

การพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด  
ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ปริญญานิพนธ์

ของ

ภาลณี เหตุทอง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม 2547

ภาลิณี เหตุทอง .(2547). การพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่าง  
สอบเทียบ ของ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม  
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) .ปริญญาณิพนธ์กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา)

กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม :  
อาจารย์ ดร. อุปวิทย์ สุวคันธกุล, อาจารย์ ดร. ละเอียด รักษ์เฝ้า

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่าง  
สอบเทียบ ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) และหาประสิทธิภาพของคู่มือ  
การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยวัดความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการสอบเทียบเครื่องมือ  
วัดไฟฟ้า ตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้พัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดสำหรับช่างสอบเทียบ จำนวน 7 บท  
ประกอบด้วย บทที่ 1 แนวคิดและหลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้า บทที่ 2 นิยามศัพท์  
ทางด้านมาตรวิทยาที่จำเป็นในการสอบเทียบ บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทาง  
ไฟฟ้า บทที่ 4 การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า บทที่ 5 การควบคุมและ  
ประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า บทที่ 6 การประเมินค่าความไม่แน่นอน  
ของการวัดในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า บทที่ 7 มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่า  
ด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ พร้อมทั้งสร้างแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ  
จำนวน 25 ข้อ แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัด จำนวน 50 ข้อ เป็น  
แบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า มี 5 ระดับ และแบบสอบถามความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบ  
เครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับช่างสอบเทียบ ตอนที่ 1 เป็นแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า ใช้  
คำถามแบบปลายปิด จำนวน 25 ข้อ มี 5 ระดับ และตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นทั่วไป และ  
ข้อเสนอแนะต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า และได้นำคู่มือการสอบเทียบที่สร้างขึ้นไปทดลองกับ  
พนักงานช่างสอบเทียบของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม จำนวน 31 คน ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

1. คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของฝ่ายบริการ  
อุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) มีวิธีการพัฒนา และตรวจสอบคุณภาพคู่มือ ดังนี้

1.1 กำหนดโครงสร้างและรายละเอียดเนื้อหาที่จะพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัด  
ไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคม  
ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

1.2 ศึกษานโยบายและการสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

1.3 ศึกษาหลักการสอบเทียบจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พิจารณาจุดประสงค์และ  
แนวทางในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) พิจารณาแนวทางใน  
การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าและการประเมินผล

1.4 ศึกษาสภาพปัญหาการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ โดย  
การเชิญหัวหน้างาน จำนวน 2 คน และช่างสอบเทียบ จำนวน 4 คน รวม 6 คน มาประชุม เพื่ออภิปราย  
เกี่ยวกับปัญหาในการสอบเทียบ กำหนดความจำเป็นของการพัฒนาคู่มือการสอบเทียบ เพื่อพัฒนาแนวทาง  
ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

1.5 กำหนดรูปแบบ และนำเสนอเนื้อหาในคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เป็นเอกสารสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบเพื่อใช้ศึกษาแล้วนำไปปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

2. คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ที่สร้างขึ้น มีเนื้อหา จำนวน 7 บท แต่ละบทมีความเที่ยงตรง มีความถูกต้อง สามารถทำให้พนักงานช่างสอบเทียบที่ทดลองใช้คู่มือสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มีความรู้ความเข้าใจก่อนและหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าพบว่า ก่อนการใช้คู่มือช่างสอบเทียบสอบได้เกณฑ์ประเมินน้อย และหลังการใช้คู่มือช่างสอบเทียบสอบได้เกณฑ์ประเมินดีเยี่ยม แสดงว่าคู่มือการสอบเทียบได้พัฒนาระดับความรู้ความเข้าใจและสามารถนำไปปฏิบัติงานได้

3. ประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) มีประสิทธิภาพ 86.68 / 89.49 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ (80/80)

4. ความสามารถในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

4.1 ความรู้ความเข้าใจตามแนวทางการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ของพนักงานช่างสอบเทียบ อยู่ในระดับดีเยี่ยม

4.2 ความสามารถปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ อยู่ในระดับมีความสามารถมาก

5. ความคิดเห็นต่อการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ อยู่ในระดับเห็นด้วย

Phalinee Hedththong . (2004). *The Development of Electrical Calibration Instrument Manual for Technician of Industrial Service Department Instrument Calibration Center in Technology Promotion Association (Thailand – Japan)*. Master thesis. M.ED. (Industrial Education)  
Bangkok : GraduateSchool, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr.Upawit ubprawit Suwakantagul. Dr. La-lad Rackpao.

The purposes of this study were to develop the Electrical Calibration Instrument Manual for Technician of Industrial Service Department Instrument Calibration Center in Technology Promotion Association (Thailand – Japan ) and the efficiency of the Electrical Calibration Instrument Manual by evaluated from the application ability of technician of industrial Service Department Instrument Calibration Centre in Technology Promotion Association after used the Electrical Calibration Instrument Manual.

The researcher developed the electrical calibration instrument manual in seven chapters. Chapter one was a principle of calibration. Chapter two was a definition of terms. Chapter three was calibration procedure. Chapter four was a evaluation of the calibration results. Chapter five was a quality control and quality assurance. Chapter six was a evaluation of uncertainty. Chapter seven was a ISO / IEC 17025 specification of testing and calibration lab.

The researcher devised questionnaire in to two parts. First is the knowledge test they were 25 questions. Second is the evaluation of the application ability they were 25 questions each questions have five choices and open end question was used for suggestion. This Electrical Calibration Instrument Manual was evaluated by 31 technicians of industrial Service Department Instrument Calibration Centre in Technology Promotion Association and the result were:

1. The Electrical Calibration Instrument Manual for Technician of Industrial Service Department Instrument Calibration Center in Technology was developed as followed.
  - 1.1 Define the structure and content of the Electrical Calibration Instrument Manual.
  - 1.2 Study the policy of the Industrial Service Department Instrument Calibration Center in Technology Promotion Association (Thailand – Japan ).
  - 1.3 Study the theory and related study on Electrical Calibration Instrument Manual and the calibration objectives of the Industrial Service Department Instrument Calibration Center in Technology Promotion Association (Thailand – Japan ).
  - 1.4 Study about the problems of electrical calibration for technician by conducted the seminar composed of 2 head department and 4 technicians to find out the problems for developed the Electrical Calibration Instrument Manual.

1.5 Making the out line and content of the electrical calibration instrument manual for technician of industrial service department instrument calibration center in Technology Promotion Association (Thailand – Japan ).

2. Developed the electrical calibration instrument manual in seven chapters. Chapter one was a principle of calibration. Chapter two was a definition of terms. Chapter three was calibration procedure. Chapter four was a evaluation of the calibration results. Chapter five was a quality control and quality assurance. Chapter six was a evaluation of uncertainty. Chapter seven was a ISO / IEC 17025 specification of testing and calibration lab.

3. The efficiency of the Electrical Calibration Instrument Manual was 86.68 / 89.49 which higher than the level (80 / 80 ).

4. The application ability of the Electrical Calibration Instrument Manual that was evaluated by the technician of industrial Service Department Instrument Calibration Centre in Technology Promotion Association were:

4.1 The technician of industrial Service Department Instrument Calibration Centre have high knowledge and understanding of the Electrical Calibration Instrument Manual.

4.2 The technician of industrial Service Department Instrument Calibration Centre able to calibrated by the stated procedure.

5. The opinion of the technician of industrial Service Department Instrument Calibration Centre on the Electrical Calibration Instrument Manual was appropriate level.

การพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด  
ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ปริญญานิพนธ์

ของ

ภาลณี เหตุทอง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม 2547

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

## ประกาศขอบคุณการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ ดร. อุวิทย์ สุวคันธกุล ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. ละเอียด รักษาเผ่า กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และให้กำลังใจมาโดยตลอด ขอขอบคุณอาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน ซึ่งได้ให้คำปรึกษาและแนะนำเพื่อแก้ไขให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ คุณพิชัย มะคาทอง คุณวรยา กุลปรียวัฒน์ และคุณกลอยใจ จันทร์ฉาย ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจแก้ไขแบบสอบถามเพื่อความถูกต้อง และสมบูรณ์ทำให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย

ขอขอบคุณ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ที่ได้ให้ข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ บิดามารดา ครูบาอาจารย์ คุณธานินทร์ ปราบภัยพาล และเด็กหญิงกัลปพฤกษ์ ปราบภัยพาล ที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนอุตสาหกรรมศึกษารุ่นพิเศษ 8 ทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและเป็นที่กำลังใจให้ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ภาลธิณี เหตุทอง

## สารบัญ

| บทที่                                                                                                                                                                                                                | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 บทนำ.....                                                                                                                                                                                                          | 1    |
| ภูมิหลัง.....                                                                                                                                                                                                        | 1    |
| ความมุ่งหมายของการวิจัย.....                                                                                                                                                                                         | 2    |
| ความสำคัญของการวิจัย.....                                                                                                                                                                                            | 3    |
| ขอบเขตของการวิจัย.....                                                                                                                                                                                               | 3    |
| ตัวแปรที่จะศึกษา.....                                                                                                                                                                                                | 4    |
| นิยามศัพท์.....                                                                                                                                                                                                      | 4    |
| กรอบแนวคิดในการวิจัย.....                                                                                                                                                                                            | 7    |
| สมมติฐานของการวิจัย.....                                                                                                                                                                                             | 8    |
| 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                                                                                                                                                                                | 9    |
| สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ( ไทย - ญี่ปุ่น ).....                                                                                                                                                                        | 9    |
| เครื่องมือวัดไฟฟ้า 10 ชนิด ที่ใช้ในการสอบเทียบ.....                                                                                                                                                                  | 11   |
| งานสอบเทียบมาตรฐานโลก ISO 9000.....                                                                                                                                                                                  | 33   |
| ความไม่แน่นอนในการวัด .....                                                                                                                                                                                          | 49   |
| หลักการสร้างคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดและการประเมินผล.....                                                                                                                                                       | 56   |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                                                                                                                                                                                           | 61   |
| 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....                                                                                                                                                                                         | 65   |
| การกำหนดประชากร.....                                                                                                                                                                                                 | 65   |
| เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....                                                                                                                                                                                      | 65   |
| การสร้างเครื่องมือและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ.....                                                                                                                                                                 | 68   |
| วิธีดำเนินการทดลอง.....                                                                                                                                                                                              | 70   |
| การวิเคราะห์ข้อมูล.....                                                                                                                                                                                              | 75   |
| สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....                                                                                                                                                                                 | 76   |
| 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....                                                                                                                                                                                          | 79   |
| สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....                                                                                                                                                                             | 79   |
| การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....                                                                                                                                                                                     | 80   |
| ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบ<br>เครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด<br>ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย -ญี่ปุ่น)..... | 80   |



## สารบัญ (ต่อ)

| บทที่                                                                                                                                                                        | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจตามแนวทาง<br>การสอบเทียบก่อนและหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัด.....                            | 90   |
| ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 3 ความคิดเห็นของพนักงานช่างสอบเทียบต่อคู่มือการ<br>สอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ของพนักงานช่างสอบเทียบ หลังการใช้คู่มือ.....                        | 92   |
| 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....                                                                                                                                        | 94   |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....                                                                                                                                                 | 94   |
| วิธีการดำเนินการวิจัย.....                                                                                                                                                   | 94   |
| การวิเคราะห์ข้อมูล.....                                                                                                                                                      | 95   |
| สรุปผลการวิจัย.....                                                                                                                                                          | 95   |
| การอภิปรายผล.....                                                                                                                                                            | 97   |
| ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....                                                                                                                                                   | 98   |
| ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป.....                                                                                                                                      | 99   |
| บรรณานุกรม.....                                                                                                                                                              | 100  |
| ภาคผนวก.....                                                                                                                                                                 | 103  |
| ภาคผนวก ก ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า.....                                                                                                           | 104  |
| ภาคผนวก ข หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญและหนังสือขอความอนุเคราะห์<br>เพื่อทำการวิจัย.....                                                                                    | 109  |
| ภาคผนวก ค แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย .....                                                                                                         | 114  |
| ภาคผนวก จ ข้อมูลการวิจัย.....                                                                                                                                                | 163  |
| ภาคผนวก ฉ คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ<br>ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม<br>สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)..... | 191  |
| ประวัติผู้วิจัย.....                                                                                                                                                         | 324  |

## บัญชีตาราง

| ตาราง                                                                                                                                                                                                     | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 แสดงรายละเอียดการทำงานของ DMM.....                                                                                                                                                                      | 19   |
| 2 การกำหนดค่า t กรณีค่า n เป็นจำนวนอนันต์.....                                                                                                                                                            | 52   |
| 3 ไบรปรองที่แสดงความไม่แน่นอนที่ระบุช่วงความเชื่อมั่น.....                                                                                                                                                | 54   |
| 4 ไบรปรองที่แสดงความไม่แน่นอนที่ไม่ได้ระบุช่วงความเชื่อมั่น.....                                                                                                                                          | 54   |
| 5 คุณวุฒิการศึกษาของพนักงานช่างสอบเทียบ.....                                                                                                                                                              | 79   |
| 6 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ของความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท จำนวน 50 ข้อ และค่าประสิทธิภาพ ( $E_1$ ).....                                        | 81   |
| 7 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ของความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า โดยรวมทุกบท จำนวน 7 ข้อ และค่าประสิทธิภาพ ( $E_2$ ) .....                                                     | 84   |
| 8 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ของความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบทโดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเป็นผู้ประเมิน จำนวน 50 ข้อ และค่าประสิทธิภาพ ( $E_1$ )..... | 85   |
| 9 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ของความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า โดยรวมทุกบทโดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเป็นผู้ประเมิน จำนวน 7 ข้อ และค่าประสิทธิภาพ ( $E_2$ ).....               | 88   |
| 10 การเปรียบเทียบ คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย และค่าค่าประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบและผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน.....                                      | 89   |
| 11 ผลคะแนนการทำแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจของพนักงานช่างสอบเทียบก่อนและหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบ เครื่องมือวัดไฟฟ้า.....                                                                                  | 90   |
| 12 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ.....                                                                                 | 92   |
| 13 ระดับวุฒิการศึกษาของสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).....                                                                | 105  |
| 14 การฝึกงานการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า.....                                                                                                                  | 106  |
| 15 ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของผู้เชี่ยวชาญ การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า.....                                                                                                                 | 164  |
| 16 ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เชี่ยวชาญ.....                                                                                                                      | 166  |
| 17 ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาแบบประเมินความสามารถปฏิบัติคู่มือของผู้เชี่ยวชาญ.....                                                                                                              | 168  |

## บัญชีตาราง (ต่อ)

| ตาราง |                                                                                                                                                                                        | หน้า |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 18    | ผลการประเมินแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ และค่าดัชนีความไวของการปรับปรุงแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ ก่อนและหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานสอบเทียบ จำนวน 5 คน.....  | 171  |
| 19    | ผลการทำแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจก่อนและหลัง การใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบ จำนวน 5 คน โดยใช้เกณฑ์ประเมิน.....                                         | 173  |
| 20    | ผลการประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละบท ของพนักงานช่างสอบเทียบ จำนวน 5 คน โดยใช้แบบประเมินความสามารถปฏิบัติงาน.....                                   | 174  |
| 21    | ผลการประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบท ของพนักงาน ช่างสอบเทียบ จำนวน 5 คน โดยใช้แบบประเมินความสามารถปฏิบัติงาน.....                                | 175  |
| 22    | ผลการประเมินความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบ จำนวน 5 คน โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็น.....                                                         | 177  |
| 23    | ผลการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบ จำนวน 5 คน.....                                                 | 179  |
| 24    | ผลการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความคิดเห็นตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ของพนักงานช่างสอบเทียบ จำนวน 5 คน.....                                                    | 181  |
| 25    | ผลคะแนน การทำแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ ของพนักงานช่างสอบเทียบ ก่อน และหลังการใช้การสอบเทียบเครื่องมือวัด โดยใช้เกณฑ์ประเมิน.....                                                       | 183  |
| 26    | การหาค่าดัชนีความไว ( $S = (Ra-Rb)/N$ ).....                                                                                                                                           | 184  |
| 27    | ผลการประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท ของพนักงานช่างสอบเทียบ โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน.....                          | 185  |
| 28    | ผลการประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบท ของพนักงานช่างสอบเทียบ โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน.....                                       | 186  |
| 29    | ผลการประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท ของผู้ควบคุมการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบ โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน..... | 187  |
| 30    | ผลการประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบท ของผู้ควบคุมการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบโดยใช้แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน.....               | 188  |

## บัญชีตาราง (ต่อ)

| ตาราง                                                                                                                 | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 31 ผลการประเมินความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของงพนัค<br>งานสอบเทียบโดยใช้แบบทดสอบความคิดเห็น..... | 189  |
| 32 การหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....                                                                      | 190  |

## บัญชีภาพประกอบ

| ภาพประกอบ                                                                                                               | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย.....                                                                                         | 7    |
| 2 ส่วนประกอบภายนอก ของ VOM.....                                                                                         | 12   |
| 3 รูปจริงของ DMM Analog ยี่ห้อ Simpson รุ่น 260.....                                                                    | 12   |
| 4 รูปแสดงสเกลและพิสัยการวัดกระแส DCA.....                                                                               | 14   |
| 5 สเกลสำหรับอ่านค่าความต้านทาน.....                                                                                     | 15   |
| 6 รูป Digital Multimeter เบื้องต้นแบบมือถือ .....                                                                       | 16   |
| 7 รูปแสดง Block Diagram ของ DMM พื้นฐาน.....                                                                            | 17   |
| 8 ส่วนประกอบภายนอกของ DMM ยี่ห้อ Gold Star รุ่น DM824.....                                                              | 18   |
| 9 แสดงขนาดแรงดันรูปคลื่นไซน์.....                                                                                       | 20   |
| 10 ออสซิลโลสโคปชนิด 1 ลำแสง ยี่ห้อ Leader รุ่น LBO – 518.....                                                           | 21   |
| 11 แผนภาพบล็อกออสซิลโลสโคปชนิด 1 ลำแสง.....                                                                             | 21   |
| 12 แสดงตารางเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอนเมื่อป้อนสัญญาณคลื่นไซน์เข้าทางแนวตั้ง<br>และรูปสัญญาณพื้นเลื้อยเข้าทางแนวนอน..... | 23   |
| 13 ออสซิลเลเตอร์แบบวินบริดจ์ .....                                                                                      | 24   |
| 14 เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงยี่ห้อ Leader รุ่น LAG - 25.....                                                      | 25   |
| 15 ส่วนประกอบภายนอกของเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงยี่ห้อ Leader รุ่น LAG-26 25... ..                                 | 25   |
| 16 แผนภาพบล็อก Block Diagram ของ Audio Generators ยี่ห้อ Leader รุ่น LAG-26 .....                                       | 26   |
| 17 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์เบื้องต้น.....                                                                          | 27   |
| 18 แสดงปลายจุดต่อ 2 จุด ของโลหะ 2 ชนิด.....                                                                             | 27   |
| 19 แสดงปลายจุดต่อ 2 จุด เปิดออกทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า.....                                                            | 28   |
| 20 แสดงวงจรการทดลองของเพลเทียร์.....                                                                                    | 29   |
| 21 แสดงปลายจุดต่อ 2 จุดของโลหะต่างชนิดกัน.....                                                                          | 29   |
| 22 แสดงโลหะแทรก.....                                                                                                    | 30   |
| 23 แสดงกฎของอุณหภูมิแทรก.....                                                                                           | 30   |
| 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิ.....                                                               | 31   |
| 25 การต่อ RTD แบบบริดจ์.....                                                                                            | 32   |
| 26 การต่อ RTD แบบ 2 สาย.....                                                                                            | 32   |
| 27 การต่อ RTD แบบ 3 สาย.....                                                                                            | 33   |
| 28 การต่อ RTD แบบ 4 สาย.....                                                                                            | 33   |
| 29 เส้นทางการแสดงความสัมพันธ์ของการถ่ายเทมาตรฐาน.....                                                                   | 42   |
| 30 เส้นโค้งแสดงการกระจายปกติ.....                                                                                       | 51   |
| 31 ขั้นตอนการสร้างคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า.....                                                              | 67   |

## บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ

หน้า

|    |                                                         |     |
|----|---------------------------------------------------------|-----|
| 32 | ขั้นตอนการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัด.....        | 74  |
| 33 | คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า.....                | 107 |
| 34 | ช่างสอบเทียบปฏิบัติการสอบเทียบตามคู่มือ.....            | 107 |
| 35 | ผู้ควบคุมการปฏิบัติงานควบคุมจนจบขั้นตอนการสอบเทียบ..... | 108 |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

เครื่องมือวัดในโรงงานอุตสาหกรรมมีมากมายหลายชนิดหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็น เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า เครื่องมือวัดทางความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องมือวัดทางมิติ เครื่องมือวัดทางความดัน และเครื่องมือวัดทางด้านมวล ประดิษฐ์กรรมต่างๆถูกพัฒนาขึ้นด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อสนองความต้องการของสังคมมนุษย์ จากสภาพเศรษฐกิจและการพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความมุ่งหมายเพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในแต่ละขั้นตอนของมาตรฐาน ที่จำเป็นอย่างยิ่งในประเทศที่นำมาใช้ในการดำเนินงานด้านคุณภาพของตน (ไพศิษฐ์ ไซยานพงศ์. 2540 : 45 )

เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรม ต้องได้รับการสอบเทียบตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เครื่องมือวัดที่ใช้ต้องส่งไปสอบเทียบ ณ สถานที่ให้บริการสอบเทียบในต่างประเทศที่ได้รับการรับรองจากสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมหรือหน่วยงานอื่น ซึ่งสถานที่ให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมเครื่องมือทุกชนิดทุกประเภท ต้องได้มาตรฐานการรับรองจากสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมด้วยเช่นกัน แม้กระทั่งบุคลากรภายในศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมต้องมีความรู้ความเข้าใจ เรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดทุกชนิดทุกประเภท เครื่องมือวัดแต่ละชนิดจะมีขั้นตอนการสอบเทียบแตกต่างกัน ซึ่งจะต้องศึกษาเครื่องมือวัดแต่ละชนิดในการสอบเทียบให้เข้าใจทั้งหมดถึงขั้นตอนการทำงาน การนำไปใช้งาน การปรับแต่งเครื่องมือวัดทุกชนิด ( พิชัย มะคาทอง . 2541 : 51) เนื้อหาที่ใช้ในการสอบเทียบแต่ละฟังก์ชันมีหลากหลาย พนักงานช่างสอบเทียบจะมีปัญหาในการค้นคว้าคู่มือหลายๆเล่ม การที่จะทำให้พนักงานช่างสอบเทียบสามารถอ่านคู่มือซึ่งเป็นภาษาอังกฤษได้อย่างมีความรู้ความเข้าใจทุกคนจึงไม่สามารถกระทำได้ถึงแม้จะมีการอบรมพนักงานช่างสอบเทียบจากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าก็เป็นการ อบรมทั่วๆไป อย่างกว้างๆ ไม่ได้อบรมไปถึงรายละเอียดขั้นตอนการสอบเทียบซึ่งมีขั้นตอนหลายๆขั้นตอนที่สำคัญ ทางศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) จะใช้ระบบหมุนเวียนพนักงานช่างสอบเทียบ เพื่อสามารถที่จะให้พนักงานช่างสอบเทียบแต่ละด้านปฏิบัติงานทดแทนกันได้เพื่อการใช้ทรัพยากรบุคคลให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการทำงาน จากสภาพปัญหาที่พนักงานช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สอบเทียบตามขั้นตอนในการปฏิบัติงานแล้ว แต่ยังขาดความรู้เกี่ยวกับเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้าอย่างเพียงพอ ความเข้าใจในขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า และไม่มีคู่มือการสอบเทียบที่มีรายละเอียดเพียงพอต่อการปฏิบัติงาน และเมื่อเวลาสอบเทียบเครื่องมือวัดเกิดปัญหาในการปรับเทียบ การศึกษาหาความรู้ในเรื่องการสอบเทียบและปรับเทียบจากเอกสารตำราและคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า จึงเป็นวิธีการที่ทำให้พนักงานช่างสอบเทียบเกิดความรู้ ความเข้าใจ และการปฏิบัติในการสอบเทียบและปรับเทียบได้ เพราะคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าเป็นหนังสือที่จัดทำขึ้นโดยเรียบเรียงจากเอกสาร ตำรา และจากประสบการณ์ มาเขียนเรียบเรียงให้ผู้อ่านได้เรียนรู้ และทำความเข้าใจขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าและสามารถนำไปปฏิบัติได้ ลักษณะของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่ดี เมื่ออ่านแล้วจะต้องทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเรียนรู้และฝึกฝนสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ปรีชา ช่างขวัญยืนและคณะ. 2539 : 131-132) โดยจะแนะนำให้ผู้ที่

สนใจคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มีความรู้ ความเข้าใจ จนสามารถนำไปเป็นแนวทางปฏิบัติได้ หรือใช้ควบคู่ไปกับการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้ทันที จนบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายได้

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) จัดเป็นองค์กรที่ดำเนินการในรูปแบบของการให้บริการ ด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัด มาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 โดยให้บริการสอบเทียบและปรับเทียบ เครื่องมือวัดและเครื่องทดสอบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เครื่องมือวัดไฟฟ้า เครื่องมือวัดความชื้น สัมผัส เครื่องวัดความดัน เครื่องวัดความยาว ตุ่มน้ำหนัก และเครื่องชั่ง เป็นต้น โดยตลอดระยะเวลา กว่า 18 ปี ได้ให้บริการสอบเทียบและปรับเทียบเครื่องมือวัดแก่ภาคอุตสาหกรรมและหน่วยงานต่างๆทั้ง ภาครัฐและเอกชนมากกว่า 2000 บริษัท ( สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).2543 :2 )

ดังนั้นจึงควรพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ เครื่องมือวัดไฟฟ้า ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริม เทคโนโลยี

(ไทย-ญี่ปุ่น) ขึ้น เพื่อให้ช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าปฏิบัติตามการสอบเทียบเครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ มีความรู้ความเข้าใจในเครื่องมือวัดไปพร้อมกับการสอบเทียบซึ่งนับว่าเป็นสิ่งสำคัญยิ่งทั้ง ยังเป็นประโยชน์ในการพัฒนาศักยภาพบุคคลนับว่าเป็นส่วนสำคัญต่อการพัฒนาองค์กร เนื่องจากปัญหาในเรื่องของพนักงานช่างเทคนิคขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่ตีพอ และไม่มี รายละเอียดขั้นตอนในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าเพียงพอ โดยจะเริ่มพัฒนาคู่มือการสอบเทียบ เครื่องมือวัดไฟฟ้าตั้งแต่วัตถุประสงค์ของการใช้คู่มือ คำแนะนำการใช้คู่มือพร้อมภาพประกอบของการสอบ เทียบแต่ละขั้นตอน แนวคิดและหลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้า นิยามศัพท์ทางด้านมาตร วิทยาที่จำเป็นในการสอบเทียบ ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และ อุณหภูมิ การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า การควบคุมและประกัน คุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และ มอก.17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วย ความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบ เพื่อให้พนักงานช่างสอบเทียบของศูนย์สอบเทียบ เครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ใช้เป็นแนวทางใน การปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าหรือเครื่องมือวัดประเภทอื่นๆ

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และ อุณหภูมิ สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

2. เพื่อหาประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และอุณหภูมิ สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่าย บริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)



## ความสำคัญของการวิจัย

### ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัย ได้ประโยชน์ดังนี้

1. คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และ อุณหภูมิ สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ได้
2. คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และ อุณหภูมิ สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ที่ได้จากการวิจัย สามารถนำแนวทางไปใช้สำหรับช่างสอบเทียบในสาขาอื่นหรือในหน่วยงานอื่นได้

## ขอบเขตของการวิจัย

### ประชากร

ประชากร ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้แก่ พนักงานช่างสอบเทียบเครื่องมือวัด ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม ด้านเครื่องมือวัดไฟฟ้า จำนวน 31 คน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

- |                                            |        |             |
|--------------------------------------------|--------|-------------|
| 1. ช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์   | 5 ชนิด | จำนวน 10 คน |
| 2. ช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดออสซิลโลสโคป   | 1 ชนิด | จำนวน 7 คน  |
| 3. ช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดเวลาและความถี่ | 2 ชนิด | จำนวน 8 คน  |
| 4. ช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ       | 2 ชนิด | จำนวน 6 คน  |

## ขอบเขตของเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และ อุณหภูมิ สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) มีเครื่องมือวัดไฟฟ้า เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ จำนวน 5 ชนิด เครื่องมือวัดออสซิลโลสโคป จำนวน 1 ชนิด เครื่องมือวัดเวลาและความถี่ จำนวน 2 ชนิด เครื่องมือวัดอุณหภูมิ จำนวน 2 ชนิด รวมทั้งหมด 10 ชนิด มีสาระสำคัญดังนี้

1. เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ จำนวน 5 ชนิด ได้แก่
  - 1.1 เครื่องมือวัด แรงดันกระแสตรง
  - 1.2 เครื่องมือวัดแรงดันกระแสสลับ
  - 1.3 เครื่องมือวัดแอมมิเตอร์กระแสตรง
  - 1.4 เครื่องมือวัดแอมมิเตอร์กระแสสลับ
  - 1.5 เครื่องมือวัดความต้านทาน
2. เครื่องมือวัดออสซิลโลสโคป จำนวน 1 ชนิด
3. เครื่องมือวัดเวลาและความถี่ จำนวน 2 ชนิด ได้แก่
  - 3.1 เครื่องมือวัดเวลา
  - 3.2 เครื่องมือวัดความเร็วรอบ
4. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ จำนวน 2 ชนิด ได้แก่
  - 4.1 เครื่องมือวัดเทอร์โมคัปเปิ้ล

## 4.2 เครื่องมือวัด อาร์ ที ดี

### คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

- บทที่ 1 แนวคิดและหลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้า
- บทที่ 2 นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่จำเป็นในการสอบเทียบ
- บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- บทที่ 4 การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- บทที่ 5 การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- บทที่ 6 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- บทที่ 7 มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและ สอบเทียบ

### ตัวแปรที่ศึกษา

1. ประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
  - 1.1 ความรู้ความเข้าใจในคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า
  - 1.2 ความสามารถในการปฏิบัติตามขั้นตอนของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า
2. ความคิดเห็นต่อการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

### นิยามศัพท์

1. เครื่องมือวัดไฟฟ้า หมายถึง เครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และ อุณหภูมิ
  - 1.1 เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์
    - 1.1.1 เครื่องมือวัด แรงดันกระแสตรง หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดแรงดันกระแสตรงมีหน่วยเป็น โวลต์
    - 1.1.2 เครื่องมือวัดแรงดันกระแสสลับ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดแรงดันกระแสสลับมีหน่วยเป็น โวลต์
    - 1.1.3 เครื่องมือวัดแอมมิเตอร์กระแสตรง หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดแอมมิเตอร์กระแสตรงมีหน่วยเป็น แอมแปร์
    - 1.1.4 เครื่องมือวัดแอมมิเตอร์กระแสสลับ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดแอมมิเตอร์กระแสสลับมีหน่วยเป็น แอมแปร์
    - 1.1.5 เครื่องมือวัดความต้านทาน หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดความต้านทานมีหน่วยเป็น โอห์ม
  - 1.2 เครื่องมือวัดออสซิลโลสโคป หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดสัญญาณรูปคลื่น ซายเวฟ มีหน่วยเป็น พิคาพิค
  - 1.3 เครื่องมือวัดเวลาและความถี่

1.3.1 เครื่องมือวัดเวลา หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดเวลาหรือใช้ตั้งเวลา มีหน่วยเป็น วินาที นาที และ ชั่วโมง

1.3.2 เครื่องมือวัดความเร็วรอบ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วรอบของเพลลา หรือพัดลม มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที โดยใช้ความถี่เป็นสัญญาณพัลส์

#### 1.4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

1.4.1 เครื่องมือวัดเทอร์โมคัปเปิ้ล หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิ โดยใช้ ตารางเปรียบเทียบ ค่าโวลต์ต่อค่าอุณหภูมิ มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส และ องศาฟาเรนไฮต์

1.4.2 เครื่องมือวัด อาร์ ที ดี หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิ โดยใช้ ตาราง เปรียบเทียบ ค่าความต้านทานต่อค่าอุณหภูมิ มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

2. การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า หมายถึง กลุ่มของวิธีปฏิบัติต่างๆ ซึ่งได้ทำไปตามขีดจำกัด หรือ ขั้นตอนซึ่งเตรียมไว้แล้ว เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือวัดกับเครื่องมือวัดที่อ่านได้ถูกต้องกว่า

3. คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า หมายถึง เอกสารสำหรับช่างสอบเทียบของสมาคม ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและปฏิบัติการ การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ประกอบด้วย คำชี้แจงการใช้คู่มือ แนวคิดและหลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้า นิยามศัพท์ ทางด้านมาตรวิทยาที่จำเป็นในการสอบเทียบ ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และ อุณหภูมิ การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด ทางไฟฟ้า การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า การควบคุมและ ประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และ มอก.17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่า ด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ

4. ประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า หมายถึง การกำหนดเกณฑ์ ของ ประสิทธิภาพ โดยประเมินผลการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัด ไฟฟ้าใน ด้าน ความสามารถในการ ปฏิบัติตามขั้นตอนการสอบเทียบภายหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละ บท ( บทที่ 1 - บทที่ 7 ) และความสามารถในการปฏิบัติตามขั้นตอนการสอบเทียบภายหลังการใช้คู่มือ การ สอบ เทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า โดยรวมทุกบท ( บทที่ 1- บทที่ 7 ) โดยใช้เกณฑ์ 80/80

ประสิทธิภาพคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า หมายถึง การกำหนดเกณฑ์ของ ประสิทธิภาพ โดยประเมินผลผู้คู่มือในด้านความสามารถของการสอบเทียบ ภายหลังการใช้คู่มือ โดยใช้ เกณฑ์ 80/80

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยที่ผู้วิจัยได้จากการประเมินความสามารถในการปฏิบัติตาม ขั้นตอนการสอบเทียบภายหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนแต่ละบท (บทที่1 -

บทที่ 7) คิดเป็นร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยที่ผู้วิจัยได้จากการประเมินความสามารถในการปฏิบัติตาม ขั้นตอนการสอบเทียบภายหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมในแต่ละขั้นตอนทุกบท (บทที่ 1- บทที่ 7 ) คิดเป็น ร้อย ละ 80 ของคะแนนเต็ม

5. ประสิทธิภาพในการดำเนินงานตามวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า หมายถึง การที่ผู้วิจัยประเมินความสามารถในการปฏิบัติตามขั้นตอนการสอบเทียบภายหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท (บทที่ 1- บทที่ 7) ของช่างสอบเทียบของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

5.1 ความรู้ ความเข้าใจ ในวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า หมายถึง ความสามารถในการบอก ชี้แจง อธิบายการสอบเทียบในแต่ละบท (บทที่1-บทที่ 7) ของคู่มือประกอบด้วย แนวคิดและหลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้า นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่จำเป็นในการสอบเทียบ ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และ อุณหภูมิ การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และ มอก.17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ โดยใช้เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัว เลือก แบ่งเป็นมีความรู้ความเข้าใจดีเยี่ยม มีความรู้ความเข้าใจดี มีความรู้ความเข้าใจพอใช้ มีความรู้ความเข้าใจน้อย มีความรู้ความเข้าใจน้อยที่สุด

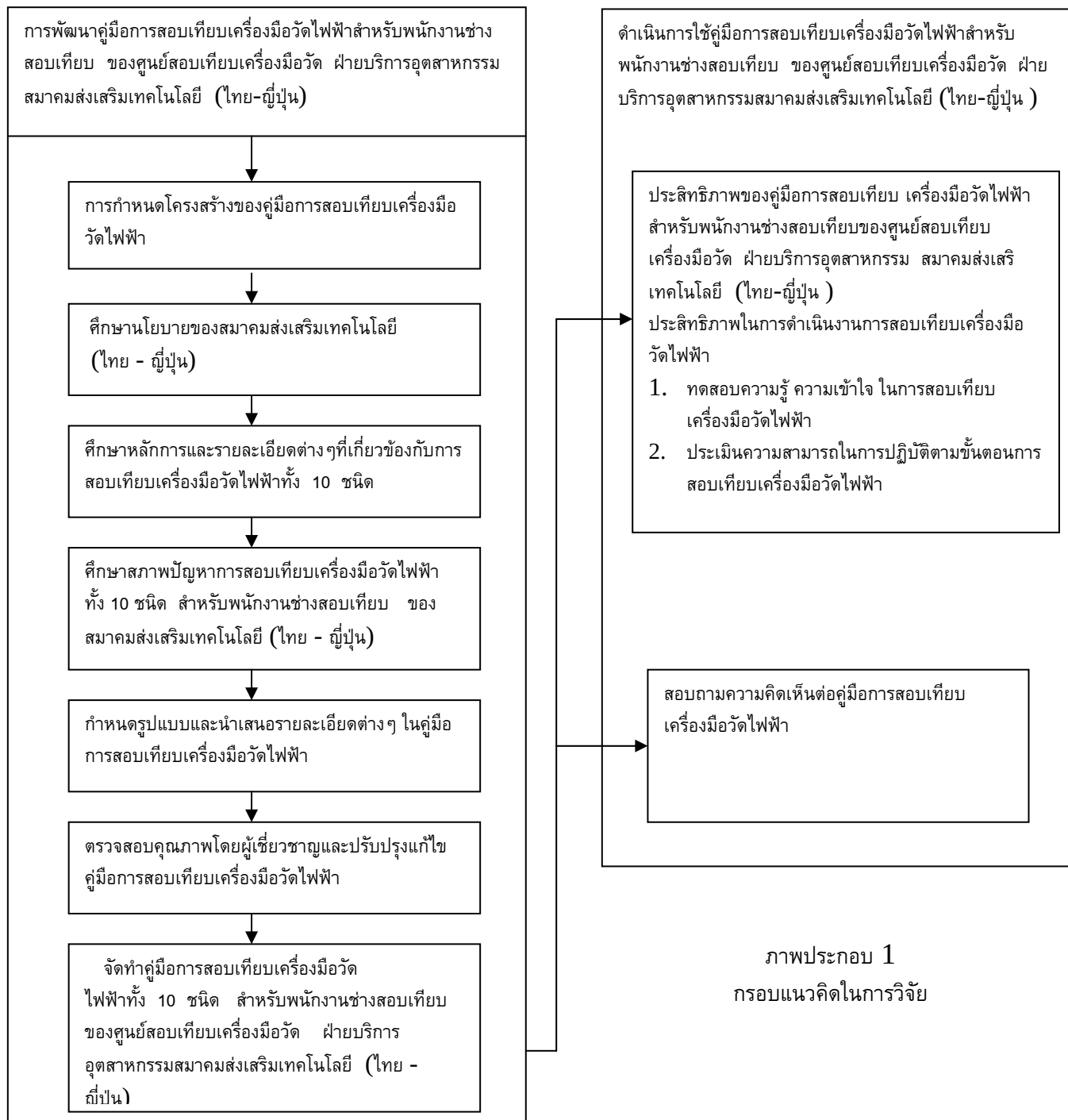
5.2 ความสามารถในการปฏิบัติตามวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า หมายถึง ช่างสอบเทียบที่มีความสามารถนำขั้นตอนตามคู่มือการสอบเทียบไปดำเนินการปฏิบัติการสอบเทียบในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท ( บทที่ 1 – บทที่ 7 ) ประกอบด้วย แนวคิดและหลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้า นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่จำเป็นในการสอบเทียบ ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และ อุณหภูมิ การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และ มอก.17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติ และให้หัวหน้างานเป็นผู้สังเกต แบ่งเป็นมีความสามารถในการปฏิบัติงานได้มากที่สุด มีความสามารถในการปฏิบัติงานได้มาก มีความสามารถในการปฏิบัติงานได้ปานกลาง มีความสามารถในการปฏิบัติงานได้น้อย มีความสามารถในการปฏิบัติงานได้น้อยที่สุด

6. ความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า หมายถึง ความรู้สึก ทำที่ ของช่างสอบเทียบที่มีต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

#### กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ ได้ประมวลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับช่างสอบเทียบเครื่องมือวัด ของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) สามารถกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาค้นคว้าได้ดังแสดงในภาพประกอบ 1

**กรอบแนวคิดการวิจัย**  
( Research Conceptual Framework)



**สมมุติฐานของการวิจัย**

1. ความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบ อยู่ในระดับดีเยี่ยม
2. คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ทั้ง 10 ชนิด ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ต้องการคู่มือช่างสอบเทียบ เพื่อใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับช่างสอบเทียบของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ จากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เรียงลำดับดังนี้

1. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
2. เครื่องมือวัดไฟฟ้า 10 ชนิดที่ใช้ในการสอบเทียบ
3. งานสอบเทียบตามมาตรฐานโลก ISO 9000
4. ความไม่แน่นอนในการวัด (Uncertainty of Measurement)
5. หลักการสร้างคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดและการหาประสิทธิภาพของคู่มือ
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ก่อตั้งอย่างเป็นทางการในวันที่ 24 มกราคม 2516 ตั้งอยู่ที่เลขที่ 5-7 ซอยสุขุมวิท 29 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110 ด้วยความตั้งใจมุ่งมั่น ความร่วมมือร่วมใจ และความเสียสละทุ่มเททั้งกำลังกายและกำลังใจของกลุ่มผู้ที่เคยไปศึกษาและดูงานโดยทุน Andiertthhh Bdkftg;rjg Kggjnhphh & Andgpgj;hh Omfhjhhojo Tvmd'gjgmb Sfdgdgmpgmp (ABK & AOTS) ณ ประเทศญี่ปุ่น โดยมี ฯพณฯ สมหมาย สุนทรกุล รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังในขณะนั้นเป็นประธานคณะกรรมการก่อตั้ง และสำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก อาจารย์โยอิชิ โฮซุมิ อดีตประธานคณะกรรมการ สมาคมความร่วมมือเศรษฐกิจ ญี่ปุ่น-ไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นศูนย์กลางในการส่งเสริมความรู้และนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาเผยแพร่และถ่ายทอดให้แก่บุคลากรไทย เพื่อสร้างความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมไทย

ในระยะเวลาที่ผ่านมา สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ได้เติบโตและพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งความชำนาญในด้านการจัดหลักสูตรการสัมมนาและฝึกอบรมด้านเทคโนโลยีและการจัดการห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม

กิจกรรมพื้นฐานของ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) คือ การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ โดยผ่านการอบรมสัมมนาการศึกษาทางไกล การเรียนการสอนภาษาญี่ปุ่น-ไทย นอกจากนี้ยังมีการผลิตตำราและวารสารทั้งด้านเทคโนโลยีและคุณภาพ ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม ศูนย์สอบเทียบปรับเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม ศูนย์สารสนเทศทางเทคโนโลยี อันยังประโยชน์แก่บุคลากรทั้งในภาครัฐและเอกชนที่จะได้รับการเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ได้พัฒนาทั้งทักษะ เทคนิค และกระบวนการในการบริหารการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

ปัจจุบัน 25 ปี ที่ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ได้ริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ เพื่อนำเสนอต่อสังคมเสมอมา กอปรกับสำนักที่ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ตระหนักในฐานะผู้ทำหน้าที่ถ่ายทอดและพัฒนาเทคโนโลยีและบุคลากร สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) จึงได้ก่อตั้งสถาบันส่งเสริมเทคโนโลยีขึ้น เพื่อใช้เป็นสถานที่ในการพัฒนาคุณภาพ และศักยภาพของเทคโนโลยีและบุคลากรในภาคอุตสาหกรรมของไทย

ปัจจุบัน สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ได้เปิดให้บริการกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งที่อาคาร ถนนสุขุมวิท 29 และได้เปิดอาคารสถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี 534/4 ซอยพัฒนาการ 18 แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 และได้ตามพิธีเปิดอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 27 มกราคม 2541 โดยสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อมเสด็จเป็นองค์ประธานในพิธีเปิดอาคารสถาบันฯ และในวันเดียวกันยังถือเป็นวันครบรอบ 25 ปี แห่งการก่อตั้งสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยมีฝ่ายต่าง ๆ ดังนี้

1. ฝ่ายสำนักพิมพ์
2. ฝ่ายโรงเรียนภาษา และวัฒนธรรม
3. ฝ่ายการศึกษาและฝึกอบรม
4. ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม
5. ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ

นอกจากการให้บริการทั้ง 5 ฝ่ายแล้ว สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ยังมีกิจกรรมด้านอื่น ๆ อีก อาทิ โครงการการแข่งขันหุ่นยนต์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ซึ่งแชมป์ประเทศไทย ศูนย์สารสนเทศทางเทคโนโลยี (ห้องสมุด) ร้านหนังสือ Technology Promotion Association Book Center (TPABC) และ งานสมาชิกสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยียึดเปรียบเสมือนเป็นองค์กรที่สืบทอดเจตนารมณ์ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ซึ่งมีประวัติทางด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี และการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์มายาวนาน เพื่อให้สถาบันฯ สามารถตอบสนองความต้องการของภาคอุตสาหกรรมในโลกาภิวัตน์ และมีความต่อเนื่องในการบริการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เป็นผู้ดูแลและบริหารงานของสถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี

#### ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม

กิจกรรมที่ทางศูนย์สอบเทียบฯ เปิดให้บริการแก่ภาคอุตสาหกรรม มีขอบข่าย ดังนี้  
สอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า, สอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ, สอบเทียบเครื่องมือวัดความยาว, สอบเทียบมวลและเครื่องชั่งน้ำหนัก, สอบเทียบเครื่องมือวัดความดัน/แรงบิด, สอบเทียบเครื่องมือวัดความชื้น

ด้วยความตระหนักและความรับผิดชอบถึงระบบคุณภาพในการให้บริการ ทางศูนย์สอบเทียบฯ ได้พัฒนาคุณภาพการสอบเทียบให้ได้มาตรฐานสากล โดยได้รับการรับรอง ความสามารถห้องปฏิบัติการสอบเทียบตามมาตรฐาน มอก.1300 (ISO / IEC Guide 25) ในสาขาที่ให้บริการจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม

#### ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดลอม

กิจกรรมที่ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดลอม เปิดให้บริการได้แก่ ให้บริการรับตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำดี/น้ำเสีย รวมถึงผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้บริการเก็บตัวอย่าง ณ สถานที่ต่าง ๆ ใน โรงงานอุตสาหกรรม การจัดอบรมสัมมนาทางด้านสิ่งแวดล้อมทั้งภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ อาทิ การตรวจวิเคราะห์น้ำเสียและน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม, เทคนิคการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ต่าง ๆ , การสอบเทียบเครื่องแก้ว



ศูนย์ทดสอบฯ ได้รับอนุญาตให้ขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการเลขที่ ว.-014 จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม และได้ดำเนินการขอการรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน มอก.1300 (ISO/IEC Guide 25) ตลอดจนถึงระบบมาตรฐานอื่น ๆ ที่สากลยอมรับเพื่อเพิ่มความมั่นใจให้แก่ผู้ใช้บริการ

หน่วยงานบริการนอกสถานที่

จากความต้องการของภาคอุตสาหกรรมในการใช้บริการสอบเทียบ ณ สถานประกอบการเพื่อความสะดวกในการสอบเทียบเครื่องมือที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ฝ่ายบริการอุตสาหกรรมได้ตอบสนองความต้องการดังกล่าว โดยเพิ่มบริการนอกสถานที่ทั้งหน่วยงานบริการสอบเทียบนอกสถานที่(On-Site Calibration Services) ในสาขาอุณหภูมิจัดตั้งเครื่องมือวิเคราะห์ เช่น pH meter, Conductivity meter และหน่วยงานบริการเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อมนอกสถานที่ ซึ่งปฏิบัติงานโดยช่างสอบเทียบและเจ้าหน้าที่ทดสอบที่มีความชำนาญและเครื่องมือที่ได้มาตรฐานสากล

## 2. เครื่องมือวัดไฟฟ้าทั้ง 10 ชนิดที่ใช้ในการสอบเทียบ

หลักการและทฤษฎีของเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และ อุณหภูมิ ทั้ง 10 ชนิด

### 2.1 เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์

มัลติมิเตอร์ถือว่าเป็นเครื่องมือวัดที่สำคัญสำหรับงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ เพราะว่าเป็นเครื่องมือที่ใช้ค่าพื้นฐานทางไฟฟ้าคือ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบหรือการตรวจซ่อมวงจรต่าง ๆ ก็จำเป็นต้องวัดค่าเหล่านั้นทั้งสิ้น มัลติมิเตอร์เป็นการรวม Voltmeter Ammeter และ Ohmmeter ไว้ในตัวเดียวกัน และใช้มูฟเมนต์ ตัวเดียวจึงเรียก Volt-ohm-milliammeter (VOM)

นอกจากนี้ VOM ยังสามารถนำไปวัดค่าอื่น ๆ ได้อีก เช่น วัดอัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ ปัจจุบันมัลติมิเตอร์มีด้วยกัน 2 แบบคือ

- แบบเข็มชี้ (Analog multimeter)
- แบบตัวเลข (Digital multimeter)

มัลติมิเตอร์ทั้ง 2 แบบนี้มีข้อดี ข้อเสียต่างกัน บางคนชอบแบบเข็มชี้เพราะว่ามองเห็นการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของเข็มชี้ชัดชัดเจน ต่างกับแบบดิจิตอลซึ่งตัวเลขจะวิ่ง สกอตค่าตัวเลขที่แน่นอนได้ยาก แต่บางคนก็ชอบแบบดิจิตอลก็ให้เหตุผลว่าสามารถอ่านค่าเป็นตัวเลขออกมาได้ทันที สะดวกสบายไม่ต้องคำนึงถึงขั้วมิเตอร์ว่าวัดถูกหรือผิดเพราะว่ามีเครื่องหมายบอกให้เสร็จ ส่วนแบบอะนาล็อกจะมีปัญหาเรื่องนี้และการไม่เป็นเชิงเส้น ของสเกลด้วย

มัลติมิเตอร์แบบเข็มชี้

VOM แบบอะนาล็อกส่วนมากเป็นแบบขดลวดเคลื่อนที่ (Moving coil) เนื่องจากแบบขดลวดเคลื่อนที่จะมีสเกลเป็นเชิงเส้นขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ราคาไม่แพงและมีความไวดี ชื่อและส่วนประกอบภายนอกของ VOM ดังแสดง ในภาพประกอบ 2 และภาพจริงของ VOM ดังแสดงในภาพประกอบ 2

ภาพประกอบ 2 ส่วนประกอบภายนอก ของ VOM  
( ชิตเชื้อ กนกเพชรรัตน์ 2542:81 )

- |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| หมายเลข | <ol style="list-style-type: none"> <li>1 สเกลหน้าปัทม์มิเตอร์</li> <li>2 เข็มชี้ (Pointer)</li> <li>3 สกรูเพื่อปรับเข็มชี้ให้ชี้ตรงศูนย์</li> <li>4 สวิตช์เลือกพิสัย (Rang selector switch)</li> <li>5 ฟังก์ชันสวิตช์ (Function switch) เพื่อเลือกชนิดไฟฟ้า DC หรือ AC</li> <li>6 ขั้วต่อ (Terminal)</li> <li>7 ที่ปรับศูนย์โอห์ม (Zero adjust) เมื่อใช้ Ohmmeter</li> </ol> |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

ภาพประกอบ 3 รูปจริงของ VOM Analog ยี่ห้อ Simpson รุ่น 260  
( ชิตเชื้อ กนกเพชรรัตน์ 2542:81 )

การใช้ VOM (ยี่ห้อ Simpson รุ่น 260) เบื้องต้น มีขั้นตอนดังนี้

## 2.2 เครื่องมือวัดแรงดันกระแสตรง

DC Voltage (DCV) มีย่านวัด 0-2.5 V จนถึง 0-5000 V

- ก. ตั้งฟังก์ชันสวิตช์ไว้ที่ +DC
- ข. เสียบสายวัดสีดำเข้ากับ "Common" (-) และสายวัดสีแดงเข้ากับ (+)
- ค. สวิตช์เลือกพิสัย (2.5 V, 10 V, 50 V, 250 V, 1000 V หรือ 5000 V) ตั้งไว้ในตำแหน่งที่ต้องการจะวัด
- ง. ต่อสายวัดสีดำเข้ากับไฟลบและสายวัดสีแดงเข้ากับไฟบวกของวงจรที่จะวัดโดยต่อขนานกับวงจร
- จ. อ่านค่าแรงดันจากสเกล DC (รูปที่ 5.12 ก))
  - พิสัย 2.5 V ใช้สเกล 0-250 แล้วหารด้วย 100
  - พิสัย 10 V, 50 V และ 250 V อ่านค่าจากสเกลได้โดยตรง (0-10, 0-50 และ 0-250 ตามลำดับ)
  - พิสัย 500 V ใช้สเกล 0-50 แล้วคูณด้วย 10
  - พิสัย 1000 V ใช้สเกล 0-10 แล้วคูณด้วย 100
  - พิสัย 5000 V สายวัดสีดำเสียบที่เดิม สายวัดสีแดงย้ายมาเสียบที่ช่อง (5000 VDC) อ่านค่าใช้สเกล 0-50 แล้วคูณด้วย 100

## 2.3 เครื่องมือวัดแรงดันกระแสสลับ

AC Voltage (ACV) มีพิสัยการวัดเหมือนกับ DC V

- ตั้งฟังก์ชันสวิตช์ไว้ที่ตำแหน่ง AC
- ขั้นตอนการใช้คล้ายกับ DC V
- การอ่านค่าใช้สเกลเดียวกับ DC V เพียงแต่พิสัย 0-2.5 VAC มีสเกลแยกออกต่างหาก
- ให้มีความระมัดระวังการวัดมากขึ้น

## 2.4 เครื่องมือวัดแอมมิเตอร์กระแสตรง

การอ่านค่าจากสเกลของ DC Current (DCA) ดังแสดงในภาพประกอบ 4

ภาพประกอบ 4 รูปแสดงสเกลและพิสัยการวัดกระแส DCA  
( ชิตเชื้อ กนกเพชรรัตน์ 2542:90 )

DCA พิสัยการวัด 0-50  $\mu\text{A}$  ไปจนถึง 0-10 A

- ก. ตั้งฟังก์ชันสวิตช์ไว้ที่ตำแหน่ง +DC
- ข. เสียบสายวัดสีดำที่ “Common” (-) สายวัดสีแดงเข้าที่ (+) (ยกเว้นพิสัย 50  $\mu\text{A}$  เปลี่ยนเฉพาะสายวัดสีแดงไปเสียบที่ช่อง 50  $\mu\text{A}$  และพิสัย 10A สายวัดสีดำเสียบอยู่ที่ (-10A) สีแดงอยู่ที่ (+10A)
- ค. สวิตช์เลือกพิสัย 50  $\mu\text{A}$  (ตำแหน่งเดียวกับ “50 V”) 1 mA, 10 mA, 100 mA และ 500 mA) ตั้งไว้ตำแหน่งที่ต้องการ สำหรับพิสัย 10A
  - ให้ตั้งสวิตช์เลือกพิสัยไว้ที่ตำแหน่ง 10 mA
- ง. เปิดวงจร (Open circuit) ที่จะวัดกระแสต่อเครื่องวัดอนุกรมกับวงจรโดยใช้สายวัดสีดำต่อที่ไฟ (-) สายวัดสีแดงต่อเข้าที่ไฟ (+)
- จ. อ่านค่ากระแสจากสเกล (+)
  - พิสัย 50  $\mu\text{A}$  ใช้สเกล 0-50 อ่านค่าโดยตรง
  - พิสัย 1 mA ใช้สเกล 0-10 แล้วหารด้วย 10
  - พิสัย 10 mA ใช้สเกล 0-10 อ่านค่าโดยตรง

- พิสัย 100 mA ใช้สเกล 0-10 แล้วคูณด้วย 10
- พิสัย 500 mA ใช้สเกล 0-50 แล้วคูณด้วย 10
- พิสัย 10A ใช้สเกล 0-10 อ่านค่าโดยตรง

2.5 เครื่องมือวัดแอมมิเตอร์กระแสสลับ จะใช้การวัดวิธีเดียวกันกับ DCA

2.6 เครื่องมือวัดความต้านทานการอ่านค่าจากสเกลของความต้านทาน ดังแสดงในภาพประกอบ 5

ภาพประกอบ 5 สเกลสำหรับอ่านค่าความต้านทาน  
( ชิตเชื้อ กนกเพชรรัตน์ 2542:91 )

ความต้านทาน พิสัยการวัด R x 1, R x 100 และ R x 10,000

- ก. ตั้งสวิตช์เลือกพิสัย (R x 1, R x 100 หรือ R x 10,000) ไว้ในตำแหน่งที่ต้องการ
- ข. ก่อนวัดทุกครั้งจะต้องชอร์ต (Short) ปลายสายวัดเสียก่อนเพื่อทำการปรับให้เข็มชี้ของมิเตอร์ชี้ที่ตำแหน่งศูนย์โอห์ม ( $0 \Omega$ ) บนสเกล (เพื่อความเที่ยงตรงของการวัด) โดยการปรับปุ่มศูนย์โอห์มถ้าปรับปุ่มดังกล่าวแล้วเข็มชี้ไม่ถึง  $0 \Omega$  ให้ทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่ (Battery) ที่อยู่ในมิเตอร์ใหม่
- ค. แยกปลายวัดออกจากกันแล้วนำไปต่อวัดความต้านทานได้ตามต้องการ และต้องแน่ใจว่าต้องอุปกรณ์หรือวงจรที่จะวัดนั้นไม่มีการจ่ายไฟมาก่อน
- ง. อ่านค่าความต้านทานจากสเกล  $\Omega$  จากภาพประกอบ 5
  - พิสัย R x 1 ใช้สเกล  $\Omega$  อ่านค่าโดยตรง ความต้านทานที่วัดอยู่ช่วง 0-200  $\Omega$
  - พิสัย R x 100 ใช้สเกล  $\Omega$  แล้วคูณด้วย 100 ความต้านทานที่วัดอยู่ในช่วง 200-20,000  $\Omega$
  - พิสัย R x 10,000 ใช้สเกล  $\Omega$  แล้วคูณด้วย 10,000 ความต้านทานที่วัดอยู่ช่วง มากกว่า 20,000  $\Omega$
  -

มัลติมิเตอร์แบบตัวเลข

Digital multimeter (DMM) ในระยะนี้ได้มีการพัฒนา DMM ให้มีหน้าที่กว้างขวางขึ้น เช่น สามารถวัดความถี่ อุณหภูมิไดโอดหรือวัดค่าความนำทางไฟฟ้า เป็นต้น เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น DMM แบบมือถือ

ภาพประกอบ 6 รูป Digital multimeter เบื้องต้นแบบมือถือ  
( ชิตเชื้อ กนกเพ็ชรรัตน์ 2542:99 )

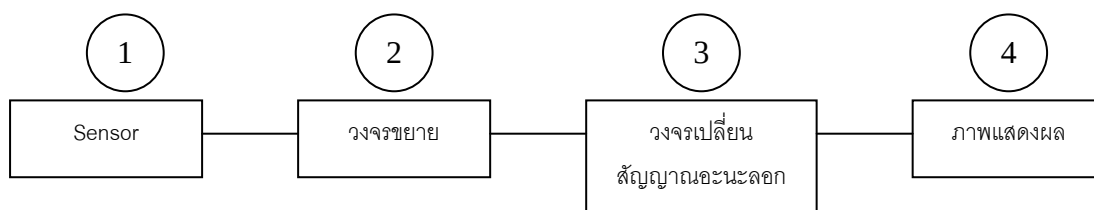
รายละเอียดของ Basic DMM ดังภาพประกอบ 6

- ความสามารถในการวัด : DC voltage, AC voltage, Resistance, AC current และ DC current
- การแสดงผล : ใช้ตัวเลข LCD (Liquid crystal displays) ขนาด 3 ½ หลัก (Digit)
- การแสดงขั้ว : จะแสดงเครื่องหมาย “ - ” แบบอัตโนมัติ เมื่อแรงดันเข้ามีค่าเป็นลบ

พิสัยการวัด

|                             |   |                                                                           |
|-----------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------|
| $V_{ac}$                    | : | 0 ถึง 1.999, 19.99, 199.9/750V                                            |
| $V_{dc}$                    | : | 0 ถึง 1.999, 19.99, 199.9/1000V                                           |
| $\Omega$<br>(M $\Omega$ )   | : | 0 ถึง 199.9 ( $\Omega$ ), 1.999, 19.99, 199.9 (k $\Omega$ ), 1.999, 19.99 |
| $A_{ac}$                    | : | 0 ถึง 1.999, 19.99, 199.9, 1999 (mA)                                      |
| $A_{dc}$                    | : | 0 ถึง 1.999, 19.99, 199.9, 1999 (mA)                                      |
| ความถี่                     | : | 40-500 เฮิรตซ์                                                            |
| ภาระแรงดันสำหรับการวัดกระแส | : | 6 mV/mA                                                                   |
| ความต้านทานอินพุตทางไฟสลัป  | : | 10 $\Omega$ M // 100 pF                                                   |

หลักการพื้นฐานของ DMM มีหลักการและโครงสร้างง่าย ๆ ตามแผนภาพบล็อก (Block diagram) ซึ่งประกอบด้วยภาคตัวรับรู้ หรือตัวแปลง วงจรขยาย วงจรเปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลและภาคแสดงผล



ภาพประกอบ 7 รูปแสดง Block diagram ของ DMM พื้นฐาน  
( ชิตเชื้อ กนกเพ็ชรรัตน์ 2542:103 )

อธิบาย Block diagram

1. Sensor หรือ Transducer จะทำหน้าที่เปลี่ยนค่าทางฟิสิกส์ (Physics) เช่น ความดันอุณหภูมิ ระยะทาง ให้เป็นแรงดันหรือกระแสไฟฟ้า ถ้าสิ่งที่ต้องการวัดเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าอยู่แล้ว ตัว Sensor ก็หมายถึง สายโพรบ (Probe)
2. วงจรขยายทำหน้าที่ขยายและเปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าที่มาจากตัว Sensor ให้เหมาะสมเพื่อป้อนให้กับ วงจรเปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล
3. วงจรเปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D convertor) คือวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับแรงดันทางอะนาลอกให้เป็นดิจิตอล โดยการสุ่มเอาของวงจร เช่น สัญญาณอะนาลอกจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณที่มีลอจิก (Logic) “1” หรือ “0” อยู่ n บิต (Bit) ต่อการสุ่มสัญญาณอะนาลอก 1 ครั้ง ส่วนใหญ่ค่า n จะเท่ากับ 8 หรือ 12 เช่น ค่าสัญญาณอะนาลอก 3 V จะถูกเปลี่ยนเป็น “01000000” และค่า 3.025 V ถูกแทนเป็น “01000001” ถ้าสังเกตจะเห็นว่าสัญญาณดิจิตอลจะเปลี่ยนไป 1 ขั้น (Step) เมื่อสัญญาณอะนาลอกเปลี่ยนไป 0.025 V ค่า 0.025 V นี้คือความละเอียดในการอ่านค่า
4. ภาคแสดงผลเป็นส่วนแสดงค่าที่วัดออกมาเป็นตัวเลข ซึ่งจะมีหลักนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถของวงจร Analog-to-digital Convertor (A/D convertor) ภาคแสดงผลที่นิยมใช้มีอยู่ 2 ชนิดคือ LED 7-segment และ LCD

- การใช้ DMM เบื้องต้น

1. Power Sw.
2. Data Hold Sw.
3.  $H_{FE}$  Socket
4. 10A Input Terminal
5. 2A Input Terminal
6. "Common" Input Terminal
7.  $V.\Omega$ . FREQ Input Terminal
8. Capacitor (CAP) Socket
9. CAP ZERO ADJ
10. Range Selector
11. AC/DC Selector
12. Display

ภาพประกอบ 8 ส่วนประกอบภายนอกของ DMM ยี่ห้อ GoldStar รุ่น DM8243  
( ชิตเชื้อ กนกเพชรรัตน์ 2542:104 )

รายละเอียดการทำงาน (Operating specifications) ดังแสดงในตาราง 1

- ภายใต้งี๊อนไขอุณหภูมิ : 18-28°C
- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) : 40-70 %



DC Voltage

| Range  | Resoluton   | Accuracy                  |
|--------|-------------|---------------------------|
| 200 mV | 10 $\mu$ V  | + (0.05% rdg<br>+ 4 dgts) |
| 2 V    | 100 $\mu$ V |                           |
| 20 V   | 1 mV        |                           |
| 200 V  | 10 mV       |                           |
| 1000 V | 100 mV      | + (0.1% rdg + 6<br>dgts)  |

AC Voltage

| Range  | Resoluton   | Accuracy                   |
|--------|-------------|----------------------------|
| 200 mV | 10 $\mu$ V  | + (0.5% rdg<br>+ 10 dgts)  |
| 2 V    | 100 $\mu$ V |                            |
| 20 V   | 1 mV        |                            |
| 200 V  | 10 mV       |                            |
| 1000 V | 100 mV      | + (0.75% rdg<br>+ 10 dgrs) |

DC Current

| Range  | Resoluton   | Accuracy                  |
|--------|-------------|---------------------------|
| 2 mA   | 0.1 $\mu$ A | + (0.3% rdg<br>+ 2 dgts)  |
| 20 mA  | 1 $\mu$ A   |                           |
| 200 mA | 10 $\mu$ A  |                           |
| 2 A    | 100 $\mu$ A |                           |
| 10 A   | 1 mA        | + (0.75% rdg +<br>3 dgts) |

