส่วนที่เป็นไม้ (Wooden parts)

ใช้ข้อกำหนด 6.8.6

เนื้อหาครอบคลุม

OIML R76-1 Nonautomatic weighing instruments

1 การแสดงเครื่องหมายของเครื่องชั่ง (Marking of an instrument)

2 การกำกับดูแลทางชั่งตวงวัด (Metrological Control)

บทที่ 5

การแสดงเครื่องหมาย และการกำกับดูแล เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ

(Marking of an Instrument and Metrological controls For Non-Automatic Weighing Instruments)

การแสดงเครื่องหมายและการกำกับดูแลเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Marking of an Instrument and Metrological Controls for Non-Automatic Weighing Instruments) ในบทนี้จะเป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งของ OIML R76-1 ข้อกำหนดในหมวด 7 และหมวด 8 ซึ่งในการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัตินั้น เครื่องชั่งจำเป็นต้องแสดงเครื่องหมายตามที่กำหนดทั้งรูปแบบและรายละเอียด เพื่อเป็นรูปแบบมาตรฐานเดียวกัน ในขณะเดียวกันการกำกับดูแลเครื่องชั่งหลังจากทำการตรวจสอบต้นแบบแล้วเพื่อนำไปใช้งานจริงก็เป็นเรื่องที่ต้องให้ความสนใจเช่นกันเนื้อหาต่อไปนี้กำหนดอยู่ใน OIML R76-1

7. (R76-1) การแสดงเครื่องหมายของเครื่องชั่ง (Marking of an instrument)

7.1 (R76-1) รายระเอียดการแสดงเครื่องหมาย (Descriptive markings) (ในทางปฏิบัติอาจมีการกำหนดเพิ่มเติมหรือไม่ เป็นไปตามที่กำหนดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของแต่ละประเทศนั้น)

เครื่องชั่งต้องมีเครื่องหมายต่อไปนี้ โดยเรียงลำดับ

7.1.1 เครื่องหมายที่ต้องแสดงในทุกกรณี (Compulsory in all cases)

- เครื่องหมายของผู้ผลิต หรือชื่อเต็มของผู้ผลิต
- เครื่องหมายชั้นความถูกต้อง เป็นเลขโรมันอยู่ในวงรี ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในข้อกำหนด 3.1.1

สำหรับชั้นความถูกต้องสูงเป็นพิเศษ	I
สำหรับชั้นความถูกต้องสูง	II
สำหรับขั้นความถูกต้องปานกลาง	III
สำหรับชั้นความถูกต้องธรรมดา	IIII

- ค่าพิกัดสูงสุด Max...
- ค่าพิกัดต่ำสุด Min...
- ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง ในรูปแบบ e =

7.1.2 เครื่องหมายที่ต้องแสดงหากมีส่วนทำงานเฉพาะอย่าง (Compulsory if applicable)

- ชื่อ หรือ เครื่องหมายของผู้จำหน่ายเครื่องชั่งนำเข้า
- หมายเลขประจำเครื่อง (serial number)
- เครื่องหมายแสดงหน่วยการวัด หากเครื่องชั่งประกอบด้วยหลายส่วนที่ทำงานร่วมกัน
- เครื่องหมายของการผ่านการตรวจต้นแบบ
- ค่าขั้นหมายมาตราละเอียด ถ้า d < e ในรูป d =
- ค่าน้ำหนักที่ทดได้สูงสุดทางบวก (maximum additive tare effect) ในรูป T = +.....
- ค่าน้ำหนักที่ทดได้สูงสุดทางลบ (maximum subtractive tare effect) ถ้าต่างจากค่า Max ในรูป T = -.....

(*หมายเหตุ* ค่า Max อาจถูกตีความเป็นช่วงจริงของการแสดงค่า (the actual range of indication) ตามที่กำหนดในข้อกำหนด 4.2.3)

- ค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ปลอดภัยสูงสุด (Maximum safe load) ในรูป Lim = ...

(*หมายเหตุ* ถ้าหากผู้ผลิตผลิตเครื่องชั่งมีค่าน้ำหนักที่ชั่งได้สูงสุดมากกว่า Max + T)

- ขอบเขตอุณหภูมิพิเศษ ในรูป .....°ซ/.....°ซ

(*หมายเหตุ* ที่เครื่องชั่งทำงานได้อย่างถูกต้องภายในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว)

- อัตราส่วนนับ (counting ratio) บนเครื่องชั่งนับ (a counting instrument) ตามข้อกำหนด 4.18 ในรูป 1: ...หรือ 1/....

- อัตราส่วนระหว่างแท่นชั่งสำหรับตุ้มน้ำหนักและแท่นชั่งสำหรับของที่ชั่งที่กำหนดในข้อกำหนด 6.5.1, 6.8.2, และ 6.9.4
- ช่วงการแสดงค่า บวก/ลบ ของเครื่องชั่งเปรียบเทียบแบบดิจิตอล (a digital comparator instrument) ในรูป ±....u_m หรือ -... u_m /+... u_m, เมื่อ u_m คือ หน่วยของมวลตามข้อกำหนด 2.1

7.1.3 เครื่องหมายเพิ่มเติม (Additional markings)

ถ้าจำเป็นต้องใช้เครื่องชั่งในลักษณะงานพิเศษ อาจให้แสดงเครื่องหมายเพิ่มเติมเป็นเฉพาะกรณีไปเพื่อบ่งบอกคุณลักษณะพิเศษของเครื่องชั่งนั้น เช่น

- ห้ามใช้เครื่องชั่งนี้ในการซื้อขายโดยตรงต่อสาธารณชน
- ใช้เครื่องชั่งได้ โดยไม่รวมถึงใช้ชั่งสำหรับ.....
- ตราเครื่องหมายรับรองเฉพาะ/ไม่รับรองเฉพาะ.....
- ใช้ชั่งเฉพาะรายการสิ้นค้าต่อไปนี้.....

7.1.4 การแสดงรายละเอียดของเครื่องหมายบนเครื่องชั่ง (Presentation of descriptive markings)

การแสดงรายละเอียดของเครื่องหมายต้องมีขนาดชัดเจนและอ่านได้ง่าย

โดยรายละเอียดดังกล่าวต้องจัดอยู่เป็นกลุ่มแสดงในตำแหน่งที่เห็นได้ชัด อาจแสดงบนแผ่นเครื่องหมาย (a descriptive plate) ที่ติดตั้งบนเครื่องชั่ง หรือบนส่วนใดส่วนหนึ่งบนเครื่องชั่ง

เครื่องหมาย Max.....

Min.....

e.....

และ d..... ถ้า $d \neq e$

ให้แสดงใกล้ส่วนแสดงค่าผลการชั่งของเครื่อง

อาจทำการซีลแผ่นเครื่องหมาย (a descriptive plate) หากเมื่อทำการถอดแผ่นดังกล่าวแล้วจะทำให้แผ่นเกิดความเสียหาย ถ้าแผ่นเครื่องหมายถูกซีลแล้วให้ประทับเครื่องหมายคำรับรองไว้บนแผ่นเครื่องหมายด้วย

"วิธียอมรับ"

a) การทำเครื่องหมายในกรณีพิเศษ

ในบางกรณีอาจมีการแสดงเครื่องหมายในรูปของตาราง เช่น ตัวอย่างในรูปที่ 7 (OIML R76-1)

รูปที่ 7 (OIML R76-1)

For a multi-interval instrument	For an instrument with more than one weighing range (W_1, W_2)		For an instrument with weighing ranges in different classes	
	W_1	W_2	W_1 (II)	W_2 (III)
Max 2/5/15 kg Min 20 g e = 1/2/5 g	Max 20 kg Min 200 g e = 10 g	100 kg 1 kg 50 g	Max 1 000 g Min 1 g e = 0.1 g d = 0.02 g	5 000 g 40 g 2 g 2 g

b.) ขนาด (Dimensions)

เมื่อต้องติดแผ่นเครื่องหมาย (a descriptive plate) หลายแผ่นติดๆกัน ขนาดของแผ่นเหล่านี้เท่ากันต้องเท่ากัน เช่นในกรณีที่เครื่องชั่งมีส่วนประกอบหลายชิ้นส่วนทำงานร่วมกัน โดยทั่วไปกำหนดไว้กว้างเท่ากับ 80 มม.

c.) การติดแผ่นเครื่องหมายเข้ากับเครื่อง (Fixing)

อาจใช้ริเว็ท (rivets) หรือสกรูติดแผ่นเครื่องหมายนี้เข้ากับเครื่อง โดยให้ตัวหนึ่งทำด้วยวัสดุทองแดง (red copper) หรือวัสดุที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน

ให้ป้องกันการแกะแผ่นเครื่องหมายเหล่านี้ออกโดยจัดให้มีการซีลหัวสกูรตัวใดตัวหนึ่งโดยอาจใช้เป็นหัวตะกั่วสอดทะลุเข้าในส่วนที่ต้องการไม่ให้มีการแยกหรือถอดออกไปได้ โดยให้หัวของริเว็ทหรือสกูรดังกล่าวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 มม. เพื่อการประทับตราคำรับรอง

อาจติดแผ่นเครื่องหมายโดยใช้กาว หรือแผ่นใสหรือวิธีการใด ๆ ได้ก็ต่อเมื่อหากทำการแกะแผ่นเครื่องหมายนี้แล้วแผ่นเครื่องหมายต้องเสียหายหรือทำลายใช้ไม่ได้อีกต่อไป

d.) ขนาดของตัวอักษรบนแผ่นเครื่องหมาย (Dimension of the letters)

ขนาดของตัวอักษรต้องมีความสูงอย่างน้อย 2 มม.

7.1.5 กรณีพิเศษ (Specific cases)

ข้อกำหนด 7.1.1 ถึงข้อกำหนด 7.1.4 ใช้บังคับกับเครื่องชั่งธรรมดาที่ถูกผลิตโดยผู้ผลิตเพียงรายเดียว

ในกรณีผู้ผลิตได้ทำการผลิตเครื่องชั่งที่ซับซ้อนยุ่งยาก หรือมีผู้ผลิตหลายรายมีส่วนร่วมในการผลิตเครื่องชั่งเดียวกัน การแสดงเครื่องหมายของเครื่องชั่งดังกล่าวต้องเป็นไปตามข้อกำหนดเพิ่มเติมต่อไปนี้

7.1.5.1 เครื่องชั่งที่มีส่วนรับน้ำหนักและส่วนชั่งน้ำหนักหลายส่วน (Instrument having several loads receptors and load measuring devices)

แต่ละส่วนชั่งน้ำหนักที่ต่อเข้ากับหรือสามารถต่อเข้ากับส่วนรับน้ำหนักได้มากกว่า 1 ส่วน ต้องแสดงรายละเอียดให้สัมพันธ์ดังต่อไปนี้

- เครื่องหมายแสดงเฉพาะตัวของส่วนชั่งน้ำหนัก (Identification mark)
- พิกัดกำลังสูงสุด
- พิกัดกำลังต่ำสุด
- ค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง

และให้แสดงค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ปลอดภัยสูงสุด (Maximum safe load) และค่าน้ำหนักที่ทดได้สูงสุดทางบวก (maximum additive tare effect) (ถ้ามี)

7.1.5.2 เครื่องชั่งที่ประกอบด้วยส่วนประกอบแยกชิ้นส่วนหลักออกจากกัน (Instrument consisting of separately-built main parts)

ถ้าไม่สามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนหลักใดๆ ระหว่างกันได้โดยไม่ทำให้คุณสมบัติทางชั่งตวงวัดของเครื่องชั่งเปลี่ยนไป ชิ้นส่วนหลักแต่ละส่วนต้องแสดงเครื่องหมายแสดงรายละเอียดกำกับไว้ที่แต่ละชิ้นส่วนและต้องแสดงบนไว้บนแผ่นเครื่องหมายของเครื่องชั่งซ้ำอีกครั้งด้วย

7.2 (R76-1) เครื่องหมายการให้คำรับรอง (Verification marks)

7.2.1 ตำแหน่ง (Position)

เครื่องชั่งที่ผลิตออกมาต้องจัดให้มีพื้นที่สำหรับการประทับหรือติดตั้งเครื่องหมายการให้คำรับรอง

พื้นที่ดังกล่าว ต้อง

- อยู่ในลักษณะเมื่อทำการแกะเครื่องหมายการให้คำรับรองออกจากเครื่องชั่ง เครื่องหมายการให้คำรับรองต้องถูกทำลาย
- สามารถทำการประทับเครื่องหมายการให้คำรับรองได้ง่ายโดยไม่ทำให้หรือมีผลต่อคุณสมบัติและความถูกต้องของเครื่องชั่ง
- สามารถมองเห็นเครื่องหมายการให้คำรับรองได้ชัดเจนในขณะใช้เครื่องชั่ง โดยไม่จำเป็นต้องเคลื่อนย้ายเครื่องหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของเครื่องชั่ง

7.2.2 การติดตั้ง (Mounting)

ต้องจัดให้มีที่รองรับเครื่องหมายการให้คำรับรองในตำแหน่งที่จัดไว้บนเครื่องชั่ง โดยตำแหน่งดังกล่าวต้องเป็นตำแหน่งที่แน่ใจว่าสามารถป้องกันเครื่องหมายคำรับรองดังกล่าว

a) เมื่อเป็นการประทับเครื่องหมายการให้คำรับรองดำเนินการโดยการกด (a stamp) ที่รองรับเครื่องหมายการให้คำรับรองอาจเป็นหมุดตะกั่ว (a strip of lead) หรือวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน สอดผ่านแผ่นเครื่องหมายที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องชั่งทะลุผ่านเข้าเครื่องชั่ง หรือทำเป็นช่องเติม (a cavity) อยู่ในเครื่องชั่ง

b) ถ้าหากเครื่องหมายเป็นชนิดกาวติดยึด (the self-adhesive type) ปะติดกับเครื่องชั่ง ต้องจัดให้มีพื้นที่สำหรับการประทับเครื่องหมายการให้คำรับรองบนแผ่นเครื่องหมาย

"วิธียอมรับ"

สำหรับการประทับเครื่องหมายการให้คำรับรองต้องมีพื้นที่สำหรับการประทับเครื่องหมายอย่างน้อย 200 มม.^{2}

ถ้า Transfers ถือเป็นเครื่องหมายการให้คำรับรอง ต้องมีที่ว่างสำหรับ Transfers ต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 25 มม.

8. (R76-1) การกำกับดูแลทางชั่งตวงวัด (Metrological Control)

8.1 (R76-1) ความรับผิดชอบงานกำกับดูแลทางชั่งตวงวัด (Liability to Metrological controls)

รัฐต้องรับผิดชอบในการกำกับดูแลเพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องชั่งที่มีใช้อยู่ในประเทศนั้นๆเป็นไปตามที่กำหนดสำหรับการกำกับดูแลซึ่งกำหนดโดยรัฐหรือไม่ การกำกับดูแลของรัฐอาจเป็นการตรวจ

สอบต้นแบบเครื่องชั่ง (pattern approval), การตรวจให้คำรับรองชั้นแรก (initial verification), การตรวจสอบให้คำรับรองแบบมีอายุคำรับรอง (periodic verifications) และการตรวจสอบขณะใช้งาน (in-service inspection) แต่สำหรับเครื่องชั่งในข้อกำหนด 6.4 ถึงข้อกำหนด 6.9 ไม่ต้องได้รับการตรวจต้นแบบ แต่รัฐอาจกำหนดขั้นตอนการตรวจสอบให้คำรับรองชั้นแรกเป็นรายชนิดเครื่องชั่งไป

8.2 (R76-1) การตรวจสอบต้นแบบ (Pattern Approval)

8.2.1 การขอตรวจสอบต้นแบบ (Application for pattern approval)

ผู้ยื่นคำขอรับการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งต้องส่งตัวอย่างเครื่องชั่ง พร้อมแบบคำขอให้แก่หน่วยงานที่มีหน้าที่ทำการตรวจสอบต้นแบบ โดยยินยอมให้หน่วยงานดังกล่าวสามารถดำเนินการทดสอบ ผู้ผลิตอาจยื่นชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (Modules) เพื่อทำการทดสอบแยกต่างหากออกเป็นชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่งแทนที่ส่งทั้งเครื่องชั่งที่ประกอบสมบูรณ์ก็สามารถทำได้ ทั้งนี้ก็แล้วแต่กรณีไป เช่น

- เมื่อทำการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งพร้อมกันทุกส่วนทำได้ยาก หรือเป็นไปไม่ได้
- เมื่อยืนชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (Modules) นั้นถูกผลิต และ/หรือ ขายในตลาดโดยแยกส่วนๆไม่เป็นเครื่องสมบูรณ์
- เมื่อผู้ยื่นคำขอรับการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งต้องการให้มีส่วนประกอบร่วมกันทำงานหลากหลายรูปแบบประกอบร่วมกันเป็นเครื่องชั่งได้เพื่อการใช้งานได้หลากหลายต่างวัตถุประสงค์

"วิธียอมรับ"

ชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่งทั่วไป (Typical modules) ได้แก่

- โหลดเซล (load cells)
- ส่วนแสดงค่าอิเล็กทรอนิค (electronic indicator) และ
- ชิ้นส่วนสำหรับเชื่อมโยง(connecting elements)ทั้งที่เป็นแบบเมคคานิกหรืออิเล็กทรอนิค

ผู้ยื่นคำขอรับการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งต้องส่งเอกสารและข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้ ยื่นประกอบมาด้วย

8.2.1.1. คุณสมบัติทางชั่งตวงวัด (Metrological characteristics)

- คุณสมบัติของเครื่องชั่งตามข้อกำหนด 7.1
- รายละเอียดข้อกำหนดของส่วนประกอบในระบบการวัด และถ้ามีการแยกตรวจสอบชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (Modules) ใดๆ ให้กำหนดรายละเอียดของอัตราส่วน p_i ของขอบเขตผลผิด (the fractions p_i of the error limits)

8.2.1.2. เอกสารกำกับ (Descriptive documents)

- ภาพรวมของระบบมีการจัดเรียงขั้นตอนการทำงานอย่างไร และรายละเอียดที่น่าสนใจอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับด้านชั่งตวงวัด เช่น รายละเอียดของการล๊อคทั้งระบบ (interlocks),

การป้องกัน (safeguards), ข้อจำกัดต่าง ๆ (restrictions) และข้อจำกัดอื่นๆ เป็นต้น

- รายละเอียดหน้าที่ของการทำงานของเครื่องชั่งอย่างย่อ ๆ
- ข้อมูลทางเทคนิคย่อๆ ครอบคลุมเนื้อหาถึง ขั้นตอนการทำงานการทำงาน โดยเฉพาะกระบวนการทำงานภายในและการแลกเปลี่ยนข้อมูลและคำสั่งผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่อ (interface) ต้องระลึกเสมอถึงข้อกำหนดด้วยว่าหากไม่สามารถทำการทดสอบการทำงานของเครื่องชั่งได้ เช่นการทำงานของซอฟแวร์ (software-based operations) ผู้ผลิตต้องทำการแสดงให้เห็นได้ด้วยไม่ว่าเป็นวิธีการเฉพาะพิเศษใดๆ ก็ตามว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ เช่น ข้อกำหนด 5.3.6.1 สำหรับอุปกรณ์เชื่อมต่อ (interface) และต้องจัดให้มีการป้องกันการปรับแต่งแก้ไขด้วยระหัสผ่านตามข้อกำหนด 4.1.2.4

8.2.2 การประเมินผลการตรวจสอบต้นแบบ (Pattern evaluation)

เอกสารที่ส่งมาต้องได้รับการตรวจสอบว่าเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1

ทำการตรวจสอบความสอดคล้องของการทำงานของเครื่องชั่งกับเอกสารที่ส่งประกอบมาเป็นระยะๆ ระหว่างทำการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งเพื่อสร้างความมั่นใจว่าเครื่องชั่งดังกล่าวทำงานถูกต้องตรงตามที่แสดงไว้ในเอกสารที่ผู้ผลิตยื่นเสนอมาพร้อมกับเครื่องชั่งในขั้นตอนร้องขอ ปฏิกิริยาตอบสนองต่อความผิดที่มีนัยสำคัญ (significant faults) ต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหา

ให้ตรวจสอบเครื่องชั่งที่ส่งมาตามขั้นตอนการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งที่กำหนดไว้ในภาคผนวก A และ B (ANNEX A and ANNEX B) ถ้าหากไม่สามารถทำการทดสองเครื่องชั่งได้ครบสมบูรณ์ทุกส่วน การทดสอบที่ต้องได้รับความเห็นชอบร่วมกันระหว่างหน่วยงานของรัฐที่ทำการตรวจสอบและผู้ยื่นขอ ที่อาจดำเนินการทดสอบเป็นลักษณะ

- จัดชุดจำลองการทำงาน (a simulated set-up)
- ทำการทดสอบแยกออกเป็นเฉพาะชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (Modules) หรือส่วนประกอบหลักของเครื่องชั่ง

หากทำการแยกทดสอบโหลดเซล ให้ทดสอบการวางน้ำหนักก่อนการทดสอบจริง (preload test) ตามที่กำหนดใน OIML R 60

อุปกรณ์เสริมทำงานร่วมเพิ่มเติม (peripheral recipient devices) จำเป็นต้องได้รับการทดสอบก็ต่อเมื่อกำลังต่อเชื่อมโยงเข้ากับเครื่องชั่งนั้นๆ และอาจบ่งบอกถึงความเหมาะสมของการต่อเชื่อมโยงกับเครื่องชั่งใดๆ ที่ถูกตรวจสอบให้คำรับรองว่ามีความเหมาะสมต่อการเชื่อมโยงหรือไม่

ถ้าเป็นการสะดวกกว่าสามารถทำการทดสอบที่โรงงานของผู้ผลิตแทนที่สำนักงานของหน่วยงานตรวจสอบต้นแบบก็สามารถกระทำได้

ถ้าต้องใช้บุคลากรและอุปกรณ์ช่วยในการตรวจสอบต้นแบบ ผู้ยื่นขอตรวจสอบต้นแบบต้องจัดให้กับหน่วยงานที่ทำการตรวจสอบต้นแบบตามร้องขอ

หน่วยงานที่ตรวจสอบต้นแบบอาจยอมรับผลการทดสอบจากหน่วยงานอื่นที่มีหน้าที่เช่นเดียวกันจากหน่วยงานอื่นหรือจากประเทศอื่น หากผู้ยื่นขอตรวจสอบเสนอโดยไม่ต้องทำการทดสอบซ้ำอีกก็ได้

หน่วยงานตรวจสอบอาจยอมรับผลการทดสอบที่ผ่านมาตามที่ผู้ขอตรวจสอบได้เคยเสนอและผลดังกล่าวดำเนินการโดยหน่วยงานตรวจสอบเอง และอาจลดขั้นตอนการทดสอบบางขั้นลงเมื่อหน่วยงานที่ตรวจสอบพิจารณาเห็นสมควรก็ได้

8.3 (R76-1) การตรวจสอบให้คำรับรองชั้นแรก (Initial verification)

ถ้าเครื่องชั่งไม่ผ่านการตรวจต้นแบบมาก่อน ห้ามหน่วยงานของรัฐหรือหน่วยงานที่มีอำนาจดำเนินการตรวจสอบให้คำรับรองชั้นแรก การตรวจสอบเครื่องชั่งต้องทำหลังจากได้ทำการติดตั้งเครื่องชั่งและพร้อมใช้งาน เว้นเสียแต่เครื่องชั่งจะพร้อมสำหรับการขนส่งและติดตั้งหลังจากทำการตรวจให้คำรับรองชั้นแรก

8.3.1 ความสอดคล้องของคุณสมบัติของเครื่อง (Conformity)

การบ่งบอกว่าเครื่องชั่งดังกล่าวได้ผ่านการตรวจสอบต้นแบบ และ/หรือ เป็นไปตามที่กำหนดของข้อกำหนดนี้ต้องครอบคลุมถึง

- ทุกส่วนทำงานได้ถูกต้อง เช่น ส่วนตั้งศูนย์ (zero-setting devices), ส่วนทดน้ำหนัก (tare devices) และส่วนคำนวณค่า (Calculating devices)
- วัสดุใช้ในการทำเครื่องชั่งและการออกแบบ ตราบใดที่ยังมีผลต่อความถูกต้องแม่นยำต่อการทำงานของเครื่องชั่ง

8.3.2 การตรวจสอบด้วยสายตาเบื้องต้น (Visual Inspection)

ก่อนทำการตรวจสอบต้นแบบต้องทำการการตรวจสอบด้วยสายตาเบื้องต้น ถึง

- คุณสมบัติของเครื่อง เช่น ระดับชั้นความเที่ยง, พิกัดกำลังสูงสุด, พิกัดกำลังต่ำสุด, ค่า e, และ ค่า d เป็นต้น
- ข้อความที่กำหนดและตำแหน่งสำหรับเครื่องหมายการตรวจสอบให้คำรับรอง และเครื่องหมายควบคุมอื่นๆ

ถ้าหากทราบถึงเงื่อนไข และตำแหน่งติดตั้งเครื่องชั่งเพื่อการใช้งาน ต้องตระหนักถึงความเหมาะสมของเงื่อนไขดังกล่าวด้วย

8.3.3 การทดสอบ (Tests)

การตรวจสอบต้นแบบต้องดำเนินการทดสอบให้เป็นไปตามที่กำหนดตามข้อกำหนดต่อไปนี้

- ข้อกำหนด 3.5.1, 3.5.3.3 และ 3.5.3.4 สำหรับผลผิดของการแสดงค่า (error of indications) (ตามข้อกำหนด A.4.4 ถึงข้อกำหนด A.4.6 แต่ให้ทดสอบด้วยการวางน้ำหนัก 5 ครั้ง ถือว่าพอเพียง)

- ข้อกำหนด 4.6.2 และ 4.7.3 สำหรับความถูกต้องแม่นยำของส่วนตั้งศูนย์ และส่วนทดน้ำหนัก (accuracy of zero-setting and tare devices) (ตามข้อกำหนด A.4.2.3 และข้อกำหนด A.4.6.2)
- ข้อกำหนด 3.6.1 สำหรับความสามารถในการทำซ้ำได้ (repeatability) (ตามข้อกำหนด

A.4.10 แต่ชั่งไม่เกิน 3 ครั้ง สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III และ IIII หรือ 6 ครั้ง สำหรับเครื่องชั่งชั้น I และ II)

- ข้อกำหนด3.6.2 สำหรับการเยื้องศูนย์ (Eccentric loading) (ตามข้อกำหนด A.4.7)
- ข้อกำหนด 3.8 สำหรับดิสคริมิเนชั่น (Discrimination) (ตามข้อกำหนด A.4.8)

อาจต้องทำการทดสอบพิเศษเพิ่มเติมในกรณีพิเศษ เช่น โครงสร้างที่พิเศษกว่าปกติ หรือมีผลการทดสอบยังเป็นที่น่าสงสัย

ในกรณีพิเศษ, ผู้ยื่นขอตรวจสอบต้นแบบต้องจัดหาตุ้มน้ำหนัก, เครื่องมือ, และบุคลากรช่วยในการตรวจสอบต้นแบบ

ในการทดสอบทุกอย่าง เครื่องชั่งต้องอยู่ภายในขอบเขตของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของการตรวจรับรองชั้นแรกที่กำหนดให้ ถ้าหากหลังจากตรวจสอบแล้วต้องนำเครื่องชั่งไปใช้ในสถานที่อื่นที่คาดว่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่แตกต่างออกไป ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของผลกระทบจากสาเหตุดังกล่าวด้วย

8.3.4 การประทับตรา (Stamping)

ตามกฎหมายของแต่ละประเทศ เมื่อเครื่องชั่งผ่านการตรวจสอบให้คำรับรองชั้นแรก ให้มีการประทับตราเครื่องหมายการให้คำรับรอง โดยเครื่องหมายนี้อาจบอกถึงเดือน ปีที่ได้ทำการตรวจสอบหรือที่จะต้องทำการตรวจสอบครั้งต่อไป นอกจากนั้นกฎหมายของแต่ละประเทศอาจกำหนดให้มีการป้องกันการปรับแก้ไขอุปกรณ์ที่จะมีผลให้เครื่องชั่งทำงานผิดพลาดจากที่กำหนด

8.4 (R76-1) การควบคุมทางชั่งตวงวัดในระยะเวลาต่อไป (Subsequent metrology control)

8.4.1 การตรวจสอบให้คำรับรองในระยะเวลาต่อไป (Subsequent verification)

การตรวจสอบให้คำรับรองในครั้งต่อมาหลังการตรวจรับรองชั้นแรกโดยปกติแล้วทำการตรวจสอบและทดสอบตามข้อกำหนด 8.3.2 และ 8.3.3 โดยให้ขอบเขตผลผิดของการทดสอบมีค่าเท่ากับการตรวจสอบให้คำรับรองชั้นแรก การประทับตราและการป้องกันการปรับแก้ไขอาจให้เป็นไปตามข้อกำหนด 8.3.4 โดยวันที่ที่แสดงเป็นวันที่ของการตรวจสอบให้คำรับรองครั้งล่าสุด

8.4.2 การตรวจสอบขณะใช้งาน (In-service inspection)

การตรวจสอบขณะใช้งานโดยปกติแล้วทำการตรวจสอบและทดสอบตามข้อกำหนด 8.3.2 และ 8.3.3 โดยให้ผลผิดเป็น 2 เท่าของการตรวจสอบให้คำรับรองชั้นแรก การประทับตราและการป้องกันการปรับแก้ไขอาจไม่ต้องเปลี่ยนแปลง หรืออาจเปลี่ยนแปลงตามข้อ 8.4.1

บทที่ 6

ขั้นตอนการทดสอบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ ;ภาคผนวก A และ ภาคผนวก B (Testing Procedures For Non-Automatic Weighing Instruments) ;ANNEX A and ANNEX B

เนื้อหาครอบคลุม

OIML R76-1 Nonautomatic weighing instruments

1 ANNEX A ขั้นตอนการทดสอบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (TESTING PROCEDURES FOR NONAUTOMATIC WEIGHING INSTRUMENTS)

2 ANNEX B(Mandatory) การทดสอบเพิ่มเติมสำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค(ADDITIONAL TESTS FOR ELECTRONIC INSTRUMENTS)

ขั้นตอนการทดสอบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Testing Procedures for Non-Automatic Weighing Instruments) ในบทนี้จะเป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งของ OIML R76-1 Annex A และ Annex B เนื้อหาครอบคลุมขั้นตอนวิธีการการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ โดยใน Annex B เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับเครื่องชั่งชนิดเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค และมักจะเป็นส่วนที่มีการอ้างถึงบ่อยครั้งในการตรวจสอบต้นแบบจริงๆ ผู้อ่านจึงควรให้ความสนใจมากเป็นพิเศษในส่วนนี้ และทำความเข้าใจและวัตถุประสงค์ของแต่ละขั้นตอนด้วย

เนื้อต่อไปนี้เป็นข้อกำหนด Annex A และ Annex B ตาม OIML R76-1

ANNEX A

ขั้นตอนการทดสอบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ
(TESTING PROCEDURES FOR NONAUTOMATIC WEIGHING INSTRUMENTS)

A.1 งานการจัดการเอกสาร (Administrative examination, 8.2.1)

ตรวจเอกสาร, ภาพ, ข้อกำหนดทางเทคนิคของชิ้นส่วนหลัก ๆ ที่ผู้ขอตรวจสอบต้นแบบส่งมาและอื่นๆ เพื่อพิจารณาว่ามีข้อมูลดังกล่าวครบถ้วนและถูกต้องหรือไม่ ดูคู่มือการใช้งานประกอบด้วย

A.2 การเปรียบเทียบเครื่องชั่งจริงกับข้อความในเอกสาร (Compare construction with documentation , 8.2.2)

ตรวจสอบส่วนต่างๆ ของเครื่องชั่งที่ผู้ยื่นขอส่งมานั้นสอดคล้องกับที่แสดงในเอกสารหรือไม่

A.3 เริ่มทำการทดสอบ (Initial examination)

A.3.1 คุณสมบัติทางชั่งตวงวัด (Metrological characteristics)

บันทึกคุณสมบัติของเครื่องชั่งตามแบบฟอร์ม “Evaluation report” ตามใน OIML R76-2

A.3.2 การแสดงรายละเอียด (Descriptive marking, 7.1)

ตรวจสอบการแสดงรายละเอียดว่าเป็นไปตามที่กำหนดไว้ตามรายการของรายงานการประเมินผลการทดสอบ (“Evaluation report”)

A.3.3 การประทับตราและการป้องกันการปรับแก้ไข (Stamping and securing, 4.1.2.4 และ 7.2)

ตรวจสอบตำแหน่งการประทับเครื่องหมายและที่ซีลป้องกันการปรับแต่งแก้ไข ตามรายการในแบบรายงาน

A.4 การทดสอบสมรรถนะ (Performance tests)

A.4.1 เงื่อนไขทั่วไป (Performance tests)

A.4.1.1 เงื่อนไขการทดสอบปกติ (Normal test conditions, 3.5.3.1)

การหาผลผิดของเครื่องชั่งเมื่อเครื่องชั่งทำงานในสภาวะปกติ โดยกำหนดให้อิทธิพลเพียงตัวแปรเดียวยังคงมีผลอยู่ขณะทำการทดสอบ ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆที่มีผลต่อเครื่องชั่งยังคงรักษาให้มีค่าคงที่สัมพัทธ์ใกล้และใกล้เคียงสภาวะปกติมากที่สุด

A.4.1.2 อุณหภูมิ (Temperature)

กระทำการทดสอบเครื่องชั่งภายใต้อุณหภูมิคงที่สม่ำเสมอ โดยปกติแล้วถือเอาอุณหภูมิห้องปกติ นอกเสียจากกำหนดเป็นอย่างอื่น

การพิจารณาว่าอุณหภูมิขณะทำการทดสอบคงที่หรือไม่นั้น พิจารณาจากค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่บันทึกได้ในระหว่างการทดสอบต้องไม่เกิน 1 ใน 5 ของช่วงอุณหภูมิที่เครื่องชั่งทำงานได้ แต่ไม่ว่ากรณีใดๆต้องไม่เกิน 5 °ซ. (ไม่เกิน 2 °ซ. สำหรับการทดสอบการคราก) และอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต้องไม่เกิน 5 °ซ. ต่อชั่วโมง

A.4.1.3 แหล่งกำลังไฟ (Power supply)

เครื่องชั่งที่ใช้กำลังไฟฟ้าให้ต่อเครื่องชั่งเข้ากับเครื่องจ่ายไฟและเปิดเครื่องตลอดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ

A.4.1.4 ตำแหน่งอ้างอิงก่อนทดสอบ (Reference position before tests)

สำหรับเครื่องชั่งที่อาจเกิดการเอียงได้ระหว่างการทดสอบ ต้องตั้งระดับเครื่องชั่งให้อยู่ที่ตำแหน่งอ้างอิงของเครื่องชั่งนั้นๆ

A.4.1.5 การตั้งศูนย์อัตโนมัติและการรักษาศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero-setting and zero-tracking)

ในระหว่างการทดสอบ ต้องทำให้ส่วนตั้งศูนย์ และ/หรือ ส่วนรักษาศูนย์อัตโนมัติหยุดทำงานหรือป้องกันโดยเมื่อเริ่มทดสอบให้ทำการวางน้ำหนักมีค่าเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนัก

ในการทดสอบเฉพาะกรณีนั้น ต้องแสดงหรือบันทึกไว้ในรายงานผลการทดสอบด้วยว่าส่วนตั้งศูนย์ และ/หรือ ส่วนรักษาศูนย์อัตโนมัติยังคงทำงานอยู่หรือไม่ทำงานขณะทำการทดสอบในแต่ละกรณี

A.4.1.6 การแสดงค่าด้วยขั้นหมายมาตราที่มีค่าต่ำกว่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง e (Indication with a scale interval smaller than e)

หากเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลสามารถแสดงค่าด้วยขั้นหมายมาตราได้ละเอียดกว่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง e (แต่ต้องไม่มากกว่า 1 ใน 5 ของ e) สามารถใช้ส่วนแสดงค่าดังกล่าวในการตรวจสอบผลผิดของเครื่องชั่งได้ และให้บันทึกในรายงานด้วยว่าได้ใช้ส่วนแสดงค่าดังกล่าวในการตรวจสอบผลผิด

A.4.1.7 การใช้เครื่องจำลองการทำงานเพื่อทดสอบชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง ๆ (Using a simulator to test modules, 3.5.4 และ 3.7.1)

หากใช้เครื่องจำลองการทำงานเพื่อทดสอบชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่งๆ (modules) เครื่องจำลอง (Simulator) ดังกล่าวต้องมีความสามารถในการทำซ้ำได้ (repeatability) และมีความเสถียรภาพมั่นคงที่ดีเพียงพอต่อการทดสอบสมรรถนะของชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่งๆ (modules) ได้ถูกต้องแม่นยำเท่าเทียมกับการทดสอบเครื่องชั่งที่ประกอบอย่างสมบูรณ์ด้วยตุ้มน้ำหนัก อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่

นำมาใช้กับชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่งๆ (modules) ต้องมีค่าเท่ากับเครื่องชั่งที่ประกอบอย่างสมบูรณ์ ถ้าหากมีการใช้เครื่องจำลองการทำงานให้บันทึกในรายงานการประเมินผลและสามารถสอบเทียบย้อนกลับไปได้ของเครื่อง (traceability referenced) ดังกล่าวไว้ด้วย

A.4.1.8 การปรับแต่ง (Adjustment, 4.1.2.5)

ก่อนทำการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่ง หากเครื่องชั่งมีส่วนปรับแต่งช่วงการชั่งกึ่งอัตโนมัติ (a semi-automatic span adjustment devices) ต้องทำการปรับแต่งส่วนดังกล่าวได้เพียงครั้งเดียวก่อนทำการทดสอบครั้งแรก

หากเป็นเครื่องชั่งชั้นความที่ยง I ควรทำการปรับส่วนดังกล่าวก่อนทดสอบแต่ละครั้งตามคู่มือการใช้งานของเครื่องชั่ง

หมายเหตุ การทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิต่อเครื่องชั่งในข้อกำหนด A.5.3.1 ให้ถือว่าเป็นการทดสอบครั้งหนึ่ง

A.4.1.9 กวรปรับตัวของเครื่องชั่งเข้าสู่สภาวะปกติ (Recovery)

หลังการทดสอบแต่ละครั้งหรือแต่ละหัวข้อทดสอบ ต้องปล่อยให้เครื่องชั่งปรับตัวหรือพักด้วยระยะเพียงพอระยะเวลาหนึ่งเพื่อยอมให้เครื่องชั่งกลับคืนสู่สภาวะปกติก่อนการทดสอบในหัวข้ออื่นต่อไป

A.4.1.10 การวางน้ำหนักก่อนการทดสอบจริง (Preloading)

ก่อนการทดสอบการชั่งแต่ละอย่าง ให้วางน้ำหนักลงบนเครื่องชั่งเต็มพิกัดกำลังสูงสุด (Max) หรือขอบเขตน้ำหนักสูงสุดของเครื่องชั่ง (Lim) ถ้ามีกำหนดไว้ ยกเว้นการทดสอบตามข้อกำหนด A.5.2 และข้อกำหนด A.5.3.2

ในกรณีทำการทดสอบเฉพาะโหลดเซลแยกต่างหาก การวางน้ำหนักก่อนการทดสอบจริง (pre-loading) ต้องดำเนินการตามข้อกำหนดใน OIML R 60

A.4.1.11 เครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instrument)

โดยหลักการแล้ว แต่ละช่วงการชั่งต้องได้รับการทดสอบเสมือนเป็นเครื่องชั่งหนึ่งเครื่องต่อช่วงการชั่งหนึ่งช่วง

A.4.2 การตรวจสอบตำแหน่งศูนย์ (Checking of zero)

A.4.2.1 ช่วงของการตั้งศูนย์ (Range of zero-setting , 4.5.1)

A.4.2.1.1 การตั้งศูนย์ครั้งแรก (Initial zero-setting)

เมื่อส่วนรับน้ำหนักปราศจากสิ่งของใดๆ ให้ทำการรีเซทหรือปรับแต่งเครื่องชั่งไปแสดงค่าศูนย์ วางน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักจากนั้นทำการปิดเครื่องชั่งและเปิดเครื่องชั่ง

สังเกตว่าเครื่องชั่งยังแสดงค่าศูนย์อีกหรือไม่ หากยังแสดงค่าศูนย์ ก็ทำการเพิ่มน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักจากนั้นทำการปิดเครื่องชั่งและเปิดเครื่องชั่ง ทำตามขั้นตอนดังกล่าวจนกระทั่งเครื่องชั่งไม่สามารถกลับมาแสดงค่าศูนย์หรือเข้าสู่สภาวะสมดุลศูนย์ น้ำหนักทดสอบมากที่สุดเมื่อวางบนส่วนรับน้ำหนักแล้วเครื่องชั่งยังไม่สามารถกลับสู่ศูนย์ได้ คือ ช่วงทางบวกของช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (the positive portion of the initial zero-setting range)

เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดที่อยู่บนส่วนรับน้ำหนักออกและทำการตั้งศูนย์ หลังจากนั้นทำการยกส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่ง (the load receptor and platform) ออกจากเครื่องชั่ง หากเครื่องชั่งยังคงสามารถตั้งศูนย์หลังจากทำการปิดและเปิดเครื่อง น้ำหนักของส่วนรับน้ำหนักจะถือเป็นช่วงทางลบของของช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (the negative portion of the initial zero-setting range)

หากหลังจากเอาส่วนรับน้ำหนักออกแล้วเครื่องชั่งไม่สามารถตั้งศูนย์ได้ ให้ใส่น้ำหนักทดสอบบนส่วนส่งผ่านน้ำหนัก (Load transmitting device) หรือส่วนที่ถ่ายน้ำหนักไปยังส่วนชั่งน้ำหนัก (load-measuring device) (นั้นคือ ส่วนที่ส่วนรับน้ำหนักวางบนอยู่) จนกระทั่งเครื่องชั่งสามารถกลับมาแสดงค่าศูนย์ได้อีกครั้ง

หลังจากเอาตุ้มออกแต่ละชิ้น ให้ปิดเครื่องและเปิดเครื่องด้วย น้ำหนักทดสอบมากที่สุดที่เอาออกแล้วเครื่องชั่งยังสามารถกลับสู่ศูนย์ได้โดยการปิดและเปิดเครื่องจะเป็นช่วงทางลบของของช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (the negative portion of the initial zero-setting range)

ช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (the initial zero-setting range) คือ ผลรวมของช่วงทางบวกและทางลบ หากไม่สามารถเอาส่วนรับน้ำหนักออกจากเครื่องชั่งได้ ให้พิจารณาเฉพาะช่วงทางบวกของช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (the positive portion of the initial zero-setting range)

A.4.2.1.2 การตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติและการตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติ (Nonautomatic and semi-automatic zero-setting)

การทดสอบนี้กระทำด้วยวิธีการเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้นในข้อ A.4.2.1.1 ยกเว้นขั้นตอนการตั้งศูนย์อาจแตกต่างจากวิธีการตั้งศูนย์ที่กระทำด้วยการปิดและเปิดเครื่องชั่ง

A.4.2.1.3 การตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero-setting)

เอาส่วนรับน้ำหนักออกจากเครื่องชั่งตามที่กล่าวไว้ในข้อกำหนด 4.2.1.1 และวางน้ำหนักทดสอบจนกระทั่งเครื่องชั่งแสดงศูนย์

เอาน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนักทีละน้อย ๆ หลังจากเอาน้ำหนักออกแต่ละชิ้นออกให้รอเวลาสักครู่ เพื่อให้ส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติทำงานเพื่อที่จะได้สังเกตเห็นว่าเครื่องชั่งถูกรีเซท กลับไปแสดงค่าศูนย์อัตโนมัติ ทำตามขั้นตอนดังกล่าวนี้จนกระทั่งเครื่องชั่งไม่สามารถกลับสู่ศูนย์ได้โดยอัตโนมัติ

น้ำหนักทดสอบมากที่สุดที่เอาออกจากส่วนรับน้ำหนัก แล้วเครื่องชั่งยังสามารถรีเซทกลับสู่ศูนย์ได้ ก็คือ ช่วงการตั้งศูนย์ (the zero-setting range)

ถ้าไม่สามารถถอดเอาส่วนรับน้ำหนักออกไปได้ วิธีการที่พอสามารถทำได้โดยเติมน้ำหนักทดสอบลงบนเครื่องชั่งแล้วใช้ส่วนตั้งศูนย์ (the zero-setting device) อีกส่วนหนึ่ง (ถ้ามี) ทำการปรับเครื่องชั่งให้แสดงศูนย์ จากนั้นยกน้ำหนักทดสอบออกและตรวจสอบว่าการกลับสู่ศูนย์โดย

อัตโนมัติยังคงสามารถรีเซทเครื่องชั่งได้อีกหรือไม่ น้ำหนักทดสอบที่มากที่สุดที่เอาออกจากเครื่องชั่งแล้วเครื่องชั่งยังคงกลับสู่ศูนย์ได้อัตโนมัติ คือ ช่วงการตั้งศูนย์ (the zero-setting range)

A.4.2.2 ส่วนแสดงศูนย์ (Zero indicating device, 4.5.5)

สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลและไม่มีส่วนรักษาศูนย์ (Zero-Tracking Device) ให้ปรับเครื่องชั่งให้ต่ำกว่าศูนย์ประมาณ 1 ค่าขั้นหมายมาตราโดยการเติมน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 1 ใน 10 ของค่าขั้นหมายมาตรา จากนั้นหาช่วงที่ส่วนแสดงศูนย์แสดงเบี่ยงเบนไปจากศูนย์

A.4.2.3 ความถูกต้องของการตั้งศูนย์ (Accuracy of Zero-setting, 4.5.2)

A.4.2.3.1 การตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติและการตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติ (Non-automatic and semi-automatic zero-setting)

การทดสอบความถูกต้องแม่นยำของส่วนตั้งศูนย์ ครั้งแรกสุดต้องวางน้ำหนักทดสอบลงบนเครื่องชั่งเพื่อให้แสดงค่าให้ใกล้เคียงตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) มากที่สุด และหลังจากนั้นเริ่มกระตุ้นให้ส่วนตั้งศูนย์ทำงานและหาค่าน้ำหนักทดสอบที่เติมลงไปบนเครื่องชั่งที่ทำให้เครื่องชั่งแสดงค่าเปลี่ยนแปลงไปจากค่าศูนย์เหนือไป 1 ค่าขั้นหมายมาตรา (scale interval) ผลผิดที่ศูนย์คำนวณได้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในข้อกำหนด A.4.4.3

A.4.2.3.2 การตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือการรักษาศูนย์ (Automatic zero-setting or zero tracking)

ทำให้เครื่องชั่งแสดงค่าออกไปจากช่วงการตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือช่วงการรักษาศูนย์ (โดยทำการวางน้ำหนักทดสอบลงบนเครื่องชั่งด้วยน้ำหนักเท่ากับ 10 e) ดังนั้นน้ำหนักทดสอบที่วางเพิ่งลงไปแล้วทำให้เครื่องชั่งแสดงค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเหนือศูนย์เท่ากับ 1 ค่าขั้นหมายมาตรา ก็จะทราบค่าและทำการคำนวณหาผลผิดตามที่กำหนดในข้อกำหนด A.4.4.3 โดยสมมติให้ผลผิดที่ไม่มีน้ำหนัก (the error at the zero load) จะมีค่าเท่ากับผลผิดเมื่อมีน้ำหนักทดสอบที่หาได้

A.4.3 การตั้งศูนย์ก่อนวางน้ำหนักทดสอบ (Setting to zero before loading)

สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอล การปรับเข้าสู่ศูนย์หรือหาตำแหน่งจุดศูนย์กระทำได้โดย

a.) สำหรับเครื่องชั่งที่มีการตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติ ให้วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าขั้นหมายมาตราลงบนส่วนรับน้ำหนัก แล้วปรับให้เครื่องชั่งจนกระทั่งแสดงค่าเปลี่ยนไปมาระหว่างค่าศูนย์และหนึ่งค่าขั้นหมายมาตรา จากนั้นเอาน้ำหนักทดสอบจำนวนดังกล่าวออกจากส่วนรับน้ำหนัก ก็จะได้ตำแหน่งกึ่งกลางของตำแหน่งศูนย์อ้างอิง (a center of zero reference position)

b.) สำหรับเครื่องชั่งที่มีการตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติหรือการรักษาศูนย์ การเบี่ยงเบนจากตำแหน่งศูนย์สามารถหาได้จากขั้นตอนที่กำหนดไว้ในข้อกำหนด A.4.2.3

A.4.4 การตรวจสอบสมรรถนะของการชั่ง (Determination Of weighing performance)

A.4.4.1 การทดสอบการชั่ง (Weighing test)

วางน้ำหนักทดสอบตั้งแต่เครื่องชั่งแสดงค่าจากศูนย์จนถึงเต็มพิกัดกำลังสูงสุด (Max) จากนั้นเอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจนกระทั่งเครื่องชั่งแสดงค่ากลับมาแสดงค่าศูนย์อีกครั้งหนึ่ง ในการหาผลผิดแฝงเริ่มต้น (the initial intrinsic error) ให้วางน้ำหนักทดสอบที่แตกต่างกันเพื่อทดสอบอย่างน้อย 10 ค่า และสำหรับการทดสอบการชั่งอื่นๆต้องเลือกน้ำหนักทดสอบที่แตกต่างกันเพื่อทดสอบอย่างน้อย 5 ค่า โดยค่าน้ำหนักทดสอบที่เลือกให้แตกต่างกันนี้ต้องเลือกให้ครอบคลุมทั้งค่าน้ำหนักเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดและพิกัดกำลังต่ำสุดของเครื่องชั่งด้วย รวมทั้งค่าที่ใกล้เคียงหรือค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่ง

ต้องระลึกไว้ว่าการทดสอบการชั่งด้วยการวางหรือลดน้ำหนักทดสอบบนเครื่องชั่ง ต้องวางน้ำหนักทดสอบในลักษณะที่มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ

หากเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวอาจยังคงทำงานอยู่ได้ระหว่างทำการทดสอบการชั่ง ยกเว้น การทดสอบในเรื่องอุณหภูมิ ผลผิดที่ตำแหน่งศูนย์ของเครื่องชั่งสามารถหาได้จากข้อกำหนด A.4.2.3.2

A.4.4.2 การทดสอบการชั่งเพิ่มเติม (Supplementary weighing test, 4.5.1)

สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนตั้งศูนย์เริ่มต้น (an initial zero-setting device) และมีช่วงการตั้งศูนย์มากกว่า 20 % ของพิกัดกำลังสูงสุด (Max) ให้ทำการทดสอบการชั่งน้ำหนักเพิ่มเติมโดยถือเอาค่าขอบเขตบนของช่วงการตั้งศูนย์ (the upper limit of the range) นี้เป็นจุดตำแหน่งศูนย์

A.4.4.3 การคำนวณผลผิด (Evaluation of error, A.4.1.6)

สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลและไม่มีส่วนแสดงค่าสำหรับแสดงค่าได้ละเอียดกว่าปกติด้วยค่าน้อยกว่าขั้นหมายมาตรา (ต้องไม่เกิน 1 ใน 5 ของ e) ให้ใช้ตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ในการหาค่าผลการแสดงค่าของเครื่องชั่งก่อนจะมีการปัดเศษ ดังนี้

ด้วยน้ำหนักทดสอบแน่นอน L เครื่องชั่งแสดงค่า I จากนั้นทำการเติมน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 1 ใน 10 เท่าของ e ลงบนเครื่องชั่งในแต่ละครั้งไปเรื่อย ๆ จนเครื่องชั่งแสดงค่าเพิ่มขึ้น 1 ค่าขั้นหมายมาตรา (I + e) อย่างชัดเจน น้ำหนักทดสอบที่เติมลงบนส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่งและทำให้เครื่องชั่งแสดงค่า P ก่อนที่มีการปัดค่าไปแสดงค่า I + e สามารถหาได้จากสมการข้างล่างนี้

$$P = I + 1/2\ e - \Delta L$$

ผลผิดก่อนปัดค่า

$$E = P - L = I + 1/2\ e - \Delta L - L$$

ผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่าคือ

$$E_C = E - E_0 \leq mpe$$

หมายเหตุ

mpe คือ อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (Maximum permissible error)

E_0 คือ ผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e)

ตัวอย่าง เครื่องชั่งที่มีค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง(e) เท่ากับ 5 กรัม เมื่อวางน้ำหนักทดสอบ 1 กิโลกรัม เครื่องชั่งแสดงค่า 1,000 กรัม หลังจากเพิ่มน้ำหนักทีละ 0.5 กรัม (มีค่าเท่ากับ 1/10 e) จนกระทั่งเครื่องชั่งแสดงค่าเปลี่ยนจาก 1,000 กรัม เป็น 1,005 กรัม หลังจากเติมน้ำหนักทดสอบลงไปได้เท่ากับ 1.5 กรัม คำนวณตามสูตรข้างต้น จะได้

$$P = 1 + 1/2\, e - \Delta L$$

$$P = (1000 + 2.5 - 1.5) = 1001 \text{ กรัม}$$

ค่าจริงๆก่อนที่เครื่องชั่งทำการปัดค่าเพื่อไปแสดงค่าเท่ากับ 1,005 กรัม คือ 1,001 กรัม และมีค่าผลผิดเท่ากับ

$$E = P - L = I + 1/2\, e - \Delta L - L$$

$$E = 1001 - 1000 = +1 \text{ กรัม}$$

ถ้าตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ที่จุดศูนย์ตามที่คำนวณได้จากข้างบนมีค่า E_0 = + 0.5 กรัม ผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่าคือ

$$E_C = E - E_0 \leq mpe$$

$$E_C = +1 - (+0.5) = +0.5 \text{ กรัม}$$

ในการทดสอบตามข้อกำหนด A.4.2.3 และข้อกำหนด A.4.11.1 การคำนวณหาค่าผลผิดต้องกระทำด้วยความรอบคอบแม่นยำเทียบกับอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของน้ำหนักที่ต้องการหา

หมายเหตุ ข้อกำหนดและคำอธิบายและสูตรข้างต้นนี้สามารถใช้ได้กับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (Multi - interval instrument) ในกรณีที่น้ำหนักทดสอบ L และการแสดงค่าของเครื่องชั่ง I มีค่าแตกต่างกันในแต่ละช่วงการชั่งย่อย (partial weighing)

ค่าน้ำหนักทดสอบที่เติมแต่ละครั้งยังคงมีค่าเท่ากับ 1 ใน 10 ของ e_i

ในสูตร $E = P - L = I + 1/2\ e - \Delta L - L$ เทอม $1/2\ e$ ให้เปลี่ยนเป็น $1/2\ e_i$ หรือ $1/2\ e_{i+1}$ ขึ้นอยู่กับว่าเป็นช่วงการชั่งย่อยใดที่เครื่องชั่งแสดงค่า ค่าขั้นหมายมาตรา (I + e)

A.4.4.4 การทดสอบชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (modules) ของเครื่องชั่ง (Testing of modules)

การแยกทดสอบชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (modules) ของเครื่องชั่ง เป็นไปได้ที่สามารถทำการหาผลผิดที่มีค่าความไม่แน่นอนน้อยเพียงพอโดยพิจารณาเลือกค่าเศษส่วนของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดไม่ว่าจะใช้ส่วนสำหรับแสดงค่าผลการชั่งด้วยค่าขั้นหมายมาตราน้อยกว่า $(1/5) \bullet p_i \bullet e$ หรือโดยการประเมินหาตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ของการแสดงค่าด้วยค่าความไม่แน่นอนดีกว่า $(1/5) \bullet p_i \bullet e$

A.4.4.5 การทดสอบการชั่งด้วยการใช้วัตถุแทนที่น้ำหนักทดสอบแบบมาตรา (Weighing test using substitution material, 3.7.3)

การทดสอบนี้ใช้เสริมการทดสอบในข้อกำหนด 4.4.1

ให้ตรวจสอบผลผิดการทำซ้ำได้ (the repeatability error) ของน้ำหนักทดสอบที่ 50 % ของพิกัดกำลังสูงสุด (Max) และพิจารณาจำนวนครั้งของการแทนที่น้ำหนักทดสอบที่ยอมให้ได้ตามข้อกำหนด 3.7.3 (ข้อกำหนดหมวด 3)

ในการทดสอบ ให้เพิ่มน้ำหนักทดสอบแบบมาตราตั้งแต่ศูนย์ถึงน้ำหนักสูงสุดของน้ำหนักทดสอบแบบมาตราที่มีอยู่

หาค่าผลผิด (ตามข้อกำหนด A.4.4.3) และยกน้ำหนักทดสอบแบบมาตราทั้งหมดออกจนกระทั่งเครื่องชั่งมีสภาวะไม่มีน้ำหนักค้าง หรือในกรณีเครื่องชั่งที่มีส่วนรักษาศูนย์ (a zero-tracking device) ให้คงเหลือน้ำหนักทดสอบแบบมาตราค้างอยู่บนส่วนรับน้ำหนักเท่ากับ 10 e

การแทนน้ำหนักทดสอบแบบมาตราด้วยวัตถุอื่นแทนที่ต้องวางและทดสอบเครื่องชั่งจนกระทั่งได้ตำแหน่งเปลี่ยนจุดที่จุดเดียวกัน ทำตามขั้นตอนดังกล่าวตั้งแต่ต้นจนกระทั่งวางน้ำหนักทดสอบได้จนถึงพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง

เมื่อวางน้ำหนักทดสอบแบบมาตราและวัสดุอื่นแทนที่จนถึงพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง ในขั้นตอนเอาน้ำหนักดังกล่าวออกจากเครื่องชั่งต้องดำเนินการย้อนกลับเป็นไปตามลำดับเช่นเดียวกับเมื่อทำการเพิ่มน้ำหนักลงเครื่องชั่ง นั่นคือเมื่อเอาน้ำหนักทดสอบแบบมาตราออกและทำการหาตำแหน่งเปลี่ยนจุด จากนั้นวางน้ำหนักทดสอบแบบมาตรากลับไปบนเครื่องชั่งเมื่อเอาวัตถุอื่นแทนที่ออกจนกระทั่งถึงตำแหน่งเปลี่ยนจุด ทำตามขั้นตอนดังกล่าวซ้ำจนกระทั่งเครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์อีกครั้งหนึ่ง

อาจใช้กระบวนการอื่นที่คล้ายกันกับที่กล่าวมาข้างต้นก็ได้

A.4.5 เครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่ามากกว่า 1 ส่วน (Instrument with more than one indicating device, 3.6.3)

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนแสดงค่ามากกว่า 1 ส่วน ให้ทำการเปรียบเทียบการแสดงค่าของส่วนแสดงค่าที่มีอยู่และแตกต่างกันในระหว่างการทดสอบตามข้อกำหนด A.4.4

A.4.6 การทดน้ำหนัก (Tare)

A.4.6.1 การทดสอบการชั่ง (Weighing test , 3.5.3.3)

ทดสอบการชั่ง (ด้วยการใส่และเอาน้ำหนักออกจากส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่งตาม A.4.4.1) ด้วยค่าน้ำหนักทด (tare values) อย่างน้อย 2 ค่า โดยเลือกค่าน้ำหนักทดสอบที่แตกต่างกันอย่างน้อย 5 ค่า โดยค่าน้ำหนักทดสอบที่เลือกต้องครอบคลุมค่าน้ำหนักที่ใกล้ค่าพิกัดกำลังต่ำสุด, ค่าน้ำหนักที่มีค่าทำให้เกิดการเปลี่ยนค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด และค่าน้ำหนักสุทธิที่ใกล้เคียงกับพิกัดกำลังสูงสุด

หากเครื่องชั่งประกอบด้วยส่วนทดน้ำหนักแบบบวก (an additive tare device) ต้องดำเนินการทดสอบการชั่งด้วยด้วยค่าน้ำหนักทดใกล้เคียงกับอิทธิพลการทดแบบบวกสูงสุด (the maximum additive effect)

หากเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์อัตโนมัติ และส่วนดังกล่าวยังคงทำงานอยู่ในขณะทำการทดสอบเครื่องชั่ง ในการหาผลผิดที่จุดศูนย์ต้องดำเนินการตามข้อกำหนด A.4.2.3.2

A.4.6.2 ความแม่นยำถูกต้องของการตั้งค่าน้ำหนักทด (Accuracy of tare setting, 4.6.3)

การหาความแม่นยำถูกต้องของส่วนทดน้ำหนัก ดำเนินการด้วยวิธีการเดียวกับการทดสอบที่อธิบายไว้ในข้อกำหนด A.4.2.3 โดยการรีเซทส่วนแสดงค่ากลับไปแสดงค่าศูนย์ด้วยส่วนทดน้ำหนัก

A.4.6.3 ส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ (Tare-weighing device, 3.5.3.4 และ 3.6.3)

(คือ ส่วนทดน้ำหนักที่เก็บค่าน้ำหนักที่ทดไว้และแสดงหรือพิมพ์ค่าน้ำหนักทดไว้ออกมาได้ไม่ว่าจะมีน้ำหนักอยู่บนเครื่องชั่งหรือไม่)

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ ต้องทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดน้ำหนักของสิ่งของที่มีค่าเท่ากันโดยส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้กับส่วนแสดงค่า

A.4.7 การทดสอบการเยื้องศูนย์ (Eccentricity test, 3.6.2)

การใช้น้ำหนักทดสอบขนาดใหญ่ในการทดสอบการเยื้องศูนย์ค่อนข้างดีกว่าการใช้น้ำหนักทดสอบขนาดเล็กหลายตุ้มรวมกัน หากใช้น้ำหนักทดสอบขนาดเล็กต้องวางน้ำหนักทดสอบขนาดเล็กบนน้ำหนักทดสอบขนาดใหญ่แต่ควรเลี่ยงเลี่ยงการวางเรียงกันเป็นกองเดียวกันสูงๆบนส่วน (a segment) ของส่วนรับน้ำหนักที่ต้องการทดสอบ หากใช้น้ำหนักทดสอบเพียงชิ้นเดียวต้องวางตรงกลางของส่วนของส่วนรับน้ำหนักที่ต้องการทดสอบ แต่ถ้าหากใช้น้ำหนักทดสอบหลายชิ้นให้วางน้ำหนักทดสอบกระจายสม่ำเสมอบนส่วนของส่วนรับน้ำหนักที่ต้องการทดสอบ

ให้เขียนภาพตำแหน่งที่วางตุ้มน้ำหนักแต่ละส่วนของส่วนรับน้ำหนักที่ต้องการทดสอบ ในรายงานผลการทดสอบด้วย

การหาค่าผลผิดของการทดสอบแต่ละครั้งของแต่ละส่วนของส่วนรับน้ำหนักที่ต้องการทดสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนด A.4.4.3 ผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (E_0)

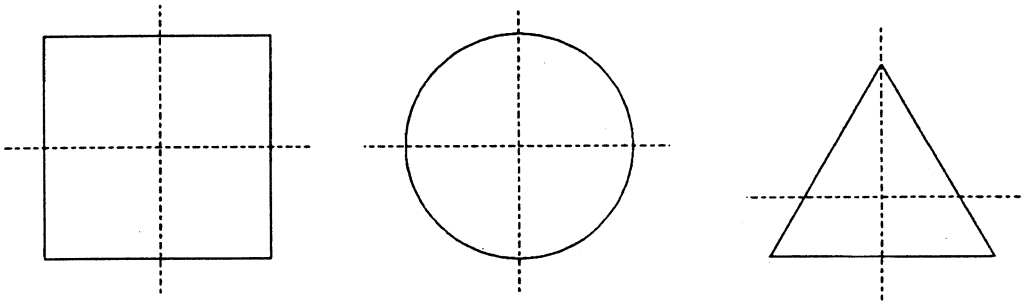
ที่ถูกใช้เป็นตัวแก้ไขคือค่าที่หาได้ก่อนการทดสอบแต่ละครั้ง

ถ้าหากเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวต้องไม่ทำงานในระหว่างการทดสอบนี้

A.4.7.1 เครื่องชั่งที่มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักไม่เกิน 4 จุด (Instrument with a load receptor having not more than four points of support)

ให้แบ่งพื้นที่ของส่วนรับน้ำหนักออกเป็น 4 ส่วนซึ่งประมาณว่ามีเนื้อที่เท่ากัน ดังรูปที่ 8 (OIML R76-1) และให้วางน้ำหนักทดสอบในแต่ละส่วนในทิศทางการเดียวกันเป็นลำดับ

Figure 8 **รูปที่ 8 (OIML R76-1)**



A.4.7.2 เครื่องชั่งที่มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักเกินกว่า 4 จุด (Instrument with a load receptor having more than four points of support)

ต้องวางน้ำหนักทดสอบลงบนตำแหน่งแต่ละจุดที่มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักโดยมีพื้นที่บนจุดรองรับน้ำหนักขนาดประมาณ 1/n ส่วนของพื้นที่ของส่วนรับน้ำหนัก เมื่อ n คือ จำนวนจุดรองรับส่วนรับน้ำหนัก

เมื่อจุดรองรับ 2 จุดอยู่ใกล้กันมากเกินกว่าจะทำการทดสอบตามที่กล่าวข้างต้น ให้เพิ่มน้ำหนักเป็น 2 เท่าและวางบนพื้นที่ทั้งสองด้านของแกนที่ลากต่อจุดรับน้ำหนักทั้งสอง

A.4.7.3 เครื่องชั่งที่มีส่วนรับน้ำหนักเป็นรูปแบบพิเศษ (เช่น ถัง, hopper ฯลฯ) (Instrument with special load receptors (tank , hopper , etc.)

ให้วางน้ำหนักทดสอบบนจุดรองรับน้ำหนักของส่วนรับน้ำหนักแต่ละจุด

A.4.7.4 เครื่องชั่งใช้กับการชั่งสิ่งของที่กลิ้งได้ (Instrument used for weighing rolling loads, 3.6.2.4)

ให้วางสิ่งของที่กลิ้งได้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนส่วนรับน้ำหนัก โดยวางที่ตำแหน่งเริ่มต้น, ตรงกลางและที่ปลายเมื่อสิ่งของที่กลิ้งได้ถูกกลิ้งเข้ามาเพื่อทำการชั่งบนส่วนรับน้ำหนักในทิศทางที่สิ่งของที่ต้องการชั่งกลิ้งเข้ามาทำการชั่งปกติ และในขณะเดียวกันให้ทดสอบในทิศตรงข้ามด้วย

A.4.8 การทดสอบดิสคริมิเนชั่น (Discrimination test, 3.8)

ให้ทำการทดสอบดิสคริมิเนชั่นต้องดำเนินการด้วยน้ำหนักทดสอบที่แตกต่างกัน 3 ค่าด้วยกัน ได้แก่ที่น้ำหนักพิกัดกำลังต่ำสุด, 1/2 ของพิกัดกำลังสูงสุด และพิกัดกำลังสูงสุด (Max)

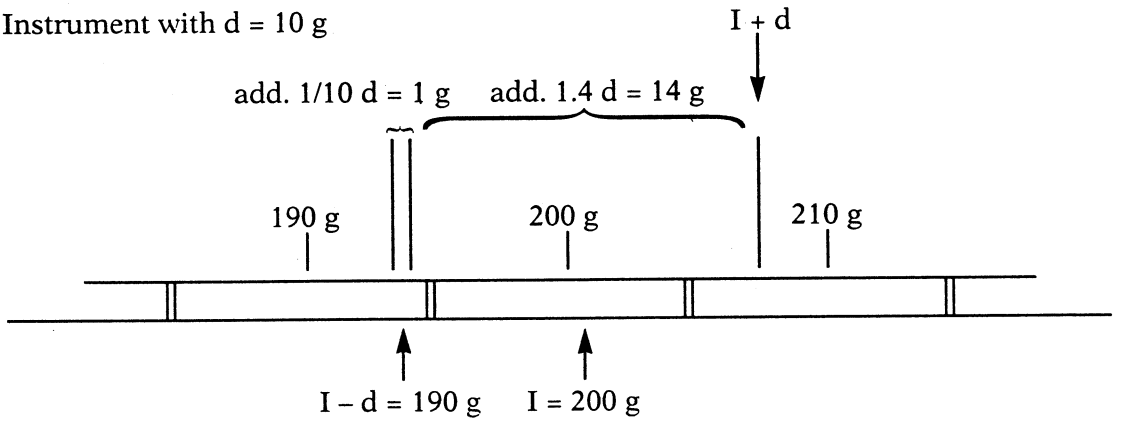
A.4.8.1 การแสดงค่าเองไม่ได้และการแสดงค่าแบบอนาล็อก (Non-self-indication and analogue indication)

ให้วางน้ำหนักพิเศษ (an extra load) หรือเอาออก ลงบน/จาก ส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่งในขณะที่เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุล ต้องทราบค่าน้ำหนักพิเศษที่ทำให้ตำแหน่งสมดุลของเครื่องชั่งเปลี่ยนไป

A.4.8.2 การแสดงค่าแบบดิจิตอล (Digital indication)

ให้วางน้ำหนักทดสอบค่าหนึ่งพร้อมกับน้ำหนักเสริม (an additional weights) ที่มีค่าเป็นจำนวนเท่าของค่า 1/10 d จำนวนประมาณ 10 ชิ้น (ประมาณ 10 เท่าของ 1/10 d) จากนั้นทำการเอาน้ำหนักเสริมออกที่ละชิ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเครื่องชั่งแสดงค่าลดจากค่า I ลง 1 ค่าขั้นหมายมาตรา (I - d) อย่างชัดเจน ทำการวางน้ำหนักที่มีค่า 1.4 d อย่างเบานุ่มนวลบนส่วนรับน้ำหนักหลังจากวางน้ำหนักเสริมเพิ่มลงไปหนึ่งชิ้น เครื่องชั่งต้องแสดงค่าผลการชั่งเพิ่มขึ้น 1 ค่าขั้นหมายมาตราเหนือการแสดงค่าครั้งแรก (I + d) ดูตัวอย่างในรูป 9 (OIML R76-1)

Figure 9 **รูปที่ 9 (OIML R76-1)**



เครื่องชั่งแสดงค่าเมื่อเริ่มต้น I = 200 ก. (d = 10 ก.) เอาน้ำหนักเสริมออกจนเครื่องชั่งแสดงค่าเปลี่ยนไปเป็น I – d = 190 ก. วางน้ำหนักเสริมซึ่งมีค่าเท่ากับ 1/10 d = 1 ก. และหลังจากนั้นเติมน้ำหนักลงไปอีกเท่ากับ 1.4 d = 14 ก. เครื่องชั่งต้องแสดงค่าเป็น I + d = 210 ก.

A.4.9 ความรู้สึกของเครื่องชั่งแสดงค่าเองไม่ได้ (Sensitivity of a Non-self-indicating device)

เมื่อวางน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่ง จากนั้นทำให้เครื่องชั่งแกว่งตามปกติตลอดระหว่างทำการทดสอบ จากนั้นวางน้ำหนักพิเศษ (an extra load) ที่มีค่าเท่ากับอัตราเผื่อ

เหลือเผื่อขาดของน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักขณะเครื่องชั่งกำลังแกว่ง สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนหน่วงการแกว่ง ในการวางน้ำหนักพิเศษนั้นต้องวางให้มีแรงกระแทกนิดน้อย ระยะห่างเชิงเส้นระหว่างจุดกึ่งกลางของการแสดงค่าเมื่อเติมน้ำหนักพิเศษกับจุดกึ่งกลางของการแสดงค่าเมื่อยังไม่เติมน้ำหนักพิเศษต้องมีค่าคงที่แน่นอน ให้ทำการทดสอบด้วยน้ำหนักอย่างน้อยที่น้ำหนักทดสอบแตกต่างกัน 2 ค่า (คือ ที่ศูนย์ และพิกัดกำลังสูงสุด)

A.4.10 การทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability test, 3.6.1)

ให้ทำการชั่งทดสอบ 2 ชุด ชุดการทดสอบแรกดำเนินการด้วยน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุด และชุดการทดสอบหลังด้วยน้ำหนักทดสอบใกล้ค่า 100 % ของพิกัดกำลังสูงสุด สำหรับเครื่องชั่งที่มีพิกัดสูงสุดน้อยกว่า 1,000 กก. แต่ละชุดการทดสอบให้ทำการชั่งชุดละ 10 ครั้ง ในกรณีที่แตกต่างไปจากนี้ให้ทำการชั่งชุดละอย่างน้อย 3 ครั้ง สำหรับการอ่านค่าให้อ่านค่าเมื่อวางน้ำหนักบนเครื่องและเมื่อเอาน้ำหนักออกจนเครื่องชั่งอยู่ตำแหน่งพัก ในกรณีที่เกิดการเบี่ยงเบนจากศูนย์เมื่อเอาน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนักในระหว่างทดสอบให้ตั้งศูนย์ใหม่โดยไม่คิดผลผิดที่ศูนย์ทั้งนี้ไม่ต้องทำการหาตำแหน่งศูนย์ที่แท้จริง (the true zero position) ในระหว่างทดสอบการชั่ง

ถ้าเครื่องชั่งที่มีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ต้องให้ส่วนดังกล่าวทำงานในขณะทำการทดสอบด้วย

A.4.11 การเปลี่ยนแปลงการแสดงค่าเมื่อเทียบกับเวลาที่เปลี่ยนไป (เฉพาะสำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III, หรือ IIII) (Variation of indication with time (for instruments of class II, III, IIII only)

A.4.11.1 การทดสอบการคราก (Creep test, 3.9.4.1)

วางน้ำหนักทดสอบมีค่าเท่ากับใกล้ค่าพิกัดกำลังสูงสุด อ่านค่าผลการชั่งเมื่อเครื่องชั่งแสดงค่าคงที่ และปล่อยให้น้ำหนักทดสอบค้างอยู่บนเครื่องชั่งเป็นเวลา 4 ชม. แล้วจึงอ่านค่าที่เครื่องชั่งแสดงอีกครั้งหนึ่ง ในระหว่างการทดสอบอุณหภูมิแวดล้อมไม่ควรเปลี่ยนแปลงเกินกว่า 2 ^{o}ซ.

อาจหยุดการทดสอบดังกล่าวหลังจากจบเวลา 30 นาทีได้หากพบว่าเมื่อทดสอบเวลาผ่านไป 30 นาทีแรกเครื่องชั่งแสดงค่าแตกต่างไปจากเดิมน้อยกว่า 0.5 e และความแตกต่างของการแสดงผลของเครื่องชั่งเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาทีและ 30 นาทีน้อยกว่า 0.2 e

A.4.11.2 การทดสอบการกลับสู่ศูนย์ (Zero return test, 3.9.4.2)

ต้องหาการเบี่ยงเบนของการแสดงค่าศูนย์ก่อนและหลังช่วงเวลาการวางน้ำหนักด้วยน้ำหนักทดสอบด้วยค่าที่ใกล้เคียงกับค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งเป็นเวลา 1/2 ชม. การอ่านค่าต้องอ่านทันทีที่เครื่องชั่งแสดงค่าคงที่หรือเสถียรภาพ (stabilized)

สำหรับเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instrument) ให้อ่านการแสดงค่าศูนย์ตลอดในช่วง 5 นาทีหลังจากที่เครื่องแสดงค่าคงที่หรือเสถียรภาพ

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวต้องไม่ทำงานในระหว่างทำการทดสอบนี้

A.4.12 การทดสอบเสถียรภาพของตำแหน่งสมดุล (Test for the stability of equilibrium) (4.4.2)

วางน้ำหนักทดสอบจนถึง 50 % ของพิกัดกำลังสูงสุด หรือจนถึงน้ำหนักในช่วงของการทำงานของส่วนหน้าที่สำคัญๆของเครื่องชั่ง ทำการรบกวนสมดุลของเครื่องชั่งด้วยมือเพียงครั้งเดียว จากนั้นทำการสั่งให้ส่วนพิมพ์หรือส่วนเก็บข้อมูลทำการพิมพ์ค่า และ/หรือ เก็บข้อมูล หรือสั่งให้เครื่องชั่งทำงานอื่นๆ ทันทีทันใดหลังจากรบกวนเครื่องชั่ง ในกรณีของการพิมพ์ค่าและบันทึกค่าให้อ่านค่าจากส่วนแสดงค่าที่แสดงในเวลา 5 วินาทีหลังจากมีการพิมพ์ ในกรณีที่มีการตั้งศูนย์หรือการทดน้ำหนักสมดุลย์ (tare balancing) ให้ทำการตรวจสอบความแม่นยำตามข้อกำหนด A.4.2.3/A.4.6.2 ให้ทำการทดสอบนี้ 5 ครั้ง

A.5 การพิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องชั่ง (Influence factors)

A.5.1 การเอียง (Tilting)

ให้ทำการทดสอบเครื่องชั่งเมื่อเอียงเครื่องชั่งกดหน้าลงและเชิดหน้าขึ้นเมื่อพิจารณาตามแนวยาว พร้อมกับเอียงเครื่องไปทั้งสองด้านเมื่อพิจารณาตามแนวขวาง

ต่อไปนี้ เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II ที่ตั้งใจออกแบบเพื่อใช้สำหรับการใช้ชั่งซื้อขายต่อสาธารณชนทั่วไปและกำหนดเป็นชั้นความเที่ยง II* (ดูข้อกำหนด A.4.1.2) และเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II ที่ไม่ได้ตั้งใจออกแบบเพื่อใช้สำหรับการใช้ชั่งซื้อขายต่อสาธารณชนทั่วไปและกำหนดเป็นชั้นความเที่ยง II

ในทางปฏิบัติ การทดสอบ(เมื่อมีน้ำหนักและไม่มีน้ำหนัก) ตามข้อกำหนด A.5.1.1.1 และข้อกำหนด A.5.1.1.2 สามารถนำมารวมกันเป็นการทดสอบเดียวกันได้ดังนี้

หลังจากตั้งศูนย์เครื่องชั่งให้อยู่ในตำแหน่งอ้างอิง (the reference position) ให้หาค่าการแสดงผลการชั่งเมื่อสภาวะไม่มีน้ำหนักและที่สภาวะน้ำหนักทดสอบแตกต่างกัน 2 ค่าก่อนที่ส่วนแสดงค่าจะทำการปัดค่าเพื่อแสดงค่าออกมา จากนั้นให้ทำการเอาน้ำหนักทดสอบออกจากเครื่องชั่งพร้อมเอียงเครื่องชั่ง (โดยต้องไม่มีการตั้งศูนย์ใหม่) แล้วอ่านค่าเมื่อไม่มีน้ำหนักและเมื่อมีน้ำหนักทดสอบแตกต่างกัน 2 ค่าเท่ากับก่อนหน้านี้ แล้วให้ทำเช่นนี้อีกเมื่อเอียงเครื่องชั่งในแต่ละทิศทางที่เหลือ

เพื่อที่สามารถหาอิทธิพลผลการเอียงของเครื่องชั่งขณะมีน้ำหนักบนเครื่องชั่ง ในการแสดงค่าผลการชั่งแต่ละทดสอบการเอียงแต่ละด้านต้องทำการปรับแก้ไขการเบี่ยงเบนหนีศูนย์ก่อนที่จะทำการวางน้ำหนักในแต่ละครั้ง

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวต้องไม่ทำงานในระหว่างทำการทดสอบนี้

A.5.1.1 การเอียงเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III และ IIII (Tilting class II III and IIII, 3.9.1)

A.5.1.1.1 การเอียงขณะไม่มีน้ำหนักทดสอบ (ชั้นความเที่ยง II*, III และ IIII) (Tilting at no-load) (class II*, III and IIII)

ให้ตั้งศูนย์เครื่องชั่งให้อยู่ในตำแหน่งอ้างอิง (the reference position) ขณะยังไม่มีการเอียงเครื่องชั่ง จากนั้นเอียงเครื่องชั่งตามความยาว จนถึงค่า 2/1000 หรือสุดขอบเขตของส่วนแสดงระดับประจำเครื่องชั่ง ใช้ค่าที่มากกว่า ทำการบันทึกการแสดงค่าศูนย์ การทดสอบสำหรับการเอียงเครื่องชั่งในทิศทางขวางก็เช่นเดียวกัน

A.5.1.1.2 การเอียงขณะมีน้ำหนักทดสอบ (ชั้นความเที่ยง II, II*, III และ IIII) (Tilting when loaded) (class II, II*, III and IIII)

ให้ตั้งศูนย์เครื่องชั่งให้อยู่ในตำแหน่งอ้างอิง (the reference position) ขณะยังไม่มีการเอียงเครื่องชั่ง ทำการทดสอบชั่งน้ำหนัก 2 ค่าแตกต่างกัน โดยกระทำทดสอบด้วยน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับน้ำหนักต่ำสุดที่เป็นจุดเปลี่ยนแปลงค่าของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดและที่มีค่าใกล้พิกัดกำลังสูงสุด จากนั้นเอาน้ำหนักทดสอบออกแล้วเอียงเครื่องชั่งตามแนวยาวพร้อมกับตั้งศูนย์โดยการเอียงของเครื่องชั่งกระทำจนถึงค่า 2/1000 หรือสุดขอบเขตของส่วนแสดงระดับประจำเครื่องชั่ง ให้ใช้ค่าที่มากกว่า ให้ดำเนินการชั่งทดสอบด้วยน้ำหนักทดสอบดังข้างบน ให้ทดสอบเมื่อทำการเอียงเครื่องชั่งในทิศทางขวางเช่นเดียวกัน

A.5.1.2 การเอียงเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I (Tilting class I instrument, 3.9.1.2)

ให้เอียงเครื่องชั่งตามความยาว จนสุดขอบเขตของส่วนแสดงระดับประจำเครื่องชั่ง ทดสอบการเอียง และทดสอบการเอียงเมื่อเอียงเครื่องชั่งไปตามแนวขวาง

ถ้าหากเครื่องชั่งเอียงได้ไม่เกิน 2/1000 ก็ไม่จำเป็นต้องทดสอบต่อไป แต่ถ้าหากสามารถเอียงได้ให้ทำการทดสอบเช่นเดียวกับในข้อกำหนด A.5.1.1.2

A.5.1.3 เครื่องชั่งที่ไม่มีส่วนแสดงระดับ (Instrument without level indicator)

สำหรับเครื่องชั่งที่มีโอกาสเอียงได้ขณะใช้งานแต่ไม่มีส่วนแสดงระดับ (level indicator) ต้องดำเนินการทดสอบการเอียงตามในข้อกำหนด A.5.1.1 แต่ทำให้เครื่องชั่งเอียงมีค่าเท่ากับ 5% แทนที่จะเป็น 0.2%

A.5.2 การทดสอบเวลาที่ใช้ในการอุ่นเครื่อง (Warm-up time test, 5.3.5)

เครื่องชั่งที่ใช้กำลังไฟฟ้า ให้ถอดสายไฟฟ้าที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าอย่างน้อย 8 ซม. ก่อนทำการทดสอบ หลังจากนั้นทำการต่อสายไฟฟ้าเข้ากับเครื่องชั่งพร้อมสวิตช์เปิดเครื่องชั่งให้ทำงานทันทีที่เครื่องชั่งแสดงค่าเสถียรภาพ ทำการตั้งศูนย์และหาผลผิดที่ศูนย์ โดยการคำนวณหาค่าผลผิดให้คำนวณตามข้อกำหนด A.4.4.3 ให้วางน้ำหนักทดสอบด้วยน้ำหนักมีค่าใกล้กับพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง แล้วสังเกตผลการชั่งที่แสดงเมื่อเวลาผ่านไป 5, 15, และ 30 นาที โดยแต่ละผลการชั่งที่ทดสอบเมื่อเวลาผ่านไป 5, 15, และ 30 นาที ต้องทำการปรับค่าแก้ไขผลผิดศูนย์ (the zero error) ที่เวลานั้นด้วย

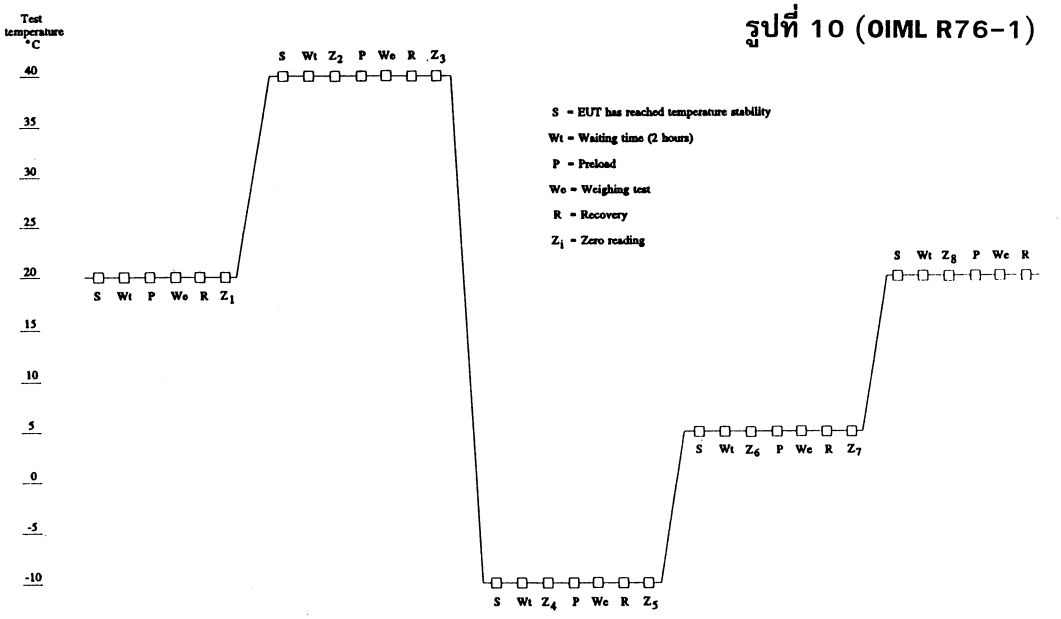
สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ให้สังเกตการทำงานของเครื่องชั่งหลังจากต่อสายไฟฟ้าเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า

A.5.3 การทดสอบทางอุณหภูมิ (Temperature tests)

(ดูรูปที่ 10 (OIML R76-1) เป็นการทำการทดสอบทางอุณหภูมิในทางปฏิบัติที่กระทำได้)

Figure 10
Proposed test sequence for test A.5.3.1 combined with A.5.3.2
(temperature test where the temperature limits are + 40 °C / – 10 °C)

รูปที่ 10 (OIML R76-1)



A.5.3.1 อุณหภูมิคงที่ (Static temperatures, 3.9.2.1 and 3.9.2.2)

การดำเนินการทดสอบดำเนินการโดยวางเครื่องชั่งหรือชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (modules) (ในที่นี้เรียกว่า "the equipment under test"; EUT) ไว้ในที่ที่อุณหภูมิมีค่าคงที่ภายในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ตามข้อกำหนด 3.9.2 โดยไม่มีระบบการปรับอากาศเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมงหลังจากที่เครื่องชั่งมีอุณหภูมิคงที่เสถียร

การทดสอบการชั่ง (ไม่ว่าเป็นการเพิ่มน้ำหนักและลดทอนน้ำหนัก) ให้ดำเนินการตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนด A.4.4.1 นั้นคือ

- ที่อุณหภูมิอ้างอิง (Reference temperature) (ปกติมีค่าเท่ากับ 20 °ซ. แต่สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของขอบเขตอุณหภูมิที่ระบุใช้งาน ;the mean value of the specified temperature limits)
- ที่อุณหภูมิที่กำหนดสูงสุด (the specified high temperature)
- ที่อุณหภูมิที่กำหนดต่ำสุด (the specified low temperature)
- ที่อุณหภูมิ 5 °ซ. ถ้าค่าอุณหภูมิที่กำหนดต่ำสุดมีค่าต่ำกว่า 10 °ซ. และ
- ที่อุณหภูมิอ้างอิง

อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต้องไม่เกิน 1 °ซ./นาที ในขณะทำการเพิ่มความร้อนสูงขึ้นหรือลดความเย็นลง

สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ให้คิดการเปลี่ยนแปลงของความดัน ณ สถานที่ทดสอบด้วย

ความชื้นสัมบูรณ์ของบรรยากาศ (the absolute humidity of the test atmosphere)ต้องไม่เกิน 20 ก./ลบ.ม. นอกจากจะกำหนดไว้ในคู่มือของเครื่องชั่งเป็นอย่างอื่น

อ้างถึง IEC Publications: ดูในสารบัญ Bibliography/1/(see preliminary note to Annex B)

A.5.3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการแสดงค่าเมื่อสภาวะไม่มีน้ำหนักบนเครื่องชั่ง (Temperature effect on no-load indication, 3.9.2.3)

ให้ทำการตั้งศูนย์เครื่องชั่ง จากนั้นทำการเปลี่ยนอุณหภูมิไปยังค่าที่สูงที่สุดที่กำหนดไว้ของเครื่องชั่งและลดอุณหภูมิลงจนถึงค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่กำหนด รวมทั้งที่อุณหภูมิ 5 °ซ. เมื่ออยู่ในสภาวะคงที่แล้ว ให้หาค่าผลผิดของการแสดงค่าศูนย์ และให้คำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของการแสดงค่าศูนย์ต่อ 1 °ซ. (สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I) หรือ ต่อ 5 °ซ. (สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยงอื่นๆ) ให้คำนวณการเปลี่ยนแปลงของการแสดงค่าศูนย์ต่อ 1 °ซ.หรือต่อ 5 °ซ. ต้องคำนวณที่สภาวะอุณหภูมิใดๆ ติดกัน 2 ค่าของการทดสอบนี้

อาจทำการทดสอบนี้พร้อมกับการทดสอบทางอุณหภูมิ (ตามข้อกำหนด A.5.3.1) และการหาค่าผลผิดที่ศูนย์ด้วยและต้องดำเนินการทันทีก่อนที่ทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทดสอบไปยังค่าถัดไปและหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 2 ชั่วโมงหลังจากปล่อยให้เครื่องชั่งมีอุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมินี้เช่นกัน

หมายเหตุ ต้องไม่วางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริงด้วยวิธีการนี้

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวต้องไม่ทำงานในระหว่างทำการทดสอบนี้

A.5.4 การเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า (Voltage variations, 3.9.3)

จัดให้เครื่องชั่งหรือชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (modules) (ในที่นี้เรียกว่า "the equipment under test"; EUT) อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่

การทดสอบเป็นการทดสอบเมื่อ EUT ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันกระแสสลับ

ในการทดสอบเครื่องชั่งต้องอยู่ในสภาวะทำการชั่งน้ำหนักด้วยน้ำหนักทดสอบมีค่าเท่ากับ 10e และน้ำหนักทดสอบระหว่าง 1/2 Max และ พิกัดกำลังสูงสุด (Max)

Test Severity : การเปลี่ยนแปลงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า : ขอบเขตบนสุด = V + 10 %

: ขอบเขตล่างสุด = V - 15 %

เมื่อ V คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระบุไว้กับเครื่องชั่ง หากเครื่องชั่งระบุค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นช่วง (V_{min} , V_{max}) ให้ทดสอบที่แรงดันไฟฟ้า V_{max} + 10% และ V_{min} - 15%

การเปลี่ยนที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation)

: เครื่องชั่งต้องสามารถทำงานได้ทุกหน้าที่การทำงานที่ออกแบบไว้

: ส่วนแสดงค่าทั้งหมดต้องยังคงแสดงผลการชั่งอยู่ในอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด

หมายเหตุ หากเครื่องชั่งไฟฟ้าใช้ไฟฟ้าชนิดสามเฟส การทดสอบเมื่อค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปให้การทำทีละเฟสไล่ตามลำดับ

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวอาจยังคงทำงานได้ในระหว่างทำการทดสอบ แต่ต้องหาค่าผลผิดที่ตำแหน่งศูนย์ตามข้อกำหนด A.4.2.3.2

A.6 การทดสอบความคงทน (ทดสอบเฉพาะเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III และ IIII ที่มีค่าพิกัดกำลังสูงสุด $\leq$ 100 กก.)(Endurance test, 3.9.4.3)

การที่จะดำเนินการทดสอบความคงทนของเครื่องชั่งต้องดำเนินการเป็นรายการสุดท้ายของขบวนการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งทั้งหมด

ภายใต้สภาวะการใช้งานปกติ เครื่องชั่งต้องอยู่ในสภาวะของการชั่งน้ำหนักและยกน้ำหนักดังกล่าวออกจากเครื่องชั่งซ้ำแล้วซ้ำเหล่า ด้วยน้ำหนักทดสอบที่มีค่าประมาณ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุด เป็นจำนวน 100,000 ครั้ง ความถี่และความเร็วของการวาง-ยกน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนักให้เป็นไปในลักษณะที่เครื่องชั่งเข้าสู่สมดุลแล้วทั้งหลังจากการวาง-ยก โดยให้แรงในการยก-วางต้องมีค่าไม่เกินกว่าแรงสำหรับการวาง-ยกเมื่อเครื่องชั่งทำงานปกติ

ให้ทำการทดสอบชั่งน้ำหนักตามวิธีการในข้อกำหนด A.4.4.1 ก่อนการทดสอบความคงทนเพื่อหาค่าผลผิดที่แฝง (the intrinsic error) การทดสอบการชั่งต้องดำเนินการหลังจากทำการวางน้ำหนักครบรอบถ้วนสมบูรณ์เพื่อหาค่าผลผิดด้านความคงทน (the durability error) เนื่องจากการสึกกร่อนและฉีกขาด

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวอาจยังคงทำงานได้ในระหว่างทำการทดสอบ แต่ต้องหาค่าผลผิดที่ตำแหน่งศูนย์ตามข้อกำหนด A.4.2.3.2

- ที่อุณหภูมิอ้างอิง (20 °C หรือค่าเฉลี่ยของช่วงอุณหภูมิ (the mean value of the temperature range) เมื่อค่าอุณหภูมิ 20 °C อยู่นอกช่วงอุณหภูมินี้) และที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%
- ที่ค่าอุณหภูมิสูงของช่วงอุณหภูมิที่กำหนดในข้อกำหนด 3.9.2 และความชื้นสัมพัทธ์ 85% เป็นระยะเวลา 2 วัน เมื่อสภาวะทั้งอุณหภูมิและความชื้นเสถียรภาพคงที่
- ที่อุณหภูมิอ้างอิง และความชื้นสัมพัทธ์ 50%

การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation)	ทุกหน้าที่การทำงานของเครื่องต้องสามารถดำเนินการได้ตามที่ออกแบบ ส่วนแสดงค่าทุกส่วนต้องแสดงค่าได้และอยู่ในอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กำหนด

เอกสารอ้างอิงตาม IEC Publications: ดูใน Bibliography/2/

B.2.3 การเปลี่ยนแปลงกำลังแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power voltage variations; A.5.4)

B.3 การทดสอบสมรรถนะเมื่อได้รับการรบกวน (Performance tests for disturbances)

ก่อนทำการทดสอบใดๆ ผลผิดจากการปัดค่า (the rounding error) ต้องทำให้มีค่าใกล้เคียงกับศูนย์มากที่สุด

ถ้ามีอุปกรณ์ต่อเชื่อม (interfaces) ติดตั้งอยู่กับเครื่องชั่ง ให้เลือกส่วนอุปกรณ์ที่เหมาะสม (an appropriate peripheral device) ทำการต่อเชื่อมกับแต่ละชนิดของอุปกรณ์ต่อเชื่อมดังกล่าวขณะทำการทดสอบ

B.3.1 การลดกำลังไฟฟ้าเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ (Short time power reductions)

ขั้นตอนการทดสอบอย่างย่อ:	จัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพ จัดหาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขีดความสามารถลดค่าความสูงของแรงดันไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับจำนวน 1 คาบหรือมากกว่าครึ่งคาบ (ณ ที่จุดตัดศูนย์) ต้องทำการปรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังกล่าวให้เป็นที่เรียบร้อยก่อนทำการเชื่อมต่อ EUT เข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การลดแรงดันไฟฟ้าของสายส่งกำลัง

ANNEX B

(Mandatory)

การทดสอบเพิ่มเติมสำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค
(ADDITIONAL TESTS FOR ELECTRONIC INSTRUMENTS)

หมายเหตุเบื้องต้น ข้อกำหนดสำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคซึ่งกำหนดไว้ในหมวดนี้จะถูกนำและปรับใช้กับ the International Electrotechnical Commission (IEC) ให้มากเท่าที่กระทำได้

B.1 ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคภายใต้การทดสอบ (General requirements for electronic instruments under test (EUT)

ทำการกระตุ้น EUT ให้ทำงานก่อนการทดสอบด้วยระยะเวลาที่นานกว่าช่วงระยะเวลาอุ่นเครื่องชั่งที่กำหนดโดยผู้ผลิต และต้องดำเนินการกระตุ้นเครื่องชั่งดังกล่าวตลอดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ

ทำการปรับ EUT ให้ใกล้เคียงกับค่าศูนย์เท่าที่ทำได้ในทางปฏิบัติ และต้องไม่ทำการปรับศูนย์เครื่องชั่งในขณะทำการทดสอบ ยกเว้นเป็นเพียงทำการรีเซทเครื่องชั่งในกรณีที่ทำการทดสอบแล้วเกิดค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ต้องทำการบันทึกรายละเอียดในรายงานทดสอบหากมีการเบี่ยงเบนของการแสดงค่าหนีศูนย์ (the deviation of the no-load indication) เนื่องจากเงื่อนไขการทดสอบใดๆ และการแสดงค่าน้ำหนักใดๆต้องได้รับการแก้ไขค่าตามที่ได้รับจากผลการชั่ง

การจัดเก็บหรือวางเครื่องชั่งต้องไม่ก่อให้น้ำที่เกิดจาการควบแน่นของอากาศค้างอยู่ภายในเครื่องชั่ง

B.2 การทดสอบสมรรถนะเมื่ออยู่ภายใต้ปัจจัยอิทธิพลต่างๆ (Performance tests for influence factors)

B.2.1 สภาวะอุณหภูมิคงที่ (Static temperatures: A.5.3)

B.2.2 การทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state)

(การทดสอบนี้ไม่ทำกับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I หรือชั้นความเที่ยง II ที่มีค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรองน้อยกว่า 1 g)

ขั้นตอนการทดสอบอย่างย่อ: การทดสอบดำเนินการด้วยให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมอุณหภูมิคงที่และความชื้นสัมพัทธ์คงที่ ทำการทดสอบ EUT ขณะมีน้ำน้ำทดสอบ (สภาพจำลองน้ำหนักทดสอบ) ที่แตกต่างกันอย่างน้อย 5 ค่า

ต้องกระทำซ้ำกันเป็นจำนวน 10 ครั้งด้วยช่วงระยะเวลาห่างกันอย่างน้อย 10 วินาที

ขณะทำการทดสอบเครื่องชั่งต้องอยู่ภายใต้น้ำหนักทดสอบเล็กน้อยจำนวนค่าหนึ่ง

รูปแบบทดสอบ (Test severity)	การลด (Reduction)	100%	50%
	จำนวนครึ่งคาบ (Number of half cycles)	1	2

การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation)

ผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น

B.3.2 การเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่ง (Bursts)

การดำเนินการทดสอบนี้กระทำโดยให้ EUT ได้รับการรบกวนจากการระเบิดภายในสายส่งตามแรงดันระเบิดที่กำหนดไว้ (specified burst of voltage spikes)

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-4(1988), N° 6
การเตรียมการทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-4(1988), N° 7
ขั้นตอนการทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-4(1988), N° 8

ก่อนทำการทดสอบใดๆต้องจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพ

การทดสอบการเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งต้องดำเนินการแยกออกเป็น

- สายส่งไฟฟ้ากำลังของเครื่องชั่ง
- สายส่งข้อมูลและการสื่อสารของเครื่องชั่ง (I/O circuits and communication lines)

ขณะทำการทดสอบเครื่องชั่งต้องอยู่ภายใต้น้ำหนักทดสอบเล็กน้อยจำนวนค่าหนึ่ง

รูปแบบทดสอบ (Test severity)

Level 2 (ตามที่กำหนดใน IEC 801-4(1988), N° 5

แรงดันทดสอบด้านทางออกของวงจรเปิด (Open circuit output test voltage) สำหรับ

- สายส่งไฟฟ้ากำลังของเครื่องชั่ง 1 kV
- สัญญาณ I/O, สายส่งข้อมูลและสายควบคุม 0.5 kV

การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation)	ผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิงตาม IEC Publications: ดูใน Bibliography/3/

B.3.3 การปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge)

การดำเนินการทดสอบนี้กระทำโดยให้ EUT ได้รับการรบกวนจากการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตด้วยปริมาณที่กำหนด ทั้งโดยตรงและทางอ้อม (specified electrostatic discharges)

แหล่งกำเนิดประจุที่ใช้ทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-2(1991), N° 6
การเตรียมการทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-2(1991), N° 7
ขั้นตอนการทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-2(1991), N° 8

การทดสอบนี้รวมถึงวิธีการแทรกซึมสี (a paint penetration method) หากเหมาะสม ในกรณีทำการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรง สามารถปล่อยประจุผ่านอากาศ (air discharges) ไปยัง EUT ได้หากไม่สามารถทำการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตได้โดยตรงกับ EUT

ก่อนทำการทดสอบใดๆต้องจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพ

การทดสอบด้วยการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต ต้องดำเนินการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรงกับ EUT อย่างน้อย 10 ครั้งและปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยทางอ้อมอย่างน้อย 10 ครั้ง ทั้งนี้ช่วงระยะเวลาระหว่างการปล่อยประจุในแต่ละครั้งควรห่างกันอย่างน้อย 10 วินาที

ขณะทำการทดสอบเครื่องชั่งต้องอยู่ภายใต้น้ำหนักทดสอบเล็กน้อยจำนวนค่าหนึ่ง

รูปแบบทดสอบ (Test severity)	Level 3 (ตามที่กำหนดใน IEC 801-2(1991), N° 5 สำหรับการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรง (Contact discharge) ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าจนถึงและเท่ากับ 6 kV และสำหรับ (air discharge) ใช้แรงดัน 8 kV
การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation)	ผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิงตาม IEC Publications: ดูใน Bibliography/4/

B.3.4 ภูมิต้านทานต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Immunity to radiated electromagnetic fields)

การดำเนินการทดสอบนี้กระทำโดยให้ EUT ได้รับการรบกวนจากการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยปริมาณที่กำหนด (specified electromagnetic fields)

หมายเหตุ เนื่องจากขณะที่ทำการเขียนข้อกำหนดนี้ IEC 801-3 กำลังได้รับการปรับปรุงแก้ไขใหม่ดังนั้นจึงไม่ทราบปี ค.ศ. ที่แน่นอนแต่อย่างไรก็ตามหาก IEC 801-3 ที่ได้รับการแก้ไขใหม่นั้นเผยแพร่ออกมาก็ให้ใช้ข้อกำหนดดังกล่าว

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-3(....), N° 6
การเตรียมการทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-3(....), N° 7
ขั้นตอนการทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-3(....), N° 8

ก่อนทำการทดสอบใดๆต้องจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพ

การทดสอบด้วยการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ต้องจัดให้ EUT อยู่ภายใต้สนามแม่เหล็กด้วยความเข้มและลักษณะรูปแบบของสนามที่แตกต่างกันด้วยหลายระดับตามที่กำหนด

ขณะทำการทดสอบเครื่องชั่งต้องอยู่ภายใต้น้ำหนักทดสอบเล็กน้อยจำนวนค่าหนึ่ง

รูปแบบทดสอบ (Test severity) Level 2 (ตามที่กำหนดใน IEC 801-3(....), N° 6

Frequency range:	26 - 1000	MHz
Field strength	: 3	V/m
Modulation	: 80% AM, 1 kMHz sine wave	

การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation) ผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิงตาม IEC Publications: ดูใน Bibliography/5/

B.4 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

ไม่ต้องดำเนินการทดสอบกับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการทดสอบอย่างย่อ:	การทดสอบดังกล่าวนี้เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงผลผิดของ EUT ภายใต้สภาวะเงื่อนไขแวดล้อมคงที่เพียงพอ (ด้วยสภาวะคงที่ที่อย่างสมเหตุสมผลที่เกิดขึ้นกับสภาวะแวดล้อมห้องปฏิบัติการทั่วๆไป) ที่ช่วงระยะเวลาหลากหลายแตกต่างกันออกไปทั้งก่อน, ระหว่าง และหลังจาก EUT ได้รับการทดสอบสมรรถนะผ่านมา การทดสอบสมรรถนะต้องรวมถึงการทดสอบเนื่องจากอุณหภูมิ (the temperature test) (ถ้ามี), การทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (the damp heat test) ทั้งนี้การทดสอบสมรรถนะไม่รวมถึงการทดสอบความคงทน (the endurance test) นอกจากนี้การทดสอบสมรรถนะอื่นๆเป็นไปตามที่กำหนดใน ANNEX A และ B อาจดำเนินการเพิ่มเติมได้ ต้องทำการถอด EUT ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่ว่าเป็นกรณีที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ หรือไฟฟ้ากระแสตรง ด้วยจำนวน 2 ครั้งเป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมงระหว่างในช่วงเวลาทำการทดสอบ จำนวนการถอด EUT ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอาจเพิ่มขึ้นหากผู้ผลิตกำหนดไว้ หรือผู้ยื่นขอการตรวจสอบต้นแบบ ในการทดสอบวิธีการนี้ จำเป็นต้องพิจารณาคู่มือการทำงานของเครื่องชั่งของผู้ผลิตด้วยความระมัดระวัง ต้องจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพหลังจากทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง แต่ต้องเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบในเรื่องของอุณหภูมิ (temperature) และการทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat)
ช่วงระยเวลาการทดสอบ (Test duration)	จำนวน 28 วัน หรือ ช่วงระยะเวลาที่จำเป็นสำหรับการทดสอบเลือกเอาช่วงระยะเวลาที่มากกว่า
ช่วงเวลาระหว่างการทำการวัดแต่ละครั้ง (Time between measurements)	ระหว่าง ½ วันและ 10 วัน ด้วยการกระจายของการวัดที่เหมาะสมตลอดช่วงระยะเวลาทั้งหมดของการทดสอบ

น้ำหนักทดสอบ (Test load)	มีค่าใกล้กับค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง โดยชิ้นน้ำหนักทดสอบดังกล่าวต้องใช้ทุกครั้งเหมือนกันตลอดช่วงการทดสอบ
จำนวนครั้งทำการทดสอบ (Number of measurements)	อย่างน้อย 8 ครั้ง
ลำดับขั้นตอนการทดสอบ (Test sequence)	จัดให้ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพ ปรับแต่ง EUT ให้ใกล้เคียงกับค่าศูนย์ให้มากที่สุด ต้องทำให้ส่วนรักษาศูนย์อัตโนมัติหยุดทำงานขณะทำการทดสอบ แต่ทำให้ Automatic built-in span adjustment device ทำงาน วางน้ำหนักทดสอบพร้อมหาผลผิด หลังจากทำการวางน้ำหนักทดสอบครั้งแรกเสร็จสิ้น ให้ดำเนินการปรับเครื่องชั่งให้กลับมาแสดงค่าศูนย์ (Zeroing) ทันที และทำการวางน้ำหนักทดสอบดังกล่าวซ้ำอีก 4 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยผลผิด สำหรับการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบครั้งต่อไปให้ดำเนินการทดสอบเพียงครั้งเดียว เว้นเสียแต่ผลการทดสอบได้ผลออกจากช่วงขอบเขตที่ยอมให้ได้ หรือช่วงของการอ่านค่า 5 ครั้งในขั้นตอนทดสอบครั้งแรกสุดมากกว่า 0.1e ทำการบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้ a) วันที่และเวลา b) อุณหภูมิ c) ความดัน (barometric pressure) d) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) e) ค่าน้ำหนักทดสอบ (test load) f) การแสดงค่า (indication) g) ผลผิด (errors) h) เปลี่ยนแปลงตำแหน่งทดสอบ (changes in test location) และทำการแก้ไขค่าผลจากการที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น ระหว่างการผลการชั่งแต่ละครั้ง

	ต้องปล่อยให้ EUT อยู่ในช่วงการพักฟื้นก่อนด้วยเวลาที่เหมาะสมก่อนดำเนินการทดสอบใดๆ
การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation)	การเปลี่ยนแปลงในค่าผลผิดของการแสดงค่าต้องไม่เกิน ½ ของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง หรือ ½ ของค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรองชั้นแรกที่น้ำหนักทดสอบนั้นๆ เลือกค่าที่มากกว่า เมื่อผลต่างของผลการชั่งแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มที่จะมีค่าเกินกว่า ½ ของค่าที่ยอมให้ได้ตามที่กำหนดไว้ข้างบน การทดสอบต้องดำเนินการจนแนวโน้มดังกล่าวหหยุดนิ่งหรือเบี่ยงกลับมาในทิศทางตรงกันข้าม หรือจนกระทั่งผลผิดมีค่าเกินกว่าค่ามากที่สุดที่ยอมให้ได้ในการเปลี่ยนแปลง

เนื้อหาครอบคลุม

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Sequence of Pattern Approval Testing for Non-Automatic Weighting Instruments)

31 ลำดับของการตรวจสอบต้นแบบ

บทที่ 7

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Sequence of Pattern Approval Testing For Non-Automatic Weighing Instruments)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ(Sequence of Pattern Approval Testing for Non-Automatic Weighting Instruments) การตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัตินับเป็นขั้นตอนที่สร้างความมั่นใจและประกันเครื่องชั่งที่ได้รับการออกแบบนั้นสามารถทำงานได้ถูกต้องแม่นยำภายใต้ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงาน, การรบกวนหรือแม้กระทั่งภายใต้สภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการใช้งานเครื่องชั่ง เช่น การวางเครื่องชั่งไม่ได้ระดับ, กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงแรงดันและ/หรือกระแส หรือมีการรบกวนจากสัญญาณภายนอก อีกทั้งทนทานต่อการใช้งานด้วยระยะเวลาหนึ่งที่เหมาะสมตามที่ได้ถูกสร้างขึ้นมา ก่อนที่ผู้ผลิตนำเครื่องชั่งที่ได้รับการออกแบบดังกล่าวนำไปทำ

การผลิตในสายการผลิตของโรงงานอย่างจริงจัง

เนื่องจากขั้นตอนการผลิตและหลักการทำงานของเครื่องชั่งแต่ละแบบนั้นมีด้วยกันหลากหลาย การตรวจสอบต้นแบบจึงนับเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้การผลิตมีประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย สำหรับผู้ที่ใช้เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติเองก็สามารถใช้เครื่องชั่งด้วยผลการชั่งที่มีความมั่นใจว่าถูกต้องตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ลดการสูญเสียสินค้าซึ่งเกิดจากการชั่งที่ให้ผลผิดพลาดของเครื่องชั่ง เมื่อมูลค่าการค้าขายมีประสิทธิภาพมากขึ้นรัฐก็สามารถจัดเก็บภาษีเข้าประเทศได้มากขึ้นเนื่องจากสิ่งของที่ทำการชั่งได้ถูกต้องครบตามปริมาณที่แท้จริงไม่มีการขาดหายหรือผิดพลาดไป ในขณะเดียวกันก็มีผลดีต่อสังคมด้วยเช่นกัน เนื่องจากเกิดความเป็นธรรมทางการค้าขึ้น และหากคนภายในประเทศทำการติดต่อค้าขายกับต่างประเทศก็นับได้ว่าคนภายในประเทศสามารถรักษาผลประโยชน์ของตัวเองได้ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อประเทศยังมีอีกมากมาย

แผนการทำงาน (Work Planner)

การตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติจำเป็นต้องดำเนินการอย่างมีระบบแบบแผนที่แน่นอน เนื่องจากเป็นการทดสอบที่ต้องใช้ระยะเวลาทดสอบตลอดจนการเตรียมการที่ดี เพื่อลดความผิดพลาดระหว่างขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบ และเป็นไปตามมาตรฐานเดียวกันตามข้อแนะนำใน OIML R76 ในที่นี้เราจะทำการจัดลำดับขั้นตอนของการทดสอบแต่ละแบบว่าวันไหนหรือเวลาใดควรทำการทดสอบอะไร ในที่นี้เราสมมุติให้การทดสอบที่เกิดขึ้น

1.) ดำเนินการในวันปกติการทำงานในเวลาราชการ
2.) EUT ต้องได้รับการสอบเทียบ และเปิดเครื่องล่วงหน้าก่อนทำการทดสอบลำดับแรกสุดอย่างน้อยเป็นเวลา ½ ชั่วโมง
3.) EUT ต้องได้รับการสอบเทียบ และเปิดเครื่องล่วงหน้าก่อนทำการทดสอบลำดับที่ 5 และลำดับที่ 6 อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
1	**Zero range – Initial**	1	

OIML R76-1:	A.4.2, A.4.2.1.1 (ดูบทที่ 6) A.4.4.2, 4.5

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
2.	**A. Zero range – Zero Tracking (ZT)–Automatic Zero Setting(SAZ)** B. **Zero–indicating Device**	1	

OIML R76–1:	A.4.2.1.2, A.4.2.1.3 (ดูบทที่ 6) A.4.2.2, A.4.2.3, A.4.2.3.1, A.4.2.3.2

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
3.	**A. Discrimination** **B. Sensitivity**	1	

OIML R76–1:	A.4.8 (ดูบทที่ 6) A.4.9 (ดูบทที่ 6) 3.8.1, 3.8.2, 3.8.2.1

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
4.	**A. Eccentricity using weights** **B. Or rolling load**	1	

OIML R76–1:	A.4.7 (ดูบทที่ 6) 3.6.2, 3.6.2.1, 3.6.2.2, 3.6.2.3, 3.6.2.4

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
5.	**Weighing performance** **A. Initial**	1	20 °C

OIML R76-1:	A.4.4 (ดูบทที่ 6) A.4.5 , A.5.3(ดูบทที่ 6) 3.5.1

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
6.	**Span stability** **A. Test (1)**	1	**จัดให้ EUT ต่อเชื่อมแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าพร้อมเปิดสวิตช์ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมงก่อนทดสอบ**

OIML R76-1:	B.4 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
7.	**Time Dependence** **A. Zero return** **B. Creep**	2	**จัดให้ EUT ต่อเชื่อมแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าพร้อมเปิดสวิตช์ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมงก่อนทดสอบ**

OIML R76-1:	A.4.11.2 (ดูบทที่ 6) A.4.11.1 (ดูบทที่ 6) 3.9.4.1, 3.9.4.2

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
8.	**Repeatability**	2	

OIML R76-1: A.4.10 (ดูบทที่ 6)
3.6.1 (ดูบทที่ 6)
3.7.3 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
9.	**Tare**	2	

OIML R76-1: T.2.7.4, T.2.7.5
A.4.6.1(ดูบทที่ 6)
3.3.4, 3.5.3.3, 3.5.3.4, 3.6.3, 4.6, 4.7, 4.14.3, 4.14.4 (ดูบทที่ 5)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
10.	**Span stability** **B. Test (2)**	2	**จัดให้ EUT ต่อเชื่อมแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าพร้อมเปิดสวิตช์ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมงก่อนทดสอบ**

OIML R76-1: B.4 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
11.	**Warm-up test**	3	**ต้องทำการปิดเครื่องชั่งข้ามคืนหรือถอดปลั๊กออกข้ามคืนก่อนทดสอบ**

OIML R76-1:	A.5.2 (ดูบทที่ 6) 5.3.5

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
12.	**Stability of equilibrium**	3	

OIML R76-1:	A.4.12 (ดูบทที่ 6) 4.4, 4.4.2, 4.4.5, 4.4.6, 4.5.2, 4.5.4, 4.5.6, 4.5.7, 4.6.3, 4.6.8

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
13.	**Tilting**	3	

OIML R76-1:	A.5.1 (ดูบทที่ 6) 3.9.1

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
14.	**Voltage variations**	3	

OIML R76-1:	A.5.4 (ดูบทที่ 6) 3.5, 3.9.3

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
15.	**Span stability** **C. Test (3)**	3	**สวิตซ์ปิด EUT ให้มากกว่า 8 ชั่วโมง และจากนั้นสวิตซ์เปิด EUT ทิ้งไว้เป็นเวลามากกว่า 5 ชั่วโมงก่อนทดสอบ**

OIML R76-1: B.4 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
16.	**Span stability** **D. Test (4)**	4	**แนะนำให้ตั้ง EUT ในสถานที่ใหม่เป็นห้องควบคุมอุณหภูมิ (temperature chamber)**

OIML R76-1: B.4 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
17.	**Weighing performance** **B. Static Temperature**	4	**20 °C**
18.	**C. Static Temperature**	5	**40 °C**
19.	**D. Static Temperature**	6	**-10 °C**
20.	**E. Static Temperature**	7	**5 °C**
21.	**F. Static Temperature**	8	**20 °C**

OIML R76-1: A.4.4 (ดูบทที่ 6)
A.4.5 (ดูบทที่ 6)
3.9.2.3

หมายเหตุ การทดสอบเสริม สำหรับการทดสอบขั้นตอนที่ 17 ถึง 21

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
17-21	**Temperature effect on no-load indication**	**Completed** 8	แนะนำให้ทำการทดสอบนี้พร้อม ๆกับการทดสอบอุณหภูมิสถิตย แต่อยู่ในสภาวะไม่มีน้ำหนัก (**no pre-load**)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
22.	**Span stability** **E. Test (5)**	9	ปล่อยให้ **EUT** คืนสู่สภาวะปกติใช้เวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากทำการทดสอบอุณหภูมิ (**Temperature test**)

OIML R76-1: B.4 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
23.	**Damp heat, steady state**		
	A. Initial test	9	A ที่ 20 °C, ความชื้นสัมพัทธ์ 50%
	B. Test	12	B ที่ 40 °C, ความชื้นสัมพัทธ์ 85%
	C. Final Test	12	C ที่ 20 °C, ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

OIML R76-1: B.2.2 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
24.	**Span stability** **F. Test (6)**	13	ปล่อยให้ **EUT** คืนสู่สภาวะปกติใช้เวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากทำการทดสอบ **Damp heat, steady state test**

OIML R76-1: B.4 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
25.	**Short time power reductions**	13	

OIML R76-1: B.3.1 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
26.	**Electrical bursts** **A. Power supply lines** **B. I/O circuit and communication lines**	13	

OIML R76-1: B.3.2 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
27.	**Electrostatic discharge** **A. Direct application** **B. Indirect application (contact discharges only)**	13	

OIML R76-1: B.3.3 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
28.	**Span stability** **G. Test (7)**	14	**แนะนำให้ดำเนินการทดสอบหลังจากทดสอบ ESD และ EMS**

OIML R76-1: B.4 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
29.	**Immunity to radiated electromagnetic fields**	14	

OIML R76-1: B.3.4 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
30.	**Span stability** **H. Test (8)**	15	**สวิตช์ปิด EUT ให้มากกว่า 8 ชั่วโมง และจากนั้นสวิตช์เปิด EUT ทิ้งไว้เป็นเวลามากกว่า 5 ชั่วโมงก่อนทดสอบ**

OIML R76-1: B.4 (ดูบทที่ 6)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
31.	**Endurance** **A. Initial test** **B. Final Test**	 15 20	**การทดสอบนี้ต้องกระทำเป็นการทดสอบขั้นตอนสุดท้ายหลังจากการทดสอบใด ๆของการตรวจสอบต้นแบบ**

OIML R76-1: A.6 (ดูบทที่ 6)
3.9.4.3

บทที่ 8

6 วิธีการทดสอบมาตรฐาน (6 Standard Procedures) และการเตรียมการทดสอบต้นแบบ (Preparation of the instruments for testing)

เนื้อหาครอบคลุม

6 วิธีการทดสอบมาตรฐาน (6 Standard Procedures)

1 ข้อกำหนดในการทดสอบ (Test Requirements)

2 การเตรียมการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Preparation of the Instrument for testing)

6 วิธีการทดสอบมาตรฐาน (6 Standard procedures) ของการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ เนื่องจากขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติในแต่ละการทดสอบซึ่งมีทั้งหมด 31 ขั้นตอน การทดสอบต้นแบบนั้นได้มีวิธีการขั้นตอนทดสอบพื้นฐานและยังเป็นขั้นตอนที่ต้องปฏิบัติแทรกและซ้ำอยู่เสมอ ดังนั้นเพื่อทำความเข้าใจในการทำงานและเพิ่มทักษะการปฏิบัติงานในการทดสอบดังกล่าว จึงได้นำวิธีการมาตรฐานซึ่งปฏิบัติบ่อยครั้งตลอดระยะเวลาของการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ พอจัดได้เป็น 6 วิธีการมาตรฐาน นอกจากนี้ยังมีประโยชน์สำหรับในการเขียนขั้นตอนการทดสอบก็คือไม่จำเป็นต้องดำเนินการอธิบายซ้ำแล้วซ้ำเล่าก่อนอื่นเพื่อจะได้ทำความเข้าใจให้ดีมากยิ่งขึ้นก็ควรกลับไปทบทวนเนื้อหาสาระถึงขอบเขตและ

แนวทางการปฏิบัติได้จากข้อกำหนด OIML R76-1 ในข้อกำหนด A.4.4.3, A.4.1.6, A.4.3, A.4.2.3, A.4.1.10, A.4.1.5, A.4.4.1, A.4.5.1, A.4.4.1, A.4.4.2 และ A.4.4.3

นอกจากนี้ในบทนี้ยังกล่าวถึงข้อกำหนดที่สำคัญ ไม่ว่าจะเป็นสภาวะสิ่งแวดล้อมทั้งอุณหภูมิและความชื้น ชั้นความเที่ยงของตุ้มน้ำหนักทดสอบที่ใช้ ซึ่งล้วนมีผลกระทบต่อการทำงานและความแม่นยำของเครื่องชั่งทั้งนั้น ในขณะเดียวกันการเตรียมการสำหรับการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติยังมีความสำคัญและลดปัญหาอุปสรรคในการทดสอบอีกด้วยเนื่องจากการทดสอบต้นแบบแต่ละครั้งใช้ระยะเวลานานกว่าจะเสร็จสิ้น หากดำเนินการผิดพลาดแล้วนับเป็นความยุ่งยากมากที่ต้องเริ่มต้นทำการตรวจสอบต้นแบบใหม่อีกครั้งหนึ่ง เพราะทั้งเสียเวลาและค่าใช้จ่ายไปโดยเปล่าประโยชน์

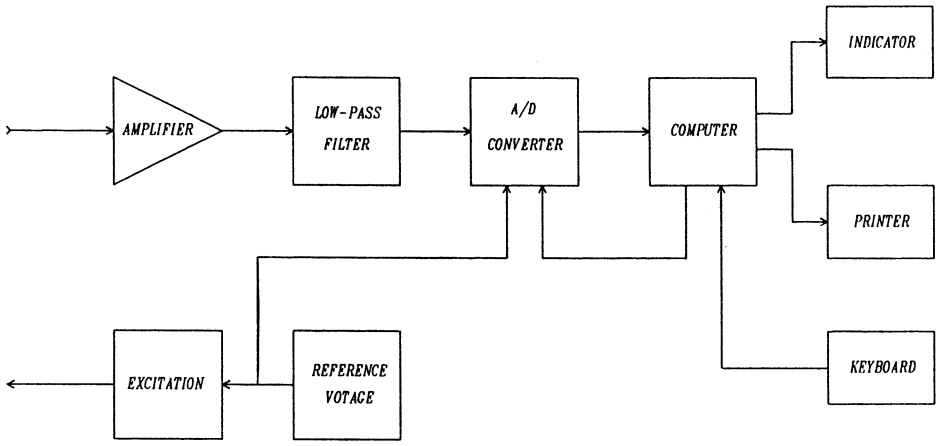
วิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1:

การประเมินค่าผลผิดโดยการใช้วิธีการหาตำแหน่งเปลี่ยนจุด

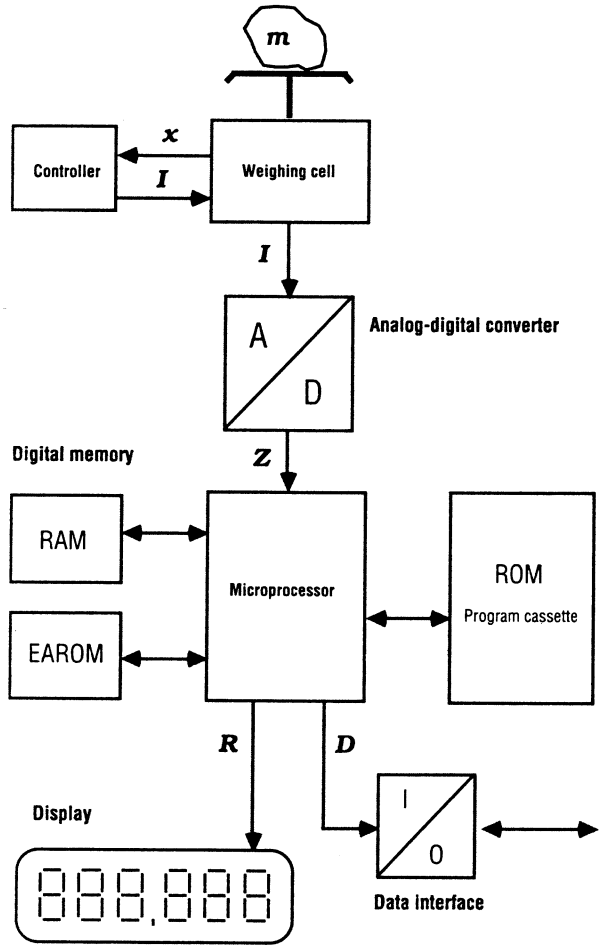
(Evaluation of Error by the Changeover Method)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการแสดงให้ทราบถึงวิธีการประเมินผลผิดที่น้ำหนักทดสอบใดๆระหว่างขั้นตอนการทดสอบใดๆ เพื่อเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาควรอ่านข้อกำหนดใน OIML R76-1, ข้อกำหนด A.4.4.3 และ A.4.1.6

จากการทำงานของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ แบบเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคนั้นหลังจากที่โหลดเซลได้ทำการชั่งน้ำหนัก ภายใต้การทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ออกแบบไว้นั้น ได้มีอุปกรณ์ที่สำคัญหลายตัวทำงานร่วมกันเพื่อขยายและกรองสัญญาณซึ่งส่งออกมาจากโหลดเซล ปรับเปลี่ยนสัญญาณจากแบบอนาล็อกเป็นสัญญาณแบบดิจิตอลก่อนส่งสัญญาณดังกล่าวให้คอมพิวเตอร์ทำการประมวลผล จนกระทั่งผลการชั่งปรากฏขึ้นสู่จอแสดงค่าของเครื่องชั่ง ดังแสดงในรูปที่ 134 สัญญาณแบบดิจิตอลที่ทำการประมวลด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของจำนวนพัลซ์ นั้นคือหากทำการชั่งด้วยน้ำหนักน้อย สัญญาณซึ่งส่งออกมาจากโหลดเซลหลังจากปรับเปลี่ยนสัญญาณจากแบบอนาล็อกเป็นสัญญาณแบบดิจิตอลแล้ว จะได้จำนวนสัญญาณพัลซ์น้อยในขณะที่หากทำการชั่งน้ำหนักมากจะให้จำนวนสัญญาณพัลซ์มาก

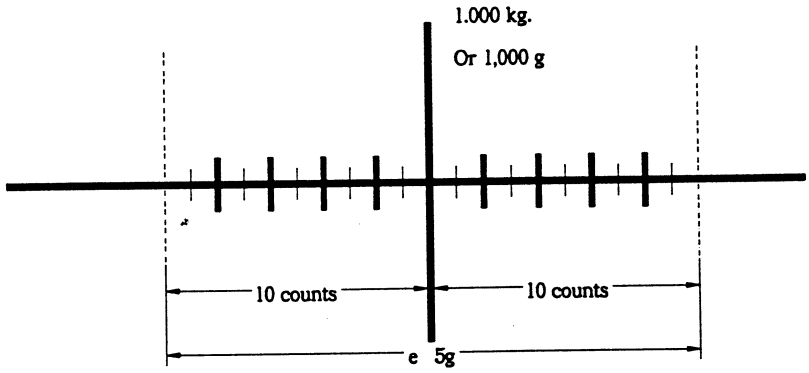


WEIGHING INDICATOR



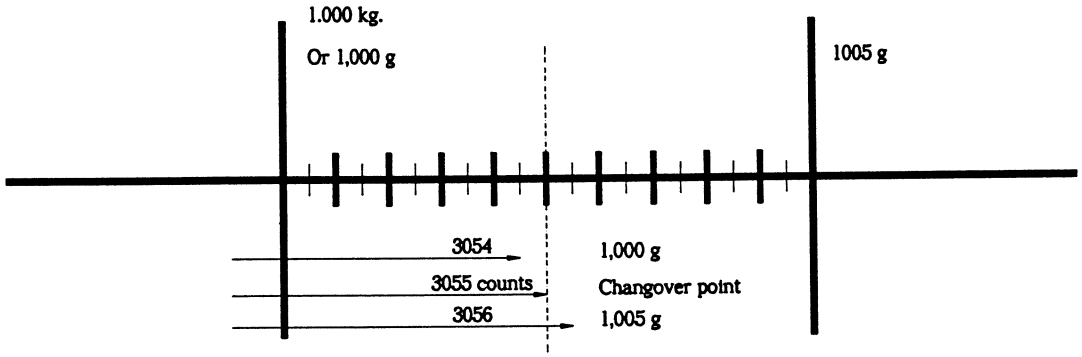
รูปที่ 134 ขั้นตอนการทำงานภายในส่วนแสดงค่า (Indicator device) ขณะทำงาน

ตัวอย่าง เครื่องชั่งเครื่องหนึ่ง เป็นชั้นความเที่ยง III , e = 5g , Max = 15 kg
ที่น้ำหนักบนเครื่องชั่งเท่ากับ 0 g หากเปลี่ยนโหมดการทำงานจากการแสดงค่าจากหน่วยน้ำหนักเป็นจำนวนพัลซ์ พบว่ามีจำนวน 0 พัลซ์
ที่ที่น้ำหนักบนเครื่องชั่งเท่ากับ 15 000 g หากเปลี่ยนโหมดการทำงานจากการแสดงค่าจากหน่วยน้ำหนักเป็นจำนวนพัลซ์ พบว่ามีจำนวน 60,000 พัลซ์
นั่นคือ e=5g จะมีจำนวนพัลซ์เท่ากับ 20 พัลซ์ โดย 1 พัลซ์มีค่าเท่ากับ 0.25 g
ดูรูปที่ 135



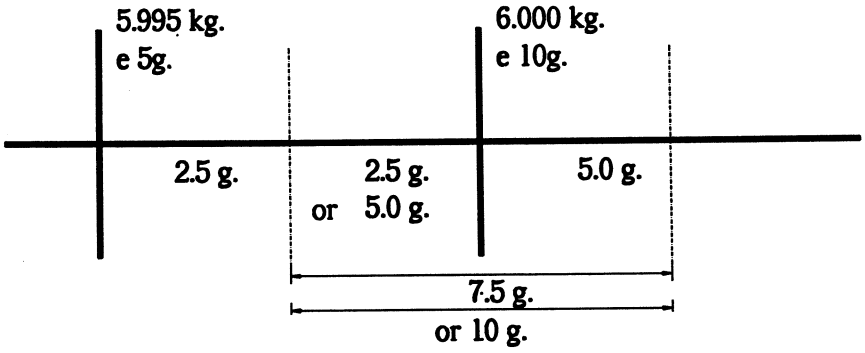
รูปที่ 135 ตัวอย่างของเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคที่มีจำนวนสัญญาณพัลซ์ 50 พัลซ์ต่อ 1 e

ดูรูปที่ 136 เป็นการยกตัวอย่างในกรณีที่เครื่องชั่งที่มีค่า e = 5g หากสัญญาณพัลซ์ถูกส่งเข้ามายังหน่วยประมวลผลซึ่งประมวลผลจากผลการนับสัญญาณโดย counter หากมีจำนวนพัลซ์ต่อค่า e เท่ากับ 2 พัลซ์ต่อ 1e



รูปที่ 136 ตัวอย่างของเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคที่มีการปัดค่าที่ตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) โดยพิจารณาตามจำนวนพัลซ์ของสัญญาณที่วงจรนับได้

สำหรับรูปที่ 137 แสดงให้เห็นถึงไม่ควรดำเนินการทดสอบใดๆ ตรงตำแหน่งเปลี่ยนขั้นหมายมาตราตรวจรับรองในกรณีที่เป็นเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตราได้ (Multi-interval instruments) เนื่องจากการหาตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการได้ยาก



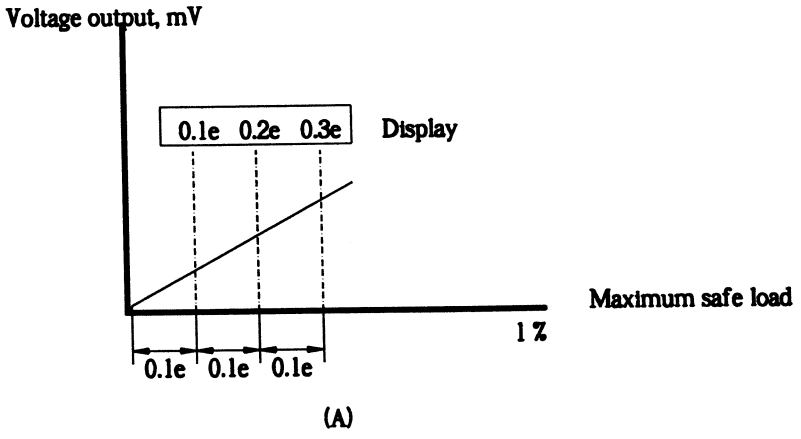
รูปที่ 137 ตำแหน่งเปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตราของเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าขั้นหมายมาตราได้ (Multi-interval instruments) ซึ่งมีผลต่อค่าที่ตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point)

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

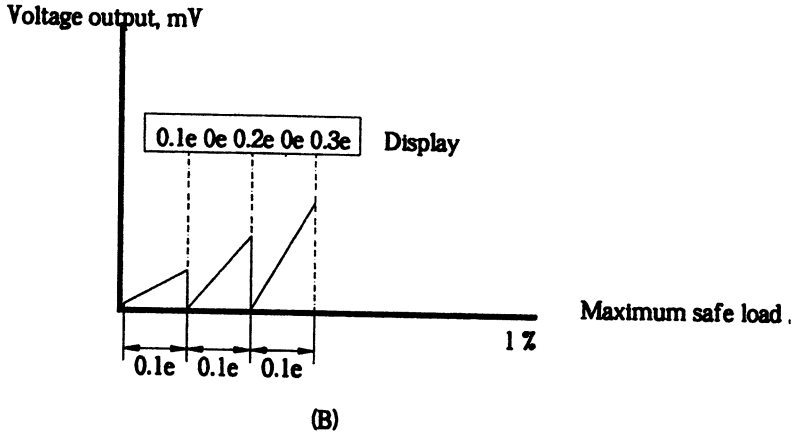
1. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
2. ตุ้มน้ำหนักทดสอบพิกัดกำลังตั้งแต่ 0.1e ถึง 10e

ขั้นตอนการทดสอบ

1. วางน้ำหนักทดสอบที่แน่นอนค่าหนึ่งเท่ากับ L สังเกตเครื่องชั่งแสดงค่า I ทำการบันทึกค่า L และค่า I
2. วางน้ำหนักเพิ่มเติม (additional weights) เท่ากับ 0.1e ลงบนส่วนรับน้ำหนัก และวางเพิ่มที่ละขั้นในแต่ละครั้งไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งส่วนแสดงค่าแสดงค่าผลการชั่งเปลี่ยนแปลงไปอย่างชัดเจนเพิ่มขึ้น 1 ค่าขั้นหมายมาตรา (I + e) ความสอดคล้องของการเพิ่มน้ำหนักเพิ่มเติม 0.1e ในแต่ละครั้งกับการแสดงควรเป็นไปตามรูปที่ 138(A) ไม่ควรเป็นไปตามรูปที่ 138(B) ดูรูปที่ 139 ประกอบ

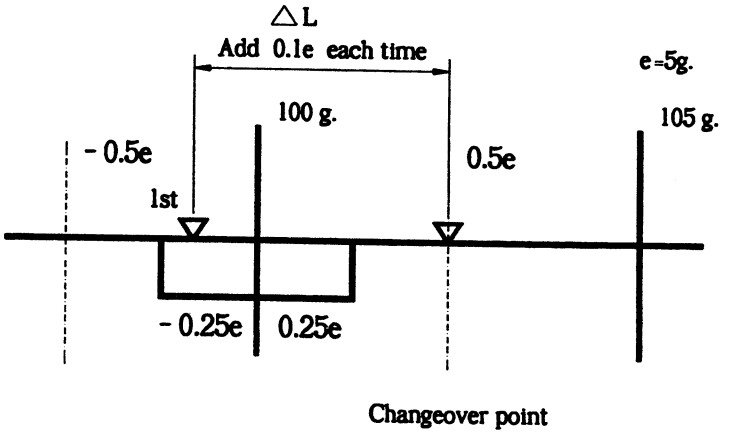


(A) ส่วนแสดงค่าได้แสดงผลน้ำหนักอย่างต่อเนื่อง นั้นหมายถึงวงจรการทำงานของเครื่องชั่งทำงานได้ดี



(B) ส่วนแสดงค่าได้แสดงผลน้ำหนักไม่ต่อเนื่อง นั้นหมายถึงวงจรการทำงานของเครื่องชั่งทำงานได้ไม่ดี

รูปที่ 138 ในขั้นตอนการหาตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ด้วยการเพิ่มน้ำหนักเติม (additional weights) ครั้งละ 0.1e ลงบนส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่ง



รูปที่ 139 แสดงขั้นตอนการหาตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point)

3. บันทึกค่าน้ำหนักเพิ่มเติมทั้งหมดที่ใส่ลงไป เป็นค่า ΔL
4. นำค่าที่ได้ทั้งหมดไปทำการคำนวณตามข้อกำหนด A.4.4.3 รายละเอียดดังนี้

น้ำหนักทดสอบที่เติมลงบนส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่งและทำให้เครื่องชั่งแสดงค่า P ก่อนที่มีการปัดค่าไปแสดงค่า I + e สามารถหาได้จากสมการข้างล่างนี้

$$P = I + 1/2\ e - \Delta L$$

ผลผิดก่อนปัดค่า

$$E = P - L = I + 1/2\ e - \Delta L - L$$

ผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่าคือ

$$E_C = E - E_0 \leq mpe$$

หมายเหตุ

mpe คือ Maximum permissible error (อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด)

E_0 คือ ผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e)

นอกจากนี้ในบางครั้งเราสามารถหาค่าผลผิดได้จากการทำงานของเครื่องชั่งเองซึ่งผู้ผลิตได้จัดให้มีโหมดการทำงานเพื่อหาผลผิดดังกล่าวไว้ โดยการที่จะเข้าไปใช้โหมดการทำงานดังกล่าวได้นั้นต้องศึกษาจากคู่มือของผู้ผลิต อย่างไรก็ตามในการทดสอบต่อไปนี้ไม่สามารถใช้โหมดการทำงานดังกล่าวเพื่อหาค่าผลผิดได้ และผลผิดต้องหาได้จากวิธีการที่กำหนดดังข้างบนนี้เท่านั้น การทดสอบ

A.4.2 การตรวจสอบตำแหน่งศูนย์ (Checking of zero)

A.4.8 การทดสอบดิสคริมิเนชั่น (Discrimination test, 3.8)

B.3.1 การลดกำลังไฟฟ้าเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ (Short time power reductions)

B.3.2 การเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่ง (Bursts)

B.3.3 การปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge)

B.3.4 ภูมิต้านทานต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Immunity to radiated electromagnetic fields)

วิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2:

การตั้งศูนย์ก่อนทำการวางน้ำหนักทดสอบ

(Setting to Zero before Loading)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการแสดงให้ทราบถึงเครื่องชั่งได้แสดงค่าไว้ที่ศูนย์จริงหรือไม่ สภาวะของการตั้งศูนย์เป็นอย่างไรก่อนที่เริ่มการทดสอบเครื่องชั่งโดยการวางน้ำหนักทดสอบ เพื่อเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาควรอ่านข้อกำหนดใน OIML R76-1, ข้อกำหนด A.4.3 และ A.4.2.3 สำหรับสำหรับเครื่องชั่งที่มีการตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติให้ดำเนินการตามวิธีการซึ่งกำหนดไว้ใน (a) และสำหรับสำหรับเครื่องชั่งที่มีการตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติหรือการรักษาศูนย์ การเบี่ยงเบนจากตำแหน่งศูนย์สามารถหาได้จากขั้นตอนวิธีการซึ่งกำหนดไว้ใน (b)

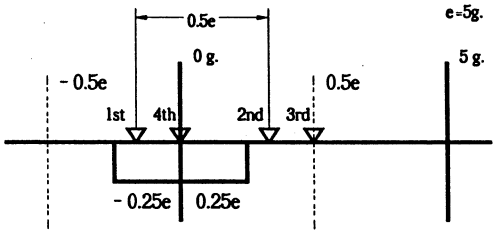
อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
2. ตุ้มน้ำหนักแบบมาตราพิกัดกำลังตั้งแต่ 0.1e ถึง 10e

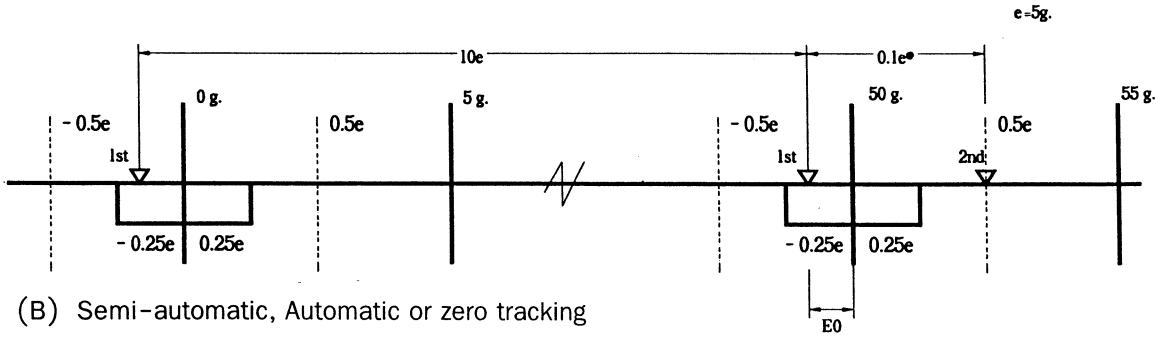
ขั้นตอนการทดสอบ

(a) การตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติ (Non-automatic zero setting (adjusting the instrument to zero)) วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ทำให้เรามั่นใจว่าเครื่องชั่งที่เรากำลังทดสอบได้ถูกตั้งศูนย์ถูกต้องและยังคงเป็นตำแหน่งศูนย์ที่แท้จริง นอกจากนี้ยังจำกัดผลผิดศูนย์ (zero errors) ใดๆ ซึ่งอาจจะไปเพิ่ม หรือลดจากผลผิดใดๆ ที่มีอยู่ร่วมกับน้ำหนักทดสอบใดๆ ซึ่งเรานำไปใช้กับเครื่องชั่งที่กำลังทดสอบ

1. ให้วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับ ½ ของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรองลงบนส่วนรับน้ำหนัก
2. แล้วปรับให้เครื่องชั่งจนกระทั่งเป็นตำแหน่งเปลี่ยนจุดแรก (the first change point) นั้นคือมีการแสดงค่าเปลี่ยนไปมาระหว่างค่าศูนย์และหนึ่งค่าขั้นหมายมาตรา สำหรับวิธีการปรับให้ดูจากคู่มือของผู้ผลิตที่ให้มากับเครื่องชั่ง
3. จากนั้นเอาน้ำหนักทดสอบจำนวนดังกล่าวออกจากส่วนรับน้ำหนัก ก็จะได้ตำแหน่งกึ่งกลางของตำแหน่งศูนย์อ้างอิง (a center of zero reference position) ดูรูปที่ 140 a)



(A) Non-automatic zero setting



(B) Semi-automatic, Automatic or zero tracking

รูปที่ 140 **(A)** แสดงขั้นตอนการทำงานของการทดสอบการตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติ (Non-automatic zero setting)

(B) แสดงขั้นตอนการทำงานของการทดสอบการตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติ, อัตโนมัติ, หรือการรักษาศูนย์ (Semi-automatic, Automatic zero setting or zero tracking).

(b) การตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติหรือการรักษาศูนย์ (Semi-automatic, automatic or zero tracking (determine of the zero point)) วิธีการนี้ทำให้เราสามารถหาค่าผลผิดศูนย์ (zero error) ใดๆที่เกิดขึ้น และใช้ค่าผลผิดดังกล่าวนี้ไปปรับแก้ไขค่าในการคำนวณใดๆเพื่อหาค่าผลผิดจริง (the true error value) ของน้ำหนักทดสอบนั้นๆที่นำไปใช้ทดสอบเครื่องชั่ง

1. ทำให้เครื่องชั่งแสดงค่าออกให้พ้นไปจากช่วงการตั้งศูนย์หรือช่วงการรักษาศูนย์อัตโนมัติ โดยทำการวางน้ำหนักทดสอบลงบนเครื่องชั่งด้วยน้ำหนักเท่ากับ 10e โดยกำหนดให้น้ำหนักทดสอบนี้เป็นน้ำหนักที่ศูนย์ (L_0)
2. ทำการบันทึกค่าที่เครื่องชั่งแสดงค่าเป็น I_0
3. ทำการหาตำแหน่งเปลี่ยนจุด (the changeover point) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานวิธีการที่ 1 โดยทำการเพิ่มน้ำหนักทดสอบครั้งละ ½ e จนเมื่อน้ำหนักทดสอบที่วางเพิ่งลงไปแล้วทำให้เครื่องชั่งแสดงค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเหนือศูนย์เท่ากับ 1 ค่าขั้นหมายมาตรา ก็จะทราบค่าถือเป็นค่า ΔL_0 ดูรูปที่ 140 b)
4. ทำการคำนวณหาผลผิดตามที่กำหนดในข้อ A.4.4.3 หรือในวิธีการทดสอบมาตรฐานวิธีการที่ 1 เพื่อหาค่าผลผิดที่การแสดงค่าศูนย์ (the error at the zero indication)

   เมื่อ $E_0 = P_0 - L_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$

ดังนั้นการที่จะหาผลผิดที่ศูนย์ของเครื่องชั่งจึงสามารถพิจารณาได้จากการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานวิธีการที่ 1 ข้างบนได้ดังตัวอย่างข้างล่าง

ตัวอย่าง เครื่องชั่งที่มีค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง(e) เท่ากับ 5 กรัม เมื่อไม่มีน้ำหนักทดสอบวางอยู่บนส่วนรับน้ำหนัก (L_0) เครื่องชั่งแสดงค่า 0 กรัม (I_0) หลังจากเพิ่มน้ำหนักทีละ 0.5 กรัม (มีค่าเท่ากับ 1/10 e) จนกระทั่งเครื่องชั่งแสดงค่าเปลี่ยนจาก 0 กรัม เป็น 5 กรัม (I_0+e) หลังจากเติมน้ำหนักทดสอบลงไปได้เท่ากับ 2 กรัม (ΔL_0) คำนวณตามสูตรข้างต้น จะได้

$$P_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0$$

$$P_0 = (0 + 2.5 - 2.0) = 0.5 \text{ กรัม}$$

ค่าจริงๆก่อนที่เครื่องชั่งทำการปัดค่าเพื่อไปแสดงค่าเท่ากับ 5 กรัม คือ 0.5 กรัม และมีค่าผลผิดเท่ากับ

$$E_0 = P_0 - L_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$$
$$E_0 = 0.5 - 0 = +0.5 \text{ กรัม}$$

ตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ที่จุดศูนย์ตามที่คำนวณได้จากข้างบนมีค่าผลผิดที่ศูนย์

$E_0 = +0.5$ กรัม *Ans.*

วิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3:

การทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง

(Pre-load Test)

ขั้นตอนนี้ได้ถูกกำหนดมาเพื่อเป็นการอุ่นเครื่องชั่งให้ทำงานก่อนที่ทำการทดสอบจริงใดๆ ยกเว้นการทดสอบตามข้อกำหนด A.5.2 (การทดสอบเวลาที่ใช้ในการอุ่นเครื่อง (Warm-up time test, 5.3.5)) และ A.5.3.2 (อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการแสดงค่าเมื่อสภาวะไม่มีน้ำหนักบนเครื่องชั่ง (Temperature effect on no-load indication, 3.9.2.3)) ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาควรอ่านข้อกำหนดใน OIML R76-1, ข้อกำหนด A.4.1.10

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
2. ตุ้มน้ำหนักทดสอบตั้งแต่ 0 จนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ให้วางน้ำหนักลงบนส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่งเริ่มตั้งแต่ค่าน้ำหนักเท่ากับศูนย์ เพิ่มขึ้นเรื่อยด้วยน้ำหนักทดสอบด้วยอัตราการเพิ่มของน้ำหนักทดสอบคงที่จนกระทั่งถึงค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max) หรือขอบเขตน้ำหนักสูงสุดของเครื่องชั่ง (Lim) ถ้ามีกำหนดไว้ ของเครื่องชั่ง แต่ในทางปฏิบัติในบางครั้งการจัดหาน้ำหนักทดสอบที่สามารถทำการเพิ่มด้วยอัตราเพิ่มคงที่สำหรับการทดสอบนี้กระทำได้ยาก ก็พอยอมให้การเพิ่มเป็นขั้นๆ ได้ในอัตราการเพิ่มที่ไม่คงที่
2. ทำการลดน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนักด้วยอัตราการลดของน้ำหนักทดสอบคงที่จากค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max) หรือขอบเขตน้ำหนักสูงสุดของเครื่องชั่ง (Lim) ถ้ามีกำหนดไว้จนกระทั่งถึงค่าเท่ากับศูนย์ โดยให้มีลักษณะการลดต้องให้มีลักษณะคล้ายทั้งการลดจำนวนและตำแหน่งการวางของน้ำหนักทดสอบ
3. ตั้งศูนย์เครื่องชั่ง ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานวิธีการที่ 2

วิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 4:

การทดสอบการชั่ง

(Weighing Test)

ขั้นตอนนี้ได้ถูกใช้เพื่อหาสมรรถนะการชั่งของเครื่องชั่งที่ตำแหน่งภาระน้ำหนักที่แตกต่างกันขณะที่เครื่องชั่งกำลังอยู่ภายใต้สภาวะการทดสอบด้วยปัจจัยต่างๆ (the various influence factors) ที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องชั่ง ต้องทำความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มเติมก่อนใน OIML R76-1, ข้อกำหนด A.4.4.1

หากเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวอาจยังคงทำงานอยู่ได้ระหว่างทำการทดสอบการชั่ง ยกเว้น การทดสอบในเรื่องอุณหภูมิ ผลผิดที่ตำแหน่งศูนย์ของเครื่องชั่งสามารถหาได้จากข้อกำหนด A.4.2.3.2

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
2. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง

ขั้นตอนการทดสอบ

1. กำหนดช่วงน้ำหนักทดสอบอย่างน้อย 10 ช่วงการทดสอบ, L นั้นคือน้ำหนักทดสอบที่มีค่าแตกต่างกันเพื่อทดสอบอย่างน้อย 10 ค่า และสำหรับการทดสอบการชั่งอื่นๆต้องเลือกน้ำหนักทดสอบที่แตกต่างกันเพื่อทดสอบอย่างน้อย 5 ค่า โดยขอบเขตในการเลือกค่าน้ำหนักทดสอบให้ครอบคลุมถึงน้ำหนักทดสอบต่อไปนี้
    - น้ำหนักทดสอบต้องครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนกระทั่งพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
    - ค่าที่ใกล้เคียงหรือค่าน้ำหนักทดสอบตรงตำแหน่งที่อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งมีการเปลี่ยนแปลง ในกรณีที่เป็นเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (Multi - interval instrument) ที่มีหลายช่วงการชั่งย่อย (partial weighing ranges) ให้เลือกค่าน้ำหนักทดสอบที่ตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดด้วย
    - ต้องไม่เลือกค่าน้ำหนักทดสอบที่เป็นจุดที่ค่าขั้นหมายมาตรา (scale interval) เปลี่ยน ให้เลือกตำแหน่งที่น้อยกว่าจุดดังกล่าว 5e แทน
    - ต้องไม่เลือกจุดน้ำหนักที่เท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งหากเมื่อทำการชั่งน้ำหนักมากกว่าค่าพิกัดกำลังของเครื่องชั่งแล้วส่วนแสดงค่าไม่แสดงผลการชั่งใดๆ ในกรณีเช่นนี้ให้ใช้ตำแหน่งน้ำหนักทดสอบให้มีค่าน้อยกว่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง 5e แทน

2. ทำการบันทึกค่าน้ำหนักทดสอบใน แถว L และทำการหาค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่สอดคล้องกับค่าน้ำหนักทดสอบใส่ใน แถวสุดท้ายของแบบฟอร์มประเมินผล
3. หาค่าผลผิดที่การแสดงค่าศูนย์ (the error at the zero indication) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานวิธีการที่ 2
4. วางน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักโดยเพิ่มขึ้นตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่อง ตามค่าน้ำหนักทดสอบที่เลือกไว้ในขั้นตอน 1. โดยต้องตระหนักว่าให้วางน้ำหนักทดสอบในลักษณะที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ
5. ในแต่ละค่าน้ำหนักทดสอบที่วางลงไปนั้นให้ทำการบันทึกค่า, L และผลการชั่งที่เครื่องชั่งแสดง, I จากนั้นให้หาตำแหน่งเปลี่ยนจุด (the changeover point) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานวิธีการที่ 1, บันทึกค่า ΔL ที่หาได้
6. บันทึกเวลาเมื่อทำการวางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าใกล้เคียงกับหรือเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง

7. เอาน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนักในลักษณะที่มีการลดลงอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ ให้มีค่าเท่ากับเมื่อครั้งที่เพิ่มน้ำหนัก
8. ในแต่ละค่าน้ำหนักทดสอบที่เอาออกไปแล้วเหลือไว้นั้นให้ทำการบันทึกค่า, L และผลการชั่งที่เครื่องชั่งแสดง, I จากนั้นให้หาตำแหน่งเปลี่ยนจุด (the changeover point) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานวิธีการที่ 1, บันทึกค่า ΔL ที่หาได้
9. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อม
10. ทำการคำนวณและบันทึกผลผิด E และ E_C เมื่อ

$$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$$

$$E_C = E - E_0$$

และผลการทดสอบนี้ผ่านก็ต่อเมื่อ $E_C \leq mpe$

วิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5:

การหาสถานะของการทำงานของการตั้งศูนย์อัตโนมัติและการรักษาศูนย์

(How to Determine the Status of Automatic Zero Setting and Zero Tracking)

ขั้นตอนวิธีการนี้ใช้เพื่อให้แน่ใจว่าหากเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero tracking device) ส่วนดังกล่าวยังคงทำงานอยู่หรือไม่ ให้ทำความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มเติมก่อนใน OIML R76-1, ข้อกำหนด A.4.1.5

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. เอกสารของผู้ยื่นคำขอตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่ง
2. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
3. ตุ้มน้ำหนักทดสอบพิกัดกำลัง 0.1d จำนวน 20 ตุ้ม

คำอธิบายในแบบฟอร์มประเมินผลการทดสอบต้นแบบ

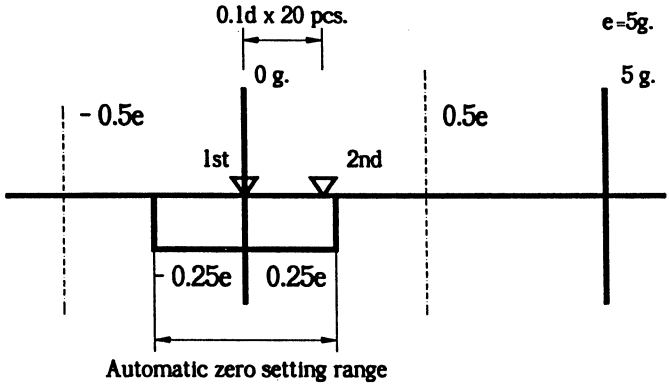
Non-existent	คือ เครื่องชั่งไม่มีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero tracking device) ประกอบอยู่แต่อย่างใด
Not in operation	คือ ส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero tracking device) ในขณะนี้ไม่ทำงาน หรือถูกทำให้ไม่ทำงาน
Out of working range	คือ ส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero setting device) และ/หรือ ส่วนรักษาศูนย์ (Zero tracking device) อยู่ในระหว่างทำงาน หากต้องการอ่านค่าศูนย์สำหรับในการคำนวณให้ใช้น้ำหนักทดสอบเท่ากับ 10e วางลงบนส่วนรับน้ำหนักเพื่อทำให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการทำงานของส่วนดังกล่าว และหากจำเป็นต้องเรียกจุดดังกล่าวก็ถือจุดนั้นเป็นจุดใกล้เคียงศูนย์ (a near-zero-test)

In operation คือ ส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero setting device) และ/หรือ ส่วนรักษาศูนย์ (Zero tracking device) อยู่ในระหว่างทำงาน และการอ่านค่าศูนย์ไม่จำเป็นต้องนำมารวมในการคำนวณ ตัวอย่างเช่นในกรณีการทดสอบความสามารถทำซ้ำได้ของเครื่องชั่ง

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ทำให้เครื่องชั่งอยู่ภายใต้สภาวะเสถียรด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังเป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที
2. วางน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 0.1d ห่างกันอย่างน้อย 2 วินาทีในแต่ละครั้ง สังเกตการแสดงค่าของเครื่องชั่ง

   (A) หากทำการวางน้ำหนักทดสอบพิกัดกำลังเท่ากับ 0.1d เป็นจำนวน 20 ตุ้มลงบนส่วนรับน้ำหนักแล้ว เครื่องชั่งแสดงผลการชั่งต่างไปจากการแสดงค่าศูนย์นั้น หมายถึง เครื่องชั่งไม่มีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero tracking device) อยู่ในเงื่อนไข "Non-existent" หรือในสถานะ "ไม่ทำงาน" ให้พิจารณาเอกสารคู่มือประจำเครื่องว่าอยู่ในเงื่อนไขใด ดูรูปที่ 141

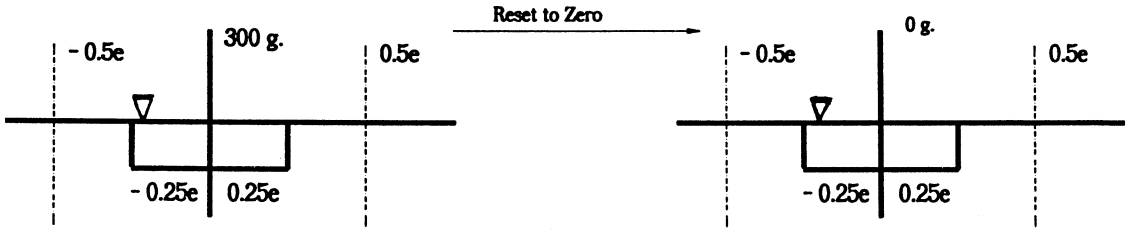


รูปที่ 141 การหาสภาวะของการทำงานของการตั้งศูนย์อัตโนมัติและการรักษาศูนย์

   (B) หากทำการวางน้ำหนักทดสอบพิกัดกำลังเท่ากับ 0.1d เป็นจำนวน 20 ตุ้มลงบนส่วนรับน้ำหนักแล้ว เครื่องชั่งยังคงแสดงผลการชั่งเท่ากับศูนย์นั้นหมายถึง เครื่องชั่งไม่มีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero tracking device) อยู่ในสถานะกำลังทำงาน

หากเครื่องชั่งไม่มีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero setting device) และ/หรือส่วนรักษาศูนย์ (Zero tracking device) อยู่ในสถานะกำลังทำงาน ดังนั้นในระหว่างการทดสอบใดๆ จำเป็นต้องทำทำให้ส่วนตั้งศูนย์ และ/หรือ ส่วนรักษาศูนย์อัตโนมัติหยุดทำงาน หรือป้องกันโดยเมื่อเริ่มทดสอบให้ทำการวางน้ำหนักมีค่าเท่ากับ 10e เพื่อทำให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการทำงานของส่วนดังกล่าว และ

ไม่ก่อให้เกิดการอ่านค่าผลการชั่งที่ผิดพลาด ณ ตำแหน่งแสดงค่าศูนย์ แต่จะเป็นการอ่านค่าในตำแหน่งใกล้ศูนย์คือที่ตำแหน่งเหนือจากศูนย์เท่ากับ 10e แทน



รูปที่ 142 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องชั่งเมื่อทำการกดปุ่ม "Reset to Zero"

วิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6:

การทดสอบการชั่งเพิ่มเติม

(Supplementary Test)

การทดสอบการชั่งเพิ่มเติมนี้จะรวมเข้าเป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติก็ต่อเมื่อพบว่าเครื่องชั่งที่มีส่วนตั้งศูนย์เริ่มต้น (an initial zero-setting device) และมีช่วงการตั้งศูนย์มากกว่า 20 % ของพิกัดกำลังสูงสุด (Max) โดยต้องดำเนินการทดสอบการชั่งน้ำหนักเพิ่มเติมโดยถือเอาค่าขอบเขตบนของช่วงการตั้งศูนย์ (the upper limit of the range) นี้เป็นจุดตำแหน่งศูนย์ จากนั้นทำการทดสอบการชั่ง ให้ทำความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มเติมก่อนใน OIML R76-1, ข้อกำหนด A.4.4.1 และ A.4.4.2

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
2. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง

ขั้นตอนการทดสอบ

1. วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับค่าขอบเขตบนของช่วงการตั้งศูนย์ (the upper limit of the range)
2. บันทึกค่าน้ำหนักดังกล่าวลงในแบบฟอร์มพร้อมทำหมายเหตุว่าเป็นการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม
3. ปิดสวิตช์เครื่องชั่งไม่ให้กำลังไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องชั่งจากนั้นก็เปิดสวิตช์
4. ทำการทดสอบการชั่งตามขั้นตอนในวิธีการทดสอบมาตรฐานวิธีการที่ 4
5. ตรวจสอบว่าเครื่องชั่งผ่านผลการทดสอบการชั่งหรือไม่

ข้อกำหนดในการทดสอบ (Testing Requirements)

เพื่อสร้างความมั่นใจว่าสามารถสอบย้อนกลับ(Traceability) และรักษาคุณภาพของการทดสอบ จำเป็นต้องกำหนดเงื่อนไขสภาวะที่เครื่องชั่งต้องดำเนินการไป รวมทั้งความแม่นยำของเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. แบบมาตราในการตรวจรับรอง (Verification standards)

ตุ้มน้ำหนักทดสอบซึ่งได้รับการสอบเทียบจากตุ้มน้ำหนักแบบมาตราจากหน่วยงานของรัฐและมีคุณสมบัติตลอดจนมีชั้นความเที่ยงเป็นไปตาม OIML R111 อีกทั้งเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ในข้อกำหนด 3.7.1 ตุ้มน้ำหนักแบบมาตรา (Weights) ซึ่งกำหนดให้ตุ้มน้ำหนักแบบมาตราหรือแบบมาตรามวลที่ใช้ในการตรวจต้นแบบและ/หรือตรวจสอบให้คำรับรองเครื่องชั่งต้องมีค่าผลผิดไม่เกิน 1/3 ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่ค่าน้ำหนักทดสอบนั้น จากข้อกำหนด 3.7.1 ทำให้เราสามารถหาจัดชั้นความเที่ยงของเครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบเทียบกับตุ้มน้ำหนักแบบมาตราได้ดังในตารางข้างล่างนี้

ชั้นความเที่ยงของเครื่องชั่ง	ตุ้มน้ำหนักแบบมาตรา (Weights) *OIML R111
ชั้น I	E1 และ E2
ชั้น II	F1
ชั้น III	F1 , F2 และ M1
ชั้น IIII	F2 , M1 , M2 และ M3

สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III ซึ่งเป็นชั้นความเที่ยงที่นิยมใช้กันมากในการทำธุรกิจค้าขาย เราสามารถใช้ตุ้มน้ำหนักแบบมาตราเพื่อการตรวจสอบให้คำรับรองหรือการสอบเทียบด้วยในชั้น F1 , F2 หรือ M1

Table 1
Maximum permissible errors

Nominal value	± δm in mg						
	Class E_1	Class E_2	Class F_1	Class F_2	Class M_1	Class M_2	Class M_3
50 kg	25	75	250	750	2 500	7 500	25 000
20 kg	10	30	100	300	1 000	3 000	10 000
10 kg	5	15	50	150	500	1 500	5 000
5 kg	2.5	7.5	25	75	250	750	2 500
2 kg	1.0	3.0	10	30	100	300	1 000
1 kg	0.5	1.5	5	15	50	150	500
500 g	0.25	0.75	2.5	7.5	25	75	250
200 g	0.10	0.30	1.0	3.0	10	30	100
100 g	0.05	0.15	0.5	1.5	5	15	50
50 g	0.030	0.10	0.30	1.0	3.0	10	30
20 g	0.025	0.080	0.25	0.8	2.5	8	25
10 g	0.020	0.060	0.20	0.6	2	6	20
5 g	0.015	0.050	0.15	0.5	1.5	5	15
2 g	0.012	0.040	0.12	0.4	1.2	4	12
1 g	0.010	0.030	0.10	0.3	1.0	3	10
500 mg	0.008	0.025	0.08	0.25	0.8	2.5	
200 mg	0.006	0.020	0.06	0.20	0.6	2.0	
100 mg	0.005	0.015	0.05	0.15	0.5	1.5	
50 mg	0.004	0.012	0.04	0.12	0.4		
20 mg	0.003	0.010	0.03	0.10	0.3		
10 mg	0.002	0.008	0.025	0.08	0.25		
5 mg	0.002	0.006	0.020	0.06	0.20		
2 mg	0.002	0.006	0.020	0.06	0.20		
1 mg	0.002	0.006	0.020	0.06	0.20		

รูปที่ 143 อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของตุ้มน้ำหนักแบบมาตราตาม OIML R111

นอกจากนี้ต้องพิจารณาข้อกำหนด 3.7.2 เครื่องมือตรวจรับรองเสริม (Auxiliary verification device) โดยหากเครื่องชั่งติดตั้งเครื่องมือตรวจรับรองเสริม หรือเมื่อต้องทดสอบเครื่องชั่งด้วยเครื่องมือเสริมพิเศษต่างหาก เครื่องมือเสริมดังกล่าวต้องมีผลผิดไม่เกิน 1/3 ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่ค่าน้ำหนักนั้น แต่ถ้าใช้เป็นตุ้มน้ำหนักเป็นอุปกรณ์เครื่องเสริมในการตรวจรับรองผลผิดของตุ้มน้ำหนักดังกล่าวต้องไม่เกิน 1/5 ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่ขอตรวจรับรองที่ค่าน้ำหนักนั้น

ในขณะเดียวกันหากใช้น้ำหนักทดสอบอื่นแทนค่าน้ำหนักของตุ้มน้ำหนักแบบมาตรา (Substitution of standard weights) เมื่อทดสอบเครื่องชั่งที่มีพิกัดกำลังสูงสุดเกินกว่า 1 ตัน ให้ศึกษาข้อกำหนด 3.7.3 ซึ่งยอมให้ใช้น้ำหนักอื่นๆที่มีค่าคงที่เพื่อแทนน้ำหนักของตุ้มน้ำหนักแบบมาตราอย่างน้อย 1 ตัน หรือ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง แล้วแต่ค่าใดมากกว่าเลือกเอาค่านั้น นอกจากนี้อาจลดจำนวนตุ้มน้ำหนักแบบมาตราลงให้น้อยกว่า 50% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งได้เป็น 35% ของพิกัดกำลังสูงสุดเครื่องชั่ง ถ้าผลผิดของการทำซ้ำได้ (Repeatability) ไม่เกิน 0.3 0.e และ 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดเครื่องชั่ง ถ้าผลผิดของการทำซ้ำได้ (Repeatability) ไม่เกิน 0.2 ทั้งนี้การหาผลผิดของการทำซ้ำได้(Repeatability) หาได้โดยวางน้ำหนักทดสอบด้วยน้ำหนักประมาณ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งบนส่วนรับน้ำหนัก 3 ครั้งติดต่อกัน

2. เครื่องวัดอุณหภูมิ ความดัน และความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature, barometric pressure and humidity) เครื่องวัดดังกล่าวต้องได้รับการสอบเทียบจากหน่วยงานของรัฐและสามารถสอบเทียบย้อนกลับได้

3. เงื่อนไขทั่วไป (Performance tests) ซึ่งกำหนดไว้ในข้อกำหนด A.4.1

- A.4.1.1 เงื่อนไขการทดสอบปกติ (Normal test conditions , 3.5.3.1) โดยกำหนดให้อิทธิพลเพียงตัวแปรเดียวยังคงมีผลอยู่ขณะทำการทดสอบ ในขณะที่ตัวแปรที่มีผลต่อเครื่องชั่งยังรักษาให้มีค่าคงที่สัมพัทธ์ใกล้และใกล้เคียงสภาวะปกติมากที่สุด
- A.4.1.2 อุณหภูมิ (Temperature) ให้ทดสอบเครื่องชั่งต้องกระทำภายใต้อุณหภูมิคงที่สม่ำเสมอ โดยปกติเป็นอุณหภูมิห้องปกติ ด้วยเหตุนี้จึงไม่จำเป็นต้องจัดให้มีห้องปรับอากาศเพื่อทำการทดสอบ หรือนอกจากกำหนดเป็นอย่างอื่น การพิจารณาว่าอุณหภูมิขณะทำการทดสอบคงที่หรือไม่นั้น พิจารณาจากค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่บันทึกได้ในระหว่างการทดสอบต้องไม่เกิน 1 ใน 5 ของช่วงอุณหภูมิที่เครื่องชั่งทำงานได้ แต่ไม่ว่ากรณีใดๆต้องไม่เกิน 5 ^{o}ซ. (ไม่เกิน 2 ^{o}ซ. สำหรับการทดสอบการคราก) และอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต้องไม่เกิน 5 ^{o}ซ. ต่อชั่วโมง
- A.4.1.3 แหล่งกำลังไฟ (Power supply)
- A.4.1.4 ตำแหน่งอ้างอิงก่อนทดสอบ (Reference position before tests)
- A.4.1.5 การตั้งศูนย์อัตโนมัติและการรักษาศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero-setting and zero-tracking) ในระหว่างการทดสอบ ต้องทำให้ส่วนตั้งศูนย์และ/หรือ ส่วนรักษาศูนย์อัตโนมัติหยุดทำงาน หรือป้องกันโดยเมื่อเริ่มทดสอบให้ทำการวางน้ำหนักมีค่าเท่ากับ 10e
- A.4.1.6 การแสดงค่าด้วยค่าขั้นหมายมาตราที่มีค่าต่ำกว่าค่า e (Indication with a scale interval smaller than e)

- A.4.1.7 การใช้เครื่องจำลองการทำงานเพื่อทดสอบส่วนประกอบต่างๆ (Using a simulator to test modules , 3.5.4 และ 3.7.1)
- A.4.1.8 การปรับ (Adjustment, 4.1.2.5) ก่อนทำการทดสอบต้นแบบ หากเครื่องชั่งมีส่วนปรับแต่งช่วงการชั่งกึ่งอัตโนมัติ (a semi-automatic span adjustment devices) สามารถทำการปรับแต่งส่วนดังกล่าวได้เพียงครั้งเดียวก่อนทำการทดสอบ
- A.4.1.9 การปรับเครื่องชั่งเข้าสู่สภาวะปกติ (Recovery) หลังการทดสอบแต่ละครั้งหรือแต่ละหัวข้อทดสอบ ต้องปล่อยให้เครื่องชั่งปรับตัวหรือพักด้วยระยะเพียงพอเข้าสู่สภาวะปกติก่อนการทดสอบในหัวข้ออื่นต่อไป
- A.4.1.10 การวางน้ำหนักก่อนการทดสอบจริง (Preloading)
- A.4.1.11 เครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instrument)

4. สภาวะเงื่อนไขทั่วไปสำหรับห้องควบคุมสภาวะแวดล้อม สำหรับการทดสอบอุณหภูมิ (Temperature test; A.5.3) และ การทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state; B.2.2) ต้องเป็นไปตาม เอกสาร IEC

Temperature test	-IEC 60068-2-1 (1994)
	-IEC 60068-2-2 (1974)
	-IEC 60068-3-1 (1974)
Damp heat, steady state	-IEC 60068-2-3 (1969)
	-IEC 60068-2-28 (1990)

สำหรับการทดสอบอุณหภูมิ (Temperature test; A.5.3) ในข้อกำหนด A.5.3.1 อุณหภูมิคงที่ (Static temperatures, 3.9.2.1 and 3.9.2.2) นั้นได้กำหนดให้การดำเนินการทดสอบดำเนินการโดยวางเครื่องชั่งหรือส่วนประกอบ (modules) (ในที่นี้เรียกว่า "the equipment under test"; EUT) ไว้ในที่ที่อุณหภูมิมีค่าคงที่ภายในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ตามข้อกำหนด 3.9.2 โดยไม่มีระบบการปรับอากาศเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมงหลังจากที่เครื่องชั่งมีอุณหภูมิคงที่เสถียร ในส่วนของความชื้นได้กำหนดให้สภาวะแวดล้อมมีความชื้นสัมบูรณ์ของบรรยากาศ (the absolute humidity of the test atmosphere) ต้องไม่เกิน 20 ก./ลบ.ม. นอกจากจะกำหนดไว้ในคู่มือของเครื่องชั่งเป็นอย่างอื่น แต่ในทางปฏิบัติแล้วเรามักจะหาค่าความชื้นเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ (a relative humidity) ด้วยเหตุนี้ในตารางในรูปที่ 144 จะเป็นการกำหนดค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ยอมให้ได้สูงสุดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปแล้วยังคงเป็นไปตามข้อกำหนดที่ยอมให้ความชื้นสัมบูรณ์ของบรรยากาศ (the absolute humidity of the test atmosphere) ไม่เกิน 20 ก./ลบ.ม.

Table: Temperature Verses Relative Humidity for an Absolute Humidity of 20 g/m^3

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	116	110	103	98	92	87	83	78	74	70
30	66	63	60	57	54	51	48	46	44	42
40	40	38	36	33	33	31	30	28	27	26

รูปที่ 144 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิ

ตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ 33 °C ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ยอมให้ได้สูงสุดโดยค่าความชื้นสัมบูรณ์ยังคงไม่เกินกว่า 20 ก./ลบ.ม. จะมีค่าเท่ากับ 57% ดังแสดงในตารางในรูปที่ 144

การเตรียมการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (Preparation of the instrument for testing)

สำหรับผู้ปฏิบัติงานและรับผิดชอบในการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาและทำความเข้าใจถึงเนื้อหาข้อกำหนดที่กำหนดไว้ใน OIML R76-1 ทั้งหมด และโดยเฉพาะในข้อกำหนด 1, 2, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 7, 8, A.1, A.2 และ A.3

ขั้นตอนการเตรียมการ

1. ตรวจสอบเอกสารต่างๆ เช่นคู่มือการใช้เครื่อง ข้อกำหนดพิเศษๆประจำเครื่อง การเชื่อมต่ออุปกรณ์เสริมโดยผ่าน Interface เป็นต้น
2. เขียนรายงานผลตามแบบฟอร์มประเมินผลใน OIML R76-2 หน้า 6 ถึง 8 โดยเฉพาะเครื่องมืออุปกรณ์ ตลอดจนตุ้มน้ำหนักทดสอบ เป็นต้น เพื่อสามารถทำการสอบเทียบย้อนกลับไปได้ (traceability) ดูรูปที่ 145
3. จัดวางเครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบลงบนโต๊ะที่มีความแข็งแรงมั่นคง
4. ทำการปรับระดับเครื่องชั่งให้ได้ระดับตามที่ผู้ผลิตเครื่องชั่งกำหนด
5. เปิดสวิตช์เครื่องชั่งเพื่อให้เครื่องชั่งทำงาน
6. ปล่อยเครื่องชั่งทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 30 นาที เพื่อเป็นการอุ่นเครื่องก่อนทำการทดสอบจริง
7. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง(Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
8. ตรวจสอบว่าเครื่องชั่งอยู่ภายในค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กำหนดไว้หรือไม่โดย
   (a) วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับ พิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง และ
   (b) คำนวณหาผลผิดโดยหาตำแหน่งเปลี่ยนจุด ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1

9. ตีความผลการทดสอบดังต่อไปนี้

(a) หากเครื่องชั่งยังคงให้ผลการชั่งและมีผลผิดอยู่ภายในค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กำหนดไว้ ก็ให้ดำเนินการทดสอบอื่นๆต่อไป แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้โอกาสแก่เครื่องชั่งให้สามารถผ่านการทดสอบต่างๆที่ตามมานั้น ควรทำให้ผลผิดที่หาได้ในขั้นตอนนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าศูนย์ให้มากที่สุดเท่าที่กระทำได้ หากไม่เป็นเช่นนั้นจำเป็นต้องแนะนำและแจ้งให้ผู้ยื่นคำขอการตรวจสอบต้นแบบดำเนินการทำการสอบเทียบเครื่องชั่งเสียใหม่และส่งมาทำการตรวจสอบต้นแบบใหม่อีกครั้ง

(b) หากเครื่องชั่งยังคงให้ผลการชั่งและมีผลผิดไม่อยู่ภายในค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กำหนดไว้ ให้แจ้งให้ผู้ยื่นคำขอการตรวจสอบต้นแบบดำเนินการทำการสอบเทียบเครื่องชั่งเสียใหม่และส่งมาทำการตรวจสอบต้นแบบใหม่อีกครั้ง

ABBREVIATIONS

#	standard procedure
APLMF	Asia-Pacific Legal Metrology Forum
CSBTS	China State Bureau of Technical Supervision
d	actual scale interval
e	verification scale interval
E	error
E_0	error at zero indication
E_C	corrected error
E_L	error at load indication
ESD	electrostatic discharge
EUT	Electronic instrument under test
I	indication
I_0	indication at zero
I_1	indication of first test load
I_2	indication of second test load
I_L	indication of test load
L	load
L_0	load at zero
ΔL	additional load to next changeover point
ΔL_0	additional load to next changeover point at zero
Max	maximum capacity
Min	minimum capacity
mpe	maximum permissible error
NSC	National Standards Commission
OIML	International Organisation of Legal Metrology
P	indication prior to rounding (digital indication)
ΔP	difference between P at the beginning of testing (zero min) and P at a given time
P_{max}	maximum indication prior to rounding (digital indication)
P_{min}	minimum indication prior to rounding (digital indication)
P_V	indication prior to rounding (digital indication) at given tilt where v = 1, 2, 3, 4, 5
$P°_V$	indication P_V corrected for the deviation from zero the instrument had prior to loading
ΔTemp	difference in temperature for two consecutive tests at different temperatures
U_n	nominal voltage

GENERAL INFORMATION CONCERNING THE PATTERN (Example only)

Application N°: R1996/745
Pattern designation: Model RP -15Y
Manufacturer: ACME Scales, Australia
Applicant: High Class Weighing
Instrument category: Price computing weighing instrument < 100 kg

[X] Complete instrument [ ] Module

Accuracy class: [ ] (I) [ ] (II) [X] (III) [ ] (IIII)

[X] Self-indicating [ ] Semi-self-indicating [ ] Non-self-indicating

Min = 0.04 kg

e = Max = d = n =

e_1 =	0.002 kg	Max_1 =	6 kg	d_1 =		n_1 =	3000
e_2 =	0.005 kg	Max_2 =	15 kg	d_2 =		n_2 =	3000
e_3 =		Max_3 =		d_3 =		n_3 =	

T = + T = - 15 kg

U_n = 240 V U_{min} = V U_{max} = V f = 50 Hz Battery, U = V

Zero-setting device:

[ ] Non-automatic
[X] Semi-automatic
[ ] Automatic zero setting
[X] Initial zero setting
[X] Zero tracking

Tare device:

[X] Tare balancing
[ ] Tare weighing
[ ] Preset tare device
[X] Subtractive tare
[ ] Additive tare

[ ] Combined zero/tare device

Initial zero-setting range = 12.5 %

Temperature range: -10 to +40 °C

Printer: [X] Built-in [ ] Connected [ ] Non-present but connectable [ ] No connection

Instrument submitted: RP - 15 Y
Identification N°: F9700034
Connected equipment: Nil

Interfaces: Nil
(number, nature)
Remarks: see following page
Date of report: 28 September 97
Observer: I. Examiner

Load cell:
Manufacturer: .....
Type: .....
Capacity: .....
Number: .....
Classification symbol: .....
Evaluation period: .....

รูปที่ 145 ตัวอย่างการกรอกแบบฟอร์มข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ

Report page .... /....

GENERAL INFORMATION CONCERNING THE PATTERN

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Manufacturer: .....
Applicant: .....
Instrument category: .....

☐ Complete instrument ☐ Module (*)

Accuracy class : ☐ (I) ☐ (II) ☐ (III) ☐ (IIII)

☐ Self- ☐ Semi-self- ☐ Non-self-indicating

Min = ☐

e = ☐ Max = ☐ d = ☐ n = ☐

e_1 = ☐ Max_1 = ☐ d_1 = ☐ n_1 = ☐
e_2 = ☐ Max_2 = ☐ d_2 = ☐ n_2 = ☐
e_3 = ☐ Max_3 = ☐ d_3 = ☐ n_3 = ☐

T = + ☐ T = – ☐

U_n = ☐ V U_{min} = ☐ V U_{max} = ☐ V f = ☐ Hz Battery, U = ☐ V

Zero-setting device:
☐ Non automatic
☐ Semi-automatic
☐ Automatic zero-setting
☐ Initial zero-setting
☐ Zero-tracking

Tare device:
☐ Tare balancing
☐ Tare weighing
☐ Preset tare device
☐ Subtractive tare
☐ Additive tare

☐ Combined zero/tare device

Initial zero-setting range = ☐ %

Temperature range: ☐ °C

Printer: ☐ Built-in ☐ Connected ☐ Non present but connectable ☐ No connection

Instrument submitted: .....
Identification N°: .....
Connected equipment: .....
.....
.....
Interfaces: .....
(number, nature) .....
Remarks: see following page
Date of report: .....
Observer: .....