AC Current

| Range  | Resoluton   | Accuracy                   |
|--------|-------------|----------------------------|
| 2 mA   | 0.1 $\mu$ A | + (0.75% rdg<br>+ 10 dgts) |
| 20 mA  | 1 $\mu$ A   |                            |
| 200 mA | 10 $\mu$ A  |                            |
| 2 A    | 100 $\mu$ A |                            |
| 10 A   | 1 mA        | + (1.5% rdg +<br>10 dgrs)  |

Resistance

| Range          | Resoluton     | Accuracy              |
|----------------|---------------|-----------------------|
| 200 $\Omega$   | 10 m $\Omega$ | + (0.2% rdg + 2 dgts) |
| 2 k $\Omega$   | 100 $\Omega$  |                       |
| 20 k $\Omega$  | 1 $\Omega$    |                       |
| 200 k $\Omega$ | 10 $\Omega$   |                       |
| 2 M $\Omega$   | 100 $\Omega$  | + (0.5% rdg + 2 dgts) |
| 20 M $\Omega$  | 1 k $\Omega$  |                       |

ตาราง 1 แสดงรายละเอียดการทำงานของ DMM  
( ชิตเชื้อ กนกเพชรรัตน์ 2542:105 )

## 2.6 เครื่องมือวัดออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคปหรือเรียกสั้น ๆ ว่า “สโคป” (Scope) มีชื่อเต็มมาจากแคโทดเรย์ออสซิลโลสโคป Cathode ray oscilloscope (CRO) หมายถึง ออสซิลโลสโคปใช้หลอดรังสีแคโทด

สโคปเป็นเครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการวัดแสดงรูปคลื่นสัญญาณต่าง ๆ ออกมาเป็นภาพปรากฏบนจอหลอดภาพให้เห็นได้ เช่น การวัดสัญญาณกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าที่เป็น กระแสสลับหรือ กระแสตรง การวัดความถี่ของสัญญาณ การวัดเฟสของสัญญาณและรวมถึงการวัดสัญญาณพัลส์ การอ่านค่าแอมพลิจูดของสัญญาณจะเป็นพีค-ทู-พีค หรือค่าพีคและค่าเวลาเป็นวินาที ดังแสดงในภาพประกอบ 9

ภาพประกอบ 9 แสดงขนาดแรงดันรูปคลื่นไซน์  
( ชิตเชื้อ กนกเพชรรัตน์ 2542:184 )

$$\begin{aligned} V_{p-p} & \text{ คือ แรงดันพีค-ทู-พีค (ยอดถึงยอด)} \\ V_p & \text{ คือ แรงดันพีค (คิดเพียงยอดคลื่นเดียว)} \\ V_{p-p} & = V_p + V_p = 2 V_p \end{aligned}$$

#### 2.6.1 หลักการทำงานของสโคป

สโคปจะใช้หลักการบังคับการบ้ายเบนของลำอิเล็กตรอนภายในหลอดภาพรังสีแคโทด Cathode ray tube (CRT) ด้วยระบบการบ้ายเบนทางไฟฟ้า

#### 2.6.2 หน้าที่หลักของออสซิลโลสโคป คือ

1. รับสัญญาณ
2. แสดงภาพของสัญญาณที่รับ
3. วิเคราะห์สัญญาณ

ภาพประกอบ 10 ออสซิลโลสโคปชนิด 1 ลำแสง ยี่ห้อ LEADER รุ่น LBO-5128  
( ชิตเชื้อ กนกเพชรรัตน์ 2542:185 )

### 2.6.3 แผนภาพบล็อกของออสซิลโลสโคป

แผนภาพบล็อกของออสซิลโลสโคป Oscilloscope block diagram (OBD)ทั่วไป แบบ 1  
ลำแสง มีส่วนประกอบดังภาพประกอบ 11

ภาพประกอบ 11 แผนภาพบล็อกออสซิลโลสโคปชนิด 1 ลำแสง  
( ชิตเชื้อ กนกเพชรรัตน์ 2542:186 )

อธิบายแผนภาพบล็อก

1. หลอดรังสีแคโทด ถือว่าเป็นหัวใจของสโคป ด้านในหลอดภาพฉายด้วยสารเรืองแสง เมื่ออิเล็กตรอนวิ่งกระทบจุดใดจุดนั้นจะเรืองแสงขึ้นจึงเกิดเป็นภาพให้เห็น

2. ภาควิทยาสัญญาณทางแนวตั้ง ทำหน้าที่ขยายสัญญาณทางแนวตั้งให้มีความแรงขึ้นที่ส่งมาจากภาคหลอดทอนแรงดันทางแนวตั้ง
3. ภาคหน่วงสัญญาณ จะทำหน้าที่หน่วงสัญญาณอินพุตทางแนวตั้ง ก่อนที่จะป้อนเข้าแผ่นเพลตป้ายเบนทางแนวตั้ง ใช้เวลาการหน่วงประมาณ  $0.25 \mu\text{s}$
4. เครื่องกำเนิดฐานเวลา หรือตัวกำเนิดการกวาด ทำหน้าที่ควบคุมรูปคลื่นพื้นเลื้อย มีความถี่ถูกต้อง ก่อนป้อนให้กับภาควิทยาสัญญาณทางแนวนอน
5. ภาควิทยาสัญญาณทางแนวนอนทำหน้าที่ขยายสัญญาณรูปพื้นเลื้อยให้มีความแรงพอก่อนป้อนเข้าแผ่นเพลตป้ายเบนทางแนวนอน ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าสถิตควบคุมลำอิเล็กตรอนให้ป้ายเบนซ้ายขวาทางแนวนอนได้
6. ภาควงจรจุดชนวน หรือวงจรซิงค์ ทำหน้าที่ควบคุมให้สัญญาณแนวนอนทำงานพร้อมกับสัญญาณแนวตั้ง ทำให้ภาพบนจอหยุดนิ่ง โดยรับสัญญาณมาจากภาควิทยาสัญญาณแนวตั้งมาทำเป็นสัญญาณพัลส์ไปควบคุมรูปคลื่นพื้นเลื้อยของภาคกำเนิดฐานเวลาให้มีความถี่ที่ถูกต้อง
7. ภาคจ่ายไฟ แรงดันไฟฟ้าต่ำ Low voltage (LV) จะจ่ายไฟให้กับทุกวงจรยกเว้น แรงดันไฟสูง High voltage (HV) จ่ายให้กับหลอดภาพ

#### 2.6.4 หลักการเกิดภาพบนจอสโคป

การเกิดรูปสัญญาณที่จอสโคป อาศัยหลักการทำงานของ 2 ภาคใหญ่ ๆ คือ

1. การป้ายเบนสัญญาณทางแนวตั้ง (Vertical deflection)
2. การป้ายเบนสัญญาณทางแนวนอน (Horizontal deflection)

การป้อนสัญญาณเข้าที่ชุดแผ่นเพลตป้ายเบน ทั้งแนวตั้งและแนวนอนโดยตรงจะต้องมี

ค่าแรงดันไฟฟ้าที่สูงมาก เพื่อให้ลำอิเล็กตรอนเกิดป้ายเบนไปถึงหน้าจอที่ฉาบด้วยสารเรืองแสง ดังนั้นถ้ากรณีที่มีสัญญาณเข้าเป็นแรงดันไฟฟ้าค่าต่ำ ๆ ก่อนเข้าแผ่นเพลตป้ายเบนทั้ง 2 ชุด โดยการขยายสัญญาณดังกล่าวเสียก่อน เรียกว่าวงจรขยายสัญญาณทางแนวตั้งและวงจรขยายสัญญาณทางแนวนอน

ภาพประกอบ 12 แสดงการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอนเมื่อป้อนสัญญาณคลื่นไซน์เข้าทางแนวตั้ง และรูปสัญญาณพื้นเลื่อยเข้าทางแนวนอน  
( ชิตเชื้อ กนกเพ็ชรรัตน์ 2542:188 )

จากภาพประกอบ 12 จะเห็นการสแกน ของรูปคลื่นไซน์ที่ป้อนเข้าทางแนวตั้งและรูปคลื่นพื้นเลื่อยเข้าทางแนวนอน ภาพที่จะปรากฏจะเป็นการเริ่มต้นสแกนของจุดลำแสงอิเล็กตรอนที่จอหลอดภาพวิ่งจากซ้ายไปขวา เริ่มจากตำแหน่งศูนย์เหมือนกันจนกระทั่งถึงจุดสูงสุด (เลข 8) ของสัญญาณคลื่นไซน์และพื้นเลื่อย จากนั้นจุดลำแสงอิเล็กตรอนบนจอหลอดภาพ จะวิ่งกลับจากตำแหน่งสูงสุด (ขวาสุด) มายังซ้ายสุดด้วยความเร็วที่สูงมากเราจึงเห็นรูปสัญญาณคลื่นไซน์ปรากฏบนหน้าจอ

## 2.7 เครื่องมือวัดเวลาและความถี่

เครื่องกำเนิดสัญญาณหรือเรียกว่า “ซิกแนล เจเนเรเตอร์” (Signal generators) เป็นเครื่องมือทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่พบเห็นบ่อยในห้องปฏิบัติการ เครื่องมือชนิดนี้มีหน้าที่ผลิตสัญญาณความถี่ทางไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ เช่น รูปคลื่นไซน์ (Sine wave) รูปคลื่นจัตุรัส (Square wave) รูปคลื่นสามเหลี่ยม (Triangular wave) และพัลส์ (Pulse) ออกมาเพื่อใช้ในการทดสอบปรับแต่งและตรวจซ่อมวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่ที่นิยมใช้งานกันอยู่ทั่วไปแบ่งออกเป็น

1. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง (Audio generators)
2. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ (Radio frequency signal generators)
3. ฟังก์ชันเจเนเรเตอร์ (Function generators)
4. พัลส์เจเนเรเตอร์ (Pulse generators)
5. เครื่องกำเนิดความถี่สวEEP (Sweep frequency generators)

### 2.7.1 เครื่องกำเนิดความถี่เสียง

เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในย่านความถี่เสียง (Audio frequency) ซึ่งมีย่านความถี่อยู่ในช่วง 20 Hz – 20 kHz เครื่องมือชนิดนี้จะผลิตสัญญาณใช้งานเป็นรูปคลื่นไซน์และคลื่นสี่เหลี่ยม เราสามารถเปลี่ยนค่าความถี่และขนาดของแอมพลิจูด (Amplitude) ของสัญญาณได้ ปกติค่าแอมพลิจูดสูงสุดทางเอาต์พุตของสัญญาณของเครื่องกำเนิดความถี่เสียงประมาณ  $25V_{rms}$  พิสัยย่านความถี่เสียงใช้งานช่วง 20 Hz-20 kHz และมีค่าอิมพีแดนซ์เอาต์พุตที่นิยมใช้กันคือ 75 และ 600 โอห์ม

วงจรออสซิลเลเตอร์ ที่ใช้ในเครื่องกำเนิดความถี่เสียงมีอยู่ 2 แบบคือ ออสซิลเลเตอร์แบบวินบริดจ์ และออสซิลเลเตอร์แบบเลื่อนวัฏภาค เฟสชิฟออสซิลเลเตอร์ ซึ่งวงจรทั้งสองจะใช้ตัวความต้านทานกับตัวเก็บประจุ เป็นตัวสร้างความถี่และมีการป้อนกลับแบบบวก เพื่อให้เกิดการออสซิลเลต วงจรแบบวินบริดจ์ ดังแสดงในภาพประกอบ 13

ภาพประกอบ 13 ออสซิลเลเตอร์แบบวินบริดจ์  
( ชิตเชื้อ กนกเพ็ชรรัตน์ 2542:167 )

วงจรออสซิลเลเตอร์ที่นิยมใช้ในเครื่องกำเนิดความถี่เสียง คือ ออสซิลเลเตอร์แบบวินบริดจ์เพราะให้เสถียรภาพ ของรูปคลื่นเอาต์พุตและความถี่ใช้งานคงที่

ภาพประกอบ 14 เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงยี่ห้อ Leader รุ่น LAG-26  
( ชิตเชื้อ กนกเพชรรัตน์ 2542:168 )

ภาพประกอบ 15 ส่วนประกอบภายนอกของเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงยี่ห้อ Leader รุ่น LAG-26  
( ชิตเชื้อ กนกเพชรรัตน์ 2542:168 )

- |         |                                                                               |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------|
| หมายเลข | 1 : สเกลสำหรับอ่านค่าความถี่                                                  |
|         | 2 : เข็มชี้แสดงค่าที่ยึดติดกับปุ่มปรับแบบมือหมุน                              |
|         | 3 : สวิตช์เปิด-ปิดเครื่อง                                                     |
|         | 4 : หลอดไฟแสดงการทำงาน                                                        |
|         | 5 : สวิตช์สำหรับเลือกสัญญาณรูปคลื่นไซน์หรือคลื่นจัตุรัส                       |
|         | 6 : ขั้วต่อซิง (Sync) สำหรับต่อความถี่สัญญาณซิงโครไนซ์ (Synchronizing signal) |

- จากภายนอก (External)
- หมายเลข 7 : ปุ่มไฟน์ (Fine) เป็นปุ่มสำหรับปรับขนาดของสัญญาณทางหัวต่อเอาต์พุตก่อนออกไปใช้งาน ให้ได้ขนาดของสัญญาณที่ต้องการ ปุ่มนี้ทำหน้าที่เหมือนกับปุ่มปรับแอมพลิจูด
- 8 : สวิตช์เลือกสูง-ต่ำ (High-low switch) ระดับสัญญาณทางเอาต์พุต ถ้าปุ่มนี้ไว้ตำแหน่งต่ำ (Low) ระดับสัญญาณจะลดลง 1/10
- 9 : หัวต่อเอาต์พุต (Output terminals) ใช้สำหรับต่อสัญญาณเอาต์พุตไปยังโหลด มีเอาต์พุต อิมพีแดนซ์ (Output impedance) ประมาณ  $600 \Omega$
- 10 : ปุ่มปรับพิสัยความถี่ (Frequency Range) ประกอบด้วย
- |      |                              |
|------|------------------------------|
| X1   | มีค่าความถี่เป็น 20-200 Hz   |
| X10  | มีค่าความถี่เป็น 200-2000 Hz |
| X100 | มีค่าความถี่เป็น 2-20 kHz    |
| X1 k | มีค่าความถี่เป็น 20-200 kHz  |

ภาพประกอบ 16 แผนภาพบล็อก (Block diagram) ของ Audio generators ยี่ห้อ LEADER รุ่น LAG-26  
( ชิตเชื้อ กนกเพชรรัตน์ 2542:90 )

## 2.7.2 เครื่องกำเนิดความถี่วิทยุ

เป็นเครื่องมือผลิตสัญญาณความถี่วิทยุ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “อาร์ เอฟ ซิกแนล” ให้สัญญาณเอาต์พุตในย่านความถี่ตั้งแต่ 30 kHz ถึง 300 MHz ปกติทั่วไปเราจะใช้เครื่องกำเนิดความถี่วิทยุ ทำหน้าที่ผสมสัญญาณความถี่เสียงกับความถี่วิทยุเข้าด้วยกันหรือที่เรียกว่า “การมอดูเลต”



วงจรออสซิลเลเตอร์ของเครื่อง RF signal จะเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์ โดยใช้ตัวเหนี่ยวนำ กับตัวเก็บประจุ วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์ แสดงดังภาพประกอบ 17

ภาพประกอบ 17 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตเลย์เบื้องต้น  
( ชิตเชื้อ กนกเพ็ชรรัตน์ 2542:170 )

## 2.8 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

### 2.8.1 เทอร์โมคัปเปิ้ล

ความเป็นมาในปี ค.ศ.1821 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน Thomas Seebeck พบว่าเมื่อนำโลหะ 2 เส้น ที่ทำด้วยโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมต่อกันปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ถ้าปลายจุดต่อทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกัน จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเส้นลวดทั้งสองนี้ตามรูปปริมาตร การไหลของกระแสไฟฟ้านี้จะมากน้อยเปลี่ยนแปลงไปตามผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสองดังภาพประกอบ 18

ภาพประกอบ 18 แสดงปลายจุดต่อ 2 จุดของโลหะ 2 ชนิด  
( เกษมสันต์ จันทร์ปลั่ง 2545:33 )

และถ้าเปิดปลายจุดต่อด้านหนึ่งออกดังภาพประกอบ 19 จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นที่ปลายด้านเปิดแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้เรียกว่า “Seebeck Voltage”

ภาพประกอบ 19 แสดงปลายจุดต่อ 2 จุดเปิดออกทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า  
( เกษมสันต์ จันทร์ปลั่ง 2545:33 )

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้ สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$e_{AB} = \alpha \Delta T$$

☐ ☐ ☐ Seebeck Coefficient (V/OK)

☐ ☐ ☐ ผลต่างของอุณหภูมิ

ต่อมาในปี ค.ศ. 1834 นักวิทยาศาสตร์ Jean CA.Peltier พบว่าเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเพียงเล็กน้อย เข้าไปในวงจรเส้นลวดลักษณะเดียวกันของซีเบคดังรูป จะทำให้จุดต่อทั้งสองมีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยจุดต่อปลายข้างหนึ่งจะเย็นลง และดูดซับความร้อนจากบริเวณรอบ ๆ ส่วนจุดต่ออีกด้านหนึ่งจะร้อนขึ้นและกระจายความร้อนให้กับบริเวณรอบ ๆ หรือเมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้วงจร จะทำให้อุณหภูมิที่ปลาย

$$\alpha dQ = \pi^+ Idt$$

Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเท

$\pi$  = Peltier coefficient หรือ Peltier voltage

I = กระแสไฟฟ้า

ภาพประกอบ 20 แสดงวงจรการทดลองของเพลเทียร์

( เกษมสันต์ จันทร์ปลั่ง 2545:35 )

ต่อมา Thomson ได้ศึกษาถึงปรากฏการณ์ที่ทั้ง Seebeck และ Peltier ค้นพบว่ามีความสัมพันธ์กัน เขาพบว่าดังปรากฏการณ์ของ Peltier กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้วงจรทำให้เกิดอุณหภูมิที่จุดต่อทั้งสองแตกต่างกัน และยังขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิจากร้อนไปหาเย็นหรือจากเย็นไปร้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับเส้นลวดแต่ละชนิดที่นำมาต่อกัน และเขายังพบว่า Peltier Voltage เป็นแหล่งจ่ายที่มีค่าไม่เท่ากับ Voltage ที่ได้ในกรณี Seebeck ที่ได้จากให้อุณหภูมิที่จุดต่อทั้งสองแตกต่างกันและ Voltage จากที่ Seebeck ยังเกิดใน Single Conductor อีกด้วย แต่แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นใน Single Conductor จะเกิดขึ้นชั่วขณะไม่เกิดขึ้นตลอดไป

ต่อมาได้มีการสรุปได้เป็นกฎของแรงเคลื่อนไฟฟ้าความร้อน (Thermoelectric Laws) ได้กฎ 3 ข้อคือ

ก. Law of Homogeneous Metals (กฎของวงจรโลหะเนื้อเดียว)

“ในวงจรที่ประกอบขึ้นด้วยโลหะชนิดเดียวกัน จะไม่เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นในวงจรเมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ ปลายจุดต่อทั้งสอง” ดังภาพประกอบ 21

กระแสไฟฟ้าจะเกิดขึ้นในกรณีลวดทั้งสองเป็นโลหะต่างชนิดกันแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง

ภาพประกอบ 21 แสดงปลายจุดต่อ 2 จุดของโลหะ ต่างชนิดกัน

( เกษมสันต์ จันทร์ปลั่ง 2545:37 )

ข. Law of intermediate Metals (กฎของโลหะแทรก)

ในวงจรเทอร์โมคัปเปิล ถ้ามีโลหะแทรกอยู่ในส่วนหนึ่งส่วนใดของวงจร หากจุดต่อของปลายโลหะแทรกทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากันแล้ว โลหะแทรกนี้จะไม่มีผลต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

โลหะ C ที่ต่อแทรกอยู่ในวงจรจะไม่มีผลต่อการวัดถ้าอุณหภูมิที่ปลายทั้งสองเท่ากัน

ภาพประกอบ 22 แสดงโลหะแทรก  
( เกษมสันต์ จันทร์ปลั่ง 2545:39 )

ค. Law of intermediate Temperature (กฎของอุณหภูมิแทรก)

“แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดยเทอร์โมคัปเปิลชุดใด ๆ ที่มีอุณหภูมิที่จุดต่อต่างกัน จะมีค่าเท่ากับผลบวกทางพีชคณิตของแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเทอร์โมคัปเปิลชุดนั้น”

ภาพประกอบ 23 แสดงกฎของอุณหภูมิแทรก  
( เกษมสันต์ จันทร์ปลั่ง 2545:40 )

จากกฎข้อนี้เป็นการแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิกลางสายหรือกลางวงจรไม่มีผลต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้า อุณหภูมิที่มีผลต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะได้มาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ TR และ TM เท่านั้น

2.9 เครื่องมือวัด อาร์ ที ดี Resistance Temperature Detector (RTD)

ในทางอุตสาหกรรม เขามักเรียก Resistance Thermometer Detector นี้ว่า RTD RTD ที่นิยมในท้องตลาดปัจจุบันนี้ มักทำด้วยโลหะ เช่น พลาตินัม, นิเกิล และทองแดง เป็นส่วนมาก และให้คุณสมบัติของความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิดังภาพประกอบ 24

ภาพประกอบ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิ  
( เกษมสันต์ จันทร์ปลั่ง 2545:42 )

เป็นโลหะที่นิยมมาใช้ทำเป็น RTD มากที่สุด เพราะมีย่านการวัดอุณหภูมิกว้างและทนสภาวะการใช้งานในบรรยากาศต่าง ๆ ได้ดี พลาตินัมที่ผลิตในทางการค้า จะมีสัมประสิทธิ์ความต้านทานไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ  $a = 0.00385 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$  (0-100 $^{\circ}\text{C}$ ) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ในอุตสาหกรรมในอังกฤษและยุโรปตะวันตก พลาตินัมเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติที่ทำให้เครื่องมือวัดอุณหภูมิมีความเที่ยงตรงสูง (Precision Laborator Standard Thermometer) จึงนิยมใช้เป็นเครื่องมือสอบเทียบค่ากับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอื่น ๆ

#### Nickel Resistance Thermometer

สำหรับงานอุตสาหกรรมแบบนี้ จะใช้ในการวัดอุณหภูมิช่วง -70 ถึง 150 $^{\circ}\text{C}$  ในการผลิต RTD ที่ทำด้วยนิเกิล ยังไม่เป็นมาตรฐาน มีผู้ผลิตที่เลือกสัมประสิทธิ์ความต้านทานต่ออุณหภูมิใช้ค่าต่าง ๆ กัน ทำให้เลือกใช้อุปกรณ์ลำบากไม่เหมาะสม ไม่สามารถใช้แทนกับยี่ห้ออื่นได้ ในขนาดเดียวกันจะให้สัมประสิทธิ์ความต้านทานไฟฟ้าต่ออุณหภูมิสูงประมาณ  $0.0066 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$  Copper Resistance Thermometer

แบบทองแดงเป็นแบบที่ใหลเยียรดี ในการวัดดีที่สุด แต่ย่านการใช้งานแคบประมาณ -200 ถึง 150 $^{\circ}\text{C}$  ปกติที่ผลิตจะมีค่าความต้านทาน 10 ถึง 50 โอห์ม และมีค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ  $0.00425 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$

#### วงจรต่อใช้งานของ RTD

วงจรต่อใช้งานพื้นฐานของ RTD คือ ตัว RTD จะติดตั้งอยู่ในจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ ซึ่งอยู่บนแขนหนึ่งของวงจรบริดจ์ ส่วนความต้านทานอื่น ๆ อีก 3 ตัว จะมีค่าความต้านทานคงที่ เมื่อ RTD มีอุณหภูมิ 0  $^{\circ}\text{C}$  จะทำให้วงจรบริดจ์สมดุลย์ DVM วัด ได้ 0 Volt ดังแสดงในภาพประกอบ 25

ภาพประกอบ 25 การต่อ RTD แบบ บริดจ์  
( เกษมสันต์ จันทร์ปลั่ง 2545:43 )

และเมื่ออุณหภูมิที่ RTD เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความต้านทานที่ RTD เพิ่มขึ้นตามทำให้วงจรบริดจ์เกิดไม่สมดุลย์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ DVM วัดได้จะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนของค่าความต้านทานของ RTD ต่ออุณหภูมิ ซึ่งสามารถต่อไปแสดงยังเครื่องอ่านค่าออกมาเป็นอุณหภูมิได้

แต่วงจรดังภาพประกอบ 25 ยังไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ ต้องต่อสายเพื่อให้ตัว RTD สามารถนำไปใช้ได้สะดวก เป็นวงจรแบบ 2 สาย ดังภาพประกอบ 26

ภาพประกอบ 26 การต่อ RTD แบบ 2 สาย  
( เกษมสันต์ จันทร์ปลั่ง 2545:44 )

วงจรแบบ 2 สาย สามารถใช้งานกรณีที่สายต่อระหว่าง RTD กับ วงจรบริดจ์ไม่ยาวมากนัก แต่ถ้าสายต่อยาวมาก ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากการไม่สมดุลย์ของ วงจรบริดจ์ อาจจะไม่ได้เกิดจากค่าความต้านทานของ RTD เพียงอย่างเดียว แต่อาจจะมีผลเนื่องจาก อุณหภูมิที่ทำให้ค่าความต้านทานในสายทั้งสองเส้นที่ลากไปยัง RTD ก็ได้ ดังนั้นที่ความต้านทานในสายเปลี่ยนไปข้างละ 5 โอห์ม จะทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดผิดไปถึง 26 °C

การต่อแบบ 3 สาย เป็นแบบมาตรฐานที่นิยมใช้มากในวงการอุตสาหกรรม สายทั้ง 3 สาย จาก RTD มายังวงจรบริดจ์ จะต้องมีความยาวเท่ากัน และอยู่ในอุณหภูมิเดียวกันตลอด เพื่อให้ค่าความต้านทานของสายทั้งสามสายเปลี่ยนแปลงไปในขนาดและทิศทางเดียวกันตลอด และเป็นการชดเชยปัญหาความผิดพลาดที่เกิดจากสาย ดังแสดงในภาพประกอบ 27

ภาพประกอบ 27 การต่อ RTD แบบ 3 สาย  
( เกษมสันต์ จันทร์ปลั่ง 2545:45 )

การต่อแบบ 4 สาย ใช้กรณีที่ต้องการความถูกต้องสูงสุด ต้องการทราบอุณหภูมิละเอียดเป็นจุด ไม่ต้องการวัดค่าแบบต่อเนื่อง เช่น ในห้องปฏิบัติการ ลักษณะการต่อวงจรเป็นแบบ 3 สาย มีสวิตช์โยกสลับคู่สายเพื่อหาค่าเฉลี่ยในการวัดอุณหภูมิค่าหนึ่ง ๆ ต้องทำการวัด 2 ครั้ง ตามตำแหน่งสวิตช์ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากวิธีการวัดแบบ 3 สาย ดังแสดงในภาพประกอบ 28

ภาพประกอบ 28 การต่อ RTD แบบ 4 สาย  
( เกษมสันต์ จันทร์ปลั่ง 2545:45 )

### 3. งานสอบเทียบตามมาตรฐานโลก International Organization for Standardization (ISO 9000)

มาตรฐาน ISO 9001: 1994 มีกล่าวถึงการควบคุมเครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ ที่ใช้อยู่ในการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการผลิตสินค้า ซึ่งจะเป็นหัวข้อหนึ่งที่ยังมีผู้เข้าใจอย่างถูกต้องไม่มากนัก

กิจกรรมหรือการทำงานขององค์กรที่ต้องมีการปฏิบัติ โดยรวมแล้วคือ กิจกรรมการสอบเทียบและทดสอบเครื่องมือวัด ซึ่งอาจจะเป็นการส่งออกไปขอรับบริการสอบเทียบจากองค์กรภายนอกที่เปิดให้บริการ หรือเป็นการจัดตั้งห้องปฏิบัติการสอบเทียบ เพื่อดำเนินการจัดตั้งห้องปฏิบัติการสอบเทียบ เพื่อดำเนินการสอบเทียบเองภายในองค์กร

#### คำจำกัดความ

เครื่องมือวัด (Measuring equipments) หมายถึง เครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ เช่น เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องวัดอุณหภูมิ ฯลฯ ที่นำมาใช้ในการวัด และตัดสินใจเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์

วัสดุอ้างอิง (Reference material) หมายถึง วัตถุที่ถ่ายค่ามาจากมาตรฐานที่มีความต้องสูงกว่า เช่น ตูมน้ำหนัก (standard weight) แท่งความยาวมาตรฐาน (gauge block or slip gauge) ก้อนความแข็งมาตรฐาน (standard hardness) สารเคมีมาตรฐาน เช่น สาร pH

เครื่องมือมาตรฐาน (Standard equipment) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือ ซึ่งอาจเป็นเครื่องมือวัดเหมือนกัน หรือแหล่งจ่ายปริมาณต่าง ๆ

สอบเทียบ (Calibration) หมายถึง การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่อง โดยใช้เครื่องมือมาตรฐาน หรือวัสดุอ้างอิง ที่มีความถูกต้องสูงกว่า อย่างน้อย 4 เท่า และกระทำภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ได้รับการควบคุม

ปรับเทียบ (Adjustment) หมายถึง การปรับแต่งเครื่องมือ เพื่อให้มีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ตามมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ กำหนดขึ้นเอง หรือตามที่ผู้ผลิตกำหนด โดยเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน หรือวัสดุอ้างอิง

ค่าความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ผลความคลาดเคลื่อนของค่าที่แสดงจากเครื่องมือวัด จากค่าจริงของสิ่งที่วัด

ค่าความแม่นยำ (Precision) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัด ในการแสดงค่าของผลการวัดได้ใกล้เคียงกัน จากการวัดซ้ำ ของชิ้นงานโลหะโดยต้องการค่าความละเอียดเป็นจุดทศนิยม ดังนั้น ต้องเลือกใช้เครื่องมือวัดความยาว เช่น เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper) แทนที่จะเลือกใช้ไมบรรทัดเหล็ก หรือการชั่งสารเคมีที่ต้องการความถูกต้องของน้ำหนักเป็นกรัม ต้องเลือกใช้เครื่องชั่งละเอียดแทนที่จะใช้เครื่องชั่งสปริงสำหรับชั่งเนื้อหมูที่พบเห็นตามตลาดสดทั่วไป เป็นต้น

ประเด็นต่อมาก็คือ ความถูกต้องของเครื่องมือเท่าไรจึงจะเหมาะสมกับงาน เนื่องจากเครื่องมือที่มีความถูกต้องสูงมากเท่าไรจะมีราคาสูงมากขึ้นเท่านั้น

ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งานจริงตามที่ระบุในเอกสารการปฏิบัติ (Procedure) หรือแผนคุณภาพ (Quality Plan)

มาตรฐาน MIL-STD-45662A ว่าด้วยระบบการจัดการสอบเทียบเครื่องมือวัดระบุว่า ความถูกต้องของเครื่องมือมาตรฐานและเครื่องมือวัดที่ถูกต้องสอบเทียบ ต้องมีอัตราความถูกต้องอย่างน้อย 4:1 หมายถึง มาตรฐานต้องมีความถูกต้อง

การเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสม

เกณฑ์การประเมินความถูกต้องของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ และควบคุมการผลิตสามารถอ้างอิงกฎเกณฑ์นี้มาใช้ได้เช่นกัน เช่น ในกระบวนการฆ่าแล่ไก่ เพื่อนำไปทำเป็นไก่แต่ละชิ้นมีน้ำหนัก 50 กรัม ขาดหรือเกินได้  $\pm 5$  กรัม ดังนั้น เครื่องชั่งที่จะใช้ในการชั่งจะมีความถูกต้องเท่ากับ  $(\pm 5) / 4 = 1.25$  กรัม หรือดีกว่านี้ เป็นต้น

ความถี่สำหรับการสอบเทียบ

จุดประสงค์ก็เพื่อกำหนดระยะที่เหมาะสมสำหรับการสอบเทียบเครื่องมือ ก่อนที่จะเสียความถูกต้องและส่งผลกระทบต่อผลผลิต ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสม อาจจะพิจารณาโดยแยกประเภทเครื่องมือออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ หรือพิจารณาเครื่องมือเป็นรายชิ้น โดยทั่วไปจะนำข้อมูลแหล่งต่าง ๆ มาทำการประเมินดังนี้

1. คำแนะนำช่วงระยะเวลาสอบเทียบในคู่มือการใช้งาน / บำรุงรักษาเครื่องมือชิ้นนั้น ๆ
2. บันทึกประวัติการสอบเทียบ / ปรับเทียบ / ซ่อมแซมเครื่องมือชิ้นนั้น ๆ
3. ความถี่ในการนำไปใช้งานเครื่องมือรายการนั้น ๆ