Loadcell:
Manufacturer: .....
Type: .....
Capacity: .....
Number: .....
Classification
symbol: .....

Evaluation period: .....

(*) The test equipment (simulator or a part of a complete instrument) connected to the module shall be defined in the test form(s) used.

รูปที่ 145.1 แบบฟอร์มสำหรับกรอกข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (OIML R76-2)

Report page .... /....

GENERAL INFORMATION CONCERNING THE PATTERN
(continued)

Use this space to indicate additional remarks and/or information: connections equipment, interfaces and load cells, choice of the manufacturer regarding protection against disturbances (5.1.1.a or 5.1.1.b), etc.

รูปที่ 145.1(ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับกรอกข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (OIML R76-2)

Report page ..../....

INFORMATION CONCERNING THE TEST EQUIPMENT
USED FOR PATTERN EVALUATION

รูปที่ 145.1(ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับกรอก**ข้อมูล**เบื้องต้นของเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ (OIML R76-2)

บทที่ 9

- **ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 1**
- **ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2**

เนื้อหาครอบคลุม

1 การตั้งศูนย์ครั้งแรก (Initial zero-setting)

2 การตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติ, กึ่งอัตโนมัติ และอัตโนมัติ (Non-automatic, Semi-automatic , and Automatic Zero-Setting)

3 การรักษาศูนย์ (Zero Tracking)

4 การแสดงค่าศูนย์ (Zero Indicating)

ในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งของการทดสอบช่วงของการตั้งศูนย์ (Range of zero-setting , 4.2.1) นับเป็นเรื่องแรกสุดที่เริ่มทำการทดสอบ โดยเริ่มต้นด้วยการทดสอบการตั้งศูนย์ครั้งแรก (Initial zero-setting; A.4.2.1.1) ของเครื่องชั่ง จากนั้นตามด้วยการตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติและการตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติ (Nonautomatic and semi-automatic zero-setting, A.4.2.1.2) และการตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero-setting; A.4.2.1.3) และการรักษาศูนย์ (Zero tracking) นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงการทดสอบส่วนแสดงค่าศูนย์ตามข้อกำหนด A.4.2.2 และ A.4.2.3

แต่ก่อนอื่นจำเป็นต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องชั่งและทำการบันทึกข้อมูลดังกล่าวในแบบฟอร์มประเมินผล ดังตัวอย่างแนบไว้ในบทที่ 8 เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น

เนื่องจากในบทนี้จะเป็นบทที่กล่าวถึงขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 1 และลำดับที่ 2 ตามแผนการทำงาน (Work planner) ที่วางไว้ แต่เพื่อความเข้าใจมากขึ้นควรทำความเข้าใจในเนื้อหา

ข้อกำหนดใน OIML R76-1, ข้อกำหนด A.4.2, 4.2.2.1, A.4.2.2, A.4.4.2 และ A.4.5

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 1

A.4.2 การตรวจสอบตำแหน่งศูนย์ (Checking of zero)

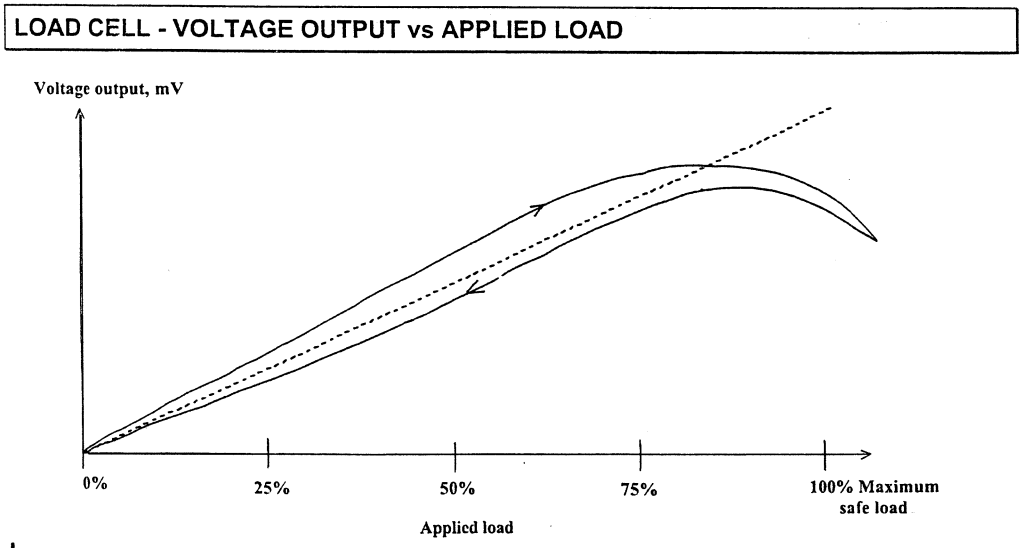
A.4.2.1 ช่วงของการตั้งศูนย์ (Range of zero-setting, 4.5.1)

ขั้นตอนวิธีการทดสอบนี้ได้แบ่งการทดสอบช่วงการตั้งศูนย์ออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ขั้นตอนแรกเป็นการหาการตั้งศูนย์ครั้งแรก (A.4.2.1.1) และขั้นตอนที่สองเพื่อหาช่วงการตั้งศูนย์ (the zero-setting range) โดยหากเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติหรือส่วนตั้งส่วนกึ่งอัตโนมัติให้ดำเนินการตาม A.4.2.1.2 เพื่อหาช่วงการตั้งศูนย์ แต่ถ้าหากเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติให้ดำเนินการตาม A.4.2.1.3 รวมทั้งการทดสอบส่วนแสดงค่าศูนย์ตาม A.4.2.2 และ A.4.2.3

A.4.2.1.1 การตั้งศูนย์ครั้งแรก (Initial zero-setting)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
1	**Zero range – Initial**	1	

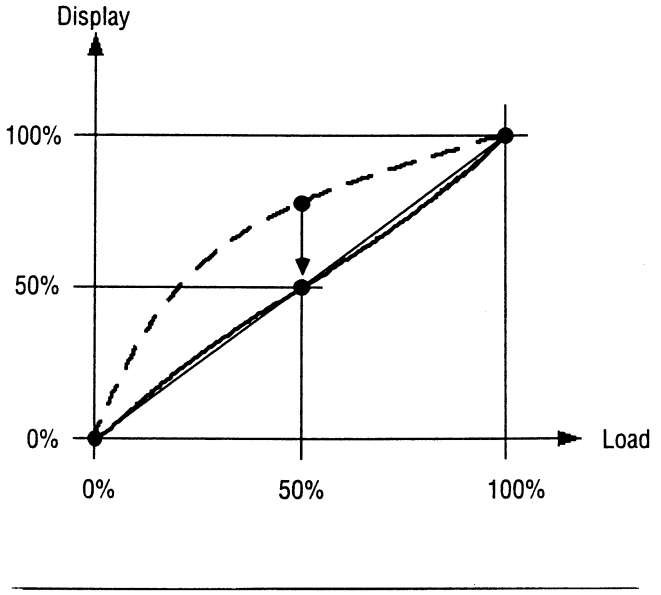
OIML R76-1: A.4.2, A.4.2.1.1 (ดูบทที่ 6)
A.4.4.2,
4.5



รูปที่ 146 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าด้านทางออกของโหลดเซลเทียบกับภาระน้ำหนักกระทำต่อโหลดเซล

Figure Linearization of the characteristic curve.

So that a nonlinear characteristic curve of the measurement system does not lead to a deviation of the result in the display, the AT possesses an automatic linearity correction. For this purpose, two equally heavy calibration weights are built into the balance and are weighed in succession singly and together during the calibration operation. From the results the processor determines the true deviation from linearity and then corrects these. (To show this effect more clearly, the deviations from linearity have been greatly exaggerated in the illustration.)



รูปที่ 146.1 โดยปกติแล้วความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณที่ส่งจากส่วนวัดน้ำหนักกับส่วนแสดงค่าจะไม่เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง แต่เครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคจะทำการปรับกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวให้มีลักษณะใกล้เคียงเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

Hysteresis
In the investigation of the mutual dependence of two physical values, it is often possible to find two different measurement values for the quantities investigated even when the independent quantity is the same in both cases. The measurement value found depends on whether the independent quantity has a tendency to increase or decrease. In balances, it is mainly the hysteresis of the error curve that is of interest.

Hysteresis compensation device
A device or measure to compensate the → Hysteresis of a measuring instrument, e.g. through special spring arrangements or use of a computer program to take the hysteresis into account.

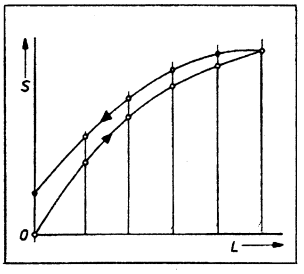


Fig.
Hysteresis between increasing and decreasing load:
S = output signal
L = loading

รูปที่ 146.2 โดยปกติแล้วการเพิ่มและลดภาระน้ำหนักจะไม่ให้ความสัมพันธ์ระหว่างภาระน้ำหนักกับสัญญาณด้านทางออกของโหลดเซลเช่นเดียวกัน อันเนื่องจากปรากฏการณ์ **"Hysteresis"**

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 49)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 1

ช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (Initial Zero – Setting Range); A.4.2.1.1

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ทำการหาช่วงทางบวกของช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (the positive portion of the initial zero-setting range) โดย
    (a) จัดวางเครื่องชั่งในตำแหน่งที่มั่นคงพร้อมทำการปรับให้เครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์ ในขณะที่ไม่มีน้ำหนักทดสอบวางอยู่บนส่วนรับน้ำหนัก
    (b) วางน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนักจากนั้นทำการปิดเครื่องชั่งและเปิดเครื่องชั่งสังเกตว่าเครื่องชั่งยังแสดงค่าศูนย์อีกหรือไม่ หากยังแสดงค่าศูนย์
    (c) ทำการเพิ่มน้ำหนักทดสอบด้วยน้ำหนักคราวละน้อยๆ ลงบนส่วนรับน้ำหนักจากนั้นทำการปิดเครื่องชั่งและเปิดเครื่องชั่ง อีกครั้ง
    (d) ทำตามขั้นตอนดังกล่าวจนกระทั่งเครื่องชั่งไม่สามารถกลับมาแสดงค่าศูนย์หรือเข้าสู่สภาวะสมดุลศูนย์
    (e) ลดน้ำหนักทดสอบที่วางบนส่วนรับน้ำหนักออกด้วยน้ำหนักคราวละน้อยๆ จากนั้นทำการปิดเครื่องชั่งและเปิดเครื่องชั่ง ทุกครั้งที่เอาน้ำหนักทดสอบออกไป จนกระทั่งได้น้ำหนักทดสอบที่เหลืออยู่บนส่วนรับน้ำหนักเมื่อทำการปิดเครื่องชั่งและเปิดเครื่องชั่งแล้วเครื่องชั่งสามารถกลับสู่ศูนย์ได้ กระทำด้วยความแม่นยำเท่ากับ 0.5e คือเพิ่มหรือลดจากจุดนี้ 0.5e เพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าหากสูงกว่าจุดนี้แล้วเครื่องชั่งไม่สามารถกลับไปแสดงค่าที่ศูนย์ได้อีก
    (f) บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบมากที่สุดเมื่อวางบนส่วนรับน้ำหนักแล้วเครื่องชั่งสามารถกลับสู่ศูนย์ได้ ถือเป็นช่วงทางบวกของช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (the positive portion of the initial zero-setting range)
2. ทำการหาช่วงทางลบของช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (the negative portion of the initial zero-setting range) โดย
    (a) เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดหรือสิ่งของใดๆที่อยู่บนส่วนรับน้ำหนักออก จากนั้นทำการตั้งศูนย์ โดยทำการปิดเครื่องชั่งและเปิดเครื่องชั่ง

(b) หลังจากนั้นทำการยกส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่ง (the load receptor and platform) ออกจากเครื่องชั่ง

(c) หากเครื่องชั่งยังคงสามารถตั้งศูนย์ได้อีกหลังจากทำการปิดและเปิดเครื่อง ให้ถือเอาค่าน้ำหนักของส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่งเป็นค่าช่วงทางลบของของช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (the negative portion of the initial zero-setting range)

หรือ

(d) หากเครื่องชั่งไม่สามารถตั้งศูนย์ได้อีกหลังจากยกส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่งออกจากเครื่องชั่งและทำการปิดและเปิดเครื่อง ให้ทำการ

(i) ให้วางน้ำหนักทดสอบบนส่วนส่งผ่านน้ำหนัก (Load transmitting device) หรือส่วนที่ถ่ายน้ำหนักไปยังส่วนชั่งน้ำหนัก (load-measuring device) (นั่นคือ ส่วนที่ส่วนรับน้ำหนักวางบนอยู่) จนกระทั่งเครื่องชั่งสามารถกลับมาแสดงค่าศูนย์ได้อีกครั้ง น้ำหนักทดสอบที่วางลงไปในตอนนี้ควรมีค่าเท่ากับน้ำหนักของส่วนรับน้ำหนัก

(ii) ทำการลดน้ำหนักทดสอบด้วยน้ำหนักคราวละน้อยๆ นำออกจากบนส่วนรับน้ำหนักจากนั้นทำการปิดเครื่องชั่งและเปิดเครื่องชั่ง อีกครั้ง

(iii) ทำตามขั้นตอนข้างบนดังกล่าวจนกระทั่งเครื่องชั่งไม่สามารถกลับมาแสดงค่าศูนย์ (re-zero) หรือเข้าสู่สภาวะสมดุลศูนย์ได้อีก และ

(iv) เพิ่มน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักด้วยน้ำหนักคราวละน้อยๆ จากนั้นทำการปิดเครื่องชั่งและเปิดเครื่องชั่ง ทุกครั้งที่เอาน้ำหนักทดสอบออกไปจนกระทั่งได้น้ำหนักทดสอบที่เหลืออยู่บนส่วนรับน้ำหนักเมื่อทำการปิดเครื่องชั่งและเปิดเครื่องชั่งแล้วเครื่องชั่งสามารถกลับสู่ศูนย์ได้ กระทำด้วยความแม่นยำเท่ากับ 0.5e คือเพิ่มหรือลดจากจุดนี้ 0.5e เพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าหากสูงกว่าจุดนี้แล้วเครื่องชั่งไม่สามารถกลับไปแสดงค่าที่ศูนย์ได้อีก

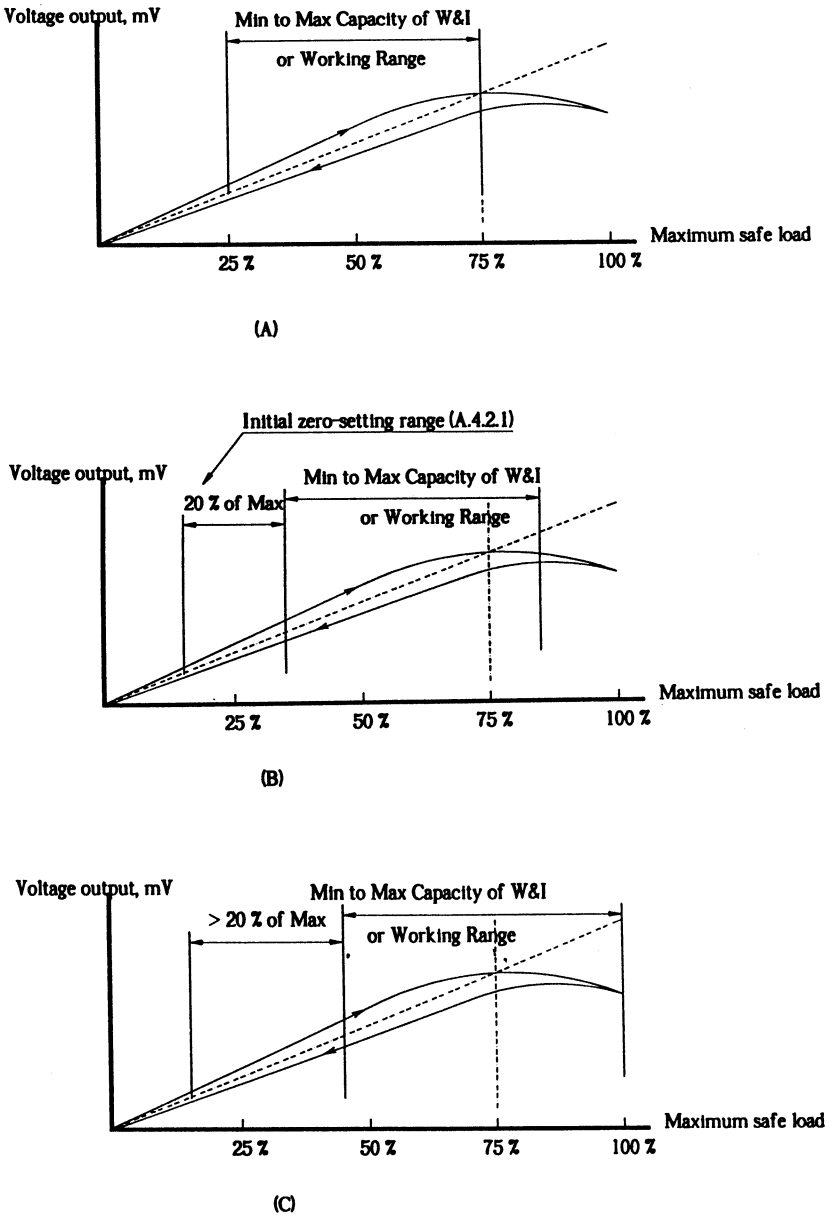
(v) บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบมากที่สุดที่เครื่องชั่งยังสามารถกลับสู่ศูนย์ได้โดยการปิดและเปิดเครื่องเป็นค่าช่วงทางลบของของช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (the negative portion of the initial zero-setting range)

3. ทำการคำนวณหาค่าช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (the initial zero-setting range) โดยทำการรวมระหว่างช่วงทางบวกและทางลบ จากนั้นคำนวณค่าผลรวมที่ได้เทียบเป็นเปอร์เซนต์กับพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง ในกรณีที่พบว่าหากไม่สามารถเอาส่วนรับน้ำหนักออกจากเครื่องชั่งได้ ให้พิจารณาเฉพาะช่วงทางบวกของช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (the positive portion of the initial zero-setting range)

4. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ต้องได้รับการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม (Supplementary weighing test, 4.5.1) ตามข้อกำหนด A.4.4.2 ก็ต่อเมื่อพบว่าเครื่องชั่งที่มีส่วนตั้งศูนย์เริ่มต้น (an initial zero-setting device) และมีช่วงการตั้งศูนย์มากกว่า 20 % ของพิกัดกำลังสูงสุด (Max) โดยทำการทดสอบตามวิธีการทดสอบมาตรฐานวิธีการที่ 6 โดยถือเอาค่าขอบเขตบนของช่วงการตั้งศูนย์ (the upper limit of the range) นี้เป็นจุดตำแหน่งศูนย์

ขอบเขตที่ยอมให้ได้สำหรับส่วนตั้งศูนย์ครั้งแรก (the initial zero-setting device) ที่มีช่วงการตั้งศูนย์กว่ามากกว่า 20 % ของพิกัดกำลังสูงสุด (Max) หากผลการทดสอบเครื่องชั่งแสดงว่าเครื่องชั่งอยู่ยังคงเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1, ข้อกำหนด 3.5, 3.6, 3.8 และ 3.9 ที่ทำการชั่งน้ำหนักชดเชยใด ๆ (any load compensated) ภายในช่วงที่กำหนดของเครื่องชั่ง; (4.5.1)

5. บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดลงในรายงานประเมินผลในแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 49)



รูปที่ 147 **(A)** ช่วงการใช้งานโหลดเซลที่ดี

(B) ช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (Initial zero-setting range) มีผลกระทบต่อช่วงการทำงานของโหลดเซลของเครื่องชั่ง

(C) ช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (Initial zero-setting range) ที่มีมากเกินกว่า 20% มีผลกระทบต่อช่วงการทำงานของโหลดเซลของเครื่องชั่ง

Fig. 1

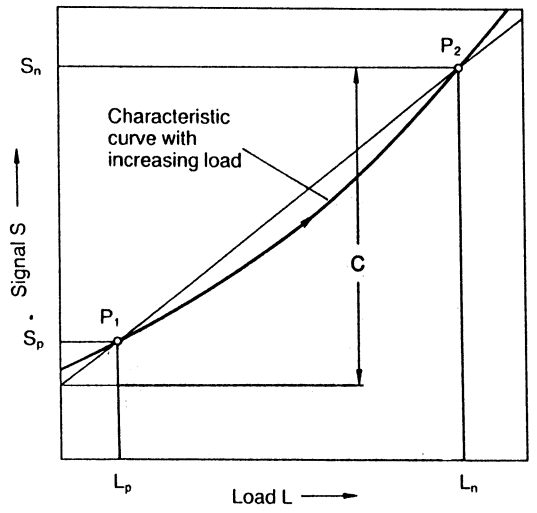
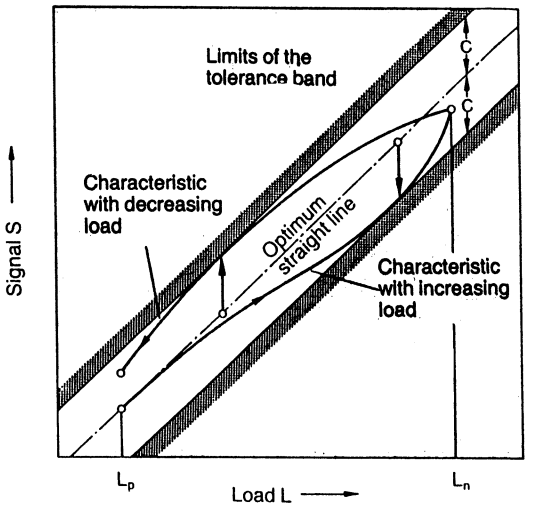


Fig. 2



รูปที่ 148 กราฟแสดงสมรรถนะการทำงานของโหลดเซลเปรียบเทียบสัญญาณด้านทางออกเทียบกับภาระน้ำ หนักที่กระทำ

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2

A.4.2.1.2 การตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติและการตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติ (Nonautomatic and semi-automatic zero-setting)

A.4.2.1.3 การตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero-setting)

A.4.2.2 ตัวแสดงศูนย์ (Zero indicating device, 4.5.5)

A.4.2.3 ความถูกต้องของการตั้งศูนย์ (Accuracy of Zero-setting, 4.5.2)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
2.	**A. Zero range – Zero Tacking (ZT)-Automatic Zero Setting(SAZ)** **B. Zero-indicating Device**	1	

OIML R76-1: A.4.2.1.2, A.4.2.1.3 (ดูบทที่ 6)
A.4.2.2, A.4.2.3, A.4.2.3.1, A.4.2.3.2

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 49)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/1

ช่วงการตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติ (Non-Automatic and Semi-automatic Zero – Setting Range); A.4.2.1.2

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ทำการหาช่วงทางบวกของช่วงการตั้งศูนย์ (the positive portion of the zero-setting range) โดย
   (a) จัดวางเครื่องชั่งในตำแหน่งที่มั่นคงพร้อมทำการปรับให้เครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์ ในขณะที่ไม่มีน้ำหนักทดสอบวางอยู่บนส่วนรับน้ำหนัก
   (b) วางน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนักจากนั้นทำการตั้งศูนย์อีกครั้ง โดยการใช้ส่วนตั้งศูนย์ (the zero-setting device) สังเกตว่าเครื่องชั่งยังแสดงค่าศูนย์อีกหรือไม่ หากยังคงแสดงค่าศูนย์
   (c) ทำการเพิ่มน้ำหนักทดสอบด้วยน้ำหนักคราวละน้อยๆ ลงบนส่วนรับน้ำหนักจากนั้นทำการตั้งศูนย์ใหม่อีกครั้ง โดยการใช้ส่วนตั้งศูนย์
   (d) ทำตามขั้นตอนดังกล่าวจนกระทั่งเครื่องชั่งไม่สามารถกลับมาแสดงค่าศูนย์หรือเข้าสู่สภาวะสมดุลศูนย์ โดยการใช้ส่วนตั้งศูนย์ กระทำด้วยความแม่นยำเท่ากับ 0.5e คือ เพิ่มหรือลดจากจุดนี้ 0.5e เพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าหากสูงกว่าจุดนี้แล้วเครื่องชั่งไม่สามารถกลับไปแสดงค่าที่ศูนย์ได้อีก
   (e) บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบมากที่สุดเมื่อวางบนส่วนรับน้ำหนักแล้วเครื่องชั่งไม่สามารถกลับสู่ศูนย์ได้ เป็นค่าช่วงทางบวกของช่วงการตั้งศูนย์ (the positive portion of the zero-setting range)
2. ทำการหาช่วงทางลบของช่วงการตั้งศูนย์ (the negative portion of the zero-setting range) โดย
   (a) เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดหรือสิ่งของใดๆที่อยู่บนส่วนรับน้ำหนักออก จากนั้นทำการตั้งศูนย์
   (b) หลังจากนั้นทำการยกส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่ง (the load receptor and platform) ออกจากเครื่องชั่ง
   (c) หากเครื่องชั่งยังคงสามารถตั้งศูนย์ได้อีกหลังจากทำการตั้งศูนย์ด้วยส่วนตั้งศูนย์ (the zero-setting device) ให้ถือเอาค่าน้ำหนักของส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่งเป็นค่าช่วงทางลบของของช่วงการตั้งศูนย์ (the negative portion of the zero-setting range)

หรือ

(d) หากเครื่องชั่งไม่สามารถตั้งศูนย์ได้อีกหลังจากยกส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่งออกจากเครื่องชั่ง ให้ทำการ

(i) ให้วางน้ำหนักทดสอบบนส่วนส่งผ่านน้ำหนัก (Load transmitting device) หรือส่วนที่ถ่ายน้ำหนักไปยังส่วนชั่งน้ำหนัก (load-measuring device) (นั้นคือ ส่วนที่ส่วนรับน้ำหนักวางบนอยู่) จนกระทั่งเครื่องชั่งสามารถกลับมาแสดงค่าศูนย์ได้อีกครั้ง น้ำหนักทดสอบที่วางลงไปในตอนนี้ควรมีค่าเท่ากับน้ำหนักของส่วนรับน้ำหนัก

(ii) ทำการลดน้ำหนักทดสอบด้วยน้ำหนักคราวละน้อยๆ นำออกจากบนส่วนรับน้ำหนักจากนั้นทำการตั้งศูนย์ด้วยส่วนตั้งศูนย์ อีกครั้ง

(iii) ทำตามขั้นตอนข้างบนดังกล่าวจนกระทั่งเครื่องชั่งไม่สามารถกลับมาแสดงค่าศูนย์ (re-zero) หรือเข้าสู่สภาวะสมดุลศูนย์ได้อีก และ

(iv) เพิ่มน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักด้วยน้ำหนักคราวละน้อยๆ จากนั้นทำการตั้งศูนย์ด้วยส่วนตั้งศูนย์ ทุกครั้งที่เอาน้ำหนักทดสอบออกไป จนกระทั่งได้น้ำหนักทดสอบที่เหลืออยู่บนส่วนรับน้ำหนักเมื่อทำการตั้งศูนย์แล้วเครื่องชั่งสามารถกลับสู่ศูนย์ได้ กระทำด้วยความแม่นยำเท่ากับ 0.5e คือเพิ่มหรือลดจากจุดนี้ 0.5e เพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าหากสูงกว่าจุดนี้แล้วเครื่องชั่งไม่สามารถกลับไปแสดงค่าที่ศูนย์ได้อีก

(v) บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบมากที่สุดที่เครื่องชั่งยังสามารถกลับสู่ศูนย์ได้โดยการตั้งศูนย์ด้วยส่วนตั้งศูนย์เป็นค่าช่วงทางลบของของช่วงการตั้งศูนย์ (the negative portion of the zero-setting range)

3. ทำการคำนวณหาค่าช่วงการตั้งศูนย์ (the zero-setting range) โดยทำการรวมระหว่างช่วงทางบวกและทางลบ จากนั้นคำนวณค่าผลรวมที่ได้เทียบเป็นเปอร์เซนต์กับพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง ในกรณีที่พบว่าหากไม่สามารถเอาส่วนรับน้ำหนักออกจากเครื่องชั่งได้ ให้พิจารณาเฉพาะช่วงทางบวกของช่วงการตั้งศูนย์ (the positive portion of the zero-setting range)
4. ในการพิจารณว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ผ่านหรือไม่ผ่านการทดสอบหาช่วงการตั้งศูนย์ ให้ยึดถือตามข้อกำหนด OIML R76-1 ในข้อกำหนด, 4.5.1 เครื่องชั่งสามารถผ่านการทดสอบช่วงการตั้งศูนย์ได้ก็ต่อเมื่อ ผลกระทบการทำงานรวมของส่วนตั้งศูนย์ไม่เกิน 4% ของพิกัดกำลังสูงสุด นั้นคือเครื่องชั่งต้องมีค่าช่วงการตั้งศูนย์ได้ไม่เกิน 4% ของพิกัดกำลังสูงสุด
5. บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดลงในรายงานประเมินผลในแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 49)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/2

ช่วงการตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic Zero – Setting Range); A.4.2.1.3

ในการทดสอบช่วงการตั้งศูนย์อัตโนมัตินี้สามารถทำการทดสอบได้ 3 วิธีการด้วยกัน ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขและข้อจำกัด ได้แก่

(a) กรณีที่สามารถถอด/ยกส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่ง (the load receptor and platform) ออกจากเครื่องชั่งได้

(b) กรณีที่ไม่สามารถถอด/ยกส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่ง (the load receptor and platform) ออกจากเครื่องชั่งได้ และเครื่องชั่งประกอบด้วยส่วนตั้งศูนย์อีกส่วนหนึ่ง

(c) กรณีที่ไม่สามารถถอด/ยกส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่ง (the load receptor and platform) ออกจากเครื่องชั่งได้ และเครื่องชั่งไม่ได้ประกอบด้วยส่วนตั้งศูนย์ใดๆ

(a) กรณีที่สามารถถอด/ยกส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่ง (the load receptor and platform) ออกจากเครื่องชั่งได้ (Load receptor CAN be Removed)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ยกส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่ง (the load receptor and platform) ออกจากเครื่องชั่ง สังเกตเครื่องชั่งยังสามารถแสดงค่าศูนย์ได้หรือไม่ หากไม่สามารถแสดงค่าศูนย์ได้ให้วางน้ำหนักทดสอบลงไปจนกระทั่งเครื่องชั่งสามารถแสดงค่าศูนย์ได้อีกครั้ง
2. เอาน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนักด้วยน้ำหนักคราวละน้อยๆ หลังจากเอาน้ำหนักทดสอบออกในแต่ละครั้ง ต้องปล่อยให้เว้นระยะเวลาทิ้งห่างสักพักหนึ่งเพื่อให้ส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติทำงาน ด้วยเหตุผลที่ว่าเวลาที่ทิ้งช่วงไว้นี้เป็นช่วงระยะเวลาสูญเสียต่อการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของเครื่องมือต่างๆ ซึ่งเป็นเรื่องปกติในการทำงานของชิ้นส่วนต่างๆทั้งแบบกลไกและแบบอิเล็คทรอนิค โดยปกติแล้วช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อปล่อยให้ส่วนตั้งศูนย์ทำงานประมาณ 5 วินาทีหรืออาจจะนานกว่าตามความเหมาะสม
3. ทำตามขั้นตอนข้างบนดังกล่าวจนกระทั่งเครื่องชั่งไม่สามารถกลับมาแสดงค่าศูนย์ (re-zero) อย่างอัตโนมัติได้อีก
4. ค่าน้ำหนักทดสอบมากที่สุดที่ยอมให้เอาออกจากส่วนรับน้ำหนักดังกล่าวแล้วส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติยังคงสามารถตั้งศูนย์ได้อัตโนมัติ ค่าน้ำหนักทดสอบนี้คือช่วงการตั้งศูนย์ (the zero-setting range)
5. คำนวณช่วงการตั้งศูนย์เทียบกับพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งเป็นเปอร์เซนต์
6. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ผ่านหรือไม่ผ่านการทดสอบหาช่วงการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ให้ยึดถือตามข้อกำหนด OIML R76-1 ในข้อกำหนด 4.5.1 เครื่องชั่งสามารถผ่านการทดสอบช่วงการตั้งศูนย์ได้ก็ต่อเมื่อ ผลกระทบการทำงานรวมของส่วนตั้งศูนย์ไม่เกิน 4% ของพิกัดกำลังสูงสุด นั้นคือเครื่องชั่งต้องมีค่าช่วงการตั้งศูนย์อัตโนมัติได้ไม่เกิน 4% ของพิกัดกำลังสูงสุด
7. บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดลงในรายงานประเมินผลในแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 49)

(b) กรณีที่ไม่สามารถถอด/ยกส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่งออกจากเครื่องชั่งได้ และเครื่องชั่งประกอบด้วยส่วนตั้งศูนย์อีกส่วนหนึ่ง (Load receptor CANNOT be removed and Another Zero-setting Device is fitted)

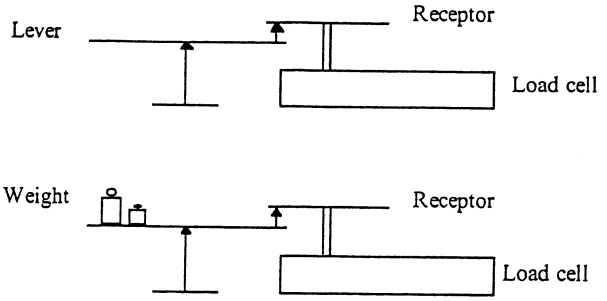
ขั้นตอนการทดสอบ

1. หากส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่ง (the load receptor and platform) ไม่สามารถถอกออกจากเครื่องชั่ง วิธีการที่ปฏิบัติได้ในที่นี้คือทำการเพิ่มน้ำหนักทดสอบลงบนเครื่องชั่งและใช้ส่วนตั้งศูนย์อีกส่วนหนึ่ง (ได้แก่ ส่วนตั้งศูนย์แรกเริ่ม (initial zero setting device) ถ้ามี) เพื่อทำการตั้งศูนย์
2. เอาน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนักด้วยน้ำหนักคราวละน้อยๆ หลังจากเอาน้ำหนักทดสอบออกในแต่ละครั้ง ต้องปล่อยให้เว้นระยะเวลาทิ้งห่างสักพักหนึ่งเพื่อให้ส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติทำงาน ด้วยเหตุผลที่ว่าเวลาที่ทิ้งช่วงไว้นี้เป็นช่วงระยะเวลาสูญเสียต่อการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของเครื่องมือต่างๆ ซึ่งเป็นเรื่องปกติในการทำงานของชิ้นส่วนต่างๆทั้งแบบกลไกและแบบอิเล็คทรอนิค โดยปกติแล้วช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อปล่อยให้ส่วนตั้งศูนย์ทำงานประมาณ 5 วินาทีหรืออาจจะนานกว่าตามความเหมาะสม
3. ทำตามขั้นตอนข้างบนดังกล่าวจนกระทั่งเครื่องชั่งไม่สามารถกลับมาแสดงค่าศูนย์ (re-zero) อย่างอัตโนมัติได้อีก
4. ค่าน้ำหนักทดสอบมากที่สุดที่ยอมให้เอาออกจากส่วนรับน้ำหนักดังกล่าวแล้วส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติยังคงสามารถตั้งศูนย์ได้อัตโนมัติ ค่าน้ำหนักทดสอบนี้คือช่วงการตั้งศูนย์ (the zero-setting range)
5. คำนวณช่วงการตั้งศูนย์เทียบกับพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งเป็นเปอร์เซนต์
6. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ผ่านหรือไม่ผ่านการทดสอบหาช่วงการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ให้ยึดถือตามข้อกำหนด OIML R76-1 ในข้อกำหนด 4.5.1 เครื่องชั่งสามารถผ่านการทดสอบช่วงการตั้งศูนย์ได้ก็ต่อเมื่อ ผลกระทบการทำงานรวมของส่วนตั้งศูนย์ไม่เกิน 4% ของพิกัดกำลังสูงสุด นั้นคือเครื่องชั่งต้องมีค่าช่วงการตั้งศูนย์อัตโนมัติได้ไม่เกิน 4% ของพิกัดกำลังสูงสุด
7. บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดลงในรายงานประเมินผลในแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 49)

(C) กรณีที่ไม่สามารถถอด/ยกส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่งออกจากเครื่องชั่งได้ และเครื่องชั่งไม่ได้ประกอบด้วยส่วนตั้งศูนย์ใดๆ (Load receptor CANNOT be Removed and No Additional Zero-setting Device is Available)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. หากส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่ง (the load receptor and platform) ไม่สามารถถอกออกจากเครื่องชั่งได้ และเครื่องชั่งไม่ได้ประกอบด้วยส่วนตั้งศูนย์ใดๆ ให้ใช้ระบบคานขั้น1 (the First order lever) เพื่อทำการลดน้ำหนักบนส่วนรับน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 149 *หมายเหตุ* ด้วยเหตุผลทางด้านความปลอดภัยดังนั้นวิธีการดังกล่าวนี้จึงเหมาะกับเครื่องชั่งขนาดเล็ก



รูปที่ 149 การประยุกต์ระบบคานทดเพื่อการลดน้ำหนักบนส่วนรับน้ำหนักในการทดสอบหาช่วงการตั้งศูนย์ (Zero-setting range)

2. จัดให้ปลายคานอยู่ข้างใต้ส่วนรับน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 149 ในการกำหนดจุดหมุนขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและน้ำหนักถ่วงบนด้านปลายคานตรงข้าม
3. วางน้ำหนักถ่วงลงบนปลายคานตรงข้าม สังเกตเครื่องชั่งยังสามารถแสดงค่าศูนย์ได้หรือไม่ หากไม่สามารถแสดงค่าศูนย์ได้ หากไม่สามารถแสดงค่าศูนย์ได้อีก ให้เอาน้ำหนักทดสอบออกจากปลายคานด้วยน้ำหนักคราวละน้อยๆ หลังจากเอาน้ำหนักทดสอบออกในแต่ละครั้ง ต้องปล่อยให้เวันระยะเวลาทิ้งห่างสักพักหนึ่งเพื่อให้ส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติทำงาน ด้วยเหตุผลที่ว่าเวลาที่ทิ้งช่วงไว้นี้เป็นช่วงระยะเวลาสูญเสียต่อการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของเครื่องมือต่างๆ ซึ่งเป็นเรื่องปกติในการทำงานของชิ้นส่วนต่างๆทั้งแบบกลไกและแบบอิเล็คทรอนิค โดยปกติแล้วช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อปล่อยให้ส่วนตั้งศูนย์ทำงานประมาณ 5 วินาทีหรืออาจจะนานกว่าตามความเหมาะสม
4. ค่าน้ำหนักทดสอบมากที่สุดที่ยอมให้เอาออกจากปลายคานในลักษณะเช่นนี้แล้วส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติยังคงสามารถตั้งศูนย์ได้อัตโนมัติ ค่าน้ำหนักทดสอบนี้คือช่วงการตั้งศูนย์ (the zero-setting range)
5. เอาน้ำหนักทดสอบออก และส่วนแสดงค่าจะแสดงช่วงของการตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the range of automatic zero setting)
6. คำนวณช่วงการตั้งศูนย์เทียบกับพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งเป็นเปอร์เซนต์
7. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ผ่านหรือไม่ผ่านการทดสอบหาช่วงการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ให้ยึดถือตามข้อกำหนด OIML R76-1 ในข้อกำหนด 4.5.1 เครื่องชั่งสามารถผ่านการทดสอบช่วงการตั้งศูนย์ได้ก็ต่อเมื่อ ผลกระทบการทำงานรวมของส่วนตั้งศูนย์ไม่เกิน 4% ของพิกัดกำลังสูงสุด นั้นคือเครื่องชั่งต้องมีค่าช่วงการตั้งศูนย์อัตโนมัติได้ไม่เกิน 4% ของพิกัดกำลังสูงสุด
8. บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดลงในรายงานประเมินผลในแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 49)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/3

ช่วงการรักษาศูนย์ (Zero – tracking Range); A.4.5.1 และ 4.5.7

ตาม OIML R76-1, ข้อกำหนด 4.5.1 "ผลกระทบการทำงานรวมของส่วนตั้งศูนย์และส่วนรักษาศูนย์ต้องไม่เกิน 4% ของพิกัดกำลังสูงสุด" และ ข้อกำหนด 4.5.7 "ส่วนรักษาศูนย์ควรทำงานก็ต่อเมื่อ

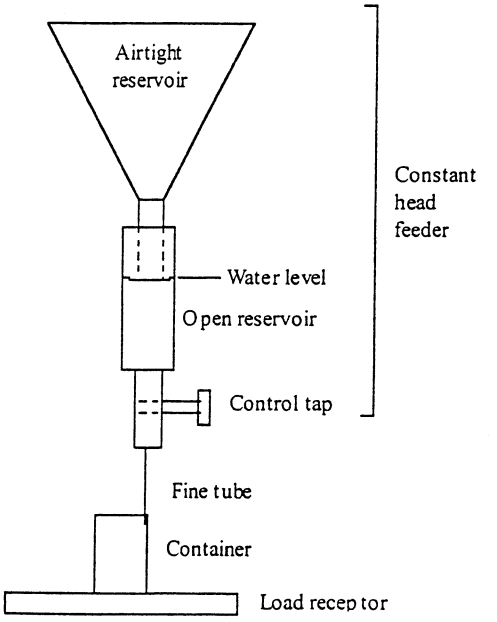
- เครื่องชั่งแสดงศูนย์ หรือ ที่ค่า Negative net value มีค่าเท่ากับ gross zero และ
- เกิดสภาวะสมดุลเสถียร และ
- ค่าแก้ไข (the corrections) ไม่เกิน 0.5d/วินาที

เมื่อเครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์หลังจากทำการทดน้ำหนัก ส่วนรักษาศูนย์อาจทำงานอยู่ภายในช่วง 4% ของพิกัดกำลังสูงสุดรอบค่าศูนย์จริง (the actual zero) ก็ได้"

ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นที่ต้องทำการคำนวณช่วงการทำงานของส่วนการรักษาศูนย์ (the range of the zero-tracking device) ในขณะที่ส่วนทดน้ำหนัก (tare device) ของเครื่องชั่งกำลังทำงานอยู่และเมื่อส่วนทดน้ำหนักของเครื่องชั่งไม่ได้ทำงานหรือเครื่องชั่งไม่มีส่วนทดน้ำหนัก วิธีการต่อไปนี้เป็นวิธีการที่สถาบัน NSC (National Standards Commission) ประเทศออสเตรเลีย ได้ใช้ในการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติและคำนวณหาช่วงทางบวกของช่วงการรักษาศูนย์ (the positive portion of the zero-tracking range) และช่วงทางลบของช่วงการรักษาศูนย์ (the negative portion of the zero-tracking range)

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 49-50)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. ชุดจ่ายน้ำด้วยความดันคงที่ (Constant head water feeder) ดังแสดงในรูปที่ 150



รูปที่ 150 ชุดจ่ายน้ำด้วยความดันคงที่ (Constant head water feeder)

a) ส่วนทดน้ำหนักของเครื่องชั่งไม่ได้ทำงานหรือเครื่องชั่งไม่มีส่วนทดน้ำหนัก (Without Tare)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. คำนวณหาช่วงทางบวกของช่วงการรักษาศูนย์ (the positive portion of the zero-tracking range) โดย

   (a) จัดวางเครื่องชั่งในตำแหน่งที่มั่นคงพร้อมทำการปรับให้เครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์ ในขณะที่ไม่มีน้ำหนักทดสอบวางอยู่บนส่วนรับน้ำหนัก ทำการชั่งน้ำหนักภาชนะเปล่าสำหรับบรรจุน้ำดังรูปที่ 150 บันทึกค่าน้ำหนัก จากนั้นเอาภาชนะเปล่าออก

   (b) วางน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักด้วยน้ำหนักคราวละน้อยๆประมาณเท่ากับ 0.2d หลังจากเอาน้ำหนักทดสอบออกในแต่ละครั้ง ต้องปล่อยให้เว้นระยะเวลาทิ้งห่างสักพักหนึ่งเพื่อให้ส่วนรักษาศูนย์ทำงานเป็นช่วงระยะเวลาประมาณ 2 วินาทีหรืออาจจะนานกว่าตามความเหมาะสม จนกระทั่งได้น้ำหนักเทียบเท่ากับน้ำหนักภาชนะเปล่า

   (c) วางภาชนะเปล่าลงบนส่วนรับน้ำหนักพร้อมกับเอาน้ำหนักทดสอบที่วางไว้ออก โดยยังยอมให้การรักษาศูนย์ทำการปรับแก้ไขการเบี่ยงเบนศูนย์

   (d) จัดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือชุดจ่ายน้ำด้วยความดันคงที่ ดังรูปที่ 150 ทำการปรับน้ำให้ลักษณะการไหลลงอย่างสม่ำเสมอราบเรียบมากับผนังด้านในของภาชนะบรรจุน้ำ ต้องไม่ให้น้ำไหลลงในลักษณะเป็นหยดเนื่องจากอาจก่อให้เกิดการกระเด็นของน้ำส่งผลให้การตรวจสอบต้นแบบผิดไป แต่ต้องระวังไม่ให้ปลายเข็มสัมผัสกับผนังด้านในของภาชนะบรรจุน้ำด้วย

   (e) เริ่มทำการปล่อยน้ำให้ไหลลงมาในภาชนะ แต่ต้องแน่ใจว่าการรักษาศูนย์ของเครื่องชั่งยังคงรักษาการแสดงค่าศูนย์ (a zero indication) อยู่

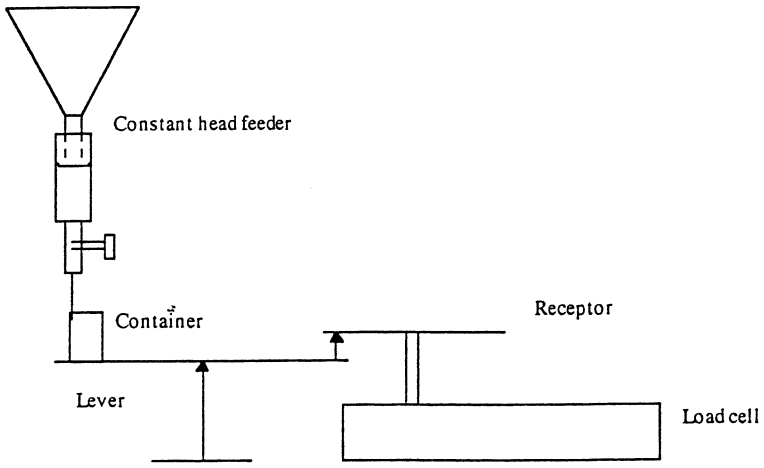
   (f) ทันทีที่การรักษาศูนย์หยุดการทำงาน คือไม่สามารถรักษาการแสดงค่าศูนย์ได้อีกต่อไป ให้ปิดวาล์วน้ำทันที และเอาภาชนะบรรจุน้ำออกจากส่วนรับน้ำหนัก ในกรณีส่วนใหญ่ค่าน้ำหนักติดลบที่แสดงโดยส่วนแสดงค่าจะเป็นค่าที่ส่วนรักษาศูนย์ทำงานเพื่อรักษาการแสดงค่าศูนย์นั้นอง

   (g) ทำการบันทึกค่าน้ำหนักติดลบที่แสดงไว้ดังกล่าวให้เป็นค่าน้ำหนักบวก ค่าน้ำหนักดังกล่าวคือ ช่วงทางบวกของช่วงการรักษาศูนย์ (the positive portion of the zero-tracking range)

2. คำนวณหาช่วงทางลบของช่วงการรักษาศูนย์ (the negative portion of the zero-tracking range) โดย

   (a) เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดหรือสิ่งของใดๆที่อยู่บนส่วนรับน้ำหนักออก จากนั้นทำการตั้งศูนย์

(b) ให้ใช้ระบบคานขั้น1 (the First order lever) เพื่อทำการลดน้ำหนักบนส่วนรับน้ำหนัก จัดให้ปลายคานอยู่ข้างใต้ส่วนรับน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 151 ในการกำหนดจุดหมุนขึ้นอยู่กับความเหมาะสม



รูปที่ 151 การทำงานร่วมกันระหว่างระบบคานทดเพื่อการลดน้ำหนักบนส่วนรับน้ำหนักกับชุดจ่ายน้ำด้วยความดันคงที่ (Constant head water feeder)

(c) จัดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือระบบน้ำบนด้านปลายคานตรงข้าม ดังรูปที่ 151 ทำการปรับน้ำให้ลักษณะการไหลลงอย่างสม่ำเสมอราบเรียบมากับผนังด้านในของภาชนะบรรจุน้ำ ต้องไม่ให้น้ำไหลลงในลักษณะเป็นหยดเนื่องจากอาจก่อให้เกิดการกระเด็นของน้ำส่งผลให้การตรวจสอบต้นแบบผิดไป แต่ต้องระวังไม่ให้ปลายเข็มสัมผัสกับผนังด้านในของภาชนะบรรจุน้ำด้วย

(d) เริ่มทำการปล่อยน้ำให้ไหลลงมาในภาชนะ แต่ต้องแน่ใจว่าการรักษาศูนย์ของเครื่องชั่งยังคงรักษาการแสดงค่าศูนย์ (a zero indication) อยู่

(e) ทันทีที่การรักษาศูนย์หยุดการทำงาน คือไม่สามารถรักษาการแสดงค่าศูนย์ได้อีกต่อไป ให้ปิดวาล์วน้ำทันที และเอาภาชนะบรรจุน้ำออกจากส่วนรับน้ำหนัก ในกรณีส่วนใหญ่ค่าน้ำหนักบวกที่แสดงโดยส่วนแสดงค่าจะเป็นค่าที่ส่วนรักษาศูนย์ทำงานเพื่อรักษาการแสดงค่าศูนย์นั้นเอง

(f) ทำการบันทึกค่าน้ำหนักค่าบวกที่แสดงไว้ดังกล่าวให้เป็นค่าน้ำหนักติดลบ ค่าน้ำหนักดังกล่าวคือ ช่วงทางลบของช่วงการรักษาศูนย์ (the negative portion of the zero-tracking range)

3. คำนวณหาค่าช่วงการรักษาศูนย์ (the zero-tracking range) โดยทำการรวมระหว่างช่วงทางบวกและทางลบ จากนั้นคำนวณค่าผลรวมที่ได้เทียบเป็นเปอร์เซนต์กับพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
4. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ต้องได้รับการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม (Supplementary weighing test, 4.5.1) ตามข้อกำหนด A.4.5.1 "ผลกระทบการทำงานรวมของส่วนตั้งศูนย์และส่วนรักษาศูนย์ต้องไม่เกิน 4% ของพิกัดกำลังสูงสุด"

5. บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดลงในรายงานประเมินผลในแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 49)

b) ส่วนทดน้ำหนักของเครื่องชั่งกำลังทำงานอยู่ (With Tare Applied)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ดำเนินการเหมือนกับขั้นตอนในหัวข้อ a) ส่วนทดน้ำหนักของเครื่องชั่งไม่ได้ทำงานหรือเครื่องชั่งไม่มีส่วนทดน้ำหนัก (Without Tare) เพียงแต่ทำการวางน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักแล้วกระตุ้นให้ส่วนทดน้ำหนักทำงานก่อนดำเนินการทดสอบ
2. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ต้องได้รับการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม (Supplementary weighing test, 4.5.1) ตามข้อกำหนด A.4.5.7 7 "ส่วนรักษาศูนย์ควรทำงานก็ต่อเมื่อ
   - เครื่องชั่งแสดงศูนย์ หรือ ที่ค่า Negative net value มีค่าเท่ากับ gross zero และ
   - เกิดสภาวะสมดุลเสถียร และ
   - ค่าแก้ไข (the corrections) ไม่เกิน 0.5d/วินาที

   เมื่อเครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์หลังจากทำการทดน้ำหนัก ส่วนรักษาศูนย์อาจทำงานอยู่ภายในช่วง 4% ของพิกัดกำลังสูงสุดรอบค่าศูนย์จริง (the actual zero) ก็ได้"
3. บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดลงในรายงานประเมินผลในแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 50)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/4

ส่วนแสดงศูนย์ (Zero – indicating Device); A.4.2.2

ตาม OIML R76-1, ข้อกำหนด A.4.2.2 ส่วนแสดงศูนย์ (Zero indicating device, 4.5.5) "สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลและไม่มีส่วนรักษาศูนย์ (Zero-Tracking Device) ให้ปรับเครื่องชั่งให้ต่ำกว่าศูนย์ประมาณ 1 ค่าขั้นหมายมาตราโดยการเติมน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 1 ใน 10 ของค่าขั้นหมายมาตรา จากนั้นหาช่วงที่ส่วนแสดงศูนย์แสดงเบี่ยงเบนไปจากศูนย์"

สำหรับข้อกำหนด 4.5.5 ส่วนแสดงศูนย์สำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบดิจิตอล (Zero indicating device on an instrument with digital indication) นั้นได้กำหนดให้ "เครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบดิจิตอลต้องมีส่วนแสดงศูนย์ (Zero indicating device) เพื่อแสดงให้ทราบถึงสภาวะเครื่องชั่งเมื่อมีการเบี่ยงเบนจากตำแหน่งศูนย์ไม่เกิน 0.25e ด้วยสัญลักษณ์พิเศษ ส่วนแสดงศูนย์นี้อาจทำงานเมื่อเครื่องชั่งแสดค่าศูนย์หลังทำการทดน้ำหนักอีกด้วยก็ได้

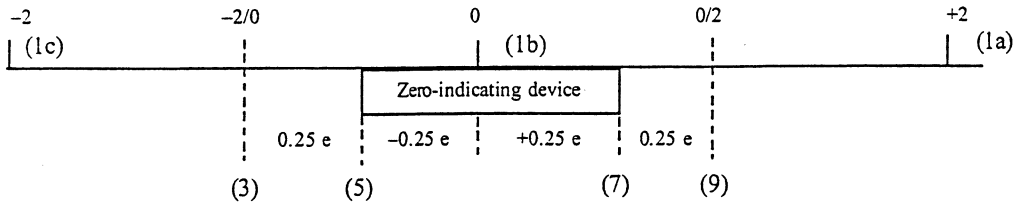
สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าช่วยเสริมพิเศษ (Auxiliary indicating devices) หรือมีส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) ซึ่งมีอัตราการรักษาศูนย์ (the rate of zero tracking) ไม่ต่ำกว่า 0.25d/วินาที อาจไม่ต้องมีส่วนแสดงศูนย์ก็ได้"

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 50)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง

(a) เครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอล แต่ไม่มีส่วนรักษาศูนย์ (A Digital Indicating Instrument that does not have a Zero-tracking Device)

ในการทดสอบนี้จะถูกแสดงด้วยรูปประกอบดังในรูปที่ 152 เมื่อเครื่องชั่งมีค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (e) เท่ากับ 2 ในขณะเดียวกันตัวเลขและอักษรภายในวงเล็บเป็นการแสดงถึงลำดับขั้นตอนทดสอบ



รูปที่ 152 ขั้นตอนการทดสอบการทำงานของการแสดงค่าศูนย์ของส่วนแสดงศูนย์ (Zero-indicating device) ที่ไม่มีส่วนรักษาศูนย์, หมายเลขในรูปแสดงถึงขั้นตอนการทดสอบ

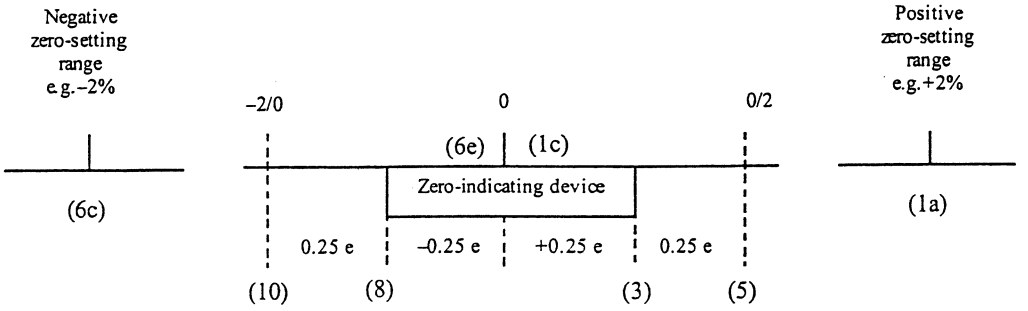
ขั้นตอนการทดสอบ

1. ทำการปรับเครื่องชั่งให้อยู่ที่ตำแหน่งประมาณ 1 ขั้นหมายมาตราต่ำกว่าศูนย์ โดย
   (a) วางน้ำหนักทดสอบพิกัดกำลังเท่ากับ 1e ลงบนส่วนรับน้ำหนัก (ดูรูปที่ 152 ประกอบ)
   (b) ทำการปรับศูนย์เครื่องชั่ง และ
   (c) เอาน้ำหนักพิกัดกำลัง 1e ออกจากส่วนรับน้ำหนัก
2. วางน้ำหนักทดสอบด้วยพิกัดกำลังเท่ากับ 0.1e ลงบนส่วนรับน้ำหนักในแต่ละครั้งจนกระทั่งส่วนแสดงค่าแสดงค่าน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไปอย่างเห็นได้ชัดเจน กระทำด้วยความแม่นยำ 0.05e
3. บันทึกค่าน้ำหนักรวมทั้งหมดของน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนัก
4. วางน้ำหนักทดสอบด้วยพิกัดกำลังเท่ากับ 0.1e ลงบนส่วนรับน้ำหนักในแต่ละครั้งจนกระทั่งส่วนแสดงศูนย์ (the zero-indicating device) ปรากฏบนส่วนแสดงค่า กระทำด้วยความแม่นยำ 0.05e
5. บันทึกค่าน้ำหนักรวมทั้งหมดของน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนัก
6. วางน้ำหนักทดสอบด้วยพิกัดกำลังเท่ากับ 0.1e ลงบนส่วนรับน้ำหนักในแต่ละครั้งจนกระทั่งส่วนแสดงศูนย์(the zero-indicating device) หายไปจากส่วนแสดงค่า กระทำด้วยความแม่นยำ 0.05e

7. บันทึกค่าน้ำหนักรวมทั้งหมดของน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนัก
8. วางน้ำหนักทดสอบด้วยพิกัดกำลังเท่ากับ 0.1e ลงบนส่วนรับน้ำหนักในแต่ละครั้งจนกระทั่งส่วนแสดงค่าแสดงค่าเปลี่ยนแปลงไปอีกครั้งอย่างชัดเจน กระทำด้วยความแม่นยำ 0.05e
9. บันทึกค่าน้ำหนักรวมทั้งหมดของน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนัก
10. ทำการคำนวณความกว้างของการแสดงศูนย์ (the width of the zero indication) ดูรูปที่ 152 ประกอบ โดย
    (a) ค่าน้ำหนักที่จุด 5 ลบด้วยค่าน้ำหนักที่จุด 3 ต้องมีค่าประมาณเท่ากับ 0.25e
    (b) ค่าน้ำหนักที่จุด 7 ลบด้วยค่าน้ำหนักที่จุด 5 ต้องมีค่าเท่ากับ 0.5e (หรือ ±0.25e)
    (c) ค่าน้ำหนักที่จุด 9 ลบด้วยค่าน้ำหนักที่จุด 7 ต้องมีค่าประมาณเท่ากับ 0.25e
11. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการตามข้อกำหนด 4.5.5 ส่วนแสดงศูนย์สำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบดิจิตอล (Zero indicating device on an instrument with digital indication) ผ่านการทดสอบหรือไม่นั้นก็ต่อเมื่อส่วนแสดงศูนย์ (the Zero-indication device) ทำงานอยู่ภายในช่วงอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดเท่ากับ ±0.25e
12. บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดลงในรายงานประเมินผลในแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 50)

(b) เครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอล และมีส่วนรักษาศูนย์ทำงานอยู่ (A Digital Indicating Instrument with a Zero-tracking Device in Operation)

ในการทดสอบนี้จะถูกแสดงด้วยรูปประกอบดังในรูปที่ 153 เมื่อเครื่องชั่งมีค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (e) เท่ากับ 2 ในขณะเดียวกันตัวเลขและอักษรภายในวงเล็บเป็นการแสดงถึงลำดับขั้นตอนทดสอบ



รูปที่ 153 ขั้นตอนการทดสอบการทำงานของการแสดงค่าศูนย์ของส่วนแสดงศูนย์ (Zero-indicating device) ที่มีส่วนรักษาศูนย์, หมายเลขในรูปแสดงถึงขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ทำการปรับเครื่องชั่งให้ไปอยู่ที่ตำแหน่งขอบเขตด้านบวกของช่วงการตั้งศูนย์ (the positive limit of the zero-setting range) ดูรูปที่ 153 ประกอบด้วย โดย

(a) วางน้ำหนักทดสอบเท่ากับน้ำหนักที่หาได้ในขั้นตอน 1(e) ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/1 หรือเท่ากับค่าช่วงทางบวกของช่วงการตั้งศูนย์ (the positive portion of the zero-setting range) ลงบนส่วนรับน้ำหนัก

(b) ทำการปรับศูนย์เครื่องชั่ง และ

(c) ตรวจสอบด้วยว่าส่วนแสดงศูนย์มีแสงสว่างขึ้นหรือไม่ หากส่วนแสดงศูนย์ไม่มีแสงสว่างขึ้นให้ทำการเอาน้ำหนักออกจากส่วนรับน้ำหนักคราวละจำนวนน้อยๆ จนกระทั่งส่วนแสดงศูนย์มีแสงสว่างขึ้นบนส่วนแสดงค่า

2. วางน้ำหนักทดสอบด้วยพิกัดกำลังเท่ากับ 0.1e ลงบนส่วนรับน้ำหนักในแต่ละครั้งจนกระทั่งส่วนแสดงศูนย์ (the zero-indicating device) จนแสงสว่างดับไปหรือหายไปจากส่วนแสดงค่า กระทำด้วยความแม่นยำ 0.05e
3. บันทึกค่าน้ำหนักรวมทั้งหมดของน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนัก
4. วางน้ำหนักทดสอบด้วยพิกัดกำลังเท่ากับ 0.1e ลงบนส่วนรับน้ำหนักในแต่ละครั้งจนกระทั่งส่วนแสดงค่าแสดงค่าเปลี่ยนแปลงไปอีกครั้งอย่างชัดเจนไปที่ 1e กระทำด้วยความแม่นยำ 0.05e
5. บันทึกค่าน้ำหนักรวมทั้งหมดของน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนัก
6. ทำการปรับเครื่องชั่งให้ไปอยู่ที่ตำแหน่งขอบเขตด้านลบของช่วงการตั้งศูนย์ (the negative limit of the zero-setting range) ดูรูปที่ 153 โดย

(a) เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก และทำการปรับศูนย์

(b) ยกส่วนรับน้ำหนักหรือถาดชั่ง (the load receptor and platform) ออกจากเครื่องชั่ง สังเกตเครื่องชั่งยังสามารถแสดงค่าศูนย์ได้หรือไม่ หากไม่สามารถแสดงค่าศูนย์ได้ให้วางน้ำหนักทดสอบลงไปจนกระทั่งเครื่องชั่งสามารถแสดงค่าศูนย์ได้อีกครั้ง

(c) เอาน้ำหนักทดสอบเท่ากับน้ำหนักที่หาได้ในขั้นตอน 2(c) หรือ 2(d) ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/1 หรือเท่ากับค่าช่วงทางลบของของช่วงการตั้งศูนย์ (the negative portion of the zero-setting range) ลงบนส่วนรับน้ำหนัก

(d) ทำการปรับศูนย์เครื่องชั่ง

(e) ตรวจสอบด้วยว่าส่วนแสดงศูนย์มีแสงสว่างขึ้นหรือไม่ หากส่วนแสดงศูนย์ไม่มีแสงสว่างขึ้นให้ทำการเพิ่มน้ำหนักลงบนส่วนรับน้ำหนักคราวละจำนวนน้อยๆ จนกระทั่งส่วนแสดงศูนย์มีแสงสว่างขึ้นบนส่วนแสดงค่า

7. เอาน้ำหนักทดสอบด้วยพิกัดกำลังเท่ากับ 0.1e ออกจากส่วนรับน้ำหนักในแต่ละครั้งจนกระทั่งส่วนแสดงศูนย์ (the zero-indicating device) จนแสงสว่างดับไปหรือหายไปจากส่วนแสดงค่า กระทำด้วยความแม่นยำ 0.05e
8. บันทึกค่าน้ำหนักรวมทั้งหมดของน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนัก
9. เอาน้ำหนักทดสอบด้วยพิกัดกำลังเท่ากับ 0.1e ออกจากส่วนรับน้ำหนักในแต่ละครั้งจนกระทั่งส่วนแสดงค่าแสดงค่าเปลี่ยนแปลงไปอีกครั้งอย่างชัดเจนไป -1e กระทำด้วยความแม่นยำ 0.05e
10. บันทึกค่าน้ำหนักรวมทั้งหมดของน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนัก
11. ทำการคำนวณความกว้างของการแสดงศูนย์ (the width of the zero indication) ดูรูปที่ 153 ประกอบ โดย

(a) ค่าน้ำหนักที่จุด 5 ลบด้วยค่าน้ำหนักที่จุด 3 ต้องมีค่าประมาณเท่ากับ 0.25e และ

(b) ค่าน้ำหนักที่จุด 8 ลบด้วยค่าน้ำหนักที่จุด 10 ต้องมีค่าเท่ากับ 0.25e

12. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการตามข้อกำหนด 4.5.5 ส่วนแสดงศูนย์สำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบดิจิตอล (Zero indicating device on an instrument with digital indication) ผ่านการทดสอบหรือไม่นั้นก็ต่อเมื่อส่วนแสดงศูนย์ (the Zero-indication device) ทำงานอยู่ภายในช่วงอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดเท่ากับ ±0.25e

13. บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดลงในรายงานประเมินผลในแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 50)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/5

ความถูกต้องของการตั้งศูนย์ (Accuracy of Zero Setting); A.4.2.3

ตาม OIML R76-1, ข้อกำหนด A.4.2.3 ความถูกต้องของการตั้งศูนย์ (Accuracy of Zero-setting, 4.5.2), ข้อกำหนด A.4.2.3.1 การตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติและการตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติ (Non-automatic and semi-automatic zero-setting) และข้อกำหนด A.4.2.3.2 การตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือการรักษาศูนย์ (Automatic zero-setting or zero tracking) เป็นการทดสอบความถูกต้องแม่นยำของส่วนตั้งศูนย์หรือส่วนรักษาศูนย์ โดยผลผิดที่ศูนย์คำนวณได้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในข้อกำหนด A.4.4.3

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 50)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง

A.4.2.3.1 การตั้งศูนย์ไม่อัตโนมัติและการตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติ (Nonautomatic and semi-automatic zero-setting)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าน้ำหนักเท่ากับไม่เกินช่วงการตั้งศูนย์ลงบนเครื่องชั่งและในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ให้มากที่สุด
2. จากนั้นเริ่มกระตุ้นให้ส่วนตั้งศูนย์ทำงาน โดยทำการตั้งศูนย์ (reset to zero) ด้วยส่วนตั้งศูนย์
3. วางน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 10e ลงบนส่วนรับน้ำหนัก ถ้าหากพบว่าเครื่องชั่งมีส่วนรักษาศูนย์และส่วนดังกล่าวยังคงทำงานในระหว่างทำการทดสอบ
4. ทำการหาตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) , ΔL_0 (ด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1)

5. คำนวณหาผลผิดที่ตำแหน่งศูนย์, E_0 , เมื่อ $E_0 = 0.5e - \Delta L_0$ และ $I_0 = 0$ และ $L_0 = 0$
6. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการตามข้อกำหนด A.4.2.3.1 ส่วนตั้งศูนย์ (Zero setting device) ทำงานได้อย่างถูกต้องและผ่านการทดสอบหรือไม่นั้นก็ต่อเมื่อส่วนตั้งศูนย์ทำงานอยู่ภายในช่วงอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดเท่ากับ $\pm 0.25e$ นั้นคือ $E_0 \leq 0.25e$
7. บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดลงในรายงานประเมินผลในแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 49)

A.4.2.3.2 การตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือการรักษาศูนย์ (Automatic zero-setting or zero tracking)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าน้ำหนักประมาณเท่ากับ 5e
2. จากนั้นเริ่มกระตุ้นให้ส่วนตั้งศูนย์ทำงาน โดยทำการตั้งศูนย์ (reset to zero) ด้วยส่วนตั้งศูนย์และเอาน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนัก
3. คอยจนกระทั่งการตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือการรักษาศูนย์ทำงาน และส่วนแสดงค่าแสดงค่าศูนย์ ซึ่งระยะเวลาที่เกิดขึ้นนี้ควรใช้เวลาอย่างน้อย 5 วินาที
4. ให้รีบวางน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 10e ลงบนส่วนรับน้ำหนัก เพื่อทำให้เครื่องชั่งแสดงค่าออกไปจากช่วงการตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือช่วงการรักษาศูนย์
5. ทำการบันทึกค่าดังกล่าวนี้เป็น L_0 และค่าที่เครื่องชั่งแสดงน้ำหนักเป็น I_0
6. ทำการหาตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point), ΔL_0 (ด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1)
7. คำนวณหาผลผิดที่ตำแหน่งศูนย์, E_0 , เมื่อ $E_0 = I_0 + 0.5e - \Delta L_0 - L_0$
8. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการตามข้อกำหนด A.4.2.3.2 ส่วนตั้งศูนย์ (Zero setting device) ทำงานได้อย่างถูกต้องและผ่านการทดสอบหรือไม่นั้นก็ต่อเมื่อส่วนตั้งศูนย์ทำงานอยู่ภายในช่วงอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดเท่ากับ $\pm 0.25e$ นั้นคือ $E_0 \leq 0.25e$
9. บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดลงในรายงานประเมินผลในแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 49)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 2/6

ความเร็วของการรักษาศูนย์ (Speed of Zero Tracking); 4.5.5 และ 4.5.7

ในการที่จะทำการตัดสินใจใดๆว่าส่วนแสดงศูนย์ (a zero-indicating device) ว่าเป็นไปตามที่กำหนดไว้ใน OIML R76-1, ข้อกำหนด 4.5.5 และข้อกำหนด 4.5.7 จำเป็นต้องทำการหาความเร็วของการรักษาศูนย์

โดย ตาม OIML R76-1, ข้อกำหนด 4.5.5 ส่วนแสดงศูนย์สำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบดิจิตอล (Zero indicating device on an instrument with digital indication) กำหนดไว้ว่าสำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าช่วยเสริมพิเศษ (Auxiliary indicating devices) หรือมีส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) ซึ่งมีอัตราการรักษาศูนย์ (the rate of zero tracking) ไม่ต่ำกว่า 0.25d/วินาที อาจ

ไม่ต้องมีส่วนแสดงศูนย์ก็ได้ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าหากอัตราการรักษาศูนย์ < 0.25d/วินาที แล้วเครื่องชั่งต้องมีส่วนแสดงศูนย์ประจำเครื่อง

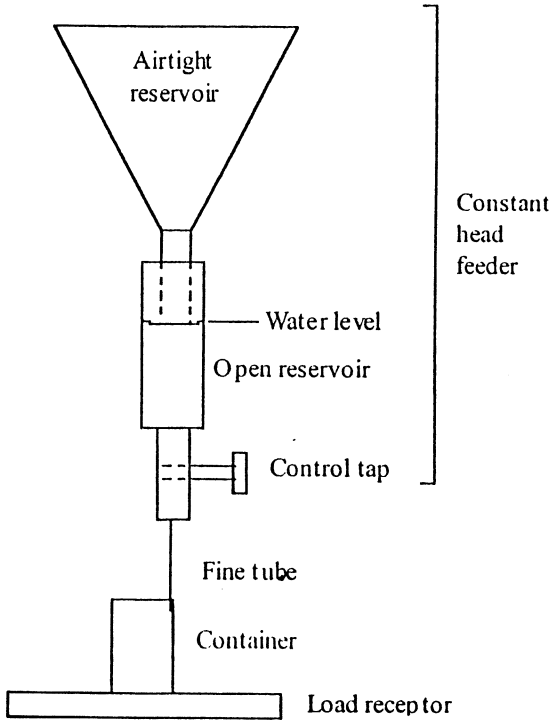
ในขณะเดียวกันข้อกำหนด 4.5.7 ส่วนรักษาศูนย์(Zero tracking device) ได้กำหนดให้การรักษาศูนย์หรืออัตราการรักษาศูนย์ต้องไม่เกิน 0.5d/วินาที ดังนั้นหากเครื่องชั่งไม่มีส่วนแสดงศูนย์ได้ก็ต่อเมื่อส่วนรักษาศูนย์ต้องทำงานด้วยอัตราการรักษาศูนย์ระหว่าง 0.25d/วินาที กับ 0.5d/วินาที นั้นคือเทียบได้เท่ากับการเปลี่ยนการแสดงค่าเท่ากับ 1d ภายในช่วงระยะเวลา 2 ถึง 4 วินาทีนั้นเอง

เมื่อเครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์หลังจากทำการทดน้ำหนัก ส่วนรักษาศูนย์อาจทำงานอยู่ภายในช่วง 4% ของพิกัดกำลังสูงสุดรอบค่าศูนย์จริง (the actual zero) ก็ได้

วิธีการต่อไปนี้ประกอบด้วย 2 วิธีที่สามารถช่วยในการหาความเร็วการรักษาศูนย์

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 50)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. ชุดจ่ายน้ำด้วยความดันคงที่ (Constant head water feeder) ดังแสดงในรูปที่ 154



รูปที่ 154 ชุดจ่ายน้ำด้วยความดันคงที่ (Constant head water feeder)

(a) วิธีการใช้น้ำ (Water Method)

เพื่อที่สามารถทำงานด้วยความถูกต้องในการทดสอบด้วยวิธีการนี้ แหล่งน้ำสำหรับจ่ายลงมายังภาชนะที่วางไว้บนส่วนรับน้ำหนักต้องได้รับการปิดให้แน่นหนา (Airtight) และใช้กับตัวป้อน (the drip feeder) เพื่อที่สามารถรักษาระดับแรงดันน้ำได้ ซึ่งจะส่งผลทำให้เราสามารถมั่นใจว่าอัตราการไหลของน้ำออกจากแหล่งน้ำไหลด้วยอัตราการไหลคงที่

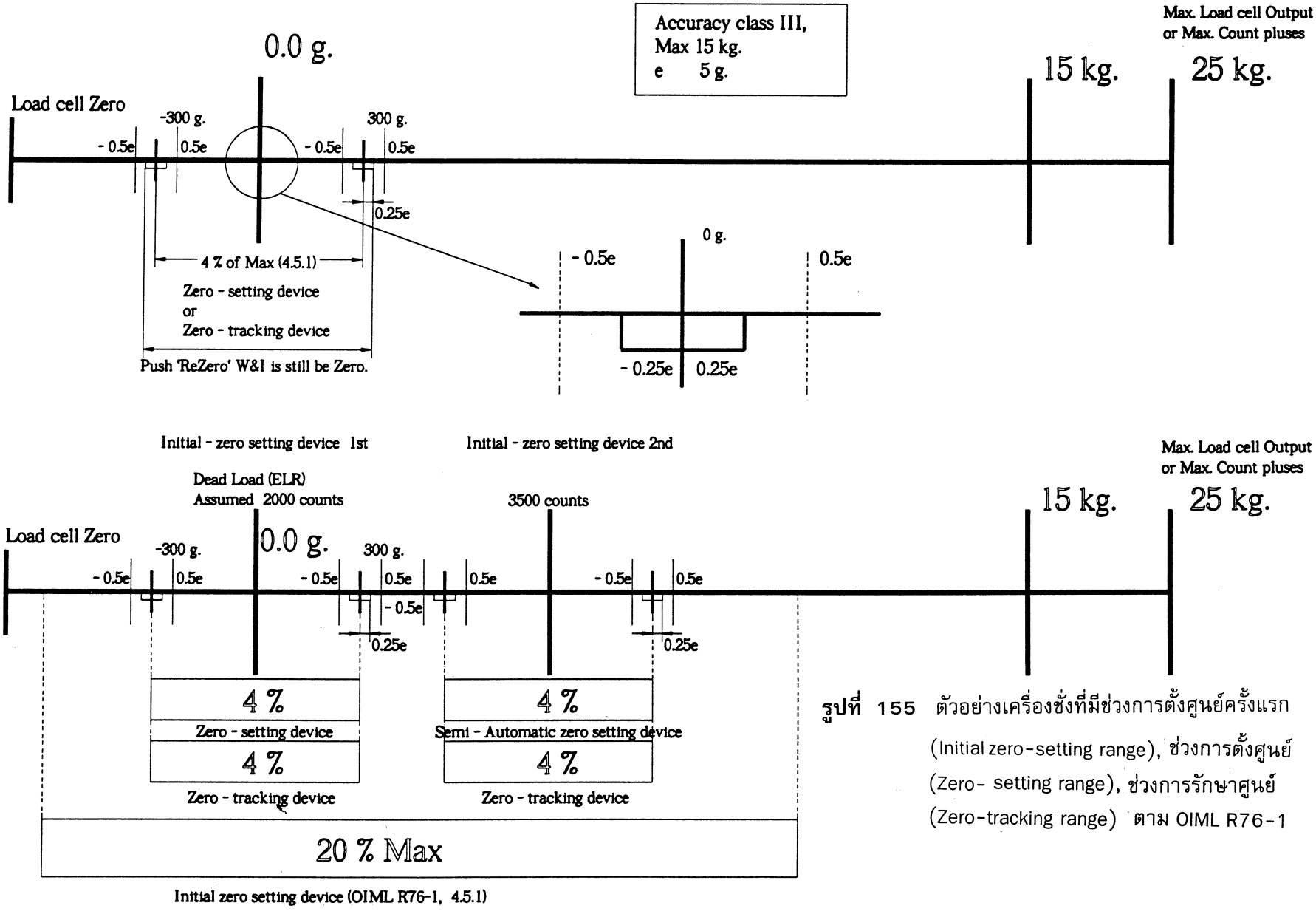
ขั้นตอนการทดสอบ

1. วางภาชนะเปล่าสำหรับบรรจุน้ำลงบนส่วนรับน้ำหนัก และทำการตั้งศูนย์ให้ส่วนแสดงค่าแสดงค่าศูนย์
2. จัดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือชุดจ่ายน้ำด้วยความดันคงที่ดังรูปที่ 154 ทำการปรับน้ำให้ลักษณะการไหลลงอย่างสม่ำเสมอราบเรียบมากับผนังด้านในของภาชนะบรรจุน้ำ ต้องไม่ให้น้ำไหลลงในลักษณะเป็นหยดเนื่องจากอาจก่อให้เกิดการกระเด็นของน้ำส่งผลให้การตรวจสอบผิดไป แต่ต้องระวังไม่ให้ปลายเข็มสัมผัสกับผนังด้านในของภาชนะบรรจุน้ำด้วย
3. เริ่มทำการปล่อยน้ำให้ไหลลงมาในภาชนะ แต่ต้องแน่ใจว่าการรักษาศูนย์ของเครื่องชั่งยังคงรักษาการแสดงค่าศูนย์ (a zero indication) อยู่
4. เพิ่มอัตราการไหล และแน่ใจว่าการรักษาศูนย์ยังคงรักษาการแสดงค่าศูนย์อยู่ได้
5. ทำการเพิ่มอัตราการไหลขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเครื่องชั่งไม่สามารถรักษาการแสดงค่าศูนย์ (a zero indication) ได้อีกต่อไป
6. ณ จุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ถัดไป เริ่มทำการจับเวลาการไหลของน้ำลงสู่ภาชนะบรรจุด้วยนาฬิกาจับเวลา จนกระทั่งส่วนแสดงค่าแสดงค่าน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไปอย่างน้อย 5d ข้อสังเกต หากช่วงการเปลี่ยนแปลง (span) ยิ่งมากเท่าไรนั้นแสดงถึงผลการวัดยิ่งมีค่าความแม่นยำมากสูงขึ้น นั้นคือหาก ช่วง (span) เท่ากับ 10d จะให้ผลความแม่นยำสูงกว่า 5d
7. หยุดทำการนับเวลาและหยุดการไหลของน้ำลงภาชนะบรรจุ
8. คำนวณความเร็วของอัตราการไหล (speed of the flow rate) ยกตัวอย่างเช่น หากจับเวลาได้ 50 วินาทีสำหรับการเปลี่ยนแปลงการแสดงค่าเปลี่ยนไป 5d จากจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) 5/10g ไปเป็นจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ใหม่ที่ 30/35g ดังนั้นอัตราการไหลคือ 5d/50s = 0.1 d/s นั้นเอง นั้นหมายถึงเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติเครื่องนี้ต้องมีส่วนแสดงศูนย์ เนื่องจากมีอัตราการรักษาศูนย์น้อยกว่า 0.25 d/s
9. ทำการทดสอบซ้ำอีกครั้งเพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าความเร็วของการรักษาศูนย์ตามที่คำนวณได้ถูกต้องหรือไม่
10. บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดลงในรายงานประเมินผลในแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 50)

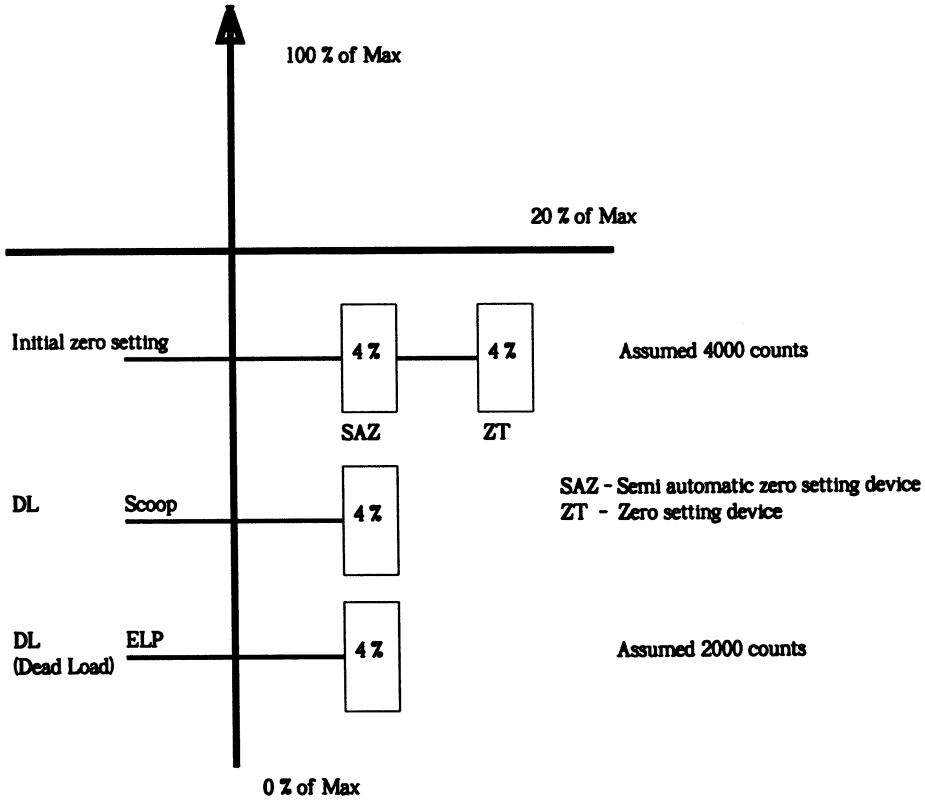
(b) วิธีการที่ 2 (Alternative Method)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ทำน้ำหนักทดสอบอย่างน้อยจำนวน 8 ชิ้นจากกระดาษหรือวัสดุใดๆที่ไม่เหนี่ยวนำแม่เหล็กมีค่าน้ำหนักรวมทั้งแปดชิ้นเท่ากับ 0.25d
2. วางน้ำหนักทดสอบดังกล่าวด้วยอัตราการวาง 1 ชิ้นต่อ 1 วินาทีเพื่อทำการตรวจสอบว่าส่วนแสดงค่ายังคงแสดงค่าศูนย์อยู่อีกหรือไม่
3. หากส่วนแสดงค่าไม่สามารถรักษาการแสดงค่าศูนย์ได้อีกต่อไป ให้เพิ่มช่วงระยะเวลาเว้นห่างระหว่างการวางน้ำหนักทดสอบดังกล่าวด้วยอัตราการวาง 1 ชิ้นต่อ 2 วินาที ตรวจสอบว่าส่วนแสดงค่ายังคงแสดงค่าศูนย์อยู่อีกหรือไม่ ทำการเพิ่มช่วงระยะเวลาเว้นห่างระหว่างการวางน้ำหนักทดสอบดังกล่าวเป็น 3 วินาที, 4 วินาที และ 5 วินาที จนกระทั่งการแสดงค่ายังคงแสดงค่าศูนย์
4. หากการแสดงค่ายังคงมีค่าเท่ากับศูนย์อยู่ในขั้นตอน 2 จากนั้นให้ทำการเพิ่มอัตราการป้อนน้ำหนักทดสอบให้เร็วเพิ่มขึ้น ทำการทดสอบซ้ำด้วยอัตราการป้อนน้ำหนักทดสอบให้เร็วขึ้นอีกจนกระทั่งการแสดงค่าศูนย์ไม่สามารถรักษาค่าศูนย์หรือแสดงค่าศูนย์อีกต่อไป
5. คำนวณความเร็วของการป้อนน้ำหนักทดสอบ ยกตัวอย่าง หากน้ำหนักทดสอบ 0.25d ถูกการรักษาศูนย์ตรวจสอบได้ที่ 2 วินาที แต่ไม่ถึง 3 วินาที นั้นหมายถึงอัตราการรักษาศูนย์มีค่าเทียบเท่ากับ 0.125d/s
6. บันทึกผลการทดสอบทั้งหมดลงในรายงานประเมินผลในแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; Page 50)



รูปที่ 155 ตัวอย่างเครื่องชั่งที่มีช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (Initial zero-setting range), ช่วงการตั้งศูนย์ (Zero- setting range), ช่วงการรักษาศูนย์ (Zero-tracking range) ตาม OIML R76-1



รูปที่ 156 กราฟสรุปช่วงการตั้งศูนย์ครั้งแรก (Initial zero-setting range), ช่วงการตั้งศูนย์ (Zero-setting range), ช่วงการรักษาศูนย์ (Zero-tracking range) ของเครื่องชั่งตาม OIML R76-1

บทที่ 10

- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 3
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 4

เนื้อหาครอบคลุม

1 การทดสอบดิสคริมิเนชั่น (Discrimination test)

2 การทดสอบหาความรู้สึก (Sensitivity test)

3 การทดสอบการเยื้องศูนย์ (Eccentricity test)

ในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 3 เป็นการทดสอบดิสคริมิเนชั่น (Discrimination, A.4.8) ซึ่งเป็นการทดสอบความสามารถของเครื่องชั่งในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักน้อยๆ เราสามารถหาได้โดยอยู่ในค่าของค่าดิสคริมิเนชั่น (discrimination threshold) ที่ค่าน้ำหนักใดๆ นั้นก็คือ ค่าน้ำหนักน้อยที่สุดที่เติมเข้าไปหรือเอาออกจากเครื่องชั่งแล้วทำให้เครื่องชั่งแสดงค่าเปลี่ยนไป ลักษณะดังกล่าวจึงเป็นตัวบ่งบอกถึงขีดความสามารถของเครื่องชั่งได้อีกปัจจัยหนึ่ง

ในขณะเดียวกันคุณสมบัติของเครื่องชั่งที่แยกกันไม่ออกกับการทดสอบดิสคริมิเนชั่นนั้นก็คือการทดสอบหาความรู้สึก(Sensitivity, A.4.9) ของเครื่องชั่งนั้นเอง และมักจะเกิดความสับสนกันระหว่างดิสคริมิเนชั่นกับความรู้สึกบ่อยครั้ง สำหรับความรู้สึกของเครื่องชั่งที่อัตราน้ำหนักใดๆ เป็นการหาอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงการแสดงค่าหรือสภาวะสมดุลใดๆ ของเครื่องชั่งต่อการเปลี่ยนน้ำหนักที่ชั่ง เราสามารถแสดงด้วยสมการตามคำนิยาม

$$\text{ความรู้สึก(k)} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงการแสดงค่าหรือสมดุล } (\Delta I)}{\text{การเปลี่ยนน้ำหนักที่ชั่ง } (\Delta m)}$$

จากการใช้งานเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติในทางปฏิบัตินั้นพบว่าบ่อยครั้งที่เราไม่สามารถทำการวางน้ำหนักหรือสิ่งของที่ต้องการชั่งไว้ในตำแหน่งกึ่งกลางของส่วนรับน้ำหนักด้วยเหตุผลนี้สิ่งที่จำเป็นต้องทำการทดสอบในการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งเพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะการทำงานและการใช้งานจริงของเครื่องชั่งนั้นคือ ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 4 การทดสอบการเยื้องศูนย์ (Eccentricity test, A.4.7, 3.6.2)

แต่เพื่อความเข้าใจมากขึ้นในการตรวจสอบต้น ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 3 และ 4 ควรทำความเข้าใจในเนื้อหาข้อกำหนดใน OIML R76-1, ข้อกำหนด 3.6.2, 3.8, 6.1, A.4.7, A.4.8, และ A.4.9

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 3

A.4.8 การทดสอบดิสคริมิเนชั่น (Discrimination test, 3.8)

ให้ทำการทดสอบดิสคริมิเนชั่นต้องดำเนินการด้วยน้ำหนักทดสอบที่แตกต่างกัน 3 ค่าด้วยกัน ได้แก่ที่น้ำหนักพิกัดกำลังต่ำสุด, 1/2 ของพิกัดกำลังสูงสุด และพิกัดกำลังสูงสุด (Max)

A.4.8.1 การแสดงค่าเองไม่ได้และการแสดงค่าแบบอนาล็อก (Non-self-indication and analogue indication)

ให้วางน้ำหนักพิเศษ (an extra load) หรือเอาออก ลงบน/จาก ส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่งในขณะที่เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุล ต้องทราบค่าน้ำหนักพิเศษที่ทำให้ตำแหน่งสมดุลของเครื่องชั่งเปลี่ยนไป

A.4.8.2 การแสดงค่าแบบดิจิตอล (Digital indication)

ให้วางน้ำหนักทดสอบค่าหนึ่งพร้อมกับน้ำหนักเสริม (an additional weights) ที่มีค่าเป็นจำนวนเท่าของค่า 1/10 d จำนวนประมาณ 10 ชิ้น (ประมาณ 10 เท่าของ 1/10 d) จากนั้นทำการเอาน้ำหนักเสริมออกที่ละชิ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเครื่องชั่งแสดงค่าลดจากค่า I ลง 1 ค่าขั้นหมายมาตรา (I - d) อย่างชัดเจน ทำการวางน้ำหนักที่มีค่า 1.4 d อย่างเบานุ่มนวลบนส่วนรับน้ำหนักหลังจากวางน้ำหนักเสริมเพิ่มลงไปหนึ่งชิ้น เครื่องชั่งต้องแสดงค่าผลการชั่งเพิ่มขึ้น 1 ค่าขั้นหมายมาตราเหนือการแสดงค่าครั้งแรก (I + d)

A.4.9 ความรู้สึกของเครื่องชั่งแสดงค่าเองไม่ได้ (Sensitivity of a Non-self-indicating device)

เมื่อวางน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่ง จากนั้นทำให้เครื่องชั่งแกว่งตามปกติตลอดระหว่างทำการทดสอบ จากนั้นวางน้ำหนักพิเศษ (an extra load) ที่มีค่าเท่ากับอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักขณะเครื่องชั่งกำลังแกว่ง สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนหน่วงการแกว่ง ในการวางน้ำหนักเสริมนั้นต้องวางให้มีแรงกระแทกนิดน้อย ระยะห่างเชิงเส้นระหว่างจุดกึ่งกลางของการแสดงค่าเมื่อเติมน้ำหนักเสริมกับจุดกึ่งกลางของการแสดงค่าเมื่อยังไม่เติมน้ำหนักเสริมต้องมีค่าคงที่แน่นอน ให้ทำการทดสอบด้วยน้ำหนักอย่างน้อยที่น้ำหนักทดสอบแตกต่างกัน 2 ค่า (คือ ที่ศูนย์ และพิกัดกำลังสูงสุด)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
3.	**A. Discrimination** **B. Sensitivity**	1	

OIML R76-1:	A.4.8 (ดูบทที่ 6) A.4.9 (ดูบทที่ 6) 3.8.1, 3.8.2, 3.8.2.1

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 3/1

การทดสอบดิสคริมิเนชั่น (Discrimination test, 3.8); A.4.8

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 4.1; Page 14 to 15)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวเป็นเครื่องชั่งแบบแสดงค่าเองไม่ได้ (Non-self-indication, A.4.8.1) หรือแสดงค่าแบบอนาล็อก (Analogue indication, A.4.8.1) หรือการแสดงค่าแบบดิจิตอล (Digital indication, A.4.8.2)

3. พิจารณาเลือกวิธีการทดสอบตามชนิดของเครื่องชั่งดังต่อไปนี้
   (a) ถ้าเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติเป็นชนิดแสดงค่าเองไม่ได้ (Non-self-indication, A.4.8.1)
   (b) ถ้าเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติเป็นชนิดแสดงค่าแบบอนาล็อก (Analogue indication, A.4.8.1)
   (c) ถ้าเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติเป็นชนิดแสดงค่าแบบดิจิตอล (Digital indication, A.4.8.2)
4. ดำเนินการทดสอบตามวิธีต่อไปนี้

(a) A.4.8.1 การแสดงค่าเองไม่ได้ (Non-self-indication)

1. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
2. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อม
3. วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับพิกัดกำลังต่ำสุดของเครื่องชั่ง (Min) ลงบนส่วนรับน้ำหนักและทำการบันทึกค่าเป็น L
4. อ่านค่าและบันทึกผลการชั่งเป็น I
5. ให้วางน้ำหนักทดสอบพิเศษ (an extra load) น้ำหนักเท่ากับ 0.4เท่าของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของน้ำหนักที่กำลังชั่งอยู่บนส่วนรับน้ำหนัก ณ ขณะนั้นอย่างแผ่วเบา และในขณะนั้นเครื่องชั่งต้องอยู่ในสภาวะสมดุลก่อนที่จะทำการเพิ่มน้ำหนักดังกล่าว และหลังจากทำการเพิ่มหรือลดน้ำหนักดังกล่าวต้องทำให้เครื่องชั่งเสียสมดุลจนสังเกตเห็นได้จากชิ้นส่วนแสดงค่า
6. ทำการวัดระยะที่ส่วนแสดงค่าหรือเข็มชี้ค่าเคลื่อนที่ไปอย่างเห็นได้ชัดเจน และทำการบันทึกระยะการเคลื่อนที่ดังกล่าว
7. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
8. ทำการทดสอบใหม่อีกครั้งเหมือนตามขั้นตอน 3 ถึง 7 แต่เปลี่ยนน้ำหนักทดสอบใหม่ให้มีค่าเท่ากับ ½ Max และที่มีค่าเท่ากับ Max
9. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ผ่านการการทดสอบดิสคริมิเนชั่น (Discrimination test, 3.8.1) สำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าเองไม่ได้ (Non-self-indicating instrument) หรือไม่ ก็ต่อเมื่อพบว่าหลังจากทำการเพิ่มน้ำหนักพิเศษดังกล่าวลงบนส่วนรับน้ำหนักต้องทำให้เครื่องชั่งเสียสมดุลจนสังเกตเห็นได้จากชิ้นส่วนแสดงค่า

(b) A.4.8.1 การแสดงค่าแบบอนาล็อก (Analogue indication)

1. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
2. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อม
3. วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับพิกัดกำลังต่ำสุดของเครื่องชั่ง (Min) ลงบนส่วนรับน้ำหนักและทำการบันทึกค่าเป็น L
4. อ่านค่าและบันทึกผลการชั่งเป็น I_1
5. ให้วางน้ำหนักทดสอบพิเศษ (an extra load) น้ำหนักเท่ากับอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของน้ำหนักที่กำลังชั่งอยู่บนส่วนรับน้ำหนัก ณ ขณะนั้นอย่างแผ่วเบา และในขณะนั้นเครื่องชั่งต้องอยู่ในสภาวะ

สมดุลก่อนที่จะทำการเพิ่มน้ำหนักดังกล่าว และหลังจากทำการเพิ่มหรือลดน้ำหนักดังกล่าวต้องทำให้เครื่องชั่งเสียสมดุลจนสังเกตเห็นได้จากชิ้นส่วนแสดงค่า

6. อ่านค่าและบันทึกผลการชั่งเป็น I_2
7. คำนวณและบันทึกค่าผลต่างของการแสดงค่าเท่ากับ $I_2 - I_1$
8. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
9. ทำการทดสอบใหม่อีกครั้งเหมือนตามขั้นตอน 3 ถึง 8 แต่เปลี่ยนน้ำหนักทดสอบใหม่ให้มีค่าเท่ากับ ½ Max และที่มีค่าเท่ากับ Max
10. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้เมื่อทำการทดสอบดิสคริมิเนชั่น(Discrimination test, 3.8.2) เครื่องชั่งที่แสดงค่าได้เอง หรือ กึ่งแสดงค่าได้เอง (Self or semi-self-indicating instrument, 3.8.2) สำหรับการแสดงค่าแบบอนาล็อก (Analogue indication, 3.8.2.1) และผ่านการทดสอบจะผ่านหรือไม่ ก็ต่อเมื่อพบว่าน้ำหนักทดสอบพิเศษ (the extra load) ที่วางเพิ่มลงไปนั้นดังกล่าวนั้นต้องทำให้เครื่องชั่งที่ส่วนแสดงค่าแบบอนาล็อกแสดงค่าเพิ่มขึ้นอย่างถาวรไม่น้อยกว่า 0.7 เท่าของน้ำหนักทดสอบพิเศษ (the extra load) ที่วางเพิ่มลงไปดังกล่าว

(C) A.4.8.2 การแสดงค่าแบบดิจิตอล (Digital indication)

1. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
2. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อม
3. วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับพิกัดกำลังต่ำสุดของเครื่องชั่ง (Min) ลงบนส่วนรับน้ำหนักและวางน้ำหนักเสริม (the additional small weights) มีค่าเท่ากับ 1d (นั้นคือมีน้ำหนักเสริมที่มีค่าเท่ากับ 0.1d จำนวน 10 ชิ้น) หรือถ้าหาก e = d แล้วน้ำหนักเสริมที่มีค่าเท่ากับ 0.1e จำนวน 10 ชิ้น เมื่อรวมกันได้ 1e นั้นเอง
4. ทำการบันทึกค่าน้ำหนักที่วางลงบนส่วนรับน้ำหนักเป็น L และบันทึกผลการชั่งเป็น I_1
5. เอาน้ำหนักเสริม (the additional small weights) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.1d ออกจากส่วนรับน้ำหนักครั้งละหนึ่งชิ้น จนกระทั่งส่วนแสดงค่าแสดงผลการชั่งลดน้อยลงหนึ่งช่องขั้นหมายมาตรา หรือ –d
6. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบที่เอาออกจากส่วนรับน้ำหนักแล้วก่อให้ส่วนแสดงค่าแสดงผลการชั่งลดน้อยลงหนึ่งช่องขั้นหมายมาตรา หรือ –d เป็นค่า ΔL
7. วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับ 0.1d เพิ่มลงบนส่วนรับน้ำหนัก
8. วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับ 1.4d เพิ่มลงบนส่วนรับน้ำหนักไปอีก ส่วนแสดงค่าต้องแสดงค่าเพิ่มขึ้นไปเท่ากับ 1d นั้นคือต้องแสดงค่าเท่ากับ $I + d$
9. บันทึกผลการชั่งเป็น I_2
10. คำนวณและบันทึกค่าผลต่างของการแสดงค่าเท่ากับ $I_2 - I_1$
11. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
12. ทำการทดสอบใหม่อีกครั้งเหมือนตามขั้นตอน 3 ถึง 11 แต่เปลี่ยนน้ำหนักทดสอบใหม่ให้มีค่าเท่ากับ ½ Max และที่มีค่าเท่ากับ Max ข้อสังเกต หากทำการทดสอบด้วยน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับ Max แล้วทำการวางน้ำหนักเสริม (the additional small weights) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.1d ออกจากส่วนรับน้ำหนักครั้งละหนึ่งชิ้น จนกระทั่งส่วนแสดงค่าแสดงผลการชั่งลดน้อยลงหนึ่งช่อง

ขั้นหมายมาตรา หรือ –d หรือมีค่าเท่ากับ ΔL แล้วเครื่องชั่งไม่สามารถแสดงค่าผลการชั่งได้หรือจอเงียบหายไปไม่มีตัวเลขใดๆ (over-rang blanking) ให้ทำการลดน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับ Max เหลือเท่ากับ Max - 5e

13. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบดิสคริมิเนชั่น (Discrimination test, 3.8.2) เครื่องชั่งที่แสดงค่าได้เอง หรือ กึ่งแสดงค่าได้เอง (Self or semi-self-indicating instrument, 3.8.2) สำหรับการแสดงค่าแบบดิจิตอล (Digital indication, 3.8.2.2) และผลการทดสอบจะผ่านการทดสอบหรือไม่ ก็ต่อเมื่อพบว่าเมื่อใส่น้ำหนักเสริมเพิ่มขึ้นหรือลดลงมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 1.4 เท่าของค่าขั้นหมายมาตราเครื่องชั่ง (the actual scale interval, d) ลงบนหรือเอาออกจากส่วนรับน้ำหนักอย่างแผ่วเบาในขณะเครื่องชั่งต้องอยู่ในสภาวะสมดุล ต้องทำให้เครื่องชั่งเปลี่ยนแปลงค่าที่แสดงอยู่ในตอนเริ่มต้น 1 ช่องขั้นหมายมาตราต่ำสุด

14. ถ้าหากเครื่องชั่งมีช่วงการตั้งศูนย์แรกเริ่ม (an initial zero-setting range) มากกว่า 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งแล้ว ต้องทำการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม(Supplementary Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6

ดูรูปที่ 157 เป็นตัวอย่างผลการทดสอบ

4 DISCRIMINATION AND SENSITIVITY (Example only)

4.1 Discrimination

4.1.1 Digital indication (A.4.8.2)

Application N°: R1996/745
Pattern designation: Model RP-15Y
Date: 16/12/96
Observer: I. Examiner

	At start	At max	At end	
Temp:	23.1			°C
Rel. h:				%
Time:	9:55			
Bar. pres:				hPa

Load, L	Indication, I_1	Remove load, ΔL	Add 1/10 d	Extra load = 1.4 d	Indication, I_2	$I_2 - I_1$
0.04 kg	0.040 kg	1.0 g	0.2 g	2.8 g	0.042 kg	2
7.50	7.500	2.5	0.5	7.0	7.505	5
15.00	15.000	1.5	0.5	7.0	15.005	5

Check if $I_2 - I_1 = d$

[X] Passed [ ] Failed

Remarks:

รูปที่ 157 ตัวอย่างผลการทดสอบดิสคริมิเนชั่น (Discrimination test) ของส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอล (digital indicator)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 3/2

การทดสอบหาความรู้สึก (Sensitivity, 6.1); A.4.9

ตาม OIML R76-1, ข้อกำหนด 6.1 ความรู้สึกน้อยที่สุด (Minimum sensitivity) นั้นได้กำหนดเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติที่แสดงค่าเองไม่ได้ต้องมีความรู้สึก ดังต่อไปนี้

สำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าเองไม่ได้ (A Non-Self Indicating Instruments) เมื่อวางน้ำหนักที่มีค่าเท่ากับค่าสมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่ค่าน้ำหนักใดๆบนเครื่องชั่งอย่างเบาที่สุดขณะเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลเสถียร และก่อให้เกิดเข็มชี้จากสภาวะสมดุลเดิมศูนย์ต้องเคลื่อนไปอย่างน้อย

1 มิลลิเมตร สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I หรือชั้นความเที่ยง II

2 มิลลิเมตร สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III หรือชั้นความเที่ยง IIII ที่มีพิกัดกำลังสูงสุดไม่เกิน 30 กิโลกรัม

5 มิลลิเมตร สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III หรือชั้นความเที่ยง IIII ที่มีพิกัดกำลังสูงสุดมากกว่า 30 กิโลกรัม

การวางน้ำหนักเพื่อทดสอบความรู้สึกนี้ให้วางอย่างเบาที่สุด เพื่อลดอิทธิพลของดิสคริมิเนชั่น (the effects of discrimination threshold)

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 4.2; Page 15)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
3. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อม
4. ปล่อยให้เครื่องชั่งมีการแกว่งอย่างสมดุลและสม่ำเสมอ นั้นหมายถึงเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลเสถียร
5. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบน้อยที่สุดคือเท่ากับศูนย์, L
6. จากนั้นวางน้ำหนักพิเศษ (an extra load) ที่มีค่าเท่ากับอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของน้ำหนักทดสอบน้อยที่สุดลงบนส่วนรับน้ำหนักขณะเครื่องชั่งกำลังแกว่ง สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนหน่วงการแกว่งในการวางน้ำหนักเสริมนั้นต้องวางให้มีแรงกระแทกนิดน้อย

7. บันทึกค่าน้ำหนักพิเศษดังกล่าว
8. ทำการวัดและบันทึกระยะห่างเชิงเส้นระหว่างจุดกึ่งกลางของการแสดงค่าเมื่อเติมน้ำหนักพิเศษกับจุดกึ่งกลางของการแสดงค่าเมื่อยังไม่เติมน้ำหนักพิเศษเมื่อเป็นการเคลื่อนที่หนีไปอย่างถาวรต้องมีค่าคงที่แน่นอน
9. ทำการทดสอบใหม่อีกครั้งเหมือนตามขั้นตอน 6 ถึง 8 แต่เปลี่ยนน้ำหนักทดสอบใหม่ให้มีค่าเท่ากับ Max และบันทึกเป็นค่า L
10. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบหาความรู้สึก (Sensitivity, 6.1; A.4.9) สำหรับเครื่องชั่งที่แสดงค่าเองไม่ได้ (A Non-Self Indicating Instruments) จะผ่านการทดสอบหรือไม่พิจารณาจาก เข็มชี้จากสภาวะสมดุลเดิมศูนย์ต้องเคลื่อนไปอย่างน้อย 1 มิลลิเมตรสำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I หรือชั้นความเที่ยง II และ 2 มิลลิเมตรสำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III หรือชั้นความเที่ยง IIII ที่มีพิกัดกำลังสูงสุดไม่เกิน 30 กิโลกรัม และ 5 มิลลิเมตรสำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III หรือชั้นความเที่ยง IIII ที่มีพิกัดกำลังสูงสุดมากกว่า 30 กิโลกรัม

4 DISCRIMINATION AND SENSITIVITY
4.1 Discrimination
4.1.1 Digital indication (A.4.8.2)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Load	Indication I_1	Remove load ΔL	Add 1/10d	Extra load = 1.4d	Indication I_2	$I_2 - I_1$

Check if $I_2 - I_1 = d$

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

4.1.2 Analogue indication (A.4.8.1)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Load L	Indication I_1	Extra load = |mpe|	Indication I_2	$I_2 - I_1$

Check if $I_2 - I_1 \geq 0.7$ mpe

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 158 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบดิสคริมิเนชั่น (Discrimination test) (OIML R76-2)

4.1.3 Non-self-indicating instrument (A.4.8.1)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Load L	Indication I	Extra load = 0.4 |mpe|	Movement (*)

(*) Mark visible movement by "+"

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

4.2 Sensitivity (non-self-indicating instrument) (A.4.9)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Load L	Extra load = |mpe|	Displacement of indicating element	Requirement

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 158 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบดิสคริมิเนชั่น (Discrimination test) (OIML R76-2)

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 4

A.4.7 การทดสอบการเยื้องศูนย์ (Eccentricity test, 3.6.2)

การใช้น้ำหนักทดสอบขนาดใหญ่ในการทดสอบการเยื้องศูนย์ค่อนข้างดีกว่าการใช้น้ำหนักทดสอบขนาดเล็กหลายตุ้มรวมกัน หากใช้น้ำหนักทดสอบขนาดเล็กต้องวางน้ำหนักทดสอบขนาดเล็กบนน้ำหนักทดสอบขนาดใหญ่แต่ควรเลี่ยงเลี่ยงการวางเรียงกันเป็นกองเดียวกันสูงๆบนส่วน (a segment) ของส่วนรับน้ำหนักที่ต้องการทดสอบ หากใช้น้ำหนักทดสอบเพียงชิ้นเดียวต้องวางตรงกลางของส่วนของส่วนรับน้ำหนักที่ต้องการทดสอบ แต่ถ้าหากใช้น้ำหนักทดสอบหลายชิ้นให้วางน้ำหนักทดสอบกระจายสม่ำเสมอบนส่วนของส่วนรับน้ำหนักที่ต้องการทดสอบ

ให้เขียนภาพตำแหน่งที่วางตุ้มน้ำหนักแต่ละส่วนของส่วนรับน้ำหนักที่ต้องการทดสอบ ในรายงานผลการทดสอบด้วย

การหาค่าผลผิดของการทดสอบแต่ละครั้งของแต่ละส่วนของส่วนรับน้ำหนักที่ต้องการทดสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนด A.4.4.3 ผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) (E_0) ที่ถูกใช้เป็นตัวแก้ไขคือค่าที่หาได้ก่อนการทดสอบแต่ละครั้ง

ถ้าหากเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวต้องไม่ทำงานในระหว่างการทดสอบนี้

A.4.7.1 เครื่องชั่งที่มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักไม่เกิน 4 จุด (Instrument with a load receptor having not more than four points of support)

ให้แบ่งพื้นที่ของส่วนรับน้ำหนักออกเป็น 4 ส่วนซึ่งประมาณว่ามีเนื้อที่เท่ากันและให้วางน้ำหนักทดสอบในแต่ละส่วนในทิศทางการเดียวกันเป็นลำดับ

A.4.7.2 เครื่องชั่งที่มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักเกินกว่า 4 จุด (Instrument with a load receptor having more than four points of support)

ต้องวางน้ำหนักทดสอบลงบนตำแหน่งแต่ละจุดที่มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักโดยมีพื้นที่บนจุดรองรับน้ำหนักขนาดประมาณ 1/n ส่วนของพื้นที่ของส่วนรับน้ำหนัก เมื่อ n คือ จำนวนจุดรองรับส่วนรับน้ำหนัก

เมื่อจุดรองรับ 2 จุดอยู่ใกล้กันมากเกินกว่าจะทำการทดสอบตามที่กล่าวข้างต้น ให้เพิ่มน้ำหนักเป็น 2 เท่าและวางบนพื้นที่ทั้งสองด้านของแกนที่ต่อจุดรับน้ำหนักทั้งสอง

A.4.7.3 เครื่องชั่งที่มีส่วนรับน้ำหนักเป็นรูปแบบพิเศษ (เช่น ถัง hopper ฯลฯ) (Instrument with special load receptors (tank , hopper , etc.)

ให้วางน้ำหนักทดสอบบนจุดรองรับน้ำหนักของส่วนรับน้ำหนักแต่ละจุด

A.4.7.4 เครื่องมือใช้กับการชั่งสิ่งของที่กลิ้งได้ (Instrument used for weighing rolling loads; 3.6.2.4)

ให้วางสิ่งของที่กลิ้งได้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนส่วนรับน้ำหนัก โดยวางที่ตำแหน่งเริ่มต้น, ตรงกลางและที่ปลายเมื่อสิ่งของที่กลิ้งได้ถูกกลิ้งเข้ามาเพื่อทำการชั่งบนส่วนรับน้ำหนักในทิศทางที่สิ่งของที่ต้องการชั่งกลิ้งเข้ามาทำการชั่งปกติ และในขณะเดียวกันให้ทดสอบในทิศตรงข้ามด้วย

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
4.	**A. Eccentricity using weights** **B. Or rolling load**	1	

OIML R76-1:	A.4.7 (ดูบทที่ 6) 3.6.2, 3.6.2.1, 3.6.2.2, 3.6.2.3, 3.6.2.4

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 4

การทดสอบการเยื้องศูนย์ (Eccentricity test, 3.6.2) ; A.4.7

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 3; Page 12 to 13)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

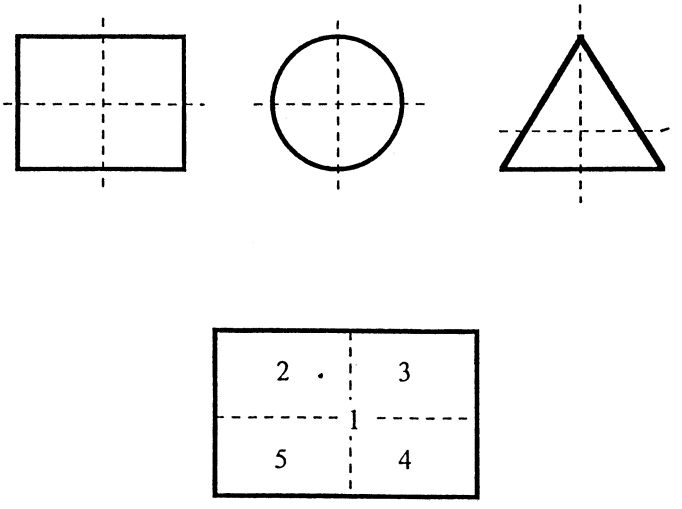
ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ หากมีสถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล

3. พิจารณาว่าเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติดังกล่าวนี้มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักเป็นอย่างไร
   - มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 จุด
   - มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักมากกว่า 4 จุด
   - มีส่วนรับน้ำหนักเป็นรูปแบบพิเศษ (เช่น tank, hopper ฯลฯ)
   - เครื่องชั่งใช้กับการชั่งสิ่งของที่กลิ้งได้ (Instrument used for weighing rolling loads)
4. พิจารณาเลือกวิธีการทดสอบตามชนิดของจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่งดังต่อไปนี้
   - A.4.7.1 เครื่องชั่งที่มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักไม่เกิน 4 จุด (Instrument with a load receptor having not more than four points of support)
   - A.4.7.2 เครื่องชั่งที่มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักเกินกว่า 4 จุด (Instrument with a load receptor having more than four points of support)
   - A.4.7.3 เครื่องชั่งที่มีส่วนรับน้ำหนักเป็นรูปแบบพิเศษ (เช่น ถัง, hopper ฯลฯ) (Instrument with special load receptors (tank , hopper , etc.)
   - A.4.7.4 เครื่องชั่งใช้กับการชั่งสิ่งของที่กลิ้งได้ (Instrument used for weighing rolling loads, 3.6.2.4)
5. ดำเนินการทดสอบตามวิธีต่อไปนี้

A.4.7.1 เครื่องชั่งที่มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักไม่เกิน 4 จุด (Instrument with a load receptor having not more than four points of support)

1. ให้แบ่งพื้นที่ของส่วนรับน้ำหนักออกเป็น 4 ส่วนซึ่งประมาณว่ามีเนื้อที่เท่ากัน ดังรูปที่ 159
2. ทำการวาดรูปคร่าวๆของส่วนรับน้ำหนักลงในรายงานเพื่อแสดงตำแหน่งและลักษณะการแบ่งส่วนรับน้ำหนักดังกล่าว ตัวเลขแทนตำแหน่งบนส่วนรับน้ำหนัก ในที่นี้เราจะทำการทดสอบตามรูปที่ 159 แสดงไว้



รูปที่ 159 ตัวอย่างการแบ่งส่วนรับน้ำหนักตามข้อกำหนด OIML R76-1 ในการทดสอบการเยื้องศูนย์ (Eccentricity test)

3. นอกจากนี้ให้วาดตำแหน่งของจอแสดงค่าหรือส่วนที่เป็นตำแหน่งสังเกตหลักและไม่มีการเคลื่อนย้ายไปไหน ทั้งนี้หากมีปัญหาเกี่ยวกับผลการทดสอบเราสามารถบ่งบอกว่าตำแหน่งใดที่ทดสอบแล้วผ่านหรือตำแหน่งไม่ผ่านได้
4. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3 โดยให้เลือกเอาตำแหน่งที่ 1 ในรูปที่ 159
5. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อม สำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
6. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
7. ให้วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับ 1/3 เท่าของผลรวมพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง (Max) กับพิกัดกำลังน้ำหนักทดแบบบวก (the corresponding maximum additive tare effect) ลงบนตำแหน่งเดียวกันในขณะที่ยังคงมีน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักหากมีการใส่ในขั้นตอน 6
8. เอาน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักออกไป หากมีการใส่ในขั้นตอน 6 *หมายเหตุ* การที่เราค้างน้ำหนักทดสอบ 10e บนส่วนรับน้ำหนักก็เพื่อไม่ต้องการให้เครื่องชั่งกลับไปแสดงค่าที่ศูนย์ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนน้ำหนักทดสอบ ในกรณีที่ส่วนรักษาศูนย์ หรือส่วนตั้งศูนย์ทำงานอยู่เพราะจะทำให้ผลการทดสอบผิดพลาดไป
9. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I
10. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
11. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
12. ทำการทดสอบใหม่อีกครั้งเหมือนตามขั้นตอน 6 ถึง 11 แต่เปลี่ยนตำแหน่งการวางน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนักตามลำดับเลขที่เขียนกำกับไว้ดังรูปที่ 159
13. คำนวณหาค่าผลผิด, E จาก $E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
14. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ
15. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการแสดงค่าที่ตำแหน่งเยื้องจุดศูนย์กลางส่วนรับน้ำหนัก (Eccentricity test, 3.6.2) ; A.4.7 หรืออาจเรียก Shift Test และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.6.2 และ 3.6.2.1 นั้นก็คือการแสดงค่าของเครื่องชั่งเมื่อวางน้ำหนักที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนส่วนรับน้ำหนักต้องมีค่าแตกต่างไม่เกินกว่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของน้ำหนักทดสอบนั้นๆ
16. ถ้าหากเครื่องชั่งมีช่วงการตั้งศูนย์แรกเริ่ม (an initial zero-setting range) มากกว่า 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งแล้ว ต้องทำการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม(Supplementary Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6

A.4.7.2 เครื่องชั่งที่มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักเกินกว่า 4 จุด (Instrument with a load receptor having more than four points of support)

1. หาจำนวนจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักว่ามีกี่จุด
2. ให้แบ่งพื้นที่ของส่วนรับน้ำหนักออกเป็น n ส่วนให้มีเนื้อที่เท่ากัน ตามตำแหน่งแต่ละจุดที่มีจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักโดยมีพื้นที่บนจุดรองรับน้ำหนักขนาดประมาณ 1/n ส่วนของพื้นที่ของส่วนรับน้ำหนัก เมื่อ n คือจำนวนจุดรองรับส่วนรับน้ำหนัก
3. ทำการวาดรูปคร่าวๆของส่วนรับน้ำหนักลงในรายงานเพื่อแสดงตำแหน่งและลักษณะการแบ่งส่วนรับน้ำหนักดังกล่าว ตัวเลขแทนตำแหน่งพื้นที่บนส่วนรับน้ำหนักที่ต้องการวางน้ำหนักทดสอบเพื่อในการทดสอบจะได้ทำการวางลงในตำแหน่งเดิมทุกครั้งไม่เปลี่ยน หมายเหตุ เมื่อจุดรองรับ 2 จุดอยู่ใกล้กันมากจนเกินกว่าจะทำการทดสอบตามที่กล่าวข้างต้น ให้เพิ่มน้ำหนักเป็น 2 เท่า และวางบนพื้นที่ทั้งสองด้านของแกนที่ลากต่อจุดรับน้ำหนักทั้งสองแทน
4. นอกจากนี้ให้วาดตำแหน่งของจอแสดงค่าหรือส่วนที่เป็นตำแหน่งสังเกตหลักและไม่มีการเคลื่อนย้ายไปไหน ทั้งนี้หากมีปัญหาเกี่ยวกับผลการทดสอบเราสามารถบ่งบอกว่าตำแหน่งใดที่ทดสอบแล้วผ่านหรือตำแหน่งไม่ผ่านได้
5. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3 โดยให้เลือกเอาตำแหน่งที่ 1 ตามที่กำหนด
6. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อม สำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
7. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
8. ให้วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับ 1/(n-1) เท่าของผลรวมของพิกัดกำลังสูงสุดเครื่องชั่ง (Max) กับพิกัดกำลังน้ำหนักทดแบบบวก (the corresponding maximum additive tare effect) วางที่จุดรับน้ำหนักแต่ละจุดลงบนตำแหน่งเดียวกัน ในขณะที่ยังคงมีน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักหากมีการใส่ในขั้นตอน 7
9. เอาน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักออกไป หากมีการใส่ในขั้นตอน 7
10. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I
11. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
12. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
13. ทำการทดสอบใหม่อีกครั้งเหมือนตามขั้นตอน 7 ถึง 12 แต่เปลี่ยนตำแหน่งการวางน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนักตามลำดับเลขที่เขียนกำกับไว้ในขั้นตอนที่ 3
14. คำนวณหาค่าผลผิด, E จาก $E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
15. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า,E_C จาก $E_C = E - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ

16. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการแสดงค่าที่ตำแหน่งเยื้องจุดศูนย์กลางส่วนรับน้ำหนัก (Eccentricity test, 3.6.2) ; A.4.7 หรืออาจเรียก Shift Test และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.6.2 และ 3.6.2.2 นั้นก็คือการแสดงค่าของเครื่องชั่งเมื่อวางน้ำหนักที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนส่วนรับน้ำหนักต้องมีค่าแตกต่างไม่เกินกว่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของน้ำหนักทดสอบนั้นๆ
17. ถ้าหากเครื่องชั่งมีช่วงการตั้งศูนย์แรกเริ่ม (an initial zero-setting range) มากกว่า 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งแล้ว ต้องทำการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม(Supplementary Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6

A.4.7.3 เครื่องชั่งที่มีส่วนรับน้ำหนักเป็นรูปแบบพิเศษ (เช่น ถัง, hopper ฯลฯ) (Instrument with special load receptors (tank , hopper , etc.)

1. หาจำนวนจุดรองรับส่วนรับน้ำหนักว่ามีกี่จุด
2. ทำการวาดรูปคร่าวๆของส่วนรับน้ำหนักลงในรายงานเพื่อแสดงตำแหน่งและลักษณะการแบ่งรวมทั้งจำนวนการแบ่งส่วนรับน้ำหนักดังกล่าว ว่าตำแหน่งพื้นที่บนส่วนรับน้ำหนักใดที่ต้องการวางน้ำหนักทดสอบเพื่อในการทดสอบจะได้ทำการวางลงในตำแหน่งเดิมทุกครั้งไม่เปลี่ยน
3. นอกจากนี้ให้วาดตำแหน่งของจอแสดงค่าหรือส่วนที่เป็นตำแหน่งสังเกตหลักและไม่มีการเคลื่อนย้ายไปไหน ทั้งนี้หากมีปัญหาเกี่ยวกับผลการทดสอบเราสามารถบ่งบอกว่าตำแหน่งใดที่ทดสอบแล้วผ่านหรือตำแหน่งไม่ผ่านได้
4. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3 โดยให้เลือกเอาตำแหน่งที่ 1 ตามที่กำหนด
5. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อม สำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
6. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
7. ให้วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับ 1/10 ของผลรวมระหว่างพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งกับพิกัดกำลังน้ำหนักทดแบบบวก (the corresponding maximum additive tare effect) บนจุดรับน้ำหนักแต่ละจุด บนตำแหน่งเดียวกัน เนื่องจากเครื่องชั่งที่มีส่วนรับน้ำหนักชนิดนี้ทนต่อการเยื้องศูนย์น้อย (minimal off-center loading) ในขณะที่ยังคงมีน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักหากมีการใส่ในขั้นตอน 6
8. เอาน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักออกไป หากมีการใส่ในขั้นตอน 6
9. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I
10. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
11. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก

12. ทำการทดสอบใหม่อีกครั้งเหมือนตามขั้นตอน 6 ถึง 11 แต่เปลี่ยนตำแหน่งการวางน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนักตามลำดับเลขที่เขียนกำกับไว้ในขั้นตอนที่ 3
13. คำนวณหาค่าผลผิด, E จาก $E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
14. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ
15. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการแสดงค่าที่ตำแหน่งเยื้องจุดศูนย์กลางส่วนรับน้ำหนัก (Eccentricity test, 3.6.2) ; A.4.7 หรืออาจเรียก Shift Test และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.6.2 และ 3.6.2.3 นั้นก็คือการแสดงค่าของเครื่องชั่งเมื่อวางน้ำหนักที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนส่วนรับน้ำหนักต้องมีค่าแตกต่างไม่เกินกว่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของน้ำหนักทดสอบนั้นๆ
16. ถ้าหากเครื่องชั่งมีช่วงการตั้งศูนย์แรกเริ่ม (an initial zero-setting range) มากกว่า 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งแล้ว ต้องทำการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม(Supplementary Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6

A.4.7.4 เครื่องชั่งใช้กับการชั่งสิ่งของที่กลิ้งได้ (Instrument used for weighing rolling loads, 3.6.2.4)

ในวิธีการทดสอบต่อไปนี้เป็นการทดสอบด้วยการกลิ้งน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักเพื่อให้ได้ตามหรือคล้ายคลึงกับสภาวะการทำงานจริงของเครื่องชั่ง แต่อย่างไรก็ตามหากไม่สามารถจัดหาน้ำหนักทดสอบที่สามารถกลิ้งได้หรือไม่สะดวกที่จะดำเนินการดังกล่าวสามารถทำการทดสอบโดยวิธีการวางน้ำหนักทดสอบเป็นตำแหน่งไปเหมือนกับวิธีการที่กล่าวมาข้างต้นได้

1. กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของส่วนรับน้ำหนักที่ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักแบบกลิ้ง โดยให้กำหนดหมายเลข 1 เป็นตำแหน่งเริ่มต้น และตำแหน่ง 2 เป็นตำแหน่งตรงกลางและตำแหน่ง 3 เป็นตำแหน่งที่สิ้นสุดของส่วนรับน้ำหนักตามลำดับ โดยการเรียงลำดับตัวเลขต้องไปในทิศทางเดียวกับการกลิ้งของสิ่งของที่ต้องการชั่งในการทำงานจริง
2. ทำการวาดรูปคร่าวๆของส่วนรับน้ำหนักลงในรายงานเพื่อแสดงตำแหน่งและลักษณะการกลิ้งและทิศทางการกลิ้ง ดูตัวอย่างดังรูป

3. นอกจากนี้ให้วาดตำแหน่งของจอแสดงค่าหรือส่วนที่เป็นตำแหน่งสังเกตหลักและไม่มีการเคลื่อนย้ายไปไหน ทั้งนี้หากมีปัญหาเกี่ยวกับผลการทดสอบเราสามารถบ่งบอกว่าตำแหน่งใดที่ทดสอบแล้วผ่านหรือตำแหน่งไม่ผ่านได้
4. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3 โดยให้เลือกเอาตำแหน่งที่ 2 ตามที่กำหนดในรูปข้างบน

5. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อม สำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
6. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
7. ให้วางน้ำหนักทดสอบแบบกลิ้งได้ที่มีค่าน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักที่ชั่งในสภาวะการทำงานปกติ หรือเท่ากับน้ำหนักที่หนักที่สุดที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างขบวนการชั่ง แต่ไม่ว่าในกรณีใดๆต้องไม่เกิน 0.8 เท่าของผลรวมพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งรวมกับพิกัดกำลังน้ำหนักทดแบบบวก (the corresponding maximum additive tare effect) ในที่นี้เราเลือกน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 0.8 เท่าของผลรวมพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งกับพิกัดกำลังน้ำหนักทดแบบบวกบนจุดรับน้ำหนักตำแหน่งที่ 1 ในขณะที่ยังคงมีน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักหากมีการใส่ในขั้นตอน 6
หมายเหตุ ควรเลือกน้ำหนักทดสอบให้อยู่ในช่วง 0.5 – 0.8 เท่าของ Max
8. เอาน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักออกไป หากมีการใส่ในขั้นตอน 6
9. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I
10. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
11. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
12. ทำการทดสอบใหม่อีกครั้งเหมือนตามขั้นตอน 6 ถึง 11 แต่เปลี่ยนตำแหน่งการวางน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนักจากตำแหน่ง 1 ไปตำแหน่ง 2 และ ตำแหน่ง 3 และจากนั้นให้ทำการทดสอบในทิศทางกลับกันคือเริ่มจากตำแหน่ง 3 เปลี่ยนไปตำแหน่ง 2 จากนั้นเป็นตำแหน่ง 1
13. คำนวณหาค่าผลผิด, E จาก $E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
14. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ
15. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการแสดงค่าที่ตำแหน่งเยื้องจุดศูนย์กลางส่วนรับน้ำหนัก (Eccentricity test, 3.6.2) ; A.4.7 หรืออาจเรียก Shift Test และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.6.2 และ 3.6.2.4 นั้นก็คือการแสดงค่าของเครื่องชั่งเมื่อวางน้ำหนักที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนส่วนรับน้ำหนักต้องมีค่าแตกต่างไม่เกินกว่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของน้ำหนักทดสอบนั้นๆ
16. ถ้าหากเครื่องชั่งมีช่วงการตั้งศูนย์แรกเริ่ม (an initial zero-setting range) มากกว่า 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งแล้ว ต้องทำการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม(Supplementary Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6

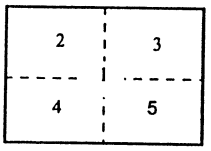
ตัวอย่าง การทดสอบการแสดงค่าที่ตำแหน่งเยื้องจุดศูนย์กลางส่วนรับน้ำหนัก (Eccentricity test, 3.6.2) ; A.4.7 หรืออาจเรียก Shift Test ดังแสดงในรูปที่ 160

3 ECCENTRICITY (A.4.7) (Example only)

3.1 Eccentricity using weights (A.4.7.1, 2 and 3)

			At start	At max	At end	
Application N°:	R1996/745					
Pattern designation:	Model RP-15Y					
Date:	16/12/96	Temp:	23.2			°C
Observer:	I. Examiner	Rel. h:				%
Verification scale interval e:	2/5 g	Time:	14:35			
Resolution during test(smaller than e):		Bar. pres:				hPa
		(only class Ⓘ)				

Location of test loads: mark on a sketch (see an example below) the successive locations of test loads, using numbers which shall be repeated in the table below.



Also indicate in the sketch the location of the display or of another perceptible part of the instrument.

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☒ Out of working range

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$

$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*) ใช้ E_0 แทน Segment.

Load, L	Location	Indication, I	Add. load, ΔL	Error, E	Corrected error, E_c	mpe
(*) 0.02 kg	1	0.020 kg	1.0 g	(*) 0.0 g	0.0 g	1 g
5.00	1	5.000	0.8	0.2	0.2	3
(*) 0.02	2	0.020	1.0	(*) 0.0	0.0	1
5.00	2	5.000	0.4	0.6	0.6	3
(*) 0.02	3	0.020	1.0	(*) 0.0	0.0	1
5.00	3	5.000	0.2	0.8	0.8	3
(*) 0.02	4	0.020	0.8	(*) 0.2	0.0	1
5.00	4	5.000	1.0	0.0	−0.2	3
(*) 0.02	5	0.020	1.0	(*) 0.0	0.0	1
5.00	5	5.000	1.0	0.0	0.0	3

☒ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 160 ตัวอย่างผลการทดสอบการเยื้องศูนย์ (Eccentricity test)

3 ECCENTRICITY (A.4.7)

3.1 Eccentricity using weights (A.4.7.1, 2 and 3)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification scale interval e: .....
Resolution during test (smaller than e): .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

Location of test loads: mark on a sketch (see an example below) the successive locations of test loads, using numbers which shall be repeated in the table below.

1	2
4	3

Also indicate in the sketch the location of the display or of another perceptible part of the instrument.

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$

$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Load L	Location	Indication I	Add. load ΔL	Error E	Corrected error E_c	mpe
(*)				(*)		

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 161 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการเยื้องศูนย์ (Eccentricity test) (OIML R76-2)

3.2 Eccentricity using a rolling load (A.4.7.4)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification scale interval e: .....
Resolution during test (smaller than e): .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

Location of test loads: mark on a sketch (see an example below) the successive locations of test loads, using numbers which shall be repeated in the table below.

1	2	3

Also indicate in the sketch the location of the display or of another perceptible part of the instrument.

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range

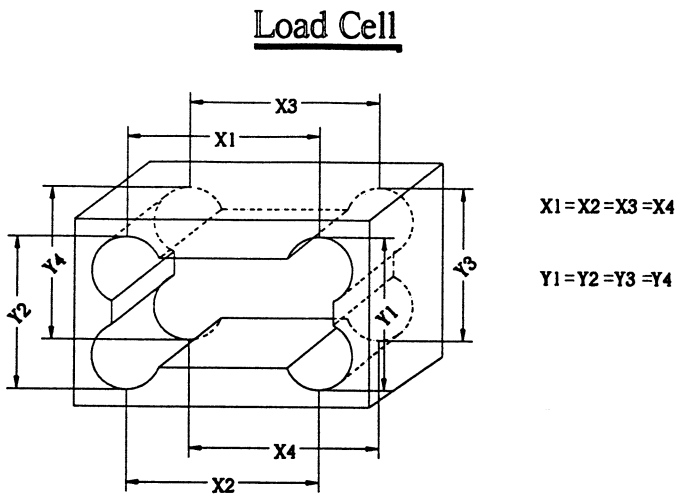
$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Load L	Location	Indication I	Add. load ΔL	Error E	Corrected error E_c	mpe
(*)				(*)		

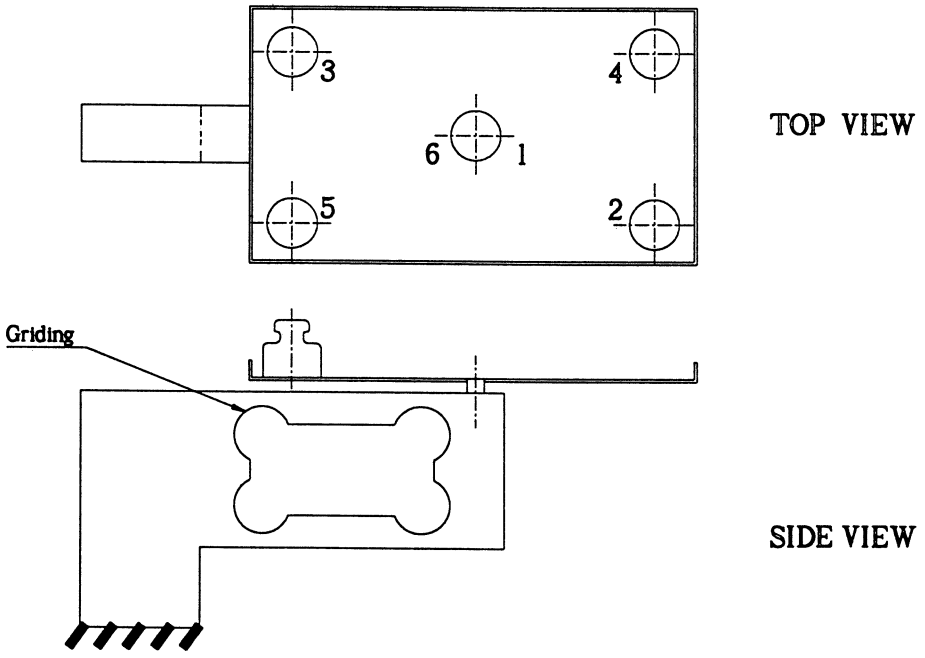
☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 161 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการเยื้องศูนย์ (Eccentricity test) (OIML R76-2)



รูปที่ 162 ตัวอย่างรูปร่างของโหลดเซลซึ่งต้องสมมาตร (Symmetric) กันทุกส่วน จึงจะช่วยลดการทำงานที่ผิดพลาดในการทดสอบการเยื้องศูนย์ (Eccentricity test) ได้



รูปที่ 163 การทดสอบเยื้องศูนย์ (Eccentricity Test) ของโหลดเซลก่อนนำไปติดตั้งกับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติชั้นความเที่ยง III หากการทดสอบไม่ผ่านสามารถปรับแต่งโหลดเซลโดยการเจียร (grinding) เนื้อแท่งโลหะออก

เนื้อหาครอบคลุม

1 การตรวจสอบสมรรถนะของการชั่ง (Determination of weighing performance)

2 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

บทที่ 11

- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 5
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6

ในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 5 เป็นการทดสอบการตรวจสอบสมรรถนะของการชั่ง (Determination of weighing performance, A.4.4) โดยทำการทดสอบการชั่ง (Weighing test, A.4.4.1) ขั้นตอนแรกสุดของการทดสอบการชั่งเป็นการทดสอบการหาผลผิดแฝงเริ่มต้น (The initial intrinsic error) มากับเครื่องชั่งตั้งแต่ผลิต เพื่อตรวจสอบและหาผลผิดดังกล่าวก่อนที่จะทำการทดสอบขั้นตอนหรือวิธีการอื่นต่อไปเนื่องจากหากเราไม่ทราบค่าผลผิดแฝงเริ่มต้นแล้ว ผลผิดนี้เองจะไปเพิ่มสมทบเข้ากับผลผิดอันเกิดจากปัจจัยอื่นๆ ในการตรวจสอบขั้นตอนอื่นๆ สำหรับในกรณีที่เครื่องชั่งมีส่วนแสดงค่ามากกว่า 1 ส่วนให้ทำการเปรียบเทียบการแสดงค่าของส่วนแสดงค่าที่มีอยู่และแตกต่างกันในระหว่างการทดสอบตามข้อกำหนด A.4.4, A.4.4.1

ในขณะเดียวกันการทดสอบความเสถียรช่วงการทำงาน (span stability) ของเครื่องชั่งชนิดอิเล็คทรอนิค (electronic instruments) ในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 เป็นการทดสอบขีดความสามารถของเครื่องชั่งโดยเฉพาะเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะการใช้งานจริงซึ่งอาจมีทั้ง

กระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าตกหรือได้รับผลกระทบจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 นี้เป็นการทดสอบเครื่องชั่งเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะอุณหภูมิคงที่ค่าหนึ่งที่เป็นสภาวะอ้างอิงและจะใช้เปรียบเทียบอีกครั้งเมื่อทำการทดสอบในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 17, 18, 19, 20, 21

แต่เพื่อความเข้าใจมากขึ้นในการตรวจสอบต้น ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 5 และ 6 ควรทำความเข้าใจในเนื้อหาข้อกำหนดใน OIML R76-1, ข้อกำหนด 3.5, 3.6.3, 3.7.3, 3.9.2, 3.9.2.1, 3.9.2.2, 3.9.2.3, A.4.4, A.4.5, A.5.3.1 และ B.4

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 5

A.4.4 การตรวจสอบสมรรถนะของการชั่ง (Determination of weighing performance)

A.4.4.1 การทดสอบการชั่ง (Weighing test)

วางน้ำหนักทดสอบตั้งแต่เครื่องชั่งแสดงค่าจากศูนย์จนถึงเต็มพิกัดกำลังสูงสุด (Max) จากนั้นเอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจนกระทั่งเครื่องชั่งแสดงค่ากลับมาแสดงค่าศูนย์อีกครั้งหนึ่ง ในการหาผลผิดแฝงเริ่มต้น (the initial intrinsic error) ให้วางน้ำหนักทดสอบที่แตกต่างกันเพื่อทดสอบอย่างน้อย 10 ค่า และสำหรับการทดสอบการชั่งอื่นๆต้องเลือกน้ำหนักทดสอบที่แตกต่างกันเพื่อทดสอบอย่างน้อย 5 ค่า โดยค่าน้ำหนักทดสอบที่เลือกให้แตกต่างกันนี้ต้องเลือกให้ครอบคลุมทั้งค่าน้ำหนักเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดและพิกัดกำลังต่ำสุดของเครื่องชั่งด้วย รวมทั้งค่าที่ใกล้เคียงหรือค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่ง

ต้องระลึกไว้ว่าการทดสอบการชั่งด้วยการวางหรือลดน้ำหนักทดสอบบนเครื่องชั่ง ต้องวางน้ำหนักทดสอบในลักษณะที่มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ

หากเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวอาจยังคงทำงานอยู่ได้ระหว่างทำการทดสอบการชั่ง ยกเว้น การทดสอบในเรื่องอุณหภูมิ ผลผิดที่ตำแหน่งศูนย์ของเครื่องชั่งสามารถหาได้จากข้อกำหนด A.4.2.3.2

A.4.4.2 การทดสอบการชั่งเพิ่มเติม (Supplementary weighing test, 4.5.1)

สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนตั้งศูนย์เริ่มต้น (an initial zero-setting device) และมีช่วงการตั้งศูนย์มากกว่า 20 % ของพิกัดกำลังสูงสุด (Max) ให้ทำการทดสอบการชั่งน้ำหนักเพิ่มเติมโดยถือเอาค่าขอบเขตบนของช่วงการตั้งศูนย์ (the upper limit of the range) นี้เป็นจุดตำแหน่งศูนย์

A.4.4.3 การคำนวณผลผิด (Evaluation of error, A.4.1.6)

สำหรับเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลและไม่มีส่วนแสดงค่าสำหรับแสดงค่าได้ละเอียดกว่าปกติด้วยค่าน้อยกว่าขั้นหมายมาตรา (ต้องไม่เกิน 1 ใน 5 ของ e) ให้ใช้ตำแหน่งเปลี่ยนจุด

(Changeover point) ในการหาค่าผลการแสดงค่าของเครื่องชั่งก่อนจะมีการปัดเศษ ดูรายละเอียดข้อกำหนด A.4.4.3

A.4.4.4 การทดสอบชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (modules) ของเครื่องชั่ง (Testing of modules)

การแยกทดสอบชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (modules) ของเครื่องชั่ง เป็นไปได้ที่สามารถทำการหาผลผิดที่มีค่าความไม่แน่นอนน้อยเพียงพอโดยพิจารณาเลือกค่าเศษส่วนของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดไม่ว่าจะใช้ส่วนสำหรับแสดงค่าผลการชั่งด้วยค่าขั้นหมายมาตราน้อยกว่า $(1/5) \bullet p_i \bullet e$ หรือโดยการประเมินหาตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ของการแสดงค่าด้วยค่าความไม่แน่นอนดีกว่า $(1/5) \bullet p_i \bullet e$

A.4.4.5 การทดสอบการชั่งด้วยการใช้วัตถุแทนที่น้ำหนักทดสอบแบบมาตรา (Weighing test using substitution material, 3.7.3)

การทดสอบนี้ใช้เสริมการทดสอบในข้อ 4.4.1

ให้ตรวจสอบผลผิดการทำซ้ำได้ (the repeatability error) ของน้ำหนักทดสอบที่ 50 % ของพิกัดกำลังสูงสุด (Max) และพิจารณาจำนวนครั้งของการแทนที่น้ำหนักทดสอบที่ยอมให้ได้ตามข้อกำหนด 3.7.3 (ข้อกำหนดหมวด 3)

ในการทดสอบ ให้เพิ่มน้ำหนักทดสอบแบบมาตราตั้งแต่ศูนย์ถึงน้ำหนักสูงสุดของน้ำหนักทดสอบแบบมาตราที่มีอยู่

หาค่าผลผิด (ตามข้อกำหนด A.4.4.3) และยกน้ำหนักทดสอบแบบมาตราทั้งหมดออกจนกระทั่งเครื่องชั่งมีสภาวะไม่มีน้ำหนักค้าง หรือในกรณีเครื่องชั่งที่มีส่วนรักษาศูนย์ (a zero-tracking device) ให้คงเหลือน้ำหนักทดสอบแบบมาตราค้างอยู่บนส่วนรับน้ำหนักเท่ากับ 10 e

การแทนน้ำหนักทดสอบแบบมาตราด้วยวัตถุอื่นแทนที่ ต้องวางและทดสอบเครื่องชั่งจนกระทั่งได้ตำแหน่งเปลี่ยนจุดที่จุดเดียวกัน ทำตามขั้นตอนดังกล่าวตั้งแต่ต้นจนกระทั่งวางน้ำหนักทดสอบได้จนถึงพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง

เมื่อวางน้ำหนักทดสอบแบบมาตราและวัสดุอื่นแทนที่จนถึงพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง ในขั้นตอนเอาน้ำหนักดังกล่าวออกจากเครื่องชั่งต้องดำเนินการย้อนกลับเป็นไปตามลำดับเช่นเดียวกับเมื่อทำการเพิ่มน้ำหนักลงเครื่องชั่ง นั้นคือเมื่อเอาน้ำหนักทดสอบแบบมาตราออกและทำการหาตำแหน่งเปลี่ยนจุด จากนั้นวางน้ำหนักทดสอบแบบมาตรากลับไปบนเครื่องชั่งเมื่อเอาวัตถุอื่นแทนที่ออกจนกระทั่งถึงตำแหน่งเปลี่ยนจุด ทำตามขั้นตอนดังกล่าวซ้ำจนกระทั่งเครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์อีกครั้งหนึ่ง

อาจใช้กระบวนการอื่นที่คล้ายกันกับที่กล่าวมาข้างต้นก็ได้

A.4.5 เครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่ามากกว่า 1 ส่วน (Instrument with more than one indicating device, 3.6.3)

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนแสดงค่ามากกว่า 1 ส่วน ให้ทำการเปรียบเทียบการแสดงค่าของส่วนแสดงค่าที่มีอยู่และแตกต่างกันในระหว่างการทดสอบตามข้อกำหนด A.4.4

A.5.3 การทดสอบทางอุณหภูมิ (Temperature tests)

(ดูเชิงอรรถที่ 10 (OIML R76-1) เป็นการทำการทดสอบด้วยอุณหภูมิในสภาวะปฏิบัติการปกติ)

A.5.3.1 อุณหภูมิคงที่ (Static temperatures, 3.9.2.1 and 3.9.2.2)

การดำเนินการทดสอบดำเนินการโดยวางเครื่องชั่งหรือส่วนประกอบ (modules) (ในที่นี้เรียกว่า "the equipment under test"; EUT) ไว้ในที่ที่อุณหภูมิมีค่าคงที่ภายในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ตามข้อกำหนด 3.9.2 โดยไม่มีระบบการปรับอากาศเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมงหลังจากที่เครื่องชั่งมีอุณหภูมิคงที่เสถียร

การทดสอบการชั่ง (ไม่ว่าเป็นการเพิ่มน้ำหนักและลดทอนน้ำหนัก) ให้ดำเนินการตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนด A.4.4.1 นั้นคือ

- ที่อุณหภูมิอ้างอิง (Reference temperature) (ปกติมีค่าเท่ากับ 20 °ซ. แต่สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของขอบเขตอุณหภูมิที่ระบุใช้งาน ;the mean value of the specified temperature limits)
- ที่อุณหภูมิที่กำหนดสูงสุด (the specified high temperature)
- ที่อุณหภูมิที่กำหนดต่ำสุด (the specified low temperature)
- ที่อุณหภูมิ 5 °ซ. ถ้าค่าอุณหภูมิที่กำหนดต่ำสุดมีค่าต่ำกว่า 10 °ซ. และ
- ที่อุณหภูมิอ้างอิง

อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต้องไม่เกิน 1 °ซ./นาที ในขณะทำการเพิ่มความร้อนสูงขึ้นหรือลดความเย็นลง

สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ให้คิดการเปลี่ยนแปลงของความดัน ณ สถานที่ทดสอบด้วย

ความชื้นสัมบูรณ์ของบรรยากาศ (the absolute humidity of the test atmosphere)ต้องไม่เกิน 20 ก./ลบ.ม. นอกจากจะกำหนดไว้ในคู่มือของเครื่องชั่งเป็นอย่างอื่น

อ้างถึง IEC Publications: ดูในสารบัญ Bibliography/1/(see preliminary note to Annex B)

A.5.3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการแสดงค่าเมื่อสภาวะไม่มีน้ำหนักบนเครื่องชั่ง (Temperature effect on no-load indication, 3.9.2.3)

ให้ทำการตั้งศูนย์เครื่องชั่ง จากนั้นทำการเปลี่ยนอุณหภูมิไปยังค่าที่สูงที่สุดที่กำหนดไว้ของเครื่องชั่งและลดอุณหภูมิลงจนถึงค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่กำหนด รวมทั้งที่อุณหภูมิ 5 °ซ. เมื่ออยู่ในสภาวะคงที่แล้ว ให้หาค่าผลผิดของการแสดงค่าศูนย์ และให้คำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของการแสดงค่าศูนย์ต่อ 1 °ซ. (สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I) หรือต่อ 5 °ซ. (สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยงอื่นๆ) ให้คำนวณการเปลี่ยนแปลงของการแสดงค่าศูนย์ต่อ 1 °ซ.หรือต่อ 5 °ซ. ต้องคำนวณที่สภาวะอุณหภูมิใดๆ ติดกัน 2 ค่าของการทดสอบนี้

อาจทำการทดสอบนี้พร้อมกับการทดสอบทางอุณหภูมิ (ตามข้อกำหนด A.5.3.1) และการหาค่าผลผิดที่ศูนย์ด้วยและต้องดำเนินการทันทีก่อนที่ทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทดสอบไปยังค่าถัดไปและหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 2 ชั่วโมงหลังจากปล่อยให้เครื่องชั่งมีอุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมินี้เช่นกัน

หมายเหตุ ต้องไม่วางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริงด้วยวิธีการนี้

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวต้องไม่ทำงานในระหว่างทำการทดสอบนี้

3.9.2 อุณหภูมิ (Temperature) (อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับค่าอุณหภูมิแสดงไว้ในกระบวนการทดสอบ ภาคผนวก A และ B)

3.9.2.1 ขอบเขตอุณหภูมิที่กำหนด (prescribed temperature limits)

ถ้าไม่กำหนดช่วงอุณหภูมิใช้งานไว้เป็นอย่างอื่นบนเครื่องชั่งแล้ว ให้ถือว่าเครื่องชั่งต้องทำงานได้อย่างถูกต้องภายในช่วงขอบเขตอุณหภูมิ

- 10 °ซ. ถึง + 40 °ซ.

3.9.2.2 ขอบเขตอุณหภูมิพิเศษ (Special temperature limits)

เครื่องชั่งที่แสดงขอบเขตอุณหภูมิใช้งานจำเพาะ (particular limits) ต้องทำงานได้อย่างถูกต้องภายในขอบเขตอุณหภูมิดังกล่าว

การเลือกขอบเขตอุณหภูมิอาจเลือกตามสภาวะการใช้งานของเครื่องชั่ง

ช่วงของขอบเขตอุณหภูมิใช้งานของเครื่องชั่งอย่างน้อยควรเท่ากับ

ช่วงอุณหภูมิ 5 °ซ. สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ช่วงอุณหภูมิ 15 °ซ. สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II

ช่วงอุณหภูมิ 30 °ซ. สำหรับเรื่องชั่งชั้นความเที่ยง III และ IIII

3.9.2.3 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการแสดงค่า ณ สภาวะไม่มีน้ำหนัก (Temperature effect on no-load indication)

การแสดงค่าศูนย์หรือใกล้ศูนย์ต้องเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 1 ช่องขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (The verification scale interval) เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเปลี่ยนไป 1 °ซ. สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I และ 5 °ซ. สำหรับเครื่องชั่งชั้นอื่น ๆ

สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (multi-interval instrument) และเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (multiple range instrument) ให้ใช้ข้อกำหนดนี้กับขั้นหมายมาตราตรวจรับรองที่มีค่าน้อยที่สุดของ เครื่องชั่งนั้นๆ

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
5.	**Weighing performance** **A. Initial**	**1**	**20 °C**

OIML R76-1:	A.4.4 (ดูบทที่ 6) A.4.5 (ดูบทที่ 6) 3.5.1

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 5

การทดสอบหาผลผิดแฝงเริ่มต้น (Determination of Initial Intrinsic Error); A.4.4 และ A.4.5

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 1; (Page 10)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
3. ในกรณีที่เครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์ ให้ทำการบันทึกช่วงการตั้งศูนย์แรกเริ่ม (an initial zero-setting range) ของเครื่องชั่งนั้นมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
4. กำหนดค่าน้ำหนักทดสอบ, L สำหรับใช้ในการทดสอบเครื่องชั่งจำนวนอย่างน้อย 10 ค่า โดยหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกค่าน้ำหนักทดสอบให้แตกต่างกันและครอบคลุม
    - ค่าน้ำหนักทดสอบที่เลือกนี้ต้องเลือกให้ครอบคลุมทั้งค่าน้ำหนักตั้งแต่ค่าเท่ากับพิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
    - ค่าน้ำหนักทดสอบที่ค่าน้ำหนักเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดและพิกัดกำลังต่ำสุดของเครื่องชั่ง
    - ค่าน้ำหนักทดสอบที่ค่าน้ำหนักเท่ากับค่าที่ใกล้เคียงหรือค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่ง ในกรณีที่เลือกน้ำหนักทดสอบสำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (Multi - interval instrument) ที่มีช่วงการชั่งย่อยหลายช่วง

(partial weighing ranges) การเลือกน้ำหนักทดสอบต้องให้ครอบคลุมจุดเปลี่ยนแปลงของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดด้วย

- ต้องไม่เลือกค่าน้ำหนักทดสอบที่เป็นจุดที่ค่าขั้นหมายมาตรา (scale interval) เปลี่ยน ให้เลือกตำแหน่งที่น้อยกว่าจุดดังกล่าว 5e แทน
- ต้องไม่เลือกจุดน้ำหนักที่เท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งหากเมื่อทำการชั่งน้ำหนักมากกว่าค่าพิกัดกำลังของเครื่องชั่งแล้วส่วนแสดงค่าไม่แสดงผลการชั่งใดๆ ในกรณีเช่นนี้ให้ใช้ตำแหน่งน้ำหนักทดสอบให้มีค่าน้อยกว่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง 5e แทน

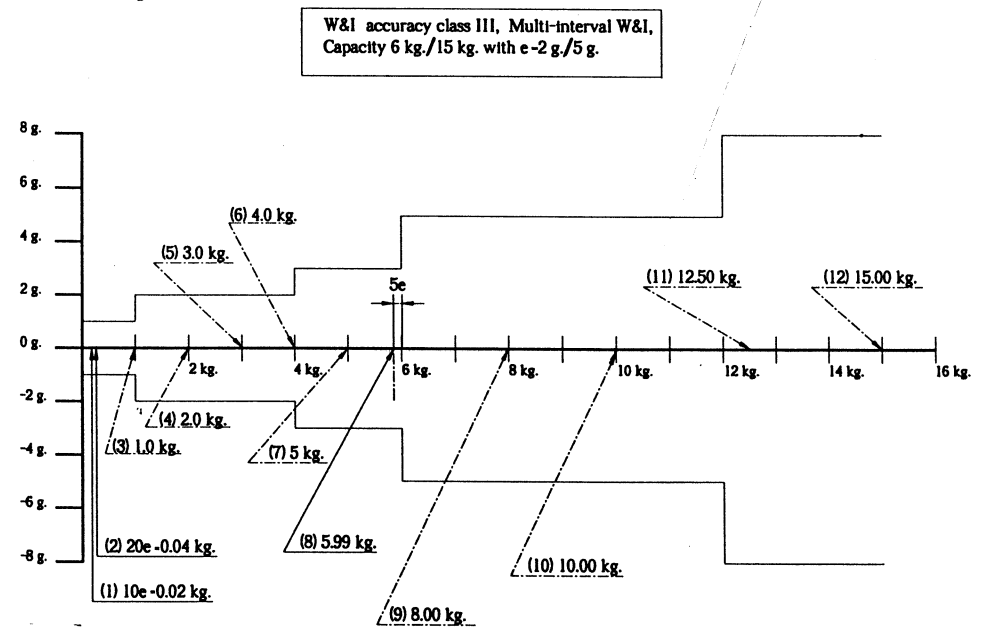
5. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
6. บันทึกเวลา, อุณหภูมิแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ สำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
7. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
8. วางน้ำหนักทดสอบ เริ่มจากน้ำหนักต่ำสุดและทำการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอจนถึงน้ำหนักสูงสุด ในแต่ละน้ำหนักทดสอบ
   (a) บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L
   (b) บันทึกผลการแสดงการชั่ง I และ
   (c) หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
9. ทำการบันทึกเวลาเมื่อวางน้ำหนักทดสอบสูงสุดแล้ว
10. ลดน้ำหนักทดสอบบนเครื่องชั่ง เริ่มจากน้ำหนักสูงสุดและทำการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอจนถึงน้ำหนักต่ำสุด ในแต่ละน้ำหนักทดสอบ
    (a) บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L
    (b) บันทึกผลการแสดงการชั่ง I และ
    (c) หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
11. ทำการบันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อม
12. คำนวณหาค่าผลผิด, E จาก $E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
13. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ
14. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบหาผลผิดแฝงเริ่มต้น (Determination of Initial Intrinsic Error); A.4.4 และ A.4.5 และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.5.1 อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรอง (Values of maximum permissible errors on initial verification) ดังตารางที่ 6

15. ถ้าหากเครื่องชั่งมีช่วงการตั้งศูนย์แรกเริ่ม (an initial zero-setting range) มากกว่า 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งแล้ว ต้องทำการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม (Supplementary Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6

ตารางที่ 6

อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด	น้ำหนักใช้ทดสอบ (m) แสดงในหน่วยของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (e)			
	ชั้น I	ชั้น II	ชั้น III	ชั้น IIII
±0.5 e	ตั้งแต่ 0 ถึง 50000 (0 ≤ m ≤ 50000)	ตั้งแต่ 0 ถึง 5000 (0 ≤ m ≤ 5000)	ตั้งแต่ 0 ถึง 500 (0 ≤ m ≤ 500)	ตั้งแต่ 0 ถึง 50 (0 ≤ m ≤ 50)
±1.0 e	มากกว่า 50000 ถึง 200000 (50000 < m ≤ 200000)	มากกว่า 5000 ถึง 20000 (5000 < m ≤ 20000)	มากกว่า 500 ถึง 2000 (500 < m ≤ 2000)	มากกว่า 50 ถึง 200 (50 < m ≤ 200)
±1.5 e	มากกว่า 200000 (200000 < m)	มากกว่า 20000 ถึง 100000 (20000 < m ≤ 100000)	มากกว่า 2000 ถึง 10000 (2000 < m ≤ 10000)	มากกว่า 200 ถึง 1000 (200 < m ≤ 1000)

ตัวอย่าง การทดสอบหาผลผิดแฝงเริ่มต้น (Determination of Initial Intrinsic Error); A.4.4 และ A.4.5 ดังแสดงในรูปที่ 164 และ 165



รูปที่ 164 ตัวอย่างการพิจารณาเลือกน้ำหนักทดสอบให้ครอบคลุมและเป็นไปตามที่กำหนด OIML R76-1

1a WEIGHING PERFORMANCE (A.4.4) (A.5.3.1) (Example only)

(Calculation of the error)

Application N°:	R1996/745
Pattern designation:	Model RP-15Y
Date:	13/12/96
Observer:	I. Examiner
Verification scale interval e:	2/5 g
Resolution during test(smaller than e):	.....

	At start	At max	At end	
Temp:	20.8		20.7	°C
Rel. h:	41.9			%
Time:	14:25	14:29	14:32	
Bar. pres:				hPa

(only class Ⓘ)

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☒ Out of working range ☐ In operation

Initial zero-setting > 20% of Max: ☐ ☐ No (see OIML R 76-1, A.4.4.2)

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$

$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Load, L	Indication, I		Add. load, ΔL		Error, E		Corrected error, E_c		mpe
	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	
(*) 0.02 kg	0.020 kg	0.020 kg	1.0 g	1.2 g	(*) 0.0 g	−0.2 g	0.0 g	−0.2 g	1 g
0.04	0.040	0.040	1.2	1.2	−0.2	−0.2	−0.2	−0.2	1
0.50	0.500	0.500	1.2	1.2	−0.2	−0.2	−0.2	−0.2	1
1.00	1.000	1.000	1.0	1.2	0.0	−0.2	0.0	−0.2	1
2.00	2.000	2.000	1.0	1.2	0.0	−0.2	0.0	−0.2	1
3.00	3.000	3.000	1.2	1.2	−0.2	−0.2	−0.2	−0.2	2
4.00	4.000	4.000	1.0	1.2	0.0	−0.2	0.0	−0.2	2
5.00	5.000	5.000	1.2	1.4	−0.2	−0.4	−0.2	−0.4	3
5.99	5.990	5.990	1.0	1.4	0.0	−0.4	0.0	−0.4	3
8.00	8.000	8.000	2.5	3.0	0.0	−0.5	0.0	−0.5	5
10.00	10.000	10.000	3.0	3.0	−0.5	−0.5	−0.5	−0.5	5
12.50	12.500	12.500	3.0	3.0	−0.5	−0.5	−0.5	−0.5	7.5
15.00	15.000		3.5		−1.0		−1.0		7.5

☒ Passed ☐ Failed

Remarks: Initial test.

รูปที่ 165 ตัวอย่างผลการทดสอบสมรรถนะการชั่งของเครื่องชั่ง (Weighing performance)

Report page .... /....

1 WEIGHING PERFORMANCE (A.4.4) (A.5.3.1)
(Calculation of the error)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification
scale interval e: .....
Resolution during test
(smaller than e): .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range ☐ In operation

Initial zero-setting > 20 % of Max: ☐ Yes ☐ No (see R 76-1, A.4.4.2)

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Load L	Indication I		Add. load ΔL		Error E		Corrected error E_c		mpe
	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	
(*)					(*)				

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 166 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบสมรรถนะการชั่ง (Weighing performance) (OIML R76-2)

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6

B.4 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

สำหรับการทดสอบดังกล่าวนี้ไม่ต้องดำเนินการทดสอบกับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ในขั้นตอนที่จะกระทำการทดสอบต่อไปนี้ถือเป็นการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่งครั้งแรก โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิคงที่ค่านี้

การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ได้กำหนดการทดสอบแบ่งออกเป็นอย่างน้อยสุด 8 วิธีการทดสอบสำหรับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติแบบอิเล็คทรอนิค ต้องดำเนินการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) อย่างเป็นระยะๆและสม่ำเสมอสอดแทรกก่อน, ระหว่างและหลังตลอดช่วงระยะที่ทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องชั่งด้วยวิธีการทดสอบต่างๆ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและจำเป็นที่เราต้องทำการวางแผนการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งตลอดทั้งหมดของโปรแกรมการทดสอบเพื่อที่เราสามารถเลือกช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมกับการดำเนินการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ตารางข้างล่างนี้ได้กำหนดเป็นแนวทางขั้นตอนของการทดสอบจำนวน 5 วิธีการจากจำนวน 8 วิธีการที่กำหนดไว้ใน OIML R76-1, Annex B สำหรับการทดสอบที่เหลืออีก 3 วิธีการนั้นสามารถดำเนินการแทรกสอดเข้าไประหว่างการทดสอบใดๆ ตราบจนกระทั่งเครื่องชั่งยังมีคุณสมบัติเป็นไปตามที่ OIML R76-1 กำหนด

ดำเนินการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) หลังจาก	ขอบเขตสำหรับการดำเนินการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง(span stability test) ในครั้งนี้
• การทดสอบสมรรถนะการชั่งแรกเริ่ม (Initial weighing performance test)	เป็นการทดสอบสมรรถนะการชั่งแรกเริ่ม
• การทดสอบการอุ่นเครื่องชั่ง (Warm-up test)	หยุดการจ่ายแหล่งกำลังไฟฟ้าเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง จัดให้เครื่องชั่งต่อเชื่อมแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าพร้อมเปิดสวิตช์ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 5 ช.ม.ก่อนทดสอบ
• สภาวะอุณหภูมิคงที่ (Static temperatures: B.2.1, A.5.3) และผลกระทบของอุณหภูมิต่อเครื่องชั่งเมื่อสภาวะไม่มีน้ำหนักบนเครื่องชั่ง	ต้องจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพ หลังจากทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง แต่ต้องเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบอุณหภูมิ (Temperature Test) เสร็จสิ้นสมบูรณ์
• การทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state; B.2.2) (การทดสอบนี้ไม่ทำกับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I หรือชั้นความเที่ยง II ที่มีค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรองน้อยกว่า 1 g)	ต้องจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพ หลังจากทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง แต่ต้องเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบการทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Dämp heat, steady state; B.2.2) เสร็จสิ้นสมบูรณ์
• B.3.1 การลดกำลังไฟฟ้าเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ (Short time power reductions) • B.3.2 การเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่ง (Electrical Bursts) • B.3.3 การปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge)	ที่ขณะใดๆ หลังจากทำการทดสอบดังกล่าวเสร็จสิ้นสมบูรณ์

ขั้นตอนต่อไปนี้เป็นขั้นตอนมาตรฐาน จะดำเนินเช่นเดียวกันไม่ว่าจะดำเนินการหลังจากขั้นตอนการทดสอบสภาวะอุณหภูมิคงที่ (Static temperatures: B.2.1, A.5.3) และผลกระทบของอุณหภูมิต่อเครื่องชั่งเมื่อสภาวะไม่มีน้ำหนักบนเครื่องชั่ง หรือหลังจากการทดสอบการทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state; B.2.2) ก็ตาม

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
6.	**Span stability** **A. Test (1)**	**1**	**จัดให้ EUT ต่อเชื่อมแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าพร้อมเปิดสวิตช์ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมงก่อนทดสอบ**

OIML R76-1: B.4 (ดูบทที่ 6)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6

การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 14; (Page 36 ถึง 41)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล

3. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ, L ว่าค่าน้ำหนักดังกล่าวเป็นค่าน้ำหนักเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดหรือค่าใกล้เคียงกับค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max – 5e) เนื่องจากจะต้องคำนึงถึงการสอบเทียบย้อนกลับได้ และต้องใช้น้ำหนักทดสอบเดียวกันในการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ทั้ง 8 ครั้ง ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6, 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30

สำหรับแต่ละการวัด (For each measurement)

1. ทำการบันทึกครั้งที่ทำการทดสอบ อีกทั้งบันทึกเงื่อนไขการวัด ถ้าหากการวัดใดได้ดำเนินการ
   - หลังจากผ่านการทดสอบอุณหภูมิ (Temperature Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบ จากนั้นทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
   - หลังจากผ่านการทดสอบความชื้น (Humidity Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบ
   - ต้องทำการถอด EUT ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่ว่าเป็นกรณีที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือไฟฟ้ากระแสตรง เป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง จากนั้นจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพหลังจากทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
   - หลังจากเปลี่ยนตำแหน่งการวางเครื่องชั่ง หรือ
   - ภายใต้สภาวะเงื่อนไขจำเพาะพิเศษ

2. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
3. บันทึกเวลา, อุณหภูมิแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความดัน
4. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
5. วางน้ำหนักทดสอบ
6. เอาน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักออกไป หากมีการใส่ในขั้นตอน 4
7. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I_L
8. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
9. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
10. คำนวณหาค่าผลผิดที่น้ำหนักทดสอบ, E_L จาก $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
11. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E_L - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ

12. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ที่เป็นครั้งแรกในกรณีนี้ (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการทดสอบใหม่ซ้ำอีกมากกว่า 4 ครั้งซ้ำตามขั้นตอน 4 ถึง 11

13. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test)ครั้งแรก (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการคำนวณและบันทึก ต่อไปนี้

- Average error = Average $(E_L - E_0)$
- $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min}$ และ
- 0.1e

14. ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \leq 0.1e$ แล้วการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบครั้งต่อไป (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30) ให้ดำเนินการทดสอบเพียงครั้งเดียว ถือว่าผลการทดสอบเพียงพอต่อการทดสอบการวัดของการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่งลำดับถัดมา แต่ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \geq 0.1e$ จำเป็นต้องทำการทดสอบด้วยน้ำหนักทดสอบจำนวน 5 ค่าเช่นเดียวกับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 และต้องทำการบันทึกค่าและคำนวณค่าทุกค่าน้ำหนักทดสอบ นอกจากนี้แล้วต้องใช้ค่าน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเช่นเดียวกับที่ใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 กับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30 ด้วย

15. หลังจากทำการทดสอบเสร็จสิ้นของแต่ละการวัดแล้วให้ทำการเขียนกราฟค่าผลผิดเฉลี่ยลงบนกราฟที่ OIML R76-2 (page 41) กำหนดให้ และต้องปล่อยให้ EUT พักฟื้นก่อนด้วยช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมก่อนดำเนินการทดสอบใดๆ ต่อไป

16. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ;B.4 และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.4 นั้นคือ การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation); $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min}$ ค่าผลผิดของการแสดงค่าต้องไม่เกิน ½ ของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง หรือ ½ ของค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรองชั้นแรกที่น้ำหนักทดสอบนั้นๆ เลือกค่าที่มากกว่า เมื่อผลต่างของผลการชั่งแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มที่จะมีค่าเกินกว่า ½ ของค่าที่ยอมให้ได้ตามที่กำหนดไว้ข้างบน การทดสอบต้องดำเนินการจนแนวโน้มดังกล่าวหยุดนิ่งหรือเบี่ยงกลับมาในทิศทางตรงกันข้าม หรือจนกระทั่งผลผิดมีค่าเกินกว่าค่ามากที่สุดที่ยอมให้ได้ในการเปลี่ยนแปลง

ตัวอย่าง การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4 ดังแสดงในรูปที่ 167 และ 168

14 SPAN STABILITY (cont.) (Example only)

Subsequent measurements

For each of the subsequent measurements (at least 7), indicate on the line "conditions of the measurement", as appropriate, if the measurement has been performed:

- after the temperature test, the EUT having been stabilised for at least 16 h;
- after the humidity test, the EUT having been stabilised for at least 16 h;
- after the EUT has been disconnected from the mains for at least 8 h and then stabilised for at least 5 h;
- after any change in the test location;
- under any other specific condition.

Measurement N° 2:

Date: 16/12/96
Observer: I. Examiner
Location: Laboratory

	At start	At max	At end	
Temp:	24.5			°C
Rel. h:	39.7			%
Time:	16:07			
Bar. pres:	1003.6			hPa

Conditions of the measurement: Power off 16 h and then on 6.5 h

$E_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$ $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$

	Indication of zero, I_0	Add. load, ΔL_0	E_0	Indication of load, I_L	Add. load, ΔL	E_L	$E_L - E_0$	Corrected value (*)
1	(*) 0.020 kg	1.0 g	0.0 g	15.000 kg	3.5 g	−1.0 g	−1.0 g	
2	0.020	1.0	0.0	15.000	3.0	−0.5	−0.5	
3	0.020	1.0	0.0	15.000	3.0	−0.5	−0.5	
4	0.020	1.0	0.0	15.000	3.5	−1.0	−1.0	
5	0.020	1.0	0.0	15.000	3.5	−1.0	−1.0	

(*) When applicable, necessary corrections resulting from variations of temperature, pressure, etc. See remarks.

If five loadings and readings have been performed:

Average error = average $(E_L - E_0)$ = −0.8 g

Remarks:

$(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \leq 0.1e$

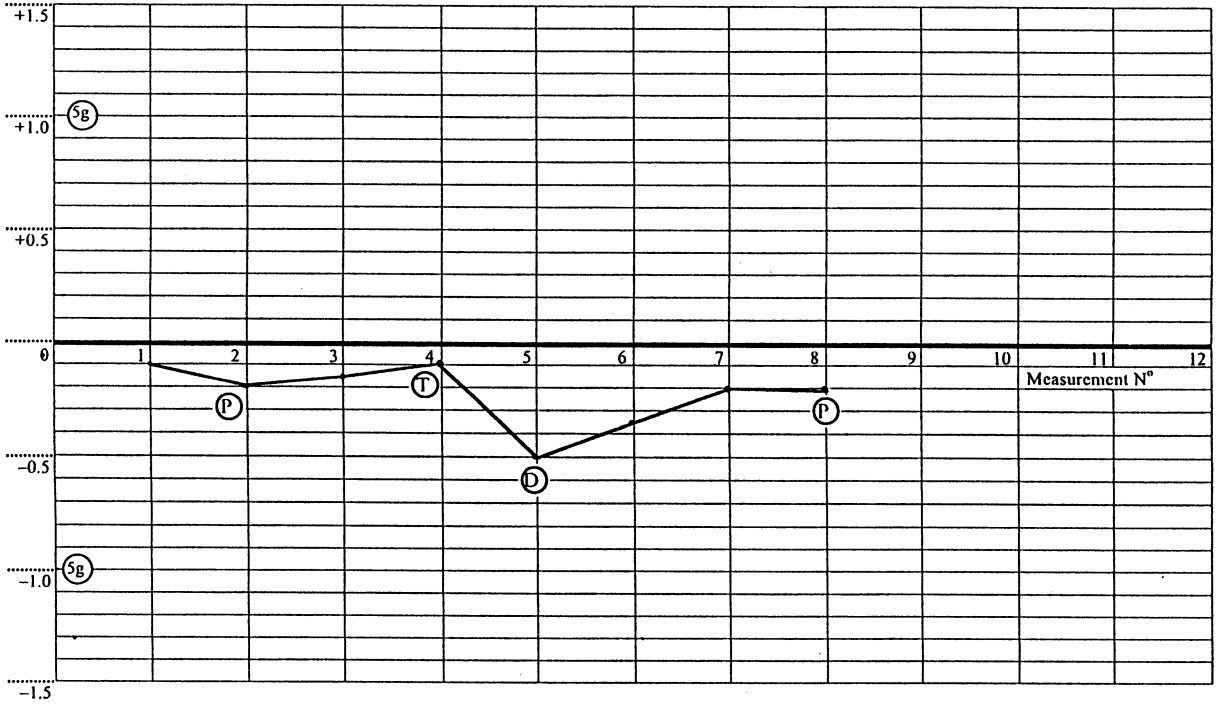
รูปที่ 167 ตัวอย่างผลการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

14 SPAN STABILITY (B.4) (Example Only)

Application N°: R1996.475

Pattern designiation: Model RP - 15Y

Plot on the diagram the indication of temperature test Ⓣ, damp heat test Ⓓ and disconnections from the mains power supply Ⓟ



Maximum allowable variation: 3.75 g

(OIML R76, B.4, P82)

X Passed ☐ Failed

Remark

$-0.5e-(-0.1e) = -0.4e$

$= -0.4(5)$

$= 2g < 3.75g$

$\leq 0.5e$ or $\leq \left|\frac{mpe}{2}\right|$ whichever

รูปที่ 168 ตัวอย่างผลการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

14 SPAN STABILITY (B.4)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Verification
scale interval e: .....
Resolution during test
(smaller than e): .....

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range

Test load =

Measurement N° 1: Initial measurement

Date: .....
Observer: .....
Location: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

$E_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$ $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$

	Indication of zero (I_0)	Add. load (ΔL_0)	E_0	Indication of load (I_L)	Add. load (ΔL)	E_L	$E_L - E_0$	Corrected value(*)
1								
2								
3								
4								
5								

(*) When applicable, necessary corrections resulting from variations of temperature, pressure, etc.. See remarks.

Average error = average $(E_L - E_0)$ = ☐

$(E_L - E_0)_{max} - (E_L - E_0)_{min}$ = ☐

0.1 e = ☐

If $|(E_L - E_0)_{max} - (E_L - E_0)_{min}| \leq 0.1$ e, the loading and reading will be sufficient for each of the subsequent measurements; if not, five loadings and readings shall be performed at each measurement.

Remarks:

รูปที่ 169 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test) (OIML R76-2)

SPAN STABILITY (cont.)

Subsequent measurements

For each of the subsequent measurements (at least 7), indicate on the line "conditions of the measurement", as appropriate, if the measurement has been performed:

- after the temperature test, the EUT having been stabilized for at least 16 h;
- after the humidity test, the EUT having been stabilized for at least 16 h;
- after the EUT has been disconnected from the mains for at least 8 h and then stabilized for at least 5 h;
- after any change in the test location;
- under any other specific condition.

Measurement N° 2:

Date: .....
Observer: .....
Location: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Conditions of the measurement:

$E_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$ $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$

	Indication of zero (I_0)	Add. load (ΔL_0)	E_0	Indication of load (I_L)	Add. load (ΔL)	E_L	$E_L - E_0$	Corrected value(*)
1								
2								
3								
4								
5								

(*) When applicable, necessary corrections resulting from variations of temperature, pressure, etc.. See remarks.

If five loadings and readings have been performed:

Average error = average ($E_L - E_0$) = [ ]

Remarks:

รูปที่ 169 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test) (OIML R76-2)

SPAN STABILITY (cont.)

Measurement N° 3:
Date: .....
Observer: .....
Location: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Conditions of the measurement:

$E_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$ $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$

	Indication of zero (I_0)	Add. load (ΔL_0)	E_0	Indication of load (I_L)	Add. load (ΔL)	E_L	$E_L - E_0$	Corrected value(*)
1								
2								
3								
4								
5								

(*) When applicable, necessary corrections resulting from variations of temperature, pressure, etc.. See remarks.

If five loadings and readings have been performed:

Average error = average ($E_L - E_0$) = [ ]

Remarks:

Measurement N° 4:
Date: .....
Observer: .....
Location: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Conditions of the measurement:

$E_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$ $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$

	Indication of zero (I_0)	Add. load (ΔL_0)	E_0	Indication of load (I_L)	Add. load (ΔL)	E_L	$E_L - E_0$	Corrected value(*)
1								
2								
3								
4								
5								

(*) When applicable, necessary corrections resulting from variations of temperature, pressure, etc.. See remarks.

If five loadings and readings have been performed:

Average error = average ($E_L - E_0$) = [ ]

Remarks:

รูปที่ 169 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test) (OIML R76-2)

SPAN STABILITY (cont.)

Measurement N° 5:
Date: .....
Observer: .....
Location: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Conditions of the measurement:

$E_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$ $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$

	Indication of zero (I_0)	Add. load (ΔL_0)	E_0	Indication of load (I_L)	Add. load (ΔL)	E_L	$E_L - E_0$	Corrected value(*)
1								
2								
3								
4								
5								

(*) When applicable, necessary corrections resulting from variations of temperature, pressure, etc.. See remarks.

If five loadings and readings have been performed:

Average error = average ($E_L - E_0$) = [ ]

Remarks:

Measurement N° 6:
Date: .....
Observer: .....
Location: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Conditions of the measurement:

$E_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$ $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$

	Indication of zero (I_0)	Add. load (ΔL_0)	E_0	Indication of load (I_L)	Add. load (ΔL)	E_L	$E_L - E_0$	Corrected value(*)
1								
2								
3								
4								
5								

(*) When applicable, necessary corrections resulting from variations of temperature, pressure, etc.. See remarks.

If five loadings and readings have been performed:

Average error = average ($E_L - E_0$) = [ ]

Remarks:

รูปที่ 169 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)(OIML R76-2)

SPAN STABILITY (cont.)

Measurement N° :
Date: .....
Observer: .....
Location: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Conditions of the measurement:

$E_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$ $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$

	Indication of zero (I_0)	Add. load (ΔL_0)	E_0	Indication of load (I_L)	Add. load (ΔL)	E_L	$E_L - E_0$	Corrected value(*)
1								
2								
3								
4								
5								

(*) When applicable, necessary corrections resulting from variations of temperature, pressure, etc.. See remarks.

If five loadings and readings have been performed:

Average error = average ($E_L - E_0$) = ☐

Remarks:

Measurement N° :
Date: .....
Observer: .....
Location: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Conditions of the measurement:

$E_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$ $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$

	Indication of zero (I_0)	Add. load (ΔL_0)	E_0	Indication of load (I_L)	Add. load (ΔL)	E_L	$E_L - E_0$	Corrected value(*)
1								
2								
3								
4								
5								

(*) When applicable, necessary corrections resulting from variations of temperature, pressure, etc.. See remarks.

If five loadings and readings have been performed:

Average error = average ($E_L - E_0$) = ☐

Remarks:

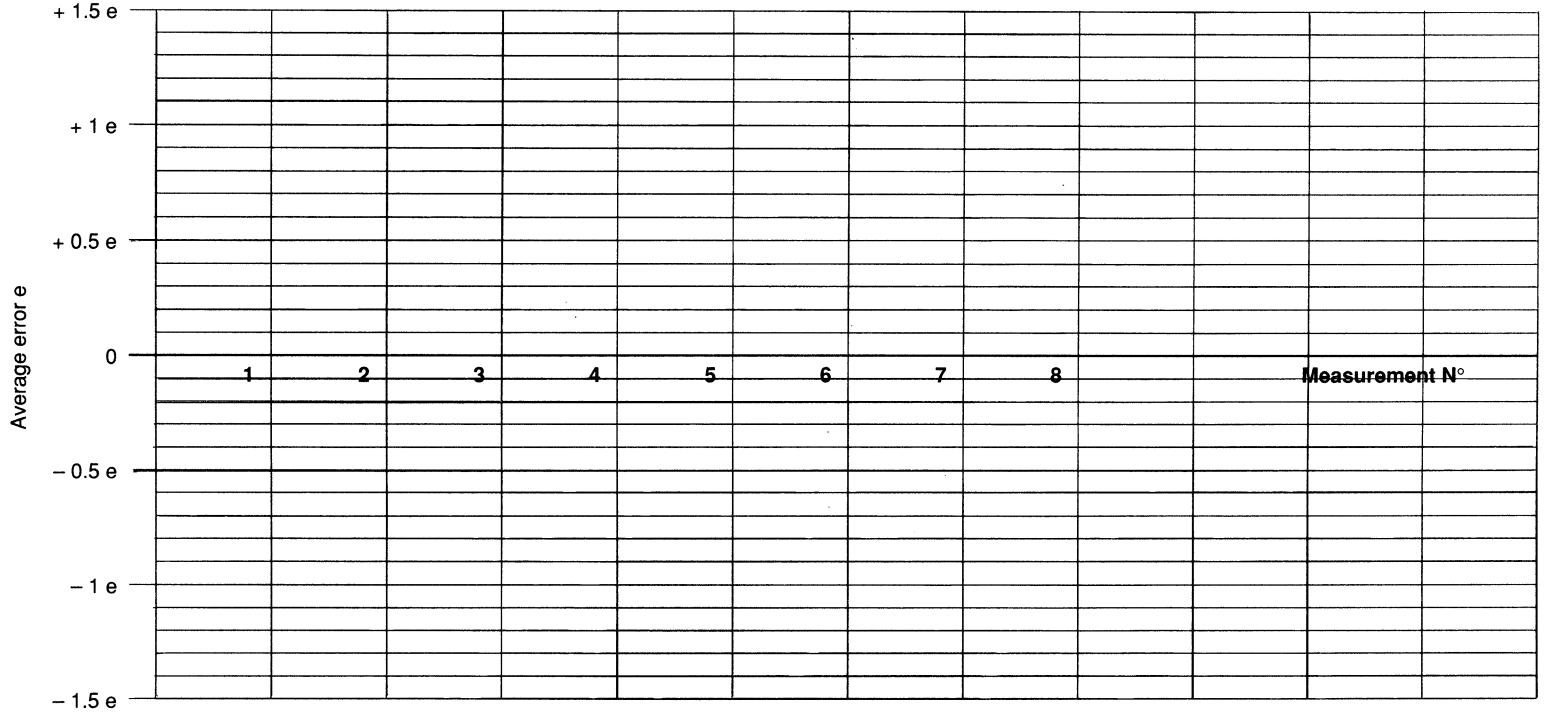
รูปที่ 169 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test) (OIML R76-2)

14 SPAN STABILITY (B.4)

Application N°: .....