ตัวอย่างเช่น เครื่องชั่งน้ำหนัก ตามคู่มือการใช้งานระบุว่า ควรทำการสอบเทียบทุก 6 เดือนเครื่องชั่งนี้นำไปใช้ในการชั่งเนื้อไก่ทั้งวันตลอด 6 เดือน เครื่องชั่งนี้นำไปใช้ในการชั่งเนื้อไก่ทั้งวันตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นการกำหนดระยะเวลาการสอบเทียบอาจจะกำหนดไว้ที่ 3 เดือน เป็นต้น

การกำหนดความถี่ในการสอบเทียบข้างต้น มิได้กำหนดตายตัวเสียทีเดียว สามารถปรับได้ตามความเหมาะสม เช่น ในกรณีที่ผลการสอบเทียบเครื่องมือแต่ละครั้ง ปรากฏว่าต้องทำการปรับเทียบ เนื่องจากความถูกต้องของเครื่องมือออกนอกย่านที่กำหนด หรือเกิดความเสียหายระหว่างการใช้งานบ่อย ระยะเวลาอาจกำหนดให้สั้นลงได้ โดยทั่วไปหากพบว่าต้องปรับเทียบเมื่อใด ระยะเวลาการสอบเทียบจะลดลงครึ่งหนึ่งจากกำหนดเวลาเดิม

ในทำนองเดียวกัน หากผลการสอบเทียบแสดงให้เห็นว่าผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้นยังมีความถูกต้องอยู่ในย่านที่กำหนด สามารถที่จะยืดระยะเวลาการสอบเทียบออกไปอีกได้ เช่น พบว่าประวัติการสอบเทียบติดต่อกันอย่างน้อย 2 ครั้ง ระยะเวลาการสอบเทียบอาจจะยืดจากเดิมออกไปอีก ½ เท่า – 1 เท่า เป็นต้น

ตัวอย่าง เช่น เครื่องชั่งน้ำหนัก ในครั้งแรกกำหนดระยะเวลาการสอบเทียบ ทุก 3 เดือน หลังจากสอบเทียบครั้งที่สอง พบว่าความถูกต้องออกนอกย่านที่กำหนด ระยะเวลาการสอบเทียบอาจลดลงเหลือ 1.5 เดือน และในครั้งต่อไปพบเช่นนี้อีก ระยะเวลาอาจเหลือเพียง 1 เดือนในครั้งต่อไปหากยังพบอีกว่าเครื่องชั่งนี้ยังคงออกนอกย่านที่กำหนด อาจเป็นไปได้ว่ามีความขัดข้องในเครื่องชั่งนั้น หรือไม่ก็ควรพิจารณานำไปทำเป็นขาโต๊ะแทนขาโต๊ะเดิม น่าจะทำหน้าที่ได้ดีกว่าเป็นเครื่องชั่งนะครับ ในทางกลับกัน หากผลการสอบเทียบเครื่องดังข้างต้น พบว่ายังมีความถูกต้องในย่านที่กำหนด ติดต่อกันอย่างน้อย 2 ครั้ง ระยะเวลาการสอบเทียบจากเดิม 3 เดือน อาจเพิ่มเป็น 4.5 หรือ 6 ได้เช่นกัน

#### ระบบเรียกกลับ

ก่อนที่จะเครื่องมือจะถึงกำหนดการสอบเทียบ ผู้รับผิดชอบการสอบเทียบต้องแจ้งหน่วยงานเจ้าของเครื่องมือทราบ โดยอาจออกเป็นรายงานการเรียกกลับเครื่องมือ (recall report) เพื่อให้จัดส่งเครื่องมือเข้ามารับการสอบเทียบ โดยทั่วไปควรแจ้งให้ทราบก่อนเครื่องมือนั้นครบกำหนดสอบเทียบประมาณ 15 วัน ถึง 1 เดือน

#### การสอบเทียบเครื่องมือ

การสอบเทียบเครื่องมือ สามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 ขอรับบริการสอบเทียบภายนอก ซึ่งอาจเป็นบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายเครื่องมือวัดนั้น ๆ องค์กรให้บริการด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัด ทั้งภาคเอกชนและรัฐบาลที่เปิดให้บริการ และที่สำคัญก็คือต้องมั่นใจด้วยว่ามาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ สามารถสอบกลับไปยังมาตรฐานแห่งชาติหรือนานาชาติ ทั้งนี้ทั้งนั้น องค์กรที่ให้บริการควรระบุมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ ในใบรับรองผลการสอบเทียบด้วย

วิธีที่ 2 สอบเทียบเองภายในบริษัท ควรจะทำการสำรวจจำนวนเครื่องมือแต่ละประเภท และยุ่งยากที่จะส่งออกไปสอบเทียบภายนอก เพื่อที่จะจัดหาเครื่องมือมาตรฐานหรือวัสดุอ้างอิงมาใช้ ให้เกิดความคุ้มทุนสูงสุดเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายในการส่งออกไปสอบเทียบ เนื่องจากเครื่องมือมาตรฐานหรือวัสดุอ้างอิงมีราคาสูงมาก และมีกระบวนการในการดูแลรักษาพอสมควร อีกทั้งยังต้องจัดเตรียมพื้นที่สำหรับดำเนินการสอบเทียบ ซึ่งจะกล่าวต่อไป

ในการทำการสอบเทียบเองภายในบริษัท นั้นเครื่องมือมาตรฐานและวัสดุอ้างอิงที่ใช้ ต้องได้รับการสอบเทียบและสามารถสอบกลับได้เช่นกัน

เครื่องมือวัดที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น อาหาร ยา เคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมโลหะ ฯลฯ เครื่องมือส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือที่ต้องการสอบเทียบเทียบกับวัสดุอ้างอิงก่อนใช้งานทุกครั้ง เช่น เครื่องวัดสี (color meter) เครื่องวัดการซึมซับของอนุภาค (atomic absorption) เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) เป็นต้น เครื่องมือเหล่านี้อาจไม่จำเป็นต้องจัดอยู่ในรายการเครื่องมือที่ต้องเรียกกลับมาสอบเทียบตามหัวข้อระบบเรียกกลับ

สิ่งที่เป็นส่วนสำคัญของเครื่องมือเหล่านี้ และต้องได้รับการควบคุมเช่นเดียวกับเครื่องมือที่ต้องเรียกกลับมาสอบเทียบ นั่นคือ วัสดุอ้างอิงที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือข้างต้นนั่นเอง เช่น แผ่นสีมาตรฐาน (standard color plate) น้ำยาเคมี และน้ำยาค่ากรด ด่างมาตรฐาน (pH buffer) ตามลำดับ โดยทำการควบคุมการใช้เปลี่ยนใหม่เมื่อหมดอายุ กรณีที่ไม่สามารถจัดหาเครื่องมือมาตรฐานหรือวัสดุอ้างอิง ที่สามารถสอบกลับได้มาใช้ในการสอบเทียบข้อกำหนดยังยินยอมให้กำหนดวิธีการสอบเทียบ และการใช้มาตรฐาน และวัสดุอ้างอิงได้ตามที่สามารถกระทำได้

#### วิธีการสอบเทียบ

ในกรณีที่ทำการสอบเทียบและปรับเทียบของภายในองค์กร ระบุว่าให้กำหนดวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัด โดยเขียนเอกสารคู่มือการทำงาน (work instruction) ระบุถึงวิธีการสอบเทียบและปรับเทียบรายละเอียดต่างๆ ของเครื่องมือเกณฑ์การยอมรับและรวมถึงการจัดการกรณีพบว่าผลไม่อยู่ในระดับที่พอใจ

กรณีการสอบเทียบเครื่องมือที่เป็นชนิดเดียวกันมีหลักการหรือกลไกการทำงานเหมือนกัน ต่างกันเพียง ยี่ห้อ รุ่น เราสามารถเขียนคู่มือการทำงานเพียงฉบับเดียวรวมกันได้ แต่ต้องระมัดระวังถ้าความถูกต้องไม่เท่ากัน ต้องระบุในคู่มือให้ชัดเจน ยกตัวอย่างเครื่องมือวัดบางชนิด เช่น เวอร์เนียคาลิเปอร์ (vernier caliper) ไมโครมิเตอร์ (micrometer) ไฮท์เกจ (height gauge) ซึ่งไม่ว่าจะผลิตจากประเทศไหน หรือยี่ห้อใด แทบไม่มีอะไรแตกต่างกัน เป็นต้น ถ้าไม่สามารถหาคู่มือการใช้งาน การบำรุงรักษาเครื่องมือวัดได้ บริษัทต้องทำการกำหนดวิธีการสอบเทียบและเกณฑ์การยอมรับขึ้น ทั้งนี้โดยอาศัยอ้างอิงวิธีการสอบเทียบที่มีการเผยแพร่ หรือตีพิมพ์ลงในสิ่งพิมพ์ หรือตำราต่าง ๆ กรณีทางเลือกสุดท้าย ถ้าไม่สามารถหาได้ต้องกำหนดวิธีการสอบเทียบขึ้นเอง แต่ทั้งนี้วิธีการกำหนดขึ้นเองนั้น ต้องมีที่มาและเหตุผลซึ่งอาจจะอธิบายไว้ในคู่มือการทำงาน รวมถึงเกณฑ์การยอมรับของเครื่องมือ นั้น ๆ ด้วย ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดเอง หากพบว่าเครื่องมือออกนอกย่านที่กำหนด การปรับแต่งเป็นสิ่งที่จำเป็นหรือที่เราอาจเคยได้ยินที่เรียกว่าปรับเทียบนั่นเอง โดยอ้างอิงวิธีการปรับเทียบเครื่องมือวัดแต่ละรายการตามคู่มือของเครื่องมือวัด แต่ละรายการตามคู่มือของเครื่องมือ นั้น

บางกรณีเครื่องมือไม่สามารถปรับเทียบ อาจมาจากหลายสาเหตุ เช่น ไม่มีคู่มือเครื่องมือ เพราะว่ามีชื่อมากกว่า 20 ปี และคู่มือหายไปแล้ว ผู้ผลิตเลิกผลิต หรือเป็นที่เครื่องมือเองไม่สามารถปรับได้ เช่น เวอร์เนียคาลิเปอร์ เป็นต้น หากเป็นเช่นนั้น สามารถคำนวณหาค่าแก้ (correction) เพื่อใช้เป็นค่าปรับระหว่างการใช้อุปกรณ์นั้น ๆ หรือใช้ค่าจริงที่ได้จากการสอบเทียบกรณีที่เป็นวัสดุอ้างอิงก็ใช้ได้เช่นกัน

### สถานะการสอบเทียบ

เครื่องมือที่ต้องการสอบเทียบ เลยกำหนดการสอบเทียบ ผ่าน/ไม่ผ่านการสอบเทียบ รอซ่อมแซม เสียหายใช้การไม่ได้ รอทำลาย ต้องทำการแสดงสถานะให้ชัดเจน

จุดประสงค์ของการแสดงสถานะการสอบเทียบ ก็เพื่อให้ทราบถึงสถานะของเครื่องมือแต่ละรายการ เพื่อหลีกเลี่ยงการนำเอาเครื่องมือที่เสียหาย คลาดเคลื่อนไปใช้ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ หรือควบคุมสภาวะการผลิต ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

รูปแบบของการขึ้นบ่งนี้สามารถกำหนดให้เหมาะสมตามลักษณะของงาน และเครื่องมือวัดเอง อาจอยู่ในรูปของสติ๊กเกอร์ (sticker) แต่มจุดสีกรณีที่เป็นเครื่องมือขนาดเล็กและการใช้งานต้องถูกน้ำมันตลอดเวลา หรือใช้ป้ายแขวนกรณีเป็นเครื่องมือตั้งประจำที่ เป็นต้น ที่ให้เข้าใจถึงความหมายของสถานะนั้น ๆ

### บันทึกการสอบเทียบ

บริษัท ต้องเก็บบันทึกผลการสอบเทียบเครื่องมือวัด โดยจัดเป็นส่วนหนึ่งของบันทึกคุณภาพ เรื่องการควบคุมบันทึกคุณภาพ

เหตุผลการจัดเก็บบันทึกผลการสอบเทียบไว้ คือ เป็นข้อมูลยืนยัน กรณีผู้ตรวจสอบทั้งจากภายนอก และภายในองค์กร หรือลูกค้าตรวจสอบ หรือเป็นข้อมูลในการประเมินระยะเวลาการสอบเทียบ

บันทึกผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดดังกล่าว คือ ใบรับรองผลการสอบเทียบ certificate, test certificate กรณีเครื่องมือนั้นส่งออกไปรับบริการสอบเทียบภายนอก

กรณีการสอบเทียบภายใน บันทึกดังกล่าวโดยทั่วไปเรียกว่า บันทึกผลการสอบเทียบ (calibration report) ไม่จำเป็นต้องจัดทำเป็น ใบรับรองผลการสอบเทียบ หรือจะเรียกก็สุดแต่แต่ความต้องการบันทึกผลการสอบเทียบควรมีรายละเอียดของการสอบเทียบอย่างครบถ้วน เช่น รายละเอียดของเครื่องมือที่ถูกสอบเทียบ และมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ ผลการสอบเทียบ ค่ามาตรฐานที่ทดสอบ ค่าจริงที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ ผลความผิดพลาด ค่าแก้ รวมถึงสภาวะแวดล้อมที่สอบเทียบ เป็นต้น

ระยะเวลาการจัดเก็บ บันทึกผลการสอบเทียบ สามารถกำหนดได้เองตามความเหมาะสมโดยทั่วไป จะกำหนดเป็นระยะเวลา เช่น 2 ปี หรือบางครั้งระบุเป็นจำนวนครั้งของการสอบเทียบ เช่น เก็บข้อมูลย้อนหลัง 2 ครั้ง การสอบเทียบ เป็นต้น ผู้รับผิดชอบควรพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสม จากโอกาสที่จะนำเอาบันทึกผลดังกล่าวมาใช้อ้างอิงและกำหนดให้ชัดเจน เพื่อให้มั่นใจว่าผลการสอบเทียบถูกจัดเก็บตามเวลาที่กำหนด

### การจัดการกับผลิตภัณฑ์เมื่อพบเครื่องมือผิดพลาด

ในการสอบเทียบ ทั้งจากที่ส่งออกไปสอบเทียบภายนอก หรือจากการสอบเทียบเอง และพบว่า เครื่องมือผิดพลาดเกินระดับที่กำหนด ระบุให้ต้องดำเนินการประเมินผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ จากเหตุที่ว่า เมื่อเราใช้เครื่องมือที่ผิดพลาดในการตรวจสอบและทดสอบผลิตภัณฑ์ มีแนวโน้มที่ผลิตภัณฑ์จะผิดพลาดด้วย และหากว่าประเมินว่าระดับความผิดพลาดที่พบที่เครื่องมือ ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ การจัดการกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวต้องกระทำโดยด่วน เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดต่อผู้ใช้ หรือชื่อเสียงขององค์กรเอง เช่น การเรียกกลับ กรณีที่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ส่งไปถึงลูกค้าแล้วหรือพิจารณาแก้ไข ทำลายทิ้ง หากไม่สามารถจัดการได้หรืออาจขอยกเว้นไม่จัดการใดกับผลิตภัณฑ์นั้น เป็นกรณีพิเศษกับลูกค้าหากว่า ลูกค้ายินยอม เป็นต้น

### สภาวะแวดล้อมของการสอบเทียบ

เรื่องข้อกำหนดสภาวะแวดล้อม เป็นที่สงสัยแก่ผู้รับผิดชอบการสอบเทียบมือใหม่ค่อนข้างมาก คำถามที่มักได้ยินอยู่เสมอ ๆ คือ

1. ทำไมต้องควบคุมสภาวะแวดล้อม
2. เอาอะไรมาเป็นเกณฑ์กำหนดสภาวะแวดล้อมในการควบคุม
3. สภาวะแวดล้อมที่กล่าวถึงมีอะไรบ้าง
4. การสอบเทียบเครื่องมือใช้งานทั่วไป ความจำเป็นในการควบคุมสภาวะแวดล้อมหรือไม่
5. จำเป็นมากน้อยแค่ไหนที่ต้องมีห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่เป็นสัดส่วน

เหตุผลที่ต้องทำการควบคุมสภาวะแวดล้อมสำหรับการสอบเทียบ เนื่องจากค่าความถูกต้องของเครื่องมือมาตรฐานและวัสดุอ้างอิงจะถูกกำหนดขึ้นและมีความถูกต้องในย่านสภาวะแวดล้อมย่านหนึ่งเท่านั้น เช่น แห่ความยาวมาตรฐาน ตัวเกจบล็อกหรือตัวสลิปเกจ จะมีความยาวตามที่ระบุประจำตัว ที่อุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C}$  เท่านั้น เนื่องจากความยาวมาตรฐานนี้ทำจากโลหะ และจะเกิดการขยายตัวหรือหดลงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป เป็นต้น

โดยทั่วไปแล้ว การสอบเทียบเครื่องมือจะต้องกระทำภายใต้ตัวแปรหรือเงื่อนไขคงเดิมทุกครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าผลการสอบเทียบจะมีค่าถูกต้อง และสามารถเห็นความเปลี่ยนแปลงของเครื่องมือวัดจากผลการสอบเทียบ โดยที่ไม่มีความไม่แน่นอนอื่นแฝงอยู่ หรือมีในระดับที่คงเดิมเสมอ ซึ่งสภาวะแวดล้อมก็เป็นเงื่อนไขหนึ่ง มาตรฐานการกำหนดสภาวะแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ ตามมาตรฐาน JEMIC แสดงไว้ดังตารางที่ 2 โดยทั่วไป เครื่องมือวัดทางด้านไฟฟ้าสมัยใหม่ จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมน้อยกว่าเครื่องมือทางกลและทางมิติ (เช่น ความยาว) ดังนั้นการควบคุมสภาวะแวดล้อมสำหรับมาตรฐานทางไฟฟ้า และการสอบเทียบจะเข้มงวดน้อยกว่า โดยทั่วไปองค์ประกอบของสภาวะแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางด้านไฟฟ้าที่ต้องพิจารณา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน อากาศ การรบกวนจากสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า/คลื่นวิทยุ

มาตรฐานนานาชาติสำหรับการควบคุมอุณหภูมิสำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางกลและทางแสงจะกำหนดไว้ที่  $20^{\circ}\text{C}$  (สำหรับห้องปฏิบัติการทางไฟฟ้ายังไม่มีกำหนดเป็นมาตรฐานที่แน่นอน) สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างชาติ International comparison (IC) ได้กำหนดอุณหภูมิไว้ที่  $20^{\circ}\text{C}$  บางประเทศก็กำหนดไว้ที่  $25^{\circ}\text{C}$  ขณะที่บางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ที่  $23^{\circ}\text{C}$  เป็นต้น

ยังมีองค์ประกอบของสภาวะแวดล้อมบางอย่างที่ถูกกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสอบเทียบสามารถปฏิบัติงานได้สะดวกสบายขึ้น เช่น การควบคุมระดับความดังของเสียง ระดับความสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน การไหลเวียนของอากาศที่ดีพอ และการป้องกันการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า รวมถึงการรักษาความสะอาดในพื้นที่ปฏิบัติงาน

การจัดตั้งห้องปฏิบัติการสอบเทียบเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญพอ ๆ กับการเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับงาน บริษัทจะต้องกำหนดสภาวะแวดล้อมและพื้นที่สำหรับดำเนินกิจกรรมการสอบเทียบ/ปรับเทียบ เครื่องมือให้เหมาะสมกับองค์กร ซึ่งรายละเอียดของการควบคุมสภาวะแวดล้อมที่จำเป็นต้องกล่าวรายละเอียดไว้ในคู่มือการทำงานเช่นเดียวกัน

### การเคลื่อนย้ายและเก็บรักษาเครื่องมือ

การเคลื่อนย้าย รักษา และการจัดเก็บเครื่องมืออย่างถูกวิธี เป็นสิ่งหนึ่งที่จะรักษาความถูกต้องของเครื่องมือและสมบรูณ์สำหรับการใช้งาน เช่นเดียวกับการจัดสภาวะแวดล้อมสำหรับสอบเทียบ ต้องกำหนดวิธีการเคลื่อนย้ายและสภาวะแวดล้อมในการจัดเก็บรักษาเหมาะสมเพียงพอ เช่น การเคลื่อนย้ายกล่องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง (สำหรับงานอุตสาหกรรมที่ใช้ตรวจสอบขนาดของชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กมาก ๆ ) จำเป็นจะต้องระมัดระวังการสะท้อน เนื่องจากจะทำให้เฟืองที่มีความละเอียดเสียหาย ส่งผลกระทบต่อความสมบรูณ์ในการทำงานและความถูกต้องในการวัด (ในทางปฏิบัติทั่ว ๆ ไป ถึงแม้เพียงเคลื่อนย้ายที่ตั้งใช้งานไปจากตำแหน่งที่ตั้งเดิม ก็จำเป็นต้องทำการสอบเทียบใหม่ทั้งหมด) หรือการเก็บรักษากรณีไม่ใช้งานเป็นระยะเวลานาน ๆ จะต้องเก็บรักษาไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิพอเหมาะความชื้นไม่สูงมาก มิฉะนั้นอาจจะก่อให้เกิดเชื้อราบริเวณผิวเคลือบของเลนส์ได้ และจะต้องปราศจากฝุ่นละอองที่จะเข้าไปสะสมในส่วนที่เป็นกลไกที่มีความละเอียดและเปราะบาง เป็นต้น

กรณีเครื่องประเภทใดที่จำเป็นต้องมีการระมัดระวังเป็นพิเศษในเรื่องการเคลื่อนย้าย ควรจะระบุไว้ในคู่มือการทำงานของเครื่องมือ ชนิด ยี่ห้อ รุ่นนั้น ๆ อย่างเฉพาะเจาะจง

### การป้องกันการปรับแต่ง

นอกจากการแสดงสถานะของเครื่องมือที่ผ่านการสอบเทียบและ/หรือปรับเทียบแล้ว กรณีที่เครื่องมือมีตำแหน่งสำหรับปรับแต่งจุดปรับ ซึ่งหากถูกปรับโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์จากบุคคลที่ไม่มีความรู้และรับผิดชอบอาจจะส่งผลให้ความเที่ยงตรงของเครื่องมือเสียไป ต้องมีการป้องกันจุดที่สามารถปรับนี้ด้วย

สิ่งป้องกันที่ว่านี้อาจจะอยู่ในรูปของสติ๊กเกอร์วงกลมหรือเป็นแบบสียึดแผ่นพลาสติก ใช้สำหรับปิดทับบนตำแหน่งที่ต้องการป้องกัน ซึ่งโดยทั่วไปจะออกแบบให้สติ๊กเกอร์เหล่านี้จะฉีกขาดหรือแปรสภาพทันทีเพื่อเป็นการแจ้งให้ทราบถึงเครื่องมือที่สติ๊กเกอร์เหล่านี้ฉีกขาดว่ามีความเสี่ยงต่อการใช้งาน

### การนำไปปฏิบัติ

งานการสอบเทียบเป็นงานที่ต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูงต้องมีการลงทุนในการจัดหาเครื่องมือมาตรฐานและวัสดุอ้างอิง การจัดตั้งห้องปฏิบัติการและการควบคุมสภาวะแวดล้อม การจัดหาบุคลากรเพื่อรับผิดชอบโดยตรง เพื่อการทำการสอบเทียบเองภายในองค์กร ดูจะเป็นกิจกรรมเดียวภายในองค์กรที่เหมือนกับมิได้สร้างผลตอบแทนคืนกลับในรูปตัวเงินที่คุ้มกับการลงทุน ประกอบกับความรู้ความเข้าใจและการตระหนักถึงความสำคัญยังไม่ได้รับการเผยแพร่อย่างเพียงพอ จึงเป็นกิจกรรมที่เปรียบเสมือนขมอมองครุ่น หากแต่เป็นกิจกรรมซึ่งถ้าขาดการปฏิบัติ มิใช่เพียงแต่จะไม่เป็นไปตามข้อกำหนดตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 9000 เท่านั้น แต่จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและชื่อเสียงขององค์กรโดยรวมอีกด้วย

### การสอบเทียบ (Calibration)

จากการศึกษาแนวทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการสอบเทียบ ได้มีผู้ให้ความหมายของการสอบเทียบไว้ดังนี้

มิตร วีระธรรม (2538 : 173) กล่าวว่า การสอบเทียบคือ การนำเอาเครื่องมือวัดใด ๆ ก็ตามไปเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดอีกเครื่องหนึ่งเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าชี้บอกกับค่ามาตรฐาน โดยทั่วไปเครื่องมือมาตรฐานที่นำมาใช้ ในการสอบเทียบนั้นจะต้องสูงกว่าเครื่องมือที่ถูกสอบเทียบอย่างน้อย 4 ถึง 10 เท่า

ณรงชัย ไตรยปัญญวิทย์ (2538 : 117) กล่าวว่า การสอบเทียบมาตรฐาน คือการที่เรานำอุปกรณ์วัดทางด้านอุตสาหกรรม ที่ไม่ทราบค่าความเที่ยงตรงนั้น มาเปรียบเทียบกับค่าความเที่ยงตรงกับอุปกรณ์ที่มีค่าเป็นที่ยอมรับกับสถาบันต่าง ๆ

พิชัย มะคาทอง (2540 : 1) ได้ให้ความหมายการสอบเทียบมาตรฐานไว้ว่า การสอบเทียบมาตรฐาน หมายถึง กลุ่มของวิธีปฏิบัติต่าง ๆ ซึ่งได้ทำไปตามขีดจำกัดหรือขั้นตอนซึ่งเตรียมไว้แล้ว ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือวัดกับเครื่องมือวัดที่ผ่านได้ถูกต้องกว่า หรือตัวมาตรฐานการวัด เพื่อค้นหา รายงานหรือข้อขัดข้องโดยการปรับ ซึ่งค่าผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่เราจะตรวจสอบ กล่าวให้ง่ายขึ้น

ชาติศรี ศรีไพพรรณ (2541 : 18) กล่าวว่า การสอบเทียบ (Calibration) คือการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดของเครื่องมือหนึ่ง กับผลการวัดของเครื่องมือมาตรฐานที่แม่นยำกว่า รวมทั้งการปรับ เพื่อให้ผลของการวัดของเครื่องมืออยู่ในเกณฑ์ความผิดพลาดที่ควรจะเป็นด้วย โดยที่การดำเนินการดังกล่าวทำตามขั้นตอนและภายใต้เงื่อนไขที่ได้นับที่กไว้แล้วอย่างชัดเจน การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องวัด ก็คือการเปรียบเทียบการทำงานระหว่าง เครื่องวัดเพื่อเครื่องมือวัดที่มีความถูกต้องมากกว่าเพื่อหาค่าผิดพลาด หรือปรับให้อ่านได้ถูกต้อง

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) (2542 : 12) การสอบเทียบเครื่องมือวัดหมายถึง การนำเครื่องมือวัดมาตรฐานของโรงงานมาสอบเทียบเครื่องมือวัด กับเครื่องมือวัดมาตรฐานของศูนย์สอบเทียบ

ณรงค์ พรชัยจัญญศักดิ์ (2544 : 23) ได้ให้ความหมายการสอบเทียบมาตรฐานไว้ว่า การสอบเทียบมาตรฐาน หมายถึง วิธีหรือการปฏิบัติตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า เพื่อทำการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือวัดกับเครื่องมือที่อ่านได้ถูกต้องมากกว่า เมื่อทราบค่าความผิดพลาดหาเครื่องมือวัดนั้น ๆ แล้ว จึงทำการปรับเทียบให้ได้ค่าที่ถูกต้องตามมาตรฐานจากโรงงานผลิต ถ้าไม่สามารถทำการปรับเทียบให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ก็อาจจะเกิดความบกพร่องจากเครื่องมือวัดนั้น ๆ ชำรุดต้องทำการแก้ไขก่อน เมื่อแก้ไขข้อบกพร่องแล้วจึงนำมาปรับเทียบต่อไป

ปรีชา ดิษเสถียร (2544 : 19) ได้ให้ความหมายการสอบเทียบมาตรฐานไว้ว่า การสอบเทียบมาตรฐาน หมายถึง กระบวนการปฏิบัติเพื่อการตัดสินปริมาณต่าง ๆ อย่างแม่นยำ และมีความเที่ยงตรงโดยปราศจากความผิดพลาด

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) การสอบเทียบ หมายถึง ชุดของการดำเนินการทางมาตรวิทยา เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าชี้บอกโดยเครื่องวัด หรือระบบการวัด หรือค่าที่แสดงโดยเครื่องวัดที่เป็นวัสดุ กับค่าสมนัยที่รู้ ของปริมาณที่วัด ภายใต้ภาวะที่บ่งไว้

สำนักปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กล่าวว่า การสอบเทียบหมายถึง การหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดของเครื่องมือหนึ่ง กับผลการวัดของเครื่องมือมาตรฐานที่แม่นยำกว่า

การวัดจะต้องทำด้วยวิธีที่เหมาะสม และเพื่อให้ได้วิธีที่เหมาะสม ข้อมูลต่อไปนี้จะต้องชัดเจนคือ

1. คุณสมบัติจำเพาะที่เราจะทำการวัด
2. หน่วยที่จะทำการวัด ผลการวัดจะแสดงเป็นปริมาณด้วยหน่วย ดังนั้นการใช้หน่วยที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งจำเป็น

3. วิธีการวัดที่จะใช้ สิ่งที่มีสัมพันธ์กับกระบวนการวัด, การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน อิทธิพลภายนอก ล้วนเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง
4. การดำเนินการวัด จะต้องประกอบด้วย มาตรฐานอ็อปเกรดการวัดและสิ่งที่จะไปเกี่ยวข้อง ส่วนมาตรฐานจะต้องมีรูปแบบชัดเจนตามหน่วยที่จะทำการวัด

ในการวัดให้เที่ยงตรง จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์วัดที่สมบูรณ์ เพื่อให้สามารถตรวจว่าเครื่องวัดสมบูรณ์หรือไม่ จำเป็นต้องตรวจสอบด้วยระบบมาตรฐาน การวัดเครื่องวัดหรือมาตรฐาน เพื่อประเมินค่าความเบี่ยงเบน (Deviation) หรือ ความคลาดเคลื่อน (Error) นี้ เรียกว่าการสอบเทียบ (Calibration)

ความจำเป็นของการสอบเทียบ (Calibration)

เหตุผลหลักของการสอบเทียบ ก็เพราะในระยะเวลาที่ผ่านมา เครื่องและอุปกรณ์การวัด มิได้มีเสถียรภาพ (Stable) ความไม่เสถียรภาพ ทำให้การสอบเทียบใหม่ (Recalibration) เป็นสิ่งจำเป็นที่จะทำให้มั่นใจว่า คุณสมบัติจำเพาะของเครื่องวัดได้ตามต้องการลักษณะการใช้งาน สภาพแวดล้อมและเวลา ต่างมีผลกระทบต่อเสถียรภาพของเครื่องวัดในหลาย ๆ ทาง เครื่องวัดแบบเดียวกัน ช่วงวัดเหมือนกัน ผลิตรุ่นเดียวกัน ก็สามารถมีสมรรถนะที่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิงได้ เครื่องวัดเครื่องหนึ่งจะพบว่ามาเสถียรภาพดี ในขณะที่อีกเครื่องหนึ่งไม่ดีอย่างมาก ด้วยเหตุนี้ การทำการสอบเทียบตามความต้องการของ ISO 9000 จึงต้องการให้ทำการสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอตามระยะเวลาที่เหมาะสม

การทำการสอบเทียบ

เพื่อให้ทำการสอบเทียบถูกวิธี สิ่งต่อไปนี้เป็นสิ่งสำคัญ คือ

1. มาตรฐานสำหรับใช้สอบเทียบจะต้องมีความเที่ยงตรงที่เหมาะสม และมีความเที่ยงตรงสูงกว่าเครื่องวัดที่จะทำการสอบเทียบ (ดีกว่า 4-10 เท่า ถ้าทำได้)
2. ต้องทำการสอบเทียบภายใต้สภาวะที่มีเสถียรภาพ มิฉะนั้นจะเป็นการเพิ่มความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ
3. การสอบเทียบต้องกระทำอย่างน้อย 3 จุดวัด ส่วนใหญ่คือ ที่ 0%, 50%, 100%, ของช่วงวัด (ISA : แนะนำให้ทำที่ 10%, 30%, 50%, 70%, 90%)
4. สืบทอดมาตรฐานการสอบเทียบไปถึงมาตรฐานนานาชาติ (International Standard) ได้ซึ่งจะอธิบายในภาคต่อไป
5. ต้องปฏิบัติตามกระบวนการสอบเทียบ จะช่วยให้สามารถเปรียบเทียบผลการสอบเทียบของเครื่องวัดแต่ละตัวได้ จึงต้องทำการสอบเทียบด้วยกระบวนการเดียวกันทุกครั้ง
6. การสอบเทียบและการสืบทอดมาตรฐาน (Traceability) จะอธิบายความหมาย “การสืบทอดมาตรฐาน (Traceability)