Pattern designation: .....

Plot on the diagramme the indication of temperature test Ⓣ, damp heat test Ⓓ and disconnections from the mains power supply Ⓟ



Maximum allowable variation:

☐ Passed ☐ Failed

Report page ..../.....

รูปที่ 169 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test) (OIML R76-2)

บทที่ 12

- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 7
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 8

เนื้อหาครอบคลุม

1 การทดสอบการกลับสู่ศูนย์ (Zero return test)

2 การทดสอบการคราก (Creep test)

3 การทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability test)

ในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 7 เป็นการทดสอบการเปลี่ยนแปลงการแสดงค่าเมื่อเทียบกับเวลาที่เปลี่ยนไป (เฉพาะสำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III, หรือ IIII, A.4.11) (Variation of indication with time (for instruments of class II, III, IIII only) ประกอบด้วยการทดสอบการคราก (Creep test) และการทดสอบการกลับสู่ศูนย์ (Zero return test)

ในขณะเดียวกันในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 8 เป็นการทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability test, A.4.10, 3.6.1) จะเห็นได้ว่าการทดสอบทั้ง 2 ลำดับนี้เป็นการตรวจสอบเทียบเคียงกับสถานะการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในการใช้เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อเป็นการประกันถึงการทำงานของเครื่องชั่งเมื่อเวลาผ่านไปหลังจากการใช้งานหรือการชั่งสิ่งของที่มีค่าน้ำหนักเดียวกันแล้วยังคงให้ความเชื่อถือต่อผู้ใช้เครื่องชั่งทั้งผู้ขายและผู้ซื้อตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องชั่ง

แต่เพื่อความเข้าใจมากขึ้นในการตรวจสอบต้นแบบในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบ

เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 7 และ 8 ควรทำความเข้าใจในเนื้อหาข้อกำหนดใน OIML R76-1, ข้อกำหนด 3.6.1, 3.9.4, 3.9.4.1, 3.9.4.2, A.4.10, A.4.11, A.4.11.1 และ A.4.11.2

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 7

A.4.11 การเปลี่ยนแปลงการแสดงค่าเมื่อเทียบกับเวลาที่เปลี่ยนไป (เฉพาะสำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III, หรือ IIII) (Variation of indication with time (for instruments of class II, III, IIII only))

เพื่อที่เราสามารถทราบถึงการเปลี่ยนแปลงการแสดงค่าเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ได้จัดให้มีการทดสอบ 2 การทดสอบด้วยกันได้แก่ การทดสอบการคราก (Creep test) และการทดสอบการกลับสู่ศูนย์ (Zero return test) โดยให้ครึ่งชั่วโมงแรกของการทดสอบทั้งสองนี้ให้ดำเนินทำการทดสอบไปพร้อมๆกัน

ในที่นี้ขอแนะนำ ไม่ให้ทำการทดสอบทั้ง 2 การทดสอบหลังจากการทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability Test) ทั้งนี้ก็เพราะว่าเครื่องชั่งจะมีลักษณะการทำงานในทิศทางเดียวกัน แต่ถ้าหากต้องการทำการทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ก่อนไม่ว่าเพราะด้วยเหตุใด ต้องปล่อยให้เครื่องชั่งหรือ EUT ได้พักฟื้นคืนตัวก่อนด้วยเวลาที่เหมาะสมก่อนดำเนินการทดสอบใดๆ

A.4.11.1 การทดสอบการคราก (Creep test, 3.9.4.1)

วางน้ำหนักทดสอบมีค่าเท่ากับใกล้ค่าพิกัดกำลังสูงสุด อ่านค่าผลการชั่งเมื่อเครื่องชั่งแสดงค่าคงที่ และปล่อยให้น้ำหนักทดสอบค้างอยู่บนเครื่องชั่งเป็นเวลา 4 ชม. แล้วจึงอ่านค่าที่เครื่องชั่งแสดงอีกครั้งหนึ่ง ในระหว่างการทดสอบอุณหภูมิแวดล้อมไม่ควรเปลี่ยนแปลงเกินกว่า 2 °ซ.

อาจหยุดการทดสอบดังกล่าวหลังจากจบเวลา 30 นาทีได้หากพบว่าเมื่อทดสอบเวลาผ่านไป 30 นาทีแรกเครื่องชั่งแสดงค่าแตกต่างไปจากเดิมน้อยกว่า 0.5 e และความแตกต่างของการแสดงผลของเครื่องชั่งเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาทีและ 30 นาทีน้อยกว่า 0.2 e

A.4.11.2 การทดสอบการกลับสู่ศูนย์ (Zero return test, 3.9.4.2)

ต้องหาการเบี่ยงเบนของการแสดงค่าศูนย์ก่อนและหลังช่วงเวลาการวางน้ำหนักด้วยน้ำหนักทดสอบด้วยค่าที่ใกล้เคียงกับค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งเป็นเวลา 1/2 ชม. การอ่านค่าต้องอ่านทันทีที่เครื่องชั่งแสดงค่าคงที่หรือเสถียรภาพ (stabilized)

สำหรับเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (Multiple range instrument) ให้อ่านการแสดงค่าศูนย์ตลอดในช่วง 5 นาทีหลังจากที่เครื่องแสดงค่าคงที่หรือเสถียรภาพ

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวต้องไม่ทำงานในระหว่างทำการทดสอบนี้

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
7.	**Time Dependence** **A. Zero return** **B. Creep**	2	**จัดให้ EUT ต่อเชื่อมแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าพร้อมเปิดสวิตช์ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมงก่อนทดสอบ**

OIML R76-1:	A.4.11.2 (ดูบทที่ 6) A.4.11.1 (ดูบทที่ 6) 3.9.4.1, 3.9.4.2

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 7

การเปลี่ยนแปลงการแสดงค่าเมื่อเทียบกับเวลาที่เปลี่ยนไป (เฉพาะสำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III, หรือ IIII) (Variation of indication with time (for instruments of class II, III, IIII only); A.4.11

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 6.1; (Page 17) การทดสอบการกลับสู่ศูนย์ (Zero return test)
3. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 6.2; (Page 18) การทดสอบการคราก (Creep test)
4. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
5. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล

3. บันทึกอุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
4. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
5. บันทึกเวลา
6. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
7. คำนวณหาว่าเครื่องชั่งแสดงค่า P ก่อนที่มีการปัดค่าไปแสดงค่า $I + e$ สามารถหาได้จาก $P = I + 1/2e - \Delta L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณลงใน Evaluation Report No. 6.1; (Page 17) การทดสอบการกลับสู่ศูนย์ (Zero return test)
8. วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุด (Max) หรือใกล้เคียงค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max – 5e) บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบดังกล่าว L , บันทึกผลการแสดงการชั่ง I ลงในEvaluation Report No. 6.2; (Page 18) การทดสอบการคราก (Creep test)
9. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL ลงในEvaluation Report No. 6.2
10. คำนวณหาว่าเครื่องชั่งแสดงค่า P จากข้างบนก่อนที่มีการปัดค่าไปแสดงค่า $I + e$ สามารถหาได้จาก $P = I + 1/2e - \Delta L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณลงใน Evaluation Report No. 6.2
11. คอย 5 นาที
12. บันทึกเวลาและการแสดงการชั่ง I ลงใน Evaluation Report No. 6.2; (Page 18)
13. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL ลงในEvaluation Report No. 6.2
14. คำนวณหาว่าเครื่องชั่งแสดงค่า P จากข้างบนก่อนที่มีการปัดค่าไปแสดงค่า $I + e$ สามารถหาได้จาก $P = I + 1/2e - \Delta L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณลงใน Evaluation Report No. 6.2
15. คอย 10 นาที จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 12 ถึง 14
16. คอย 15 นาที จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 12 ถึง 14
17. คำนวณหาค่าผลต่าง ΔP ของการแสดงค่า P ณ ที่เวลาต่างๆเทียบกับการแสดงค่า P ณ เวลาที่เริ่มต้น (0 min)
18. พิจารณาผลการทดสอบที่บันทึกใน Evaluation Report No. 6.2; (Page 18) การทดสอบการคราก (Creep test) ว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนั้นจำเป็นต้องดำเนินการทดสอบยืดระยะเวลาออกไปอีก 4 ชั่วโมงหรือไม่ พิจารณาจากข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด A.4.11.1 และ 3.9.4.1 ที่ว่า อาจหยุดการทดสอบดังกล่าวหลังจากจบเวลา 30 นาทีได้หากพบว่าเมื่อทดสอบเวลาผ่านไป 30 นาทีแรกเครื่องชั่งแสดงค่าแตกต่างไปจากเดิมน้อยกว่า 0.5 e และความแตกต่างของการแสดงผลของเครื่องชั่งเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาทีและ 30 นาทีน้อยกว่า 0.2 e
19. หากผลการพิจารณา ต้องดำเนินการทดสอบการครากต่อไปอีก 4 ชั่วโมง โดยดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 12 ถึง 14 และปล่อยให้น้ำหนักทดสอบค้างอยู่บนเครื่องชั่งเป็นเวลา 1,

2, 3, และ 4 ชม. แล้วจึงอ่านค่าที่เครื่องชั่งแสดงเมื่อเวลาครบตามที่กำหนด *หมายเหตุ* ในระหว่างการทดสอบอุณหภูมิแวดล้อมไม่ควรเปลี่ยนแปลงเกินกว่า 2 °ซ.

20. คำนวณหาค่าผลต่าง ΔP ของการแสดงค่า P ณ ที่เวลาต่างๆเทียบกับการแสดงค่า P ณ เวลาที่เริ่มต้น (0 min)

21. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการคราก (Creep Test); A.4.11.1 และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.9.4.1 ค่าที่เครื่องชั่งแสดงทันทีหลังจากวางน้ำหนักบนเครื่องชั่งกับค่าที่แสดงภายใน 4 ชม. ต่อมาต้องต่างกันไม่เกินค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (the absolute value of the maximum permissible error) ของน้ำหนักนั้น

22. ถ้าหากการทดสอบการครากสิ้นสุดหลังจากเวลาผ่านไป 30 นาที

    (a) เอาน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนัก เหลือเพียงเฉพาะน้ำหนัก 1Oe เหลือไว้บนส่วนรับน้ำหนักถ้าหากมีการใส่ในขั้นตอน 6

    (b) ดำเนินการทดสอบการกลับสู่ศูนย์ (Zero return test) ซ้ำอีกครั้งตามขั้นตอน 5 ถึง 7 และ

    (c) คำนวณและบันทึก ΔP ลงใน Evaluation Report No. 6.1

    ถ้าเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (multiple range instrument) ให้

    (d) ให้แน่ใจว่าเครื่องชั่งได้สับเปลี่ยนไปที่ช่วงการชั่งต่ำสุด (the lowest range)

    (e) อ่านค่าผลการแสดงค่าที่ศูนย์ หรือใกล้เคียงกับศูนย์ (1Oe)

    (f) สังเกตผลการแสดงค่าตลอดช่วงระยะเวลาตลอด 5 นาที จากนั้น

    (g) คำนวณและบันทึก ΔP ลงใน Evaluation Report No. 6.1

23. ถ้าหากการทดสอบการครากสิ้นสุดหลังจากเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง

    (a) เอาน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนัก ยกเลิก Evaluation Report No. 6.1

    (b) ปล่อยให้เครื่องชั่งได้มีการพักฟื้นก่อนด้วยเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมงก่อนดำเนินการทดสอบต่อ

    (c) ใช้แบบ Evaluation Report No. 6.1 ใหม่ ดำเนินการทดสอบการกลับสู่ศูนย์ (Zero return test) ซ้ำอีกครั้งตามขั้นตอน 1 ถึง 8

    (d) วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุด (Max) หรือใกล้เคียงพิกัดกำลังสูงสุด (Max – 5e)

    (e) คอยเวลา 30 นาที เอาน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนัก เหลือเพียงเฉพาะน้ำหนัก 1Oe เหลือไว้บนส่วนรับน้ำหนักถ้าหากมีการใส่ในขั้นตอน 6 และดำเนินการทดสอบซ้ำอีกครั้งตามขั้นตอน 5 ถึง 7 และ

    (f) คำนวณและบันทึก ΔP ลงใน Evaluation Report No. 6.1

    ถ้าเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (multiple range instrument) ให้

    (g) ให้แน่ใจว่าเครื่องชั่งได้สับเปลี่ยนไปที่ช่วงการชั่งต่ำสุด (the lowest range)

    (h) อ่านค่าผลการแสดงค่าที่ศูนย์ หรือใกล้เคียงกับศูนย์ (1Oe)

    (i) สังเกตผลการแสดงค่าตลอดช่วงระยะเวลาตลอด 5 นาที จากนั้น

(j) อ่านค่าผลการแสดงค่าที่ศูนย์ หรือใกล้เคียงกับศูนย์ (10e) อีกครั้ง

(k) คำนวณและบันทึก ΔP ลงใน Evaluation Report No. 6.1

24. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการคราก (Creep Test); A.4.11.1 และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.9.4.2 นั้นคือ

- เมื่อเอาน้ำหนักที่วางอยู่บนเครื่องชั่งหลังจากวางไว้เป็นเวลานานเท่ากับ 1/2 ชม. ออก ทันทีเครื่องชั่งกลับมาสภาวะสมดุลแสดงค่าศูนย์ เครื่องชั่งต้องไม่มีการเบี่ยงเบนจากค่าศูนย์เกินกว่า 0.5 e
- ในกรณีเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (multi-interval instrument) การเบี่ยงเบนจากการแสดงค่าศูนย์ต้องไม่เกิน 0.5 e_1
- สำหรับเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (multiple range instrument) ค่าเบี่ยงเบนเมื่อกลับสู่ศูนย์ (the deviation on returning to zero) ที่พิกัดกำลังใด ๆ Max_i ต้องไม่เกิน $0.5e_i$ นอกจากนั้นการกลับคืนสู่ศูนย์จากน้ำหนักที่ชั่งมากกว่า Max_1 และเมื่อลดน้ำหนักลงมาอยู่ในช่วงการชั่งน้ำหนักช่วงต่ำสุด (the lowest weighing range) เครื่องชั่งต้องแสดงค่าใกล้ศูนย์ไม่เปลี่ยนไปเกินกว่า e_1 ภายใน 5 นาที

25. ถ้าหากเครื่องชั่งมีช่วงการตั้งศูนย์แรกเริ่ม (an initial zero-setting range) มากกว่า 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งแล้ว ต้องทำการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม(Supplementary Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6

ตัวอย่าง A.4.11 การเปลี่ยนแปลงการแสดงค่าเมื่อเทียบกับเวลาที่เปลี่ยนไป (เฉพาะสำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III, หรือ IIII) (Variation of indication with time (for instruments of class II, III, IIII only) ทั้ง A.4.11.2 การทดสอบการกลับสู่ศูนย์ (Zero return test, 3.9.4.2) และ A.4.11.1 การทดสอบการคราก (Creep test, 3.9.4.1) ดังแสดงในรูปที่ 170 และรูปที่ 171

6 TIME-DEPENDENCE (Example only)

6.1 Zero return (A.4.11.2)

			At start	At max	At end	
Application N°:	R1996/745					
Pattern designation:	Model RP - 15Y					
Date:	13/12/96	Temp:	23.1		23.4	°C
Observer:	I. Examiner	Rel. h:				%
Verification scale interval e:	2/5 g	Time:				
Resolution during test(smaller than e):	.....	Bar. pres:				hPa
		(only class Ⓘ)				

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☒ Out of working range

$P = I + 1/2e - \Delta L$

Time of reading	Load, L_0	Indication of zero, I_0	Add. load, ΔL	P
15:57	0.02 kg	0.02 kg	0.8 g	0.0202 kg
After loading for 0.5 h		Load =15 kg		
16:28	0.02 kg	0.02 kg	1.6 g	0.0194 kg

Change of zero indication $|\Delta P|$ = 0.8 g

Check if $|\Delta P| \leq 0.5$ e

☒ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 170 ตัวอย่างผลการทดสอบการกลับคืนสู่ตำแหน่งศูนย์ (Zero return) เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

6 TIME DEPENDENCE (Example only)

6.2 Creep (A.4.11.1)

Application N°:	R1996/745
Pattern designation:	Model RP - 15Y
Date:	13/12/96
Observer:	I. Examiner
Verification scale interval e:	2/5 g
Resolution during test(smaller than e):	.....

	At start	At max	At end	
Temp:	23.1		23.4	°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class Ⓘ)

$P = I + 1/2\ e - \Delta L$

Time of reading		Load, L	Indication, I	Add. load, ΔL	P	ΔP
15:58	0 min	15 kg	15.000 kg	3.5 g	14.999 kg	
16:03	5 min		15.000	3.0	14.9995	0.5
16:13	15 min		15.000	2.5	15.0000	1.0
16:28	30 min		15.000	2.5	15.0000	1.0
(*)			Terminated			
Teminated	1 h					
	2 h					
	3 h					
	4 h					

ΔP = difference between P at the start (0 min) and P at a given time.

(*) If $|\Delta P| \leq 0.5$ e during the first 30 min and if the variation of $|\Delta P|$ between 15 min and 30 min ≤ 0.2 e, then the test is terminated. If not, the test shall continue for the next 3.5 h. Check that during the total 4 h: $|\Delta P| \leq$ mpe.

[X] Passed [ ] Failed

Remarks:

รูปที่ 171 ตัวอย่างผลการทดสอบการคราก (Creep test) เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

6 TIME-DEPENDENCE

6.1 Zero return (A.4.11.2)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification scale interval e: .....
Resolution during test (smaller than e): .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range

$P = I + 1/2\ e - \Delta L$

Time of reading	Load L_o	Indication of zero I_o	Add. load ΔL	P
After loading for 0.5 h	Load =			

Change of zero indication $|\Delta P|$ = ☐

Check if $|\Delta P| \leq 0.5\ e$

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 172 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการกลับคืนสู่ตำแหน่งศูนย์ (Zero return) และการทดสอบการคราก (Creep test) เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป (OIML R76-2)

6.2 Creep (A.4.11.1)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification scale interval e: .....
Resolution during test (smaller than e): .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

$P = I + 1/2\ e - \Delta L$

Time of reading		Load L	Indication I	Add. load ΔL	P	ΔP
	0 min					
	5 min					
	15 min					
	30 min					
(*)						
	1 h					
	2 h					
	3 h					
	4 h					

ΔP = difference between P at the start (0 min) and P at a given time.

(*) If $|\Delta P| \leq 0.5$ e during the first 30 min and if the variation of $|\Delta P|$ between 15 min and 30 min ≤ 0.2 e, then the test is terminated. If not, the test shall continue for the next 3.5 hours. Check that during the total 4 hours: $|\Delta P| \leq$ mpe.

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 172 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการกลับคืนสู่ตำแหน่งศูนย์ (Zero return) และ การทดสอบการคราก (Creep test) เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป (OIML R76-2)

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 8

A.4.10 การทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability test, 3.6.1)

ในการทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้นั้น เป็นการทดสอบและตรวจสอบเครื่องชั่งนั้นว่ามีความสามารถให้ผลการชั่งคงที่แน่นอนน่าเชื่อถือเมื่อทำการชั่งด้วยน้ำหนักค่าเดียวกัน ซ้ำกันหลายๆ ครั้ง

โดยให้ทำการชั่งทดสอบ 2 ชุด ชุดการทดสอบแรกดำเนินการด้วยน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุด และชุดการทดสอบหลังด้วยน้ำหนักทดสอบใกล้ค่า 100 % ของพิกัดกำลังสูงสุด (Max – 5e) หากเมื่อน้ำหนักทดสอบเกินพิกัดกำลังสูงสุดแล้วเครื่องชั่งไม่แสดงค่าใดๆ หรือน้ำหนักทดสอบเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุด (Max) สำหรับเครื่องชั่งที่มีพิกัดสูงสุดน้อยกว่า 1,000 กก. แต่ละชุดการทดสอบให้ทำการชั่งชุดละ 10 ครั้ง ในกรณีที่แตกต่างไปจากนี้ให้ทำการชั่งชุดละอย่างน้อย 3 ครั้ง สำหรับการอ่านค่าให้อ่านค่าเมื่อวางน้ำหนักบนเครื่องและเมื่อเอาน้ำหนักออกจนเครื่องชั่งอยู่ตำแหน่งพัก ในกรณีที่เกิดการเบี่ยงเบนจากศูนย์เมื่อเอาน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนักในระหว่างทดสอบให้ตั้งศูนย์ใหม่โดยไม่คิดผลผิดที่ศูนย์ ทั้งนี้ไม่ต้องทำการหาตำแหน่งศูนย์ที่แท้จริง (the true zero position) ในระหว่างทดสอบการชั่ง

ถ้าเครื่องชั่งที่มีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ต้องให้ส่วนดังกล่าวทำงานในขณะทำการทดสอบด้วย

3.6.1 การทำซ้ำได้ (Repeatability)

ความแตกต่างของผลการชั่งน้ำหนักเดียวกันหลาย ๆ ครั้ง ต้องไม่มากกว่าค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่น้ำหนักนั้น

3.7.3 การแทนค่าน้ำหนักของตุ้มน้ำหนักแบบมาตรา (Substitution of standard weights)

เมื่อทดสอบเครื่องชั่งที่มีพิกัดกำลังสูงสุดเกินกว่า 1 ตัน สามารถใช้น้ำหนักอื่นๆที่มีค่าคงที่เพื่อแทนน้ำหนักของตุ้มน้ำหนักแบบมาตราได้โดยต้องจัดให้มีตุ้มน้ำหนักแบบมาตราอย่างน้อย 1 ตัน หรือ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง แล้วแต่ค่าใดมากกว่าเลือกเอาค่านั้น ในการใช้น้ำหนักแทนค่าน้ำหนักของตุ้มน้ำหนักแบบมาตราเท่ากับ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งสัดส่วนของตุ้มน้ำหนักแบบมาตราอาจลดจำนวนลงให้มีค่าน้ำหนักเหลือ เท่ากับ

- 35% ของพิกัดกำลังสูงสุดเครื่องชั่ง ถ้าผลผิดของการทำซ้ำได้ (Repeatability error) ไม่เกิน 0.3e และ
- 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดเครื่องชั่ง ถ้าผลผิดของการทำซ้ำได้ (Repeatability error) ไม่เกิน 0.2e

การหาผลผิดของการทำซ้ำได้(Repeatability Error) กระทำได้โดยวางน้ำหนักทดสอบด้วยน้ำหนักประมาณ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งบนส่วนรับน้ำหนัก 3 ครั้งติดต่อกัน

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
8.	**Repeatability**	**2**	

OIML R76-1:	A.4.10 (ดูบทที่ 6) 3.6.1 (ดูบทที่ 6) 3.7.3 (ดูบทที่ 6)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 8

การทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability test, 3.6.1); A.4.10

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 5; (Page 16)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
3. กำหนดค่าน้ำหนักทดสอบชุดแรกให้มีน้ำหนักทดสอบประมาณเท่ากับ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุด

   หมายเหตุ กรณีเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (multi-interval instrument) ควรเลือกน้ำหนักทดสอบให้มีค่าใกล้เคียงค่าพิกัดกำลังสูงสุดของช่วงการช่วงย่อยต่ำสุด (the lowest partial range)

4. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อม
5. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
6. วางน้ำหนักทดสอบ บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I
7. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
8. คำนวณหาว่าเครื่องชั่งแสดงค่า P จากข้างบนก่อนที่มีการปัดค่าไปแสดงค่า $I + e$ สามารถหาได้จาก $P = I + 1/2e - \Delta L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
9. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดบนส่วนรับน้ำหนักออก ถ้าหากส่วนแสดงค่าไม่กลับไปแสดงค่าศูนย์ให้บันทึกและทำหมายเหตุลงในรายงานผลการทดสอบ
10. ทำให้เครื่องชั่งกลับไปแสดงค่าศูนย์ใหม่อีกครั้งหากเอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดบนส่วนรับน้ำหนักออกแล้วส่วนแสดงค่าไม่กลับไปแสดงค่าศูนย์
11. ดำเนินการทดสอบซ้ำด้วยจำนวนไม่ต่ำกว่า 9 ครั้ง (รวมกันแล้วไม่ต่ำกว่า10 ครั้งการทดสอบ) ตามขั้นตอน 6 ถึง 10 แต่ถ้าหากพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งมากกว่า 1000 กิโลกรัมให้ดำเนินการทดสอบซ้ำด้วยจำนวนไม่ต่ำกว่า 2 ครั้ง (รวมกันแล้วไม่ต่ำกว่า 3 ครั้งการทดสอบ)
12. คำนวณหาค่า $P_{max} - P_{min}$ และบันทึกผลการทดสอบพร้อมค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของน้ำหนักทดสอบนั้นๆ
13. กำหนดค่าน้ำหนักทดสอบชุดแรกให้มีน้ำหนักทดสอบประมาณเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุด (Max) หรือค่าใกล้เคียงกับค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max – 5e) หากเมื่อน้ำหนักทดสอบเกินพิกัดกำลังสูงสุดแล้วเครื่องชั่งไม่แสดงค่าใดๆ
14. ดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 6 ถึง 12
15. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้การทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability test, 3.6.1); A.4.10 และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.6.1 นั้นคือความแตกต่างของผลการชั่งน้ำหนักเดียวกันหลาย ๆ ครั้งต้องไม่มากกว่าค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่น้ำหนักนั้น
16. ถ้าหากเครื่องชั่งมีช่วงการตั้งศูนย์แรกเริ่ม (an initial zero-setting range) มากกว่า 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งแล้ว ต้องทำการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม(Supplementary Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6

ตัวอย่าง การทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability test, 3.6.1); A.4.10 ดังแสดงในรูปที่ 173

5 REPEATABILITY (A.4.10) (Example only)

Application N°: R1996/745
Pattern designation: Model RP-15Y
Date: 13/12/96
Observer: I. Examiner
Verification scale interval e: 2/5 g
Resolution during test(smaller than e): .....

	At start	At max	At end	
Temp:	23.2			°C
Rel. h:				%
Time:	15:18			
Bar. pres:				hPa

(only class ①)

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☒ In operation

Load (weighing 1–10) 7.5 kg

Load (weighing 11–20) 15 kg

$P = I + 1/2e - \Delta L$

	Indication of load, I	Add. load, ΔL	P
1	7.500 kg	2.5 g	7.5000 kg
2	7.500	2.5	7.5000
3	7.500	2.5	7.5000
4	7.500	3.0	7.4995
5	7.500	2.5	7.5000
6	7.500	2.5	7.5000
7	7.500	2.5	7.5000
8	7.500	3.0	7.4995
9	7.500	2.5	7.5000
10	7.500	2.5	7.5000

	Indication of load, I	Add. Load, ΔL	P
11	15.000 kg	3.0 g	14.9995 kg
12	15.000	3.0	14.9995
13	15.000	3.0	14.9995
14	15.000	3.0	14.9995
15	15.000	3.0	14.9995
16	15.000	3.5	14.9990
17	15.000	3.0	14.9995
18	15.000	3.0	14.9995
19	15.000	3.5	14.9990
20	15.000	3.0	14.9995

$P_{max} - P_{min}$ (weighing 1–10) 0.5 g

mpe 5 g

$P_{max} - P_{min}$ (weighing 11–20) 0.5 g

mpe 7.5 g

☒ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 173 ตัวอย่างผลการทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability test)

Report page .... /....

5 REPEATABILITY (A.4.10)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification scale interval e: .....
Resolution during test (smaller than e): .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ In operation

Load (weighing 1-10) ☐ Load (weighing 11-20) ☐

$P = I + 1/2\ e - \Delta L$

	Indication of load I	Add. load ΔL	P
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

	Indication of load I	Add. load ΔL	P
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

$P_{max} - P_{min}$ (weighing 1-10) ☐ mpe ☐

$P_{max} - P_{min}$ (weighing 11-20) ☐ mpe ☐

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 174 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability test) (OIML R76-2)

บทที่ 13

- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 9
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 11

เนื้อหาครอบคลุม

1 การทดสอบการชั่งการทดน้ำหนัก (Tare Weighing test)
- ส่วนทดน้ำหนักไม่อัตโนมัติ (Non-automatic Tare Setting Device) และส่วนทดน้ำหนักกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic Tare Setting Device)
- ส่วนทดน้ำหนักอัตโนมัติ (Automatic Tare Setting Device)
- ส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (Preset Tare Setting Device)

2 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

3 การทดสอบเวลาที่ใช้ในการอุ่นเครื่อง (Warm-up time test)

ในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 9 การทดสอบการทดน้ำหนัก ประกอบด้วยการทดสอบการชั่ง (Tare Weighing test) และความแม่นยำถูกต้องของการตั้งค่าน้ำหนักทด (Accuracy of tare setting, 4.6.3)

ในขณะเดียวกันในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 10 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test) และขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 11 การทดสอบเวลาที่ใช้ในการอุ่นเครื่อง (Warm-up time test, 5.3.5); A.5.2

จะเห็นได้ว่าการทดสอบทั้ง 3 ลำดับนี้เป็นการตรวจสอบเทียบเคียงกับสถานะการที่เกิดขึ้นจริงในการใช้เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ โดยเฉพาะการทดสอบการทดน้ำหนักของเครื่องชั่งนับเป็นหัวข้อที่สำคัญเนื่องจากนอกจากมีผลต่อความถูกต้องของการใช้งานเครื่องชั่ง เช่นการบรรจุสินค้าหีบห่อที่ทำการทดภาชนะบรรจุสินค้าของสินค้าหีบห่อแล้วยังมีผลต่อการใช้งานกับสาธารณชนซึ่งอาจมีความรู้ความเข้าใจเครื่อง

ชั่งน้อยการแสดงสภาวะการทำงานของส่วนทดน้ำหนักนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทดสอบการทำงานของเครื่องชั่ง

แต่เพื่อความเข้าใจมากขึ้นในการตรวจสอบขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 9, 10 และ 11 ควรทำความเข้าใจในเนื้อหาข้อกำหนดใน OIML R76-1, ข้อกำหนด 3.3.4, 3.5.3.3, 3.5.3.4, 3.6.3, 4.6, 4.7, 4.6.3, 4.14.3, 4.14.4, A.4.6, A.4.6.1, A.4.6.2 และ A.4.6.3

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 9

A.4.6 การทดน้ำหนัก (Tare)

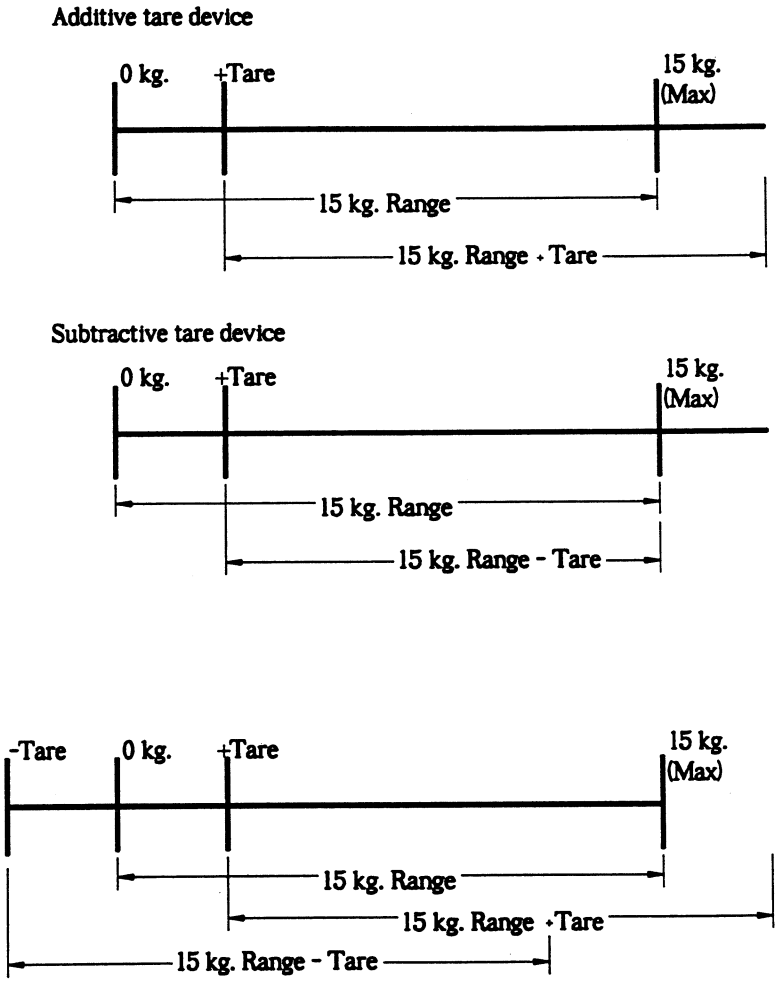
A.4.6.1 การทดสอบการชั่ง (Weighing test, 3.5.3.3)

ทดสอบการชั่ง (ด้วยการใส่และเอาน้ำหนักออกจากส่วนรับน้ำหนักของเครื่องชั่งตาม A.4.4.1) ด้วยค่าน้ำหนักทด (tare values) อย่างน้อย 2 ค่า โดยเลือกค่าน้ำหนักทดสอบที่แตกต่างกันอย่างน้อย 5 ค่า โดยค่าน้ำหนักทดสอบที่เลือกต้องครอบคลุมค่าน้ำหนักที่ใกล้ค่าพิกัดกำลังต่ำสุด, ค่าน้ำหนักที่มีค่าทำให้เกิดการเปลี่ยนค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด และค่าน้ำหนักสุทธิที่ใกล้เคียงกับพิกัดกำลังสูงสุด

หากเครื่องชั่งประกอบด้วยส่วนทดน้ำหนักแบบบวก (an additive tare device) ต้องดำเนินการทดสอบการชั่งด้วยด้วยค่าน้ำหนักทดใกล้เคียงกับอิทธิพลการทดแบบบวกสูงสุด (the maximum additive effect)

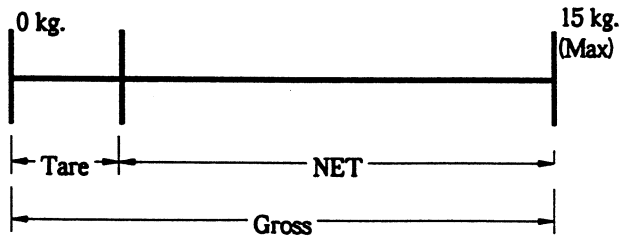
หากเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์อัตโนมัติ และส่วนดังกล่าวยังคงทำงานอยู่ในขณะทำการทดสอบเครื่องชั่ง ในการหาผลผิดที่จุดศูนย์ต้องดำเนินการตามข้อกำหนด A.4.2.3.2

T.2.7.4 Tare Device



รูปที่ 175 การทำงานของส่วนทดน้ำหนัก (Tare device)

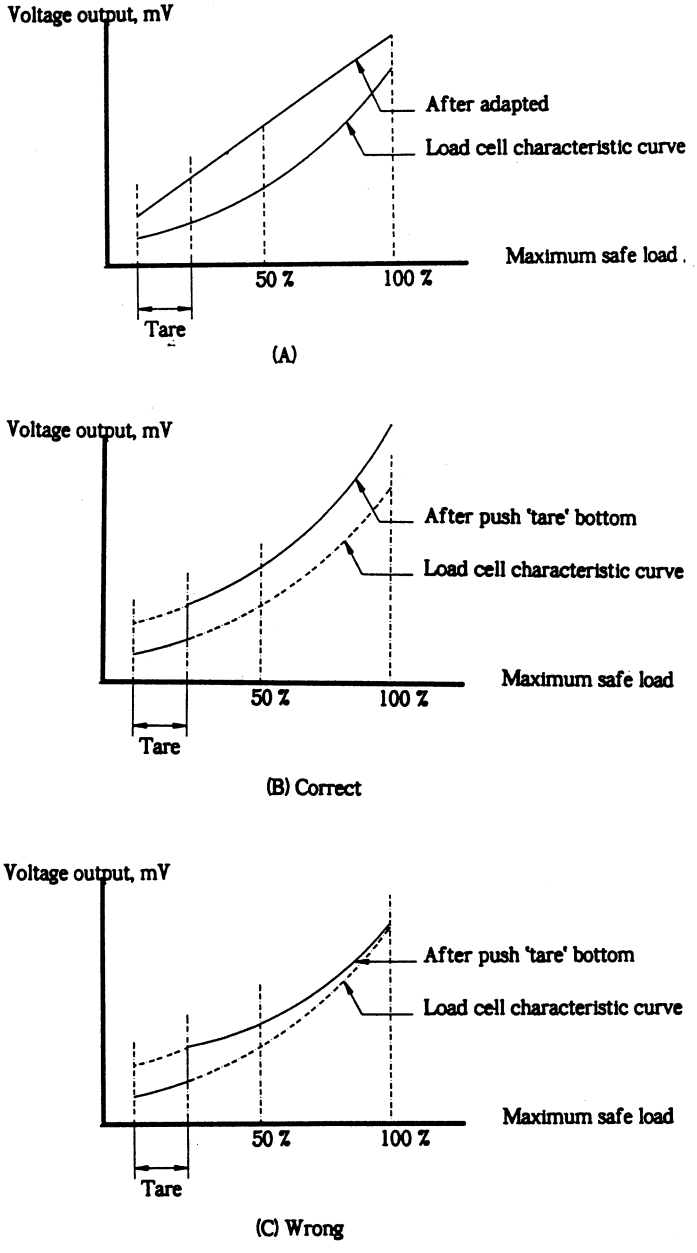
4.6.5 (OIML R76-1)



รูปที่ 176 การทำงานของเครื่องชั่งตามข้อกำหนด 4.6.5 OIML R76-1

A.4.6.2 ความแม่นยำถูกต้องของการตั้งค่าน้ำหนักทด (Accuracy of tare setting, 4.6.3)

การหาความแม่นยำถูกต้องของส่วนทดน้ำหนักหา ดำเนินการด้วยวิธีการเดียวกับการทดสอบที่อธิบายไว้ในข้อกำหนด A.4.2.3 โดยการรีเซทส่วนแสดงค่ากลับไปแสดงค่าศูนย์ด้วยส่วนทดน้ำหนัก



รูปที่ 177 **(A)** คุณลักษณะของโหลดเซลก่อนและหลังจากมีการปรับแต่งสัญญาณด้านทางออกด้วยวงจรอิเล็คทรอนิค

(B) การทำงานของโหลดเซลที่ถูกต้องหลังจากส่วนทดน้ำหนัก (Tare device) ทำงาน

(C) การทำงานของโหลดเซลที่ผิดหลังจากส่วนทดน้ำหนัก (Tare device) ทำงาน

(คือ ส่วนทดน้ำหนักที่เก็บค่าน้ำหนักที่ทดไว้และแสดงหรือพิมพ์ค่าน้ำหนักทดไว้ออกมาได้ ไม่ว่าจะมีน้ำหนักอยู่บนเครื่องชั่งหรือไม่)

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ ต้องทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดน้ำหนักของสิ่งของที่มีค่าเท่ากันโดยส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้กับส่วนแสดงค่า

3.5.3.3 อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับค่าน้ำหนักสุทธิ (Maximum errors for net values)

ถ้ามีการทดน้ำหนัก ค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กล่าวใน ตารางที่ 6 ใช้สำหรับค่าน้ำหนักสุทธิหลังจากทำการทดน้ำหนักไปแล้ว ยกเว้นจะเป็นการทดน้ำหนักล่วงหน้า (Preset tare values)

ตารางที่ 6

อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด	น้ำหนักใช้ทดสอบ (m) แสดงในหน่วยของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (e)			
	ชั้น I	ชั้น II	ชั้น III	ชั้น IIII
±0.5 e	ตั้งแต่ 0 ถึง 50000 (0 ≤ m ≤ 50000)	ตั้งแต่ 0 ถึง 5000 (0 ≤ m ≤ 5000)	ตั้งแต่ 0 ถึง 500 (0 ≤ m ≤ 500)	ตั้งแต่ 0 ถึง 50 (0 ≤ m ≤ 50)
±1.0 e	มากกว่า 50000 ถึง 200000 (50000 < m ≤ 200000)	มากกว่า 5000 ถึง 20000 (5000 < m ≤ 20000)	มากกว่า 500 ถึง 2000 (500 < m ≤ 2000)	มากกว่า 50 ถึง 200 (50 < m ≤ 200)
±1.5 e	มากกว่า 200000 (200000 < m)	มากกว่า 20000 ถึง 100000 (20000 < m ≤ 100000)	มากกว่า 2000 ถึง 10000 (2000 < m ≤ 10000)	มากกว่า 200 ถึง 1000 (200 < m ≤ 1000)

จะสังเกตเห็นว่าช่วงน้ำหนักใช้ทดสอบ (m) แสดงในหน่วยของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (e) ของแต่ละชั้นความเที่ยงจะต่างกันอยู่เท่ากับ 10 เท่า

3.5.3.4 ส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ (Tare weighing device)

อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ที่ค่าน้ำหนักทดใด ๆ มีค่าเท่ากับอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดของเครื่องชั่งที่ทำการชั่งด้วยน้ำหนักที่มีค่าเท่ากับค่าน้ำหนักทดนั้นๆ

4.14.3 ส่วนทดน้ำหนัก (Tare device)

เครื่องชั่งแบบกลไกที่ประกอบด้วยส่วนรับน้ำหนักต้องไม่มีส่วนทดน้ำหนัก

เครื่องชั่งแบบแท่นชั่งเดียวอาจมีส่วนทดน้ำหนักได้ถ้าหากทำให้ผู้ซื้อสามารถมองเห็น

- ส่วนทดน้ำหนักกำลังถูกใช้งานอยู่หรือไม่ และ
- การตั้งค่าของส่วนทดน้ำหนักได้มีการเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่

ให้ส่วนทดน้ำหนักสามารถทำงานได้เพียงส่วนเดียวเท่านั้น เมื่อเครื่องชั่งยังคงทำงานอยู่

หมายเหตุ ข้อกำหนดกำหนดการใช้งานนี้รวมถึงต้องเป็นไปตามข้อกำหนด 4.14.3.2 ย่อหน้าที่ 2

เครื่องชั่งต้องไม่ประกอบด้วยส่วนซึ่งสามารถเรียกค่าน้ำหนักรวม (Gross vale) ขณะที่มีส่วนทดน้ำหนัก หรือส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าทำงานอยู่

4.14.3.1 ส่วนทดน้ำหนักไม่อัตโนมัติ (Nonautomatic tare device)

ระยะการเคลื่อนที่ 5 มม. ของจุดควบคุมควรมีค่าเท่ากับ 1 ขั้นหมายมาตราตรวจรับรองโดยส่วนใหญ่แล้ว

4.14.3.2 ส่วนทดน้ำหนักกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic tare device)

เครื่องชั่งอาจประกอบด้วยส่วนทดน้ำหนักกึ่งอัตโนมัติ ถ้า

- การทำงานของส่วนทดน้ำหนักต้องไม่ยอมให้มีการลดค่าของน้ำหนักที่ทดไว้ และ
- ผลของการทดน้ำหนักสามารถถูกยกเลิกได้ก็ต่อเมื่อไม่มีน้ำหนักบนส่วนรับน้ำหนัก เท่านั้น

นอกจากนี้ เครื่องชั่งต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดอย่างน้อย 1 ข้อของข้อกำหนดต่อไปนี้

1. ค่าน้ำหนักทดต้องถูกแสดงอย่างถาวรบนส่วนแสดงค่าน้ำหนักทดซึ่งแยกออกมาจากการแสดงค่าน้ำหนักชั่งอย่างชัดเจน
2. ค่าน้ำหนักทดต้องถูกแสดงด้วยเครื่องหมายลบ ("-") เมื่อไม่มีน้ำหนักใด ๆ บนส่วนรับน้ำหนัก หรือ
3. ผลของการทำงานของส่วนทดน้ำหนักถูกยกเลิกโดยอัตโนมัติ และส่วนแสดงค่ากลับมาแสดงค่าศูนย์เมื่อไม่มีน้ำหนักบนส่วนรับน้ำหนักหลังการแสดงผลการชั่งที่น้ำหนักสุทธิมากกว่าศูนย์

4.14.3.3 ส่วนทดน้ำหนักอัตโนมัติ (Automatic tare device)

เครื่องชั่งต้องไม่ประกอบด้วยส่วนทดน้ำหนักอัตโนมัติ

4.14.4 ส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (Preset tare device)

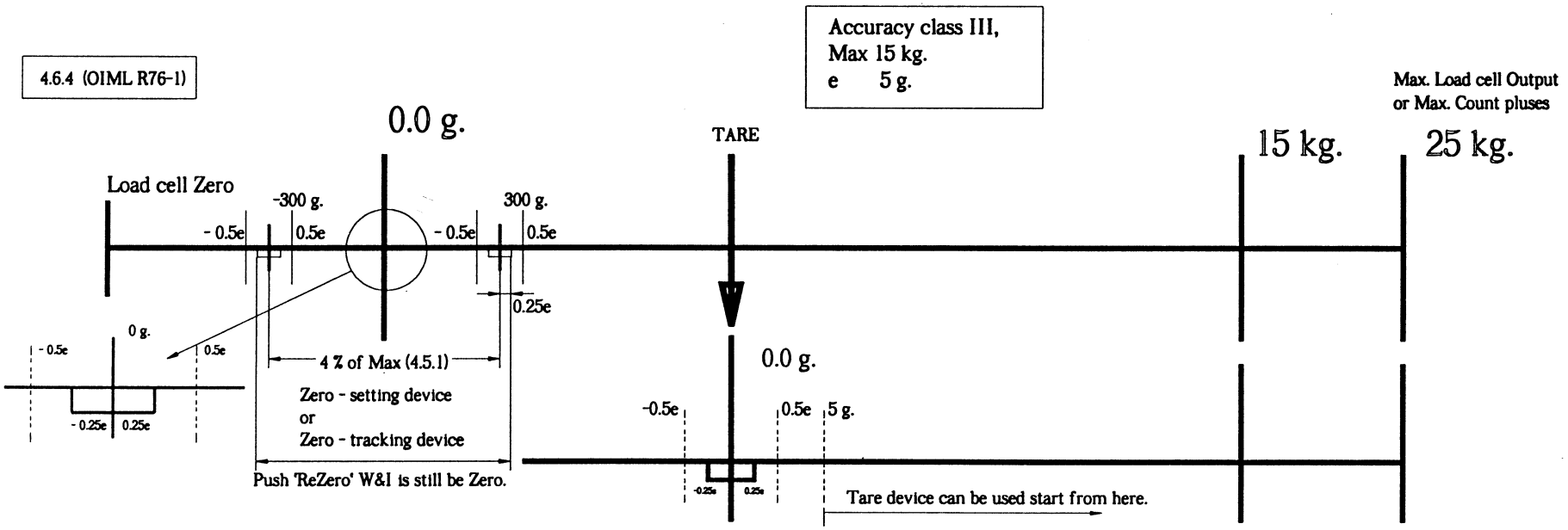
อาจมีส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าได้ถ้ามีการแสดงค่าน้ำหนักทดที่ตั้งไว้ล่วงหน้าบนส่วนแสดงค่าน้ำหนักหลักในส่วนของจอซึ่งแยกแสดงผลแตกต่างออกจากผลการชั่งอย่างชัดเจน และเป็นไปตามข้อกำหนด 4.14.3.2 วรรคแรก

ส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าต้องไม่สามารถทำงานได้ขณะที่ส่วนทดน้ำหนักกำลังทำงานอยู่

เมื่อส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้าประกอบด้วย price look up; PLU ค่าน้ำหนักทดล่วงหน้าอาจถูกยกเลิกพร้อมกับการยกเลิก price look up; PLU

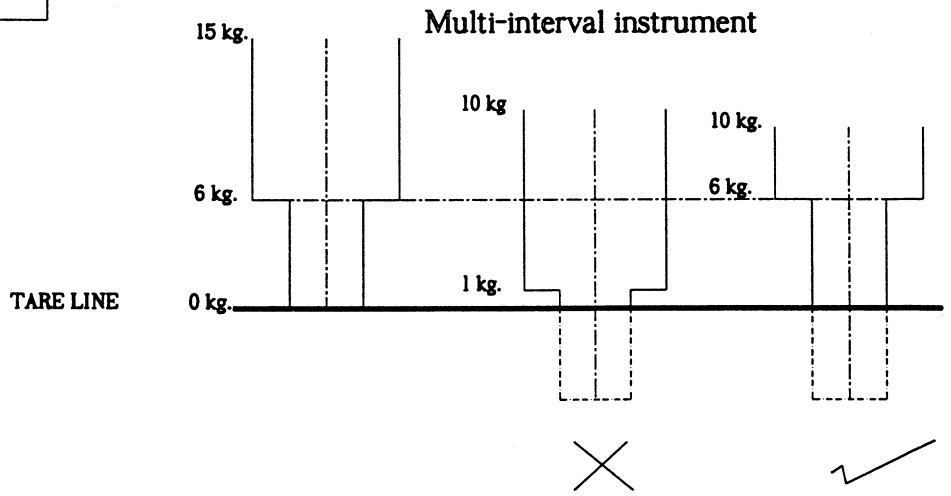
3.6.3 เครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าหลายส่วน (Multiple indicating devices)

เมื่อทำการชั่งน้ำหนักค่าหนึ่งผลต่างของการแสดงค่าระหว่างส่วนแสดงค่าทุกส่วนรวมทั้งส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ (Tare weighing devices) ต้องไม่เกินค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (the absolute value of the maximum permissible error) ที่ค่าน้ำหนักทดสอบนั้น แต่ถ้าเป็นส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอล (digital indicating devices) หรือส่วนพิมพ์ค่า (printing devices) ค่าแสดงผลการชั่งที่น้ำหนักชั่งใดๆต้องเท่ากัน



รูปที่ 178 ตัวอย่างแสดง ขั้นตอนการทำงานของส่วนทดน้ำหนัก (Tare device)
ตามข้อกำหนด 4.6.4, OIML R76-1

4.7.1 (OIML R76-1)



รูปที่ 179 ตัวอย่างแสดงการทำงานของส่วนทดน้ำหนัก (Tare device) ตามข้อกำหนด 4.7.1, OIML R76-1

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
9.	**Tare**	**2**	

OIML R76-1	T.2.7.4, T.2.7.5 A.4.6.1 3.3.4, 3.5.3.3, 3.5.3.4, 3.6.3, 4.6, 4.7, 4.14.3, 4.14.4

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 9; (Page 21 to 22)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 9/1

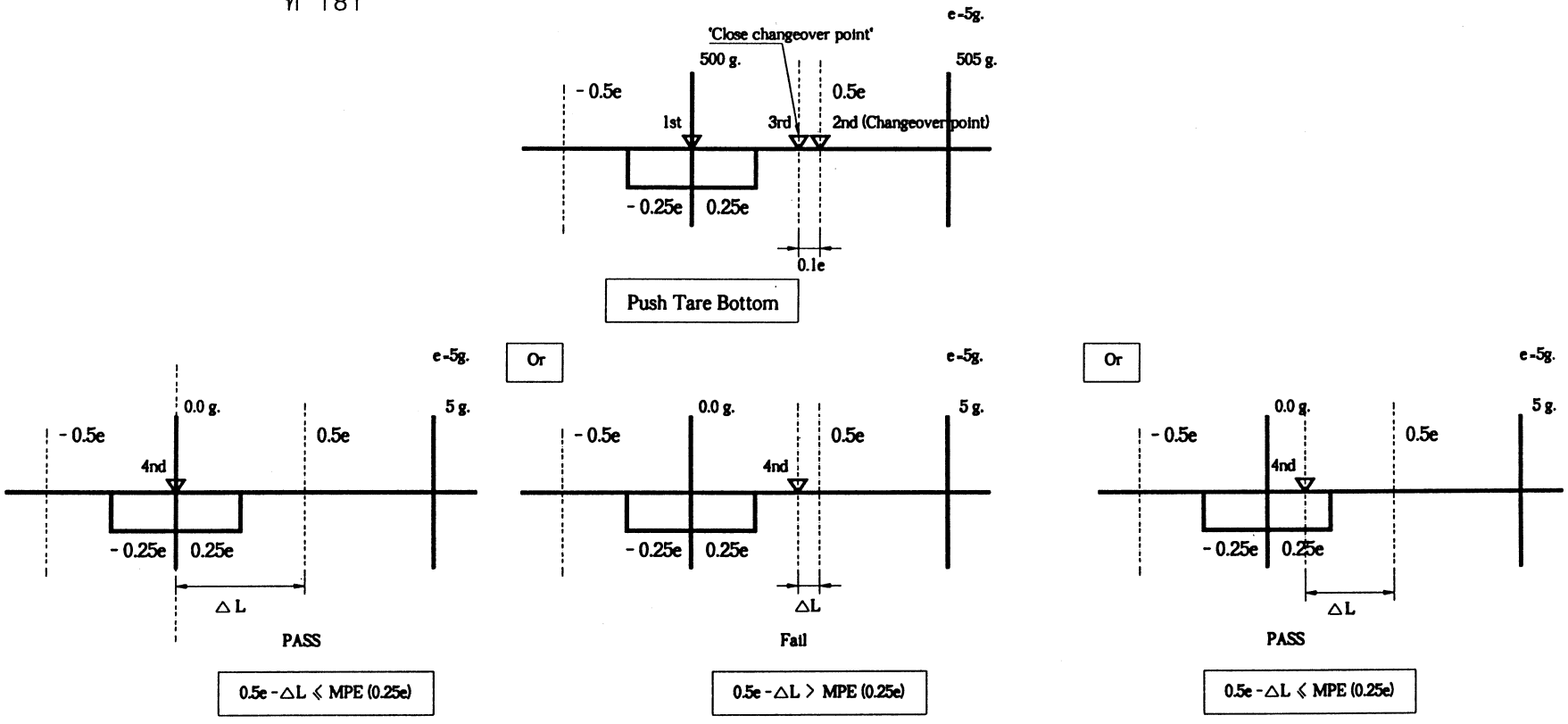
A.4.6.1 การทดสอบการชั่งการทดน้ำหนัก (Tare Weighing test, 3.5.3.3)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
3. เลือกค่าน้ำหนักทดสอบที่แตกต่างกันอย่างน้อย 5 ค่า โดยค่าน้ำหนักทดสอบที่เลือกต้องครอบคลุมค่าน้ำหนักที่ใกล้ค่าพิกัดกำลังต่ำสุด, ค่าน้ำหนักที่มีค่าทำให้เกิดการเปลี่ยนค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด และค่าน้ำหนักสุทธิที่ใกล้เคียงกับพิกัดกำลังสูงสุด
4. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
5. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

6. กำหนดค่าน้ำหนักทด (tare values) อย่างน้อย 2 ค่า โดยกำหนดค่าทดน้ำหนักค่าแรกและค่านี้ต้องไม่น้อยกว่าค่าพิกัดต่ำสุดของเครื่องชั่งและวางน้ำหนักเพิ่มเติม (Additional small weight) จนได้ตำแหน่งใกล้จุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Close changeover point) นั้นคือทำการวางน้ำหนักเพิ่มเติมจนถึงตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) จากนั้นเอาน้ำหนักเท่ากับ 0.1e ออกเราก็จะได้ตำแหน่งใกล้จุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด
7. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบทั้งหมดที่วางอยู่บนส่วนรับน้ำหนัก ถือเป็นค่าทดน้ำหนัก (tare value)
8. กดปุ่มทดน้ำหนักให้ทำงาน
9. ทำการทดสอบการชั่งน้ำหนักตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 4 ด้วยน้ำหนักทดสอบที่ได้เลือกไว้ในขั้นตอน 3
10. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
11. คำนวณหาค่าผลผิดที่น้ำหนักทดสอบ, E_L จาก $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ และคำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E_L - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ
12. กำหนดค่าน้ำหนักทด (tare values) ค่าที่สองและค่านี้ต้องไม่น้อยกว่าค่าพิกัดต่ำสุดของเครื่องชั่งเช่นกันรวมและวางน้ำหนักเพิ่มเติม (Additional small weight) จนได้ตำแหน่งใกล้จุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Close changeover point)
13. จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 5 ถึง 12
14. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการชั่ง (Tare Weighing test , A.4.6.1) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.5.3.3 นั้นคือถ้ามีการทดน้ำหนัก ค่าน้ำหนักสุทธิหลังจากทำการทดน้ำหนักไปแล้วให้เป็นไปตามค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรอง (Values of maximum permissible errors on initial verification, 3.5.1) แสดงไว้ในตารางที่ 6 ยกเว้นจะเป็นการทดน้ำหนักล่วงหน้า (Preset tare values)
15. ถ้าหากเครื่องชั่งมีช่วงการตั้งศูนย์แรกเริ่ม (an initial zero-setting range) มากกว่า 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งแล้ว ต้องทำการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม(Supplementary Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6

ตัวอย่าง A.4.6.1 การทดสอบการชั่งการทดน้ำหนัก (Tare Weighing test, 3.5.3.3) ดังแสดงในรูปที่ 181



รูปที่ 180 แสดงขั้นตอนการทดสอบการทำงานของส่วนทดน้ำหนัก (Tare device)

9 TARE (WEIGHING TEST) (A.4.6.1) (Example only)

Application N°: R1996/745
Pattern designation: Model RP - 15Y
Date: 17/12/96
Observer: I. Examiner
Verification scale interval e: 2/5 g
Resolution during test(smaller than e): .....

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☒ Not in operation ☐ Out of working range ☐ In operation

First tare value
Tare: 1 kg
Tare indication: 0

	At start	At max	At end	
Temp:	23.7		23.4	°C
Rel. h:				%
Time:	13:35		13:55	
Bar. pres:				hPa

(only class Ⓘ)

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Load, L	Indication, I ↓	Indication, I ↑	Add. load, ΔL ↓	Add. load, ΔL ↑	Error, E ↓	Error, E ↑	Corrected error, E_c ↓	Corrected error, E_c ↑	mpe
(*) 0.00 kg	0 000 kg	0.000 kg	0.8 g	1.0 g	(*) 0.2 g	0.0 g	0.0 g	−0.2 g	1 g
0.04	0.040	0.040	0.8	1.0	0.2	0.0	0.0	−0.2	1
0.50	0.500	0.500	0.8	1.0	0.2	0.0	0.0	−0.2	1
1.00	1.000	1.000	0.8	1.0	0.2	0.0	0.0	−0.2	1
2.00	2.000	2.000	0.8	1.0	0.2	0.0	0.0	−0.2	2
4.00	4.000	4.000	0.8	1.0	0.2	0.0	0.0	−0.2	2
5.99	5.990	5.990	0.8	1.2	0.2	−0.2	0.0	−0.4	3
8.00	8.000	8.000	2.5	3.0	0.0	−0.5	−0.2	−0.7	5
10.00	10.000	10.000	3.0	3.0	−0.5	−0.5	−0.7	−0.7	5
12.50	12.500	12.500	3.0	3.5	−0.5	−1.0	−0.7	−1.2	7.5
14.00	14.000		3.5		−1.0		−1.2		7.5

☒ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 181 ตัวอย่างผลการทดสอบการทดน้ำหนัก (Tare weighing test)

9 TARE (WEIGHING TEST) (A.4.6.1)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification
scale interval e: .....
Resolution during test
(smaller than e): .....

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range ☐ In operation

First tare value
Tare: ☐

Tare indication: ☐

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Load L	Indication I ↓	↑	Add. load ΔL ↓	↑	Error E ↓	↑	Corrected error E_c ↓	↑	mpe
(*)					(*)				

รูปที่ 182 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการทดน้ำหนัก (Tare weighing test) (OIML R76-2)

TARE (WEIGHING TEST) (cont.)

Second tare value
Tare: ☐

Tare indication: ☐

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Load L	Indication I ↓	↑	Add. load ΔL ↓	↑	Error E ↓	↑	Corrected error E_c ↓	↑	mpe
(*)					(*)				

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 182 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการทดน้ำหนัก (Tare weighing test) (OIML R76-2)

A.4.6.2 ความแม่นยำถูกต้องของการตั้งค่าน้ำหนักทด (Accuracy of tare setting, 4.6.3)

ขั้นตอนต่อไปนี้เป็นการหาถูกต้องของส่วนทดน้ำหนัก ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับเครื่องชั่งที่ถูกทดสอบนั้นๆ ดังนั้นหากเครื่องชั่งมีส่วนทดน้ำหนักไม่อัตโนมัติ (Non-automatic tare device) และ ส่วนทดน้ำหนักกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic tare device) ให้ดำเนินการทดสอบด้วยวิธีการใน A.4.6.2.1 แต่ถ้าหากเครื่องชั่งมีส่วนทดน้ำหนักอัตโนมัติ (Automatic tare device) ให้ดำเนินการทดสอบด้วยวิธีการใน A.4.6.2.2 แต่ถ้าหากเครื่องชั่งมีส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (Preset tare device) ที่ทำหน้าที่ตั้งน้ำหนักทดไว้ล่วงหน้า และเมื่อทำการชั่งน้ำหนัก เครื่องชั่งจะแสดงค่าน้ำหนักเท่ากับ น้ำหนักของสิ่งของที่ชั่งลบด้วยค่าน้ำหนักทดที่ตั้งไว้ล่วงหน้า ให้ดำเนินการทดสอบด้วยวิธีการใน A.4.6.2.3

4.6.3 ความถูกต้อง (Accuracy)

ส่วนทดน้ำหนักต้องยอมให้สามารถทำการปรับการแสดงค่าศูนย์ด้วยความถูกต้องสูงกว่า

$\pm$0.25e สำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคและเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบอนาล็อก

$\pm$0.50d สำหรับเครื่องชั่งเมคคานิกที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลและเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าช่วยเสริม (Auxiliary indicating devices)

สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (Multi-interval instrument) ให้ใช้ค่า e_1 แทนค่า e ($\pm$0.25e_1) สำหรับความถูกต้องที่ยอมให้ข้างบน

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 9/2

A.4.6.2.1 ส่วนทดน้ำหนักไม่อัตโนมัติ (Non- automatic Tare Setting Device) และ ส่วนทดน้ำหนักกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic Tare Setting Device)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. วางน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักที่มีค่าน้ำหนักใกล้กับค่าต่ำสุดของช่วงการทดน้ำหนัก (the minimum tare-setting range) และให้ใกล้จุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 เมื่อได้ตำแหน่งเปลี่ยนจุดแล้วให้เอาน้ำหนักเท่ากับ 1/10e ออกจากส่วนรับน้ำหนักก็จะถือว่าเป็นตำแหน่งใกล้กับจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Close changeover point)
2. ทำให้เครื่องชั่งกลับไปแสดงค่าศูนย์อีกครั้งโดยการกดปุ่ม tare หรือใช้ส่วนทดน้ำหนัก (Tare-setting device)
3. วางน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 10e ลงบนส่วนรับน้ำหนัก ถ้าหากพบว่าเครื่องชั่งมีส่วนรักษาศูนย์และยังทำงานอยู่

4. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL_0
5. คำนวณหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์, E_0 จาก $E_0 = 1/2\ e - \Delta L - L$ เมื่อ $I_0 = 0$ และ $L_0 = 0$ บันทึกผลการคำนวณ
6. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบความแม่นยำถูกต้องของการตั้งค่าน้ำหนักทด (Accuracy of tare setting, A.4.6.2) ของส่วนทดน้ำหนักหาโดยการทำการทดสอบด้วยวิธีการเดียวกับการทดสอบที่อธิบายไว้ในข้อ A.4.2.3 และทำการรีเซทส่วนแสดงค่ากลับไปแสดงค่าศูนย์ด้วยส่วนทดน้ำหนัก และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 4.6.3 ความเที่ยง (accuracy) เป็นไปได้ดังนี้นั้นคือ
   ส่วนทดน้ำหนักต้องยอมให้สามารถทำการปรับการแสดงค่าศูนย์ด้วยความเที่ยงสูงกว่า
   - $\pm$0.25e สำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคและเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบอนาล็อก
   - $\pm$0.5d สำหรับเครื่องชั่งเมคคานิกที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลและเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าช่วยเสริมพิเศษ (Auxiliary indicating devices)
   - สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (Multi-interval instrument) ให้ใช้ค่า e_1 แทนค่า e ($\pm 0.25e_1$) สำหรับความเที่ยงที่ยอมให้ข้างบน
7. ดังนั้นหากเป็นเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค ผลการคำนวณหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์, E_0 ได้ว่า $E_0 \leq 0.25e$ นั้นหมายถึงการรีเซทส่วนแสดงค่ากลับไปแสดงค่าศูนย์ด้วยส่วนทดน้ำหนักทำงานภายในอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กำหนดให้เท่ากับ $\pm$0.25e (ดูรูปที่ 180)
8. บันทึกผลการทดสอบลงในใบรายงานผลแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 9/3

A.4.6.2.2 ส่วนทดน้ำหนักอัตโนมัติ (Automatic Tare Setting Device)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. วางน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักที่มีค่าน้ำหนักที่ก่อให้ส่วนทดน้ำหนักอัตโนมัติถูกกระตุ้นให้ทำงาน
2. คอยสักครู่ให้ส่วนทดน้ำหนักอัตโนมัติทำงาน จนส่วนแสดงค่าแสดงค่าศูนย์ ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้เวลาประมาณ 5 วินาที
3. ให้รีบวางน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 10e ลงบนส่วนรับน้ำหนัก
4. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบดังกล่าวเป็น L_0 และบันทึกผลการแสดงค่าเป็น I_0
5. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL_0

6. คำนวณหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์, E_0 จาก $E_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$ บันทึกผลการคำนวณ
7. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบความแม่นยำถูกต้องของการตั้งค่าน้ำหนักทด (Accuracy of tare setting, A.4.6.2) ของส่วนทดน้ำหนักหาโดยการทำการทดสอบด้วยวิธีการเดียวกับการทดสอบที่อธิบายไว้ในข้อ A.4.2.3 และทำการรีเซทส่วนแสดงค่ากลับไปแสดงค่าศูนย์ด้วยส่วนทดน้ำหนัก และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 4.6.3 ความเที่ยง (accuracy) เป็นไปได้ดังนี้นั้นคือ ส่วนทดน้ำหนักต้องยอมให้สามารถทำการปรับการแสดงค่าศูนย์ด้วยความเที่ยงสูงกว่า
   - $\pm$0.25e สำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคและเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบอนาล็อก
   - $\pm$0.5d สำหรับเครื่องชั่งเมคคานิกที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลและเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าช่วยเสริมพิเศษ (Auxiliary indicating devices)
   - สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (Multi-interval instrument) ให้ใช้ค่า e_1 แทนค่า e ($\pm$0.25e_1) สำหรับความเที่ยงที่ยอมให้ข้างบน
8. ดังนั้นหากเป็นเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค ผลการคำนวณหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์, E_0 ได้ว่า $E_0 \leq 0.25e$ นั้นหมายถึงการรีเซทส่วนแสดงค่ากลับไปแสดงค่าศูนย์ด้วยส่วนทดน้ำหนักทำงานภายในอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กำหนดให้เท่ากับ $\pm$0.25e (ดูรูปที่ 180)
9. บันทึกผลการทดสอบลงในใบรายงานผลแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 9/4

A.4.6.2.3 ส่วนกำหนดน้ำหนักทดล่วงหน้า (Preset Tare Setting Device)

ขั้นตอนต่อไปนี้เป็นขั้นตอนที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องทั้ง (a) ส่วนแสดงค่า (Display or Indication Device) และ (b) การทำงานของขั้นตอนการปัดค่าของค่าทดน้ำหนักที่ป้อนเข้าไปภายในเครื่อง (internal rounding of the entered tare value)

ขั้นตอนการทดสอบ

(a) ส่วนแสดงค่า (Display or Indication Device)

1. ทำการป้อนค่าทดน้ำหนักที่ต้องการทดไว้ล่วงหน้าโดยให้ค่าที่ป้อนนั้นมีค่าละเอียด (resolution) กว่าค่า e ของเครื่องชั่ง เช่น ป้อนค่าเท่ากับ 402g เมื่อ e = 5g
2. กระตุ้นให้ส่วนทดน้ำหนักล่วงหน้าทำงาน ตัวอย่าง หากส่วนแสดงค่าทำการปัดค่าจาก 402g เป็นค่า 400g หรือเครื่องชั่งไม่ยอมรับค่าที่ป้อนเข้าไป นั้นแสดงค่าส่วนแสดงค่าผ่านการทดสอบนี้ แต่ถ้าหากเครื่องชั่งยอมรับค่าดังกล่าวและแสดงค่าเช่นเดียวกับค่าที่ป้อนเข้าไปคือ 402g นั้นแสดงว่าส่วนแสดงค่าไม่ผ่านการทดสอบนี้
3. ทำการตรวจสอบซ้ำอีกครั้งด้วยค่าที่แตกต่างจากเดิม ตัวอย่างเช่น ป้อนค่าเท่ากับ 403g เมื่อ e = 5g หากส่วนแสดงค่าทำการปัดค่าจาก 403g เป็นค่า 405g หรือเครื่องชั่งไม่ยอมรับค่าที่

ป้อนเข้าไป นั้นแสดงค่าส่วนแสดงค่าผ่านการทดสอบนี้ แต่ถ้าหากเครื่องชั่งยอมรับค่าดังกล่าว และแสดงค่าเช่นเดียวกับค่าที่ป้อนเข้าไปคือ 403g นั้นแสดงว่าส่วนแสดงค่าไม่ผ่านการทดสอบนี้

4. บันทึกผลการทดสอบลงในใบรายงานผลแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17

(b) การทำงานของขั้นตอนการปัดค่าของค่าทดน้ำหนักที่ป้อนเข้าไปภายในเครื่อง (Internal rounding of the entered tare value)

1. วางน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนัก
2. ป้อนค่าน้ำหนักทดไว้ล่วงหน้าด้วยค่าเท่ากับน้ำหนักที่เครื่องชั่งแสดงค่าหลังจากวางน้ำหนักทดสอบในขั้นตอน 1 และทำการกระตุ้นให้ส่วนทดน้ำหนักล่วงหน้าให้ทำงาน
3. ทำการหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ด้วยวิธีการหาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL_0 จากนั้นคำนวณหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์, E_0 จาก $E_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$ บันทึกผลการคำนวณ ตัวอย่างเช่น เมื่อเราทำการวางน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักเท่ากับ 400g จากนั้นทำการป้อนค่าน้ำหนักทดไว้ล่วงหน้าเท่ากับ 400g และทำการกระตุ้นให้ส่วนทดน้ำหนักล่วงหน้าให้ทำงานแล้ว จากนั้นทำการหาค่าผลผิดซึ่งในตัวอย่างนี้สามารถหาได้เท่ากับ +0.5g
4. ดำเนินการทดสอบซ้ำอีกครั้งด้วยน้ำหนักทดสอบเท่าเดิม แต่ให้การป้อนค่าทดน้ำหนักที่ต้องการทดไว้ล่วงหน้าโดยให้ค่าที่ป้อนนั้นมีค่าละเอียด (resolution) กว่าค่า e ของเครื่องชั่ง และทำการกระตุ้นให้ส่วนทดน้ำหนักล่วงหน้าให้ทำงาน จากนั้นทำการหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ด้วยวิธีการหาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 ตัวอย่างเช่น เมื่อเราทำการวางน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักเท่ากับ 400g จากนั้นทำการป้อนค่าน้ำหนักทดไว้ล่วงหน้าเท่ากับ 402g และทำการกระตุ้นให้ส่วนทดน้ำหนักล่วงหน้าให้ทำงานแล้ว จากนั้นทำการหาค่าผลผิด และถ้าผลผิดเปลี่ยนไปจาก +2g เป็น -1.5g นั้นหมายถึงค่าน้ำหนักทดภายในเครื่องไม่ได้ถูกทำให้ปัดค่าไปแต่ค่าน้ำหนักทดภายในกระทำต่อค่าที่ถูกป้อนเข้าไป นั้นหมายถึง เครื่องชั่งไม่ผ่านการทดสอบ
5. บันทึกผลการทดสอบลงในใบรายงานผลแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10

B.4 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

สำหรับการทดสอบดังกล่าวนี้ไม่ต้องดำเนินการทดสอบกับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนต่อไปนี้เป็นขั้นตอนมาตรฐาน จะดำเนินเช่นเดียวกันไม่ว่าจะดำเนินการหลังจากขั้นตอนการทดสอบสภาวะอุณหภูมิคงที่ (Static temperatures: B.2.1, A.5.3) และผลกระทบของอุณหภูมิต่อเครื่องชั่งเมื่อสภาวะไม่มีน้ำหนักบนเครื่องชั่ง หรือหลังจากการทดสอบการทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state; B.2.2) ก็ตาม

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
10.	**Span stability** **B. Test (2)**	**2**	

OIML R76-1:	B.4 (ดูบทที่ 6)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10

การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 14; (Page 36 to 41)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
3. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ, L ว่าค่าน้ำหนักดังกล่าวเป็นค่าน้ำหนักเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดหรือค่าใกล้เคียงกับค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max - 5e) เนื่องจากจะต้องคำนึงถึงการสอบเทียบย้อนกลับได้ และต้องใช้น้ำหนักทดสอบเดียวกันในการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ทั้ง 8 ครั้ง ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6, 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30

สำหรับแต่ละการวัด (For each measurement)

1. ทำการบันทึกครั้งที่ทำการทดสอบ อีกทั้งบันทึกเงื่อนไขการวัด ถ้าหากการวัดใดได้ดำเนินการ
   - หลังจากผ่านการทดสอบอุณหภูมิ (Temperature Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบจากนั้นทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
   - หลังจากผ่านการทดสอบความชื้น (Humidity Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบ
   - ต้องทำการถอด EUT ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่ว่าเป็นกรณีที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือไฟฟ้ากระแสตรง เป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง จากนั้นจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพหลังจากทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
   - หลังจากเปลี่ยนตำแหน่งการวางเครื่องชั่ง หรือ
   - ภายใต้สภาวะเงื่อนไขจำเพาะพิเศษ
2. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
3. บันทึกเวลา, อุณหภูมิแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความดัน
4. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
5. วางน้ำหนักทดสอบ
6. เอาน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักออกไป หากมีการใส่ในขั้นตอน 4
7. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I_L
8. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
9. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
10. คำนวณหาค่าผลผิดที่น้ำหนักทดสอบ, E_L จาก $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
11. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า,E_C จาก $E_C = E_L - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์(เช่น 10e)และทำการบันทึกผลการคำนวณ
12. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ที่เป็นครั้งแรกในกรณีนี้ (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการทดสอบใหม่ซ้ำอีกมากกว่า 4 ครั้งซ้ำตามขั้นตอน 4 ถึง 11
13. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test)ครั้งแรก (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการคำนวณและบันทึก ต่อไปนี้
    - Average error = Average $(E_L - E_0)$
    - $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min}$ และ
    - 0.1e

14. ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \leq 0.1e$ แล้วการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบครั้งต่อไป (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30) ให้ดำเนินการทดสอบเพียงครั้งเดียว ถือว่าผลการทดสอบเพียงพอต่อการทดสอบการวัดของการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่งลำดับถัดมา แต่ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \geq 0.1e$ จำเป็นต้องทำการทดสอบด้วยน้ำหนักทดสอบจำนวน 5 ค่าเช่นเดียวกับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 และต้องทำการบันทึกค่าและคำนวณค่าทุกค่าน้ำหนักทดสอบ นอกจากนี้แล้วต้องใช้ค่าน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเช่นเดียวกับที่ใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 กับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30 ด้วย
15. หลังจากทำการทดสอบเสร็จสิ้นแต่ละการวัดแล้วให้ทำการเขียนกราฟค่าผลผิดเฉลี่ยลงบนกราฟที่ OIML R76-2 (page 41) กำหนดให้ และต้องปล่อยให้ EUT อยู่ในช่วงการพักฟื้นก่อนด้วยเวลาที่เหมาะสมก่อนดำเนินการทดสอบใดๆ
16. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ;B.4 และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.4 นั้นคือ การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation); $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min}$ ค่าผลผิดของการแสดงค่าต้องไม่เกิน ½ ของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง หรือ ½ ของค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรองชั้นแรกที่น้ำหนักทดสอบนั้นๆ เลือกค่าที่มากกว่า เมื่อผลต่างของผลการชั่งแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มที่จะมีค่าเกินกว่า ½ ของค่าที่ยอมให้ได้ตามที่กำหนดไว้ข้างบน การทดสอบต้องดำเนินการจนแนวโน้มดังกล่าวหยุดนิ่งหรือเบี่ยงกลับมาในทิศทางตรงกันข้าม หรือจนกระทั่งผลผิดมีค่าเกินกว่าค่ามากที่สุดที่ยอมให้ได้ในการเปลี่ยนแปลง

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 11

A.5.2 การทดสอบเวลาที่ใช้ในการอุ่นเครื่อง (Warm-up time test, 5.3.5)

เครื่องชั่งที่ใช้กำลังไฟฟ้า ให้ถอดสายไฟฟ้าที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าอย่างน้อย 8 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ หลังจากนั้นทำการต่อสายไฟฟ้าเข้ากับเครื่องชั่งพร้อมสวิตช์เปิดเครื่องชั่งให้ทำงานทันทีที่เครื่องชั่งแสดงค่าเสถียรภาพ ทำการตั้งศูนย์และหาผลผิดที่ศูนย์ โดยการคำนวณหาค่าผลผิดให้คำนวณตามข้อกำหนด A.4.4.3 ให้วางน้ำหนักทดสอบด้วยน้ำหนักมีค่าใกล้กับพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง แล้วสังเกตผลการชั่งที่แสดงเมื่อเวลาผ่านไป 5, 15, และ 30 นาที โดยแต่ละผลการชั่งที่ทดสอบเมื่อเวลาผ่านไป 5, 15, และ 30 นาที ต้องทำการปรับค่าแก้ไขผลผิดศูนย์ (the zero error) ที่เวลานั้นด้วย

สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ให้สังเกตการทำงานของเครื่องชั่งหลังจากต่อสายไฟฟ้าเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า

5.3.5 ในระหว่างการอุ่นเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค เครื่องชั่งต้องไม่สามารถแสดงผลการชั่งหรือส่งถ่ายข้อมูลผลการชั่งได้

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
11.	**Warm-up test**	**3**	**ต้องทำการปิดเครื่องชั่งข้ามคืนหรือถอดปลั๊กออกข้ามคืนก่อนทดสอบ**

OIML R76-1:	A.5.2 (ดูบทที่ 6) 5.3.5 T.4.5, T.6.1

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 11

การทดสอบเวลาที่ใช้ในการอุ่นเครื่อง (Warm-up time test, 5.3.5); A.5.2

การทดสอบในขั้นตอนนี้เพื่อทำการตรวจสอบขีดความสามารถของเครื่องชั่งเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมไปยังที่อุณหภูมิทำงานของเครื่องชั่งหลังจากปิดเครื่องชั่งหรือถอดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังออกจากเครื่องชั่งแล้ว เครื่องชั่งยังคงสามารถทำการชั่งด้วยความแม่นยำถูกต้องหรือไม่ ด้วยเหตุนี้ต้องมั่นใจด้วยว่าต้องทำการปิดเครื่องชั่งข้ามคืนหรือถอดปลั๊กออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังข้ามคืน หรือเป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมงก่อนทดสอบวิธีการในขั้นตอนนี้ และที่ต้องระมัดระวังเพื่อให้การทดสอบได้ผลตามที่ต้องการแล้วต้องทำการทดสอบทันทีหลังจากเครื่องชั่งแสดงค่าได้เสถียรแล้วในครึ่งชั่วโมงแรกหลังเปิดเครื่อง ทั้งนี้ก็เพราะในช่วงครึ่งชั่งโมงแรกนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องชั่งมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมาก นอกจากนี้ไม่ควรดำเนินการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 10; (Page 23)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
3. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
4. บันทึกช่วงระยะเวลาที่เครื่องชั่งได้ถูกปิดเครื่องชั่งข้ามคืนหรือถอดปลั๊กออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังข้ามคืนก่อนทดสอบวิธีการในขั้นตอนนี้
5. เปิดเครื่องชั่งหรือเสียบปลั๊กเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า และเปิดเครื่องชั่งให้ทำงาน
6. ทันทีที่เครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์ได้เสถียรแล้ว
7. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
8. วางน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุด (Max) หรือใกล้เคียงค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max – 5e) หากเครื่องชั่งไม่สามารถแสดงค่าหากเลยจุดพิกัดสูงสุด
9. เอาน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักออกไป หากมีการใส่ในขั้นตอน 7
10. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบดังกล่าว L , บันทึกผลการแสดงการชั่ง I_L
11. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
12. คำนวณหาค่าผลผิดที่น้ำหนักทดสอบ, E_L จาก $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
13. เอาน้ำหนักเท่ากับ 10e ใส่ลงบนส่วนรับน้ำหนักอีกครั้ง หากมีการใส่ในขั้นตอน 7 และเอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
14. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E_L - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ
15. ให้ทำการทดสอบใหม่ซ้ำอีก ตามขั้นตอน 7 ถึง 14 หลังจากเวลาผ่านไป 5 นาที, 15 นาที และ 30 นาที
16. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
17. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบเวลาที่ใช้ในการอุ่นเครื่อง (Warm-up time test); A.5.2 และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 5.3.5 นั้นคือ ในระหว่างการอุ่นเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค เครื่องชั่งต้องไม่สามารถแสดงผลการชั่งหรือส่งถ่ายข้อมูลผลการชั่งได้ และค่าสัมบูรณ์ผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C โดยต้อง $|E_L - E_0| \leq$ mpe

ตัวอย่าง A.5.2การทดสอบเวลาที่ใช้ในการอุ่นเครื่อง (Warm-up time test, 5.3.5) ดังแสดงในรูปที่ 183

10 WARM-UP TIME (A.5.2) (Example only)

Application N°: R1996/745
Pattern designation: Model RP -15Y
Date: 16/12/96
Observer: I. Examiner
Verification scale interval e: 2/5 g
Resolution during test(smaller than e): .....
Duration of disconnection before test: 40 h

	At start	At max	At end	
Temp:	23		23.1	°C
Rel. h:				%
Time:	9:10			
Bar. pres:				hPa

(only class ①)

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☒ Out of working range ☐ In operation

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
E_0 = error calculated at zero or near zero (unloaded)
E_1 = error calculated at load (loaded)

	Time (*)	Load, L	Indication, I	Add. load, ΔL	Error, E	$E_1 - E_0$	mpe = 7.5 g
Unloaded	0 min	0.02 kg	0.020 kg	0.2 g	0.8 g		
Loaded		15.00	15.000	3.5	–1.0	–1.8 g	
Unloaded	5 min	0.02	0.020	0.4	0.6		e > 2 g
Loaded		15.00	15.000	3.0	–0.5	–1.1	e > 5 g
Unloaded	15 min	0.02	0.020	0.6	0.4		
Loaded		15.00	15.000	3.0	–0.5	–0.9	
Unloaded	30 min	0.02	0.020	0.6	0.4		
Loaded		15.00	15.000	3.0	–0.5	–0.9	

(*) Counted from the moment an indication has first appeared. Check that $|E_1 - E_0| \leq$ mpe

☒ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 183 ตัวอย่างผลการทดสอบเวลาที่ใช้ในการอุ่นเครื่อง (Warm-up time test)

10 WARM-UP TIME (A.5.2)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification scale interval e: .....
Resolution during test (smaller than e): .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

Duration of disconnection before test: .....

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range ☐ In operation

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
E_0 = error calculated at zero or near zero (unloaded)
E_ℓ = error calculated at load (loaded)

	time (*)	Load	Indication I	Add. load ΔL	Error E	$E_\ell - E_0$	mpe =
Unloaded	0 min						
Loaded							
Unloaded	5 min						
Loaded							
Unloaded	15 min						
Loaded							
Unloaded	30 min						
Loaded							

(*) Counted from the moment an indication has first appeared. Check that $|E_\ell - E_0| \leq$ mpe

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 184 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบเวลาที่ใช้ในการอุ่นเครื่อง (Warm-up time test) (OIML R76-2)

บทที่ 14

- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 12
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 13

เนื้อหาควบคุม

1 การทดสอบความมั่นคงของสมดุล (Test for the stability of equilibrium)

2 ความลาดเอียง (Tilting)

ในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 12 การทดสอบความมั่นคงของสมดุล (Test for the stability of equilibrium, A.4.12); 4.4.2 เป็นการทดสอบความสามารถของเครื่องชั่งในแง่ของการรักษาสภาวะสมดุลหลังจากทำการชั่งได้มากน้อยเพียงใดและก่อนที่จะแสดงผลออกมาไม่ด้วยการแสดงด้วยส่วนแสดงค่า, ส่วนพิมพ์ค่า หรือแม้กระทั่งการจัดเก็บข้อมูลเข้าในหน่วยความจำของเครื่องชั่งอีกด้วย

ในขณะเดียวกันในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 13 ความลาดเอียง (Tilting, A.5.1) เป็นการเน้นการตรวจสอบถึงสภาวะการใช้งานในทางปฏิบัติที่อาจเกิดขึ้นจริงในการใช้เครื่องชั่ง หรือในกรณีที่ผู้ใช้เครื่องชั่งไม่มีความรู้เกี่ยวกับเครื่องชั่งดีพอและไม่ได้ทำการปรับระดับเครื่องชั่งให้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตกำหนด นอกจากนี้ยังเป็นการทดสอบหาผลผิดที่เกิดขึ้นหากการใช้งานเครื่องชั่งโดยทำการติดตั้งเครื่องชั่งไม่ได้ระดับอ้างอิงตามที่กำหนด ดังนั้นหากใช้เครื่องชั่งที่ไม่ได้ระดับตามที่ผู้ผลิตกำหนด เครื่องชั่งก็ต้องสามารถให้ผลการชั่งที่ถูกต้องภายใต้ระดับการเอียงของเครื่องชั่งได้ระดับหนึ่ง

แต่เพื่อความเข้าใจมากขึ้นในการตรวจสอบขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ ลำดับที่ 12 และ 13 ควรทำความเข้าใจในเนื้อหาข้อกำหนดใน OIML R76-1, ข้อกำหนด 3.9.1,4.4, 4.4.2, 4.4.5, 4.4.6, 4.6.3,4.6.8, A.5.1 และ A.4.12

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 12

A.4.12 การทดสอบความมั่นคงของสมดุล (Test for the stability of equilibrium) (4.4.2)

วางน้ำหนักทดสอบจนถึง 50 % ของพิกัดกำลังสูงสุด หรือจนถึงน้ำหนักในช่วงของการทำงานของส่วนหน้าที่สำคัญๆของเครื่องชั่ง ทำการรบกวนสมดุลของเครื่องชั่งด้วยมือเพียงครั้งเดียว จากนั้นทำการสั่งให้ส่วนพิมพ์หรือส่วนเก็บข้อมูลทำการพิมพ์ค่า และ/หรือ เก็บข้อมูล หรือสั่งให้เครื่องชั่งทำงานอื่นๆ ทันทีทันใดหลังจากรบกวนเครื่องชั่ง ในกรณีของการพิมพ์ค่าและบันทึกค่าให้อ่านค่าจากส่วนแสดงค่าที่แสดงในเวลา 5 วินาทีหลังจากมีการพิมพ์ ในกรณีที่มีการตั้งศูนย์หรือการปรับสมดุลน้ำหนักที่ทดไว้ (tare balancing) ให้ทำการตรวจสอบความแม่นยำตามข้อกำหนด A.4.2.3/A.4.6.2 ให้ทำการทดสอบนี้ 5 ครั้ง

4.4 (R76) ส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลและส่วนพิมพ์ค่า (Digital indicating and printing devices)

ข้อกำหนดต่อไปนี้เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมจากข้อกำหนด 4.2.1 ถึงข้อกำหนด 4.2.5

4.4.1 การเปลี่ยนการแสดงค่า(Change of indication)

เมื่อเปลี่ยนภาระน้ำหนักบนเครื่องชั่ง ผลการชั่งก่อนหน้านี้ของเครื่องชั่งต้องแสดงอยู่ไม่เกิน 1 วินาที

4.4.2 สภาวะสมดุลเสถียร(Stable equilibrium)

สภาวะสมดุลจะถือว่าเสถียรเมื่อ

- สำหรับส่วนพิมพ์ค่าและ/หรือส่วนเก็บข้อมูลต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดวรรคสุดท้ายในข้อกำหนด 4.4.5
- ในกรณีของการปรับศูนย์หรือการทดน้ำหนัก (ข้อกำหนด 4.5.4, 4.5.6, 4.5.7 และ 4.6.8) ต้องทำให้ใกล้สภาวะสมดุลสุดท้ายที่เครื่องจะทำงานได้ถูกต้องภายในข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง

4.4.3 ส่วนแสดงค่าขยาย(Extended indicating device)

ไม่ใช้ส่วนแสดงค่าขยายกับเครื่องชั่งที่มีค่าขั้นหมายมาตราแตกต่างกัน (differentiated scale division)

หากเครื่องชั่งประกอบด้วยส่วนแสดงค่าขยาย จะแสดงค่าที่ละเอียดกว่าค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง e ได้เฉพาะเมื่อ

- ในระหว่างการกดปุ่มคีย์ หรือ
- ในช่วงเวลาไม่เกิน 5 วินาทีหลังจากสั่งงานจากภายนอก

ในทุกกรณีค่าของส่วนแสดงค่าขยายนี้จะถูกสั่งพิมพ์ค่าออกมาไม่ได้

4.4.4 การใช้เครื่องแสดงค่าแบบอื่น ๆ (Multiple use of indicating devices)

ส่วนแสดงค่าอื่นๆนอกเหนือจากส่วนแสดงค่าหลัก (primary indications) อาจจัดให้แสดงอยู่ในส่วนแสดงเดียวกันก็ได้ โดยมีเงื่อนไข

- เป็นปริมาณอื่นที่ไม่ใช้ค่าน้ำหนักผลการชั่งแต่สอดคล้องเหมือนกับส่วนส่วนแสดงค่าหลัก โดยแสดงด้วยหน่วยการชั่ง หรือสัญลักขณ์ หรือเครื่องหมายพิเศษที่เหมาะสม
- ค่าน้ำหนักที่ไม่ใช่ผลการชั่ง (ตามนิยาม T.5.2.1 ถึง T.5.2.3) ซึ่งต้องบอกไว้อย่างชัดเจน หรืออาจแสดงเฉพาะเมื่อมีคำสั่งจากภายนอก แต่จะสั่งพิมพ์ค่าน้ำหนักดังกล่าวไม่ได้

ไม่มีข้อจำกัดใด ๆ ถ้าโหมดการชั่งทำงานแยกต่างหากด้วยคำสั่งพิเศษ

4.4.5 ส่วนพิมพ์ค่า (Printing device)

ส่วนพิมพ์ต้องพิมพ์ผลการชั่งได้ชัดเจน คงทนถาวรตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ตัวพิมพ์ต้องมีความสูงอย่างน้อย 2 มม.

ผลจากการพิมพ์ ชื่อหรือสัญลักขณ์ ของหน่วยการวัดต้องอยู่ทางขวามือ หรือด้านบนตามแนวแถว (column) ของผลการวัดที่พิมพ์ออกมา

ส่วนพิมพ์ค่าจะต้องไม่สามารถพิมพ์ค่าผลการชั่งได้ เมื่อสภาวะสมดุลยังไม่เสถียร

การพิจารณาว่าเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลเสถียรก็ต่อเมื่อเครื่องชั่งแสดงค่า 2 ค่า ที่ต่อเนื่องกันคงที่เป็นเวลา 5 วินาที และค่าใดค่าหนึ่งในสองค่านี้จะต้องถูกพิมพ์ค่าออกมา (ในกรณีที่เครื่องชั่งมีค่า d < e จะไม่มีการพิจารณา the differentiated scale divisions)

4.4.6 ส่วนเก็บข้อมูล (Memory storage device)

การเก็บข้อมูลผลการแสดงค่าของส่วนแสดงค่าหลัก, การส่งถ่ายข้อมูล, การรวมผลน้ำหนักหรืออื่นๆ จะสามารถดำเนินการดังกล่าวได้ก็ต่อเมื่อเครื่องชั่งอยู่ในภาวะสมดุลเสถียร เกณฑ์การตัดสินว่าสมดุลเสถียรอย่างไรให้เป็นเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในข้อกำหนด 4.4.5

4.5 (R76) ส่วนตั้งศูนย์และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-setting and zero-tracking devices)

เครื่องชั่งอาจมีส่วนตั้งศูนย์มากกว่า 1 ส่วนก็ได้ แต่ต้องมีส่วนรักษาศูนย์ได้ไม่เกิน 1 ส่วน

4.5.2 ความเที่ยง (Accuracy)

หลังจากการตั้งศูนย์ ผลกระทบของการเบี่ยงเบนจากศูนย์ต่อผลการชั่งของเครื่องชั่งต้องไม่กระทบต่อผลการชั่งเกินกว่า 0.25e ในกรณีที่เครื่องชั่งมีส่วนแสดงค่าช่วยเสริม (Auxiliary indicating devices) ผลกระทบนี้ต้องไม่เกิน 0.5d

4.5.4 การควบคุมของส่วนตั้งศูนย์(Control of zero-setting device)

ยกเว้นเครื่องชั่งตามข้อกำหนด 4.14 และข้อกำหนด 4.15 เครื่องชั่งใดๆที่มีหรือไม่ประกอบด้วยส่วนตั้งศูนย์ครั้งแรกอาจมีส่วนตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติ (a semi-automatic zero-setting device) และส่วนปรับสมดุลน้ำหนักที่ทดไว้กึ่งอัตโนมัติ (a semi-automatic tare-balancing device) ประกอบร่วมทำงานอยู่โดยใช้ปุ่มควบคุมปุ่มเดียวกันก็ได้

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์ (a zero-setting device) และส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้ (a tare-weighing device) การควบคุมส่วนตั้งศูนย์ต้องแยกออกจากการควบคุมส่วนชั่งน้ำหนักที่ทดไว้

ส่วนตั้งศูนย์กึ่งอัตโนมัติควรทำงานก็ต่อเมื่อ

- เมื่อเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลเสถียร
- เมื่อส่วนดังกล่าวไปยกเลิกการทดน้ำหนักใดๆที่กระทำไว้ในครั้งก่อนหน้านี้

4.5.6 ส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (Automatic zero-setting device)

ส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติควรทำงานก็ต่อเมื่อ

- เกิดสภาวะสมดุลเสถียร และ
- ส่วนแสดงค่ายังคงแสดงค่าต่ำกว่าค่าศูนย์เป็นเวลานานอย่างน้อยที่สุด 5 วินาที

4.5.7 ส่วนรักษาศูนย์(Zero tracking device)

ส่วนรักษาศูนย์ควรทำงานก็ต่อเมื่อ

- เครื่องชั่งแสดงศูนย์ หรือ ที่ค่า Negative net value มีค่าเท่ากับ gross zero และ
- เกิดสภาวะสมดุลเสถียร และ
- ค่าแก้ไข (the corrections) ไม่เกิน 0.5d/วินาที

เมื่อเครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์หลังจากทำการทดน้ำหนัก ส่วนรักษาศูนย์อาจทำงานอยู่ภายในช่วง 4% ของพิกัดกำลังสูงสุดรอบค่าศูนย์จริง (the actual zero) ก็ได้

4.6.3 ความถูกต้อง (Accuracy)

ส่วนทดน้ำหนักต้องยอมให้สามารถทำการปรับการแสดงค่าศูนย์ด้วยความถูกต้องสูงกว่า

$\pm$0.25e สำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคและเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบอนาล็อก

$\pm$0.5d สำหรับเครื่องชั่งเมคคานิกที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลและเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าช่วยเสริม (Auxiliary indicating devices)

สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (Multi-interval instrument) ให้ใช้ค่า e_1 แทนค่า e ($\pm 0.25e_1$) สำหรับความถูกต้องที่ยอมให้ข้างบน

4.6.8 ส่วนทดน้ำหนักอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic or automatic tare devices)

ส่วนนี้ทำงานได้ก็ต่อเมื่อเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลเสถียร

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
12.	**Stability of equilibrium**	**3**	

OIML R76-1:	**A.4.12 (ดูบทที่ 6)** **4.4, 4.4.2, 4.4.5, 4.4.6**

การทดสอบในขั้นตอนนี้เพื่อต้องการตรวจสอบว่าเครื่องชั่งไม่ได้ทำงานใดๆไม่ว่าการพิมพ์ค่าผลการชั่งที่อ่านได้, จัดเก็บข้อมูล, ตั้งศูนย์ หรือปรับสมดุลน้ำหนักที่ทดไว้ (Tare-balancing) จนกว่าถึงจุดสมดุลหรือการอ่านค่าผลการชั่งได้มาถึงจุดเสถียร

ขั้นตอนการทดสอบแต่ละลักษณะการทำงานของเครื่องชั่งได้แบ่งออกเป็น 4 การทำงานคือ

(a) ส่วนพิมพ์ค่า (Printing device, 4.4.5)

(b) ส่วนเก็บข้อมูล(Memory storage device, 4.4.6)

(c) ส่วนตั้งศูนย์ (Zero-setting device, 4.5)

(d) ส่วนปรับสมดุลน้ำหนักที่ทดไว้ (Tare-balancing device, T.2.7.4.2)

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 7; (Page 19)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 12

(a) ส่วนพิมพ์ค่า (Printing device, 4.4.5)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. กำหนดน้ำหนักทดสอบให้มีค่าเท่ากับประมาณ 50 % ของพิกัดกำลังสูงสุด

3. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
4. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
5. วางน้ำหนักทดสอบ
6. ทำการรบกวนสมดุลของเครื่องชั่งด้วยมือเพียงครั้งเดียว โดยกระทำต่อส่วนรับน้ำหนักจากนั้นทำการสั่งให้ส่วนพิมพ์ค่าทำการพิมพ์ผลการชั่งทันทีทันใดหลังจากรบกวนเครื่องชั่ง หมายเหตุ ในกรณีที่เครื่องชั่งมีส่วนพิมพ์ค่าที่สามารถพิมพ์ค่าได้อัตโนมัติแล้ว ไม่มีความจำเป็นต้องทำการรบกวนสมดุลของเครื่องชั่งต่อส่วนรับน้ำหนักด้วยมือเพียงครั้งเดียว
7. หลังจากมีการพิมพ์ผลการชั่งออกมาแล้ว ให้คอยต่อไปอีกเป็นเวลา 5 วินาทีจากนั้นให้อ่านค่าจากส่วนแสดงค่าที่แสดงซ้ำอีกครั้ง
8. บันทึกผลการชั่งที่ส่วนแสดงค่าแสดงผลการชั่งที่มีค่ามากที่สุดและที่มีค่าน้อยที่สุดที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาระหว่าง 5 วินาที
9. บันทึกผลการชั่งที่ได้จากส่วนพิมพ์ค่าพิมพ์ออกมา
10. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
11. จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 4 ถึง 9 ซ้ำกันอย่างน้อย 4 ครั้ง รวมกันเป็นทั้งหมด 5 ครั้ง
12. ทำการเปรียบเทียบการแสดงค่าผลการชั่งระหว่างส่วนพิมพ์ค่ากับส่วนแสดงค่า
13. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบความมั่นคงของสมดุล (Test for the stability of equilibrium, A.4.12) ในการทำงานของส่วนพิมพ์ค่า (Printing device, 4.4.5) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 4.4.5 นั้นคือส่วนพิมพ์ค่าจะต้องไม่สามารถพิมพ์ผลการชั่งได้ เมื่อสภาวะสมดุลยังไม่เสถียร การพิจารณาว่าเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลเสถียรก็ต่อเมื่อเครื่องชั่งแสดงค่า 2 ค่าที่ต่อเนื่องกันคงที่เป็นเวลา 5 วินาที และค่าใดค่าหนึ่งในสองค่านี้จะต้องถูกพิมพ์ค่าออกมา (ในกรณีที่เครื่องชั่งมีค่า $d < e$ จะไม่มีการพิจารณา the differentiated scale divisions

ตัวอย่าง การทดสอบความมั่นคงของสมดุล (Test for the stability of equilibrium, A.4.12) ดังแสดงในรูปที่ 185

(b) ส่วนเก็บข้อมูล(Memory storage device, 4.4.6)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. กำหนดน้ำหนักทดสอบให้มีค่าเท่ากับประมาณ 50 % ของพิกัดกำลังสูงสุด
3. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3

4. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
5. วางน้ำหนักทดสอบ
6. ทำการรบกวนสมดุลของเครื่องชั่งด้วยมือเพียงครั้งเดียว โดยกระทำต่อส่วนรับน้ำหนักจากนั้นทำการสั่งให้ส่วนเก็บข้อมูล(Memory storage device) ทำการเก็บข้อมูลทันทีทันใดหลังจากรบกวนเครื่องชั่ง
7. หลังจากมีการจัดเก็บข้อมูลผลการชั่ง ให้คอยต่อไปอีกเป็นเวลา 5 วินาทีจากนั้นให้อ่านค่าจากส่วนแสดงค่าที่แสดงซ้ำอีกครั้ง
8. บันทึกผลการชั่งที่ส่วนแสดงค่าแสดงผลการชั่งที่มีค่ามากที่สุดและที่มีค่าน้อยที่สุดที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาระหว่าง 5 วินาที
9. สั่งให้เครื่องชั่งแสดงผลการชั่งที่จัดเก็บไว้ และบันทึกผล
10. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
11. จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 4 ถึง 9 ซ้ำกันอย่างน้อย 4 ครั้ง รวมกันเป็นทั้งหมด 5 ครั้ง
12. ทำการเปรียบเทียบการแสดงค่าผลการชั่งระหว่างส่วนเก็บข้อมูล(Memory storage device) กับส่วนแสดงค่า
13. ในการ พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบความมั่นคงของสมดุล (Test for the stability of equilibrium, A.4.12) ในการทำงานของส่วนเก็บข้อมูล(Memory storage device, 4.4.6) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 4.4.5 นั้นคือส่วนเก็บข้อมูลจะต้องไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลผลการชั่งได้เมื่อสภาวะสมดุลยังไม่เสถียร การพิจารณาว่าเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลเสถียรก็ต่อเมื่อเครื่องชั่งแสดงค่า 2 ค่าที่ต่อเนื่องกันคงที่เป็นเวลา 5 วินาที และค่าใดค่าหนึ่งในสองค่านี้จะต้องถูกจัดเก็บข้อมูล (ในกรณีที่เครื่องชั่งมีค่า d < e จะไม่มีการพิจารณา the differentiated scale divisions

(c) ส่วนตั้งศูนย์ (Zero-setting device, 4.5)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. กำหนดน้ำหนักทดสอบ โดยให้พิจารณาว่าน้ำหนักทดสอบต้องมีค่าอยู่ภายในช่วงของการตั้งศูนย์
   หมายเหตุ การตรวจสอบว่าน้ำหนักทดสอบดังกล่าวอยู่ภายในช่วงการตั้งศูนย์จริงหรือไม่นั้นกระทำได้ด้วยการกดปุ่ม "ReZero" แล้วเครื่องชั่งยังคงแสดงค่าศูนย์
3. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
4. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

5. วางน้ำหนักทดสอบ เพิ่มน้ำหนักทดสอบที่ละน้อยๆจนกระทั่งมีค่าใกล้จุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) กระทำได้โดยหาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 แล้วเอาน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนัก 1/10e
6. ทำการรบกวนสมดุลของเครื่องชั่งด้วยมือเพียงครั้งเดียว โดยกระทำต่อส่วนรับน้ำหนักจากนั้นทำการกดปุ่ม "Zero" สั่งให้ส่วนตั้งศูนย์ทำงาน
7. ทันทีที่เครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์ ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2 บันทึกผล
8. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก จากนั้นทำการกดปุ่ม "ReZero" เพื่อให้เครื่องชั่งกลับไปแสดงค่าศูนย์
9. จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 4 ถึง 7 ซ้ำกันอย่างน้อย 4 ครั้ง รวมกันเป็นทั้งหมด 5 ครั้ง
10. ตรวจสอบความแม่นยำของการตั้งศูนย์ตามรายงานแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; A.4.2.3
11. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบความมั่นคงของสมดุล (Test for the stability of equilibrium, A.4.12) ในการทำงานของส่วนตั้งศูนย์ (Zero-setting device, 4.5) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 4.5.2, 4.5.4, 4.5.6, 4.5.7

(d) ส่วนปรับสมดุลน้ำหนักที่ทดไว้ (Tare-balancing device, T.2.7.4.2)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. กำหนดน้ำหนักทดสอบให้มีค่าเท่ากับประมาณ 50 % ของพิกัดกำลังสูงสุด
3. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
4. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
5. วางน้ำหนักทดสอบ เพิ่มน้ำหนักทดสอบที่ละน้อยๆจนกระทั่งมีค่าใกล้จุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) กระทำได้โดยหาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 แล้วเอาน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนัก 1/10e
6. ทำการรบกวนสมดุลของเครื่องชั่งด้วยมือเพียงครั้งเดียวโดยกระทำต่อส่วนรับน้ำหนักขณะกดปุ่ม "Tare"
7. ทันทีที่เครื่องชั่งแสดงค่าศูนย์ ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติทั้งนี้เพื่อหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2 บันทึกผล

8. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก จากนั้นทำการกดปุ่มยกเลิกผลการทดน้ำหนัก (Tare) เพื่อให้เครื่องชั่งกลับไปแสดงค่าศูนย์
9. จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 4 ถึง 7 ซ้ำกันอย่างน้อย 4 ครั้ง รวมกันเป็นทั้งหมด 5 ครั้ง
10. ตรวจสอบความแม่นยำถูกต้องของการตั้งค่าน้ำหนักทด (Accuracy of tare setting, A4.6.2, 4.6.3) ตามรายงานแบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 17; A.4.6.2
11. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบความมั่นคงของสมดุล (Test for the stability of equilibrium, A.4.12) ในการทำงานของส่วนปรับสมดุลน้ำหนักที่ทดไว้ (Tare-balancing device, T.2.7.4.2) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 4.6.3, และ 4.6.8 สำหรับ 4.6.3 ส่วนทดน้ำหนักต้องยอมให้สามารถทำการปรับการแสดงค่าศูนย์ด้วยความเที่ยงสูงกว่า
    - $\pm 0.25e$ สำหรับเครื่องชั่งอิเล็คทรอนิคและเครื่องชั่งที่แสดงค่าแบบอนาล็อก
    - $\pm 0.5d$ สำหรับเครื่องชั่งเมคคานิกที่มีส่วนแสดงค่าแบบดิจิตอลและเครื่องชั่งที่มีส่วนแสดงค่าช่วยเสริมพิเศษ (Auxiliary indicating devices)

    สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (Multi-interval instrument) ให้ใช้ค่า e_1 แทนค่า e ($\pm 0.25e_1$) สำหรับความเที่ยงที่ยอมให้ข้างบน

ตัวอย่าง การทดสอบความมั่นคงของสมดุล (Test for the stability of equilibrium, A.4.12) ดังแสดงในรูปที่ 185

7 STABILITY OF EQUILIBRIUM (A.4.12) (Example only)

Application N°: R1996/745
Pattern designation: RP - 15Y
Date: 17/12/96
Observer: I. Examiner

	At start	At max	At end	
Temp:	22.2			°C
Rel. h:				%
Time:	15:25			
Bar. pres:				hPa

Load = 7.5 kg

N°	First printed value after disturbance and command	Reading after print out during 5 s	
		Minimum	Maximum
1	7.500 kg	7.500 kg	7.500 kg
2	7.500	7.500	7.500
3	7.500	7.500	7.505
4	7.500	7.500	7.500
5	7.500	7.500	7.500

Check if only two adjacent figures appear, one being the printed value

[X] Passed [ ] Failed

Remarks:

In the case of zero seting or tare balancing
$E_0 = I_0 + 1/2e - \Delta - L_0$ $L_0 = 0$ or near zero

Max = 15 kg
e = 2g.

N°	Load, L_0	Indication, I_0	Add. load, ΔL	Error, E_0
Zero setting 0.101 kg				
1	0.020 kg	0.020 kg	1.0 g	0.0 g
2	0.020	0.020	1.2	−0.2
3	0.020	0.020	1.0	0.0
4	0.020	0.020	0.8	0.2
5	0.020	0.020	1.0	0.0
Tare balancing 2.001 kg				
6	0.000 kg	0.000 kg	0.2 g	0.8
7	0.000	0.000	0.2	0.8
8	0.000	0.000	0.2	0.8
9	0.000	0.002	2.0	1.0
10	0.000	0.000	0.2	0.8

Check the accuracy to 4.5.2 for zero setting and to 4.6.3 for tare balancing

[ ] Passed [X] Failed

Remarks:

Passed zero setting
Failed tare balancing

รูปที่ 185 ตัวอย่างผลการทดสอบความมั่นคงของสมดุล (Stability of equilibrium)

7 STABILITY OF EQUILIBRIUM (A.4.12)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Load = ☐

N°	First printed value after disturbance and command	Reading after print-out during 5 s	
		Minimum	Maximum
1			
2			
3			
4			
5			

Check if only two adjacent figures appear, one being the printed value

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 186 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบความมั่นคงของสมดุล (Stability of equilibrium) (OIML R76-2)

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 13

A.5.1 ความลาดเอียง (Tilting)

ให้ทำการทดสอบเครื่องชั่งเมื่อเอียงเครื่องชั่งกดหน้าลงและเชิดหน้าขึ้นเมื่อพิจารณาตามแนวยาว พร้อมกับเอียงเครื่องไปทั้งสองด้านเมื่อพิจารณาตามแนวขวาง

ต่อไปนี้ เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II ที่ตั้งใจออกแบบเพื่อใช้สำหรับการใช้ชั่งซื้อขายต่อสาธารณชนทั่วไปและกำหนดเป็นชั้นความเที่ยง II* (ดูข้อกำหนด A.4.1.2) และเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II ที่ไม่ได้ตั้งใจออกแบบเพื่อใช้สำหรับการใช้ชั่งซื้อขายต่อสาธารณชนทั่วไปและกำหนดเป็นชั้นความเที่ยง II

ในทางปฏิบัติ การทดสอบ(เมื่อมีน้ำหนักและไม่มีน้ำหนัก) ตามข้อกำหนด A.5.1.1.1 และข้อกำหนด A.5.1.1.2 สามารถนำมารวมกันเป็นการทดสอบเดียวกันได้ดังนี้

หลังจากตั้งศูนย์เครื่องชั่งให้อยู่ในตำแหน่งอ้างอิง (the reference position) ให้หาค่าการแสดงผลการชั่งเมื่อสภาวะไม่มีน้ำหนักและที่สภาวะน้ำหนักทดสอบแตกต่างกัน 2 ค่าก่อนที่ส่วนแสดงค่าจะทำการปัดค่าเพื่อแสดงค่าออกมา จากนั้นให้ทำการเอาน้ำหนักทดสอบออกจากเครื่องชั่งพร้อมเอียงเครื่องชั่ง (โดยต้องไม่มีการตั้งศูนย์ใหม่) แล้วอ่านค่าเมื่อไม่มีน้ำหนักและเมื่อมีน้ำหนักทดสอบแตกต่างกัน 2 ค่าเท่ากับก่อนหน้านี้ แล้วให้ทำเช่นนี้อีกเมื่อเอียงเครื่องชั่งในแต่ละทิศทางที่เหลือ

เพื่อที่สามารถหาอิทธิพลผลการเอียงของเครื่องชั่งขณะมีน้ำหนักบนเครื่องชั่ง ในการแสดงค่าผลการชั่งแต่ละทดสอบการเอียงแต่ละด้านต้องทำการปรับแก้ไขการเบี่ยงเบนหนีศูนย์ ก่อนที่ทำการวางน้ำหนักในแต่ละครั้ง

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวต้องไม่ทำงานในระหว่างทำการทดสอบนี้

A.5.1.1 การเอียงสำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III และ IIII (Tilting class II, III and IIII; 3.9.1)

A.5.1.1.1 การเอียงขณะไม่มีน้ำหนักทดสอบ (ชั้นความเที่ยง II*, III และ IIII) (Tilting at no-load) (class II*, III and IIII)

ให้ตั้งศูนย์เครื่องชั่งให้อยู่ในตำแหน่งอ้างอิง (the reference position) ขณะยังไม่มีการเอียงเครื่องชั่ง จากนั้นเอียงเครื่องชั่งตามความยาว จนถึงค่า 2/1000 หรือสุดขอบเขตของส่วนแสดงระดับประจำเครื่องชั่ง ใช้ค่าที่มากกว่า ทำการบันทึกการแสดงค่าศูนย์ การทดสอบสำหรับการเอียงเครื่องชั่งในทิศทางขวางก็เช่นเดียวกัน

A.5.1.1.2 การเอียงขณะมีน้ำหนักทดสอบ (ชั้นความเที่ยง II, II*, III และ IIII) (Tilting when loaded) (class II, II*, III and IIII)

ให้ตั้งศูนย์เครื่องชั่งให้อยู่ในตำแหน่งอ้างอิง (the reference position) ขณะยังไม่มีการเอียงเครื่องชั่ง ทำการทดสอบชั่งน้ำหนัก 2 ค่าแตกต่างกัน โดยกระทำทดสอบด้วยน้ำ

หนักทดสอบที่มีค่าเท่ากับน้ำหนักต่ำสุดที่เป็นจุดเปลี่ยนแปลงค่าของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดและที่มีค่าใกล้พิกัดกำลังสูงสุด จากนั้นเอาน้ำหนักทดสอบออกแล้วเอียงเครื่องชั่งตามแนวยาวพร้อมกับตั้งศูนย์ โดยการเอียงของเครื่องชั่งกระทำจนถึงค่า 2/1000 หรือสุดขอบเขตของส่วนแสดงระดับประจำเครื่องชั่ง ให้ใช้ค่าที่มากกว่า ให้ดำเนินการชั่งทดสอบด้วยน้ำหนักทดสอบดังข้างบน ให้ทดสอบเมื่อทำการเอียงเครื่องชั่งในทิศทางขวางเช่นเดียวกัน

A.5.1.2 การเอียงเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I (Tilting class I instrument, 3.9.1.2)

ให้เอียงเครื่องชั่งตามความยาว จนสุดขอบเขตของส่วนแสดงระดับประจำเครื่องชั่ง ทดสอบการเอียง และทดสอบการเอียงเมื่อเอียงเครื่องชั่งไปตามแนวขวาง

ถ้าหากเครื่องชั่งเอียงได้ไม่เกิน 2/1000 ก็ไม่จำเป็นต้องทดสอบต่อไป แต่ถ้าหากสามารถเอียงได้ให้ทำการทดสอบเช่นเดียวกับในข้อกำหนด A.5.1.1.2

A.5.1.3 เครื่องชั่งที่ไม่มีส่วนแสดงระดับ (Instrument without level indicator)

สำหรับเครื่องชั่งที่มีโอกาสเอียงได้ขณะใช้งานแต่ไม่มีส่วนแสดงระดับ (level indicator) ต้องดำเนินการทดสอบการเอียงตามในข้อกำหนด A.5.1.1 แต่ทำให้เครื่องชั่งเอียงมีค่าเท่ากับ 5% แทนที่จะเป็น 0.2%

3.9.1 ความลาดเอียง (Tilting)

3.9.1.1 สำหรับเครื่องชั่งชั้น II, III หรือ IIII ซึ่งอาจจะถูกทำให้เอียงขณะใช้งานได้นั้น ต้องทดสอบผลกระทบจากความลาดเอียงทั้งด้านตามยาว (Lengthwise tilting) หรือ ด้านขวาง (Transverse tilting) ด้วยความลาดเอียงเท่ากับ 2/1000 หรือตามเครื่องหมายกำกับความลาดเอียงบนเครื่องชั่ง หรือตามขอบเขตจำกัดของส่วนแสดงระดับ (level indicator) ประจำเครื่องชั่ง โดยเลือกเอาค่าที่มากที่สุดเป็นค่าความลาดเอียงในการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติ

ผลต่างของการแสดงค่าของเครื่องชั่งเมื่อเครื่องชั่งอยู่ในตำแหน่งระดับอ้างอิง (reference position) ที่ไม่มีการเอียงเทียบกับเมื่อเครื่องชั่งถูกติดตั้งในตำแหน่งที่มีสภาวะลาดเอียงต้องมีค่าไม่เกินกว่าที่กำหนดต่อไปนี้

- **สภาวะไม่มีน้ำหนัก (No load)** ผลต่างการแสดงค่าต้องไม่เกิน 2 ขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (2e) (ในการทดสอบครั้งแรกนั้นต้องทำการปรับศูนย์ของเครื่องชั่งที่สภาวะไม่มีน้ำหนักในตำแหน่งระดับอ้างอิง) ยกเว้นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II (ดูข้อกำหนด 4.14.8)
- **สภาวะพิกัดกำลังสูงสุดของส่วนแสดงค่าสามารถแสดงค่าได้เองหรือเข้าสู่สภาวะสมดุลได้เอง (Self-indication capacity) และที่พิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง (Max)** ผลต่างการแสดงค่าต้องไม่เกินอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (ต้องทำการปรับศูนย์เครื่องชั่งที่สภาวะไม่มีน้ำหนักทั้งในตำแหน่งระดับอ้างอิงและตำแหน่งลาดเอียงทดสอบ)

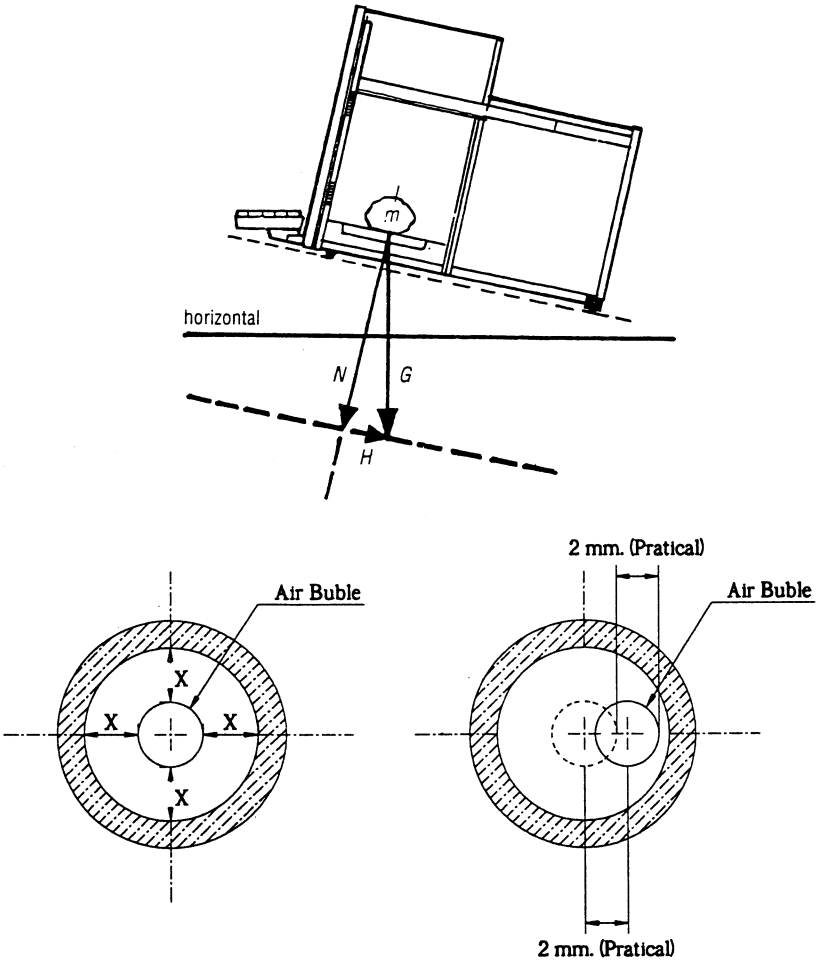
เครื่องชั่งต้องมีส่วนปรับระดับ (Leveling device คือ ส่วนที่ใช้ปรับให้เครื่องชั่งอยู่ในแนวระดับ) และส่วนแสดงระดับ (Level indicator) ติดตั้งอย่างถาวรบนเครื่องชั่งในตำแหน่งที่ผู้ใช้หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง

สามารถมองเห็นได้ง่ายและชัดเจน ยกเว้นเครื่องชั่งที่

- แขวนอย่างอิสระ(freely suspended) หรือ
- ติดตั้งอยู่กับที่ หรือ
- เป็นไปตามข้อกำหนดการทดสอบความลาดเอียง เมื่อเครื่องชั่งทำงานภายใต้สภาวะความลาดเอียง 5 % ในทุกทิศทางได้

ค่าขอบเขตของส่วนแสดงระดับ (the limiting valve of the level indicator) ควรเห็นได้ชัด เพื่อที่สามารถสังเกตความลาดเอียงได้ง่าย

หมายเหตุ **"ค่าขอบเขตของความลาดเอียง (the limiting valve of tilting)"** คือ การเคลื่อนที่ระยะ 2 มม. จากตำแหน่งกึ่งกลาง (โดยไม่คำนึงถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงรอบใดๆที่ถูกใช้เพื่อแสดงความเป็นจุดศูนย์กลาง) หรือดวงไฟ หรือการแสดงโดยวิธีอื่นของส่วนแสดงระดับ (Level indicator) ที่เป็นการแสดงให้เห็นการเอียงว่ากำลังเกินกว่าค่าความลาดเอียงที่กำหนด



รูปที่ 187 การวัดความลาดเอียงจากส่วนแสดงระดับ (Level indicator)

3.9.1.2 สำหรับเรื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ค่าของเขตของการเอียงต้องเท่ากับการเอียงไม่เกิน 2/1000 หรือไม่เช่นนั้นเครื่องชั่งต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดสำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
13.	**Tilting**	**3**	

OIML R76-1:	A.5.1 (ดูบทที่ 6)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 13

การเอียง (Tilting, A.5.1)

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 8; (Page 20)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. กำหนดค่าความเอียงที่ต้องใช้กับเครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ โดยมีหลักเกณฑ์การพิจารณาดังนี้
   (a) ถ้าเครื่องชั่งไม่มีส่วนแสดงระดับ (level indicator) ต้องดำเนินการทดสอบการเอียงเมื่อเครื่องชั่งเอียงมีค่าเท่ากับ 5% (หรือ 1/20) แทนที่จะเป็น 0.2% และทำเครื่องหมายกากบาท ในช่องที่ 4 ในรายงานผลด้วย
   (b) ถ้าหากเครื่องชั่งเป็นชั้นความเที่ยง II, III หรือ IIII และมีส่วนแสดงระดับ (level indicator) บนเครื่องชั่งบนระดับผิวหน้าและทำให้เครื่องชั่งเอียงตามแนวยาว (longitudinal tilting) จนกระทั่งมีความลาดเอียงเท่ากับ 0.2% (2/1000) จากนั้น

(i) ถ้าเมื่อทำการเอียงเครื่องชั่งให้มีค่าดังกล่าวแล้วและค่าความเอียงดังกล่าวมีค่าเดียวกันกับค่าขอบเขตของส่วนแสดงระดับ (the limiting valve of the level indicator) ให้ทำเครื่องหมายกากบาทในช่องแรก *หมายเหตุ* ค่าขอบเขตจำกัดของส่วนวัดระดับประจำเครื่องชั่ง คือค่าการเคลื่อนที่ของลูกน้ำ (level bubble) ออกจากจุดศูนย์กลางของของลูกน้ำไป 2 มม. ทั้งนี้โดยไม่คำนึงถึงขนาดของลูกน้ำดังกล่าว

(ii) ถ้าเมื่อทำการเอียงเครื่องชั่งให้มีค่าดังกล่าวแล้วและค่าความเอียงดังกล่าวยังไม่ถึงค่าขอบเขตของส่วนแสดงระดับ (the limiting valve of the level indicator) ให้ทำการเอียงเครื่องชั่งจนกว่าได้ค่าความเอียงเท่ากับค่าขอบเขตของส่วนแสดงระดับ ทำการวัดความเอียงและบันทึกผลในหมายเหตุในตอนท้ายของรายงานผลการทดสอบ และให้ใช้ค่าความเอียงที่วัดได้นี้สำหรับการทดสอบความเอียงต่อไปและให้ทำเครื่องหมายกากบาทในช่องสองในรายงานผล

(c) ถ้าหากเครื่องชั่งเป็นชั้นความเที่ยง I ให้วางเครื่องชั่งลงบนพื้นระดับและทำการเอียงและทำให้เครื่องชั่งเอียงตามแนวยาว (longitudinal tilting) จนกระทั่งสุดค่าขอบเขตของส่วนแสดงระดับ (the limiting valve of the level indicator) ประจำเครื่องชั่ง ทำการวัดค่าความเอียง และ

(i) ถ้าหากความเอียงไม่เกินกว่า 2% (1/2000) ต้องไม่ดำเนินการทดสอบต่อไป ให้ทำเครื่องหมายกากบาทลงในช่องที่สาม ในรายงาน

(ii) ถ้าหากความเอียงเกินกว่า 2% (1/2000) ทำการวัดความเอียงและบันทึกผลในหมายเหตุในตอนท้ายของรายงานผลการทดสอบ และให้ใช้ค่าความเอียงที่วัดได้นี้สำหรับการทดสอบความเอียงต่อไปและให้ทำเครื่องหมายกากบาทในช่องสองในรายงานผล

3. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
4. กำหนดค่าน้ำหนักทดสอบเมื่อสภาวะที่ไม่มีน้ำหนัก (No load) ซึ่งต้องให้มีค่าใกล้เคียงกับศูนย์มากที่สุด ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
5. กำหนดน้ำหนักทดสอบจำนวน 2 ค่าน้ำหนัก ค่าน้ำหนักทดสอบค่าแรก คือค่าน้ำหนักทดสอบต่ำสุดที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดเกิดขึ้น
   - ❑ เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I มีค่าเท่ากับ 50 000e
   - ❑ เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II มีค่าเท่ากับ 5 000e
   - ❑ เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III มีค่าเท่ากับ 500e
   - ❑ เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง IIII มีค่าเท่ากับ 50e

ค่าน้ำหนักทดสอบค่าที่สอง ต้องมีค่าเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดหรือค่าใกล้เคียงกับค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max – 5e) หากเครื่องชั่งไม่สามารถแสดงค่าหากเลยจุดพิกัดสูงสุด

6. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ, L
7. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
8. ทำการปรับระดับเครื่องชั่งให้อยู่ที่ระดับอ้างอิง
9. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
10. ที่สภาวะไม่มีน้ำหนักทดสอบอยู่บนส่วนรับน้ำหนัก หรือมีค่าใกล้ศูนย์ คือมีน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนัก หากมีการใส่ในขั้นตอน 4 บันทึกผลการแสดงการชั่ง I_1
11. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL_1
12. วางน้ำหนักทดสอบค่าแรกที่กำหนดไว้ในขั้นตอน 5 ลงไปพร้อมกับเอาน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักหากมีการใส่ในขั้นตอน 4 ออกทันที ต้องไม่ให้เครื่องชั่งกลับไปแสดงค่าศูนย์
13. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I_1
14. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL_1
15. วางน้ำหนักทดสอบค่าที่สองที่กำหนดไว้ในขั้นตอน 5 ลงไปพร้อมกับเอาน้ำหนักทดสอบค่าออกไป โดยต้องไม่ให้เครื่องชั่งกลับไปแสดงค่าศูนย์
16. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I_1
17. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL_1
18. วางน้ำหนักเท่ากับ 10e ลงบนส่วนรับน้ำหนักหากมีการใส่ในขั้นตอน 4 แล้วเอาน้ำหนักทดสอบค่าแรกนั้นออกจากส่วนรับน้ำหนัก
19. คำนวณหาค่าผลผิดที่น้ำหนักทดสอบ, P_V จาก $P_V = I_V + 1/2\ e - \Delta L_V$ (V = 1,2, 3, 4, 5 เมื่อ V คือตำแหน่งของการเอียง บันทึกผลการคำนวณ
20. คำนวณหาค่าและบันทึกผล , P^0_V เมื่อเป็นค่า P_V ที่ได้รับการแก้ไขเนื่องจากการเบี่ยงเบนหนีจากการอ่านศูนย์ของเครื่องก่อนทำการวางน้ำหนักทดสอบ
21. เมื่อหันหน้าเครื่องชั่งเข้าหาตัวผู้ทำการทดสอบ ให้ทำการเอียงเครื่องชั่งที่ก่อให้ลูกน้ำของส่วนแสดงระดับเป็นดังรูปที่แสดงไว้ในตัวอย่างในแถว $I_2 / \Delta L_2$,แถว $I_3 / \Delta L_3$, แถว $I_4 / \Delta L_4$ และแถว $I_5 / \Delta L_5$
22. หลังจากทำการปรับระดับเครื่องชั่งได้ดังรูปแล้วให้ทำการดำเนินการทดสอบใหม่ซ้ำอีก ตามขั้นตอน 10 ถึง 20 จำนวน 4 ครั้ง (รวมเป็นทั้งหมด 5 ครั้ง)
23. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบความลาดเอียง (Tilting, A.5.1) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.9.1

นั้นคือผลต่างของการแสดงค่าเมื่อเครื่องชั่งอยู่ในตำแหน่งแนวระดับเทียบกับเมื่อเครื่องชั่งถูกติดตั้งให้อยู่ที่สภาวะลาดเอียงต้องไม่เกินค่าต่อไปนี้

- ❑ - **สภาวะที่ไม่มีน้ำหนัก (No load)** ผลต่างการแสดงค่าต้องไม่เกิน 2 ขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (2e) (ในแต่ละครั้งของการตรวจสอบนั้นต้องทำการปรับศูนย์ของเครื่องชั่งเมื่อไม่มีน้ำหนักในทั้งที่ตำแหน่งแนวระดับและตำแหน่งลาดเอียง) ยกเว้นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II (ดูข้อ **4.14.8**)

- ❑ - **สภาวะที่พิกัดกำลังสูงสุดของส่วนแสดงค่าได้เอง (Self indication capacity) และที่พิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง (Max)** ผลต่างการแสดงค่าต้องไม่เกินอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (ในแต่ละครั้งของการตรวจสอบนั้นต้องทำการปรับศูนย์ของเครื่องชั่งเมื่อไม่มีน้ำหนักในทั้งที่ตำแหน่งแนวระดับและตำแหน่งลาดเอียง)

ตัวอย่าง การทดสอบการเอียง (Tilting, A.5.1)ดังแสดงในรูปที่ 188

8 TILTING (A.5.1, 2 and 3) (Example only)

Application N°:	R1996/745
Pattern designation:	Model RP - 15Y
Date:	17/12/96
Observer:	I. Examiner
Verification scale interval e:	2/5 g
Resolution during test(smaller than e):	.....

	At start	At max	At end	
Temp:	23.5		23.1	°C
Rel. h:				%
Time:	16:18			
Bar. pres: (only class I)				hPa

☐ Tilting 0.2% (class II, III or IIII)

☒ Tilting to the limiting value of level indicator (class I, II, III or IIII if the tilting at this limiting value is greater than 0.2%)

☐ Tilting to the limiting value of level indicator (class I only) if the tilting is not greater than 0.2 %, in which case the test shall not be performed

☐ Tilting 5% if no level indicator on instrument liable to be tilted

Give (if appropriate on a separate sheet a sketch of the load receptor showing the location of the level indicator, if provided

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☒ Out of working range

$P_v = I_v + 1/2\ e - \Delta L_v$ (v = 1, 2, 3, 4, 5)
P_v^o is the indication P_v corrected for the deviation from zero the instrument had prior to loading $P_V^o = P_V + [L^* - P_V^*]$

Load, L	I_1 / ΔL_1	I_2 / ΔL_2	I_3 / ΔL_3	I_4 / ΔL_4	I_5 / ΔL_5	$\lvert P_1 - P_v \rvert_{max}$ or $\lvert P_1^o - P_v^o \rvert_{max}$
Unloaded (*)						
(*)0.02 kg	0.02 kg / 1.2 g	0.02 kg / 1.2 g	0.02 kg / 1.2 g	0.02 kg / 1.2 g	0.02 kg / 1.0 g	(≤ 2e)
$P_v \rightarrow$	0.0198 kg	0.0198 kg	0.0198 kg	0.0198 kg	0.0200 kg	0.2 g
Loaded						2e = 4 g
1	1.000 / 1.2	1.000 / 1.0	1.000 / 1.0	1.000 / 1.0	1.000 / 1.0	(≤ mpe = 2 g)
$P_v \rightarrow$	0.9998	1.000	1.000	1.000	1.000	
$P_v^o \rightarrow$	1.0000	1.0002	1.0002	1.0002	1.0000	0.2 g
15	15.000 / 3.5	15.000 / 3.5	15.000 / 4.0	15.000 / 3.0	15.000 / 4.5	(≤ mpe)
$P_v \rightarrow$	14.999	14.999	14.9985	14.9995	14.998	
$P_v^o \rightarrow$	14.9992	14.9992	14.9987	14.9997	14.9980	1.2 g
						mpe = 7.5 g

(*) No tilting test at no-load for instruments in class I and in class II not for direct sales to the public.

☒ Passed ☐ Failed

Remarks: 2 mm movement of the level indicator is equal to 1 in 230.

รูปที่ 188 ตัวอย่างผลการทดสอบอิทธิพลของความลาดเอียง (Tilting) ที่มีผลต่อความถูกต้องของเครื่องชั่ง

8 TILTING (A.5.1, 2 and 3)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification
scale interval e: .....
Resolution during test
(smaller than e): .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

☐ Tilting 0.2 % (class (II), (III) or (IIII))

☐ Tilting to the limiting value of level indicator (class (I), (II), (III) and (IIII) if the tilting at this limiting value is greater than 0.2 %)

☐ Tilting to the limiting value of level indicator (class (I) only) if the tilting is not greater than 0.2 %, in which case the test shall not be performed.

☐ Tilting 5 % if no level indicator on instrument liable to be tilted

Give (if appropriate on a separate sheet)
a sketch of the load receptor showing the
location of the level indicator, if provided.

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range

$P_v = I_v + 1/2\ e - \Delta L_v$ (v = 1,2,3,4,5)
P_v^o is the indication P_v corrected for the deviation from zero the instrument had prior to loading.

Load L	I_1	ΔL_1	I_2	ΔL_2	I_3	ΔL_3	I_4	ΔL_4	I_5	ΔL_5	$\lvert P_1 - P_v \rvert_{max}$ or $\lvert P_1^o - P_v^o \rvert_{max}$
Unloaded(*)											
											(≤ 2e)
$P_v \rightarrow$											
Loaded										2e =	
											(≤ mpe)
$P_v \rightarrow$											
$P_v^o \rightarrow$											
											(≤ mpe)
$P_v \rightarrow$											
$P_v^o \rightarrow$											
											mpe =

(*) No tilting test at no-load for instruments in class (I) and in class (II) not for direct sales to the public.

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 189 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบอิทธิพลของความลาดเอียง (Tilting) ที่มีผลต่อความถูกต้องของเครื่องชั่ง (OIML R76-2)

เนื้อหาตรอบคลุม

1 การเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า (Voltage variations)

2 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

3 การทดสอบทางอุณหภูมิ (Temperature tests)

บทที่ 15

- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 14
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 15 และ 16
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 17, 18, 19, 20 และ 21

ในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 14 การเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้า (Voltage variations, A.5.4); 3.9.3 เป็นการทดสอบความสามารถของเครื่องชั่งในแง่ของการทนต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ต่อกับเครื่องชั่งไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าหรือความถี่ของไฟฟ้าในกรณีที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับทั้งในภาคการทำงานของวงจรและโหลดเซลซึ่งต้องทำงานร่วมกัน โดยเหตุการณ์ดังกล่าวนี้เรามักพบได้บ่อยในประเทศที่ด้อยพัฒนาและประเทศกำลังพัฒนา จึงนับเป็นการตรวจสอบที่ใกล้เคียงกับสภาวะการใช้งานเครื่องชั่งจริงอีกการทดสอบหนึ่ง

ในขณะเดียวกันในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 15 และ 16 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test, B.4) เป็นการตอกย้ำว่าเครื่องชั่งหลังจากอยู่ภายใต้ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานแล้วเมื่อกลับคืนสู่สภาวะเสถียรแล้วยังคงมีขีดความสามารถในการชั่งอยู่อีกหรือไม่ นับ

เป็นการจำลองสภาวะการณ์ที่เกิดขึ้นจริงอย่างสมเหตุสมผลอีกการทดสอบหนึ่ง สำหรับการขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 17, 18, 19, 20 และ 21 เป็นการศึกษาถึงปัจจัยของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิว่ามีผลต่อการทำงานของเครื่องชั่งหรือไม่อย่างไร ซึ่งจากการที่ทดสอบโดยให้มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงอุณหภูมิกว้างคือจาก -10 °ซ. ถึง +40 °ซ. นั้นนับเป็นเหตุการณ์ที่เราค่อนข้างประสบน้อยมากในทางปฏิบัติโดยเฉพาะประเทศซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทย

แต่เพื่อความเข้าใจมากขึ้นในการตรวจสอบขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 และ 21 ควรทำความเข้าใจในเนื้อหาข้อกำหนดใน OIML R76-1, ข้อกำหนด 3.9.2, 3.9.3, A.5.3, A.5.4 และ B.4

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 14

A.5.4 การเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า (Voltage variations, 3.9.3)

จัดให้เครื่องชั่งหรือชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (modules) (ในที่นี้เรียกว่า "the equipment under test"; EUT). อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่

การทดสอบเป็นการทดสอบเมื่อ EUT ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันกระแสสลับ

ในการทดสอบเครื่องชั่งต้องอยู่ในสภาวะทำการชั่งน้ำหนักด้วยน้ำหนักทดสอบมีค่าเท่ากับ 10e และน้ำหนักทดสอบระหว่าง 1/2 Max และ พิกัดกำลังสูงสุด (Max)

Test Severity : การเปลี่ยนแปลงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า : ขอบเขตบนสุด = V + 10 %

: ขอบเขตล่างสุด = V - 15 %

เมื่อ V คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระบุไว้กับเครื่องชั่ง หากเครื่องชั่งระบุค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นช่วง (V_{min} , V_{max}) ให้ทดสอบที่แรงดันไฟฟ้า V_{max} + 10% และ V_{min} - 15%

การเปลี่ยนที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation)

: เครื่องชั่งต้องสามารถทำงานได้ทุกหน้าที่การทำงานที่ออกแบบไว้

: ส่วนแสดงค่าทั้งหมดต้องยังคงแสดงผลการชั่งอยู่ในอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด

หมายเหตุ หากเครื่องชั่งไฟฟ้าใช้ไฟฟ้าชนิดสามเฟส การทดสอบเมื่อค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปให้การทำทีละเฟสไล่ตามลำดับ

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวอาจยังคงทำงานได้ในระหว่างทำการทดสอบ แต่ต้องหาค่าผลผิดที่ตำแหน่งศูนย์ตามข้อกำหนด A.4.2.3.2

3.9.3 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหลัก (Main power supply)

เครื่องชั่งที่ทำงานโดยใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหลักต้องสามารถทำงานได้ตรงตามข้อกำหนดทางชั่งตวงวัดเมื่อกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนไปใน

- ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Voltage) เปลี่ยนไปในช่วง - 15% ถึง + 10% ของค่าที่กำหนดไว้บนเครื่องชั่ง

- ความถี่ (Frequency) เปลี่ยนไปในช่วง - 2% ถึง + 2% ของค่าที่กำหนดไว้บนเครื่องชั่ง (กรณีที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ)

❑ **<u>บทแทรก</u>** ได้มีการถกเถียงถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าทดสอบ ยกตัวอย่างเช่น หากเครื่องชั่งระบุค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 220 V

ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าทดสอบเท่ากับ 220 + 10%
220 – 15%

ในกรณีที่เครื่องชั่งระบุค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ V_{max}/V_{min} = 240/200 V ในความเห็นของผู้ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งได้กำหนดให้ใช้ V_{ref} = 220 V เนื่องการใช้งานจริงของเครื่องได้ใช้ไฟฟ้าด้วยความต่างศักย์เท่ากับ 220 V โดยตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งก็เพื่อเลียนสภาวะการใช้งานจริงและอาจเกิดขึ้นจริงในการทำงานจริงของเครื่องชั่ง ดังนั้นกำหนด

ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าทดสอบเท่ากับ 220 + 10%
220 – 15%

หรือในกรณีที่เครื่องชั่งระบุค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ V_{max}/V_{min} = 220/110 V ในความเห็นของผู้ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งได้กำหนดให้ใช้ V_{ref} = 220 V และ V_{ref} = 110 V เนื่องการใช้งานจริงของเครื่องได้ใช้ไฟฟ้าด้วยความต่างศักย์เท่ากับ 220 V หรืออาจเท่ากับ 110 V และด้วยตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งก็เพื่อเลียนสภาวะการใช้งานจริงและอาจเกิดขึ้นจริงในการทำงานจริงของเครื่องชั่ง ดังนั้นกำหนด

ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าทดสอบเท่ากับ 220 + 10%
220 – 15%

และ

ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าทดสอบเท่ากับ 110 + 10%
110 – 15%

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
14.	**Voltage variations**	**3**	

OIML R76-1:	A.5.4 (ดูบทที่ 6) 3.9.3

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 11; (Page 24)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 14

การเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้า (Voltage variations, A.5.4); 3.9.3

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
3. บันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระบุไว้กับเครื่องชั่ง หรือค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นช่วง (V_{min} , V_{max})
4. ปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังที่ส่งจ่ายไปให้กับเครื่องชั่ง
5. ติดตั้งตัวกรองแรงดันไฟฟ้า (a voltage regulator) เข้ากับเครื่องชั่ง และทำการตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง (reference voltage)
6. เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังที่ส่งจ่ายไปให้กับเครื่องชั่ง
7. กำหนดน้ำหนักทดสอบให้มีค่าเท่ากับ 10e และน้ำหนักทดสอบระหว่าง 1/2 Max และ พิกัดกำลังสูงสุด (Max)
8. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
9. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
10. วางน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 10e ลงบนส่วนรับน้ำหนัก
11. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L_0 และผลการแสดงการชั่ง I_0
12. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL_0

13. คำนวณหาค่าผลผิดที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) E_0 จาก $E_0 = I_0 + 1/2\ e - \Delta L_0 - L_0$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
14. วางน้ำหนักทดสอบที่กำหนดในข้อ 7 ลงบนส่วนรับน้ำหนัก
15. เอาน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 10e ออกจากส่วนรับน้ำหนัก
16. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I
17. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
18. คำนวณหาค่าผลผิดที่น้ำหนักทดสอบ, E จาก $E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
19. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E_L - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ
20. วางน้ำหนักทดสอบเท่ากับ 10e ลงบนส่วนรับน้ำหนัก และวางน้ำหนักทดสอบที่กำหนดในข้อ 7 ลงบนส่วนรับน้ำหนักโดยต้องให้แน่ใจว่าเครื่องชั่งไม่กลับไปแสดงค่าศูนย์
21. ทำการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังให้กับเครื่องชั่งให้มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง (reference voltage) −15%
22. คอย 5 นาที
23. จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 11 ถึง 20
24. ทำการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังให้กับเครื่องชั่งให้มีค่าแรงดันไฟฟ้ามากกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง (reference voltage) +15%
25. คอย 5 นาที
26. จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 11 ถึง 20
27. ทำการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังให้กับเครื่องชั่งให้มีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง (reference voltage)
28. คอย 5 นาที
29. จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 11 ถึง 20
30. ในการพิจารณว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้า (Voltage variations, A.5.4) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.9.3 นั้นคือเครื่องชั่งที่ทำงานโดยใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเมื่อกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนไปในช่วงความต่างศักย์ไฟฟ้า (Voltage) เปลี่ยนไปในช่วง - 15% ถึง + 10% ของค่าที่กำหนดไว้บนเครื่องชั่ง และความถี่ (Frequency) เปลี่ยนไปในช่วง - 2% ถึง + 2% ของค่าที่กำหนดไว้บนเครื่องชั่ง (กรณีที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ) ต้องสามารถทำงานได้ตรงตามข้อกำหนดทางชั่งตวงวัด มีค่าอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดตามที่กำหนดใน OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.5 ตารางที่ 6
31. ถ้าหากเครื่องชั่งมีช่วงการตั้งศูนย์แรกเริ่ม (an initial zero-setting range) มากกว่า 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งแล้ว ต้องทำการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม(Supplementary Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6

ตัวอย่าง การทดสอบการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า (Voltage variations, 3.9.3) ดังแสดงในรูปที่ 190

11a VARIATIONS OF VOLTAGE (A.5.4) (Example only)

			At start	At max	At end	
Application N°:	R1996/745					
Pattern designation:	Model RP - 15Y					
Date:	16/12/96	Temp:	23.3			°C
Observer:	I. Examiner	Rel. h:				%
Verification scale interval e:	2/5g	Time:	12:15			
Resolution during test(smaller than e):		Bar. pres.: (only class Ⓘ)				hPa

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☒ Out of working range ☐ In operation

Marked nominal voltage or voltage range: 240 AC V

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_C = E - E_0$ with E_0 = error at zero or near zero(*)

Voltage	U (V)	Load, L	Indication, I	Add. load, ΔL	Error, E	Corrected error, E_c	mpe
Reference value (**)		10 e = 0.02 kg	0.020 kg	1.2 g	(*) –0.2 g	0.0 g	1 g
	240	10.0	10.000	2.5	0.0	0.2	5
Reference value – 15 % (**)		10 e = 0.02	0.020	1.0	0.0	0.0	1
	204	10.0	10.000	2.5	0.0	0.0	5
Reference value + 10 % (**)		10 e = 0.02	0.020	1.2	–0.2	0.0	1
	264	10.0	10.000	3.0	–0.5	–0.3	5
Reference value (**)		10 e = 0.02	0.020	1.2	–0.2	0.0	1
	240	10.0	10.000	3.0	–0.5	–0.3	5

☒ Passed ☐ Failed

Remarks:

(**) In case a voltage-range is marked, use the average value as reference value and calculate upper and lower values of applied voltages according to A.5.4.

รูปที่ 190 ตัวอย่างผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า (Voltage variation)

11 VARIATIONS OF VOLTAGE (A.5.4)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification
scale interval e: .....
Resolution during test
(smaller than e): .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range ☐ In operation

Marked nominal voltage or voltage range: ☐ V

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_c = E - E_0$ with E_0 = error at zero or near zero(*)

Voltage	U (V)	Load L	Indication I	Add. load ΔL	Error E	Corrected error E_c	mpe
Reference value(**)		10e =					
" – 15 %(**)		10e =					
" + 10 %(**)		10e =					
Reference value(**)		10e =					

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

(*) In case a voltage-range is marked, use the average value as reference value and calculate upper and lower values of applied voltages according to A.5.4.

รูปที่ 191 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า (Voltage variation) (OIML R76-2)

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 15 และ 16

B.4 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

สำหรับการทดสอบดังกล่าวนี้ไม่ต้องดำเนินการทดสอบกับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ในขั้นตอนที่จะกระทำการทดสอบต่อไปนี้ถือเป็นการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่งครั้งแรก โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิคงที่ค่านี้

การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ได้กำหนดการทดสอบแบ่งออกเป็นอย่างน้อยสุด 8 วิธีการทดสอบสำหรับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติแบบอิเล็คทรอนิค ต้องดำเนินการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) อย่างเป็นระยะๆและสม่ำเสมอสอดแทรกก่อน, ระหว่าง และหลังตลอดช่วงระยะที่ทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องชั่งด้วยวิธีการทดสอบต่างๆ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและจำเป็นที่เราต้องทำการวางแผนการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งตลอดทั้งหมดของโปรแกรมการทดสอบเพื่อที่เราสามารถเลือกช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมกับการดำเนินการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
15.	**Span stability C. Test (3)**	**3**	**สวิตช์ปิด EUT ให้มากกว่า 8 ชั่วโมง และจากนั้นสวิตช์เปิด EUT ทิ้งไว้เป็นเวลามากกว่า 5 ชั่วโมงก่อนทดสอบ**
16.	**Span stability D. Test (4)**	**4**	**แนะนำให้ตั้ง EUT ในสถานที่ใหม่เป็นห้องควบคุมอุณหภูมิ (temperature chamber)**

OIML R76-1: B.4 (ดูบทที่ 6)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 15 และ 16

การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 14; (Page 36 to 41)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ

4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
3. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ, L ว่าค่าน้ำหนักดังกล่าวเป็นค่าน้ำหนักเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดหรือค่าใกล้เคียงกับค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max - 5e) เนื่องจากจะต้องคำนึงถึงการสอบเทียบย้อนกลับได้ และต้องใช้น้ำหนักทดสอบเดียวกันในการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ทั้ง 8 ครั้ง ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6, 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30

สำหรับแต่ละการวัด (For each measurement)

1. ทำการบันทึกครั้งที่ทำการทดสอบ อีกทั้งบันทึกเงื่อนไขการวัด ถ้าหากการวัดใดได้ดำเนินการ
    - หลังจากผ่านการทดสอบอุณหภูมิ (Temperature Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบจากนั้นทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
    - หลังจากผ่านการทดสอบความชื้น (Humidity Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบ
    - ต้องทำการถอด EUT ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่ว่าเป็นกรณีที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือไฟฟ้ากระแสตรง เป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง จากนั้นจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพหลังจากทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
    - หลังจากเปลี่ยนตำแหน่งการวางเครื่องชั่ง หรือ
    - ภายใต้สภาวะเงื่อนไขจำเพาะพิเศษ
2. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
3. บันทึกเวลา, อุณหภูมิแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความดัน
4. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2

5. วางน้ำหนักทดสอบ
6. เอาน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักออกไป หากมีการใส่ในขั้นตอน 4
7. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I_L
8. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
9. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
10. คำนวณหาค่าผลผิดที่น้ำหนักทดสอบ, E_L จาก $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
11. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E_L - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ
12. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ที่เป็นครั้งแรกในกรณีนี้ (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการทดสอบใหม่ซ้ำอีกมากกว่า 4 ครั้งซ้ำตามขั้นตอน 4 ถึง 11
13. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test)ครั้งแรก (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการคำนวณและบันทึก ต่อไปนี้
    - Average error = Average $(E_L - E_0)$
    - $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min}$ และ
    - 0.1e
14. ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \leq 0.1e$ แล้วการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบครั้งต่อไป (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30) ให้ดำเนินการทดสอบเพียงครั้งเดียว ถือว่าผลการทดสอบเพียงพอต่อการทดสอบการวัดของการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่งลำดับถัดมา แต่ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \geq 0.1e$ จำเป็นต้องทำการทดสอบด้วยน้ำหนักทดสอบจำนวน 5 ค่าเช่นเดียวกับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 และต้องทำการบันทึกค่าและคำนวณค่าทุกค่าน้ำหนักทดสอบ นอกจากนี้แล้วต้องใช้ค่าน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเช่นเดียวกับที่ใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 กับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30 ด้วย
15. หลังจากทำการทดสอบเสร็จสิ้นแต่ละการวัดแล้วให้ทำการเขียนกราฟค่าผลผิดเฉลี่ยลงบนกราฟที่ OIML R76-2 (page 41) กำหนดให้ และต้องปล่อยให้ EUT อยู่ในช่วงการพักฟื้นก่อนด้วยเวลาที่เหมาะสมก่อนดำเนินการทดสอบใดๆ

16. ในการพิจารณว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ;B.4 และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.4 นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation); $(E_L - E_0)_{Max}$ - $(E_L - E_0)_{Min}$ ค่าผลผิดของการแสดงค่าต้องไม่เกิน ½ ของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง หรือ ½ ของค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับ

รองชั้นแรกที่น้ำหนักทดสอบนั้นๆ เลือกค่าที่มากกว่า เมื่อผลต่างของผลการชั่งแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มที่จะมีค่าเกินกว่า ½ ของค่าที่ยอมให้ได้ตามที่กำหนดไว้ข้างบน การทดสอบต้องดำเนินการจนแนวโน้มดังกล่าวหหยุดนิ่งหรือเบี่ยงกลับมาในทิศทางตรงกันข้าม หรือจนกระทั่งผลผิดมีค่าเกินกว่าค่ามากที่สุดที่ยอมให้ได้ในการเปลี่ยนแปลง

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 17, 18, 19, 20 และ 21

A.5.3 การทดสอบทางอุณหภูมิ (Temperature tests)

(ดูรูปที่ 10 (OIML R76-1) เป็นการทำการทดสอบทางอุณหภูมิในทางปฏิบัติที่กระทำได้)

A.5.3.1 อุณหภูมิคงที่ (Static temperatures, 3.9.2.1 and 3.9.2.2)

การดำเนินการทดสอบดำเนินการโดยวางเครื่องชั่งหรือชุดหนึ่งหรือระบบหนึ่ง (modules) (ในที่นี้เรียกว่า "the equipment under test"; EUT) ไว้ในที่ที่อุณหภูมิมีค่าคงที่ภายในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ตามข้อกำหนด 3.9.2 โดยไม่มีระบบการปรับอากาศเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมงหลังจากที่เครื่องชั่งมีอุณหภูมิคงที่เสถียร

การทดสอบการชั่ง (ไม่ว่าเป็นการเพิ่มน้ำหนักและลดทอนน้ำหนัก) ให้ดำเนินการตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนด A.4.4.1 นั้นคือ

- ที่อุณหภูมิอ้างอิง (Reference temperature) (ปกติมีค่าเท่ากับ 20 °ซ. แต่สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของขอบเขตอุณหภูมิที่ระบุใช้งาน ;the mean value of the specified temperature limits)
- ที่อุณหภูมิที่กำหนดสูงสุด (the specified high temperature)
- ที่อุณหภูมิที่กำหนดต่ำสุด (the specified low temperature)
- ที่อุณหภูมิ 5 °ซ. ถ้าค่าอุณหภูมิที่กำหนดต่ำสุดมีค่าต่ำกว่า 10 °ซ. และ
- ที่อุณหภูมิอ้างอิง

อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต้องไม่เกิน 1 °ซ./นาที ในขณะทำการเพิ่มความร้อนสูงขึ้นหรือลดความเย็นลง

สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ให้คิดการเปลี่ยนแปลงของความดัน ณ สถานที่ทดสอบด้วย

ความชื้นสัมบูรณ์ของบรรยากาศ (the absolute humidity of the test atmosphere)ต้องไม่เกิน 20 ก./ลบ.ม. นอกจากจะกำหนดไว้ในคู่มือของเครื่องชั่งเป็นอย่างอื่น

อ้างถึง IEC Publications: ดูในสารบัญ Bibliography/1/(see preliminary note to Annex B)

A.5.3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการแสดงค่าเมื่อสภาวะไม่มีน้ำหนักบนเครื่องชั่ง (Temperature effect on no-load indication, 3.9.2.3)

ให้ทำการตั้งศูนย์เครื่องชั่ง จากนั้นทำการเปลี่ยนอุณหภูมิไปยังค่าที่สูงที่สุดที่กำหนดไว้ของเครื่องชั่งและลดอุณหภูมิลงจนถึงค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่กำหนด รวมทั้งที่อุณหภูมิ 5 °ซ. เมื่ออยู่ในสภาวะคงที่แล้ว ให้หาค่าผลผิดของการแสดงค่าศูนย์ และให้คำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของการแสดงค่าศูนย์ต่อ 1 °ซ. (สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I) หรือต่อ 5 °ซ. (สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยงอื่นๆ) ให้คำนวณการเปลี่ยนแปลงของการแสดงค่าศูนย์ต่อ 1 °ซ. หรือต่อ 5 °ซ. ต้องคำนวณที่สภาวะอุณหภูมิใดๆ ติดกัน 2 ค่าของการทดสอบนี้

อาจทำการทดสอบนี้พร้อมกับการทดสอบทางอุณหภูมิ (ตามข้อกำหนด A.5.3.1) และการหาค่าผลผิดที่ศูนย์ด้วยและต้องดำเนินการทันทีก่อนที่ทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทดสอบไปยังค่าถัดไปและหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 2 ชั่วโมงหลังจากปล่อยให้เครื่องชั่งมีอุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมินี้เช่นกัน

หมายเหตุ ต้องไม่วางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริงด้วยวิธีการนี้

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวต้องไม่ทำงานในระหว่างทำการทดสอบนี้

3.9.2 อุณหภูมิ (Temperature) (มีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาสำหรับค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ในภาคผนวก A และ B) (ดูภาคผนวก Annex A และ Annex B)

3.9.2.1 ขอบเขตอุณหภูมิที่กำหนด (prescribed temperature limits)

ถ้าไม่กำหนดช่วงอุณหภูมิใช้งานไว้เป็นอย่างอื่นบนเครื่องชั่งแล้ว ให้ถือว่าเครื่องชั่งต้องทำงานได้อย่างถูกต้องภายในช่วงขอบเขตอุณหภูมิ

- 10 °ซ. ถึง + 40 °ซ.

<u>บทแทรก</u> หากเครื่องชั่งกำหนดช่วงอุณหภูมิใช้งานไว้บนตัวเครื่องชั่ง เท่ากับ "4°ซ. / 40°ซ." เราสามารถกำหนดอุณหภูมิทดสอบเรียงเป็นลำดับได้ว่า 20°ซ. – 40°ซ. – 0°ซ. – 5°ซ. – 20°ซ. แต่ถ้าหากเครื่องชั่งกำหนดช่วงอุณหภูมิใช้งานไว้บนตัวเครื่องชั่ง เท่ากับ "5°ซ. / 35°ซ." เราสามารถกำหนดอุณหภูมิทดสอบเรียงเป็นลำดับได้ว่า 20°ซ. – 35°ซ. – 5°ซ. – 20°ซ.

3.9.2.2 ขอบเขตอุณหภูมิพิเศษ (Special temperature limits)

เครื่องชั่งที่แสดงขอบเขตอุณหภูมิใช้งานจำเพาะ (particular limits) ต้องทำงานได้อย่างถูกต้องภายในขอบเขตอุณหภูมิดังกล่าว

การเลือกขอบเขตอุณหภูมิอาจเลือกตามสภาวะการใช้งานของเครื่องชั่ง

ช่วงของขอบเขตอุณหภูมิใช้งานของเครื่องชั่งอย่างน้อยควรเท่ากับ

ช่วงอุณหภูมิ 5°ซ. สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ช่วงอุณหภูมิ 15°ซ. สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II

ช่วงอุณหภูมิ 30°ซ. สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III และ IIII

<u>บทแทรก</u> หากเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง III แสดงช่วงของขอบเขตอุณหภูมิใช้งาน "15 °ซ. /30 °ซ." นั้นหมายถึงเครื่องชั่งมีช่วงอุณหภูมิเท่ากับ 15 °ซ. ซึ่งไม่เป็นไปตามที่กำหนดโดยข้อกำหนด 3.9.2.2 ซึ่งกำหนดให้เครื่องชั่งมีช่วงอุณหภูมิเท่ากับ 30 °ซ. เป็นอย่างน้อยสุด

3.9.2.3 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการแสดงค่า ณ สภาวะไม่มีน้ำหนัก (Temperature effect on no-load indication)

การแสดงค่าศูนย์หรือใกล้ศูนย์ต้องเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 1 ช่องขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (The verification scale interval) เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเปลี่ยนไป 1 °ซ. สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I และ 5 °ซ. สำหรับเรื่องชั่งชั้นอื่น ๆ

สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (multi-interval instrument) และสำหรับเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (multiple range instrument) ให้ใช้ข้อกำหนดนี้กับขั้นหมายมาตราตรวจรับรองที่มีค่าน้อยที่สุดของ เครื่องชั่งนั้นๆ

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
17.	**Weighing performance** **B. Static Temperature**	4	20 °C
18.	**C. Static Temperature**	5	40 °C
19.	**D. Static Temperature**	6	-10 °C
20.	**E. Static Temperature**	7	5 °C
21.	**F. Static Temperature**	8	20 °C
OIML R76-1:	A.4.4 (ดูบทที่ 6) A.4.5 (ดูบทที่ 6)		

หมายเหตุ การทดสอบเสริม สำหรับการทดสอบขั้นตอนที่ 17 ถึง 21

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
17-21	**Temperature effect on no-load Indication**	**Completed 8**	**แนะนำให้ทำการทดสอบนี้พร้อม ๆกับการทดสอบอุณหภูมิสถิต แต่อยู่ในสภาวะไม่มีน้ำหนัก (no pre-load)**

ขั้นตอนต่อไปนี้เป็นการรวมเอาขั้นตอนทดสอบสมรรถนะ 2 การทดสอบ คือ A.5.3.1 อุณหภูมิคงที่ (Static temperatures, 3.9.2.1 and 3.9.2.2) และ A.5.3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการแสดงค่าเมื่อสภาวะไม่มีน้ำหนักบนเครื่องชั่ง (Temperature effect on no-load indication, 3.9.2.3) เหตุผลที่ทำการทดสอบโดยรวมเอาการทดสอบ A.5.3.1 อุณหภูมิคงที่รวมกับ A.5.3.2 (เนื่องจากเป็นการทดสอบโดยมีขอบเขตอุณหภูมิระหว่าง -10 °C ถึง +40 °C) เนื่องจากต้องการให้ขั้นตอนการทดสอบได้ดำเนินการต่อเนื่องตามที่ได้แสดงในกราฟในรูปที่ 10 หน้า 77 ของ OIML R76-1 ข้อกำหนด A.5.3

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 17, 18, 19, 20 และ 21

การทดสอบการชั่งเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง หรือ การทดสอบทางอุณหภูมิ (Temperature tests, A.5.3)

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

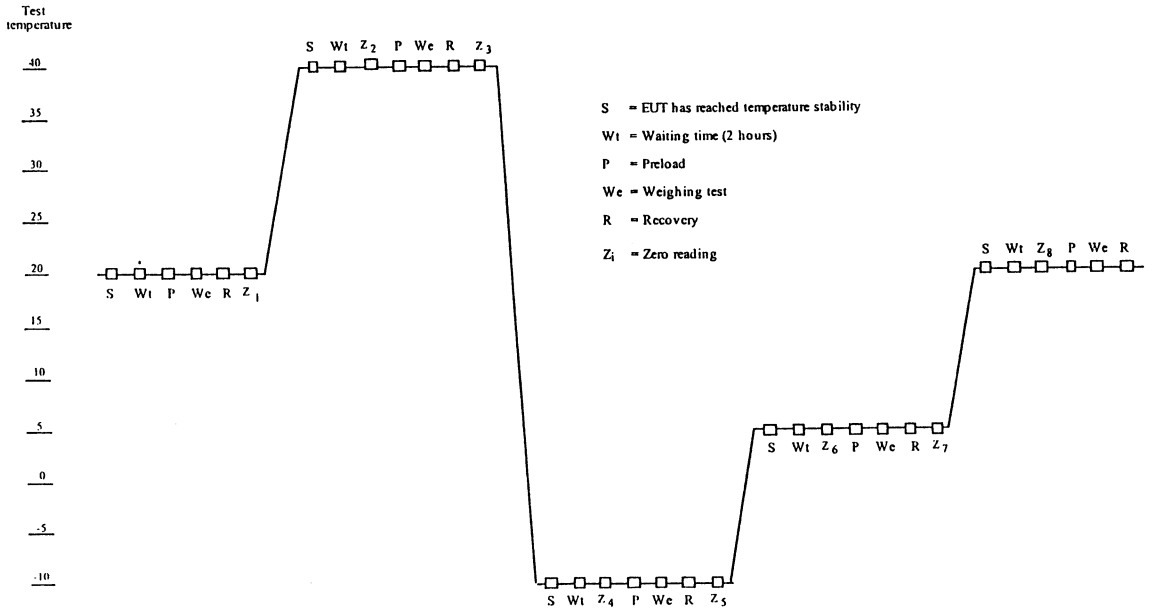
1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 1; (Page 10) จำนวน 5 ชุด สำหรับ A.5.3.1
3. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 2; (Page 11) จำนวน 1 ชุด สำหรับ A.5.3.2
4. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
5. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
8. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity probe)
9. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
10. ห้องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature chamber) ตามที่กำหนดใน OIML

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบลงในรายงาน Evaluation Report No. 1; (Page 10) ทั้งจำนวน 5 ชุด และ Evaluation Report No. 2; (Page 11) จำนวน 1 ชุด
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
3. วางเครื่องชั่งในห้องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature chamber) โดยตั้งค่าอุณหภูมิให้มีค่าเท่ากับอุณหภูมิอ้างอิง 20 ^{o}C
4. ทำการต่อเครื่องชั่งเข้ากับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าตามที่กำหนดของเครื่องชั่งเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 5 ชั่วโมงและเครื่องชั่งมีอุณหภูมิคงที่เสถียรที่อุณหภูมิอ้างอิง **(คือตำแหน่ง S ในกราฟของรูปที่ 10)**
5. คอย 2 ชั่วโมง บันทึกเวลา, อุณหภูมิแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ สำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ลงในรายงานฉบับแรก Evaluation Report No. 1 **(คือตำแหน่ง Wt ในกราฟของรูปที่ 10)**
6. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
7. ทำการทดสอบการชั่ง (Weighing Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 4 **(คือตำแหน่ง We ในกราฟของรูปที่ 10)**
8. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการชั่ง (Weighing Test) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.5.1 คือผลผิดของการทดสอบการชั่งต้องเป็นไปตามอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรอง (Values of maximum permissible errors on initial verification) ดังตารางที่ 6
9. ปล่อยให้เครื่องชั่งมีการพักฟื้นตัวเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง (*หมายเหตุ* สำหรับช่วงระยะเวลาของการพักฟื้นแต่ละครั้งต้องไม่เอาน้ำหนักที่มีค่าใกล้ศูนย์ซึ่งเท่ากับ 20e ออก ถ้าหากใช้) **(คือตำแหน่ง R ในกราฟของรูปที่ 10)**
10. บันทึกวันที่และเวลา, อุณหภูมิอ้างอิง ลงในรายงาน Evaluation Report No. 2
11. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (ในที่นี้ให้ใช้ 20e เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปและอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปนั้น zero tracking (ถ้ามี) อาจเปลี่ยนแปลงไปจาก 10e เป็น 12e -14e ดังนั้นหากเราใส่ 20e เพื่อเป็นค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์จึงค่อยข้างดีกว่าและเหมาะสม) **(ตั้งแต่ขั้นตอน 11 ถึง 15 คือตำแหน่ง Z_1 ในกราฟของรูปที่ 10)**
12. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
13. คำนวณหาค่า, P จาก $P = I + 1/2\ e - \Delta L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
14. ต้องไม่เอาค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์เท่ากับ 20e ในขั้นตอน 11 ถ้าหากใช้

Figure 10

Proposed test sequence for test A.5.3.1 combined with A.5.3.2
(temperature test where the temperature limits are –10°C / +40°C)



รูปที่ 192 กราฟแสดงขั้นตอนการทดสอบทางอุณหภูมิที่กำหนดตามข้อกำหนด OIML R76-1

15. ทำการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนมีค่าเท่ากับ +40 °C เว้นเสียแต่ว่ามีการกำหนดเป็นอย่างอื่น ระยะเวลาของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature chamber) จนถึงค่าที่กำหนดนั้นขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของห้องดังกล่าว
16. ในการตัดสินว่าเครื่องชั่งได้อยู่ภายใต้สภาวะอุณหภูมิเสถียร พิจารณาจาก **(คือตำแหน่ง R ในกราฟของรูปที่ 10)**
    (a) ต้องมั่นใจว่าอุณหภูมิแวดล้อมภายในห้องควบคุมอุณหภูมิได้มีค่าคงที่เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที
    (b) ตรวจสอบสังเกตดูการแสดงค่าใกล้ศูนย์ที่ 20 e จนกระทั่งสามารถอ่านค่าผลการชั่งที่มีค่าคงที่แล้ว
17. คอย 2 ชั่วโมง **(คือตำแหน่ง Wt ในกราฟของรูปที่ 10)**
18. บันทึกวันที่และเวลา, อุณหภูมิทดสอบ ลงในรายงาน Evaluation Report No. 2
19. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (ในที่นี้ให้ใช้ 20e) **(คือตำแหน่ง Z_2 ในกราฟของรูปที่ 10)**

20. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
21. ใช้น้ำหนัก 20e แทนน้ำหนัก 10e หากใช้มาก่อนหน้านี้
22. คำนวณหาค่า P จาก $P = I + 1/2\ e - \Delta L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
23. บันทึกวันที่และเวลา, อุณหภูมิทดสอบ บันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ลงในรายงานฉบับที่สอง Evaluation Report No. 1
24. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3 **(คือตำแหน่ง P ในกราฟของรูปที่ 10)**
25. ทำการทดสอบการชั่ง (Weighing Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 4 **(ตั้งแต่ขั้นตอน 25 ถึง 26 คือตำแหน่ง We ในกราฟของรูปที่ 10)**
26. บันทึกผลลงในรายงานฉบับที่สอง Evaluation Report No. 1
27. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการชั่ง (Weighing Test) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.5.1 คือผลผิดของการทอสอบการชั่งต้องเป็นไปตามอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรอง (Values of maximum permissible errors on initial verification) ดังตารางที่ 6
28. คอย 1 ชั่วโมง **(คือตำแหน่ง R ในกราฟของรูปที่ 10)**
29. บันทึกวันที่และเวลา, อุณหภูมิทดสอบ ลงในรายงาน Evaluation Report No. 2
30. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (ในที่นี้ให้ใช้ 20e) **(ตั้งแต่ขั้นตอน 30 ถึง 32 คือตำแหน่ง Z_3 ในกราฟของรูปที่ 10)**
31. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
32. คำนวณหาค่า, P จาก $P = I + 1/2\ e - \Delta L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
33. ต้องไม่เอาค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์เท่ากับ 20e ในขั้นตอน 11 ถ้าหากใช้
34. ทำการลดอุณหภูมิจาก +40 °C ให้เป็นอุณหภูมิเท่ากับ −10 °C เว้นเสียแต่ว่ามีการกำหนดเป็นอย่างอื่น ระยะเวลาของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature chamber) จนถึงค่าที่กำหนดนั้นขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของห้องดังกล่าว
35. จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 16 ถึง 33 โดยใช้ใบรายงานฉบับที่ 3 Evaluation Report No. 1 **(เมื่อสิ้นสุดขั้นตอน 33 อีกครั้งนี้ก็จะเป็นตำแหน่ง Z_5 ในกราฟของรูปที่ 10)**
36. ทำการเพิ่มอุณหภูมิจาก −10 °C ให้เป็นอุณหภูมิเท่ากับ 5 °C เว้นเสียแต่ว่ามีการกำหนดเป็นอย่างอื่น ระยะเวลาของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature chamber) จนถึงค่าที่กำหนดนั้นขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของห้องดังกล่าว
37. จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 16 ถึง 33 โดยใช้ใบรายงานฉบับที่ 4 Evaluation Report No. 1 **(เมื่อสิ้นสุดขั้นตอน 33 อีกครั้งนี้ก็จะเป็นตำแหน่ง Z_7 ในกราฟของรูปที่ 10)**
38. ทำการเพิ่มอุณหภูมิจาก 5 °C กลับไปให้เป็นอุณหภูมิเท่ากับ 20 °C ที่เป็นอุณหภูมิอ้างอิงอีกครั้ง ระยะเวลาของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature chamber) จนถึงค่าที่กำหนดนั้นขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของห้องดังกล่าว

39. จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 16 ถึง 28 โดยใช้ใบรายงานฉบับที่ 5 Evaluation Report No. 1 หมายเหตุ เมื่อถึงขั้นตอนนี้ถือว่าการทดสอบได้ดำเนินการเสร็จสมบูรณ์หลังจากปล่อยให้เครื่องชั่งฟื้นตัวประมาณ 1 ชั่วโมง
40. ทำรายงาน Evaluation Report No. 2 ให้เสร็จสิ้นโดยทำการคำนวณและบันทึกค่า ΔP และ $\Delta Temp$ และการเปลี่ยนแปลงศูนย์ต่อ 5 °C (the zero change per 5 °C) บันทึกผลการคำนวณ ตรวจสอบการทดสอบการชั่งว่าการชั่งใดของแต่ละค่าอุณหภูมิทดสอบมีผลกระทบต่อการแสดงค่าเมื่อไม่มีน้ำหนักบนส่วนรับน้ำหนัก (no-load indication test) ว่ามีจำนวนกี่ครั้ง
41. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบผลกระทบของอุณหภูมิต่อการแสดงค่าเมื่อไม่มีน้ำหนัก (Temperature effect on no-load indication) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.9.2.3 การแสดงค่าศูนย์หรือใกล้ศูนย์ต้องเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 1 ช่องขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (The verification scale interval) เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเปลี่ยนไป 1 °ซ. สำหรับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I และ 5 °ซ. สำหรับเรื่องชั่งชั้นอื่น ๆ สำหรับเครื่องชั่งที่เปลี่ยนค่าช่องขั้นหมายมาตราได้ (multi-interval instrument) และสำหรับเครื่องชั่งที่มีช่วงการชั่งหลายช่วง (multiple range instrument) ให้ใช้ข้อกำหนดนี้กับขั้นหมายมาตราตรวจรับรองที่มีค่าน้อยที่สุดของ เครื่องชั่งนั้นๆ
42. ถ้าหากเครื่องชั่งมีช่วงการตั้งศูนย์แรกเริ่ม (an initial zero-setting range) มากกว่า 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งแล้ว ต้องทำการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม(Supplementary Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6

ตารางที่ 6

อัตรา เผื่อเหลือ เผื่อขาด	น้ำหนักใช้ทดสอบ (m) แสดงในหน่วยของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง (e)			
	ชั้น I	ชั้น II	ชั้น III	ชั้น IIII
±0.5 e	ตั้งแต่ 0 ถึง 50000 (0 ≤ m ≤ 50000)	ตั้งแต่ 0 ถึง 5000 (0 ≤ m ≤ 5000)	ตั้งแต่ 0 ถึง 500 (0 ≤ m ≤ 500)	ตั้งแต่ 0 ถึง 50 (0 ≤ m ≤ 50)
±1.0 e	มากกว่า 50000 ถึง 200000 (50000 < m ≤ 200000)	มากกว่า 5000 ถึง 20000 (5000 < m ≤ 20000)	มากกว่า 500 ถึง 2000 (500 < m ≤ 2000)	มากกว่า 50 ถึง 200 (50 < m ≤ 200)
±1.5 e	มากกว่า 200000 (200000 < m)	มากกว่า 20000 ถึง 100000 (20000 < m ≤ 100000)	มากกว่า 2000 ถึง 10000 (2000 < m ≤ 10000)	มากกว่า 200 ถึง 1000 (200 < m ≤ 1000)

ตัวอย่าง

- การทดสอบการชั่ง (Weighing test, A.4.4.1) ที่อุณหภูมิ 40 °ซ. ดังแสดงในรูปที่ 193
- การทดสอบผลกระทบของอุณหภูมิต่อการแสดงค่าเมื่อไม่มีน้ำหนัก (Temperature effect on no-load indication) ดังแสดงในรูปที่ 194

1c WEIGHING PERFORMANCE (A.4.4)(A.5.3.1) (Example only)

(Calculation of the error)

			At start	At max	At end	
Application N°:	R1996/745					
Pattern designation:	Model RP - 15Y					
Date:	31/12/96	Temp:	40.3		40.1	°C
Observer:	I. Examiner	Rel. h:	39.4			%
Verification scale interval e:	2/5 g	Time:	9:50	9:53	9:56	
Resolution during test(smaller than e):	.....	Bar. pres:				hPa
		(only class Ⓘ)				

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☒ Out of working range ☐ In operation

Initial zero-setting > 20% of Max: ☐ ☒ No (see OIML R 76-1, A.4.4.2)

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$

$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Load, L	Indication, I		Add. load, ΔL		Error, E		Corrected error, E_c		mpe
	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	
(*) 0.02 kg	(*)0.022 kg	0.022 kg	0.8 g	1.0 g	(*) 2.2 g	2.2 g	0.0 g	0.0 g	1 g
0.04	0.042	0.042	1.0	1.0	2.0	2.0	–0.2	–0.2	1
1.00	1.002	1.002	0.4	0.8	2.6	2.2	0.4	0.0	1
2.00	2.004	2.002	2.2	0.8	2.8	2.2	0.6	0.0	2
4.00	4.004	4.004	1.8	2.0	3.2	3.0	1.0	0.8	2
5.99	5.994	5.994	1.0	1.6	4.0	3.4	1.8	1.2	3
8.00	8.005	8.005	4.0	4.0	3.5	3.5	1.3	1.3	5
10.00	10.005	10.005	3.5	4.0	4.0	3.5	1.8	1.3	5
12.50	12.505	12.505	3.0	3.0	4.5	4.5	2.3	2.3	7.5
15.00	15.005		3.0		4.5		2.3		7.5

☒ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 193 ตัวอย่างผลการทดสอบการชั่งน้ำหนักที่อุณหภูมิคงที่แต่ละค่า ในที่นี้อุณหภูมิเท่ากับ 40.1 °ซ

2 TEMPERATURE EFFECT ON NO-LOAD INDICATION (A.5.3.2) (Example only)

Application N°: R1996/745
Pattern designation: Model RP - 15Y
Observer: I. Examiner
Verification scale interval e: 2/5 g
Resolution during test (smaller than e): .....

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☒ Out of working range

$P = I + 1/2e - \Delta L$ * ระบุว่า min load 20e = 40 g

	Report page(*)	Date 96/97	Time	Temp (°C)	Zero indication, I	Add. load, ΔL	P	ΔP	ΔTemp	Zero-change per 5. °C
Z1		30.12	13:55	20.1	0.020 kg	1.0 g	0.0200 kg			
Z2		31.12	9:40	40.3	0.022	0.4	0.0226	2.6 g	20.2	0.6436 g
Z3		31.12	10:45	40.3	0.022	0.4	0.0226			
		02.01	10:48	-10.2	0.016	1.8	0.0152	7.4	50.5	0.1188
		02.01	11:50	_10.1	0.016	1.6	0.0154			
		03.01	9:00	5.1	0.018	1.4	0.0172	1.8	15.2	0.5921
		03.01	10:04	5.2	0.018	1.4	0.0172			
		06.01	8:57	20.2	0.020	1.6	0.0194	2.2	20.0	0.5500

ΔP = difference of P for two consecutive tests at different temperatures
ΔTemp = difference of temperature for two consecutive tests at different temperatures
Check if the zero-change per 5°C is smaller than e (class (II), (III) or (IIII))
Check if the zero-change per 1°C is smaller than e (class (I))

☒ Passed ☐ Failed

Remarks:

(*) Give the report page of the relevant weighing test where weighing tests and temperture effect on no-load indication test are conducted together (see OIML R 76-1, Figure 10)

รูปที่ 194 ตัวอย่างผลการทดสอบการชั่งน้ำหนักที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปตามที่กำหนด ณ สภาวะไม่มีน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนัก

2 TEMPERATURE EFFECT ON NO-LOAD INDICATION (A.5.3.2)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Observer: .....
Verification scale interval e: .....
Resolution during test (smaller than e): .....

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range

$P = I + 1/2e - \Delta L$

Report page (*)	Date	Time	Temp (°C)	Zero indication I	Add. load ΔL	P	ΔP	ΔTemp	Zero-change per ... °C

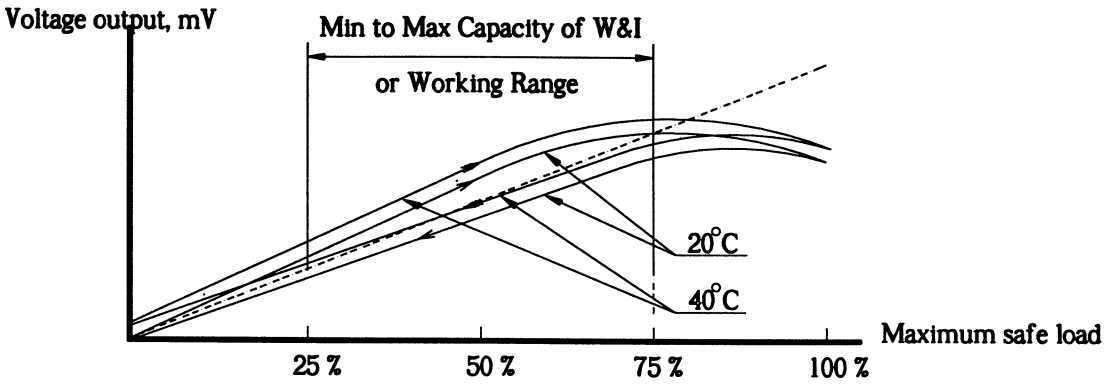
ΔP = difference of P for two consecutive tests at different temperatures
ΔTemp = difference of Temp for two consecutive tests at different temperatures
Check if the zero-change per 5 °C is smaller than e (class (II), (III) or (IIII))
Check if the zero-change per 1 °C is smaller than e (class (I))

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

(*) Give the report page of the relevant weighing test where weighing tests and temperature effect on no-load indication test are conducted together (see R 76-1, figure 10).