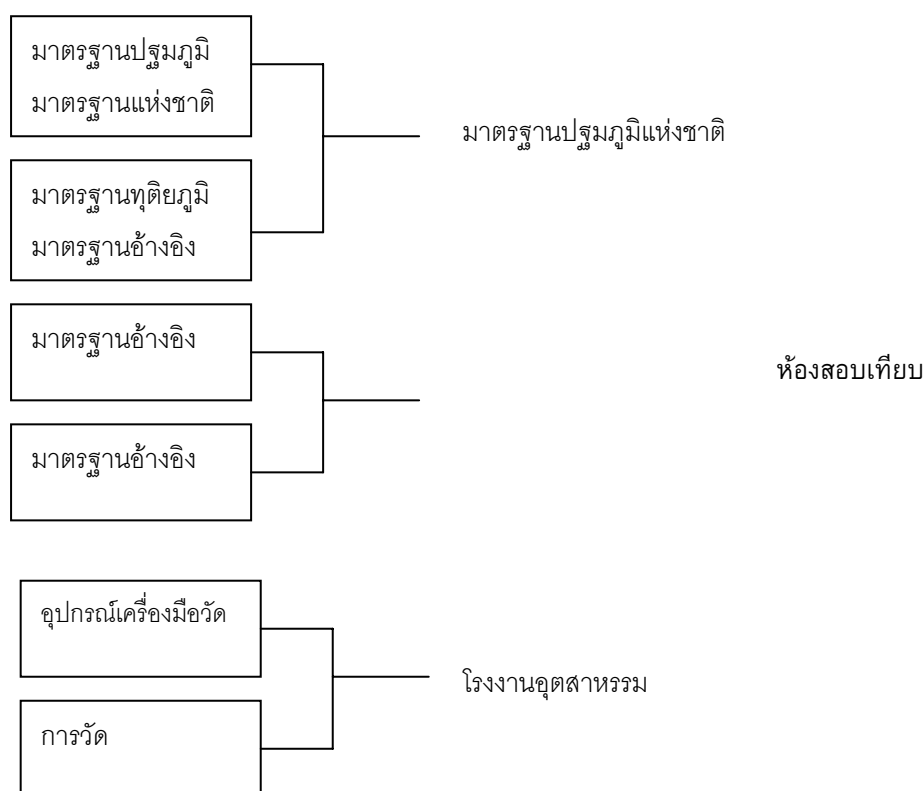
ในทางปฏิบัตินั้นเป็นไปได้ที่เครื่องวัดจะได้รับการสืบทอดมาตรฐานโดยเปรียบเทียบ (Comparison) โดยตรงกับมาตรฐานปฐมภูมิ ในภาคปฏิบัติประจำวันเราจะใช้มาตรฐานที่ถ่ายทอดมาเป็นมาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary Standard) มาตรฐานอ้างอิง (Reference Standard) มาตรฐานใช้งาน (Working Standard) ไม่มีการห้ามหรือโต้แย้งใด ๆ ในการใช้มาตรฐานดังกล่าว ทราบได้ที่เครือข่าย (การสืบ

ทอดมาตรฐาน) ไปถึงมาตรฐานปฐมภูมิเป็นที่เชื่อถือยอมรับและจดทะเบียนไว้ การจดทะเบียนจะต้องรวมถึงความไม่แน่นอนของมาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ไว้ด้วย

ที่กล่าวมาเกี่ยวกับ “มาตรฐานปฐมภูมิ” (ด้วยหน่วยที่ระบุ) จะมีความเที่ยงตรงสูงสุด และมีความเสถียรภาพมากต่อเวลาที่ผ่านไป มาตรฐานปฐมภูมิ จึงสามารถมีช่วงระยะเวลาระหว่างการสอบเทียบใหม่ที่ยาวนานได้ มาตรฐานปฐมภูมิจะถูกเก็บไว้ในห้องปฏิบัติการมาตรฐานแห่งชาติ ในประเทศเนเธอร์แลนด์ คือที่ NMI แทบทุกประเทศในโลกก็จะมีเช่นเดียวกับ มาตรฐานที่ได้รับการเปรียบเทียบโดยตรงกับมาตรฐานปฐมภูมินี้ จะเรียกว่ามาตรฐานทุติยภูมิ มาตรฐานทุติยภูมินี้จะใช้ในการถ่ายทอดมาตรฐานไปยังมาตรฐานอ้างอิง ซึ่งจะเป็นมาตรฐานสูงสุดทางอุตสาหกรรมที่จะนำมาทำการสอบเทียบ

ระดับและความสัมพันธ์จาก

ภาพประกอบ 29



ภาพประกอบ 29 เส้นทางในการแสดงความสัมพันธ์ของการถ่ายทอดมาตรฐาน  
( พิชัย มะคาทอง 2541:60 )

#### ช่วงระยะเวลาการสอบเทียบ (Calibration Interval)

การกำหนดระยะเวลาทำการสอบเทียบเครื่องตรวจ เครื่องวัด เครื่องทดสอบเป็นสิ่งหนึ่งในนโยบายคุณภาพที่มาตรฐาน ISO 9000 ต้องการให้ระบุในคู่มือคุณภาพและให้ปฏิบัติในกระบวนการของบริษัท ภายในคู่มือจะต้องบันทึกการสอบกลับมาตรฐาน (Traceability) ถึงมาตรฐานแห่งชาติด้วยเช่นกัน

เมื่อพิจารณาใบรับรองการสอบเทียบ (Calibration Certificate) คุณจะพบว่าไม่มีการระบุวันที่ให้ทำการสอบเทียบใหม่ หรือระบุวาระเวลาที่ยังคงใช้งานได้ปรากฏอยู่ ผู้ใช้จะต้องกำหนดระยะเวลาทำการสอบ



เทียบในคู่มือคุณภาพ เมื่อคุณกำหนดระยะเวลาด้วยตนเองก็จะเป็นการกำหนดระยะเวลาที่ยังคงใช้งานได้ของเครื่องมือดังกล่าว

ห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐาน หรือ ผู้ผลิต สามารถทำได้เพียงแนะนำในเรื่องนี้ เหตุผลก็คือว่าการสอบเทียบนั้นเป็นเสมือนการถ่ายภาพ เพราะเป็นเพียงการบอกคุณว่าเครื่องมือวัดทำงานดีเพียงใด ณ ขณะนั้น (ขณะทำการสอบเทียบ)

องค์ประกอบของการปรับเทียบมาตรฐาน

องค์ประกอบของการปรับเทียบมาตรฐานจะต้องประกอบไปด้วยปัจจัย 4 อย่าง ซึ่งแต่ละอย่างต่างก็มีผลกระทบต่อผลการปรับเทียบมาตรฐานทั้งสิ้น ดังนั้นผู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบมาตรฐาน จึงจำเป็นต้องเข้าใจปัจจัยเหล่านี้อย่างลึกซึ้ง จึงจะสามารถดำเนินการปรับเทียบมาตรฐานให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบ 4 อย่างนี้คือ

1. บุคลากร หมายถึง ผู้ปฏิบัติการ ปรับเทียบมาตรฐานเครื่องวัดบุคลากรนับเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งในการปรับเทียบมาตรฐาน เพราะปราศจากเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการแล้วการปรับเทียบมาตรฐานก็ไม่อาจเกิดขึ้นได้ คุณลักษณะของผู้ที่จะทำงานในห้องปฏิบัติการปรับเทียบมาตรฐานเครื่องวัดมีดังต่อไปนี้

1.1 มีความรู้เกี่ยวกับสิ่งที่จะปฏิบัติ เช่น ผู้ที่จะทำงานเกี่ยวกับการวัดอุณหภูมิก็ควรจะได้ฝึกอบรมเกี่ยวกับเรื่อง การวัดอุณหภูมิเสียก่อน การบรรจุคนที่ไม่มีความรู้เรื่องนั้น ๆ ลงในจุดดังกล่าวนับว่าอันตรายอย่างยิ่งในสองส่วนคือ

1.1.1 อันตรายอันอาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งอาจจะมีอันตรายร้ายแรงถึงขั้นบาดเจ็บสาหัส หรือเสียชีวิตได้

1.1.2 อันตรายอันอาจเกิดขึ้นกับเครื่องมือวัดที่อาจจะชำรุดเสียหายเนื่องจากการทำงานผิดของผู้ใช้ที่ขาดความรู้

1.2 ทักษะคติต้องงานปรับเทียบมาตรฐาน ผู้ที่เหมาะสมจะทำงานปรับเทียบมาตรฐานจะต้องมีทักษะคติที่เป็นไปในทางสร้างสรรค์ กล่าวคือ มีความเชื่อมั่นว่าการวัดที่มีคุณภาพสามารถเพิ่มผลผลิต และลดต้นทุนได้ อีกทั้งต้องคิดว่าเครื่องวัดทุกเครื่องไม่ว่าเล็ก หรือใหญ่ ก็มีความสำคัญอยู่ในตัวมันเอง ซึ่งจะต้องให้ความสำคัญของเครื่องวัดเหล่านั้นเท่าเทียมกัน และประเด็นสำคัญจะต้องไม่ยอมให้ใคร หรือ อะไรก็ตามมาชักนำไป ทำให้ การวัดที่ผิดค่าไปจากความเป็นจริงด้วยเหตุผลต่าง ๆ หนึ่งในเรื่องทักษะคติต้องงานปรับเทียบมาตรฐานนี้เป็นเรื่องที่ไม่อาจวัดได้ตรง ๆ แต่ผู้มีอำนาจจะใช้การสังเกตดูก็จะรู้ว่าใครสมควรที่จะทำงานปรับเทียบมาตรฐานเครื่องวัด

1.3 มีร่างกายที่ไม่เป็นอุปสรรคต่องาน กล่าวคืองานปรับเทียบมาตรฐานเครื่องวัดต้องใช้สายตาและมือในการปรับเทียบ ผู้ที่สายตาเอียง, ตาบอดสี หรือผู้ที่มีมือสั่นมาก ๆ ก็ไม่อาจทำงานปรับเทียบมาตรฐานให้ได้ดี

1.4 เป็นคนใจเย็น ใครที่นำรู้ตัวว่าใจร้อนอยู่เป็นประจำ ไม่ควรอย่างยิ่งที่จะทำงานในห้องปฏิบัติการปรับเทียบมาตรฐานเครื่องวัด ทั้งนี้เพราะงานบางอย่างใช้เวลาในการวัดนาน และต้องทำหลายครั้ง ดังนั้น ผู้มีนิสัยใจเย็นจะทำงานประเด็นนี้ได้ดีกว่า

1.5 ความละเอียดรอบครอบ และช่วงสังเกต เจ้าหน้าที่ผู้ทำการปรับเทียบมาตรฐานเครื่องวัดควรละเอียดและช่วงสังเกต เพราะเหตุว่าในการปรับเทียบมาตรฐานเครื่องวัดนั้น มีปัจจัยหลายอย่างส่งผลการวัด ผู้ที่มีลักษณะตามที่กล่าวแล้วนั้นจึงจะสามารถสังเกตเห็นและบอกได้

## 2. มาตรฐานการวัด (Measurement Standards)

ตัวมาตรฐานการวัดมีผลต่อการปรับเทียบมาตรฐานตรงที่ขนาดของความไม่แน่นอนในการวัด และความเชื่อถือได้ของผลการวัด กล่าวถึงตัวมาตรฐานที่เราจะใช้อ้างอิง จะต้องรู้ค่าความไม่แน่นอน และผ่านการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการที่เชื่อถือได้ และประการสำคัญ คือ ตัวมาตรฐานการวัดที่ควรเชื่อถือได้ คือ ตัวมาตรฐานที่มีการเก็บประวัติเป็นระยะเวลานาน และสามารถคาดเดาแนวโน้มการเปลี่ยนค่าไปของมันได้ ตามปกติแล้วตัวมาตรฐานที่ดีจะมีความคงที่สูง เมื่อเวลาเปลี่ยนไปค่าจะเปลี่ยนไปจากเดิมไม่มากนัก

## 3. ขั้นตอนในการปรับเทียบมาตรฐาน (Calibration Procedure)

ขั้นตอนการปรับเทียบมาตรฐานมีผลต่อค่าที่วัดได้เป็นอย่างมาก เพราะขั้นตอนการวัดที่แตกต่างกันย่อมให้ค่าวัดที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นเพื่อความแน่นอนในการปรับเทียบมาตรฐานผู้ทำการปรับเทียบจะต้องทำตามขั้นตอนที่เตรียมไว้แล้วเป็นอย่างดี ค่าที่วัดได้จึงจะมีความถูกต้อง ขั้นตอนการปรับเทียบนั้นอาจนำเอามาจากคู่มือเครื่องวัด ที่ผู้ผลิตเครื่องเขียนไว้ หรือ อาจเขียนขึ้นเองจากการทดลองหลาย ๆ ครั้ง อย่างไรก็ตามการเขียนขั้นตอนการปรับเทียบเองเมื่อเขียนขึ้นแล้วต้องทำตามนั้นได้จริง ๆ

## 4. สภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมภายใน หน่วยงานสอบเทียบ (Calibration LAB) มีบทย่างยิ่งต่อผลการวัดมีผลต่อคุณภาพของการวัด แม้ว่าเราจะมีเครื่องมือวัด และตัวมาตรฐานการวัด (Measurement Standard) ที่น่าเชื่อถือเพียงใด หากสภาพแวดล้อมภายในหน่วยงานสอบเทียบ ไม่สามารถควบคุมให้อยู่ภายในข้อกำหนดได้ ผลการวัดที่ได้รับก็ไม่สามารถแน่ใจได้ว่ามีคุณภาพที่น่าเชื่อถือได้ สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในหน่วยงานสอบเทียบ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณฝุ่น คลื่นรบกวน ระดับแสงและเสียง ต่างก็มีผลต่อคุณภาพของการวัด มากน้อยแตกต่างกันไป

4.1 อุณหภูมิ อุณหภูมิเป็นปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อความถูกต้อง ในการวัดของเครื่องวัดส่วนใหญ่ เนื่องจากตัวมาตรฐานการวัดส่วนใหญ่ จะเปลี่ยนแปลงค่าไปตามอุณหภูมิ ซึ่งผู้ผลิตตัวมาตรฐานการวัด มักจะระบุอุณหภูมิที่ใช้งานของตัวมาตรฐานการวัดมาแล้ว หากผู้ใช้ตัวมาตรฐานการวัดนั้นไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ได้ ค่าที่วัดได้ก็จะผิดไป จะต้องทำการแก้ไข หากค่าที่แท้จริงโดยการคำนวณต่อไป อุณหภูมิในห้องสอบเทียบที่ทำการ สอบเทียบ เครื่องมือวัดจะควบคุมอุณหภูมิไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กันตามประเภทของการวัดนั้น ๆ เช่นห้องสอบเทียบ เครื่องวัดทางไฟฟ้า จะควบคุมอุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C} + 3^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่ห้องสอบเทียบ เครื่องวัดทางด้านขนาด (Dimensional) จะควบคุมอุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C} + 0.5^{\circ}\text{C}$  ทั้งนี้เนื่องจากตัวมาตรฐานการวัดทางไฟฟ้า ยังมีปัจจัยทางอุณหภูมิอีกตัวที่คนส่วนใหญ่มองข้าม นั่นก็คือ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Drift Rate) ตัวอย่างเช่น Drift Rate น้อยกว่า  $1^{\circ}\text{C}$  ต่อ 1 ชั่วโมง ซึ่ง Drift Rate นี้ หากมีอัตราสูงมากจะทำให้ผลการวัดเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นในบางครั้งอาจควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในย่าน (Range) ได้ตลอดเวลา เช่น  $23^{\circ}\text{C} + 3^{\circ}\text{C}$  แต่ในละแวกชั่วโมงมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมาก การวัดก็ยังไม่สามารถแน่ใจในคุณภาพได้ เราจะแน่ใจได้ต่อเมื่อทั้งอุณหภูมิและ Drift Rate ได้รับการควบคุมทั้งคู่

## 4.2 ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นสัมพัทธ์ในสอบเทียบมีผลต่อคุณภาพการวัดบาง

อย่าง และมีผลต่ออายุใช้งานของเครื่องวัดส่วนใหญ่ กล่าวคือหากมีความชื้นในห้องสอบเทียบ สูงเกิน 50% จะทำให้เกิดความชื้นขึ้นบนผิวของจุดที่จะวัดในงานบางงานที่วัดความต้านทานสูงมาก ทำให้ค่าที่วัดได้ผิดพลาดไป และที่สำคัญคือ หากความชื้นสูงมากจะทำให้เกิดสนิมขึ้นบนชิ้นส่วนที่เป็นโลหะของเครื่องวัด เช่น สายทองแดงและอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยเฉพาะอุปกรณ์ประเภทที่เป็นโลหะมาตรฐานทางขนาด เช่น เกจบล็อก (Gage Block) หากเป็นสนิมก็จะชำรุดเกินกว่าที่จะซ่อมได้ทีเดียว ส่วนในกรณีที่มีความชื้นสัมพัทธ์ภายในหน่วยงานสอบเทียบ ต่ำกว่า 20% จะทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตย์ในหน่วยงานสอบเทียบ ได้ง่ายซึ่งอาจจะไปทำลายอุปกรณ์แผงวงจรรวมไฟฟ้า (Integrated Circuit) จากไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Discharge) ที่เกิดขึ้นโดยไม่ทันระมัดระวัง

4.3 ปริมาณฝุ่นการควบคุมปริมาณเม็ดฝุ่นภายในห้องสอบเทียบทางด้านขนาด (Dimension) มีความจำเป็นมากเพราะเม็ดฝุ่นที่มีมากเกินไปจะอุดอยู่ตามตัววัดสัญญาณ (Sensor) หรือผิวงานที่ต้องการวัดละเอียดเป็น 1/100 ส่วนของนิ้ว ซึ่งมีผลให้ค่าที่วัดได้ผิดไป การควบคุมปริมาณฝุ่นในห้องสอบเทียบ มีระดับการควบคุมคุณภาพต่อลูกบาศก์ภายในห้องสอบเทียบ การควบคุมฝุ่นนี้อาจจะทำได้โดยใช้ ตัวกรองอากาศ (Air Filter) ที่มีประสิทธิภาพสูง หรือควบคุมการแต่งกายเข้าไปในห้องสอบเทียบ ให้สะอาดและไม่ใช้เสื้อผ้าที่มีขนที่หลุดง่าย การใช้เครื่องดูดฝุ่นที่มีคุณภาพดี รวมทั้งการลดพื้นที่ที่เป็นแนวทางให้น้อยลง การสะสมฝุ่นในห้องเทียบ ก็จะไม่ค่อยลง

4.4 คลื่นรบกวน ปริมาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในห้อง สอบเทียบ จะต้องควบคุมไม่ให้สูงจนมีการรบกวนการวัดเกิดขึ้น หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้เนื่องจากสภาพทางภูมิศาสตร์ อาจจะต้องทำการสร้างห้องป้องกันคลื่นรบกวนขึ้น เพื่อใช้ปฏิบัติงานบางอย่างที่มีความไวต่อคลื่นรบกวนสูง ตามปกติการใช้ สายกราวด์ในเครื่องมือวัดก็สามารถช่วยจัดปัญหาเรื่องการรบกวนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้พอสมควรระดับเสียงและแสง ระดับเสียงที่เกิดขึ้นภายในห้องสอบเทียบ โดยเฉพาะที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไม่ควรให้มีความดังเกิน 70 เดซิเบล เพราะเสียงที่ดังจะรบกวนสมาธิของพนักงานในห้องสอบเทียบ และทำให้เกิดความเครียดขึ้นได้ ปกติงานที่ทำภายใน ห้องสอบเทียบ มักจะมีความสลับซับซ้อน และละเอียดอ่อนพอสมควรระดับเสียงที่ดังเกินไปจะทำให้พนักงานเสียสมาธิและรำคาญเกิดความเครียดโดยไม่รู้ตัวทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงอย่างมาก

#### ความสำคัญและประโยชน์ของการสอบเทียบ

การสอบเทียบในปัจจุบันมีความสำคัญเพิ่มขึ้นมากกว่าในอดีต ทั้งนี้เนื่องมาจากความเจริญทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการติดต่อค้าขายมีมากขึ้น ในปัจจุบันเรากล่าวได้ว่า มาตรฐานจะเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ตั้งแต่เช้าจนถึงเวลาเข้านอนหลับ นับตั้งแต่ปริมาณยาสีฟันในหลอด ปริมาณนมในกล่อง ปริมาณแก๊สในถังแก๊สในครัว ปริมาณน้ำมันรถยนต์ที่เติมในสถานีบริการ มาตรฐานประปาและมาตรไฟฟ้าที่เดินอยู่ตลอดเวลา ซึ่งปริมาณของสินค้าเหล่านี้ส่วนใหญ่ ได้รับการควบคุมดูแลให้ถูกต้อง โดย พ.ร.บ. ชั่งตวงวัด ของกระทรวงพาณิชย์ หรือที่เรียกกันว่า มาตรฐานเชิงพาณิชย์ เพื่อปกป้องผลประโยชน์ของผู้บริโภคและเกิดความเป็นธรรมในการค้าขาย นอกจากนี้คุณภาพของสินค้า เช่นคุณภาพหลอดไฟฟ้า พัดลม วิทยุ โทรศัพท์ ถึงแก๊ส เหล็กเส้นก่อสร้าง ตลอดจนถึงรถยนต์ที่ใช้ ก็มีการควบคุมคุณภาพให้ถูกต้อง กระบวนการผลิตและกระบวนการควบคุมคุณภาพสินค้าเหล่านี้มีการวัดปริมาณที่ถูกต้อง และเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดขึ้นของแต่ละบริษัทผู้ค้า หรือระหว่างประเทศเพื่อจะได้สินค้าที่ตรงกับข้อกำหนด และมีความปลอดภัยอย่างแท้จริง

เนื่องจากมาตรวิทยา มีความสำคัญและจำเป็นในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอยู่ และความปลอดภัยของประชาชน ความเจริญก้าวหน้าของเศรษฐกิจการค้า และการพัฒนาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี มาตรวิทยาจึงเป็นระบบงานในระดับประเทศ และระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับทุกด้านไม่ใช่เป็นวิชาการปรีศศาสตร์สาขาหนึ่ง ที่อยู่อย่างโดดเดี่ยว ทุกประเทศจำเป็นต้องพัฒนาระบบมาตรวิทยาขึ้น ดังนั้น ความเข้าใจถึงความสำคัญของระบบมาตรวิทยา และแนวทางพัฒนาจึงสำคัญยิ่ง ระบบมาตรวิทยาจะดำเนินการไปได้อย่างได้ผล จะต้องอาศัยปัจจัยที่สำคัญที่ขาดเสียไม่ได้ คือ

1. การใช้ข้อตกลงเรื่องใช้หน่วยของการวัดปริมาณให้ตรงกัน และเป็นหน่วยระหว่างประเทศ
2. การจัดให้มีมาตรฐานแห่งชาติ ด้านมาตรฐานวิทยา เพื่อใช้และรักษาเครื่องมือมาตรฐานของหน่วยและให้ถูกต้องตามมาตรฐานระหว่างประเทศ และต้องได้รับการยอมรับจากหน่วยงานมาตรฐานสากล
3. การออกกฎหมายควบคุมให้ผู้ซื้อ และผู้ขายสินค้าตกลงกันได้ ในเรื่องการใช้หน่วยและดำเนินการให้เกิดความถูกต้องในการวัดปริมาณ เพื่อให้เกิดความเป็นธรรมในการค้าขาย

ความสำคัญของการสอบเทียบ สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

#### 1. ความสำคัญของการสอบเทียบในงานวิจัย

การใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้ได้อย่างเหมาะสมนั้น มิได้หมายความว่าถึงการพัฒนาอุตสาหกรรมเพียงอย่างเดียว วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียังเกี่ยวข้องกับด้านต่าง ๆ อีกมากมาย เช่น การป้องกันประเทศ การช่าง การสาธารณสุข การค้า ฯลฯ เป็นต้น ทุกสิ่งทุกอย่างดังกล่าวนี้ก่อนที่จะนำเอาผลงานออกไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพสมบูรณ์นั้น ก็จำเป็นที่จะต้องผ่านการวิจัยและพัฒนาจากห้องปฏิบัติการทดลองก่อนจึงจะได้ประโยชน์สูงสุด

ห้องปฏิบัติการวิจัยและพัฒนา ในปัจจุบันนี้มีมากมายหลายแหล่ง ทั้งหน่วยงานของรัฐและเอกชน รวมทั้งในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ห้องปฏิบัติการเหล่านี้ต่างมีเครื่องมือวัดและทดสอบ และวิจัยแตกต่างกัน ทำให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทดสอบและวิจัยอาจไม่เป็นไปตามมาตรฐานเดียวกัน จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีพื้นฐานที่สนับสนุนให้ห้องปฏิบัติการต่าง ๆ เหล่านี้อยู่ในกรอบและเป็นมาตรฐานเดียวกัน ได้แก่ เทคโนโลยีของการตรวจวัด ซึ่งในเวลาที่ผ่านไป จะเห็นได้ว่าพัฒนาก้าวหน้าไปมาก ถ้าหากไม่สนับสนุนกันอย่างจริงจัง ก็อาจจะล้าหลังไม่ทันประเทศเพื่อนบ้านได้ จึงเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า เทคโนโลยีพื้นฐานที่สนับสนุนให้ธุรกิจอุตสาหกรรมเจริญก้าวหน้า และยกระดับมาตรฐานให้สูงขึ้นนั้นคือ เทคโนโลยีของการตรวจวัดนั่นเอง

การวิจัยและพัฒนาด้านมาตรฐานการวัด ยังไม่มีระบบที่ดีอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ไม่ได้รับความช่วยเหลือจากต่างประเทศบางประเทศอย่างจริงจังจึงเป็นเหตุให้เสียประโยชน์ที่ควรจะได้รับเทคโนโลยีด้านการวัดจากต่างประเทศ

ในทางปฏิบัตินั้นควรกระทำการถ่ายทอดความถูกต้องของเครื่องมือตามขั้นตอนคือระดับต้น ระดับกลาง และระดับโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพื่อการประหยัดในการสั่งซื้อเครื่องมือราคาแพงเกินความจำเป็นและเพื่อให้ถูกต้องตามระบบสากล เมื่อมาตรฐานการวัดของประเทศเป็นระบบที่ดีแล้วห้องปฏิบัติการทดสอบ วิเคราะห์และวิจัย รวมทั้งผลผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ระบบการถ่ายทอดความถูกต้องในระบบ

เดียวกันก็จะเป็นที่เชื่อถือยอมรับกันทั่วไป ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการพัฒนาธุรกิจอุตสาหกรรมของประเทศโดยตรง

ความสำคัญของการสอบเทียบในงานอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

ในโลกยุคใหม่ของเรา เราผูกพันชีวิตประจำวันของเราในหลายมิติของการวัดไม่ว่าจะเป็นที่บ้าน ในตลาด ในโรงงานอุตสาหกรรม และในห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแล้ว การวัดมีบทบาทอย่างสำคัญในทุกขั้นตอนของกระบวนการทางเทคโนโลยี นับตั้งแต่การพัฒนาการวิจัย และการควบคุมคุณภาพ ทั้งในระหว่างการผลิต จนถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย

ยิ่งไปกว่านั้น ขณะที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าขึ้นเท่าใด ความต้องการมาตรฐานการวัดที่มีความถูกต้องดีขึ้น มีพิสัยกว้างขึ้น และหลากหลายขึ้น ก็ย่อมมีขึ้นเป็นเงาตามตัวไปด้วย

โรงงานอุตสาหกรรมเกิดขึ้นในประเทศไทย เป็นจำนวนมาก และมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี โรงงานเหล่านี้ผลิตสินค้าออกจำหน่ายทั้งภายใน และต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์สินค้าบางประเทศมีปัญหาและอุปสรรคเนื่องมาจากคุณภาพสินค้า เช่น ผู้ซื้อไม่นิยมบ้าง เห็นว่าคุณภาพไม่ดีสู้ต่างประเทศไม่ได้บ้าง นอกจากนี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการกีดกัน และความเชื่อถือของการรับรองคุณภาพสินค้า เพื่อการส่งออกอีกด้วย

นอกจากนี้ความถูกต้องและความแม่นยำของห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ยังมีปัญหาในด้านมาตรฐานอยู่มาก ผลการวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกัน จากห้องปฏิบัติการคนละแห่งได้ผลออกมาต่างกัน ซึ่งมีปรากฏอยู่เสมอ ทำให้เกิดปัญหาด้านความเชื่อถือ โดยเฉพาะเกี่ยวกับคุณภาพสินค้าเพื่อการส่งออก และการควบคุมคุณภาพสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรมเอง ดังนั้นจึงต้องนำเอาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในการส่งเสริมให้มีการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพส่งไปขายยังต่างประเทศ การที่จะทำให้สำเร็จได้ตามวัตถุประสงค์ดังกล่าว จำเป็นต้องมีวิธีการขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลายประการ รวมทั้งระบบงานทางมาตรวิทยามาช่วยในการดำเนินการเกี่ยวกับการประกันคุณภาพสินค้า

ขณะนี้ เรากำลังก้าวเข้าสู่ยุคแห่งการแข่งขัน และกีดกันทางการค้าระหว่างประเทศ อย่างรุนแรงโลกได้ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มเศรษฐกิจต่าง ๆ อย่างมากมาย ความมุ่งหมายของกลุ่มเศรษฐกิจเหล่านี้ต่างก็คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ พยายามที่จะปกป้องผลประโยชน์ทางการค้า ในกลุ่มของตนด้วยกัน ทั้งสิ้นมาตรการหนึ่งที่กลุ่มเศรษฐกิจเหล่านี้นำมาใช้ในการจำกัดคุณภาพของสินค้าโดยใช้มาตรฐานสากลเช่น มาตรฐานระบบคุณภาพ International Organization For Standardization : ISO 9000 เป็นพื้นฐานในการกำหนดมาตรฐานพื้นฐานของผู้ผลิตอย่างในกลุ่มเศรษฐกิจยุโรป กำลังนำมาใช้นับตั้งแต่เดือน ธันวาคม 1992 นี้เป็นต้นมา มาตรการใหม่ของกลุ่มเศรษฐกิจยุโรปนี้จะยังผลกระทบกระเทือนให้กับการส่งออกสินค้าอุตสาหกรรมของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนาและอุตสาหกรรมใหม่ ซึ่งไม่สามารถยืนยันมาตรฐานสินค้า ตามระบบคุณภาพของ ISO 9000 เป็นอย่างมาก การวัดและการทดสอบเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งใน ISO 9000 ในการใช้รับรองคุณภาพสินค้าและบริการส่งออก โดยผู้ผลิตต้องสามารถยืนยันได้ว่าผลการวัดและการทดสอบนั้น ได้กระทำอย่างถูกต้องและสามารถสอบย้อนกลับสู่มาตรฐานแห่งชาติ หรือมาตรฐานสากลได้

ประเทศที่เจริญทางวิทยาศาสตร์ และอุตสาหกรรมอยู่แล้ว เช่น อเมริกา อังกฤษ ฝรั่งเศส หรือญี่ปุ่น เป็นต้น ต่างก็มีองค์กรที่สามารถทำการวิจัยและพัฒนาตัวมาตรฐานการวัด จากนิยาม ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นหน่วยขั้นปฐมภูมิแล้วถ่ายทอดให้กับมาตรฐานระดับรองลงมาเพื่อใช้ในการสอบเทียบมาตรฐานให้กับเครื่องมือวัด และทดสอบแก่อุตสาหกรรมต่าง ๆ ในประเทศของตนได้ นอกจากนั้นประเทศต่าง ๆ เหล่านี้ยังมีการเปรียบเทียบระหว่างกัน (Intercomparison) เพื่อหาความบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้น และหาข้อยุติในการ

กำหนดค่ามาตรฐานต่าง ๆ ร่วมกันจนเป็นเหตุให้เกิดการยอมรับซึ่งกันและกัน ทำให้การค้าระหว่างประเทศเป็นไปโดยสะดวกยิ่งขึ้น เมื่อต่างก็ยอมรับในมาตรฐาน หรือผลการวัด และทดสอบของอีกฝ่ายหนึ่ง ในกลุ่มประเทศเอเชียด้วยกันแล้ว นอกจาก ญี่ปุ่น และจีน ซึ่งมีมาตรฐานแห่งชาติในระดับแนวหน้าอยู่แล้ว ก็ยังมีเกาหลีใต้ และไต้หวัน ซึ่งได้รับการพัฒนาทั้งด้านกำลังคน และทรัพยากรอื่น ๆ อย่างรวดเร็วจนกำลังจะก้าวเข้าสู่ประเทศแนวหน้าทัดเทียมกับประเทศแนวหน้าทัดเทียมกับประเทศที่พัฒนาแล้วอื่น ๆ ในอนาคตอันใกล้นี้ ทั้งนี้เพราะรัฐบาลของประเทศเหล่านั้น ได้เล็งเห็นประโยชน์ของการวัดและทดสอบว่าเป็นพื้นฐานของคุณภาพสินค้า และเป็นพื้นฐานของความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