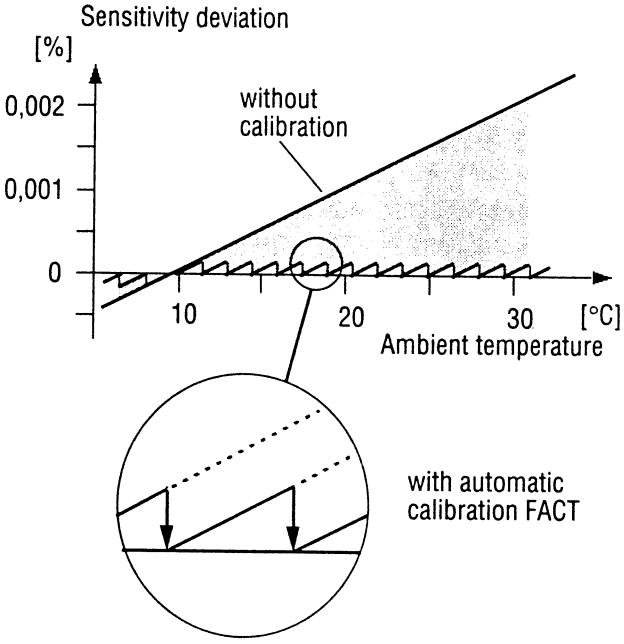
รูปที่ 195 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการชั่งน้ำหนักที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปตามที่กำหนด ณ สภาวะไม่มีน้ำหนักทดสอบบนส่วนรับน้ำหนัก (OIML R76-2)



รูปที่ 196 สมรรถนะของโหลดเซลที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิทำงานที่เปลี่ยนแปลงไป

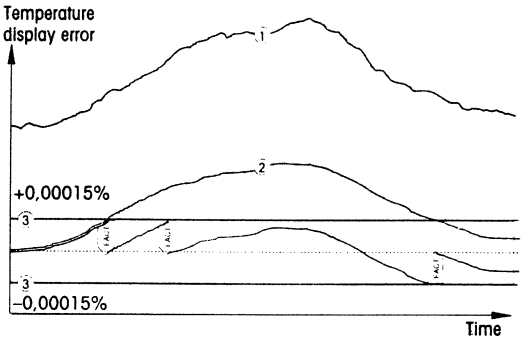
Effect of the fully automatic calibration on the deviation of the result.

The percentage deviation of the sensitivity with a temperature coefficient of 0.0001%/°C as a function of the temperature since the last calibration (performed at 10 °C in this example) lies within the region marked and can amount, for instance, to 0.002% with a temperature change of 20 °C. The fully automatic calibration FACT reduces this deviation drastically: As soon as the deviation exceeds the value of 0.00015%, the automatic mechanism triggers a calibration, which resets the sensitivity to the correct value.



รูปที่ 196.1 การเปรียบเทียบเมื่อเครื่องชั่งมีส่วนปรับและชดเชยการเบี่ยงเบนของความรู้สึก (Sensitivity) เมื่ออุณหภูมิทำงานที่เปลี่ยนแปลงไป กับเมื่อไม่มีส่วนทำงานดังกล่าว

FACT
Fully automatic calibration (of the METTLER AT balances) in which on initiation of the calibration a built-in reference weight is loaded under microprocessor control and the "correct" calibration factor is stored in the microprocessor until the next calibration in the computer → Autocal.



รูปที่ 196.2 การเปรียบเทียบการแสดงผลการชั่งผิดเมื่อเครื่องชั่งมีส่วนปรับและชดเชยการเบี่ยงเบนของความรู้สึก (Sensitivity) เมื่ออุณหภูมิทำงานที่เปลี่ยนแปลงไป กับเมื่อไม่มีส่วนทำงานดังกล่าว

บทที่ 16

- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 22
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 23
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 24

เนื้อหาครอบคลุม

1 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

2 การทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state)

ในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 22 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test, B.4) เป็นการตอกย้ำว่า เครื่องชั่งหลังจากอยู่ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิซึ่งมีผลต่อการทำงานแล้วเมื่อกลับคืนสู่สภาวะเสถียรแล้วยังคงมีขีดความสามารถในการชั่งอยู่อีกหรือไม่ นับเป็นการจำลองสภาวการณ์ที่เกิดขึ้นจริงอย่างสมเหตุสมผลอีกการทดสอบหนึ่ง

ในขณะเดียวกันขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 23 การทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state, B.2.2) เป็นการทดสอบเครื่องชั่งในแง่มุมเมื่อเครื่องชั่งทำงานภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศแล้วเครื่องชั่งยังคงสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ สำหรับส่วนแสดงค่าทุกส่วนต้องแสดงค่าได้และอยู่ในอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กำหนด เนื่องจากปัญหาของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สูงเกินไปสำหรับประเทศเราแล้วก็มีปัญหาบ้างเช่น

กัน จากนั้นตามด้วยขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 24 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test, B.4) เป็นการตอกย้ำว่าเครื่องชั่งหลังจากอยู่ภายใต้ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานแล้ว (ในที่นี้ก็คือ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ) เมื่อกลับคืนสู่สภาวะเสถียรแล้วยังคงมีขีดความสามารถในการชั่งอยู่อีกหรือไม่ อีกครั้งหนึ่ง

แต่เพื่อความเข้าใจมากขึ้นในการตรวจสอบขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 22, 23 และ 24 ควรทำความเข้าใจในเนื้อหาข้อกำหนดใน OIML R76-1, ข้อกำหนด 3.6., B.2.2, IEC 60068-2-28 (1980) และ B.4

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 22

B.4 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

สำหรับการทดสอบดังกล่าวนี้ไม่ต้องดำเนินการทดสอบกับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ในขั้นตอนที่จะกระทำการทดสอบต่อไปนี้ถือเป็นการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่งครั้งแรก โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิคงที่ค่านี้

การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ได้กำหนดการทดสอบแบ่งออกเป็นอย่างน้อยสุด 8 วิธีการทดสอบสำหรับเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติแบบอิเล็คทรอนิค ต้องดำเนินการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) อย่างเป็นระยะๆและสม่ำเสมอสอดแทรกก่อน, ระหว่าง และหลังตลอดช่วงระยะที่ทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องชั่งด้วยวิธีการทดสอบต่างๆ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและจำเป็นที่เราต้องทำการวางแผนการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งตลอดทั้งหมดของโปรแกรมการทดสอบเพื่อที่เราสามารถเลือกช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมกับการดำเนินการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
22.	**Span stability** **E. Test (5)**	9	**ปล่อยให้ EUT คืนสู่สภาวะปกติใช้เวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากทำการทดสอบอุณหภูมิ (Temperature test)**

OIML R76-1: B.4 (ดูบทที่ 6)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 22

การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 14; (Page 36 to 41)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
3. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ, L ว่าค่าน้ำหนักดังกล่าวเป็นค่าน้ำหนักเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดหรือค่าใกล้เคียงกับค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max – 5e) เนื่องจากจะต้องคำนึงถึงการสอบเทียบย้อนกลับได้ และต้องใช้น้ำหนักทดสอบเดียวกันในการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ทั้ง 8 ครั้ง ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6, 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30

สำหรับแต่ละการวัด (For each measurement)

1. ทำการบันทึกครั้งที่ทำการทดสอบ อีกทั้งบันทึกเงื่อนไขการวัด ถ้าหากการวัดใดได้ดำเนินการ
    - หลังจากผ่านการทดสอบอุณหภูมิ (Temperature Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบ จากนั้นทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
    - หลังจากผ่านการทดสอบความชื้น (Humidity Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบ
    - ต้องทำการถอด EUT ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่ว่าเป็นกรณีที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือไฟฟ้ากระแสตรง เป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง จากนั้นจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพหลังจากทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
    - หลังจากเปลี่ยนตำแหน่งการวางเครื่องชั่ง หรือ
    - ภายใต้สภาวะเงื่อนไขจำเพาะพิเศษ

2. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
3. บันทึกเวลา, อุณหภูมิแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความดัน
4. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
5. วางน้ำหนักทดสอบ
6. เอาน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักออกไป หากมีการใส่ในขั้นตอน 4
7. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I_L
8. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
9. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
10. คำนวณหาค่าผลผิดที่น้ำหนักทดสอบ, E_L จาก $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
11. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E_L - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ
12. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ที่เป็นครั้งแรกในกรณีนี้ (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการทดสอบใหม่ซ้ำอีกมากกว่า 4 ครั้งซ้ำตามขั้นตอน 4 ถึง 11
13. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test)ครั้งแรก (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการคำนวณและบันทึก ต่อไปนี้
    - Average error = Average $(E_L - E_0)$
    - $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min}$ และ
    - 0.1e
14. ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \leq 0.1e$ แล้วการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบครั้งต่อไป (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30) ให้ดำเนินการทดสอบเพียงครั้งเดียว ถือว่าผลการทดสอบเพียงพอต่อการทดสอบการวัดของการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่งลำดับถัดมา แต่ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \geq 0.1e$ จำเป็นต้องทำการทดสอบด้วยน้ำหนักทดสอบจำนวน 5 ค่าเช่นเดียวกับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 และต้องทำการบันทึกค่าและคำนวณค่าทุกค่าน้ำหนักทดสอบ นอกจากนี้แล้วต้องใช้ค่าน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเช่นเดียวกับที่ใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 กับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30 ด้วย
15. หลังจากทำการทดสอบเสร็จสิ้นแต่ละการวัดแล้วให้ทำการเขียนกราฟค่าผลผิดเฉลี่ยลงบนกราฟที่ OIML R76-2 (page 41) กำหนดให้ และต้องปล่อยให้ EUT อยู่ในช่วงการพักฟื้นก่อนด้วยเวลาที่เหมาะสมก่อนดำเนินการทดสอบใดๆ

16. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ;B.4 และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.4 นั้นคือ การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation); $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min}$ ค่าผลผิดของการแสดงค่าต้องไม่เกิน ½ ของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง หรือ ½ ของค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรองชั้นแรกที่น้ำหนักทดสอบนั้นๆ เลือกค่าที่มากกว่า เมื่อผลต่างของผลการชั่งแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มที่จะมีค่าเกินกว่า ½ ของค่าที่ยอมให้ได้ตามที่กำหนดไว้ข้างบน การทดสอบต้องดำเนินการจนแนวโน้มดังกล่าวหยุดนิ่งหรือเบี่ยงกลับมาในทิศทางตรงกันข้าม หรือจนกระทั่งผลผิดมีค่าเกินกว่าค่ามากที่สุดที่ยอมให้ได้ในการเปลี่ยนแปลง

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 23

B.2.2 การทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state)

(การทดสอบนี้ไม่ทำกับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I หรือชั้นความเที่ยง II ที่มีค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรองน้อยกว่า 1 g)

ขั้นตอนการทดสอบอย่างย่อ:	การทดสอบดำเนินการด้วยให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมอุณหภูมิคงที่และความชื้นสัมพัทธ์คงที่ ทำการทดสอบ EUT ขณะมีน้ำหนักทดสอบ (สภาพจำลองน้ำหนักทดสอบ) ที่แตกต่างกันอย่างน้อย 5 ค่า - ที่อุณหภูมิอ้างอิง (20 °C หรือค่าเฉลี่ยนของช่วงอุณหภูมิ(the mean value of the temperature range) เมื่อค่าอุณหภูมิ 20 °C อยู่นอกช่วงอุณหภูมินี้) และที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50% - ที่ค่าอุณหภูมิสูงของช่วงอุณหภูมิที่กำหนดใน 3.9.2 และความชื้นสัมพัทธ์ 85% เป็นระยะเวลา 2 วันเมื่อสภาวะทั้งอุณหภูมิและความชื้นเสถียรภาพคงที่ - ที่อุณหภูมิอ้างอิง และความชื้นสัมพัทธ์ 50%
การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation)	ทุกหน้าที่การทำงานของเครื่องต้องสามารถดำเนินการได้ตามที่ออกแบบ ส่วนแสดงค่าทุกส่วนต้องแสดงค่าได้และอยู่ในอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดที่กำหนด

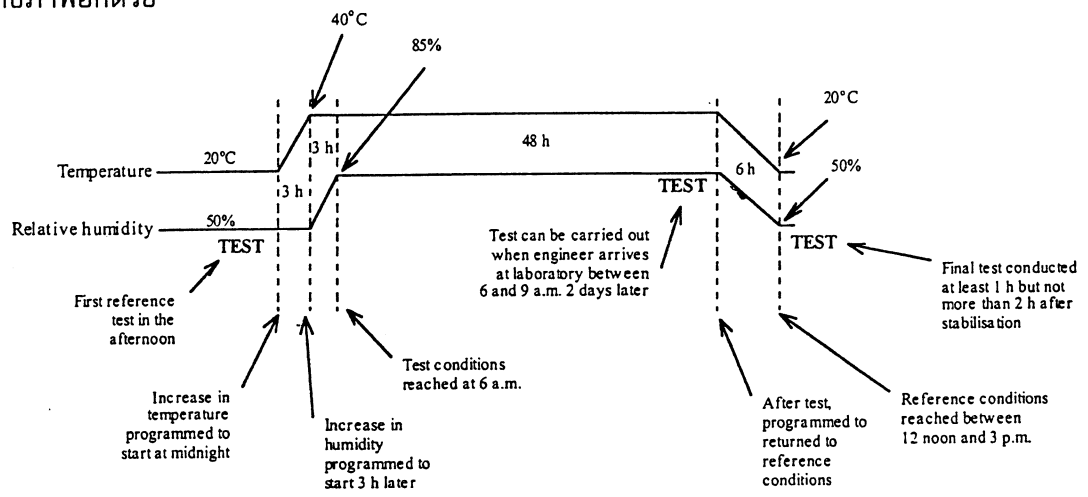
เอกสารอ้างอิงตาม IEC Publications: ดูใน Bibliography/2/

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
23.	**Damp heat, steady state**		
	A. Initial test	**9**	**A ที่ 20 °C, ความชื้นสัมพัทธ์ 50%**
	B. Test	**12**	**B ที่ 40 °C, ความชื้นสัมพัทธ์ 85%**
	C. Final Test	**12**	**C ที่ 20 °C, ความชื้นสัมพัทธ์ 50%**

OIML R76-1: B.2.2 (ดูบทที่ 6)

สิ่งที่ต้องระมัดระวังในการทำการทดสอบดังกล่าวนี้ก็คือเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบนั้นต้องไม่ก่อให้เกิดการควบแน่นของน้ำภายในเครื่องชั่งหรืออุปกรณ์ที่อยู่ภายใต้การทดสอบในระหว่างทำการทดสอบ ด้วยเหตุนี้จึงต้องเตรียมขั้นตอนการเพิ่มและลดอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ให้สอดคล้องและเหมาะสม นั้นคือเมื่อเริ่มต้นครั้งแรกที่มีการเพิ่มของอุณหภูมิให้เพิ่มอุณหภูมิจาก +20 °C ไปยัง +40 °C ก่อนที่จะทำการเพิ่มความชื้นสัมพันธ์ในตอนหลังดังแสดงในกราฟในรูปที่ 197

ช่วงระยะเวลาที่ต้องคอยให้สภาวะแวดล้อมคงที่และมีเวลาพอที่ทำให้เครื่องชั่งฟักพื้นและมีสภาวะเสถียรเช่นเดียวกันก่อนที่เริ่มทำการทดสอบจึงควรเป็นระยะเวลาที่ควรนานเพียงพอ ดังนั้นเพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพเราควรทำการวางแผนให้ระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำงานควรอยู่ในระหว่างช่วงระยะเวลาทำงานหรือเวลาราชการ ซึ่งกราฟในรูปที่ 197 เป็นการแสดงการจัดระบบการเพิ่มและการลดทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ อีกทั้งระยะเวลาในการเตรียมการทำงานให้มีประสิทธิภาพอีกด้วย



รูปที่ 197 ขั้นตอนการปรับความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องควบคุมความชื้น (Humidity chamber)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 23

การทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state); B.2.2

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. IEC 68-2-28 (1980)
3. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 13; (Page 33 to 35)
4. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
5. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
8. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity probe)
9. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
10. ห้องควบคุมความชื้น (Humidity chamber) ตามที่กำหนดใน OIML

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
3. วางเครื่องชั่งในห้องควบคุมความชื้น (Humidity chamber) โดยตั้งค่าอุณหภูมิให้มีค่าเท่ากับอุณหภูมิอ้างอิง 20 °C และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 50% ที่มีสภาวะเสถียรแล้ว วางน้ำหนักเท่ากับ 20e ลงบนส่วนรับน้ำหนัก บันทึกผลการแสดงการชั่ง I ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (ในที่นี้ให้ใช้ 20e) ทั้งนี้ระยะเวลาของการที่ทำให้สภาวะแวดล้อมภายในห้องควบคุมความชื้นมีค่าเท่ากับอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการนั้นขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของห้องดังกล่าว
4. ในการตัดสินว่าเครื่องชั่งได้อยู่ภายใต้สภาวะอุณหภูมิเสถียร พิจารณาจาก
   (a) ต้องมั่นใจว่าอุณหภูมิแวดล้อมภายในห้องควบคุมความชื้นได้มีค่าคงที่เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที
   (b) ตรวจสอบสังเกตดูการแสดงค่าใกล้ศูนย์ที่ 20 e จนกระทั่งสามารถอ่านค่าผลการชั่งที่มีค่าคงที่แล้ว
5. ใช้น้ำหนัก 20e แทนน้ำหนัก 10e หากใช้มาก่อนหน้านี้
6. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
7. บันทึกเวลา, อุณหภูมิแวดล้อมภายในห้อง และความชื้นสัมพัทธ์ สำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง

และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ลงในรายงาน Evaluation Report No. 13

8. ทำการทดสอบการชั่ง (Weighing Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 4 ใช้น้ำหนัก 20e แทนน้ำหนัก 10e หากใช้มาก่อนหน้านี้ ต้องระวังไม่ให้เครื่องชั่งกลับไปแสดงค่าศูนย์
9. บันทึกผลการทดสอบการชั่งลงในรายงาน Evaluation Report No. 13
10. บันทึกเวลา, อุณหภูมิแวดล้อมภายในห้องและความชื้นสัมพัทธ์ สำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I ลงในรายงาน Evaluation Report No. 13
11. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state; B.2.2) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.2.2 นั้นทุกหน้าที่การทำงานของเครื่องต้องสามารถดำเนินการได้ตามที่ออกแบบและการเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation) คือผลผิดของการทดสอบการชั่งต้องเป็นไปตามอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรอง (Values of maximum permissible errors on initial verification) ดังตารางที่ 6
12. ทำการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนมีค่าเท่ากับ +40 °C เว้นเสียแต่ว่ามีการกำหนดเป็นอย่างอื่น ระยะเวลาของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในห้องควบคุมความชื้น (Humidity chamber) ให้ถึงสภาวะค่าอุณหภูมิที่กำหนดแต่ละสภาวะนั้นควรใช้ระยะเวลา 3 ชั่วโมง
13. หลังจากที่อุณหภูมิภายในห้องควบคุมความชื้นมีค่าเท่ากับ +40 °C แล้วให้ทำการเพิ่มค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องให้มีสภาวะเท่ากับ 80% ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง หมายเหตุ การที่เราทำการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นใช้ระยะเวลา 3 ชั่วโมงตามด้วยการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ใช้ระยะเวลาอีก 3 ชั่วโมงรวมเป็น 6 ชั่วโมงนั้นทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันการควบแน่นของไอน้ำภายในอากาศซึ่งอาจค้างอยู่ภายในเครื่องชั่งก็อาจเป็นได้
14. เมื่อสภาวะแวดล้อมภายในห้องควบคุมความชื้น (Humidity chamber) ได้มีสภาวะที่อุณหภูมิมีค่าเท่ากับ +40 °C และความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องให้มีสภาวะเท่ากับ 80% แล้วให้คอยต่อไปอีก 48 ชั่วโมง
15. จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 5 ถึง 11 โดยใช้ใบรายงาน Evaluation Report No. 13
16. ทำการปรับสภาวะแวดล้อมภายในห้องควบคุมความชื้นกลับมาที่สภาวะแวดล้อมอ้างอิงที่อุณหภูมิมีค่าเท่ากับ +20 °C และความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องให้มีสภาวะเท่ากับ 50% โดยใช้ระยะเวลา 6 ชั่วโมง
17. จากนั้นดำเนินการทดสอบซ้ำตามขั้นตอน 5 ถึง 11 ที่เวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงหลังจากสภาวะแวดล้อมภายในห้องควบคุมความชื้นกลับมาที่สภาวะแวดล้อมอ้างอิงที่อุณหภูมิมีค่าเท่ากับ +20 °C และความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องให้มีสภาวะเท่ากับ 50%

ตัวอย่าง การทดสอบการทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state; B.2.2) ดังแสดงในรูปที่ 198

13 DAMP HEAT, STEADY STATE (B.2.2) (Example only)

(a) Initial test (at reference temperature)

			At start	At max	At end	
Application N°:	R1996/745					
Pattern designation:	Model RP - 15Y					
Date:	10/1/97	Temp:	20.1		20.3	°C
Observer:	I. Examiner	Rel. h:	49.9		50.4	%
Verification scale interval e:	2/5 g	Time:	14:15	14:19	14:23	
Resolution during test(smaller than e):	.....	Bar. pres:				hPa
		(only class (I))				

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☒ Out of working range ☐ In operation

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Load, L	Indication, I		Add. load, ΔL		Error, E		Corrected error, E_c		mpe
	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	
(*) 0.02 kg	0.020 kg	0.020 kg	1.0 g	1.8 g	(*) 0.0 g	−0.8 g	0.0 g	−0.8 g	1 g
0.04	0.040	0.040	1.0	1.6	0.0	−0.6	0.0	−0.6	1
1.00	1.000	1.000	1.0	1.6	0.0	−0.6	0.0	−0.6	1
2.00	2.000	2.000	1.0	1.6	0.0	−0.6	0.0	−0.6	2
4.00	4.000	4.000	1.0	1.6	0.0	−0.6	0.0	−0.6	2
5.99	5.990	5.990	1.2	1.8	−0.2	−0.8	−0.2	−0.8	3
8.00	8.000	8.000	3.5	3.5	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	5
10.00	10.000	10.000	3.5	4.0	−1.0	−1.5	−1.0	−1.5	5
12.50	12.500	12.500	4.0	4.0	−1.5	−1.5	−1.5	−1.5	7.5
15.00	15.000		4.5		−2.0		−2.0		7.5

☒ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 198 ตัวอย่างผลการทดสอบการทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state)

13 DAMP HEAT, STEADY STATE (B.2.2)

a) Initial test (at reference temperature)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification scale interval e: .....
Resolution during test (smaller than e): .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range ☐ In operation

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Load L	Indication I ↓	Indication I ↑	Add. load ΔL ↓	Add. load ΔL ↑	Error E ↓	Error E ↑	Corrected error E_c ↓	Corrected error E_c ↑	mpe
(*)					(*)				

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 199 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state) (OIML R76-2)

DAMP HEAT, STEADY STATE (cont.)

b) Test at high temperature and 85 % relative humidity

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification scale interval e: .....
Resolution during test (smaller than e): .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range ☐ In operation

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Load L	Indication I		Add. load ΔL		Error E		Corrected error E_c		mpe
	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	
(*)					(*)				

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 199 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state) (OIML R76-2)

DAMP HEAT, STEADY STATE (cont.)

c) Final test (at reference temperature)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification scale interval e: .....
Resolution during test (smaller than e): .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(only class (I))

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range ☐ In operation

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Load L	Indication I ↓	↑	Add. load ΔL ↓	↑	Error E ↓	↑	Corrected error E_c ↓	↑	mpe
(*)					(*)				

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 199 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการทนต่อสภาพความร้อนที่สถานะคงที่ (Damp heat, steady state) (OIML R76-2)

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 24

B.4 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
24.	**Span stability** **F. Test (6)**	13	**ปล่อยให้ EUT คืนสู่สภาวะปกติใช้เวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากทำการทดสอบ Damp heat, steady state test**

OIML R76-1: B.4 (ดูบทที่ 6)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 24

การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 1; (Page 10)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล

3. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ, L ว่าค่าน้ำหนักดังกล่าวเป็นค่าน้ำหนักเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดหรือค่าใกล้เคียงกับค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max – 5e) เนื่องจากจะต้องคำนึงถึงการสอบเทียบย้อนกลับได้ และต้องใช้น้ำหนักทดสอบเดียวกันในการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ทั้ง 8 ครั้ง ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6, 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30

สำหรับแต่ละการวัด (For each measurement)

1. ทำการบันทึกครั้งที่ทำการทดสอบ อีกทั้งบันทึกเงื่อนไขการวัด ถ้าหากการวัดใดได้ดำเนินการ
   - หลังจากผ่านการทดสอบอุณหภูมิ (Temperature Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบ จากนั้นทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
   - หลังจากผ่านการทดสอบความชื้น (Humidity Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบ
   - ต้องทำการถอด EUT ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่ว่าเป็นกรณีที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือไฟฟ้ากระแสตรง เป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง จากนั้นจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพหลังจากทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
   - หลังจากเปลี่ยนตำแหน่งการวางเครื่องชั่ง หรือ
   - ภายใต้สภาวะเงื่อนไขจำเพาะพิเศษ
2. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
3. บันทึกเวลา, อุณหภูมิแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความดัน
4. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
5. วางน้ำหนักทดสอบ
6. เอาน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักออกไป หากมีการใส่ในขั้นตอน 4
7. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I_L
8. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
9. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
10. คำนวณหาค่าผลผิดที่น้ำหนักทดสอบ, E_L จาก $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
11. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E_L - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ

12. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ที่เป็นครั้งแรกในกรณีนี้ (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการทดสอบใหม่ซ้ำอีกมากกว่า 4 ครั้งซ้ำตามขั้นตอน 4 ถึง 11

13. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test)ครั้งแรก (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการคำนวณและบันทึก ต่อไปนี้

- Average error = Average $(E_L - E_0)$
- $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min}$ และ
- 0.1e

14. ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \leq 0.1e$ แล้วการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบครั้งต่อไป (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30) ให้ดำเนินการทดสอบเพียงครั้งเดียว ถือว่าผลการทดสอบเพียงพอต่อการทดสอบการวัดของการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่งลำดับถัดมา แต่ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \geq 0.1e$ จำเป็นต้องทำการทดสอบด้วยน้ำหนักทดสอบจำนวน 5 ค่าเช่นเดียวกับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 และต้องทำการบันทึกค่าและคำนวณค่าทุกค่าน้ำหนักทดสอบ นอกจากนี้แล้วต้องใช้ค่าน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเช่นเดียวกับที่ใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 กับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30 ด้วย

15. หลังจากทำการทดสอบเสร็จสิ้นแต่ละการวัดแล้วให้ทำการเขียนกราฟค่าผลผิดเฉลี่ยลงบนกราฟที่ OIML R76-2 (page 41) กำหนดให้ และต้องปล่อยให้ EUT อยู่ในช่วงการพักฟื้นก่อนด้วยเวลาที่เหมาะสมก่อนดำเนินการทดสอบใดๆ

16. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ;B.4 และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.4 นั้นคือ การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation); $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min}$ ค่าผลผิดของการแสดงค่าต้องไม่เกิน ½ ของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง หรือ ½ ของค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรองชั้นแรกที่น้ำหนักทดสอบนั้นๆ เลือกค่าที่มากกว่า เมื่อผลต่างของผลการชั่งแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มที่จะมีค่าเกินกว่า ½ ของค่าที่ยอมให้ได้ตามที่กำหนดไว้ข้างบน การทดสอบต้องดำเนินการจนแนวโน้มดังกล่าวหยุดนิ่งหรือเบี่ยงกลับมาในทิศทางตรงกันข้าม หรือจนกระทั่งผลผิดมีค่าเกินกว่าค่ามากที่สุดที่ยอมให้ได้ในการเปลี่ยนแปลง

บทที่ 17

- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 25
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 26
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 27
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 28

เนื้อหาครอบคลุม

1 การลดกำลังไฟฟ้าเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ (Short time power reductions)

2 การเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่ง (Electrical Bursts)

3 การปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge)

4 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test, B.4)

ในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 25 การลดกำลังไฟฟ้าเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ (Short time power reductions, B.3.1) และขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 26 การเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่ง (Electrical Bursts, B.3.2) และขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 27 การปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge, B.3.3) การทดสอบทั้ง 3 ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบนี้เป็นการทดสอบสมรรถนะเมื่อได้รับการรบกวนจากปัจจัยภายนอกโดยเฉพาะจากแหล่งกำลังไฟฟ้าและสายไฟฟ้ากำลัง (power supply lines) และระบบสายส่งข้อมูลและการสื่อสารของเครื่องชั่ง (I/O circuits and communication lines) รวมไปถึงอุปกรณ์ต่อเชื่อม (interfaces) ติดตั้งอยู่กับเครื่องชั่ง(ถ้ามี) ไม่ใช่เป็นการทดสอบเนื่องจากปัจจัยที่มีผล

กระทบต่อการทำงานตามที่มีการแยกแยะในข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 5.4.3 ตามด้วยขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 28 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test, B.4) เป็นการตอกย้ำว่าเครื่องชั่งหลังจากถูกทำการรบกวนแล้วเมื่อกลับคืนสู่สภาวะเสถียรแล้วยังคงมีขีดความสามารถในการชั่งอยู่อีกหรือไม่ อีกครั้งหนึ่ง

เพื่อความเข้าใจมากขึ้นในการตรวจสอบขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 25, 26, 27 และ 28 ควรทำความเข้าใจในเนื้อหาข้อกำหนดใน OIML R76-1, ข้อกำหนด 5.4.3, B.3, B.3.1, B.3.2, B.3.3, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-2 และ B.4

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 25

B.3 การทดสอบสมรรถนะเมื่อโดนรบกวน (Performance tests for disturbances)

ก่อนทำการทดสอบใดๆ ผลผิดจากการปัดค่า (the rounding error) ต้องทำให้มีค่าใกล้เคียงกับศูนย์มากที่สุด

ถ้ามีอุปกรณ์ต่อเชื่อม (interfaces) ติดตั้งอยู่กับเครื่องชั่ง ให้เลือกส่วนอุปกรณ์ที่เหมาะสม (an appropriate peripheral device) ทำการต่อเชื่อมกับแต่ละชนิดของอุปกรณ์ต่อเชื่อมดังกล่าวขณะทำการทดสอบ

B.3.1 การลดกำลังไฟฟ้าเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ (Short time power reductions)

ขั้นตอนการทดสอบอย่างย่อ:

จัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพ

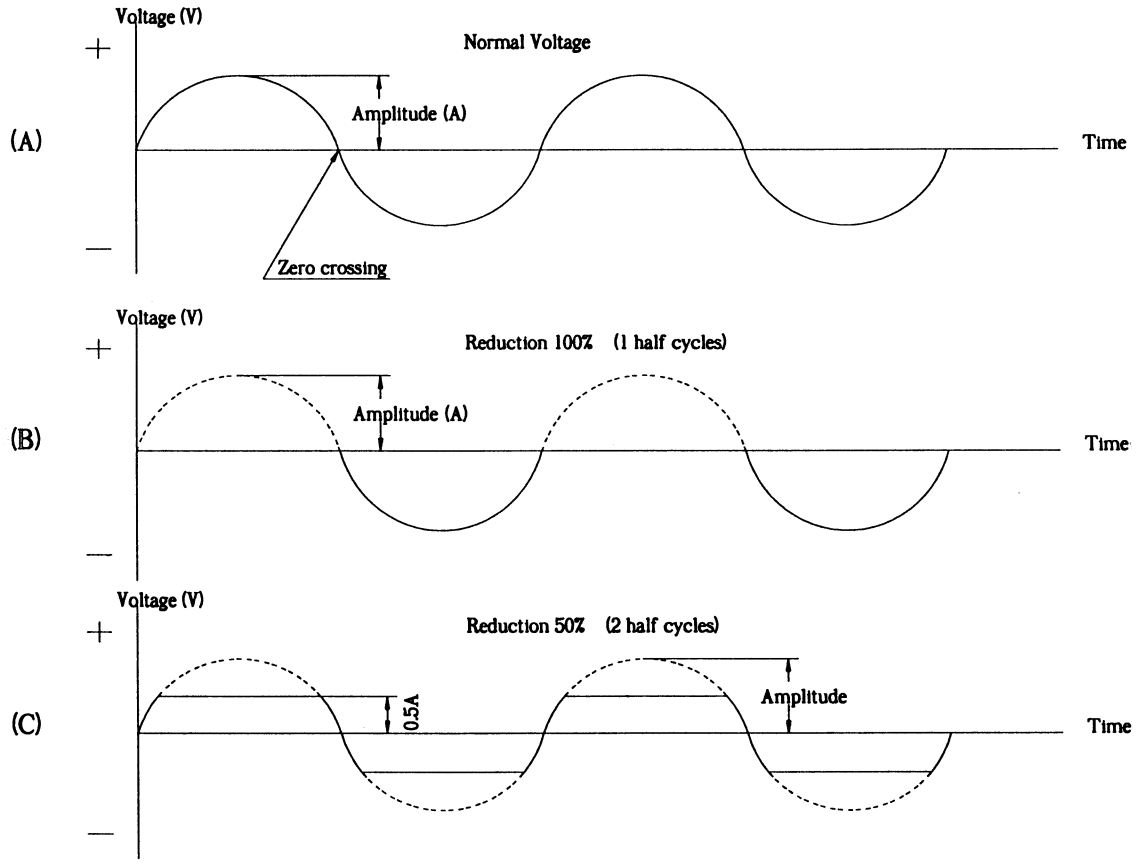
จัดหาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขีดความสามารถลดค่าความสูงของแรงดันไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับจำนวน 1 คาบหรือมากกว่าครึ่งคาบ (ณ ที่จุดตัดศูนย์) ต้องทำการปรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังกล่าวให้เป็นที่เรียบร้อยก่อนทำการเชื่อมต่อ EUT เข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การลดแรงดันไฟฟ้าของสายส่งกำลังต้องกระทำซ้ำกันเป็นจำนวน 10 ครั้งด้วยช่วงระยะเวลาห่างกันอย่างน้อย 10 วินาที

ขณะทำการทดสอบเครื่องชั่งต้องอยู่ภายใต้น้ำหนักทดสอบเล็กน้อยจำนวนค่าหนึ่ง

รูปแบบทดสอบ (Test severity)	การลด (Reduction)	100%	50%
	จำนวนครึ่งคาบ (Number of half cycles)	1	2

การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation)

ผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 200 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

(A) สภาวะปกติ

(B) ลดกำลังไฟฟ้า ที่ 100% 1 half cycles

(C) ลดกำลังไฟฟ้า ที่ 50% 2 half cycles

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
25.	**Short time power reductions**	13	

OIML R76-1:	B.3.1 (ดูบทที่ 6)

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 12.1; (Page 25)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการลดกำลังไฟฟ้าตามที่ OIML กำหนด (Test generator for main power reductions to meet OIML criteria) ต้องเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขีดความสามารถลดค่าความสูงของแรงดันไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับจำนวน 1 คาบหรือมากกว่าครึ่งคาบ (ณ ที่จุดตัดศูนย์)

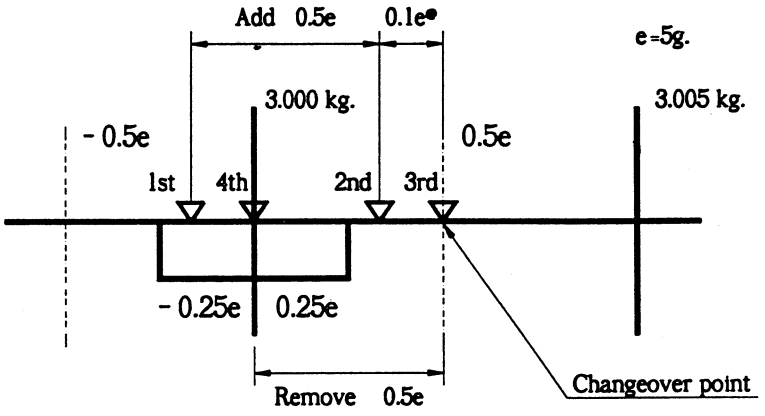
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 25

การลดกำลังไฟฟ้าเป็นช่วงระยะเวลาสั้น ๆ (Short time power reductions, B.3.1)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. กำหนดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระบุ (the nominal voltage) ไว้กับเครื่องชั่ง โดยใช้ข้อมูลจากผู้ผลิตหรือจากคู่มือประจำเครื่อง หรือที่แสดงอยู่บนเครื่องชั่ง ทำการบันทึกค่าแรงดันที่ระบุ
3. ทำการต่อเครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการลดกำลังไฟฟ้า
4. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
5. บันทึกเวลาและอุณหภูมิแวดล้อม
6. วางน้ำหนักทดสอบมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง (Max) ลงบนส่วนรับน้ำหนัก

7. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I
8. ทำให้เครื่องชั่งแสดงการอ่านค่าให้อยู่ตรงตำแหน่งตรงกลางของ e ด้วย วิธีการหาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดูรูปที่ 201 ดังต่อไปนี้
   (a) วางน้ำหนักเสริม (an additional weights) มีค่าเท่ากับ 0.5e เพิ่มลงไปรวมกับน้ำหนักทดสอบที่มีอยู่เดิมบนส่วนรับน้ำหนักที่ได้ใส่ไว้ในขั้นตอน 6
   (b) เพิ่มน้ำหนักเสริม (an additional weights) มีค่าเท่ากับ 0.1e ที่ละชิ้น จนกระทั่งถึงจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และ
   (c) เอาน้ำหนักเสริมมีค่าเท่ากับ 0.5e ออกจากส่วนรับน้ำหนัก ให้เหลือเฉพาะน้ำหนักเสริมที่ใส่เพิ่มลงไปในขั้นตอน (b)



รูปที่ 201 ขั้นตอนการหาตำแหน่งตรงกลางของ e (The center of e)

9. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I ในกรณีนี้ยังไม่มีการรบกวนเครื่องชั่งแต่อย่างใด
10. เริ่มทำการรบกวนเครื่องชั่ง โดยทำการลดแรงดันไฟฟ้าของสายส่งกำลัง กระทำซ้ำกันเป็นจำนวน 10 ครั้งด้วยช่วงระยะเวลาห่างกันอย่างน้อย 10 วินาที ที่ 0% ของความสูง (amplitude) ของแรงดันไฟฟ้า
11. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I และทำการบันทึกในรายงานถึงการเปลี่ยนแปลงใดๆที่อาจเกิดขึ้นโดยทำการเปรียบเทียบการแสดงผลการชั่งระหว่างที่เครื่องชั่งยังไม่มีการรบกวนแต่อย่างใดเทียบกับขณะที่ทำการรบกวน
12. ปิดการรบกวน (เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการลดกำลังไฟฟ้า)
13. ทำการสังเกตว่าเครื่องชั่งมีความผิดพลาดที่สำคัญหรือไม่ (Significant fault) ทำการบันทึกตามความเหมาะสม
14. ตรวจสอบว่าส่วนแสดงค่ายังคงแสดงค่าตรงตำแหน่งกึ่งกลางของ e อยู่หรือไม่ตามวิธีการที่ระบุในขั้นตอน 8 ถ้าหากส่วนแสดงค่าไม่ได้แสดงค่าตรงตำแหน่งกึ่งกลางของ e ให้ทำการปรับแต่งให้แสดงค่าตรงตำแหน่งกึ่งกลางของ e

15. เริ่มทำการรบกวนเครื่องชั่ง โดยทำการลดแรงดันไฟฟ้าของสายส่งกำลัง กระทำซ้ำกันเป็นจำนวน 10 ครั้งด้วยช่วงระยะเวลาห่างกันอย่างน้อย 10 วินาที ที่ 50% ของความสูง (amplitude) ของแรงดันไฟฟ้า
16. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I และทำการบันทึกในรายงานถึงการเปลี่ยนแปลงใดๆที่อาจเกิดขึ้นโดยทำการเปรียบเทียบการแสดงผลการชั่งระหว่างที่เครื่องชั่งยังไม่มีการรบกวนแต่อย่างใดเทียบกับขณะที่ทำการรบกวน
17. ปิดการรบกวน (เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการลดกำลังไฟฟ้า)
18. ทำการสังเกตว่าเครื่องชั่งมีความผิดพลาดที่สำคัญหรือไม่ (Significant fault) ทำการบันทึกตามความเหมาะสม
19. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการลดกำลังไฟฟ้าเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ (Short time power reductions, B.3.1) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.3.1 นั้นคือการเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation) ก็ต่อเมื่อผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น

ตัวอย่าง การรายงานผลการทดสอบพอที่กำหนดให้เป็นแนวทางเดียวกันดังนี้

(a) ไม่เห็นผลกระทบใดๆ (no visible effect)

(b) มีการแสดงค่าเพิ่มขึ้น 1e และกลับคืนสู่สภาวะปกติหลังจากหยุดทำการรบกวน (display increased by 1e and returned to normal after the disturbance stopped)

(c) ผลการชั่งที่เครื่องชั่งแสดงมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆลงๆ จนไม่สามารถอ่านค่าหรือทำการพิมพ์ค่าได้ (display fluctuates up and down but cannot be read or printed)

(d) มีการแสดงค่าเพิ่มขึ้น 4e และสามารถทำให้การอ่านผลการชั่งผิดพลาด (display increased by 4e and can be mistaken for a reading)

12 ELECTRICAL DISTURBANCES

12.1 Short time power reductions (B.3.1)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification scale interval e: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Marked nominal voltage U_n or voltage range: ☐ V

Load	Disturbance				Result		
	Amplitude(*) % of U_n	Duration cycles	Number of disturbances	Repetition interval(s)	Indication I	Significant fault (> e) No	Yes (remarks)
10e =	without disturbance						
	0	0.5	10				
	50	1	10				
	without disturbance						
	0	0.5	10				
	50	1	10				

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

(*) In case a voltage-range is marked, use the average value as reference value U_n.

รูปที่ 202 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการรบกวนอันเนื่องจากการลดกำลังไฟฟ้าเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ (Short time power reductions) (OIML R76-2)

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 26

8.3.2 การเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่ง (Electrical Bursts)

การดำเนินการทดสอบนี้กระทำโดยให้ EUT ได้รับการรบกวนจากการระเบิดภายในสายส่งตามแรงดันระเบิดที่กำหนดไว้ (specified burst of voltage spikes)

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-4(1988), N° 6
การเตรียมการทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-4(1988), N° 7
ขั้นตอนการทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-4(1988), N° 8

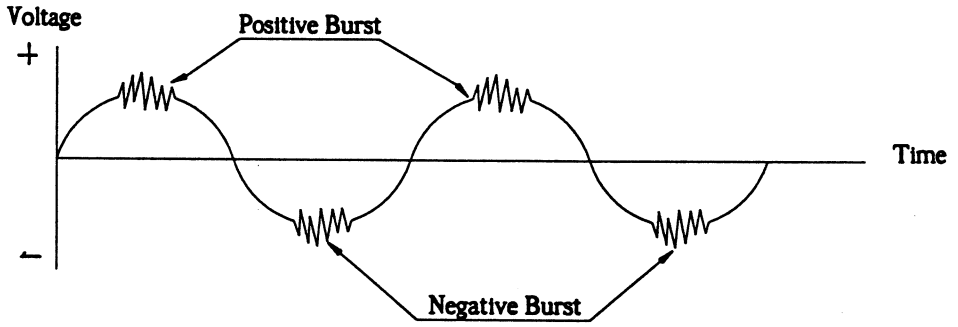
ก่อนทำการทดสอบใดๆต้องจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพ
การทดสอบการเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งต้องดำเนินการแยกออกเป็น

- สายส่งไฟฟ้ากำลังของเครื่องชั่ง
- สายส่งข้อมูลและการสื่อสารของเครื่องชั่ง (I/O circuits and communication lines)

ขณะทำการทดสอบเครื่องชั่งต้องอยู่ภายใต้น้ำหนักทดสอบเล็กน้อยจำนวนค่าหนึ่ง

รูปแบบทดสอบ (Test severity)	Level 2 (ตามที่กำหนดใน IEC 801-4(1988), N° 5 แรงดันทดสอบด้านทางออกของวงจรเปิด (Open circuit output test voltage) สำหรับ - สายส่งไฟฟ้ากำลังของเครื่องชั่ง 1 kV - สัญญาณ I/O, สายส่งข้อมูลและสายควบคุม 0.5 kV
การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation)	ผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิงตาม IEC Publications: ดูใน Bibliography/3/



รูปที่ 203 เครื่องมือสำหรับการทดสอบการระเบิดภายในสายส่ง เมื่อให้ระเบิดที่ขั้วบวก (positive burst) หรือให้ระเบิดที่ขั้วลบ (negative burst)

5.4.3 การทดสอบสมรรถนะ (Performance tests)

การทดสอบสมรรถนะต้องดำเนินการตามข้อกำหนด B.2 และ B.3

ตารางที่ 8 (OIML R76-1)

การทดสอบ	คุณสมบัติภายใต้ทดสอบ
อุณหภูมิสถิตย์	ปัจจัยที่มีผลกระทบ (Influence factor)
การทดต่อสภาพความร้อนคงที่	ปัจจัยที่มีผลกระทบ
การเปลี่ยนแปลงกำลังแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายกำลัง	ปัจจัยที่มีผลกระทบ
การลดกำลังไฟฟ้าช่วงระยะเวลาสั้น ๆ	การรบกวน (Disturbance)
การระเบิดไฟฟ้าภายในระบบสาย (Bursts)	การรบกวน
การปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตย์	การรบกวน
ความทนต่อสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	การรบกวน

บทแทรก หากเครื่องชั่งแสดงอาการแปลกขณะทำการทดสอบการระเบิดไฟฟ้าภายในระบบสายส่ง (Electrical Bursts) แต่ก็ไม่สามารถใช้เครื่องชั่งได้ หรือไม่สามารถทำการพิมพ์ได้ หรืออ่านค่าผลการชั่งจากเครื่องชั่งไม่ได้ หรือเครื่องชั่งดับไป หรือแม้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงดูเหมือนว่าจะมีค่ามากกว่า e ก็ตาม เราสามารถให้เครื่องชั่งดังกล่าวถือว่าผ่านการทดสอบ แต่ต้องทำการตรวจสอบเพิ่มเติมหลังจากเครื่องชั่งได้มีการพักฟื้นตัวเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยอาจทำการตั้งค่า parameter ของเครื่องชั่งที่

มีค่า Sensitive ต่อการทำงานมากที่สุด หรืออาจเป็นการทำงานของ filters ที่ละเอียดมากที่สุด ยกตัวอย่างโหมดการทำงานของเครื่องชั่งที่ Sensitive มากที่สุด เช่นโหลดเซลทำงานที่ 0.5 μV/e ซึ่งจะ sensitive มากกว่าเมื่อโหลดเซลทำงานด้วย 2.0 μV/e

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
26.	**Electrical bursts** **A. Power supply lines** **B. I/O circuit and communication lines**	**13**	

OIML R76-1: B.3.2 (ดูบทที่ 6)

การทดสอบในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบที่ตั้งใจไว้สำหรับการหาผลกระทบอันเนื่องจากการรบกวนเครื่องชั่งด้วยการเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่ง (Electrical Bursts, B.3.2) ว่ามีผลต่อความถูกต้องและการทำงานของเครื่องชั่งหรือไม่อย่างไร ในการทดสอบนี้ได้แบ่งแยกการทดสอบแยกเป็น 2 ลักษณะด้วยกันคือ การเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งไฟฟ้ากำลังของเครื่องชั่ง และการเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งสัญญาณ I/O, สายส่งข้อมูลและสายควบคุมถ้าหากสายดังกล่าวติดตั้งอยู่กับเครื่องชั่ง การทดสอบเหล่านี้ต้องดำเนินการทดสอบภายใต้สภาวะเงื่อนไข

- อุณหภูมิแวดล้อม (ambient temperature) 15 °C ถึง 35 °C
- ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) 25% ถึง 75% และ
- ความดัน (pressure) 86 kPa ถึง 106 kPa (เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I)

นอกจากนี้เงื่อนไขที่ทำการทดสอบการระเบิดภายในระบบสายส่งไฟฟ้ากำลังของเครื่องชั่ง และการเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งสัญญาณ I/O, สายส่งข้อมูลและสายควบคุมถ้าหากสายดังกล่าวติดตั้งอยู่กับเครื่องชั่ง ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบของเครื่องชั่งนั้นๆ ว่าจะเหมาะกับการทดสอบแบบใด เครื่องชั่งบางชนิดควรทำการรบกวนด้วยการทดสอบขั้วบวก (the positive polarity testing) ก่อนแล้วทำการทดสอบขั้วลบ (the negative polarity testing) หรือเครื่องชั่งบางแบบต้องการในลักษณะที่กลับกันก็ได้ แต่ในที่นี้ขั้นตอนการทดสอบที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นการทดสอบเครื่องชั่งด้วยทำการรบกวนด้วยการทดสอบขั้วบวกก่อนแล้วทำการทดสอบขั้วลบ

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 26

การเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่ง (Electrical Bursts, B.3.2)

(a) การเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งไฟฟ้ากำลัง (Power supply lines)

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. IEC 61000-4-4
3. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 12.2; (Page 26)
4. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
5. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
9. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งไฟฟ้ากำลังตามที่ OIML กำหนด (Electrical generator for electrical bursts to meet OIML criteria)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. ทำการต่อเครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งไฟฟ้ากำลัง
3. บันทึกเวลา, ความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
4. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
5. วางน้ำหนักทดสอบมีค่าน้ำหนักระหว่าง 10% ถึง 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง (Max) ลงบนส่วนรับน้ำหนัก แต่ต้องแน่ใจว่าค่าน้ำหนักทดสอบดังกล่าวมีค่าสูงกว่าค่าพิกัดกำลังต่ำสุดของเครื่องชั่ง
6. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I
7. ทำให้เครื่องชั่งแสดงการอ่านค่าให้อยู่ตรงตำแหน่งตรงกลางของ e ด้วยวิธีการหาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดังต่อไปนี้
   (a) วางน้ำหนักเสริม (an additional weights) มีค่าเท่ากับ 0.5e เพิ่มลงไปรวมกับน้ำหนักทดสอบที่มีอยู่เดิมบนส่วนรับน้ำหนักที่ได้ใส่ไว้ในขั้นตอน 6
   (b) เพิ่มน้ำหนักเสริม (an additional weights) มีค่าเท่ากับ 0.1e ที่ละชิ้น จนกระทั่งถึงจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และ

(c) เอาน้ำหนักเสริมมีค่าเท่ากับ 0.5e ออกจากส่วนรับน้ำหนัก ให้เหลือเฉพาะน้ำหนักเสริมที่ใส่เพิ่มลงไปในขั้นตอน (b)

8. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I ในกรณีนี้ยังไม่มีการรบกวนเครื่องชั่งแต่อย่างใด
9. เริ่มทำการรบกวนเครื่องชั่ง โดยทำการปรับแรงดันทดสอบด้านทางออกของวงจรเปิด (Open circuit output test voltage) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีค่าเท่ากับ 1kV ด้วยขั้วบวก (a positive polarity)
10. ทำการรบกวนเครื่องชั่งเป็นเวลาอย่างน้อย 1 นาทีกับสายไฟฟ้ากำลังของเครื่องชั่งสายเฟส L (the L phase line (active))
11. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I และทำการบันทึกในรายงานถึงการเปลี่ยนแปลงใดๆที่อาจเกิดขึ้นโดยทำการเปรียบเทียบการแสดงผลการชั่งระหว่างที่เครื่องชั่งยังไม่มีการรบกวนแต่อย่างใดเทียบกับขณะที่ทำการรบกวนเครื่องชั่ง
12. ปิดการรบกวน (เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งไฟฟ้ากำลัง)
13. ทำการสังเกตว่าเครื่องชั่งมีความผิดพลาดที่สำคัญหรือไม่ (Significant fault) ทำการบันทึกตามความเหมาะสม
14. ทำการปรับแรงดันทดสอบด้านทางออกของวงจรเปิด (Open circuit output test voltage) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีค่าเท่ากับ 1kV ด้วยขั้วลบ (a negative polarity)
15. ทำการรบกวนเครื่องชั่งเป็นเวลาอย่างน้อย 1 นาทีกับสายไฟฟ้ากำลังของเครื่องชั่งสายเฟส L (the L phase line (active))
16. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I และทำการบันทึกในรายงานถึงการเปลี่ยนแปลงใดๆที่อาจเกิดขึ้นโดยทำการเปรียบเทียบการแสดงผลการชั่งระหว่างที่เครื่องชั่งยังไม่มีการรบกวนแต่อย่างใดเทียบกับขณะที่ทำการรบกวนเครื่องชั่ง
17. ปิดการรบกวน (เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งไฟฟ้ากำลัง)
18. ทำการสังเกตว่าเครื่องชั่งมีความผิดพลาดที่สำคัญหรือไม่ (Significant fault) ทำการบันทึกตามความเหมาะสม
19. ตรวจสอบว่าส่วนแสดงค่ายังคงแสดงค่าตรงตำแหน่งกึ่งกลางของ e อยู่หรือไม่ตามวิธีการที่ระบุในขั้นตอน 7 ถ้าหากส่วนแสดงค่าไม่ได้แสดงค่าตรงตำแหน่งกึ่งกลางของ e ให้ทำการปรับแต่งให้แสดงค่าตรงตำแหน่งกึ่งกลางของ e
20. จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 8 ถึง 19 สำหรับสายไฟฟ้ากำลังของเครื่องชั่งสาย N (the N line (neutral))
21. จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 8 ถึง 19 สำหรับสายดินของเครื่องชั่ง (the PE line (Protective earth))
22. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งไฟฟ้ากำลัง (Power supply lines) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.3.2 นั้นคือการเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum

allowable variation) ก็ต่อเมื่อผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น

ตัวอย่าง การเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่ง (Electrical Bursts, B.3.2) การเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งไฟฟ้ากำลัง (Power supply lines) ดังแสดงในรูปที่ 204

12.2 Electrical bursts (B.3.2) (Example only)

(a) Power supply lines

			At start	At max	At end	
Application N°:	R1996/475					
Pattern designation:	Model RP - 15Y					
Date:	14/1/97	Temp:	22.8			°C
Observer:	I. Examiner	Rel. h:	51.6			%
Verification scale interval e:	2/5 g	Time:	11:15			
		Bar. pres:				hPa
		(only class Ⓘ)				

Power supply lines: test voltage 1 kV, duration of the test 1 min at each polarity

Load	Disturbance			Polarity	Result		
	L ↓ ground	N ↓ ground	PE ↓ ground		Indication, I	Significant fault (> e) No	Yes (remarks)
3.0 kg	Without disturbance				3.002 kg		
	X			pos	3.008		X see ①
				neg	3.002	X	see ②
	Without disturbance				3.002		
		X		pos	3.004	X	see ③
				neg	3.002	X	see ②
	Without disturbance				3.002		
			X	pos	3.002	X	see ④
				neg	3.002	X	see ②

L = phase, N = neutral, PE = protective earth

☐ Passed ☒ Failed

Remarks:
① Indication increased by 3 e and was displayed for 5 s.
② No visible effect
③ Indication jumped by 1 e intermittently
④ Indication was flicking by perhaps 3 e but could not be read or printed

รูปที่ 204 ตัวอย่างผลการทดสอบการระเบิดภายในสายส่ง (Electrical burst) ในกรณีนี้ทดสอบกับสายส่งกำลังไฟฟ้า (power supply lines) ไปยังเครื่องชั่ง

12.2 Electrical bursts (B.3.2)

a) Power supply lines

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification scale interval e: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Power supply lines: test voltage 1 kV, duration of the test 1 min at each polarity

Load	Connection L ↓ ground	Connection N ↓ ground	Connection PE ↓ ground	Polarity	Result: Indication I	Result: Significant fault (>e) No	Result: Significant fault (>e) Yes (remarks)
10e =	without disturbance						
	X			pos			
				neg			
	without disturbance						
		X		pos			
				neg			
	without disturbance						
			X	pos			
				neg			
	without disturbance						
	X			pos			
				neg			
	without disturbance						
		X		pos			
				neg			
	without disturbance						
			X	pos			
				neg			

L = phase, N = neutral, PE = protective earth

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 205 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการระเบิดภายในสายส่ง (Electrical burst) (OIML R76-2)

Electrical bursts (cont.)

b) I/O circuits and communication lines

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification
scale interval e: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

I/O signals, data and control lines: test voltage 0.5 kV, duration of the test 1 min at each polarity

Load	Cable/Interface	Polarity	Result		
			Indication I	Significant fault (>e) No	Yes (remarks)
without disturbance					
10e =		pos			
		neg			
without disturbance					
		pos			
		neg			
without disturbance					
10e =		pos			
		neg			
without disturbance					
		pos			
		neg			
without disturbance					
10e =		pos			
		neg			
without disturbance					
		pos			
		neg			
without disturbance					
10e =		pos			
		neg			
without disturbance					
		pos			
		neg			
without disturbance					
10e =		pos			
		neg			
without disturbance					
		pos			
		neg			

Explain or make a sketch indicating where the clamp is located on the cable; if necessary, use additional page.

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 205(ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการระเบิดภายในสายส่ง (Electrical burst) (OIML R76-2)

(b) การเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งข้อมูลและการสื่อสารของเครื่องชั่ง (I/O circuits and communication lines)

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. IEC 61000-4-4 (1995)
3. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 12.3; (Page 27)
4. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
5. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
9. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการเกิดการระเบิดตามที่ OIML กำหนด (Electrical generator for electrical bursts to meet OIML criteria)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. ทำการวางสายส่งข้อมูลและการสื่อสารของเครื่องชั่ง (I/O circuits and communication lines) ที่ต้องการทดสอบอยู่ภายในกล่องเหนี่ยวนำ (the capacity coupling (CC) clamp) และใช้ขั้นตอนตามที่กำหนดใน IEC 61000-4-4 clause 7.2.2
3. บันทึกชนิดของสายส่งข้อมูลและการสื่อสารของเครื่องชั่งที่อยู่ภายใต้การทดสอบ นอกจากนี้ให้ทำการวาดรูปคร่าวๆ ถึงตำแหน่งการวางกล่องเหนี่ยวนำ (the capacity coupling (CC) clamp) วางอยู่ตำแหน่งใดของสายส่งข้อมูลและการสื่อสาร
4. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
5. บันทึกเวลา, ความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
6. วางน้ำหนักทดสอบมีค่าน้ำหนักระหว่าง 10% ถึง 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง (Max) ลงบนส่วนรับน้ำหนักจำนวนหนึ่ง แต่ต้องแน่ใจว่าค่าน้ำหนักทดสอบดังกล่าวมีค่าสูงกว่าค่าพิกัดกำลังต่ำสุดของเครื่องชั่ง
7. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I
8. ทำให้เครื่องชั่งแสดงการอ่านค่าให้อยู่ตรงตำแหน่งตรงกลางของ e ด้วยวิธีการหาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดังต่อไปนี้
   (a) วางน้ำหนักเสริม (an additional weights) มีค่าเท่ากับ 0.5e เพิ่มลงไปรวมกับน้ำหนักทดสอบที่มีอยู่เดิมบนส่วนรับน้ำหนักที่ได้ใส่ไว้ในขั้นตอน 6

(b) เพิ่มน้ำหนักเสริม (an additional weights) มีค่าเท่ากับ 0.1e ที่ละขั้น จนกระทั่งถึงจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และ

(c) เอาน้ำหนักเสริมมีค่าเท่ากับ 0.5e ออกจากส่วนรับน้ำหนัก ให้เหลือเฉพาะน้ำหนักเสริมที่ใส่เพิ่มลงไปในขั้นตอน (b)

9. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I ในกรณีนี้ยังไม่มีการรบกวนเครื่องชั่งแต่อย่างใด
10. เริ่มทำการรบกวนเครื่องชั่ง โดยทำการปรับแรงดันทดสอบด้านทางออกของวงจรเปิด (Open circuit output test voltage) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีค่าเท่ากับ 0.5 kV ด้วยขั้วบวก (a positive polarity)
11. ทำการรบกวนเครื่องชั่งเป็นเวลาอย่างน้อย 1 นาทีกับสายส่งข้อมูลและการสื่อสารของเครื่องชั่ง (I/O circuits and communication lines)
12. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I และทำการบันทึกในรายงานถึงการเปลี่ยนแปลงใดๆที่อาจเกิดขึ้นโดยทำการเปรียบเทียบการแสดงผลการชั่งระหว่างที่เครื่องชั่งยังไม่มีการรบกวนแต่อย่างใดเทียบกับขณะที่ทำการรบกวนเครื่องชั่ง
13. ปิดการรบกวน (เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งข้อมูลและการสื่อสารของเครื่องชั่ง (I/O circuits and communication lines))
14. ทำการสังเกตว่าเครื่องชั่งมีความผิดพลาดที่สำคัญหรือไม่ (Significant fault) ทำการบันทึกตามความเหมาะสม
15. ทำการปรับแรงดันทดสอบด้านทางออกของวงจรเปิด (Open circuit output test voltage) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีค่าเท่ากับ 0.5 kV ด้วยขั้วลบ (a negative polarity)
16. ทำการรบกวนเครื่องชั่งเป็นเวลาอย่างน้อย 1 นาทีกับสายส่งข้อมูลและการสื่อสารของเครื่องชั่ง (I/O circuits and communication lines)
17. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I และทำการบันทึกในรายงานถึงการเปลี่ยนแปลงใดๆที่อาจเกิดขึ้นโดยทำการเปรียบเทียบการแสดงผลการชั่งระหว่างที่เครื่องชั่งยังไม่มีการรบกวนแต่อย่างใดเทียบกับขณะที่ทำการรบกวนเครื่องชั่ง
18. ปิดการรบกวน (เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับการทดสอบการเกิดการระเบิดภายในระบบสายส่งข้อมูลและการสื่อสารของเครื่องชั่ง (I/O circuits and communication lines))
19. ทำการสังเกตว่าเครื่องชั่งมีความผิดพลาดที่สำคัญหรือไม่ (Significant fault) ทำการบันทึกตามความเหมาะสม
20. ตรวจสอบว่าส่วนแสดงค่ายังคงแสดงค่าตรงตำแหน่งกึ่งกลางของ e อยู่หรือไม่ตามวิธีการที่ระบุในขั้นตอน 8 ถ้าหากส่วนแสดงค่าไม่ได้แสดงค่าตรงตำแหน่งกึ่งกลางของ e ให้ทำการปรับแต่งให้แสดงค่าตรงตำแหน่งกึ่งกลางของ e
21. จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 8 ถึง 20 สำหรับทุกสายส่งข้อมูลและการสื่อสารของเครื่องชั่ง (I/O circuits and communication lines)
22. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการเกิดการระเบิดภายในระบบสายสายส่งข้อมูลและการสื่อสารของเครื่องชั่ง (I/O circuits and communication lines) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.3.2 นั้น

คือการเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation) ก็ต่อเมื่อผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 27

8.3.3 การปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge)

การดำเนินการทดสอบนี้กระทำโดยให้ EUT ได้รับการรบกวนจากการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตด้วยปริมาณที่กำหนด ทั้งโดยตรงและทางอ้อม (specified electrostatic discharges)

แหล่งกำเนิดประจุที่ใช้ทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-2(1991), N° 6
การเตรียมการทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-2(1991), N° 7
ขั้นตอนการทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-2(1991), N° 8

การทดสอบนี้รวมถึงวิธีการแทรกซึมสี (a paint penetration method) หากเหมาะสม ในกรณีทำการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรง สามารถปล่อยประจุผ่านอากาศ (air discharges) ไปยัง EUT ได้หากไม่สามารถทำการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตได้โดยตรงกับ EUT

ก่อนทำการทดสอบใดๆ ต้องจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพ

การทดสอบด้วยการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต ต้องดำเนินการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรงกับ EUT อย่างน้อย 10 ครั้งและปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยทางอ้อมอย่างน้อย 10 ครั้ง ทั้งนี้ช่วงระยะเวลาระหว่างการปล่อยประจุในแต่ละครั้งควรห่างกันอย่างน้อย 10 วินาที

ขณะทำการทดสอบเครื่องชั่งต้องอยู่ภายใต้น้ำหนักทดสอบเล็กน้อยจำนวนค่าหนึ่ง

รูปแบบทดสอบ (Test severity)	Level 3 (ตามที่กำหนดใน IEC 801-2(1991), N° 5 สำหรับการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรง (Contact discharge) ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าจนถึงและเท่ากับ 6 kV และสำหรับ (air discharge) ใช้แรงดัน 8 kV
การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation)	ผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิงตาม IEC Publications: ดูใน Bibliography/4/

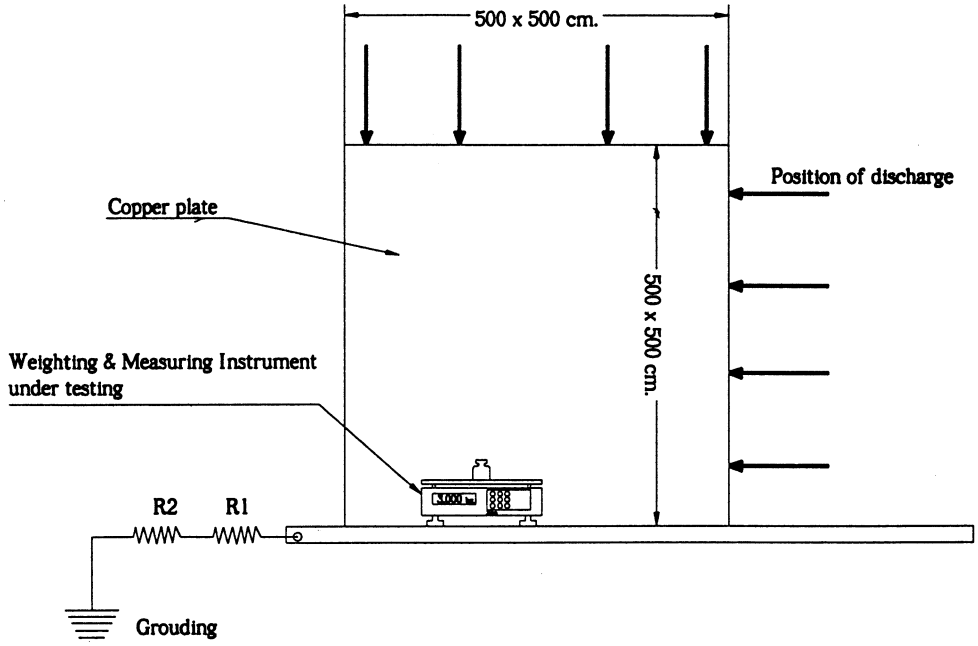
ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
27.	**Electrostatic discharge** **A. Direct application** **B. Indirect application (contact discharges only)**	13	

OIML R76-1:	B.3.3 (ดูบทที่ 6)

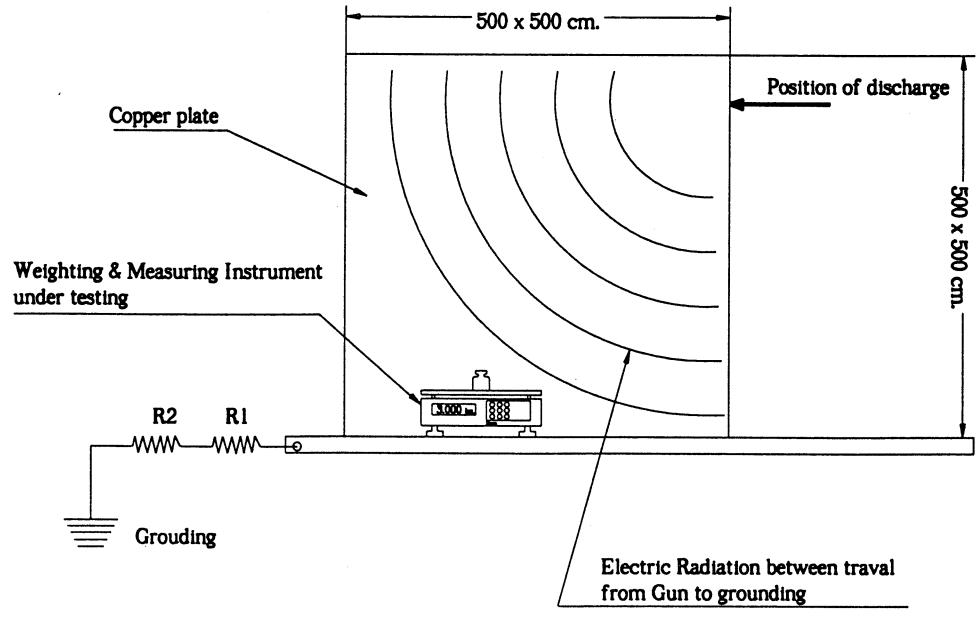
ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 27

การปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge, B.3.3)

การดำเนินการทดสอบนี้กระทำโดยให้ EUT ได้รับการรบกวนจากการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตด้วยปริมาณที่กำหนด (specified electrostatic discharges) ทั้งโดยตรง (Direct discharge) และทางอ้อม (Indirect discharge) การทดสอบการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรงสามารถดำเนินการทดสอบได้ด้วยกัน 2 วิธีการคือการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยการสัมผัสกับเครื่องชั่ง (Contact discharge) ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าเท่ากับ 2 kV , 4 kV จนถึงและเท่ากับ 6 kV แต่ต้องไม่กระทำต่อส่วนที่เป็น socket หรือเข็มของส่วนที่เป็นอุปกรณ์ต่อเชื่อมที่เสียบเข้า sockets หรือรวมถึงวิธีการแทรกซึมสี (a paint penetration method) หากเหมาะสม และการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรงสามารถปล่อยประจุผ่านอากาศ (air discharges) ไปยังเครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบและใช้แรงดัน 8 kV ซึ่งเป็นการจำลองสถานะการที่เกิดขึ้นจริงในฤดูหนาวเมื่อตัวคนสัมผัสกับเครื่องชั่งจะมีการประจุไฟฟ้าออกจากร่างกายคนประมาณ 6 – 8 kV สำหรับการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยทางอ้อม (Indirect discharge) โดยใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าเท่ากับ 2 kV , 4 kV จนถึงและเท่ากับ 6 kV การจัดอุปกรณ์และการวางเครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบดังรูปที่ 206 โดยทำการปล่อยประจุโดยตรงกับแผ่นโลหะตัวนำทองแดง (copper plate) ที่ได้วางเครื่องชั่งบนแผ่นโลหะตัวนำดังกล่าว ดูรูปที่ 207



รูปที่ 206 การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับทดสอบการรบกวนเครื่องชั่งด้วยการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge) โดยทางอ้อม (Indirect)



รูปที่ 207 การแผ่กระจายรังสีของประจุไฟฟ้าเมื่อการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge)

ในการเตรียมการทดสอบจำเป็นต้องมั่นใจว่าสภาวะแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการได้เป็นไปตามที่กำหนดตามข้อกำหนด IEC 61000-4-2, Clause 7 สำหรับการทดสอบนี้ต้องดำเนินการทดสอบภายใต้สภาวะเงื่อนไข

- อุณหภูมิแวดล้อม (ambient temperature) 15 °C ถึง 35 °C
- ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) 25% ถึง 75% และ
- ความดัน (pressure) 86 kPa ถึง 106 kPa (เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I)

(a) การปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรง (Direct discharge)

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. IEC 61000-4-2
3. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 12.3; (Page 28 to 30)
4. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
5. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
9. เครื่องกำเนิดปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge (ESD) generator gun to meet OIML criteria)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. กำหนดวิธีการทดสอบการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรง (Direct discharge) ว่าเป็นวิธีการทดสอบวิธีการใดระหว่างวิธีการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยการสัมผัสกับเครื่องชั่ง (Contact discharge) ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง หรือวิธีการแทรกซึมสี (a paint penetration method) หากเหมาะสม
3. ทำเครื่องหมายในช่องการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรงโดยปล่อยประจุผ่านอากาศ (air discharges)
4. ติดตั้งเครื่องมือในการทดสอบตามข้อกำหนด IEC 61000-4-2, Clause 7.1.1 และ 7.1.2 และก่อนทำการทดสอบใดๆต้องจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพ

5. ติดตั้งเครื่องมือปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge (ESD) generator gun) ให้สามารถปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต อย่างต่อเนื่อง และทำการปลดปล่อยประจุตลอดตัวเครื่องชั่งเพื่อทำการตรวจสอบว่าขั้วใดที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องชั่งมากที่สุด สำหรับการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรงผ่านอากาศ (air discharges) ไปยังเครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบและใช้แรงดัน 8 kV *หมายเหตุ* ตำแหน่งที่เป็นสกรูและน็อตทุกตัวควรทดสอบด้วย
6. ติดตั้งตัวปรับสำหรับการปลดปล่อยประจุโดยตรง (the contact discharge adaptor) เข้ากับ ESD generator gun
7. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
8. บันทึกเวลา, ความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
9. ต้องมั่นใจว่าสภาวะแวดล้อมเป็นไปตามที่กำหนดคือ
   - อุณหภูมิแวดล้อม (ambient temperature) 15 °C ถึง 35 °C
   - ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) 25% ถึง 75% และ
   - ความดัน (pressure) 86 kPa ถึง 106 kPa (เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I)
10. วางน้ำหนักทดสอบมีค่าน้ำหนักระหว่าง 10% ถึง 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง (Max) ลงบนส่วนรับน้ำหนักจำนวนหนึ่ง แต่ต้องแน่ใจว่าค่าน้ำหนักทดสอบดังกล่าวมีค่าสูงกว่าค่าพิกัดกำลังต่ำสุดของเครื่องชั่ง
11. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I
12. ทำให้เครื่องชั่งแสดงการอ่านค่าให้อยู่ตรงตำแหน่งตรงกลางของ e ด้วยวิธีการหาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดังต่อไปนี้
    (a) วางน้ำหนักเสริม (an additional weights) มีค่าเท่ากับ 0.5e เพิ่มลงไปรวมกับน้ำหนักทดสอบที่มีอยู่เดิมบนส่วนรับน้ำหนักที่ได้ใส่ไว้ในขั้นตอน 6
    (b) เพิ่มน้ำหนักเสริม (an additional weights) มีค่าเท่ากับ 0.1e ที่ละชิ้น จนกระทั่งถึงจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และ
    (c) เอาน้ำหนักเสริมมีค่าเท่ากับ 0.5e ออกจากส่วนรับน้ำหนัก ให้เหลือเฉพาะน้ำหนักเสริมที่ใส่เพิ่มลงไปในขั้นตอน (b)
13. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I ในกรณีนี้ยังไม่มีการรบกวนเครื่องชั่งแต่อย่างใด
14. เริ่มทำการรบกวนเครื่องชั่ง โดยทำการปรับปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge (ESD) generator gun) ให้สามารถปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตมีค่าเท่ากับ 2 kV ด้วยขั้วที่ได้ตรวจสอบในขั้นตอน 5 ว่ามีผลต่อเครื่องชั่งมากกว่าอีกขั้วหนึ่ง สำหรับการสัมผัสโดยตรงกับเครื่องชั่ง
15. นำปลายปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตสัมผัสโดยตรงกับส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่องชั่ง จากนั้นเปิดสวิตช์ให้มีการปลดปล่อยประจุออกมา
16. หลังจากปลดปล่อยประจุให้เอาปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตออกจากการสัมผัสเครื่องชั่งโดยตรง

17. คอยเป็นเวลาอย่างน้อย 10 วินาที จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 14 ถึง 15 อย่างน้อยอีก 9 ครั้ง รวมกันทั้งหมดเป็น 10 ครั้ง ทั้งนี้ช่วงระยะเวลาระหว่างการปล่อยประจุในแต่ละครั้งควรห่างกันอย่างน้อย 10 วินาที
18. บันทึกจำนวนครั้ง ของการปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตและช่วงระยะเวลาระหว่างการปล่อยประจุในแต่ละครั้ง
19. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I และทำการบันทึกในรายงานถึงการเปลี่ยนแปลงใดๆที่อาจเกิดขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบการแสดงผลการชั่งระหว่างที่เครื่องชั่งยังไม่มีการรบกวนแต่อย่างใดเทียบกับขณะที่ทำการรบกวนเครื่องชั่ง
20. ทำการสังเกตว่าเครื่องชั่งมีความผิดพลาดที่สำคัญหรือไม่ (Significant fault) ทำการบันทึกตามความเหมาะสม
21. ทำการปรับปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge (ESD) generator gun) ให้สามารถปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตมีค่าเท่ากับ 4 kV ด้วยขั้วที่ได้ตรวจสอบในขั้นตอน 5 ว่ามีผลต่อเครื่องชั่งมากกว่าอีกขั้วหนึ่ง สำหรับการสัมผัสโดยตรงกับเครื่องชั่ง
22. จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 14 ถึง 19
23. ทำการปรับปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge (ESD) generator gun) ให้สามารถปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตมีค่าเท่ากับ 6 kV ด้วยขั้วที่ได้ตรวจสอบในขั้นตอน 5 ว่ามีผลต่อเครื่องชั่งมากกว่าอีกขั้วหนึ่ง สำหรับการสัมผัสโดยตรงกับเครื่องชั่ง
24. จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 14 ถึง 19
25. เอาตัวปรับสำหรับการปลดปล่อยประจุโดยตรง (the contact discharge adapter) ออกจาก ESD generator gun และปรับปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge (ESD) generator gun) ให้สามารถปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตมีค่าเท่ากับ 8 kV
26. กดปุ่มสำหรับให้ปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตปลดปล่อย จากนั้นนำปลายปืนเข้าหาตัวเครื่องชั่งจนกระทั่งห่างจากตัวเครื่องชั่งหรือให้ใกล้กับเครื่องชั่งให้มากที่สุดประมาณ 1 มม. วิธีการนี้คือการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรงผ่านอากาศ (air discharges) ไปยังเครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
27. จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 14 ถึง 19
28. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge, B.3.3) ในกรณีการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรง (Direct discharge) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.3.3 นั้นคือการเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation) ก็ต่อเมื่อผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น
29. หากเครื่องชั่งไม่ผ่านการทดสอบดังกล่าวนี้ให้ทำการบันทึกลงใน Evaluation Report No. 12.3 บ่งบอกว่าจุดสัมผัสใดที่ไม่ผ่าน อาจจะทำการวาดภาพหรือถ่ายรูปมุมมองของจุดทดสอบดังกล่าว

ตัวอย่าง การทดสอบการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge, B.3.3) ในกรณีการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรง (Direct discharge) ดังแสดงในรูปที่ 208

12.3 Electrostatic discharges (B.3.3) (Example only)

(a) Direct application

Application N°:	R1996/475
Pattern designation:	Model RP - 15Y
Date:	14/1/98
Observer:	I. Examiner
Verification scale interval e:	2/5 g

	At start	At max	At end	
Temp:	23.1			°C
Rel. h:	51.4			%
Time:	11:40			
Bar. pres:				hPa

(only class Ⓘ)

[X] Contact discharges [ ] Paint penetration

[X] Air discharges Polarity(*) : [ ] pos [X] neg

Load	Discharges			Result		
	Test voltage (kV)	Number of discharges ≥ 10	Repetition interval(s)	Indication, I	Significant fault (> e) No	Yes (remarks, test points)
3 kg	Without disturbance					
	2	10	10 s	3.000 kg	X	see ①
	4	10	10	3.000	X	see ①
	6	10	10	3.000	X	see ①
	8 (air discharges)	10	10	3.000	X	see ②

	Without disturbance					
	2					
	4					
	6					
	8 (air discharges)					

[X] Passed [ ] Failed

Remarks:

① No visible effect
② On two occasions the EUT did a power up routine

Note: If the EUT fails, the test point at which this occurs shall be recorded

(*) IEC 61000-4-2 specifies that the test shall be conducted with the most sensitive polarity

รูปที่ 208 ตัวอย่างผลการทดสอบการรบกวนเครื่องชั่งด้วยการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge) โดยทางตรง (Direct)

12.3 Electrostatic discharges (B.3.3)

a) Direct application

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification
scale interval e: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

☐ Contact discharges ☐ Paint penetration

☐ Air discharges Polarity(*): ☐ pos ☐ neg

Load	Discharges			Result		
	Test voltage (kV)	Number of discharges ≥ 10	Repetition interval(s)	Indication I	Significant fault (>e) No	Significant fault (>e) Yes (remarks, test points)
10e =	without disturbance					
	2					
	4					
	6					
	8 (air discharges)					
	without disturbance					
	2					
	4					
	6					
	8 (air discharges)					

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

Note: If the EUT fails, the test point at which this occurs shall be recorded.

(*) IEC 801-2 specifies that the test shall be conducted with the most sensitive polarity.

รูปที่ 209 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการรบกวนเครื่องชั่งด้วยการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge) (OIML R76-2)

Electrostatic discharges (cont.)

b) Indirect application (contact discharges only)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....
Verification scale interval e: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Polarity(*): ☐ pos ☐ neg

Horizontal coupling plane

Load	Discharges			Result		
	Test voltage (kV)	Number of discharges ≥ 10	Repetition interval(s)	Indication I	Significant fault (>e) No	Yes (remarks)
10e =	without disturbance					
	2					
	4					
	6					
	without disturbance					
	2					
	4					
	6					

Vertical coupling plane

Load	Discharges			Result		
	Test voltage (kV)	Number of discharges ≥ 10	Repetition interval(s)	Indication I	Significant fault (>e) No	Yes (remarks)
10e =	without disturbance					
	2					
	4					
	6					
	without disturbance					
	2					
	4					
	6					

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

Note: If the EUT fails, the test point at which this occurs shall be recorded.

(*) IEC 801-2 specifies that the test shall be conducted with the most sensitive polarity.

รูปที่ 209 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการรบกวนเครื่องชั่งด้วยการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge) (OIML R76-2)

Report page .... /....

Electrostatic discharges (cont.)