สำหรับประเทศไทยในกลุ่มอาเซียนแทบทั้งหมด ต่างก็ไม่ได้มองเห็นความสำคัญของการวัด และทดสอบอย่างจริงจัง จึงมิได้มีนโยบายที่จะพัฒนามาตรฐานแห่งชาติขึ้นเพื่อรองรับอุตสาหกรรมของประเทศอย่างเป็นแกนสารแต่อย่างใด คงมีแต่ ประเทศสิงคโปร์เท่านั้น ที่ได้ทุ่มเทงบประมาณเพื่อพัฒนาด้านมาตรฐานอย่างจริงจัง ดังนั้นการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและอุตสาหกรรมให้ทัดเทียมกับประเทศที่เจริญแล้ว ย่อมไม่อาจทำได้ ถ้าปราศจากการพัฒนานักมาตรวิทยาในระดับต่าง ๆ เพื่อรองรับความต้องการของทั้งหน่วยงานของรัฐบาลและเอกชนที่จะมีมากขึ้นตามลำดับ การเรียนการสอนทางมาตรวิทยา อาจมีทั้งในรูปแบบของหลักสูตรระยะสั้น ๆ เฉพาะเรื่องที่สนใจ หรือจะเป็นหลักสูตรสามัญระดับปริญญาอย่างเดียวกับที่กระทำกันอยู่ในต่างประเทศ ขณะนี้ก็ได้แต่มองข้ามความสำคัญของมาตรวิทยาในวันนี้อาจจะหายไป เพราะเรากำลังก้าวเข้าสู่ยุคแห่งการกีดกันทางการค้า และการแข่งขันทางอุตสาหกรรม ของสินค้าระหว่างประเทศอย่างแท้จริงในอนาคตอันใกล้

#### ประโยชน์ของการสอบเทียบ

มนุษย์ชาติใช้ประโยชน์จากมาตรวิทยาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ มีประวัติบันทึกการใช้มาตรวิทยามาไม่น้อยกว่า 3,000 ปี ก่อนคริสต์ศักราช แต่คนส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์จากมาตรวิทยาโดยไม่รู้ตัว トラบเท่าที่จะสามารถดำเนินชีวิตไปได้อย่างราบรื่น อันที่จริงมาตรวิทยา ทำให้เราสามารถวางแผนชีวิตและดำเนินธุรกิจได้อย่างมีความมั่นใจ เรามักจะเชื่อว่านาฬิกาที่บ้าน และที่ทำงานแสดงเวลาที่ไม่ต่างกันมากนัก และเรามีความมั่นใจว่า ข้าวสาร 5 กก. ที่ซื้อจากร้านขายข้าวสาร กับข้าวสารถุงละ 5 กก. ในซูเปอร์มาร์เก็ตมีน้ำหนักต่างกันเท่าที่กฎหมายกำหนดเท่านั้น ความเชื่อมั่นที่เป็นจริงเหล่านี้ ทำให้สังคมปัจจุบันสามารถดำเนินได้ และการที่เราใช้โทรศัพท์และไฟฟ้าที่มีความเชื่อมั่นได้ค่อนข้างสูง ก็ล้วนแต่มีผลจากการใช้มาตรวิทยาทั้งสิ้น ในเชิงวิทยาศาสตร์นั้น เราพอสรุปประโยชน์ จากระบบมาตรวิทยาเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. มาตรวิทยามีประโยชน์ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ ต่อความปลอดภัยในกระบวนการผลิตและต่อการควบคุมสภาวะสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ
2. มาตรวิทยาเป็นกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือต่อประสิทธิภาพของกระบวนการ เช่น ช่วยวัดสมรรถภาพการผลิต
3. มาตรวิทยาสามารถที่จะทำการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าผิดพลาดของเครื่องมือ โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน และสร้างความเชื่อมั่นของอุปกรณ์นั้น
4. ความเที่ยงตรงของมาตรวิทยา สามารถจัดแบ่งตามสภาพของการใช้งานสำหรับการซื้อขายตามกฎหมาย หรือ พ.ร.บ ชั่ง ตวง วัด
5. มาตรวิทยายังเป็นตัวบ่งบอกถึงข้อมูล เพื่อเป็นการตัดสินใจของหน่วยงานที่จะซื้อเครื่องและยังช่วยประกันความถูกต้องของข้อมูลที่จะนำมาพิจารณา เพื่อให้สามารถตัดสินใจได้อย่างมั่นใจยิ่งขึ้น

6. มาตรฐานวิทยาทาเป็นตัววัดความเสื่อมคุณภาพของเครื่องมือ เครื่องจักร และเครื่องมือวัดทำให้ทราบถึงความเที่ยงตรง หรือช่วงเวลาที่เหมาะสมที่จะทำการตรวจสอบ ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขเครื่องเหล่านั้ ซึ่งมีอายุการใช้งานยาวขึ้น และมีประสิทธิภาพอย่างสม่ำเสมอ

7. มาตรฐานวิทยาทาให้เกิดระบบการสืบทอดความแม่น (Traceability) ของเครื่องมือ จากที่มีความแม่นยำสูงสุด และที่มีความแม่นรองลงมาเรื่อย ๆ จนถึงผู้ใช้สุดท้าย ทำให้สามารถอ้างอิงมาตรฐานความแม่นของเครื่องมือนั้น ๆ อย่างมีระบบ

8. มาตรฐานวิทยาทาเป็นตัวกำหนดมาตรฐานของอุตสาหกรรม การถ่ายทอดมาตรฐานสู่อุตสาหกรรม จะทำให้ภาคอุตสาหกรรม แข่งขันกับนานาประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพประเทศไทยเป็นประเทศที่มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนา ไปสู่การเป็นประเทศอุตสาหกรรม จึงควรสนับสนุนการถ่ายทอดระบบมาตรฐานวิทยาทาไปสู่ภาคเอกชน เพราะการวัดเป็นพื้นฐานของการพัฒนาอุตสาหกรรมทุก ๆ วันเราจะมีการตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลที่เราได้รับ ส่วนการตัดสินใจจะถูกต้องหรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้รับว่าถูกต้องหรือไม่บ่อยครั้งที่เราได้รับข้อมูลโดยการวัด พิจารณาด้านเทคนิค จะได้ว่า การวัด คือ กระบวนการซึ่งคุณสมบัติจำเพาะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งถูกทำให้เป็นปริมาณขึ้นมา

#### 4. ความไม่แน่นอนในการวัด (Uncertainty of Measurement)

ในการสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัด และทดสอบ เพื่อประเมินระดับความถูกต้องเทียบกับมาตรฐาน แม้กระทั่งการตรวจวัดและทดสอบผลิตภัณฑ์ สิ่งหนึ่งที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ ก็คือ ความผิดพลาดของผลการสอบเทียบหรือการวัดนั้น ๆ ซึ่งแน่นอนย่อมมีเกิดขึ้นบ้าง ไม่มากก็น้อยเพื่อความสมบูรณ์ของการรายงานผลการสอบเทียบ หรือการตรวจวัด จึงควรที่จะหาค่าหรือประมาณค่าความไม่แน่นอนเหล่านั้

ความผิดพลาดแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

ความผิดพลาดระหว่างการวัด สามารถเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ได้มากมาย ซึ่งส่งผลต่อการสอบเทียบหรือการวัดใด ๆ เพื่อหาหนทางในการลดความผิดพลาดเหล่านั้จึงมีความพยายามในการจำแนกความผิดพลาดในการวัดต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยทั่วไปจะถูกจำแนกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ 2 ประเภท คือ ความผิดพลาดระบบ (systematic error) และ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญหรือโดยสุ่ม (random error)

ความผิดพลาดระบบ (systematic error) คือ ความผิดพลาดซึ่งเกิดขึ้นโดยมีความสม่ำเสมอ และปริมาณคงเดิม ในการวัดค่าของปริมาณเดียวกันซ้ำ ๆ กัน ซึ่งอาจเกิดจากสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความสั่นสะเทือน ความดัน สัญญาณรบกวนที่ปนมากับแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น และส่งผลต่อการทำงานของเครื่องมือวัด หรือจากตัวเครื่องมือวัดเอง เช่น ความผิดของกลไกการทำงานในเครื่องมือวัดที่มีกลไกเป็นส่วนประกอบ ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำลดลงเนื่องจากการใช้งาน หรือคุณสมบัติประจำตัวเอง เป็นต้น

ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญหรือโดยสุ่ม (random error) คือ ความผิดพลาดประเภทนี้ไม่สามารถคาดการณ์ได้ และไม่มีรูปแบบที่แน่นอน และบางครั้งก็มีความผิดพลาดระบบ ซึ่งเกิดเป็นช่วงเวลา รวมอยู่ด้วย ตัวอย่างเช่น ความผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวัด การเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมบางขณะ ที่ส่งผลต่อความถูกต้องของการวัด ฯลฯ แปลงความไม่แน่นอนเหล่านั้เป็นตัวเลข

เพื่อให้สามารถระบุความผิดพลาดเหล่านั้ เป็นปริมาณที่นำไปอ้างอิงได้ จึงมีความพยายามที่จะเปลี่ยนให้เป็นค่าที่นับได้ ซึ่งองค์กรมาตรฐานนานาชาติ (ISO: International Organization for

Standardization) ได้กำหนดแนวทางในการหาค่าไว้และเรียกว่า ความไม่แน่นอนโดยเรียบเรียงไว้ใน ISO/TAG4/WG3 : June 1992 โดยแบ่งความไม่แน่นอนออกเป็น 2 ประเภท คือ บัณฑิตความไม่แน่นอนที่สามารถประเมินได้โดยวิธีทางสถิติ (Type A) และบัณฑิตความไม่แน่นอนที่สามารถประเมินได้โดยวิธีอื่น (Type B)

#### ความไม่แน่นอน Type A

Type A หมายถึง การคำนวณจากผลการวัด หรือผลการสอบเทียบเองด้วยการคำนวณทางสถิติ คำนวณจาก ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\bar{X}$ ) ของผลการวัด และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจาย ( $\sigma$ ) การประมาณความไม่แน่นอน Type A ( $U_i$ ) ดังนี้

- หาค่าเฉลี่ยเลขคณิตจากผลการวัด ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$X_i$  คือ ผลการวัด

$n$  คือ จำนวนครั้งในการวัดค่า

- คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจาย ( $\sigma$ )

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวัด ( $S$ )

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

ค่าที่ได้เรียกว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวัด โดยทั่วไปแล้วจะสมมติว่า จำนวนครั้งในการวัดมากจนมีค่าเป็นอนันต์ (infinity) และผลของการวัดมีการกระจายภายใต้เส้นโค้งปกติ (normal distribution curve) ดังรูป 8 ดังนั้น ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจาย คำนวณจาก

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

การประมาณค่าเหล่านี้จะอยู่บนพื้นฐานของการแจกแจงปกติ และดังนั้นก็มีความน่าจะเป็นที่จำกัด หรือความเสี่ยง ค่าโดยประมาณจะพิจารณาความแตกต่างจากค่าจริงหรือค่ากลาง ที่มีโอกาสผิดหรือคลาดเคลื่อนไป ดังนั้นการตัดสินใจจะทำในระดับของการเสี่ยงเป็นที่ยอมรับได้เรียกว่า ระดับความเชื่อมั่น (confidence level) ถ้าโอกาสของความผิดพลาดเป็น 1% นั้นหมายความว่ามีความเชื่อมั่น 99% ที่จะพบข้อมูลกระจายอยู่บนโค้งความถี่

สำหรับการแจกแจงปกติภายใต้เส้นโค้งแสดงการกระจาย ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % สอดคล้องกับพื้นที่ที่อยู่ในเส้นที่ลากจากแนวตั้งลงมาที่ตำแหน่ง  $\pm 3\sigma$  จาก  $\mu$  ระดับความเชื่อมั่น 99% คือที่ตำแหน่ง  $\pm 2.576\sigma$  จาก  $\mu$  ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ตำแหน่ง  $\pm 1.96\sigma$  ระดับความเชื่อมั่น 68.3% ที่ตำแหน่ง  $\pm 1\sigma$  โดยทั่วไปห้องปฏิบัติการสอบเทียบระดับมาตรฐานแห่งชาติมักจะเลือกที่จะแจ้งค่าความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น



68.3% การหาความไม่แน่นอนสำหรับองค์กรทั่วไป การแจ้งค่าความไม่แน่นอนสำหรับองค์กรทั่วไป การแจ้งค่าความไม่แน่นอนจะถือที่ระดับความเชื่อมั่น 95%-99% ดังแสดงในภาพประกอบ 30

ภาพประกอบ 30 เส้นโค้งแสดงการกระจายปกติ  
( บุรินทร์ ไตรสินธโชติ 2543:41 )

จากคำนวณค่าความไม่แน่นอน ที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ ด้วยการนำค่าสัมประสิทธิ์  $t$  คูณกับค่า  $\sigma$  กำหนดว่าเป็นช่วงความเชื่อมั่นของขนาดตัวอย่างที่นับได้ ความน่าจะเป็นนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งของการวัด ( $n$ ) และการกำหนดระดับความมั่นใจ (CL : Confidence Level) ดังตาราง 2

ตาราง 2 การกำหนดค่า t กรณีที่ค่า n เป็นจำนวนอนันต์  
( บุรินทร์ ไตรสินธโชติ 2543:41 )

| จำนวนครั้งที่วัด (n) | t      |          |        |          |        |          |
|----------------------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|
|                      | CL 50% | CL 68.3% | CL 95% | CL 95.5% | CL 99% | CL 99.7% |
| 2                    | 1.000  | 1.83     | 12.71  | 15       | 63.7   | -        |
| 3                    | 0.817  | 1.32     | 4.30   | 4.6      | 9.92   | 21       |
| 4                    | 0.765  | 1.20     | 3.18   | 3.4      | 5.84   | 9.7      |
| 5                    | 0.741  | 1.14     | 2.78   | 2.9      | 4.60   | 6.9      |
| 6                    | 0.727  | 1.11     | 2.57   | 2.7      | 4.03   | 5.7      |
| 7                    | 0.718  | 1.09     | 2.45   | 2.5      | 3.71   | 5.0      |
| 8                    | 0.711  | 1.08     | 2.36   | 2.4      | 3.50   | 4.6      |
| 9                    | 0.706  | 1.07     | 2.31   | 2.4      | 3.36   | 4.4      |
| 10                   | 0.703  | 1.06     | 2.26   | 2.3      | 3.25   | 4.2      |
| 11                   | 0.700  | 1.05     | 2.23   | 2.3      | 3.17   | 4.0      |
| 12                   | 0.698  | 1.05     | 2.20   | 2.3      | 3.11   | 3.9      |
| 13                   | 0.696  | 1.04     | 2.18   | 2.3      | 3.05   | 3.8      |
| 14                   | 0.694  | 1.04     | 2.16   | 2.2      | 3.01   | 3.7      |
| 15                   | 0.692  | 1.04     | 2.14   | 2.2      | 2.98   | 3.7      |
| 16                   | 0.691  | 1.03     | 2.13   | 2.2      | 2.95   | 3.6      |
| 17                   | 0.690  | 1.03     | 2.12   | 2.2      | 2.92   | 3.6      |
| 18                   | 0.689  | 1.03     | 2.11   | 2.2      | 2.90   | 3.5      |
| 19                   | 0.688  | 1.03     | 2.10   | 2.2      | 2.88   | 3.5      |
| 20                   | 0.688  | 1.03     | 2.09   | 2.2      | 2.86   | 3.5      |
| $\alpha^*$           | 0.675  | 1.00     | 1.96   | 2.000    | 2.58   | 3.000    |

\* เป็นค่า t กรณีที่ค่า n เป็นจำนวนอนันต์ ซึ่งเรียกว่า t ว่า K factor values.

ดังนั้นความไม่แน่นอน Type A มีค่าประมาณเท่ากับ

$$U_r = \pm \frac{S}{\sqrt{n}}$$

ตัวอย่างที่ 1 ผลการสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนักด้วยตุ้มน้ำหนัก 500 กรัม ได้ผลการสอบเทียบดังนี้  
500.01g, 500.02 g, 500.00g, 500.05g, 500.04 g

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$= \frac{500.01 + 500.02 + 500.00 + 500.05 + 500.04}{5}$$

$$= 500.024 \text{ g}$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S)

$$\sqrt{\frac{(500.01 - 500.024)^2 + (500.02 - 500.024)^2 + (500.00 - 500.024)^2 + (500.05 - 500.024)^2 + (500.04 - 500.024)^2}{5}}$$

$$= 0.0185 \text{ g}$$

เพราะฉะนั้นค่าความไม่แน่นอน Type A ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% จากตาราง 2  $n = 5$  จะได้

$$U_r = \pm 4.6 \frac{0.0185}{\sqrt{5}} = \pm 0.038 \text{ g}$$

ตัวอย่างที่ 2 ผลการสอบเทียบเวอร์เนียคาลิเปอร์ตลอดย่าน ได้ผลการสอบเทียบดังตาราง 3  
จากตัวอย่างที่ 2 นี้ พบว่ามีค่าความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบตลอดย่านหลายค่า ความไม่แน่นอน Type A รวม ( $U_{r,\text{total}}$ ) สามารถหาได้จาก

$$U_{r,\text{total}} = \sqrt{(U_{r1})^2 + (U_{r2})^2 + (U_{rn})^2}$$

$$U_{r,\text{total}} = \sqrt{(0.012)^2 + (0.012)^2 + (0.011)^2 + (0.011)^2 + (0.011)^2}$$

$$= \pm 0.0255 \text{ mm.}$$

ความไม่แน่นอน Type B

Type B หมายถึง ผลการสอบเทียบที่ได้รับการสอบเทียบจากสถาบันภายนอกค่าความไม่แน่นอนในการวัดดูได้จากใบรับรองผลการสอบเทียบ (Calibration certificate)

โดยทั่วไป ความไม่แน่นอน Type B จะประมาณจากความไม่แน่นอนของมาตรฐานที่ใช้ สำหรับการสอบเทียบกรณีมาตรฐานที่นำมาใช้ในการสอบเทียบนั้น ดูได้จากใบรับรองผลการสอบเทียบ (Calibration certificate) ดังตาราง 3 และ ตาราง 4

ตาราง 3 ใบรับรองที่แสดงความไม่แน่นอนที่ระบุช่วงความเชื่อมั่น  
( บุรินทร์ ไตรสินธโชติ 2543:42 )

| ค่ามาตรฐาน<br>(mm.) | ค่าที่อ่านจากเวอร์เนีย (mm.) |       |       |       | X     | S       | U <sub>r</sub> |
|---------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------|----------------|
|                     | 1                            | 2     | 3     | 4     |       |         |                |
| 2.5000              | 2.50                         | 2.51  | 2.51  | 2.50  | 2.505 | 0.00577 | ±0.012         |
| 5.1000              | 5.111                        | 5.10  | 5.10  | 5.10  | 5.102 | 0.00500 | ±0.012         |
| 7.7000              | 7.70                         | 7.70  | 7.70  | 7.70  | 7.700 | 0.00000 | ±0.011         |
| 10.300              | 10.30                        | 10.30 | 10.30 | 10.30 | 10.30 | 0.00000 | ±0.011         |
| 12.900              | 12.90                        | 12.90 | 12.90 | 12.90 | 12.90 | 0.00000 | ±0.011         |

ตาราง 4 ใบรับรองที่แสดงความไม่แน่นอนที่ไม่ได้ระบุช่วงความเชื่อมั่น  
( บุรินทร์ ไตรสินธโชติ 2543:43 )

| Input (KV) |              | Ouput (V) |
|------------|--------------|-----------|
| DC         | 1.0          | 0.999     |
|            | 2.0          | 1.998     |
|            | 3.0          | 2.997     |
|            | 4.0          | 3.996     |
|            | 5.0          | 4.997     |
| AC         | 1 KV / 50 Hz | 1.002     |
|            | 2 KV / 50 Hz | 1.988     |
|            | 3 KV / 50 Hz | 2.986     |
|            | 4 KV / 50 Hz | 3.992     |
|            | 5 KV / 50 Hz | 4.945     |

ความไม่แน่นอนในการวัดโวลต์มิเตอร์ มีค่าเท่ากับ  $\pm 0.1\%$

โดยทั่วไปการรายงานค่าความไม่แน่นอนของสถาบันสอบเทียบภายนอก จะระบุช่วงความเชื่อมั่นไว้ให้ทราบด้วยดังตัวอย่างการรายงานตาราง 3 ที่ช่วงความเชื่อมั่น เท่ากับ 95% มีบางกรณีที่ใบรับรองผลการสอบเทียบจากบางสถาบันจะไม่ระบุให้ทราบว่า ค่าความไม่แน่นอนนั้น อยู่ในช่วงความเชื่อมั่นเท่าใด ตาราง 4 จะเป็นที่ยืนยันว่าค่าความไม่แน่นอนนี้ มีช่วงความเชื่อมั่นที่ 68.3% โดยทั่วไปสถาบันมาตรฐานแห่งชาติ หรือนานาชาติจะรายงานวิธีนี้ นับว่าดูแล้วค่าความไม่แน่นอนมีค่าต่ำดี

บางครั้งค่าความไม่แน่นอนที่แจ้ง อาจไม่อยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ต้องการ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับให้อยู่ในระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ

การแปลงค่าความไม่แน่นอน ที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ จะใช้ตัวแปร K factor จากตาราง 2 มาช่วย

ตัวอย่างที่ 3 จากตาราง 3 เป็นตัวอย่างของการรายงานความไม่แน่นอนของ เกจล็อก (gauge block) สำหรับใช้สอบเทียบเครื่องมือวัดทางมิติ ระบุค่าความไม่แน่นอน ( $U_s$ ) ที่ความยาวตั้งแต่ 100 mm. ลงมา ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่าเท่ากับ  $\pm 0.04$  mm. จากต้องการความไม่แน่นอนในช่วงความเชื่อมั่นที่ 99% จากตาราง 2 ค่า K factor ที่ 95% เท่ากับ 1.96 และที่ 99% เท่ากับ 2.58 ดังนั้นจะได้ว่า

ความไม่แน่นอน ( $U_s$ ) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 99%

$$= \frac{2.58}{1.96} \times 0.04 = \pm 0.053 \mu\text{m}$$

ตัวอย่างที่ 4 จากตาราง 4 แสดงถึงการรายงานค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ High voltage probe เท่ากับ  $\pm 0.1\%$  หากต้องการค่าความไม่แน่นอน ที่ช่วงความเชื่อมั่น 99%

$$= 2.58 \times 0.01$$

$$= \pm 0.0258 \%$$

รวมความไม่แน่นอนทั้งหมด

เมื่อประมาณค่าความไม่แน่นอนทั้งหมดแล้ว จะต้องนำเอาความไม่แน่นอนทั้งหมดมารวมกัน เป็นความไม่แน่นอนรวม ( $U_{\text{total}}$ ) ของการสอบเทียบ หรือการวัดครั้งนั้น ๆ โดยวิธีการรวมใช้สูตรดังนี้

$$U_{\text{total}} = \sqrt{(U_r)^2 + (U_s)^2}$$

ตัวอย่างที่ 5 ความไม่แน่นอนรวม ( $U_{\text{total}}$ ) ระหว่างความไม่แน่นอนตกค้างจากตัวอย่างที่ 2 และความไม่แน่นอนระบบตัวอย่างที่ 3 มีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} U_{\text{total}} &= \sqrt{(2.55 \times 10^{-5})^2 + (5.3 \times 10^{-8})^2} \\ &= 2.55 \times 10^{-5} = \pm 0.0255 \text{ mm.} \end{aligned}$$

ข้อสังเกตในการหาความไม่แน่นอนรวม ( $U_{\text{total}}$ ) คือ กรณีที่ความไม่แน่นอนตกค้าง และความไม่แน่นอนระบบมีค่าแตกต่างกันเกิน 10 เท่าแล้ว สามารถประมาณได้ว่าความไม่แน่นอนรวม มีค่าประมาณความไม่แน่นอนตัวที่มากที่สุด ซึ่งจากตัวอย่างคือ ความไม่แน่นอนตกค้างนั่นเอง

สิ่งที่ต้องระมัดระวังในการรวมค่าความไม่แน่นอนแต่ละค่าเป็นความไม่แน่นอนรวม คือ

- ระดับความเชื่อมั่นของความไม่แน่นอนแต่ละค่าต้องอยู่ในระดับเดียวกัน
- ความไม่แน่นอนจะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน

การประมาณค่าความไม่แน่นอนสำหรับการสอบเทียบที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการประมาณเพื่อดูว่าผลการสอบเทียบที่ปรากฏในใบรับรองการสอบเทียบหรือในรายงานการสอบเทียบ หรือในรายงานการสอบเทียบนั้น มีโอกาสที่จะผิดพลาดไปเท่าใด ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนที่ควรกระทำเพื่อทวนสอบองระดับความไม่แน่นอน

ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบนั้น ๆ รวมไปถึงเพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างวิธีการสอบเทียบวิธีต่าง ๆ ที่ใช้อยู่สำหรับการสอบเทียบเครื่องมือชนิดเดียวกัน

## 5. หลักการสร้างคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดและการหาประสิทธิภาพของคู่มือ

### 5.1 ความหมายของคู่มือ

ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ มีความจำเป็นที่ต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อให้งานสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้หนังสือคู่มือเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่ง ที่ช่วยแนะนำการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง เช่น คู่มือการใช้งานเครื่องมือวัดไฟฟ้า, คู่มือควบคุมการตรวจวัด, คู่มือตรวจสอบการวัด, คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัด เป็นต้น

ประทีป จรัสรุ่งระวี (2514 : 4) ได้ให้ความหมายของคู่มือ หมายถึง อุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่มีบทบาทต่อการรวบรวมเนื้อหา ช่วยแนะนำกิจกรรมวัสดุอุปกรณ์ ช่วยเสริมสร้างนิสัยรักการค้นคว้าตนเอง เพื่อกระตุ้นและฝึกให้รู้จักคิดหาเหตุผลช่วยสื่อความหมายให้ผู้ใช้อุปกรณ์เข้าใจ เนื้อหาในเรื่องเดียวกันได้ตรงกัน

ฉัตรนา บุนนาคและคณะ (2522 : 26) อธิบายความหมายของคู่มือไว้ว่า เป็นหนังสือที่ผู้จัดทำเรียบเรียงเนื้อหาสาระวิชาการบางแขนงมาจากตำราโดยตรง โดยอาจนำมาเขียนด้วยภาษาใหม่ที่เข้าใจง่ายขึ้นหรืออาจออกมาในรูปแบบของการตั้งคำถามตามประเด็นต่าง ๆ และผู้เขียนให้แนวคำตอบไว้ แต่เดิมหนังสือประเภทนี้จัดทำขึ้นเพื่อช่วยเหลือผู้ที่มีเวลาน้อย และไม่มีโอกาสศึกษาหาความรู้แต่ต่อมาได้มีผู้จัดทำหนังสือประเภทนี้ขึ้นมากทุกสาขาวิชา

ปรีชา ช่างขวัญยืน และคณะ (2539 : 127 – 130) ได้ให้ความหมายของหนังสือคู่มือไว้ว่าเป็นหนังสือที่ใ้คำตอบไปกับการทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เป็นหนังสือที่ให้แนวทางการปฏิบัติแก่ผู้ใช้ให้สามารถกระทำสิ่งนั้น ๆ ให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายโดยแบ่งคู่มือไว้ 3 ประเภท คือ

5.1.1 คู่มือครู (Teacher's manual handbook) เป็นหนังสือที่ให้แนวทางและคำแนะนำแก่ครูเกี่ยวกับสาระ วิธีการ กิจกรรม สื่อวัสดุอุปกรณ์ และแหล่งข้อมูลอ้างอิงต่าง ๆ ปกติมักใช้ควบคู่กับตำราเรียน เช่น คู่มือจัดกิจกรรมบูรณาการสำหรับเด็กปฐมวัย คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยา เป็นต้น

5.1.2 คู่มือผู้เรียน : แบบฝึกหัดปฏิบัติ (Student's manual or workbook) คือ หนังสือที่ผู้เรียนใช้ควบคู่ไปกับตำราที่เรียนปกติจะประกอบได้ด้วยสาระ คำสั่ง แบบฝึกหัดปัญหาหรือคำถามที่ว่างสำหรับเขียนคำตอบและการทดสอบปัจจุบันคู่มือผู้เรียนไม่เพียงแต่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ควบคู่กับหนังสือ ตำราเท่านั้น แต่อาจจะใช้เป็นคู่มือสำหรับการศึกษาควบคู่ไปกับหนังสืออื่น ๆ ที่ทำหน้าที่แทนครูหรือตำรา เช่นบทเรียน วีดิทัศน์ บทเรียนทางไกล ภาพยนตร์ หรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นต้น

5.1.3 คู่มือทั่วไป (General manual handbook) เป็นหนังสือที่ให้ข้อความรู้เกี่ยวกับการทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งแก่ผู้อ่าน โดยมุ่งหวังให้ผู้อ่านหรือผู้ใช้มีความเข้าใจ และสามารถดำเนินการปฏิบัติในเรื่องนั้นด้วยตนเอง ได้อย่างเหมาะสม เช่น คู่มือบำรุงรักษา อุปกรณ์ไฟฟ้า, เครื่องมือ, เครื่องจักร, คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า, เครื่องจักร เป็นต้น

ปิฎก บุนนาค (2523 : 23) อธิบายความหมายของคู่มือไว้ว่า คู่มือฉบับเป็นตำราหรือบทความทางวิชาการชนิดหนึ่งที่เป็นสื่อแนะนำให้ผู้ที่ต้องการอ่านแล้วนำไปปฏิบัติได้ทันที ทันใด คู่มือจะแนะนำเรื่องสั้น ๆ ที่ใช้วิชาการทางปฏิบัติเฉพาะอย่างเท่านั้น

จากความหมายของคู่มือสรุปได้ว่า คู่มือเป็นหนังสือหรือตำราที่เรียบเรียงเนื้อหาสาระจากเอกสารหรือตำรา และแหล่งอ้างอิงทางวิชาการ โดยนำมาเขียนใหม่ เมื่ออ่านแล้วเกิดความรู้ ความเข้าใจ และสามารถนำไปใช้ควบคู่ไปกับการดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาสาระในคู่มือนั้น ได้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย

สำหรับคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้านั้น จัดอยู่ในประเภทคู่มือทั่วไป สรุปได้ว่า คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า หมายถึง คู่มือที่เรียบเรียงเนื้อหาสาระจากเอกสาร หรือตำรา และแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัด เมื่ออ่านแล้วเกิดความรู้ ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัด และสามารถนำไปใช้ควบคู่กับการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด ได้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย

## 5.2 องค์ประกอบของคู่มือ

องค์ประกอบของคู่มือโดยทั่วไปประกอบด้วย 6 ส่วน ได้แก่

### 5.2.1 คำชี้แจงการใช้คู่มือ โดยทั่วไปจะครอบคลุมถึง

#### 4.2.1.1 วัตถุประสงค์ของคู่มือ

#### 4.2.1.2 ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการใช้คู่มือ

#### 4.2.1.3 วิธีการใช้คู่มือ

#### 4.2.1.4 คำแนะนำการใช้คู่มือ

### 5.2.2 คำชี้แจงเกี่ยวกับการเตรียมการที่จำเป็นต่าง ๆ เช่น วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ เป็นต้น

### 5.2.3 เนื้อหาสาระและกระบวนการ หรือขั้นตอนในการดำเนินการโดยมีคำชี้แจงหรือคำอธิบายประกอบและอาจมีการวิเคราะห์เนื้อหาสาระให้ผู้อ่านเกิดความเข้าใจที่กระจ่าง

### 5.2.4 ความรู้เสริม คู่มือที่ดีจะต้องคำนึงความต้องการของผู้ใช้ และสามารถคาดคะเนได้ว่า ผู้ใช้มักจะประสบปัญหาในเรื่องใดและจัดทำข้อมูลที่จะช่วยส่งเสริมความรู้ของผู้ใช้คู่มือจัดแบบสอบถาม หรือแบบฝึกปฏิบัติในการฝึกฝน

5.2.5 ปัญหาและคำแนะนำเกี่ยวกับการป้องกันและแก้ไขปัญหา ผู้เขียนคู่มือ ควรจะเป็นผู้ที่มีการประสบการณ์ในเรื่องที่เขียนมาพอสมควร ซึ่งจะช่วยให้รู้ว่าการดำเนินการในเรื่องนั้น ๆ มักจะมีปัญหาอะไรเกิดขึ้น และจุดอ่อนในเรื่องนั้นอะไรบ้าง การเป็นผู้มีประสบการณ์และสามารถนำเอาประสบการณ์เหล่านั้นมาช่วยผู้ใช้หรือผู้อ่านให้สามารถกระทำการสิ่งนั้น ๆ ได้อย่างราบรื่นไม่เกิดอุปสรรคและปัญหา นับว่าเป็นจุดเด่นของคู่มือ ผู้เขียนคู่มือที่สามารถให้คำแนะนำเกี่ยวกับการป้องกัน และแก้ไขปัญหาก็อาจเกิดขึ้นกับผู้อ่านหรือผู้ใช้คู่มือ จึงถือได้ว่าได้ ทำหน้าที่ของผู้เขียนหนังสือที่ดี