Specification of test points of EUT (direct application), e.g. by photos or sketches

a) Direct application

Contact discharges:

Air discharges:

b) Indirect application

รูปที่ 209 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบการรบกวนเครื่องชั่งด้วยการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge) (OIML R76-2)

(b) การปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต โดยทางอ้อม (Indirect discharge)

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. IEC 61000-4-2
3. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 12.3; (Page 29 to 30)
4. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
5. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
9. เครื่องกำเนิดปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge (ESD) generator gun to meet OIML criteria)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. ติดตั้งเครื่องมือในการทดสอบตามข้อกำหนด IEC 61000-4-2, Clause 8.3.2 และก่อนทำการทดสอบใดๆต้องจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพ
3. ติดตั้งเครื่องมือปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge (ESD) generator gun) ให้สามารถปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตอย่างต่อเนื่อง และทำการปลดปล่อยประจุตลอดตัวเครื่องชั่งเพื่อทำการตรวจสอบว่าขั้วใดที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องชั่งมากที่สุด สำหรับการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรงผ่านอากาศ (air discharges) ไปยังเครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบและใช้แรงดัน 8 kV *หมายเหตุ* ตำแหน่งที่เป็นสกรูและน็อตทุกตัวควรทดสอบด้วย
   หมายเหตุ โดยทั่วไปมักพบว่าเครื่องชั่งส่วนใหญ่จะไม่ได้รับผลกระทบใดๆ จากการรบกวนด้วยวิธีการนี้ หากเครื่องชั่งไม่ผ่านการทดสอบนี้ก็มักจะเป็นผลจากขั้วเดียวกับขั้วที่ทดสอบในการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรง (Direct discharge) ด้วยเหตุนี้ขั้วที่ใช้ในการทดสอบนี้ควรเป็นขั้วเดียวกับขั้วที่ใช้ในการทดสอบการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยตรง
4. ติดตั้งตัวปรับสำหรับการปลดปล่อยประจุโดยตรง (the contact discharge adapter) เข้ากับ ESD generator gun
5. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3

6. บันทึกเวลา, ความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
7. ต้องมั่นใจว่าสภาวะแวดล้อมเป็นไปตามที่กำหนดคือ
   - อุณหภูมิแวดล้อม (ambient temperature) 15 °C ถึง 35 °C
   - ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) 25% ถึง 75% และ
   - ความดัน (pressure) 86 kPa ถึง 106 kPa (เครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I)
8. วางน้ำหนักทดสอบมีค่าน้ำหนักระหว่าง 10% ถึง 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง (Max) ลงบนส่วนรับน้ำหนักจำนวนหนึ่ง แต่ต้องแน่ใจว่าค่าน้ำหนักทดสอบดังกล่าวมีค่าสูงกว่าค่าพิกัดกำลังต่ำสุดของเครื่องชั่ง
9. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I
10. ทำให้เครื่องชั่งแสดงการอ่านค่าให้อยู่ตรงตำแหน่งตรงกลางของ e ด้วยวิธีการหาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดังต่อไปนี้
    (a) วางน้ำหนักเสริม (an additional weights) มีค่าเท่ากับ 0.5e เพิ่มลงไปรวมกับน้ำหนักทดสอบที่มีอยู่เดิมบนส่วนรับน้ำหนักที่ได้ใส่ไว้ในขั้นตอน 6
    (b) เพิ่มน้ำหนักเสริม (an additional weights) มีค่าเท่ากับ 0.1e ที่ละชิ้น จนกระทั่งถึงจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และ
    (c) เอาน้ำหนักเสริมมีค่าเท่ากับ 0.5e ออกจากส่วนรับน้ำหนัก ให้เหลือเฉพาะน้ำหนักเสริมที่ใส่เพิ่มลงไปในขั้นตอน (b)
11. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I ในกรณีนี้ยังไม่มีการรบกวนเครื่องชั่งแต่อย่างใด
12. เริ่มทำการรบกวนเครื่องชั่ง โดยทำการปรับปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge (ESD) generator gun) ให้สามารถปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตมีค่าเท่ากับ 2 kV ด้วยขั้วที่ได้ตรวจสอบในขั้นตอน 3 ว่ามีผลต่อเครื่องชั่งมากกว่าอีกขั้วหนึ่ง สำหรับการสัมผัสโดยตรงกับเครื่องชั่ง
13. นำปลายปืนปลดปล่อย ประจุไฟฟ้าสถิตสัมผัสโดยตรงกับส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่องชั่งในระนาบขนานกับพื้นแนวราบ (the horizontal coupling plane) จากนั้นเปิดสวิตช์ให้มีการปลดปล่อยประจุออกมา
14. หลังจากปลดปล่อยประจุ ให้เอาปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตออกจากการสัมผัสเครื่องชั่งโดยตรง
15. คอยเป็นเวลาอย่างน้อย 10 วินาที จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 12 ถึง 14 อย่างน้อยอีก 9 ครั้ง รวมกันทั้งหมดเป็น 10 ครั้ง ทั้งนี้ช่วงระยะเวลาระหว่างการปล่อยประจุในแต่ละครั้งควรห่างกันอย่างน้อย 10 วินาที
16. บันทึกจำนวนครั้งของการปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต และช่วงระยะเวลาระหว่างการปล่อยประจุในแต่ละครั้ง
17. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I และทำการบันทึกในรายงานถึงการเปลี่ยนแปลงใดๆที่อาจเกิดขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบการแสดงผลการชั่งระหว่างที่เครื่องชั่งยังไม่มีการรบกวนแต่อย่างใดเทียบกับขณะที่ทำการรบกวนเครื่องชั่ง

18. ทำการสังเกตว่าเครื่องชั่งมีความผิดพลาดที่สำคัญหรือไม่ (Significant fault) ทำการบันทึกตามความเหมาะสม
19. ทำการปรับปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge (ESD) generator gun) ให้สามารถปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตมีค่าเท่ากับ 4 kV ด้วยขั้วที่ได้ตรวจสอบในขั้นตอน 3 ว่ามีผลต่อเครื่องชั่งมากกว่าอีกขั้วหนึ่ง สำหรับการสัมผัสโดยตรงกับเครื่องชั่ง
20. จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 12 ถึง 17
21. ทำการปรับปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge (ESD) generator gun) ให้สามารถปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตมีค่าเท่ากับ 6 kV ด้วยขั้วที่ได้ตรวจสอบในขั้นตอน 3 ว่ามีผลต่อเครื่องชั่งมากกว่าอีกขั้วหนึ่ง สำหรับการสัมผัสโดยตรงกับเครื่องชั่ง
22. จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 12 ถึง 17
23. จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 9 ถึง 22 นำปลายปืนปลดปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตสัมผัสโดยตรงกับส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่องชั่งในแนวตั้งฉากกับพื้นแนวราบ (the vertical coupling plane) จากนั้นเปิดสวิตซ์ให้มีการปลดปล่อยประจุออกมา
24. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge, B.3.3) ในกรณีการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิตโดยทางอ้อม(Indirect discharge) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.3.3 นั้นคือการเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation) ก็ต่อเมื่อผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะ ได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น
25. หากเครื่องชั่งไม่ผ่านการทดสอบดังกล่าวนี้ให้ทำการบันทึกลงใน Evaluation Report No. 12.3 บ่งบอกว่าจุดสัมผัสใดที่ไม่ผ่าน อาจจะทำการวาดภาพหรือถ่ายรูปมุมมองของจุดทดสอบดังกล่าว

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 28

B.4 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

สำหรับการทดสอบดังกล่าวนี้ไม่ต้องดำเนินการทดสอบกับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ในขั้นตอนที่จะกระทำการทดสอบต่อไปนี้ถือเป็นการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่งครั้งแรก โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิคงที่ค่านี้

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
28.	**Span stability** **G. Test (7)**	**14**	**แนะนำให้ดำเนินการทดสอบหลังจากทดสอบ ESD และ EMS**

OIML R76-1:	B.4 (ดูบทที่ 6)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 28

การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 14; (Page 36 to 41)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
3. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ, L ว่าค่าน้ำหนักดังกล่าวเป็นค่าน้ำหนักเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดหรือค่าใกล้เคียงกับค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max - 5e) เนื่องจากจะต้องคำนึงถึงการสอบเทียบย้อนกลับได้ และต้องใช้น้ำหนักทดสอบเดียวกันในการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ทั้ง 8 ครั้ง ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6, 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30

สำหรับแต่ละการวัด (For each measurement)

1. ทำการบันทึกครั้งที่ทำการทดสอบ อีกทั้งบันทึกเงื่อนไขการวัด ถ้าหากการวัดใดได้ดำเนินการ
   - หลังจากผ่านการทดสอบอุณหภูมิ (Temperature Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบ จากนั้นทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
   - หลังจากผ่านการทดสอบความชื้น (Humidity Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบ
   - ต้องทำการถอด EUT ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่ว่าเป็นกรณีที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือไฟฟ้ากระแสตรง เป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง จากนั้นจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพหลังจากทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
   - หลังจากเปลี่ยนตำแหน่งการวางเครื่องชั่ง หรือ
   - ภายใต้สภาวะเงื่อนไขจำเพาะพิเศษ
2. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
3. บันทึกเวลา, อุณหภูมิแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความดัน
4. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
5. วางน้ำหนักทดสอบ
6. เอาน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักออกไป หากมีการใส่ในขั้นตอน 4
7. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I_L
8. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
9. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก
10. คำนวณหาค่าผลผิดที่น้ำหนักทดสอบ, E_L จาก $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
11. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E_L - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ
12. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ที่เป็นครั้งแรกในกรณีนี้ (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการทดสอบใหม่ซ้ำอีกมากกว่า 4 ครั้งซ้ำตามขั้นตอน 4 ถึง 11
13. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test)ครั้งแรก (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการคำนวณและบันทึก ต่อไปนี้
    - Average error = Average $(E_L - E_0)$

- $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min}$ และ
- 0.1e

14. ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \leq 0.1e$ แล้วการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบครั้งต่อไป (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30) ให้ดำเนินการทดสอบเพียงครั้งเดียว ถือว่าผลการทดสอบเพียงพอต่อการทดสอบการวัดของการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่งลำดับถัดมา แต่ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \geq 0.1e$ จำเป็นต้องทำการทดสอบด้วยน้ำหนักทดสอบจำนวน 5 ค่าเช่นเดียวกับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 และต้องทำการบันทึกค่าและคำนวณค่าทุกค่าน้ำหนักทดสอบ นอกจากนี้แล้วต้องใช้ค่าน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเช่นเดียวกับที่ใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 กับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30 ด้วย
15. หลังจากทำการทดสอบสำเร็จสิ้นแต่ละการวัดแล้วให้ทำการเขียนกราฟค่าผลผิดเฉลี่ยลงบนกราฟที่ OIML R76-2 (page 41) กำหนดให้ และต้องปล่อยให้ EUT อยู่ในช่วงการพักฟื้นก่อนด้วยเวลาที่เหมาะสมก่อนดำเนินการทดสอบใดๆ
16. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ;B.4 และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.4 นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation); $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min}$ ค่าผลผิดของการแสดงค่าต้องไม่เกิน ½ ของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง หรือ ½ ของค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรองชั้นแรกที่น้ำหนักทดสอบนั้นๆ เลือกค่าที่มากกว่า เมื่อผลต่างของผลการชั่งแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มที่จะมีค่าเกินกว่า ½ ของค่าที่ยอมให้ได้ตามที่กำหนดไว้ข้างบน การทดสอบต้องดำเนินการจนแนวโน้มดังกล่าวหยุดนิ่งหรือเบี่ยงกลับมาในทิศทางตรงกันข้าม หรือจนกระทั่งผลผิดมีค่าเกินกว่าค่ามากที่สุดที่ยอมให้ได้ในการเปลี่ยนแปลง

บทที่ 18

- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 29
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 30
- ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 31

เนื้อหาครอบคลุม

1 ภูมิต้านทานต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Immunity to radiated electromagnetic fields)

2 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

3 การทดสอบความคงทน (ทดสอบเฉพาะเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III และ IIII ที่มีค่าพิกัดกำลังสูงสุด ≤ 100 กก.) (Endurance test)

ในขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 29 ภูมิต้านทานต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Immunity to radiated electromagnetic fields, B.3.4) ถือเป็นการทดสอบสมรรถนะเครื่องชั่งเมื่อได้รับการรบกวนจากปัจจัยภายนอกโดยเฉพาะจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีอยู่โดยทั่วไป เช่นจากอุปกรณ์สื่อสารวิทยุติดตามตัว โทรศัพท์เคลื่อนที่ แม้แต่โทรทัศน์ก็เป็นแหล่งก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น แต่อย่างไรความเข้มของสนามแม่เหล็กที่รั่วไหลออกจากอุปกรณ์ต่างๆนั้นจะมีมากหรือน้อยเพียงใดก็ขึ้นกับแต่ละชนิดและคุณภาพของอุปกรณ์นั้น ด้วยเหตุนี้เราจึงจำเป็นต้องทำการทดสอบการรบกวนเครื่องชั่งด้วยสนามแม่เหล็กด้วยความเข้มและลักษณะรูปแบบของสนามแม่เหล็กที่แตกต่างกันด้วยหลายระดับ เพื่อมั่นใจว่าเมื่อนำเครื่องชั่งไปใช้งานจริงแล้วในทางปฏิบัติเครื่องชั่งยังคงสามารถทำการชั่งและให้ผลการชั่งที่ถูกต้องแม่นยำในระดับที่มั่นใจได้ระดับหนึ่งการทดสอบในขั้น

ตอนการตรวจสอบต้นแบบขั้นตอนนี้ไม่ใช่เป็นการทดสอบเนื่องจากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานตามที่มีการแยกแยะในข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 5.4.3 จากนั้นตามด้วยขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 30 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test, B.4) เป็นการตอกย้ำว่าเครื่องชั่งหลังจากถูกทำการรบกวนแล้วเมื่อกลับคืนสู่สภาวะเสถียรแล้วยังคงมีขีดความสามารถในการชั่งอยู่อีกหรือไม่ อีกครั้งหนึ่ง

ปิดท้ายรายการการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติด้วยขั้นตอนตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 31 การทดสอบความคงทน (ทดสอบเฉพาะเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III และ IIII ที่มีค่าพิกัดกำลังสูงสุด $\leq$ 100 กก.) (Endurance test, A.6); 3.9.4.3 เป็นการจำลองขั้นตอนสุดท้ายถึงอายุการใช้งานของเครื่องชั่ง ทั้งนี้เครื่องชั่งไม่อัตโนมัติควรได้รับการผลิตให้มีความคงทนและสามารถใช้งานได้ด้วยระยะเวลานานตามความเหมาะสม ทั้งนี้เพื่อเป็นการสร้างความยุติธรรมให้กับผู้ซื้อเครื่องชั่งควรได้รับผลิตภัณฑ์สมกับราคาที่จ่ายไปและผู้ผลิตก็ใช้ต้นทุนในการผลิตที่สามารถมีกำไรได้บ้างเช่นกัน

เพื่อความเข้าใจมากขึ้นในการตรวจสอบขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบเครื่องชั่งไม่อัตโนมัติลำดับที่ 29 , 30 และ 31 ควรทำความเข้าใจในเนื้อหาข้อกำหนดใน OIML R76-1, ข้อกำหนด 3.9.4.3, 5.4.3, A.6,B.3, B.3.4, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-2 และ B.4

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 29

B.3.4 ภูมิต้านทานต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Immunity to radiated electromagnetic fields)

การดำเนินการทดสอบนี้กระทำโดยให้ EUT ได้รับการรบกวนจากการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยปริมาณที่กำหนด (specified electromagnetic fields)

หมายเหตุ เนื่องจากขณะที่ทำการเขียนข้อกำหนดนี้ IEC 801-3 กำลังได้รับการปรับปรุงแก้ไขใหม่ดังนั้นจึงไม่ทราบปี ค.ศ. ที่แน่นอนแต่อย่างไรก็ตามหาก IEC 801-3 ที่ได้รับการแก้ไขใหม่นั้นเผยแพร่ออกมาก็ให้ใช้ข้อกำหนดดังกล่าว

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-3(....), N° 6
การเตรียมการทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-3(....), N° 7
ขั้นตอนการทดสอบ	ตามที่กำหนดใน IEC 801-3(....), N° 8

ก่อนทำการทดสอบใดๆต้องจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพ

การทดสอบด้วยการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ต้องจัดให้ EUT อยู่ภายใต้สนามแม่เหล็กด้วยความเข้มและลักษณะรูปแบบ ของสนามที่แตกต่างกันด้วยหลายระดับตามที่กำหนด

ขณะทำการทดสอบเครื่องชั่งต้องอยู่ภายใต้น้ำหนักทดสอบเล็กน้อยจำนวนค่าหนึ่ง

รูปแบบทดสอบ (Test severity) Level 2 (ตามที่กำหนดใน IEC 801-3(....), N° 6

Frequency range:		26 - 1000	MHz
Field strength	:	3	V/m
Modulation	:	80% AM, 1 kMHz sine wave	

การเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation) ผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิงตาม IEC Publications: ดูใน Bibliography/5/

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
29.	**Immunity to radiated electromagnetic fields**	**14**	

OIML R76-1: B.3.4 (ดูบทที่ 6)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 29

ภูมิต้านทานต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Immunity to radiated electromagnetic fields, B.3.4)

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 12.4; (Page 31 to 32)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา

6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
9. ห้องทดสอบความไวต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กตามที่ OIML กำหนด (Radiated electromagnetic susceptibility test chamber and test equipment to meet OIML criteria) ต้องเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขีดความสามารถลดค่าความสูงของแรงดันไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับจำนวน 1 คาบหรือมากกว่าครึ่งคาบ (ณ ที่จุดตัดศูนย์)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. ต้องมั่นใจว่าห้องทดสอบความไวต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กตามที่ OIML กำหนด (Radiated electromagnetic susceptibility test chamber and test equipment to meet OIML criteria) นั้นมี "uniform area" ได้รับการสอบเทียบตามที่กำหนดใน IEC-61000-4-3 Clause 6.2
   หมายเหตุ uniform area หมายถึงตำแหน่งที่เมื่อทำการแผ่สนามแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาแล้วตำแหน่งดังกล่าวจะได้รับผลเนื่องจากสนามแม่เหล็กในลักษณะคงที่ทั้งในส่วนของความเข้มข้นและทิศทาง
3. กำหนดอัตราการเปลี่ยนค่าสนามแม่เหล็ก (the rate of sweep) เช่น 1.5 m Decade/sตามที่กำหนดใน IEC-61000-4-3 Clause 8 ทำการบันทึกค่าดังกล่าว
4. บันทึกชนิดของเสาอากาศ (antenna) ที่ใช้ (อ้างถึง IEC-61000-4-3 Annex B ถ้าจำเป็น) โดยชนิดของเสาอากาศควรมีขีดความสามารถในการปล่อยความถี่ได้เต็มช่วงความถี่ที่ต้องการคือ 26 ถึง 1000 MHz ในบางครั้งอาจจำเป็นต้องใช้เสาอากาศมากกว่า 1 ตัวเนื่องจากต้องให้ครอบคลุมค่าช่วงความถี่ดังกล่าว
5. บันทึกช่วงความถี่ทดสอบ
6. วางเครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบลงบนฐานที่เตรียมไว้โดยหันด้านหน้าเครื่องชั่งเข้าหาเสาอากาศตามที่กำหนดในข้อกำหนด IEC-61000-4-3 Clause 7
7. บันทึกลักษณะการติดตั้งเครื่องชั่งและสายสัญญาณหรือสายไฟฟ้าที่ใช้ โดยการถ่ายรูปเก็บไว้
8. ตรวจสอบความสูงและระยะห่างระหว่างเสาอากาศกับเครื่องชั่งให้อยู่ในตำแหน่ง "uniform area" ที่กำหนดไว้
9. ทำการสุ่มตรวจสอบจำนวนจุดตาข่ายสอบเทียบ (a number of calibration grid points) ในบริเวณ "uniform area" ทั้งในความเป็นขั้วในแนวระนาบและในแนวดิ่ง (both the horizontal and vertical polarities)
10. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
11. บันทึกเวลา, ความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

12. วางน้ำหนักทดสอบมีค่าน้ำหนักระหว่าง 10% ถึง 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง (Max) ลงบนส่วนรับน้ำหนักจำนวนหนึ่ง แต่ต้องแน่ใจว่าค่าน้ำหนักทดสอบดังกล่าวมีค่าสูงกว่าค่าพิกัดกำลังต่ำสุดของเครื่องชั่ง
13. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I
14. ทำการบันทึกชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเป็นน้ำหนักทดสอบว่าเป็นวัสดุชนิดใด เช่น ไม้ พลาสติกหรือกระดาษ ทั้งนี้และทั้งนั้นต้องไม่ใช่โลหะหรือวัสดุเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
15. ทำให้เครื่องชั่งแสดงการอ่านค่าให้อยู่ตรงตำแหน่งตรงกลางของ e ด้วยวิธีการหาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดังต่อไปนี้
    (a) วางน้ำหนักเสริม (an additional weights) (ต้องไม่ใช่โลหะหรือวัสดุเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ควรเป็นไม้, พลาสติก, หรือกระดาษ) มีค่าเท่ากับ 0.5e เพิ่มลงไปรวมกับน้ำหนักทดสอบที่มีอยู่เดิมบนส่วนรับน้ำหนักที่ได้ใส่ไว้ในขั้นตอน 12
    (b) เพิ่มน้ำหนักเสริม (an additional weights) มีค่าเท่ากับ 0.1e ที่ละชิ้น จนกระทั่งถึงจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และ
    (c) เอาน้ำหนักเสริมมีค่าเท่ากับ 0.5e ออกจากส่วนรับน้ำหนัก ให้เหลือเฉพาะน้ำหนักเสริมที่ใส่เพิ่มลงไปในขั้นตอน (b)
16. บันทึกผลการแสดงการชั่ง I ในกรณีนี้ยังไม่มีการรบกวนเครื่องชั่งแต่อย่างใด
17. เริ่มทำการรบกวนเครื่องชั่ง โดยใช้เสาอากาศให้อยู่ในตำแหน่งขั้วแนวดิ่ง (Vertical polarization) ทำการกวาดค่าความเข้มข้นสนามแม่เหล็กด้วยอัตราการเปลี่ยนค่าสนามแม่เหล็ก (the rate of sweep) ตามที่กำหนดใน IEC-61000-4-3 Clause 8 แนะนำให้คงความถี่ไว้ด้วยเวลาน้อยที่สุด (a minimum dwell time) เท่ากับ 3 วินาทีในแต่ละความถี่
18. บันทึกในรายงานถึงการเปลี่ยนแปลงใดๆที่อาจเกิดขึ้นระหว่างทำการรบกวน บันทึกผลการแสดงการชั่ง I ที่เป็นการเปลี่ยนแปลงของส่วนแสดงค่าที่เปลี่ยนมากที่สุดเมื่อทำการเปรียบเทียบการแสดงผลการชั่งระหว่างที่เครื่องชั่งยังไม่มีการรบกวนแต่อย่างใดเทียบกับขณะที่ทำการรบกวน
19. ตรวจสอบว่าส่วนแสดงค่ายังคงแสดงค่าตรงตำแหน่งกึ่งกลางของ e อยู่หรือไม่ตามวิธีการที่ระบุในขั้นตอน 15 ถ้าหากส่วนแสดงค่าไม่ได้แสดงค่าตรงตำแหน่งกึ่งกลางของ e ให้ทำการปรับแต่งให้แสดงค่าตรงตำแหน่งกึ่งกลางของ e
20. ทำการสังเกตว่าเครื่องชั่งมีความผิดพลาดที่สำคัญหรือไม่ (Significant fault) ทำการบันทึกตามความเหมาะสม
21. จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 14 ถัดไปเป็นขั้นตอน 16 ถึง 19 โดยทำการหันหลังเครื่องชั่งให้กับเสาอากาศ
22. จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 14 ถัดไปเป็นขั้นตอน 16 ถึง 19 โดยทำการหันข้างซ้ายของเครื่องชั่งให้กับเสาอากาศ
23. จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 14 ถัดไปเป็นขั้นตอน 16 ถึง 19 โดยทำการหันข้างขวาของเครื่องชั่งให้กับเสาอากาศ
24. ปรับเสาอากาศให้อยู่ในตำแหน่งขั้วแนวระดับ (Horizontal polarization) ทำการกวาดค่าความเข้มข้นสนามแม่เหล็กด้วยอัตราการเปลี่ยนค่าสนามแม่เหล็ก (the rate of sweep) ตามที่กำหนดใน

IEC-61000-4-3 Clause 8 แนะนำให้คงความถี่ไว้ด้วยเวลาน้อยที่สุด (a minimum dwell time) เท่ากับ 3 วินาทีในแต่ละความถี่ จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 14 ถัดไปเป็นขั้นตอน 16 ถึง 20

25. ถ้าหากจำเป็นต้องดำเนินการเปลี่ยนเสาอากาศเพื่อให้ครอบคลุมช่วงความถี่ที่ต้องการทดสอบแล้ว ให้ดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน 14 ถัดไปเป็นขั้นตอน 16 ถึง 23
26. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบภูมิต้านทานต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Immunity to radiated electromagnetic fields, B.3.4) และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.3.4 นั้นคือการเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation) ก็ต่อเมื่อผลต่างระหว่างการแสดงค่าผลการชั่งขณะได้รับการรบกวนเทียบกับการแสดงค่าผลการชั่งขณะไม่ถูกรบกวนต้องมีค่าไม่เกิน 1e หรือเครื่องชั่งต้องสามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อค่าความผิดที่มีนัยสำคัญ (a significant fault) ที่เกิดขึ้น

ตัวอย่าง การทดสอบภูมิต้านทานต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Immunity to radiated electromagnetic fields, B.3.4) ดังแสดงในรูปที่ 210

12.4 Immunity to Radiated Electromagnetic Fields (B.3.4) (Example only)

Application N°: R1996/475
Pattern designation: Model RP - 15Y
Date: 14/1/98
Observer: I. Examiner

	At start	At max	At end	
Temp:	22.6			°C
Rel. h:	56.9			%
Time:	13:15			
Bar. pres:				hPa

(only class ①)

Rate of sweep: 1.5 m Decade/s

Load: 3.0 kg

Material load: wood and plastic

Disturbance				Result		
Antenna	Frequency range (MHz)	Polarization	Facing EUT	Indication, I	Significant fault (> e) No	Yes (remarks)
without disturbance				3.000 kg		
Biconi-log	26–80	Vertical	Front	3.000	X	
			Right	3.000	X	
			Left	3.000	X	
			Rear	3.000	X	
		Horizontal	Front	3.000	X	
			Right	3.000	X	
			Left	3.000	X	
			Rear	3.000	X	
Biconi-log	80–1000	Vertical	Front	3.004		X 389.21397 MHz
			Right	3.002	X	
			Left	3.002	X	
			Rear	3.002	X	
		Horizontal	Front	3.002	X	
			Right	3.010		X 294.57098 MHz
			Left	3.008		X 294.57098 MHz
			Rear	3.004		X 812.77452 MHz

Frequency range: 26–1000 MHz
Field strength: 3 V/m
Modulation: 80% AM, 1 kHz sine wave

☐ Passed ☒ Failed

Remarks:
Where the EUT failed only the maximum displayed error is recorded above. Refer to the test log report for the points of failure.

Note: If EUT fails, the frequency at which this occurs shall be recorded.

รูปที่ 210 ตัวอย่างผลการทดสอบภูมิต้านทานต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Immunity to radiated electromagnetic fields)

12.4 Immunity to radiated electromagnetic fields (B.3.4)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Date: .....
Observer: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

Rate of sweep: ☐

Load: ☐ Material load:

Disturbance				Result		
Antenna	Frequency range (MHz)	Polarization	Facing EUT	Indication I	Significant fault No	Significant fault Yes (remarks)
without disturbance						
		Vertical	Front			
			Right			
			Left			
			Rear			
		Horizontal	Front			
			Right			
			Left			
			Rear			
		Vertical	Front			
			Right			
			Left			
			Rear			
		Horizontal	Front			
			Right			
			Left			
			Rear			

Frequency range: 26-1 000 MHz
Field strength: 3 V/m
Modulation: 80 % AM, 1 kHz sine wave

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

Note: If EUT fails, the frequency at which this occurs shall be recorded.

รูปที่ 211 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบภูมิต้านทานต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Immunity to radiated electromagnetic fields) (OIML R76-2)

Immunity to radiated electromagnetic fields (cont.)

Description of the set-up of EUT, e.g. by photos or sketches:

รูปที่ 211(ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบภูมิต้านทานต่อการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Immunity to radiated electromagnetic fields) (OIML R76-2)

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 30

B.4 การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test)

สำหรับการทดสอบดังกล่าวนี้ไม่ต้องดำเนินการทดสอบกับเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ในขั้นตอนที่จะกระทำการทดสอบต่อไปนี้ถือเป็นการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่งครั้งแรก โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิคงที่ค่านี้

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
30.	**Span stability** **H. Test (8)**	15	**สวิตช์ปิด EUT ให้มากกว่า 8 ชั่วโมง และจากนั้นสวิตช์เปิด EUT ทิ้งไว้เป็นเวลามากกว่า 5 ชั่วโมงก่อนทดสอบ**

OIML R76-1: B.4 (ดูบทที่ 6)

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 30

การทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (Span stability test); B.4

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 14; (Page 36 to 41)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหากเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ
2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
3. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ, L ว่าค่าน้ำหนักดังกล่าวเป็นค่าน้ำหนักเท่ากับพิกัดกำลังสูงสุดหรือค่าใกล้เคียงกับค่าพิกัดกำลังสูงสุด (Max – 5e) เนื่องจากจะต้องคำนึงถึงการสอบเทียบย้อนกลับได้ และต้องใช้น้ำหนักทดสอบเดียวกันในการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ทั้ง 8 ครั้ง ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6, 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30

สำหรับแต่ละการวัด (For each measurement)

1. ทำการบันทึกครั้งที่ทำการทดสอบ อีกทั้งบันทึกเงื่อนไขการวัด ถ้าหากการวัดใดได้ดำเนินการ
    - หลังจากผ่านการทดสอบอุณหภูมิ (Temperature Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบ จากนั้นทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
    - หลังจากผ่านการทดสอบความชื้น (Humidity Test) ต้องจัดให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงหลังจากผ่านการทดสอบ
    - ต้องทำการถอด EUT ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่ว่าเป็นกรณีที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือไฟฟ้ากระแสตรง เป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง จากนั้นจัดให้ EUT อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่คงที่และเสถียรภาพหลังจากทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อยเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
    - หลังจากเปลี่ยนตำแหน่งการวางเครื่องชั่ง หรือ
    - ภายใต้สภาวะเงื่อนไขจำเพาะพิเศษ
2. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
3. บันทึกเวลา, อุณหภูมิแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความดัน
4. ทำการอ่านค่าศูนย์ (a zero reading) ที่ตำแหน่งศูนย์ หรือที่ตำแหน่ง 10e หากต้องการให้เครื่องชั่งอยู่นอกช่วงการรักษาศูนย์ หรือการตั้งศูนย์อัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อหาค่าผลผิดที่ศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 2
5. วางน้ำหนักทดสอบ
6. เอาน้ำหนักเท่ากับ 10e บนส่วนรับน้ำหนักออกไป หากมีการใส่ในขั้นตอน 4
7. บันทึกค่าน้ำหนักทดสอบ L และผลการแสดงการชั่ง I_L
8. หาจุดตำแหน่งเปลี่ยนจุด (Changeover point) ดำเนินการตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 1 และทำการบันทึกผลค่า ΔL
9. เอาน้ำหนักทดสอบทั้งหมดออกจากส่วนรับน้ำหนัก

10. คำนวณหาค่าผลผิดที่น้ำหนักทดสอบ, E_L จาก $E_L = I_L + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
11. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E_L - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ
12. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ที่เป็นครั้งแรกในกรณีนี้ (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการทดสอบใหม่ซ้ำอีกมากกว่า 4 ครั้งซ้ำตามขั้นตอน 4 ถึง 11
13. สำหรับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test)ครั้งแรก (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6) ให้ทำการคำนวณและบันทึก ต่อไปนี้
    - Average error = Average $(E_L - E_0)$
    - $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min}$ และ
    - 0.1e
14. ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \leq 0.1e$ แล้วการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบครั้งต่อไป (ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30) ให้ดำเนินการทดสอบเพียงครั้งเดียว ถือว่าผลการทดสอบเพียงพอต่อการทดสอบการวัดของการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่งลำดับถัดมา แต่ถ้าหาก $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min} \geq 0.1e$ จำเป็นต้องทำการทดสอบด้วยน้ำหนักทดสอบจำนวน 5 ค่าเช่นเดียวกับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 และต้องทำการบันทึกค่าและคำนวณค่าทุกค่าน้ำหนักทดสอบ นอกจากนี้แล้วต้องใช้ค่าน้ำหนักทดสอบที่มีค่าเช่นเดียวกับที่ใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 6 กับขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 10, 15, 16, 22, 24, 28, และ 30 ด้วย

15. หลังจากทำการทดสอบเสร็จสิ้นแต่ละการวัดแล้วให้ทำการเขียนกราฟค่าผลผิดเฉลี่ยลงบนกราฟที่ OIML R76-2 (page 41) กำหนดให้ และต้องปล่อยให้ EUT อยู่ในช่วงการพักฟื้นก่อนด้วยเวลาที่เหมาะสมก่อนดำเนินการทดสอบใดๆ
16. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบเสถียรภาพของช่วงการชั่ง (span stability test) ;B.4 และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด B.4 นั้นคือการเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้สูงสุด (Maximum allowable variation); $(E_L - E_0)_{Max} - (E_L - E_0)_{Min}$ ค่าผลผิดของการแสดงค่าต้องไม่เกิน ½ ของค่าขั้นหมายมาตราตรวจรับรอง หรือ ½ ของค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดสำหรับการตรวจรับรองชั้นแรกที่น้ำหนักทดสอบนั้นๆ เลือกค่าที่มากกว่า เมื่อผลต่างของผลการชั่งแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มที่จะมีค่าเกินกว่า ½ ของค่าที่ยอมให้ได้ตามที่กำหนดไว้ข้างบน การทดสอบต้องดำเนินการจนแนวโน้มดังกล่าวหยุดนิ่งหรือเบี่ยงกลับมาในทิศทางตรงกันข้าม หรือจนกระทั่งผลผิดมีค่าเกินกว่าค่ามากที่สุดที่ยอมให้ได้ในการเปลี่ยนแปลง

การตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 31

A.6 การทดสอบความคงทน (ทดสอบเฉพาะเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III และ III ที่มีค่าพิกัดกำลังสูงสุด ≤ 100 กก.)(Endurance test, 3.9.4.3)

การที่จะดำเนินการทดสอบความคงทนของเครื่องชั่งต้องดำเนินการเป็นรายการสุดท้ายของขบวนการทดสอบต้นแบบเครื่องชั่งทั้งหมด

ภายใต้สภาวะการใช้งานปกติ เครื่องชั่งต้องอยู่ในสภาวะของการชั่งน้ำหนักและยกน้ำหนักดังกล่าวออกจากเครื่องชั่งซ้ำแล้วซ้ำเหล่า ด้วยน้ำหนักทดสอบที่มีค่าประมาณ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุดเป็นจำนวน 100,000 ครั้ง ความถี่และความเร็วของการวาง-ยกน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนักให้เป็นไปในลักษณะที่เครื่องชั่งเข้าสู่สมดุลแล้วทั้งหลังจากการวาง-ยก โดยให้แรงในการยก-วางต้องมีค่าไม่เกินกว่าแรงสำหรับการวาง-ยกเมื่อเครื่องชั่งทำงานปกติ

ให้ทำการทดสอบชั่งน้ำหนักตามวิธีการในข้อกำหนด A.4.4.1 ก่อนการทดสอบความคงทนเพื่อหาค่าผลผิดที่แฝง (the intrinsic error) การทดสอบการชั่งต้องดำเนินการหลังจากทำการวางน้ำหนักครบรอบถ้วนสมบูรณ์เพื่อหาค่าผลผิดด้านความคงทน (the durability error) เนื่องจากการสึกกร่อนและฉีกขาด

ถ้าเครื่องชั่งมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติหรือส่วนรักษาศูนย์ ส่วนดังกล่าวอาจยังคงทำงานได้ในระหว่างทำการทดสอบ แต่ต้องหาค่าผลผิดที่ตำแหน่งศูนย์ตามข้อกำหนด A.4.2.3.2

3.9.4.3 ผลผิดในด้านความคงทน (the durability error) ที่เกิดจากการสึกหรอ (wear) และการฉีกขาด (tear) ไม่ควรมากกว่าค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (the absolute value of the maximum permissible error) ที่น้ำหนักทดสอบนั้นๆ

ข้อกำหนดนี้ใช้กับเครื่องชั่งที่ต้องผ่านการทดสอบความคงทน (the endurance test) ตามที่กำหนดในข้อกำหนด A.6 โดยข้อกำหนดดังกล่าวกำหนดให้ทดสอบเฉพาะกับเครื่องชั่งที่มีพิกัดกำลังสูงสุดน้อยกว่า 100 กก.

ลำดับที่	การทดสอบ	จำนวนวัน (วัน)	เงื่อนไขพิเศษ
31.	**Endurance** **A. Initial test** **B. Final Test**	 **15** **20**	**การทดสอบนี้ต้องกระทำเป็นการทดสอบขั้นตอนสุดท้ายหลังจากการทดสอบใด ๆของการตรวจสอบต้นแบบ**

OIML R76-1:	A.6 (ดูบทที่ 6) 3.9.4.3

ขั้นตอนการตรวจสอบต้นแบบลำดับที่ 31

การทดสอบความคงทน (ทดสอบเฉพาะเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III และ IIII ที่มีค่าพิกัดกำลังสูงสุด ≤ 100 กก.)(Endurance test, A.6); 3.9.4.3

อุปกรณ์เครื่องมือประกอบ

1. OIML R76-1, R76-2
2. แบบฟอร์มประเมินผล (OIML R76-2 Evaluation Report No. 15; (Page 42 to 43)
3. เครื่องชั่งที่ต้องการทดสอบ
4. ตุ้มน้ำหนักทดสอบที่มีพิกัดกำลังครอบคลุมตั้งแต่พิกัดกำลังต่ำสุดจนถึงมีค่าพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature probe)
7. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity probe)
8. เครื่องวัดความดัน Barometer ถ้าหาคเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
9. เครื่องยกและวางน้ำหนักทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบ

1. บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องชั่งที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการทดสอบ

2. พิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวมีส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติ (the automatic zero-setting device) และส่วนรักษาศูนย์ (Zero-tracking device) หรือไม่ ถ้ามี สถานะของส่วนตั้งศูนย์อัตโนมัติและส่วนรักษาศูนย์เป็นอย่างไรโดยทดสอบด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 5 บันทึกผล
3. ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3
4. บันทึกเวลา, ความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
5. การทดสอบการชั่ง (Weighing Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 4
6. บันทึกผลลงในรายงาน Evaluation Report No. 15
7. คำนวณหาค่าผลผิด, E จาก $E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
8. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ
9. วางน้ำหนักทดสอบประมาณ 10e ลงบนส่วนรับน้ำหนักและวางให้ค้างอยู่บนส่วนรับน้ำหนักตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการยกและวางน้ำหนักทดสอบขึ้นจากและลงบนส่วนรับน้ำหนักจำนวน 100,000 ครั้ง สังเกตการหนีศูนย์ (zero shift) ของเครื่องชั่ง
10. ในการพิจารณาเลือกน้ำหนักทดสอบที่ทำการยกและวางน้ำหนักทดสอบขึ้นจากและลงบนส่วนรับน้ำหนักจำนวน 100,000 ครั้ง ต้องมีค่าประมาณ 50% ของพิกัดกำลังสูงสุด เป็นจำนวน 100,000 ครั้ง ความถี่และความเร็วของการวางและยกน้ำหนักทดสอบออกจากส่วนรับน้ำหนักให้เป็นไปในลักษณะที่เครื่องชั่งเข้าสู่สมดุลแล้วทั้งหลังจากการวางและยก โดยให้แรงในการยกและวางต้องมีค่าไม่เกินกว่าแรงสำหรับการวางและยกเมื่อเครื่องชั่งทำงานปกติ
11. บันทึกจำนวนครั้งของการวางน้ำหนักทดสอบลงบนส่วนรับน้ำหนักลงในรายงาน Evaluation Report No. 15
12. บันทึกเวลา, ความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิแวดล้อมสำหรับเครื่องชั่งทุกชั้นความเที่ยง และต้องบันทึกค่าความดันจาก Barometer ในกรณีเป็นเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง I
13. การทดสอบการชั่ง (Weighing Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 4 ทันทีที่ทำการยกและวางน้ำหนักทดสอบขึ้นจากและลงบนส่วนรับน้ำหนักจำนวน 100,000 ครั้งเสร็จสิ้น ในกรณีที่ไม่สามารถทำการการชั่ง (Weighing Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 4 ตามที่กำหนดดังกล่าวให้ทำการทดสอบวางน้ำหนักทดสอบก่อนการทดสอบจริง (Pre-load Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 3 ก่อนที่ทำการทดสอบการชั่ง (Weighing Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 4
14. บันทึกผลลงในหน้าที่สองของรายงาน Evaluation Report No. 15
15. คำนวณหาค่าผลผิด, E จาก $E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$ และทำการบันทึกผลการคำนวณ
16. คำนวณหาค่าผลผิดที่ได้รับการแก้ไขก่อนปัดค่า, E_C จาก $E_C = E - E_0$ เมื่อ E_0 คือผลผิดที่คำนวณได้ที่ตำแหน่งศูนย์หรือค่าน้ำหนักมีค่าใกล้ศูนย์ (เช่น 10 e) และทำการบันทึกผลการคำนวณ

17. คำนวณผลและบันทึกผลผิดในด้านความคงทนเนื่องจากการสึกกร่อนและฉีกขาด (Durability error due to wear and tear) มีค่าเท่ากับ $|E_{Cinitial} - E_{Cfinal})|$

18. ในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งดังกล่าวนี้ได้รับการทดสอบความคงทน (ทดสอบเฉพาะเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III และ IIII ที่มีค่าพิกัดกำลังสูงสุด ≤ 100 กก.)(Endurance test, A.6); 3.9.4.3 และให้ผลการทดสอบผ่านหรือไม่นั้น เครื่องชั่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนด OIML R76-1 ข้อกำหนด 3.9.4.3 นั้นคือผลผิดในด้านความคงทน (Durability error) ที่เกิดจากการสึกหรอ, การกัดกร่อนไม่ควรมากกว่าค่าสัมบูรณ์ของอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด (the absolute value of the maximum permissible error) ดังตารางที่ 6 (OIML R76-1)

19. ถ้าหากเครื่องชั่งมีช่วงการตั้งศูนย์แรกเริ่ม (an initial zero-setting range) มากกว่า 20% ของพิกัดกำลังสูงสุดของเครื่องชั่งแล้ว ต้องทำการทดสอบการชั่งเพิ่มเติม(Supplementary Test) ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ 6

ตัวอย่าง การทดสอบความคงทน (ทดสอบเฉพาะเครื่องชั่งชั้นความเที่ยง II, III และ IIII ที่มีค่าพิกัดกำลังสูงสุด ≤ 100 กก.)(Endurance test, A.6); 3.9.4.3 ดังแสดงในรูปที่ 212

15 ENDURANCE TEST (A.6) (cont.) (Example only)

(b) Performance of the test

Number of loadings: 100 021 Load applied: 7.89 kg

(c) Final test

Date: 16/1/98
Observer: I. Examiner

	At start	At max	At end	
Temp:	20.9		20.8	°C
Rel. h:	52.6			%
Time:	15:35	15:39	15:42	
Bar. pres:				hPa

(only class Ⓘ)

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Durability error due to wear and tear = $|E_{c\ initial} - E_{c\ final}|$(**)

Load, L	Indication, I ↓	Indication, I ↑	Add. load, ΔL ↓	Add. load, ΔL ↑	Error, E ↓	Error, E ↑	Corrected error, E_c ↓	Corrected error, E_c ↑	mpe	(**)Durability error due to wear and tear
(*) 0.02 kg	0.02.0 kg	0.020 kg	1.0 g	1.8 g	(*)0.0 g	−0.8 g	0.0 g	−0.8 g	1 g	0.0 g
0.04	0.040	0.040	1.0	1.6	0.0	−0.6	0.0	−0.6	1	0.0
1.00	1.000	1.000	1.0	1.6	0.0	−0.6	0.0	−0.6	1	0.2
2.00	2.000	2.000	1.0	1.6	0.0	−0.6	0.0	−0.6	2	0.2
4.00	4.000	4.000	1.0	1.6	0.0	−0.6	0.0	−0.6	2	0.2
5.99	5.990	5.990	1.2	1.8	−0.2	−0.8	−0.2	−0.8	3	0.4
8.00	8.000	8.000	3.5	3.5	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	5	0.5
10.00	10.000	10.000	3.5	4.0	−1.0	−1.5	−1.0	−1.5	5	0.0
12.50	12.500	12.500	4.0	4.0	−1.5	−1.5	−1.5	−1.5	7.5	0.5
15.00	15. 000		4.5		−2.0		−2.0		7.5	0.0

[X] Passed [ ] Failed

Remarks:

รูปที่ 212 ตัวอย่างผลการทดสอบความคงทน (Endurance test)

15 ENDURANCE (A.6)

Application N°: .....
Pattern designation: .....
Verification
scale interval e: .....
Resolution during test
(smaller than e): .....

Automatic zero-setting and zero-tracking device is:

☐ Non-existent ☐ Not in operation ☐ Out of working range ☐ In operation

a) Initial test
Date: .....
Observer: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(if applicable)

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Load L	Indication I		Add. load ΔL		Error E		Corrected error E_c		mpe
	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	
(*)					(*)				

รูปที่ 213 แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบความคงทน (Endurance test)
(OIML R76-2)

ENDURANCE TEST (cont.)

b) Performance of the test

Number of loadings: ☐ Load applied: ☐

c) Final test
Date: .....
Observer: .....

	At start	At max	At end	
Temp:				°C
Rel. h:				%
Time:				
Bar. pres:				hPa

(if applicable)

$E = I + 1/2\ e - \Delta L - L$
$E_c = E - E_0$ with E_0 = error calculated at or near zero(*)

Durability error due to wear and tear = $|E_{c\ initial} - E_{c\ final}|$ (**)

Load L	Indication I ↓	Indication I ↑	Add. load ΔL ↓	Add. load ΔL ↑	Error E ↓	Error E ↑	Corrected error E_c ↓	Corrected error E_c ↑	mpe	Durability error due to wear and tear(**)
(*)					(*)					

☐ Passed ☐ Failed

Remarks:

รูปที่ 213 (ต่อ) แบบฟอร์มสำหรับรายงานผลการทดสอบความคงทน (Endurance test)
(OIML R76-2)

ศัพท์ในงานด้านชั่งตวงวัด

(Volcabuary in Measuring System)

ในทางปฏิบัติวงการอุตสาหกรรมเมื่อพูดถึงเครื่องวัดหรือระบบวัดเมื่อพูดถึง ความแม่นยำ (accuracy) หรือความไม่แม่นยำ (inaccuracy) ยกตัวอย่างเมื่อเราพูดถึงมาตรวัดซึ่งมีความแม่นยำ ± 1% นั้นหมายถึงมาตรวัดจะมีการเบี่ยงเบนหรือไม่แม่นยำไม่เกิน ± 1% ของการวัดหรือภายในช่วงการวัด (control span) และหากอาจหมายถึงความแม่นยำอยู่ภายในช่วง ± 1% ของช่วงการวัด (control span) ก็ได้ ด้วยเหตุนี้ข้อมูลดังกล่าวจึงค่อนข้างเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไป

นอกจากนี้ยังมีหลายนิยามด้วยกันที่มีความหมายใกล้เคียงหรือเสริมกันเพื่ออธิบายเพิ่มเติมถึงสมรรถนะของเครื่องชั่งตวงวัดหรือระบบการวัด

ความหมาย (Difinitions)

คำจำกัดความดังต่อไปนี้ เป็นคำนิยามทั่วไปซึ่งมักใช้ในงานชั่งตวงวัด

1.) **งานด้านชั่งตวงวัด (Metrology)** คืองานและความรู้ในด้านชั่งตวงวัด ซึ่งเนื้อหาหลักของงานด้านนี้ครอบคลุมถึง หน่วยการวัด แบบมาตราของการวัด วิธีการวัด เครื่องชั่งตวงวัดทั้งหลายซึ่งครอบคลุมถึงคุณสมบัติของเครื่องชั่งตวงวัดดังกล่าวเป็นไปตามวัตถุประสงค์การใช้งานหรือไม่ ร่วมถึงผู้ใช้เรื่องชั่งตวงวัดดังกล่าวสามารถอ่านผลหารวัดได้ถูกต้องหรือไม่ นอกจากนี้งานด้านชั่งตวงวัดยังครอบคลุมถึงทั้งเรื่องทฤษฎีและปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับงานวัดว่าทำอย่างไรจึงให้ผลการวัดแม่นยำ อีกทั้งร่วมถึงการหาส่วนผสมของสารทางด้านฟิสิกส์ ส่วนผสมของวัสดุและสสารอีกด้วย

2.) **งานชั่งตวงวัดในเชิงพาณิชย์ (Leagal Metrology)** เป็นส่วนหนึ่งของงานในด้านการวัด (metrology) ครอบคลุมถึงการใช้หน่วยวัด วิธีการวัด และวิธีการวัดของเครื่องชั่งตวงวัด ยังรวมถึงการบังคับใช้เครื่องชั่งตวงวัดทางเทคนิคและตามความต้องการของกฎหมายของประเทศนั้นๆเพื่อที่สร้างความมั่นใจให้สาธารณชนถึงถูกต้องความแม่นยำและปลอดภัยของการใช้เครื่องชั่งตวงวัดนั้นๆ เพื่อวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

3.) **ค่าจริง (True value)** คือ ค่าของปริมาณซึ่งถูกกำหนดได้ถูกต้องสมบูรณ์ ภายใต้สภาวะเงื่อนไขมีอยู่ขณะนั้นเมื่อค่าดังกล่าวถูกตรวจสอบหาค่า หรือ เป็นค่าของปริมาณหนึ่งซึ่งปราศจากค่าผลผิด

ค่าจริง (True value) จึงเป็นค่าทางอุดมคติ ซึ่งในทางปฏิบัติไม่สามารถหาค่าจริงได้

4.) **ค่าจริงสมมุติ (Conventional True Value)** เป็นค่าประมาณของค่าจริงของปริมาณดังกล่าวซึ่งค่าความแตกต่างของค่าจริงกับค่าจริงสมมุติสามารถตัดทิ้งได้ การหาค่าจริงสมมุติโดยทั่วไปสามารถหาโดยวิธีการหรือเครื่องมือที่มีค่ามั่นใจในความแม่นยำสูงและเหมาะสมกับปริมาณที่ต้องการวัด

5.) ความแม่นยำของเครื่องชั่งตวงวัด (accuracy of a measuring instrument) คือ ลักษณะคุณภาพของเครื่องชั่งตวงวัดบ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องชั่งตวงวัดชนิดนั้นๆ ในการที่ให้ค่าผลการวัดใกล้เคียงกับค่าจริงมากน้อยเพียงใด

6.) ความไม่แม่นยำของเครื่องชั่งตวงวัด (inaccuracy of a measuring instrument) คือ ค่าผลผิดทั้งหมดของเครื่องชั่งตวงวัด ภายใต้สภาวะเงื่อนไขการใช้งานที่กำหนดไว้และรวมถึง bias error และ repeatability error

7.) ความสามารถทำซ้ำได้ (Repeatability) คือ ความใกล้กันมากที่สุดของผลการวัดปริมาณจำนวนครั้งที่แน่นอนติดต่อกันที่ปริมาณเดียวกัน โดยดำเนินการวัดปริมาณดังกล่าวด้วยวิธีการเดียวกัน เครื่องชั่งตวงวัดเดียวกันในห้องปฏิบัติการเดียวกัน ผู้ทำการวัดคนเดียวกัน ภายใต้ช่วงระยะเวลาเดียวกันสั้นๆ ด้วยเหตุนี้จึงมักพบว่าการหาค่าความสามารถทำซ้ำได้จะทำโดยการประมาณบนพื้นฐานของความไม่แน่นอนของการวัด (uncertainty) ซึ่งมักพบว่าค่าความไม่แน่นอนของการวัดยิ่งมีค่าน้อยลง จะส่งผลให้ค่าความสามารถทำซ้ำได้ยิ่งมีค่าน้อยลงด้วยเช่นกัน

8.) ความสามารถผลิตซ้ำ (Reproducibility) คือ ความใกล้กันมากที่สุดของผลการวัดปริมาณจำนวนครั้งที่แน่นอนติดต่อกันที่ปริมาณเดียวกัน โดยการวัดปริมาณดังกล่าวแต่ครั้งกระทำด้วยวิธีการแตกต่างกัน ใช้เครื่องชั่งตวงวัดแตกต่างกัน ในห้องปฏิบัติแตกต่างกัน ผู้ทำการวัดที่แตกต่างกัน ภายใต้ช่วงระยะเวลาห่างกันมากเมื่อเทียบกับช่วงระยะเวลาที่ทำการวัดแต่ละครั้ง ภายใต้สภาวะแวดล้อมและเงื่อนไขการใช้เครื่องชั่งตวงวัดที่แตกต่างเช่นกัน

การใช้ความสามารถผลิตซ้ำของแต่ละการวัด จะเกิดขึ้นเมื่อมีการกำหนดตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งหรือทั้งหมดในการแสดงผลหรือความสามารถการวัดของเครื่องชั่งตวงวัด การหาค่าความสามารถทำซ้ำมักจะหาจากการประมาณค่าบนพื้นฐานของค่าความไม่แน่นอนของการวัด (uncertainty) เช่นเดียวกัน ด้วยเหตุนี้หากในการวัดมีแหล่งหรือปัจจัยที่ก่อให้เกิด Random Error มาก ค่าความไม่แน่นอนของการวัดก็ยิ่งสูงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสามารถทำซ้ำได้ยิ่งมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ความสามารถผลิตซ้ำมีค่าสูงกว่าค่าความสามารถทำซ้ำได้

จึงจำเป็นต้องทำการแก้ไขค่าผลการวัดอันเนื่องจาก systematic errors แต่ละครั้งเสียก่อนที่จะนำไปหาค่าความสามารถผลิตซ้ำ

ความสามารถผลิตซ้ำ(Reproducibility) อาจแสดงในรูปของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน "S" ของข้อมูล

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2}$$

เมื่อ

N = จำนวนของผลการวัด

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของผลการวัด

<u>หมายเหตุ</u> การแสดงค่า Repeatability หรือ Reproducibility สามารถแสดงได้หลายรูปแบบ เช่น อาจแสดงเป็นเปอร์เซนต์ของผลต่างของผลการชั่งน้ำหนัก 2 ครั้ง

9.) READABILITY หมายถึง ความสามารถในการแสดงค่าความละเอียดผลการชั่งของเครื่องชั่งซึ่งมีนิยามดังนี้ "Readability คือ ค่าผลต่างของค่าขั้นหมายมาตรา (scale division) ที่มีค่าน้อยที่สุดที่อยู่ติดกันที่สามารถอ่านได้จากจอแสดงผลของเครื่องชั่ง"

ตัวอย่าง เครื่องชั่งที่มีค่าขั้นมาตราที่น้อยที่สุด เท่ากับ 0.1 มก. และ ***ค่าเพิ่มขึ้น*** ของขั้นหมายมาตราทีละ 0.1 มก. ดังนั้น READABILITY = 0.1 มก.

ตัวอย่าง เครื่องชั่งที่มีค่า READABILITY 0.1 มก. ทำการชั่งตุ้มน้ำหนัก 10 ครั้ง ได้ผลการชั่งดังนี้

X1	=	10.0110	ก.	X6	=	10.0115	ก.
X2	=	10.0111	ก.	X7	=	10.0113	ก.
X3	=	10.0110	ก.	X8	=	10.0112	ก.
X4	=	10.0114	ก.	X9	=	10.0115	ก.
X5	=	10.0111	ก.	X10	=	10.0113	ก.

$$\overline{X} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i$$

$$\overline{X} = 10.01124 \text{ ก.}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2}$$

$$S = 0.00019$$

10.) ผลผิด (Error) คือ ค่าความไม่ตรงกันระหว่างผลของการวัดเทียบกับค่าของปริมาณที่ถูกทำการวัด โดยค่าปริมาณที่ถูกทำการวัดนั้นอาจเป็น

- ค่าจริง (True value)
- ค่าจริงสมมุติ (Conventional True Value)
- ค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของผลการจำนวนชุดหนึ่ง

และในขณะเดียวกันนั้นหากค่าความไม่ตรงกันคือผลต่างระหว่างผลของการวัดเทียบกับค่าของปริมาณที่ถูกทำการวัด ผลที่ได้คือ **ผลผิดสมบูรณ์ (absolute error)** แต่ถ้าหากค่าความไม่ตรงกันแสดงเป็นค่าความแตกต่างและค่าของปริมาณที่ถูกทำการวัด ผลที่ได้คือ **ผลผิดสัมพันธ์ (relative error)**

สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ **ผลผิดระบบ (Systematic Error)** , **ผลผิดสุ่ม (Random Error)** และ **ผลผิดกระบวนการวัด (Parasitic Error หรือ Spurious Error)**

10.1) ผลผิดระบบ (Systematic Error) หรือ ค่าอคติ (Bias) เป็นการเบี่ยงเบนจุดการทำงานของเครื่องชั่งตวงวัดอย่างสม่ำเสมอและเป็นระเบียบ หรือเมื่อทำการวัดกระทำภายใต้

สภาวะเงื่อนไขที่ค่าปริมาณกำหนดเหมือนๆกัน แต่ยังคงให้ค่าผลการวัดคงที่ทั้งค่าปริมาณและเครื่องหมาย และอาจเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเงื่อนไขเปลี่ยนไป

ผลผิดระบบเป็นผลผิดที่เราอาจสามารถหาสาเหตุทั้งได้และไม่ได้ แต่เราสามารถหาผลผิดระบบได้โดยการคำนวณหรือโดยใช้วิธีการที่เหมาะสมในการกำจัดค่าผลผิดระบบนี้ได้ การลดขนาดค่าผลผิดแบบนี้ สามารถทำได้โดยการนำค่าผลผิดนี้ไปทำการแก้ไขผลที่ได้จากการชั่ง การเพิ่มจำนวนครั้งของการทดสอบก็อาจลดผลผิดชนิดนี้ลงได้ ยกตัวอย่างผลผิดระบบซึ่งเราอาจพบได้ เช่น เครื่องชั่งที่ถูกปรับค่า Sensitivity ที่ไม่ถูกต้อง

หากเราไม่สามารถหาผลผิดระบบได้แต่เมื่อพิจารณาแล้วว่าผลผิดดังกล่าวนี้มีค่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับค่าความไม่แน่นยำเราจะปฏิบัติให้ผลผิดระบบถือเป็นผลผิดสุ่มเมื่อทำการการคำนวนหาค่าความไม่แน่นอน แต่ถ้าหากพิจารณาแล้วว่าผลผิดดังกล่าวนี้มีค่ามากเมื่อเทียบกับค่าความไม่แม่นยำให้ประเมินค่าผลผิดระบบและนำไปพิจารณาเมื่อทำการคำนวณหาความไม่แม่นยำของการวัด

ตัวอย่างผลผิดระบบคงที่ เช่นเมื่อทำการชั่งตุ้มน้ำหนักขนาด 1 กิโลกรัม แต่มีค่าจริงสมมุติเท่ากับ 1.01 กิโลกรัม แต่ผลที่ชั่งอ่านค่าได้เท่ากับ 1 กิโลกรัม เป็นต้น

ตัวอย่างผลผิดระบบเปลี่ยนแปลง การแสดงค่าผิดของการวัดเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของระบบการวัดเปลี่ยนแปลงขณะทำการวัดแต่ละครั้ง

10.2) ผลผิดสุ่ม (Random Error) ค่าผลผิดซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปโดยไม่สามารถคาดคะเนได้ทั้งค่าของปริมาณและเครื่องหมายเมื่อทำการวัดในจำนวนครั้งที่แน่นอนมากจำนวนหนึ่งกระทำที่ปริมาณเดียวกันภายใต้สภาวะการทำงานเดียวกัน ค่าผลผิดแบบนี้มีค่าไม่คงที่ ไม่สามารถทราบค่าความผลผิดที่แน่นอนได้ โดยจะมีลักษณะเป็นแบบ Random เพียงแต่อาจสามารถระบุช่วงขอบเขตที่แน่นอนของค่าผลผิดสุ่มด้วยความมั่นใจระดับหนึ่งโดยใช้หลักการทางสถิติ ว่าหากทำการวัดใดๆภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน (เครื่องวัดเดียวกัน, ผู้ทำการวัดเดียวกัน, สภาวะแวดล้อมเดียวกัน) แล้วผลผิดสุ่มต้องมีค่าไม่เกินช่วงขอบเขตที่แน่นอนนั้นๆ ค่า Random Error อาจจะสามารถทำการลดขนาดของผลผิดได้ โดยการเพิ่มจำนวนครั้งของการทดสอบให้มากขึ้น

ผลผิดสุ่ม ในบางกรณีอาจกำหนดให้มีค่าเท่ากับขนาดค่าสูงสุดของการเบี่ยงเบนรอบค่าเฉลี่ยของผลการวัด ซึ่งจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของขนาดค่าความสามารถทำซ้ำได้

ค่าผลผิดทั้ง 2 แบบนี้ ไม่ได้มีข้อกำหนดที่แบ่งแยกความแตกต่างที่ชัดเจน Random Error อาจจะสามารถเปลี่ยนเป็นค่า Systematic Error ได้ เมื่อมีการควบคุมตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการชั่ง ตัวอย่างเช่น ผลผิดที่เกิดจากแรงยกตัวเนื่องจากความดันอากาศ เนื่องด้วยค่าแรงยกตัวของอากาศ ขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นของอากาศซึ่งสามารถคำนวณได้ จากค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และ ความดันบรรยากาศ ของห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่ไม่ทราบค่าดังกล่าว ผลกระทบเนื่องจากแรงยกตัวจะทำให้เกิดผลผิดแบบ Random Error เพราะผลกระทบเนื่องจากแรงยกตัวจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปเป็นแบบ Random ตามการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของสภาวะในห้องปฏิบัติการ (ค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และ ความดันบรรยากาศ มีการเปลี่ยนแปลงแบบ Random) แต่ในกรณีที่ทราบของค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และ ความดันบรรยากาศ ของห้องปฏิบัติการ ผลกระทบเนื่องจากแรงยกตัวจะทำให้เกิดผลผิดแบบ Systematic Error และสามารถทำการแก้ไขได้ เพราะค่าผลผิดเนื่องจากผล

กระทบนี้สามารถคำนวณหาค่าได้ การลดค่าความผิดพลาดสามารถทำได้โดยการนำค่าที่คำนวณได้ไปแก้ไขผลการชั่ง

10.3) ผลผิดกระบวนการวัด (Parasitic Error หรือ Spurious Error) ส่วนใหญ่พบว่าผลผิดชนิดนี้มีค่าสูงมาก ผลผิดกระบวนการวัดเกิดจากผลผิดขณะที่ดำเนินการวัดอยู่ อาจเป็นผลจากผู้ทำการวัด เช่นอ่านผลการวัดผิด เครื่องมืออุปกรณ์ทำงานผิดไปหรือเสียหายอยู่ หรืออาจใช้เครื่องมือไม่ถูกต้อง

11.) กฎการรวมค่าผลผิด (Law of Combination of Errors) กฎนี้จะรวมไปทั้งผลผิดอันเนื่องจากผลการวัดโดยตรงและผลการวัดโดยอ้อมของปริมาณที่ต้องการวัดนั้นๆ
หากปริมาณหนึ่ง Y ถูกวัดโดยทางอ้อมจากปริมาณปัจจัยต่างๆซึ่งสามารถวัดได้โดยตรงและเป็นอิสระต่อกัน $X_1, X_2, X_3, X_4, \ldots\ldots, X_m$

$$Y = F(X_1, X_2, X_3, \ldots, X_m)$$

ก.) การหาค่าผลผิดระบบ (Systematic Error) ΔY ของการวัดโดยทางอ้อมของปริมาณ Y จะแสดงในรูปทั่วไปโดยกฎการรวมค่าผลผิด เท่ากับ

$$\Delta Y = \frac{\partial F}{\partial X_1}\Delta X_1 + \frac{\partial F}{\partial X_2}\Delta X_2 + \ldots\ldots\ldots + \frac{\partial F}{\partial X_m}\Delta X_m$$

เมื่อ $\Delta X_1, \Delta X_2 \ldots, \Delta X_m$ เป็นค่าผลผิดระบบ (Systematic Error)ของแต่ละปริมาณปัจจัยต่างๆซึ่งสามารถวัดได้โดยตรงและเป็นอิสระต่อกัน $X_1, X_2, X_3, X_4, \ldots\ldots, X_m$

ข.) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดปริมาณโดยทางอ้อมของปริมาณ Y เดียวกัน พอประมาณค่าด้วยกฎการรวมค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ดังสมการ

$$S_Y = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial X_1}\right)^2 S_1^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial X_2}\right)^2 S_2^2 + \ldots\ldots\ldots + \left(\frac{\partial F}{\partial X_m}\right)^2 S_m^2}$$

เมื่อ $S_1, S_2 \ldots, S_m$ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ(Standard deviation)ของแต่ละปริมาณปัจจัยต่างๆซึ่งสามารถวัดได้โดยตรงและเป็นอิสระต่อกัน $X_1, X_2, X_3, X_4, \ldots\ldots, X_m$

12.) ผลผิดสมบูรณ์ (absolute error) คือ ผลต่างระหว่างผลของการวัดเทียบกับค่าของปริมาณที่ถูกทำการวัดซึ่งเป็นค่าเปรียบเทียบ แสดงด้วยสมการ

ผลผิดสมบูรณ์ = ผลของการวัด - ค่าของปริมาณที่ถูกทำการวัดซึ่งเป็นค่าเปรียบเทียบ

ซึ่งค่าของปริมาณที่ถูกทำการวัดซึ่งเป็นค่าเปรียบเทียบอาจเป็นค่า

- ค่าจริง (True value)

- ค่าจริงสมมุติ (Conventional True Value)
- ค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของผลการจำนวนชุดหนึ่ง

13.) ผลผิดสมบูรณ์จริง (real absolute error) คือ ผลต่างระหว่างผลของการวัดเทียบกับค่าจริงสมมุติ (Conventional True Value) แสดงด้วยสมการ

ผลผิดสมบูรณ์จริง = ผลของการวัด - ค่าจริงสมมุติ (Conventional True Value)

14.) ค่าสมบูรณ์ของผลผิด (absolute vale of an error) คือ ค่าผลผิดโดยไม่คำนึงถึงเครื่องหมายบวกหรือเครื่องหมายลบ เช่น อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดอนุญาตให้มีค่าทั้งฝ่ายมากและฝ่ายน้อย 0.2 mm นั้นหมายถึงอนุญาต $\pm$ 0.2 mm ดังนั้นค่าสมบูรณ์ของผลผิดจึงมีค่าเท่ากับ $|\pm 0.2|$ mm = 0.2 mm

15.) ค่าเบี่ยงเบน (deviation) หรือ ผลผิดสมบูรณ์ปรากฏ (apparent absolute error) คือ ผลต่างระหว่างผลของการวัดค่าหนึ่งของชุดผลการวัดหนึ่งเทียบกับค่าเฉลี่ยของผลการวัดชุดนั้น

16.) ผลผิดสัมพันธ์ (Relative error) คือ การแสดงค่าผลผิดสมบูรณ์เทียบเท่ากับค่าของปริมาณที่ถูกทำการวัดและนำไปคำนวณหาค่าผลผิดสัมบูณ์
ยกตัวอย่างเช่น ผลการวัดความยาวของสิ่งของชิ้นหนึ่งยาวเท่ากับ 15.07 cm. แต่ของชิ้นส่วนดังกล่าวนั้นมีค่าความยาวจริงสมมุติ (Conventional True Value) เท่ากับ 15.20 cm. ดังนั้นผลผิดสมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 15.07 cm. - 15.20 cm. = -0.13 cm. ดังนั้นผลผิดสัมพันธ์ (Relative error) ε เท่ากับ

$$\varepsilon = \frac{e}{l} = -\frac{0.13}{15.2} = -0.0086 = -0.86\%$$

17.) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดค่าหนึ่งของชุดการวัดชุดหนึ่ง (Standard deviation of single measurement in a series of measurement) S คือ ค่าแสดงลักษณะการกระจายของผลการวัดที่ได้ในชุดการวัดหนึ่งๆ จำนวน n ครั้ง เมื่อทำการวัดปริมาณเดียวกัน มีค่าเท่ากับ

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2}{n-1}}$$

เมื่อ X_i เป็นผลการวัดครั้งที่ i (i = 1, 2, 3, ...,n)
$\overline{X}$ ค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของผลการวัดจำนวน n ครั้ง

18.) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของชุดการวัดชุดหนึ่ง (Standard deviation of the arithmatic mean of a series of measurements) ค่าแสดงลักษณะการกระจายของค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของชุดการวัดซึ่งอิสระต่อกันชุดหนึ่ง เมื่อทำการวัดปริมาณเดียวกัน มีค่าเท่ากับ

$$S_r = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ S คือ ค่าประมาณของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดการวัดซึ่งอิสระต่อกันชุดหนึ่ง
n ผลการวัดจำนวน n ครั้ง

19.) ความไม่แน่นอน (Uncertainty of measurement) ค่าแสดงลักษณะคุณสมบัติการกระจายของผลการวัดซึ่งถูกกำหนดภายใต้ขอบเขตของผลผิด (Limits of error)

20.) ขอบเขตของผลผิดของการวัดค่าหนึ่งของชุดการวัดชุดหนึ่ง (Limiting errors (confidence limits) of single measurement in a series) คือค่าผลผิดมากที่สุดทั้งผลผิดฝ่ายมากและผลผิดฝ่ายน้อย ที่ซึ่ง ความน่าจะเป็นที่ผลผิดของการวัดใดๆในชุดการวัดหนึ่งจะ**มีค่าไม่เกินกว่า**ค่าผลผิดมากที่สุดทั้งผลผิดฝ่ายมากและผลผิดฝ่ายน้อยเท่ากับ P และมีความน่าจะเป็นที่ผลผิดของการวัดใดๆในชุดการวัดหนึ่งจะ**มีค่าเกินกว่า**ค่าผลผิดมากที่สุดทั้งผลผิดฝ่ายมากและผลผิดฝ่าย**น้อย**เท่ากับ (P-1)

โดยทั่วไปขอบเขตของผลผิดของการวัดค่าหนึ่งของชุดการวัดชุดหนึ่ง (Limiting errors (confidence limits) of single measurement in a series) นิยามด้วย

$$-tS < \text{ขอบเขตของผลผิด (Limits of error)} < +tS$$

เมื่อสมมุติ

1. ให้การกระจายของผลการวัดชุดหนึ่งๆ นั้นมีการกระจายตัวแบบปกติ (normal distribution) และมีจำนวนผลการวัดมากเพียงพอจำนวนหนึ่งแล้ว
   - t = 1.96 สำหรับ P = 95%
   - t = 2.58 สำหรับ P = 99%
   - t = 3 สำหรับ P = 99.73%
2. ผลการวัดทั้งหมดได้รับการแก้ไขค่าผลผิดระบบ (Systematic Error) แล้วดังนั้นค่าความน่าจะเป็น P คือค่าทางสถิติซึ่งหมายถึง ระดับความมั่นใจ (Confidence level) และขอบเขตผลผิดของการวัด (Limiting errors) หมายถึงขอบเขตความมั่นใจ (Confidence limits)

21.) ขอบเขตผลผิดของค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของชุดการวัดชุดหนึ่ง (Limiting errors (confidence limits) of the arithmetic mean of a series of measurements) คือค่าผลผิดมากที่สุดทั้งผลผิดฝ่ายมากและผลผิดฝ่ายน้อย ที่ซึ่ง ความน่าจะเป็นที่ค่าเฉลี่ยของผลผิดของชุดการวัดหนึ่งจะ**มีค่าไม่เกินกว่า**ค่าผลผิดมากที่สุดทั้งผลผิดฝ่ายมากและผลผิดฝ่ายน้อยเท่ากับ P และมีความน่าจะเป็นที่ค่าเฉลี่ยของผลผิดของชุดการวัดหนึ่งจะ**มีค่าเกินกว่า**ค่าผลผิดมากที่สุดทั้งผลผิดฝ่ายมากและผลผิดฝ่ายน้อยเท่ากับ (1-P)

$$-tS_r < \text{ขอบเขตของผลผิด (Limits of error)} < +tS_r$$

เมื่อ

- S_r ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของชุดการวัดชุดหนึ่ง (Standard deviation of the arithmetic mean of a series of measurements)

- หากจำนวนผลการวัดมีจำนวนน้อย เราจะให้การกระจายของผลการวัดชุดหนึ่งๆ นั้นมีการกระจายตัวแบบ t (Student's distribution)

22.) ความไม่แน่นอนของผลการวัดค่าหนึ่งของชุดการวัดชุดหนึ่ง (Uncertainty of single measurement of a series) จะแสดงอยู่ในรูปของ $\pm$ t.S

ตัวอย่าง ค่าที่ได้จากการชั่งตุ้มน้ำหนัก 200 ก. และค่าความไม่แน่นอน $\pm$ 2 ก. หมายความว่าในการชั่งตุ้มน้ำหนักครั้งนี้ที่แท้จริง (ค่าผลผิดเท่ากับ 0) อาจจะเป็นค่าใดค่าหนึ่งในช่วง (200 – 2 ก. ถึง 200 + 2 ก.)

23.) ความไม่แน่นอนของค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของชุดการวัดหนึ่ง (Uncertainty of the arithmetic mean of a series) จะแสดงในรูปของ $\pm$ t.S_r

24.) การรวมค่าความไม่แน่นอน การรวมค่าความไม่แน่นอนสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1. การรวมแบบ บวกลบ โดยตรงจากค่าผลผิด (Error)
2. การรวมแบบ Root Sum Square จากค่าผลผิด (Error)

$$U = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} F_i^2}$$

เมื่อ

F_i คือค่าผลผิดของการวัดเนื่องจากสาเหตุ i

การจะเลือกวิธีการรวมค่าความไม่แน่นอนแบบไหนให้เลือกจากลักษณะของค่าผลผิดนั้น ถ้าค่าผลผิดมีค่าคงที่และไม่อยู่ในลักษณะที่จะหักล้างกันเองได้ ให้เลือกวิธี (1) คือการรวมแบบ บวกลบ โดยตรงของค่าผลผิด แต่ถ้าค่าผลผิดมีลักษณะที่เป็นไปได้ที่จะหักล้างกันเองให้รวมแบบ (2) แบบ Root Sum Square จากค่าผลผิด (Error)

การรวมค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากค่าผลผิดแบบ Random Error จะใช้วิธีรวมแบบ (2) เพราะค่าผลผิดมีลักษณะที่จะสามารถหักล้างกันเองได้

การรวมค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากค่าผลผิดแบบ Systematic Error จะใช้วิธีรวมแบบ (1) หรือ (2) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของความผิดพลาดว่าจะมีลักษณะความผิดพลาดที่สามารถหักล้างกันเองได้หรือไม่

การรวมค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากค่าผลผิดแบบ Random Error กับ Systematic Error จะใช้วิธีการรวมแบบ (1) หรือ (2) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของความผิดพลาดว่าจะมีลักษณะความผิดพลาดที่สามารถหักล้างกันเองได้หรือไม่

25.) ช่วงของความไม่แน่นอน (Range of Uncertainty) หรือ ความหมายในเชิงสถิติศาสตร์ก็คือ ช่วงความมั่นใจ (Confidence Interval) จะแสดงในรูปของ

- 2(t . S) สำหรับผลการวัดหนึ่ง หรือ
- 2(t . S_r) สำหรับค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์

26.) ความไม่แม่นยำการวัด (Inaccuracy of measurement) คือการแสดงผลรวมทั้งหมดของขอบเขตผลผิดของการวัดทั้งหมด (Overall limiting errors) ของการวัดรวมถึงผลผิดระบบทั้งหมด (Systematic Error) อีกทั้งขอบเขตผลผิดสุ่ม (Limiting random errors)

ในกรณีที่ได้ทำการปรับแก้ไขค่าผลผิดระบบแล้ว ความไม่แม่นยำการวัดจะมีค่าเท่ากับความไม่แน่นอนของการวัด (Uncertainty of measurment)

27.) ผลผิดอุณหภูมิ (Temperature error) คือผลผิดที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของเครื่องชั่งตวงวัดจากอุณหภูมิอ้างอิง

28.) สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของการวัดของเครื่องชั่งตวงวัด (Temperature coefficient of measuring instrument) การเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์ของการแสดงค่าของการวัดของเครื่องชั่งตวงวัดหรือการเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์ของการแสดงค่าจริงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 ^{o}C

ตัวอย่าง เครื่องชั่งมีค่า Temperature Coefficient $\leq$ 0.00005 มก./ ^{o}C หมายความว่า ถ้าเครื่องชั่งที่ถูกปรับแต่งที่อุณหภูมิอ้างอิง 18 ^{o}C แต่นำมาใช้งานจริงที่ 21 ^{o}C (แตกต่างกัน 3 ^{o}C) ค่าแสดงผลการวัดมีผลผิดมีค่าเท่ากับ $3 \times 0.00005 = 1.5 \times 10^{-4}$ มก.

29.) ความรู้สึกของเครื่องชั่งตวงวัด (Sensitivity of a measuring instrument) แสดงความรู้สึกของเครื่องชั่งตวงวัดในการให้ค่าผลการวัด โดยแสดงค่าอยู่ในรูปสัดส่วนของการเพิ่มขึ้นของค่าที่วัดได้ (dl) ต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณซึ่งต้องการการวัด (dG) ได้จากความสัมพันธ์

$$k = \frac{dl}{dG}$$

30.) ผลผิดอคติ (Bias error หรือ Total systematic error) คือ ผลรวมทางคณิตศาสตร์ของผลผิดระบบซึ่งมีผลกระทบต่อการแสดงค่าผลการวัดของเครื่องชั่งตวงวัดภายใต้สภาวะการทำงานที่แน่นอน

สามารถแสดงอยู่ในรูปของสมการ

$$e_j = \bar{v}_i - v_c$$

เมื่อ

$\bar{v}_i$ คือ ค่าเฉลี่ยของผลการวัดของเครื่องชั่งตวงวัดซึ่งทำการวัดที่ปริมาณเดียวกันติดต่อกัน ภายใต้สภาวะการทำงานเดียวกัน

v_c คือ ค่าจริงสมมุติ (Conventional True Value) ของปริมาณที่ต้องการการวัด

31.) ความผิดพลาดการทำซ้ำได้ (Repeatability error) เป็นตัวแปรหนึ่งของการแสดงค่าการกระจายตัวของผลการแสดงค่าของเครื่องชั่งตวงวัด อยู่ในรูปของ root-mean-square error, probable error, average error เป็นต้น

ในทางปฏิบัติมักจะปรับใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard deviation) มาคำนวณและเรียกใหม่ว่า "root-mean-square repeatability error"

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

เมื่อ X_i เป็นผลการวัดครั้งที่ i (i = 1, 2, 3, ...,n)

$\overline{X}$ ค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของผลการวัดจำนวน n ครั้ง

32.) ขอบเขตของความผิดพลาดการทำซ้ำได้ (Limits of repeatability error) คือ ขอบเขตผลผิด (Limiting errors หรือ confidence limits) ของการวัดค่าหนึ่งที่ปริมาณที่ต้องการวัดเดียวกัน ภายใต้สภาวะที่กำหนดของการใช้เครื่องชั่งตวงวัด โดยไม่ได้รวมผลผิดอคติเข้าพิจารณาด้วย

ดังนั้นช่วงของขอบเขตของความสามารถทำซ้ำได้ (The range of the limits of repeatability) มีค่าเท่ากับ

$$\text{The range of the limits of repeatability} = (V_{i\,max} - V_{i\,min})$$

เมื่อ

$V_{i\,max}$ คือ ผลการแสดงค่ามากที่สุดของเครื่องชั่งตวงวัดในการวัดชุดหนึ่ง

$V_{i\,min}$ คือ ผลการแสดงค่าน้อยที่สุดของเครื่องชั่งตวงวัดในการวัดชุดหนึ่ง

และขอบเขตผลผิดของความสามารถทำซ้ำได้ (Limiting errors of repeatability) มีค่าเท่ากับ

$$\text{Limiting errors of repeatability} = \pm\, 1/2\, (V_{i\,max} - V_{i\,min})$$

33.) Hysteresis error คือ ความแตกต่างของการแสดงค่าของเครื่องชั่งตวงวัดเมื่อค่าเดียวกันของปริมาณหนึ่งถูกวัดมีค่าได้เท่ากับปริมาณนั้นโดยการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณ

ดูรูปที่ A-1 a) เป็นกราฟแสดงของการเพิ่มภาระและลดภาระโดยไม่สามารถกลับมายังสภาวะเริ่มต้น ด้วยเส้นทางเดิม ทั้งนี้อาจเกิดจากสาเหตุของความเสียดทานภายในเครื่องชั่งตวงวัด (internal friction) หรือ hysteretic damping ของชิ้นส่วนที่ได้รับความเครียด (the stressed parts) เช่น สปริง ทั้งนี้เนื่องจากกฎข้อที่ 2 ของเทอร์โมไดนามิกส์ ที่ว่าไม่มีขบวนการย้อนกลับใดๆในโลกนี้เกิดขึ้นได้สมบูรณ์ ด้วยเหตุนี้ในการออกแบบเครื่องชั่งตวงวัดจำเป็นต้องให้ความสนใจในชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ให้มีความเสียดทานน้อนที่สุดเท่าที่กระทำได้ในขณะเดียวกันการออกแบบชิ้นส่วนที่ต้องได้รับความเครียดในการทำงานต้องดำเนินการด้วยความระมัดระวัง ดังนั้นหากเครื่องชั่งตวงวัดสามารถทำงานได้ทั้งสองด้านของการแสดงค่าศูนย์แล้ว อิทธิพลของ Hysteresis จะมีลักษณะดังรูปที่ A-1 b) แต่ถ้าหากเราสามารถลดความเสียดทานภายในเครื่องชั่งตวงวัด (internal friction) ได้ให้มีค่าเท่ากับศูนย์แล้วแต่ยังคงมีความเสียดทานไถลภายนอก (external sliding friction) ยังคงปรากฏอยู่ ผลของอิทธิพลของ Hysteresis จะมีลักษณะดังรูปที่ A-1 c) และ d) เช่นเกิดจากชิ้นส่วนเกิดการหลวม

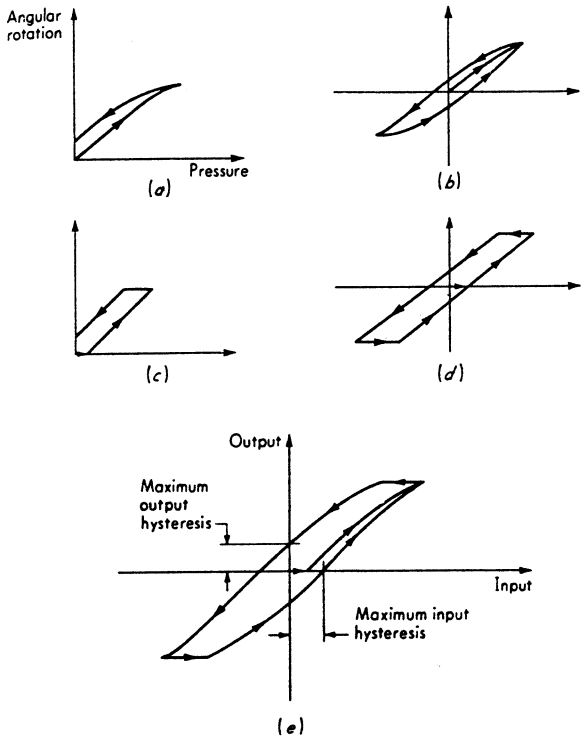


Figure 3.20 Hysteresis effects.

รูปที่ A-1 อิทธิพลของ Hysteresis

นอกจากนี้อิทธิพลของ Hysteresis อันเนื่องจากปรากฏการณ์อิเล็คทรอนิคจะมีลักษณะดังรูปที่ A-1 b) ตัวอย่างในกรณีของแรงดันไฟฟ้าด้านทางออกกับสนามกระแสไฟฟ้าด้านทางเข้าของ DC generator ซึ่งเป็นอิทธิพลของ magnetic hysteresis ของแท่งโลหะในขดลวดสนาม (field coils) นั้นเอง

หากทำการรวมเอาอิทธิพลของ Hysteresis ทั้งหมดจะได้ลักษณะดังรูปที่ A-1 e) การกำหนดค่าของอิทธิพลของ Hysteresis มักกำหนดในรูปของสัญญาณด้านทางเข้าหรือด้านทางออกในรูปของเปอร์เซนต์ของเต็มช่วงสเกล ในกรณีที่อิทธิพลของ Hysteresis มีส่วนประกอบเกิดจากสาเหตุของความเสียดทานสูง อิทธิพลของเวลาจะมีผลต่อการทดสอบ Hysteresis สูงมากเช่นเดียวกันเนื่องจากระยะเวลาของการพักฟื้นตัวมีผลต่อการทดสอบ ในกรณีดังกล่าวเราอาจแก้ไขปัญหาเพื่อตรวจสอบว่าอิทธิพลของเวลามีผลอยู่หรือไม่ด้วยการทำการทดสอบความสามารถผลิตซ้ำ (Reproducibility)

สำหรับ "dead space", "dead band", และ "dead zone" บางครั้งใช้แทนกับ "hysteresis" อย่างไรก็ตามอาจถูกกำหนดให้เป็นช่วงทั้งหมดของค่าสัญญาณด้านทางเข้าที่เป็นไปได้ที่จะให้สัญญาณด้านทางออก (the total range of input values possible for given output) และอาจกำหนดให้มีค่าเป็น 2 เท่าของ "hysteresis" แสดงดังในรูปที่ A-1 e) ก็ได้ แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นต้องทำความเข้าใจถึงแต่ละนิยามให้ชัดเจนก่อนเนื่องจากความหมายและความเข้าใจยังไม่ตรงกันในแต่ละผู้ผลิต

34.) **Discrimination of a measuring instrument (หรือ Deadband)** คือ ปริมาณบ่งบอกคุณลักษณะถึงความสามารถของเครื่องชั่งตวงวัดที่มีปฏิกริยาต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจำนวนเล็กน้อยที่ทำการวัดอยู่ขณะนั้น

35.) **Discrimination error** คือ การเปลี่ยนปริมาณที่ต้องการวัดค่าหนึ่งแล้วเครื่องชั่งตวงวัดไม่สามารถแสดงค่าผลการวัดให้เปลี่ยนแปลงไปตามค่าปริมาณดังกล่าว

36.) **ระยะเวลาตอบสนองของเครื่องชั่งตวงวัด (Response time of a measuring instrument)** คือ ระยะเวลาตั้งแต่หลังจากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณวัดจำนวนหนึ่งของการแสดงค่าจนถึงเวลาที่เครื่องชั่งตวงวัดสามารถแสดงค่าใหม่ได้คงที่

37.) **ความเสถียร (Stability)** คือ ปริมาณแสดงคุณลักษณะความสามารถของเครื่องชั่งตวงวัดที่จะรักษาคุณสมบัติทางชั่งตวงวัดได้เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

38.) **Measuring instrument drift หรือ Drift** คือ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางชั่งตวงวัดของเครื่องชั่งตวงวัดภายใต้สภาวะการใช้งานปกติ หลังจากการใช้งานไประยะเวลาหนึ่งขณะทำการวัดปริมาณหนึ่งซึ่งยังคงมีค่าคงที่ ปกติแล้วจะใช้คำว่า Drift กับเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงหลังจากช่วงระยะเวลาอุ่นเครื่องที่กำหนดจากโรงงาน ในบางกรณีเกิดจากการที่เครื่องชั่งตวงวัดมีการเสื่อมหรือสึกหรอในบางชิ้นส่วน

39.) **ความเป็นเชิงเส้น (Linearity)** เป็นค่าที่แสดงค่าความสามารถของเครื่องชั่งในความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่แสดงโดยเครื่องชั่งกับน้ำหนักที่ชั่ง หรือ Characteristic Curve โดยทางทฤษฎีค่าที่แสดงโดยเครื่องชั่งกับน้ำหนักที่ชั่งจะมีลักษณะความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง โดยมีค่าความชัน (slope) หนึ่ง แต่ในความเป็นจริงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่แสดงโดยเครื่องชั่งกับน้ำหนักที่ชั่งอาจจะไม่เป็นเส้นตรง ดังนั้นค่า Linearity จึงเป็นค่าที่แสดงถึงการเบี่ยงเบนระหว่างกรณีความเป็นจริงในทางปฏิบัติเบี่ยงเบนไปจากค่าในทางทฤษฎี

ความเป็นเชิงเส้นตรง (Linearity) สำหรับมาตรวัดเทอร์ไบน์มิเตอร์ หมายความว่าค่าเบี่ยงเบนมากที่สุดจากค่าเฉลี่ยมิเตอร์แฟคเตอร์ของกราฟสมรรถนะมาตรวัดระหว่างช่วงการวัดค่าได้ที่อัตราการไหลต่ำสุดกับอัตราการไหลสูงสุด หรือการวัดได้ (Control span)

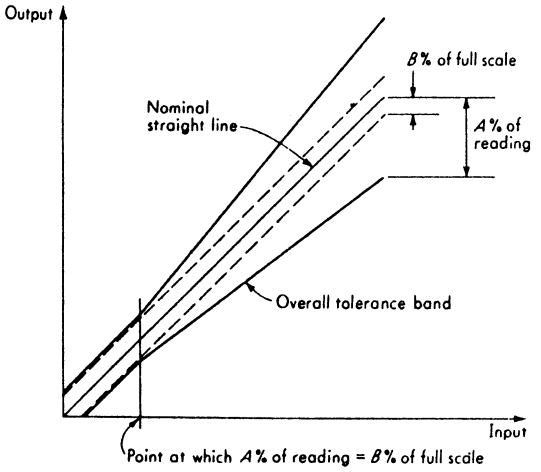
ถ้ากราฟของการสอบเทียบเครื่องชั่งตวงวัดได้ผลออกมาไม่เป็นลักษณะความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง โดยมีค่าความชัน (slope) หนึ่ง เครื่องชั่งตวงวัดดังกล่าวอาจยังคงมีความแม่นยำถูกต้องสูงอยู่ก็เป็นได้ แต่อย่างไรก็ตามในกรณีทั่วไปส่วนใหญ่แล้วลักษณะความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงก็ยังเป็นที่ต้องการอยู่ เนื่องจากรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงจากค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งตวงวัดเมื่อเทียบกับปริมาณที่ถูกวัดจะสะดวกและง่ายยิ่งขึ้นถ้าหากเป็นการใช้ตัวแปรที่มีค่าคงที่ค่าหนึ่งสำหรับการแปลงค่าความสัมพันธ์ดังกล่าว แทนที่ต้องใช้สมการที่ซับซ้อนและยุ่งยากอันเนื่องจากลักษณะความสัมพันธ์ไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear) ด้วยเหตุนี้ในการออกแบบเครื่องชั่งตวงวัดให้เหมาะสมกับการใช้งานนั้น ไม่ว่าเป็นส่วนควบคุมหรือการจัดการข้อมูลในขั้นตอนทำงานของเครื่องชั่งตวงวัดจำเป็นต้องทำให้อยู่ในรูปแบบง่ายต่อการทำงาน ดังนั้นข้อกำหนดที่สัมพันธ์กับระดับของความเป็นเชิงเส้นตรงของเครื่องชั่งตวงวัดดังกล่าวจึงเป็นเรื่องที่ให้ความสนใจ

เนื่องจากนิยามของความเป็นเชิงเส้นตรง (Linearity)มีด้วยกันหลากหลาย แต่อย่างไรก็ตาม ความเป็นเชิงเส้นตรงอิสระ (Independent linearity) ดูเหมือนเป็นที่ต้องการสำหรับการใช้งาน

ทางปฏิบัติหลายกรณี ดังนั้นความเป็นเชิงเส้นตรง (Linearity)จึงเป็นค่าของการวัดของการเบี่ยงเบนมากที่สุดของจุดที่ได้จากการสอบเทียบเครื่องชั่งตวงวัดใดๆจากส่วนที่เป็นเส้นตรงซึ่งลากผ่านกลุ่มผลข้อมูลของการสอบเทียบ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของค่าเปอร์เซนต์ของค่าที่อ่านได้จริง (a percentage of the actual reading) , ค่าเปอร์เซนต์ของค่าที่อ่านเต็มช่วงสเกล (a percentage of full-scale reading) หรือ รวมกันทั้ง 2 รูปแบบ แสดงในรูป (ให้เลือกค่าใดค่าหนึ่งที่มีค่ามากกว่า)

ความเป็นเชิงเส้นตรงอิสระ (Independent linearity) = ± A percentage of the actual reading
= ± B percentage of full-scale reading

± A percentage of the actual reading เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความต้องการของความไม่เป็นเชิงเส้นตรง (Nonlinearity) ในรูปของค่าเปอร์เซนต์ที่มีค่าคงที่ ในขณะ ± B percentage of full-scale reading เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความเป็นไปไม่ได้ของการทดสอบสำหรับการเบี่ยงเบนจำนวนเล็กน้อยใกล้จุดศูนย์ (testing for extremely small deviations near zero) นั้นคือถ้ามีการกำหนดค่าแน่นอนเป็นค่าเปอร์เซนต์ของค่าที่อ่านได้จริง (a percentage of the actual reading) การเบี่ยงเบนสมบูรณ์ (absolute deviation) เมื่อเข้าใกล้ศูนย์จะเป็นค่าการอ่านที่มีค่าเข้าใกล้ศูนย์เช่นกัน เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการสอบเทียบและทำหน้าที่เป็นแบบมาตราควรมีความแม่นยำสูงกว่าเครื่องชั่งตวงวัดที่อยู่ภายใต้การสอบเทียบอย่างน้อยเท่ากับ 10 เท่า ดูรูปที่ A-2 แสดงให้เห็นถึงรูปแบบของขอบเขตของข้อกำหนดความเป็นเชิงเส้นตรง (Linearity specification)



Linearity specification.

รูปที่ A-2 ข้อกำหนดความเป็นเชิงเส้น (Linearity specification)

แต่สิ่งที่ต้องสังเกตไว้ก็คือ ถ้าหากความเป็นเชิงเส้นตรง (Linearity)ในเครื่องชั่งตวงวัดเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นแล้ว ข้อกำหนดของความไม่เป็นเชิงเส้นตรง (Nonlinearity) จะเทียบเท่ากับข้อกำหนดของความไม่แม่นยำทั้งหมด (overall inaccuracy) เมื่อนิยามของความไม่แม่นยำเหมือนกัน ด้วยเหตุนี้เครื่องชั่งตวงวัดในทางการค้าส่วนใหญ่แล้ว มักจะกำหนดให้เฉพาะข้อกำหนดความเป็นเชิงเส้น (a linearity specification) เท่านั้น ไม่มีการกำหนดค่าความแม่นยำ (an accuracy specification) หรือในทางกลับกันคือเครื่องชั่งตวงในทางการค้ากำหนดให้เฉพาะค่าความแม่นยำ (an accuracy specification) เท่านั้น ไม่มีการกำหนดข้อกำหนดความเป็นเชิงเส้น (a linearity specification) ซึ่งอาจเป็นจริงได้ก็ต่อเมื่อถ้าพฤติกรรมความเป็นเชิงเส้นได้บ่งบอกถึงตั้งอยู่บนค่าความรู้สึกคงที่ (fixed sensitivity)

40.) SENSITIVITY ค่าของ Slope ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่แสดงโดยเครื่องชั่งกับค่าน้ำหนักที่ชั่ง โดยค่า Sensitivity คำนวณได้จากความสัมพันธ์

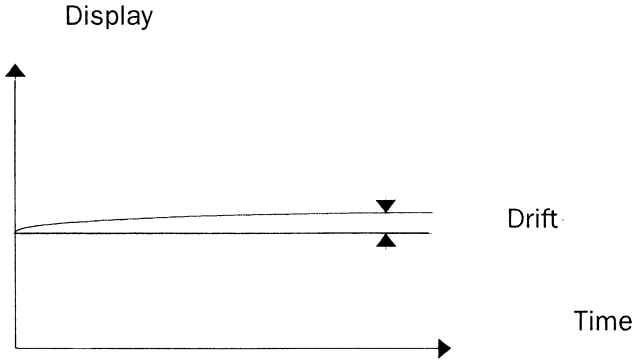
$$E = \frac{\Delta R}{\Delta m}$$

โดยที่ ΔR เป็นการเปลี่ยนแปลงของค่าที่เครื่องชั่งแสดง เมื่อเปลี่ยนค่ามวลที่ชั่ง Δm

41.) STABILIZATION TIME คือ เวลาที่เครื่องชั่งใช้ในการแสดงผลการชั่ง ซึ่งเป็นระยะช่วงเวลาหลังจากวางตุ้มน้ำหนักลงบนเครื่องชั่งกับเวลาที่เครื่องชั่งแสดงผลการชั่ง ค่า STABILIZATION TIME ขึ้นอยู่กับการออกแบบคุณสมบัติเครื่องชั่งของผู้ผลิตและสภาวะแวดล้อม เช่น การสั่นสะเทือน

42.) DRIFT คือ การเปลี่ยนแปลงค่าที่แสดงของเครื่องชั่งเพียงเล็กน้อย ภายใต้การชั่งด้วยน้ำหนักที่คงที่ เมื่อช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไป

Characteristic Curve อาจมีค่าเปลี่ยนแปลงตามเวลาการความเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้เกิดความผิดพลาด ซึ่งการผิดพลาดลักษณะนี้เรียกว่า Drift



เอกสารอ้างอิง

1. ***OIML R 76-1, Non-Automatic weighing instruments***, OIML, Edition 1992(E)
2. ***OIML R 76-2, Non-Automatic weighing instruments***, OIML, Edition 1992(E)
3. ***Pattern Approval of Non-Automatic Weighing Instruments,*** APLMF (Asia-Pacific Legal Metrology Forum, 1998
4. ***OIML R 60, Metrological regulation for load cells,*** OIML, , Edition 1991(E)
5. ***OIML R 60-Annex A, Test report format for the evaluation of load cells,*** OIML, Edition 1993(E)
6. ***OIML R 62, Performance Characteristics of Metallic Resistance Strain Gauges,*** 1985
7. ***Verification Equipment for National Metrology*** , OIML: ***Service*** , March 1986
8. ***Pattern Approval of Non-automatic Weighing Instruments,*** APLMF, Workshop on 3-10 September, 1998
9. ***Measurement Systems, Application and Design,*** Ernest O. Doebelin, McGRAW-HILL INTERNATIONAL BOOK COMPANY, Third edition 1984
10. ***Applied Instrumentation in the Process Industries*** , Volume I , Second edition, A Survey , W.G. Andrew , H.B. Williams , 1979
11. ***กลศาสตร์ของวัสดุ,*** ดร.ต่อกุล กาญจนาลัย, ภาควิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2528
12. ***Advanced Educational Program,*** Teledo Scale
13. ***การวัดมวล***, วีระศักดิ์ วิสุทธาธรรม และ ปัญจรี สมวงศ์, สำนักงานกลางมาตราชั่งตวงวัด กรมทะเบียนการค้า
14. ***The Monthly Review of The Institute of Weights and Measures Administration,*** Vol. 72, No. 2, February, 1964.
15. ***The Monthly Review, The Journal of The Institute of Weights and Measures Administration,*** Vol. 74, No. 12, December, 1966.
16. ***Glossary of Weighing Terms, A Practical Guide to the Terminology of Weighing,*** Mettler-Toledo, June,1992
17. ***The New Analytical Balance AT from Mettler,*** Heinz Rutishauser, Arthur Reichmuth, 1998, Mettler Instrumente AG.
18. ***Vocabulary of Legal Metrology, Fundamental terms,*** OIML, Edition 1978

19. ***Instrumentation and process measurements,*** W. BOLTON, Longman Scientific & Technical, 1993

20. ***Analysis of Structures, Vol 1,*** V.N. Vazirani, Dr. M.M. Ratwani, KHANNA PUBLISHERS, 1997

21. ***Process/Industrial Instruments & Control Handbook,*** Douglas M. Considine, McGRAW-HILL INTERNATIONAL BOOK COMPANY, Fourth edition, 1993

พิมพ์ที่โรงพิมพ์ข่าวพาณิชย์
22/77 ถนนรัชดาภิเษก เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร. 5115066–77