5.2.6 แหล่งข้อมูลและแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ หนังสือที่ดีไม่ควรขาดการให้แหล่งอ้างอิงหรือแหล่งข้อมูลซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านในการศึกษาค้นคว้าต่อไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งคู่มือการบำรุงรักษานั้น เป็นหนังสือที่ใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติการบำรุงรักษา ถ้าได้รับข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มขึ้นก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำไปใช้งาน

## 5.3 คู่มือการสอบเทียบ เครื่องมือวัดไฟฟ้า และการประเมินผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

### 5.3.1 แนวทางการเขียนคู่มือ

เทคนิคการเขียนคู่มือนั้นจะต้องเน้นแนวทางปฏิบัติเป็นสำคัญ ส่วนวิธีการจัดกิจกรรมนั้นจะต้องเขียนให้ละเอียดที่สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนได้ และควรแสดงแผนภาพแผนภูมิ แผนผังเพื่อช่วยให้ผู้ปฏิบัติปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ได้ง่าย การเขียนหนังสือคู่มือ เป็นการสอนหรือการให้ความรู้แก่ผู้อ่านผ่านทาง

ภาษาเขียน แต่เนื่องจากผู้อ่านไม่มีโอกาสที่จะซักถามผู้เขียนในประเด็นที่สงสัย กลุ่มจึงมีความจำเป็นต้องให้รายละเอียดครอบคลุมประเด็นที่น่าสงสัยไว้ทั้งหมด เพื่อให้ผู้อ่านเกิดความเข้าใจอย่างแจ่มแจ้ง

การเขียนคู่มือจำเป็นต้องคำนึงถึงประเด็นดังต่อไปนี้ (ปรีชา ช่างขวัญยืนและคณะ 2539 : 132 – 134)

- 5.3.2 ควรระบุให้ชัดเจนว่าคู่มือสำหรับใคร ใครเป็นผู้ใช้
- 5.3.3 กำหนดวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน ต้องการให้ผู้ใช้ทำอะไรบ้าง
- 5.3.4 ควรมีส่วนหน้าที่จูงใจผู้ใช้ว่าคู่มือนี้จะช่วยผู้ใช้ได้อย่างไร อะไรบ้าง
- 5.3.5 ควรมีส่วนที่ให้หลักการหรือความรู้ที่จำเป็นแก่ผู้ใช้ในการใช้เครื่องมือเพื่อให้การใช้คู่มือเกิดประสิทธิภาพสูงสุด
- 5.3.6 ควรมีส่วนที่ให้คำแนะนำแก่ผู้ใช้เกี่ยวกับการเตรียมตัว การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ และสิ่งที่จำเป็นในการดำเนินการตามคู่มือแนะนำ
- 5.3.7 ควรมีส่วนที่ให้คำแนะนำแก่ผู้ใช้ เกี่ยวกับขั้นตอนหรือกระบวนการในการทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งควรมีคุณสมบัติดังนี้
  - 5.3.7.1 เนื้อหาสาระที่ให้นั้นควรมีความถูกต้อง สามารถช่วยให้ผู้ใช้คู่มือทำสิ่งนั้นได้สำเร็จ
  - 5.3.7.2 ให้ข้อมูลรายละเอียดที่เพียงพอที่จะช่วยให้ผู้ใช้คู่มือสามารถทำสิ่งนั้น ๆ ได้สำเร็จ
  - 5.3.7.3 ขั้นตอนการทำงานจะต้องเรียงลำดับอย่างเหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้ทำสิ่งนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็วและประหยัด
  - 5.3.7.4 ภาษาที่ใช้ต้องสามารถสื่อความหมายให้ผู้ใช้เข้าใจตรงกับผู้เขียน ไม่คลุมเครือหรือทำให้เกิดความเข้าใจผิด และภาษาที่ใช้จะต้องช่วยให้ผู้ใช้เกิดความเข้าใจได้ง่ายหากสิ่งใดมีความยากและซับซ้อน ควรเขียนให้เข้าใจง่ายโดยใช้เทคนิคอื่น ๆ ประกอบ เช่น ภาพตาราง การเปรียบเทียบ อุปมาอุปไมย การยกตัวอย่าง การใช้สีจำแนก เป็นต้น
  - 5.3.7.5 ควรให้คำแนะนำและชี้แจงเหตุผลเกี่ยวกับสิ่งที่ควรทำไม่ควรทำ เช่น เคล็ดลับ หรือเทคนิควิธีต่าง ๆ ที่จะช่วยให้กระทำสิ่งนั้น ข้อมูลนี้จะมาจากความรู้ และประสบการณ์ของผู้เขียนซึ่งจะมีคุณค่าต่อผู้ใช่มาก
- 5.3.8 ควรมีคำถามหรือกิจกรรมให้ผู้ใช้คู่มือ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจการอ่านหรือการปฏิบัติตามขั้นตอนที่เสนอแนะ และเว้นที่ว่างสำหรับผู้ใช้คู่มือในการเขียนคำตอบ ควรมีคำถามหรือแนวในการตอบหรือคำแนะนำไว้ด้วย และถ้าหากผู้เขียนสามารถคาดคะเนคำตอบของคู่มือได้ก็ควรที่จะอธิบายไว้ด้วยว่าคำตอบอะไรถูกผิดด้วยเหตุใด ก็จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้คือ
- 5.3.9 ควรใช้เทคนิคต่าง ๆ ในการช่วยให้ผู้ใช้คู่มือใช้ได้สะดวก เช่น การจัดรูปเล่ม ขนาด การเลือกตัวอักษร ขนาดตัวอักษร การใช้ตัวคำ การใช้สี การใช้ภาพ การใช้การตีกรอบ การเน้นข้อความบางตอน เป็นต้น
- 5.3.10 ควรใช้แหล่งอ้างอิงที่เป็นประโยชน์แก่ผู้อื่น ซึ่งอาจจะเป็นบรรณานุกรม รายชื่อชมรม รายชื่อสื่อ รายชื่อสถาบัน รายชื่อบุคคลสำคัญ เป็นต้น การจัดทำคู่มือ นั้น มักจะพบข้อบกพร่องต่าง ๆ อยู่บ่อยครั้ง เช่น
  - 5.3.10.1 รายละเอียดเนื้อหาสาระไม่ชัดเจนเพียงพอ



5.3.10.2 คำอธิบายไม่กระจ่าง

5.3.10.3 ใช้คำที่สื่อความหมายไม่ตรงหรือผิดความหมาย

5.3.10.4 ภาพประกอบไม่ชัดเจน ขนาดเล็กหรือใหญ่เกินไป

5.3.10.5 ภาพประกอบไม่เหมาะสม และเป็นภาพที่สื่อความหมายไม่ตรงกับเนื้อหาสาระ

5.3.10.6 การพิมพ์ที่ใช้อักษรเล็กเกินไป

5.3.10.7 การพิมพ์ที่ผิดพลาด ผิดวรรคตอน และตกหล่น

ผู้เขียนหรือผู้จัดทำคู่มือจึงต้องระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกิดข้อบกพร่องต่าง ๆ ดังกล่าว ข้างต้น เพื่อมิให้คู่มือขาดความสมบูรณ์ และเพื่อให้คู่มือมีความกระจ่างชัดเจนขึ้น ควรใช้เทคนิคต่าง ๆ ต่อไปนี้ให้มากขึ้น เช่น เทคนิคการพิมพ์เน้นคำ หรือข้อความที่สำคัญ เทคนิคการสรุปเนื้อหาสาระเป็นคำกลอนที่จำได้ง่าย เทคนิคการใช้ภาพการ์ตูนประกอบ เทคนิคการใช้สี เทคนิคการจัดหน้าคู่มือ และเทคนิคการจัดภาพ (ปรีชา ช้างขวัญยืนและคณะ 2539 : 132 – 134)

#### 5.4 การหาประสิทธิภาพของคู่มือ และการทดลองใช้

5.4.1 การหาประสิทธิภาพของคู่มือ หมายถึง การตรวจสอบพัฒนาเพื่อใช้งานดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเป็นการนำคู่มือไปทดลองใช้ เพื่อปรับปรุงและนำไปทดลองใช้งานจริง โดยนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ต่อไปการหาประสิทธิภาพของคู่มือ มีความจำเป็นสำหรับผู้เกี่ยวข้อง 3 ประการ

5.4.1.1 สำหรับหน่วยงานที่ผลิตคู่มือเป็นการประกันคุณภาพของคู่มือ ว่าอยู่ในขั้นสูงเหมาะสมที่จะผลิตหรือสร้างให้มากขึ้น แต่ถ้าไม่มีประสิทธิภาพผลออกมาจะทำให้ประโยชน์ไม่คุ้มค่า

5.4.1.2 สำหรับผู้ใช้คู่มือ คู่มือจะทำหน้าที่ชี้แนะให้ผู้สอนหรือผู้ใช้มีแนวทางในการดำเนินกิจกรรมได้ด้วยความมั่นใจว่า คู่มือนั้นจะมีประสิทธิภาพในการให้ผู้ใช้เกิดการเรียนรู้จริง การหาประสิทธิภาพตามลำดับจะช่วยให้ได้คู่มือที่มีคุณค่าทางการสอนจริงตามเกณฑ์ที่กำหนด สำหรับผู้สร้างคู่มือ การทดสอบหาประสิทธิภาพจะทำให้ผู้สร้างมั่นใจได้ว่า หัวข้อที่บรรจุในคู่มือมีความเหมาะสมอันจะช่วยให้ผู้สร้างมีความชำนาญขึ้น เป็นการประหยัดแรงงานและเวลาในการเตรียมต้นแบบ

5.4.1.3 การทดลองใช้ หมายถึง การนำคู่มือที่สร้างขึ้นเป็นต้นแบบ (prototype) แล้วไปทดลองใช้ตามขั้นตอน เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของคู่มือให้เท่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สำหรับคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้กำหนดหาประสิทธิภาพของคู่มือโดยการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ และการประเมินผลการใช้คู่มือของพนักงานช่างสอบเทียบในด้านความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบ ภายหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท (บทที่ 1 – บทที่ 7) และการประเมินความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบภายหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า โดยรวมทุกบท (บทที่ 1 – บทที่ 7) ซึ่งประกอบด้วย ความรู้ ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า และความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

## 5.5 การประเมินผล และการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของกลุ่มการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่พนักงานช่างสอบเทียบสามารถนำไปดำเนินกิจกรรมเป็นระดับที่ผู้สร้างกำหนดเป็นเกณฑ์ เช่น 80/80, 85/85, หรือ 90/90 สำหรับเกณฑ์ในการกำหนดประสิทธิภาพของกิจกรรมที่ใช้ทักษะ ใช้เกณฑ์ 80/80 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพทำได้โดยการประเมินผลของพฤติกรรมของผู้ใช้ คู่มือดังต่อไปนี้

5.5.1 80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยที่ผู้วิจัยได้จากการประเมินความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบภายหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท (บทที่ 1 – บทที่ 7) ได้แก่ ความรู้ ความเข้าใจตามแนวทางการสอบเทียบ และความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบ คิดเป็นร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม

5.5.2 80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยที่ผู้วิจัยได้จากการประเมินความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบภายหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบท (บทที่ 1 – บทที่ 7) ได้แก่ ความรู้ ความเข้าใจตามแนวทางการสอบเทียบและความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบ คิดเป็นร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม

โดยกำหนดประสิทธิภาพเป็น  $E_1$  (ประสิทธิภาพของความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท) และ  $E_2$  ประสิทธิภาพของความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบโดยรวมทุกบท)

ประสิทธิภาพของคู่มือ จะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สร้างคาดหวังว่า ผู้ใช้สามารถดำเนินการได้ตามหัวข้อต่าง ๆ โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้ใช้ทั้งหมด ต่อเปอร์เซ็นต์ของผลการทำกิจกรรมหลังการใช้คู่มือของผู้ใช้ทั้งหมดนั้น คือ  $E_1 / E_2$  (ประสิทธิภาพของกระบวนการ / ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) (ชัยยงค์ พรหมวงศ์ 2520 : 51) เก่ามาก

การยอมรับหรือการไม่ยอมรับประสิทธิภาพ เมื่อทดลองใช้คู่มือแล้วให้เทียบค่า  $E_1 / E_2$  ที่หาได้จากการทดลองใช้คู่มือการสอบเทียบกับ  $E_1 / E_2$  เพื่อดูเกณฑ์ว่าจะยอมรับประสิทธิภาพได้ หรือไม่การยอมรับประสิทธิภาพให้ถือค่าแปรปรวน ร้อยละ 2.50-5.00 นั่นคือ ประสิทธิภาพของคู่มือ ไม่ควรต่ำกว่าเกณฑ์เกินร้อยละ 5 แต่ปกติจะกำหนดไว้เป็นร้อยละ 2.50 เช่น ถ้าตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพไว้ 90/90 เพื่อทดสอบแบบ 1:100 แล้วคู่มือนั้นมีประสิทธิภาพ 87.50/87.50 ก็สามารถยอมรับได้ว่าคู่มือนี้มีประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพของคู่มือ จำแนกเป็น 3 ระดับ คือ

สูงกว่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของคู่มือสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้มีค่าเกินร้อยละ 2.50 ขึ้นไป

เท่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของคู่มือเท่าเกณฑ์หรือสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แต่มีค่าไม่เกินร้อยละ 2.50 ขึ้น

ต่ำกว่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของคู่มือต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ไม่เกินร้อยละ 2.50 ถือว่ายังมีประสิทธิภาพ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์ 2520 : 142)

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 6.1 งานวิจัยในประเทศ

สุชาติ ศิริสุขไพบุลย์ (2523 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่องการสร้างและวิเคราะห์คู่มือการสอนวิชางานช่างยนต์ 1 (ง 203, 204) ในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นพุทธศักราช 2521 โดยใช้วิธีอย่างเป็นระบบ พบว่าการทดสอบความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนปรากฏว่า ผู้เรียนที่เรียนจากคู่มือมีความก้าวหน้าทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และพบว่าการนำคู่มือการสอนที่สร้างขึ้นไปใช้มีปัญหาน้อยมากและเหมาะสมเกี่ยวกับสมรรถนะในการปฏิบัติสอดคล้องกัน 4 ด้าน คือ ด้านการซ่อมบำรุงรักษา ด้านการปรับแต่งและเปลี่ยนชิ้นส่วน ด้านการตกแต่งโลหะ และด้านทดสอบและปฏิบัติการ

อนันท์ อนันตสมบูรณ์ ( 2544 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่องการสร้างคู่มือบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองสำหรับพนักงานช่างเทคนิค ของฝ่ายโทรศัพท์นครหลวง องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย พบว่า

1. คู่มือบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง สำหรับพนักงานช่างเทคนิค ของฝ่ายโทรศัพท์นครหลวง องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ที่สร้างขึ้นมีเนื้อหาจำนวน 5 บท แต่ละบทมีความเกี่ยวข้องตรง มีความถูกต้องสมบูรณ์ สามารถทำให้พนักงานช่างเทคนิคที่ทดลองใช้คู่มือบำรุงรักษา มีความรู้ความเข้าใจ และสามารถนำไปปฏิบัติได้

2. ประสิทธิภาพของคู่มือบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง สำหรับพนักงานช่างเทคนิค ของฝ่ายโทรศัพท์นครหลวง องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย มีประสิทธิภาพ 82.80 / 85.17 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ( 80 / 80 )

3. ความสามารถในการดำเนินงานบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง สำหรับพนักงานช่างเทคนิค ของฝ่ายโทรศัพท์ นครหลวง องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

3.1 ความรู้ความเข้าใจตามแนวทางการบำรุงรักษา เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ของพนักงานช่างเทคนิค อยู่ในระดับดีเยี่ยม

3.2 ความสามารถปฏิบัติตามแนวทางการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หาพนักงานช่างเทคนิค อยู่ในระดับมีความสามารถมาก

4. ความคิดเห็นต่อการใช้คู่มือ บำรุงรักษา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง ของพนักงาน ช่างเทคนิค อยู่ในระดับเห็นด้วย

สมาน พวงพุ่ม ( 2544:บทคัดย่อ ) ได้ศึกษาสภาพและปัญหาของหน่วยงานสอบเทียบเครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบที่ได้รับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ( ISO/IEC Guide 25 ) พบว่า

1. หน่วยงานสอบเทียบเครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบที่ได้รับรองมาตรฐานมาตรฐานห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ( ISO/IEC Guide 25 ) สังกัดหน่วยงานเอกชนมากที่สุด รองลงมาคือ ราชการ และรัฐวิสาหกิจตามลำดับ

2. หน่วยงานสอบเทียบเครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบที่ได้รับรองมาตรฐานมาตรฐานห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ( ISO/IEC Guide 25 ) สาขาการสอบเทียบทางไฟฟ้าเป็นสาขาที่ได้รับการรับรองมากที่สุด และรองลงมาเป็น การสอบเทียบทางด้านความร้อน การสอบเทียบทางมิติ การสอบเทียบความดัน และสุญญากาศ การสอบเทียบทางมวล การสอบเทียบทางความชื้น และการสอบเทียบทางแสงและออปติค

3. จำแนกตามสังกัดของหน่วยงานคือ ราชการ รัฐวิสาหกิจและเอกชน กับข้อกำหนดมาตรฐานทั้ง 13 ด้านผลปรากฏว่า สภาพปัจจุบันของการดำเนินการโดยรวมอยู่ในระดับมาก และปัญหาโดยรวมอยู่ในระดับน้อย ไม่สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

4. จำแนกตามสาขาการสอบเทียบ คือ สาขาการสอบเทียบทางมวล การสอบเทียบทางไฟฟ้า การสอบเทียบทางความชื้น การสอบเทียบทางแสงและออฟติก การสอบเทียบทางความร้อน และการสอบเทียบทางความดัน และสัญญาณ กับข้อกำหนดของมาตรฐานทั้ง 13 ด้าน ผลปรากฏว่าสภาพปัจจุบันของการดำเนินการโดยรวม อยู่ในระดับมาก และปัญหาโดยรวมอยู่ในระดับน้อย ไม่สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

## 6.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

เจมส์ (James. 1975 : 609 A) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้คู่มือการสอน วิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับ 7 ระดับ 8 จากนักเรียนจำนวน 341 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนระดับ 7 มีความรู้ทางวิชาการแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ กล่าวคือ แต่ละกลุ่มทดลองมีประสบการณ์ที่มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับนักเรียนระดับ 8 ประสบการณ์ของกลุ่มควบคุมมากกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความรู้ทางวิชาการแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคู่มือการสอบเทียบ สรุปได้ว่าเมื่อคู่มือได้ถูกนำไปทดลองใช้งานตามกระบวนการต่าง ๆ และหาประสิทธิภาพได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว คู่มือนั้นจะเป็นแนวทางในการดำเนินงานได้ด้วยมั่นใจ และจะมีประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนรู้อีกด้วย มีคุณค่าสูง สามารถทำให้ผู้ใช้คู่มือเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำเอกสารต่าง ๆ มาเป็นแนวทางในการสร้างคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เพื่อให้พนักงานช่างสอบเทียบมีความรู้ความเข้าใจ และสามารถปฏิบัติตามการสอบเทียบ ตลอดจนมีความคิดในการแก้ปัญหามากขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาพนักงานช่างสอบเทียบ ในด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าต่อไป

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยพัฒนาคู่มือในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ได้ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา โดยมีการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

**ขั้นตอนที่ 1** การพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และอุณหภูมิ สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

**ขั้นตอนที่ 2** การหาประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และอุณหภูมิ สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

**ขั้นตอนที่ 1** การพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และอุณหภูมิ สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) และการตรวจคุณภาพคู่มือ

1. คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า พนักงานช่างสอบเทียบ ของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) มีวิธีการพัฒนา และตรวจสอบคุณภาพคู่มือ ดังนี้

1.1 กำหนดโครงสร้าง ของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

1.2 ศึกษานโยบายและการสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

1.3 ศึกษาหลักการสอบเทียบจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พิจารณาจุดประสงค์และแนวทางในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) พิจารณาแนวทางในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าและการประเมินผล

1.4 ศึกษาสภาพปัญหาการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานสอบเทียบ โดยการเชิญหัวหน้างาน จำนวน 2 คน และช่างสอบเทียบ จำนวน 4 คน รวม 6 คน มาประชุม เพื่ออภิปรายเกี่ยวกับปัญหาในการสอบเทียบ กำหนดความจำเป็นของการพัฒนาคู่มือการสอบเทียบ เพื่อพัฒนาแนวทางในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

1.5 กำหนดรูปแบบ และนำเสนอเนื้อหาในคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เป็นเอกสารสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ เพื่อใช้ศึกษาแล้วนำไปปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ดังนี้

## รายละเอียดในคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มีดังนี้

- บทที่ 1 แนวคิดและหลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้า
- บทที่ 2 นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่จำเป็นในการสอบเทียบ
- บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- บทที่ 4 การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- บทที่ 5 การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- บทที่ 6 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- บทที่ 7 มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและ สอบเทียบ

1.6 ดำเนินการพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานสอบเทียบ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยยึดหลักการที่ได้จากการศึกษาแนวทางการสอบเทียบจากเอกสาร ตำรา และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.7 นำคู่มือที่พัฒนาเสร็จแล้ว เสนอต่อประธานกรรมการ และกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

1.8 นำแบบคู่มือที่ปรับปรุงแก้ไขเสร็จแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา และด้านภาษาการเขียนคู่มือ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่

1.8.1 คุณพิชัย มะคาทอง ตำแหน่ง ผู้จัดการด้านคุณภาพการวัด สังกัดกลุ่มคุณภาพการวัด

1.8.2 คุณรยา กุลปรีชาวัฒน์ ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

1.8.3 คุณกลอยใจ จันทรฉาย ตำแหน่ง หัวหน้างานสอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

1.9 ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านมีข้อเสนอแนะและปรับปรุง คือ เพิ่มเติมขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัด ให้สอดคล้องกับค่ามาตรฐาน และภาษาที่ใช้ในการเขียนคู่มือ

1.10 นำคู่มือที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ และปรับปรุงแก้ไขแล้วนำเสนอต่อกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อตรวจสอบอีกครั้ง

1.11 นำคู่มือที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน จำนวน 25 ข้อ ได้ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 1.00 จำนวน 22 ข้อ ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเท่ากับ 0.67 จำนวน 3 ข้อ แสดงว่าเนื้อหาของคู่มือในส่วนที่มีค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 1.00 มีเนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของคู่มือ นำเนื้อหาในส่วนที่ได้ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเท่ากับ 0.67 และข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยแก้ไขดังนี้ (รายละเอียดภาคผนวก จ หน้า 164)

1.11.1 จัดเนื้อหาเรื่องการสอบเทียบ DC Voltage TC และ มอก. 17025-2543 ให้มีรายละเอียดของการสอบเทียบให้ชัดเจนขึ้น

1.12 นำคู่มือที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขแล้วนำเสนอต่อกรรมการ

ควบคุมปริมาณไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบอีกครั้ง

1.13 นำคู่มือที่ได้รับการปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปทดสอบกับช่างสอบเทียบ จำนวน 5 คน ได้ค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับช่างสอบเทียบเท่ากับ 88.96 / 88.57 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ 80 / 80 (รายละเอียดภาคผนวก จ หน้า 174)

1.14 นำข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นของพนักงานช่างสอบเทียบมาปรับปรุงแก้ไขและสร้างคู่มือฉบับสมบูรณ์โดยแก้ไขปรับปรุงดังนี้

1.14.1 เพิ่มรายละเอียดเกี่ยวกับ มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ

1.14.2 จัดเนื้อหาขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าทั้ง 10 ชนิด ไว้ในภาคผนวก ของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า (รายละเอียดภาคผนวก ฉ หน้า 253)

**ขั้นตอนที่ 2** การหาประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และอุณหภูมิ สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

#### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้แก่ พนักงานช่างสอบเทียบของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม ด้านเครื่องมือวัดไฟฟ้า จำนวน 31 คน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1. ช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ จำนวน 10 คน
2. ช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดออสซิลโลสโคป จำนวน 7 คน
3. ช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดเวลาและความถี่ จำนวน 8 คน
4. ช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ จำนวน 6 คน

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

##### เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ประกอบด้วย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองมี 2 อย่าง คือ

1.1 คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

1.2 เครื่องมือวัดไฟฟ้า จำนวน 10 ชนิด ที่ใช้ปฏิบัติการสอบเทียบ โดยศึกษาเนื้อหาและกระบวนการ สอบเทียบจากคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า เครื่องมือที่ใช้ประกอบคู่มือ โดยแบ่งเป็นกลุ่มดังนี้

- |                                |        |
|--------------------------------|--------|
| 1. เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์   | 5 ชนิด |
| 2. เครื่องมือวัดออสซิลโลสโคป   | 1 ชนิด |
| 3. เครื่องมือวัดเวลาและความถี่ | 2 ชนิด |
| 4. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ       | 2 ชนิด |

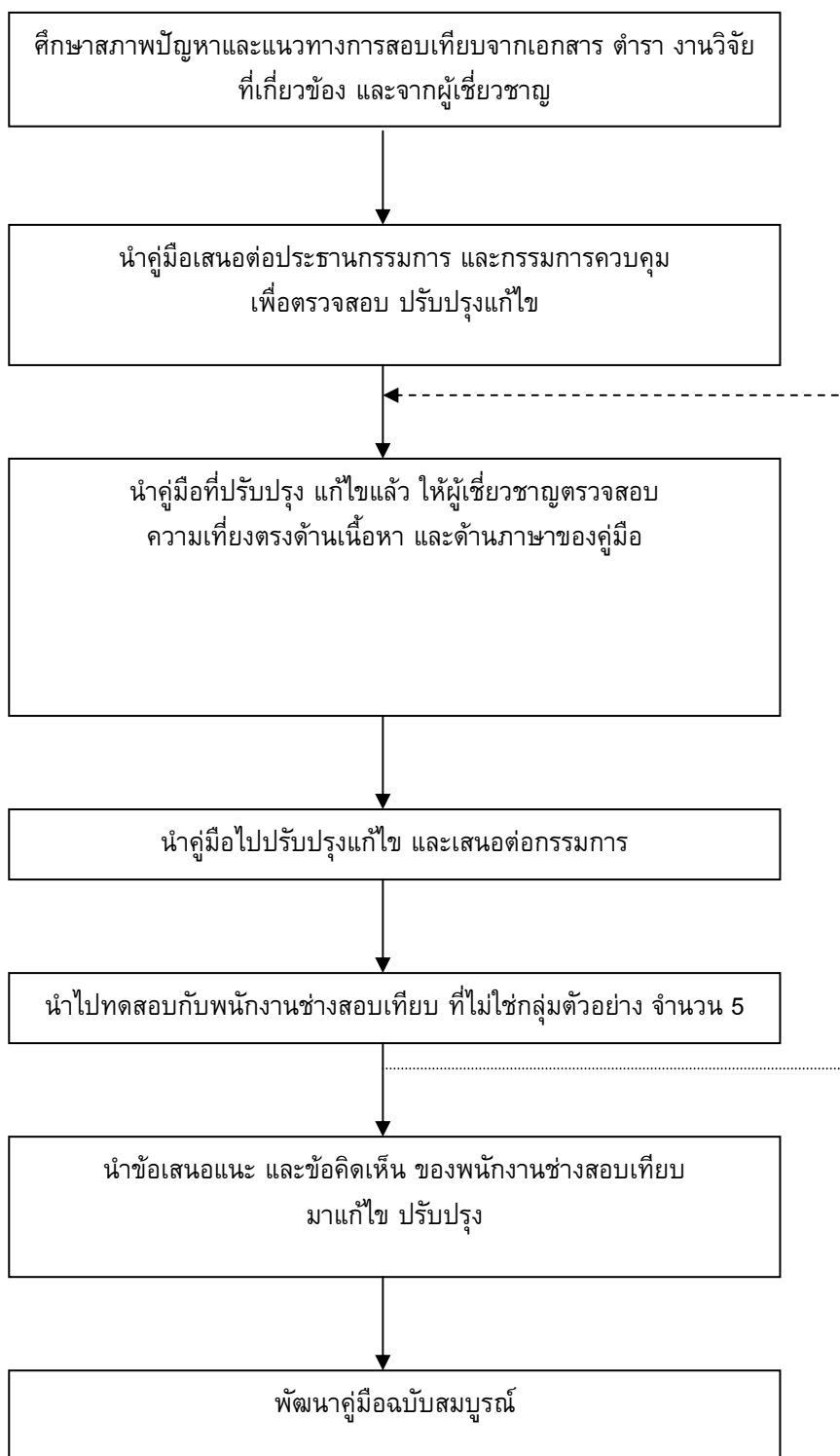
2. เครื่องมือที่ใช้หาประสิทธิภาพในการเก็บรวมข้อมูลและความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ได้แก่

2.1 แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบ

2.2 แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยพนักงานช่างสอบเทียบประเมินตนเองและผู้ควบคุมเป็นผู้ประเมิน

2.3 แบบสอบถามความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบ





ภาพประกอบ 31 ขั้นตอนการพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัด  
พลังงาน

## การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1 แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจ ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) มีวิธีสร้างและตรวจสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

1.1.1 ศึกษาวิธีสร้างแบบทดสอบ จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลแล้วกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบเป็นแบบ 5 ตัวเลือก

1.1.2 สร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ประกอบด้วย แบบทดสอบเรื่องการปฏิบัติการการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า จำนวน 13 ข้อ แบบทดสอบเรื่องความไม่แน่นอนในการวัด จำนวน 5 ข้อ แบบทดสอบการควบคุมและประกันคุณภาพของการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า จำนวน 4 ข้อ แบบทดสอบเกี่ยวกับ มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ จำนวน 3 ข้อ เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

1.1.3 นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จแล้ว เสนอต่อกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

1.1.4 นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จแล้วจำนวน 25 ข้อ ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ได้แก่

1.1.4.1 คุณพิชัย มะคาทอง ตำแหน่ง ผู้จัดการด้านคุณภาพการวัด สังกัดกลุ่มคุณภาพการวัด

1.1.4.2 คุณวรา กุลปรีชาวัฒน์ ตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญศูนย์สอบเทียบ เครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

1.1.4.3 คุณกลอยใจ จันทร์ฉาย ตำแหน่ง หัวหน้างานสอบเทียบ ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ได้ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 1.00 จำนวน 25 ข้อ (รายละเอียดภาคผนวก จ หน้า 166) แสดงว่าการทดสอบความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้ามีเนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของกลุ่มการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ข้อเสนอแนะของแบบสอบถามสรุปได้ดังนี้

1.1.4.3.1 แก้ไขคำผิดให้ถูกต้อง

1.1.4.3.2 แก้ไขสำนวนภาษาให้มีความชัดเจน

1.1.4.3.3 เพิ่มเติมคำถามให้ครอบคลุมเนื้อหา

1.1.5 นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข จำนวน 25 ข้อ นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบกับพนักงานช่างสอบเทียบ ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) จำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ ได้ค่าดัชนีความไว (S) เท่ากับ 1.00 จำนวน 3 ข้อ ค่า S เท่ากับ 0.8 จำนวน 5 ข้อ ค่า S เท่ากับ 0.6 จำนวน 4 ข้อ ค่า S เท่ากับ 0.4 จำนวน 4 ข้อ ค่า S เท่ากับ 0.2 จำนวน 8 ข้อ (รายละเอียดภาคผนวก จ หน้า 171)

1.1.6 ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ โดยนำข้อที่ได้ค่า S ต่ำกว่า 0.5 มาปรับปรุงข้อคำถามให้มีความชัดเจนและเข้าใจง่ายขึ้น

1.1.7 นำแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจก่อนและหลังการใช้คู่มือไปทดสอบกับพนักงานช่างสอบเทียบ ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) จำนวน 31 คน เพื่อ

ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ ก่อนการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบ สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องเฉลี่ย 10.03 ข้อ หลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบ สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 19.45 ข้อ ได้ค่าดัชนีความไว(S) เท่ากับ 0.30 (รายละเอียดภาคผนวก จ หน้า 184)

2 แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของฝ่าย บริการอุตสาหกรรม มีวิธีสร้างและตรวจสอบประสิทธิภาพดังนี้

2.1 ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลการปฏิบัติงาน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมิน

2.2 สร้างแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เป็นแบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ จำนวน 50 ข้อ ได้แก่ สามารถในการปฏิบัติได้มากที่สุด มีความสามารถในการปฏิบัติได้มาก มีความสามารถในการปฏิบัติได้ปานกลาง มีความสามารถในการปฏิบัติได้น้อย มีความสามารถในการปฏิบัติได้น้อยที่สุด

2.3 นำแบบประเมินที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่อกรรมการและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

2.4 นำแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญ ที่เป็นผู้ตรวจสอบแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา จำนวน 50 ข้อ ได้ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเท่ากับ 1.00 จำนวน 46 ข้อ ค่าดัชนีความเที่ยงตรง 0.67 จำนวน 4 ข้อ (รายละเอียดภาคผนวก จ หน้า 168) แสดงว่ารายการเนื้อหาในแบบประเมินมีความสอดคล้องกับหัวข้อในคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

2.5 นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติ โดยแก้ไขคำผิดและสำนวนภาษาให้มีความชัดเจนขึ้น

2.6 นำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ มาปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อประธานกรรมการและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง

2.7 นำแบบประเมินที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว จำนวน 50 ข้อ ไปทดสอบกับพนักงานช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมิน โดยนำแบบประเมินมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินด้วยวิธีหาค่าความสอดคล้องภายใน โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient alpha) ของ ครอนแบ็ค (Cronback) ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.50 (รายละเอียดภาคผนวก จ หน้า 179) แสดงว่าแบบประเมินมีความสอดคล้องภายใน

2.8 นำแบบประเมินที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ในการตรวจสอบประสิทธิภาพคู่มือ การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ มาปรับปรุงแก้ไข แล้วสร้างแบบประเมินฉบับสมบูรณ์เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3 แบบสอบถามความคิดเห็น ต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) มีวิธีสร้างและตรวจสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

3.1 ศึกษารายละเอียด ของวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อกำหนดแนวทาง และขอบเขตในการ ออกแบบสอบถาม

3.2 ศึกษาลักษณะรูปแบบ และวิธีเขียนแบบสอบถามจากเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง

3.3 สร้างแบบสอบถามความคิดเห็น ต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับ พนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) จำนวน 32 ข้อ โดยกำหนดแบบสอบถาม เป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สอบถามความคิดเห็น ต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานสอบเทียบ ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เป็นแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เป็นคำถามแบบปลายปิด จำนวน 25 ข้อ มี 5 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ตอนที่ 2 สอบถามความคิดเห็นทั่วไปต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่าง สอบเทียบ ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ที่มีลักษณะคำถามแบบปลายเปิด จำนวน 7 ข้อ

3.4 นำแบบสอบถามที่สร้างเสร็จแล้ว เสนอต่อประธานกรรมการ และกรรมการควบคุม ปฏิญญานិพนธ์ เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

3.5 นำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญ เป็นผู้ตรวจสอบความคิดเห็น จำนวน 3 คน ตรวจสอบ ความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา ได้ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเท่ากับ 1.00 แสดงว่ารายการความคิดเห็นมีความ สอดคล้องกับเนื้อหาตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า (รายละเอียดภาคผนวก จ หน้า 166)

3.6 นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามความคิดเห็นโดยแก้ไข คำผิดและสำนวนภาษา

3.7 นำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ มาปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อ ประธานกรรมการควบคุมปฏิญญานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง

3.8 นำแบบสอบถามที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วจำนวน 25 ข้อ ไปทดสอบกับพนักงาน ช่างสอบเทียบ ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) จำนวน 5 คน เพื่อหาค่า ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม ด้วยวิธีหาค่าความสอดคล้องภายใน โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient alpha) ของ ครอนบัค(Cronback) ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.54 ( รายละเอียดภาคผนวก จ หน้า 181) แสดงว่าแบบสอบถามความคิดเห็นมีความสอดคล้องภายใน

3.9 นำแบบสอบถามที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ในการตรวจสอบประสิทธิภาพคู่มือ การสอบ เทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ มาปรับปรุงแก้ไข แล้วสร้างแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

## วิธีการดำเนินการทดลอง

### 1. แบบแผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยทดลอง (Experimental research) แบบ One-group pretest-posttest design โดยแสดงได้ด้วยตาราง ดังนี้ (ลัดดาวัลย์ หวังพานิช 2538 : 72)

| กลุ่ม | สอบก่อน | ทดลอง | สอบหลัง |
|-------|---------|-------|---------|
| E     | T1      | X     | T21     |
|       |         |       | T22     |
|       |         |       | T23     |

E แทน พนักงานช่างสอบเทียบสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

X แทน การดำเนินการสอบเทียบ ตามแนวทางคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

T1 แทน การทดสอบความรู้ความเข้าใจตามแนวทางการสอบเทียบก่อนการใช้คู่มือการสอบเทียบ เครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี

T21 แทน การทดสอบความรู้ความเข้าใจตามแนวทางการสอบเทียบหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

T22 แทน การประเมินความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

T23 แทน การสอบถามความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

## 2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1 ขอความร่วมมือกับกลุ่มทดลอง เพื่อเป็นตัวแทนในการใช้คู่มือ การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยนำหนังสือขอความร่วมมือชี้แจงต่อผู้จัดการศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดของอนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

2.2 ผู้วิจัยชี้แจงโครงสร้างของคู่มือและการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยนำหนังสือขอความร่วมมือเพื่อการวิจัยที่ได้รับอนุญาต จากผู้จัดการฝ่ายศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด แสดงต่อพนักงานช่างสอบเทียบและขอความร่วมมือในการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

2.3 นำแบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจ ให้พนักงานช่างสอบเทียบ จำนวน 31 คน ทำการทดสอบความรู้ความเข้าใจเรื่องแนวทางการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ก่อนการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ตามคู่มือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เดือนกันยายน 2546 ผลการประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนใช้คู่มือการสอบเทียบ เครื่องมือวัดไฟฟ้าพนักงานช่างสอบเทียบ สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ประเมินน้อย

2.4 นำคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ให้พนักงานช่างสอบเทียบของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม ศึกษา เพื่อดำเนินการปฏิบัติตามคู่มือ ใช้ระยะเวลาดำเนินการ 1.5 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2546 (รายละเอียด ภาคผนวก ก หน้า 106 )

2.4.1 พนักงานช่างสอบเทียบ จำนวน 31 คน ปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดโดยใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท (บทที่ 1 – บทที่ 7) ในส่วนของการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดทั้ง 10 ชนิด บันทึกข้อมูลลงใน Record Sheet (รายละเอียด ภาคผนวก จ หน้า 253) แล้วประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท ลงในแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบ ความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าอยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ (คะแนนเฉลี่ย 134.36) และค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบทสูงกว่าเกณฑ์ ( $E_1$  เท่ากับ 86.68) (รายละเอียด ภาคผนวก จ หน้า 185)

2.4.2 ผู้ควบคุมการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบทำการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบ จำนวน 31 คน ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท (บทที่ 1 – บทที่ 7) ลงในแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท ของผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน โดยใช้วิธีการสังเกต ตั้งแต่เดือนตุลาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2546 ความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า โดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเป็นผู้ประเมิน อยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ (คะแนนเฉลี่ย 124.30) และค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบทสูงกว่าเกณฑ์ ( $E_1$  เท่ากับ 80.19) (รายละเอียด ภาคผนวก จ หน้า 187)

2.4.3 พนักงานช่างสอบเทียบทำการปฏิบัติตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบท แล้วประเมินความสามารถตนเองในการปฏิบัติงาน โดยรวมทุกบท (บทที่ 1 – บทที่ 7) ลงในแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน โดยรวมทุกบทของพนักงานช่างสอบเทียบ ตั้งแต่เดือนตุลาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2546 ความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบทอยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ (คะแนนเฉลี่ย 138.71) และค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบทสูงกว่าเกณฑ์ ( $E_2$  เท่ากับ 89.49) (รายละเอียด ภาคผนวก จ หน้า 186)

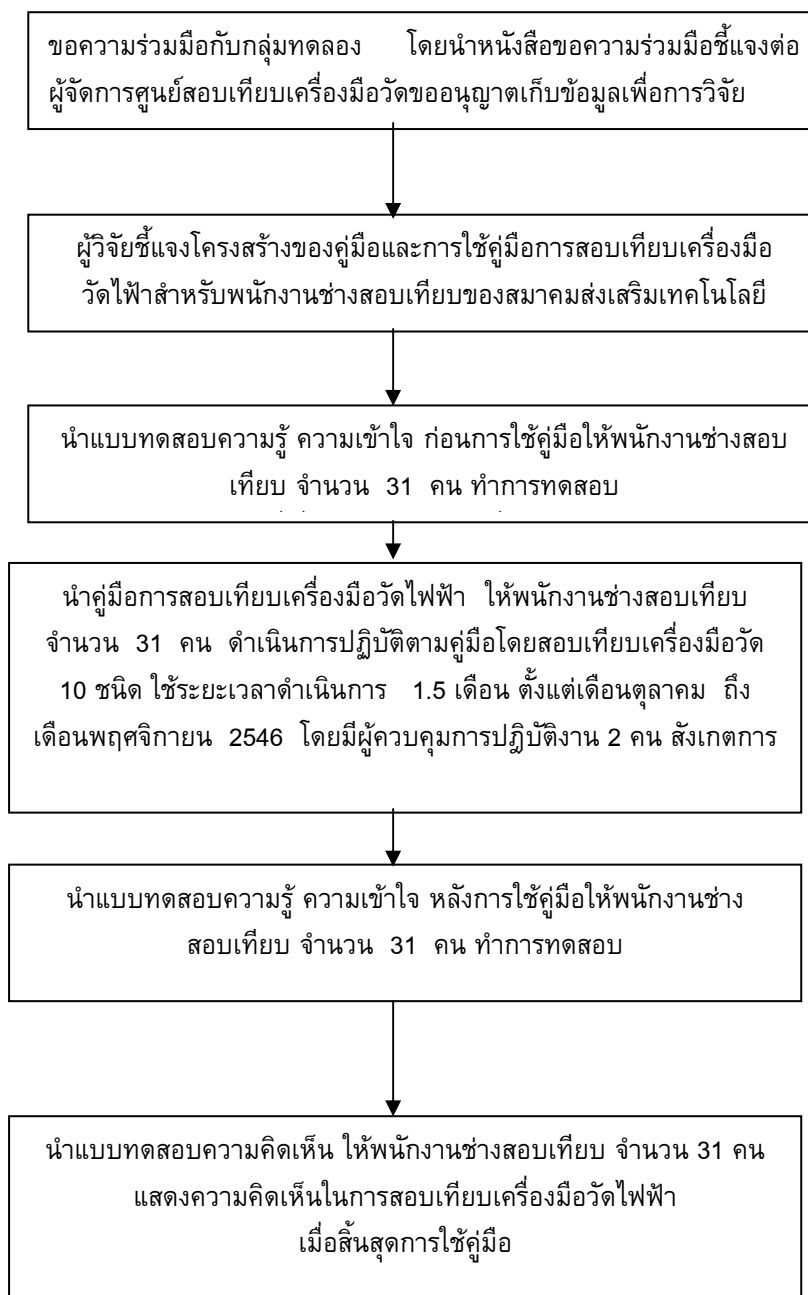
2.4.4 ผู้ควบคุมการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบทำการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบ โดยรวมทุกบท (บทที่ 1 – บทที่ 7) ลงในแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน โดยรวมทุกบท ของผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน โดยใช้วิธีการสังเกต ตั้งแต่เดือนตุลาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2546 ความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบทโดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเป็นผู้ประเมิน อยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ (คะแนนเฉลี่ย 125.57) และค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบทสูงกว่าเกณฑ์ ( $E_2$  เท่ากับ 81.01) (รายละเอียด ภาคผนวก จ หน้า 188)

2.5 นำแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจให้พนักงานช่างสอบเทียบทำการทดสอบความรู้ความเข้าใจหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เดือนพฤศจิกายน 2546 ผลการประเมินความรู้ความเข้าใจหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบ เครื่องมือวัดไฟฟ้าพนักงานช่างสอบเทียบ สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ประเมินดีเยี่ยม (รายละเอียด ภาคผนวก จ หน้า 183)

2.6 นำแบบทดสอบความคิดเห็นให้พนักงานช่างสอบเทียบ ทำการทดสอบความคิดเห็นในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า เมื่อสิ้นสุดการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบ

เทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ตั้งแต่เดือนตุลาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2546 พนักงานช่างสอบเทียบมีความเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าว่ามีความเหมาะสมดี ( $\bar{X} = 4.17$ ) โดยมีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยในข้อคำถามทุก ๆ ข้อ สรุปได้ว่าคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) อยู่ในระดับเห็นด้วย (รายละเอียด ภาคผนวก จ หน้า 189) ส่วนผลการรวบรวมปัญหาจากแบบสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มีข้อเสนอแนะ จากพนักงานช่างสอบเทียบจำนวน 2 คน จากพนักงานช่างสอบเทียบ จำนวน 31 คน เสนอว่า ควรเพิ่มความชัดเจนและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

2.7 นำแบบสอบถามความคิดเห็น ปรับปรุงแก้ไขเสร็จแล้ว เสนอต่อกรรมการและกรรมการควบคุมปริญญาบัตร เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง



ภาพประกอบ 32 ขั้นตอนการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัด



## การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลและผลการทดลองมาวิเคราะห์ตามจุดมุ่งหมายการวิจัย ดังนี้

1. การศึกษาประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยประเมินผลการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ในด้านความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบภายหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท (บทที่ 1 – บทที่ 7) และความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า โดยรวมทุกบท (บทที่ 1 – บทที่ 7) ทำการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพ (E1/E2) 80/80 และประเมินระดับ ประสิทธิภาพดังนี้

ค่าประสิทธิภาพเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 82.50 หมายถึง สูงกว่าเกณฑ์

ค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 80 แต่น้อยกว่าร้อยละ 82.50 หมายถึง เท่าเกณฑ์

ค่าประสิทธิภาพเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 78.50 แต่น้อยกว่าร้อยละ 80 หมายถึง ต่ำกว่าเกณฑ์

ค่าประสิทธิภาพน้อยกว่าร้อยละ 78.50 หมายถึง ไม่มีประสิทธิภาพ

1.1 การศึกษาความสามารถในการปฏิบัติตามการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ดังนี้

1.1.1 การศึกษาความรู้ความเข้าใจตามแนวทางการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ทำการวิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ยค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ประเมินระดับความรู้ความเข้าใจจากค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยก่อนการใช้คู่มือ (Pre-Test) กับคะแนนเฉลี่ยหลังการใช้คู่มือ (Post – Test) เป็นแบบทดสอบชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 25 คะแนน ได้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 9.54 ค่าความเบี่ยงเบน เท่ากับ 4.64 โดยใช้เกณฑ์ประเมิน ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 21-25 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจดีเยี่ยม

คะแนนเฉลี่ย 16-20 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจดี

คะแนนเฉลี่ย 11-15 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจพอใช้

คะแนนเฉลี่ย 6-10 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจน้อย

คะแนนเฉลี่ย 0-5 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจน้อยที่สุด

1.1.2 การศึกษาความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ทำการวิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และประเมินระดับความสามารถในการปฏิบัติจากค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ประเมิน ซึ่งปรับปรุงจากแนวคิดของบุญชม ศรีสะอาด (บุญชม ศรีสะอาด 2535 : 100) โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00 แปลความหมายว่า มีความสามารถในการปฏิบัติงานได้มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 แปลความหมายว่า มีความสามารถในการปฏิบัติได้มาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 แปลความหมายว่า มีความสามารถในการปฏิบัติได้ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 แปลความหมายว่า มีความสามารถในการปฏิบัติได้น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 แปลความหมายว่า มีความสามารถในการปฏิบัติได้น้อยที่สุด

1.2 การศึกษาความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เป็นแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ใช้คำถามแบบปลายปิดจำนวน 25 ข้อ มี 5 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยให้คะแนนความสำคัญจากมากไปหาน้อย ดังนี้

|                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| เห็นด้วยอย่างยิ่ง    | เท่ากับ 5 คะแนน |
| เห็นด้วย             | เท่ากับ 4 คะแนน |
| ไม่แน่ใจ             | เท่ากับ 3 คะแนน |
| ไม่เห็นด้วย          | เท่ากับ 2 คะแนน |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | เท่ากับ 1 คะแนน |

และประเมินความคิดเห็นโดยใช้ค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์วัดความคิดเห็น ซึ่งปรับปรุงจากแนวคิดของ บุญชม ศรีสะอาด (บุญชม ศรีสะอาด 2535 : 100) โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 แปลความหมายว่า เห็นด้วยอย่างยิ่ง หรือ เหมาะสมอย่างยิ่ง

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 แปลความหมายว่า เห็นด้วย หรือ เหมาะสมดี

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 แปลความหมายว่า เห็นด้วยปานกลาง หรือ เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 แปลความหมายว่า ไม่เห็นด้วย หรือ ไม่เหมาะสม

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 แปลความหมายว่า ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง หรือ ไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง

### สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ คือ

1.1 ค่าเฉลี่ย ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด 2535 : 101-109)

$$\text{สูตร} \quad \bar{x} = \frac{\sum X}{N}$$

$\bar{x}$  แทน ค่าเฉลี่ย  
 $\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม  
 $N$  แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 การศึกษาค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยวิธีของโรรินेलลี และแฮมเบิลตัน (Rorinelli and Hambleton) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์ 2538 : 117)

$$\text{สูตร} \quad \text{IOC} = \frac{\sum R}{N}$$

IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม

|          |     |                                                    |
|----------|-----|----------------------------------------------------|
| $\sum R$ | แทน | ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเนื้อหาทั้งหมด |
| $N$      | แทน | จำนวนผู้เชี่ยวชาญ                                  |

1.3 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินและแบบสอบถาม ใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ของครอนบัค (บุญชม ศรีสะอาด 2535 : 96)

$$\text{สูตร } \alpha = \frac{n}{n-1} \left( 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right)$$

|          |     |                                   |
|----------|-----|-----------------------------------|
| $\alpha$ | แทน | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น      |
| $n$      | แทน | จำนวนข้อของแบบสอบถามและแบบประเมิน |
| $s_i^2$  | แทน | ผลรวมของค่าความแปรปรวนของแต่ละข้อ |
| $s_t^2$  | แทน | ความแปรปรวนของคะแนนรวม            |

1.4 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ โดยหาค่าดัชนีความไว (S) (นิภา เมธาวิชัย 2536 : 172-174)

$$\text{สูตร } S = \frac{RB - RA}{N}$$

|      |     |                                                 |
|------|-----|-------------------------------------------------|
| $S$  | แทน | ดัชนีความไว                                     |
| $RA$ | แทน | จำนวนผู้ทำแบบทดสอบถูกก่อนการหาคู่มือการสอบเทียบ |
| $RB$ | แทน | จำนวนผู้ทำแบบทดสอบถูกหลังการหาคู่มือการสอบเทียบ |
| $N$  | แทน | จำนวนผู้ทำแบบทดสอบทั้งหมดทั้ง 2 ครั้ง           |

1.5 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด 2538 : 88)

$$\text{สูตร } S = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

|        |     |                        |
|--------|-----|------------------------|
| $S$    | แทน | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน    |
| $X$    | แทน | คะแนนแต่ละตัว          |
| $N$    | แทน | จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง |
| $\sum$ | แทน | ผลรวม                  |

## 2. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานคือ

2.1 การศึกษาประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่าง

สอบเทียบ ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ใช้สูตรการหาประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูล (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต 2538 : 57)

$$\text{สูตร } E_1 = \frac{(\sum X_1 / N)}{A} \times 100$$

$$\text{สูตร } E_2 = \frac{(\sum X_2 / N)}{B} \times 100$$

$E_1$  แทน ประสิทธิภาพของการปฏิบัติการสอบเทียบตามคู่มือที่วัดได้จากการประเมินความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบภายหลังการใช้คู่มือในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท

$E_2$  แทน คะแนนประเมินความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบ โดยรวมทุกบทของพนักงานช่างสอบเทียบที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

$X_1$  แทน คะแนนประเมินความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบทของพนักงานช่างสอบเทียบ

$X_2$  แทน คะแนนประเมินความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางการสอบเทียบโดยรวมทุกบทของพนักงานช่างสอบเทียบ

$N$  แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

$A$  แทน คะแนนเต็มของแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบภายหลังการใช้คู่มือในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท

$B$  แทน คะแนนเต็มของแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบภายหลังการใช้คู่มือโดยรวมทุกบท

2.2 สูตรการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่า ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน ( T- test ) ใช้สูตร ( ชูศรี วงศ์รัตน์ 2544 : 192 )

$$t = \frac{D}{\sqrt{\frac{1}{n} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$t =$$

$$\text{โดยมี } df = n-1$$

เมื่อ  $D$  แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

$n$  แทน จำนวนคู่

บทที่ 4  
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการแปลความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการแปลความหมายดังนี้

|           |     |                                              |
|-----------|-----|----------------------------------------------|
| $\bar{x}$ | แทน | ค่าเฉลี่ย (Mean)                             |
| S         | แทน | ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) |
| n         | แทน | จำนวนพนักงานช่างสอบเทียบในกลุ่มตัวอย่าง      |

พนักงานช่างสอบเทียบที่เป็นกลุ่มประชากร ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ที่ใช้ในการทดสอบคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และหาประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มีจำนวน 31 คน โดยมีวุฒิการศึกษา ดังตาราง 5

ตาราง 5 คุณวุฒิการศึกษาของพนักงานช่างสอบเทียบ

| คุณวุฒิ                     | ส่วนสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า (คน) |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| ปริญญาตรีด้านไฟฟ้า          | 6                                   |
| ปริญญาตรีด้านอิเล็กทรอนิกส์ | 3                                   |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง | 22                                  |
| รวม                         | 31                                  |

จากตาราง 5 พนักงานช่างสอบเทียบที่มีคุณวุฒิ ปริญญาตรี ด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 9 คน มีประสบการณ์ ผ่านงานด้านโรงงานในภาคอุตสาหกรรมเกี่ยวกับเครื่องมือวัด และผ่านการอบรมสัมมนาเกี่ยวกับเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ส่วนพนักงานช่างสอบเทียบที่มีคุณวุฒิ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จำนวน 22 คน จะผ่านการอบรมสัมมนาเกี่ยวกับเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

### การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจตามแนวทางการสอบเทียบก่อนและหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบ เครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของพนักงานช่างสอบเทียบต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบหลังการใช้คู่มือ

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

จากการทดลองใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) จำนวน 31 คน ได้ทำการวิเคราะห์คะแนนตามแบบประเมินความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า แสดงดังตาราง 6 – 7 และในระหว่างการทดลองใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ได้ทำการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานโดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน โดยใช้แบบประเมินชุดเดียวกัน ผลการประเมินแสดงดังตาราง 8 – 9

ตาราง 6 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ของความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท จำนวน 50 ข้อ โดยพนักงานช่างสอบเทียบเป็นผู้ประเมินตนเอง จำนวน 31 คน และค่าประสิทธิภาพ ( $E_1$ )

| ความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า<br>ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท |  | คะแนนรวม<br>(155) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------|
| <b>บทที่ 1 แนวคิดและหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>                                                   |  |                   |
| 1. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกแนวคิดและหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้                                |  | 137               |
| 2. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้                           |  | 140               |
| 3. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความสำคัญของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ได้                         |  | 134               |
| 4. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความเป็นมาของการบริการสอบเทียบของ สสท. ได้                                      |  | 129               |
| 5. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกประเภทของการสอบเทียบของเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้                                    |  | 136               |
| 6. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกสภาวะแวดล้อมและขั้นตอนการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้                   |  | 135               |
| <b>บทที่ 2 นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า</b>                         |  |                   |
| 7. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Calibration ได้                                                     |  | 130               |
| 8. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Verification ได้                                                    |  | 136               |
| 9. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Accuracy ได้                                                        |  | 135               |
| 10. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Uncertainty ได้                                                    |  | 132               |
| <b>บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>                                           |  |                   |
| 11. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกข้อมูลรายละเอียดต่างๆที่ต้องการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าแต่ละชนิดได้          |  | 133               |
| 12. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกข้อบ่งชี้ของการสอบเทียบ DC Voltmeter ได้                                       |  | 135               |

ตาราง 6 (ต่อ)

| ความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้ ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท | คะแนนรวม (155) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 13. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ DC Voltmeter ได้                                                         | 132            |
| 14. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด DC Voltmeter ได้                                    | 131            |
| 15. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ AC Voltmeter ได้                                         | 155            |
| 16. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ AC Voltmeter ได้                                                         | 136            |
| 17. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด AC Voltmeter ได้                                    | 130            |
| 18. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ DC Ammeter ได้                                           | 139            |
| 19. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ DC Ammeter ได้                                                           | 139            |
| 20. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด DC Ammeter ได้                                      | 135            |
| 21. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ AC Ammeter ได้                                           | 135            |
| 22. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ AC Ammeter ได้                                                           | 132            |
| 23. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด AC Ammeter ได้                                      | 137            |
| 24. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ Resistance ได้                                           | 135            |
| 25. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ Resistance ได้                                                           | 138            |
| 26. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด Resistance ได้                                      | 138            |
| 27. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ Oscilloscope ได้                                         | 131            |
| 28. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ Oscilloscope ได้                                                         | 136            |
| 29. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด Oscilloscope ได้                                    | 134            |
| 30. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบเครื่องวัดเวลาได้                                         | 130            |
| 31. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ เครื่องวัดเวลาได้                                                        | 130            |
| 32. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดเครื่องวัดเวลาได้                                    | 137            |
| 33. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบเครื่องวัดความเร็วรอบได้                                  | 129            |
| 34. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ เครื่องวัดความเร็วรอบได้                                                 | 139            |
| 35. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดเครื่องวัดความเร็วได้                                | 133            |
| 36. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ RTD ได้                                                  | 133            |
| 37. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ RTD ได้                                                                  | 139            |
| 38. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด RTD ได้                                             | 132            |
| 39. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ TC ได้                                                   | 130            |
| 40. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ TC ได้                                                                   | 133            |



ตาราง 6 (ต่อ)

| ความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท     | คะแนนรวม<br>(155) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 41. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด TC ได้                                               | 134               |
| <b>บทที่ 4 การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>                                              |                   |
| 42. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกข้อมูลที่ต้องการทราบในการประเมินผลการสอบเทียบได้                                | 132               |
| 43. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถประเมินผลและรายงานผลการสอบเทียบได้อย่างถูกต้อง                                     | 128               |
| <b>บทที่ 5 การควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>                              |                   |
| 44. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของคำว่า การควบคุมและการประกันคุณภาพของการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้ | 129               |
| 45. เข้าใจระบบควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพในการสอบเทียบให้เหมาะสมต่อหน่วยงานได้                               | 134               |
| <b>บทที่ 6 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>                         |                   |
| 46. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้                                       | 138               |
| 47. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของความไม่แน่นอนในการวัดได้                                             | 134               |
| 48. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัดได้                                           | 133               |
| 49. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกหลักการของสถิติที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนในการวัดได้                         | 133               |
| <b>บทที่ 7 มอก.17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ</b>                          |                   |
| 50. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถเข้าใจข้อกำหนด มอก. 17025-2543 ได้อย่างถูกต้อง                                     | 133               |
| รวมคะแนน                                                                                                        | 6,718             |
| คะแนนเฉลี่ย                                                                                                     | 134.36            |
| ค่าประสิทธิภาพ ( $E_1$ )                                                                                        | 86.68             |

จากตาราง 6 แสดงว่าความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าอยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ (คะแนนเฉลี่ย 134.36) และค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบทสูงกว่าเกณฑ์ ( $E_1$  เท่ากับ 86.68)

ตาราง 7 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ของความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า โดยรวมทุกบท จำนวน 7 ข้อ โดยพนักงานช่างสอบเทียบเป็นผู้ประเมิน จำนวน 31 คน และค่าประสิทธิภาพ ( $E_2$ )

| ความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า<br>โดยรวมทุกบท                       | คะแนนรวม<br>(155) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกแนวคิดและหลักการการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้                         | 137               |
| 2. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกนิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้   | 139               |
| 3. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าตามวิธีการและขั้นตอนต่าง ๆ ได้                        | 139               |
| 4. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถประเมินผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้                                          | 138               |
| 5. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถเข้าใจระบบควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้      | 141               |
| 6. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดของเครื่องวัดแต่ละชนิดได้                             | 137               |
| 7. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดของ มอก.17025-2543 ว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบได้ | 140               |
| รวมคะแนน                                                                                                       | 971               |
| คะแนนเฉลี่ย                                                                                                    | 138.71            |
| ค่าประสิทธิภาพ ( $E_2$ )                                                                                       | 89.49             |

จากตาราง 7 แสดงว่าความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติตามคู่มือการสอบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบทอยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ (คะแนนเฉลี่ย 138.71) และค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบทสูงกว่าเกณฑ์ ( $E_2$  เท่ากับ 89.49)

ตาราง 8 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ของความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบทโดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเป็นผู้ประเมิน จำนวน 2 คน จำนวน 50 ข้อ และค่าประสิทธิภาพ ( $E_1$ )

| ความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า<br>ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท | คะแนน<br>รวม (155) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| <b>บทที่ 1 แนวคิดและหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>                                          |                    |
| 1. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกแนวคิดและหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้                       | 137                |
| 2. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้                  | 135                |
| 3. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความสำคัญของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้                 | 125                |
| 4. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความเป็นมาของการบริการสอบเทียบของ สสท. ได้                             | 127                |
| 5. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกประเภทของการสอบเทียบของเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้                           | 125                |
| 6. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกสภาวะแวดล้อมและขั้นตอนการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้          | 126                |
| <b>บทที่ 2 นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า</b>                |                    |
| 7. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Calibration ได้                                            | 130                |
| 8. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Verification ได้                                           | 126                |
| 9. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Accuracy ได้                                               | 124                |
| 10. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Uncertainty ได้                                           | 125                |
| <b>บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>                                  |                    |
| 11. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกข้อมูลรายละเอียดต่างๆที่ต้องการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าแต่ละชนิดได้ | 125                |
| 12. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกข้อบ่งชี้ของการสอบเทียบ DC Voltmeter ได้                              | 128                |
| 13. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ DC Voltmeter ได้                                                | 124                |
| 14. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด DC Voltmeter ได้                           | 129                |
| 15. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกข้อบ่งชี้ของการสอบเทียบ AC Voltmeter ได้                              | 155                |
| 16. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ AC Voltmeter ได้                                                | 118                |
| 17. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด AC Voltmeter ได้                           | 123                |
| 18. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกข้อบ่งชี้ของการสอบเทียบ DC Ammeter ได้                                | 125                |
| 19. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ DC Ammeter ได้                                                  | 126                |
| 20. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด DC Ammeter ได้                             | 122                |
| 21. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกข้อบ่งชี้ของการสอบเทียบ AC Ammeter ได้                                | 124                |

ตาราง 8 (ต่อ)

| ความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า<br>ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท               | คะแนนรวม<br>(155) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 22. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ AC Ammeter ได้                                                                | 124               |
| 23. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด AC Ammeter ได้                                           | 125               |
| 24. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ Resistance ได้                                                | 122               |
| 25. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ Resistance ได้                                                                | 119               |
| 26. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด Resistance ได้                                           | 122               |
| 27. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ Oscilloscope ได้                                              | 122               |
| 28. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ Oscilloscope ได้                                                              | 121               |
| 29. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด Oscilloscope ได้                                         | 122               |
| 30. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบเครื่องวัดเวลาได้                                              | 120               |
| 31. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ เครื่องวัดเวลาได้                                                             | 118               |
| 32. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดเครื่องวัดเวลาได้                                         | 120               |
| 33. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบเครื่องวัดความเร็วรอบได้                                       | 120               |
| 34. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ เครื่องวัดความเร็วรอบได้                                                      | 123               |
| 35. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดเครื่องวัดความเร็วรอบ<br>ได้                              | 123               |
| 36. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ RTD ได้                                                       | 121               |
| 37. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ RTD ได้                                                                       | 123               |
| 38. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด RTD ได้                                                  | 122               |
| 39. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ TC ได้                                                        | 120               |
| 40. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ TC ได้                                                                        | 123               |
| 41. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด TC ได้                                                   | 122               |
| <b>บทที่ 4 การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>                                                  |                   |
| 42. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกข้อมูลที่ต้องการทราบในการประเมินผลการสอบเทียบ<br>ได้                                | 123               |
| 43. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถประเมินผลและรายงานผลการสอบเทียบได้อย่างถูกต้อง                                         | 122               |
| <b>บทที่ 5 การควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบ<br/>เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>                             |                   |
| 44. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของคำว่า การควบคุมและการประกัน<br>คุณภาพของการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้ | 122               |

ตาราง 8 (ต่อ)

| ความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า<br>ในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท | คะแนนรวม<br>(155) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 45. เข้าใจระบบควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพในการสอบเทียบให้เหมาะสมต่อ<br>หน่วยงานได้                 | 123               |
| <b>บทที่ 6 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดในงานสอบเทียบ<br/>เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>          |                   |
| 46. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้                             | 123               |
| 47. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของความไม่แน่นอนในการวัดได้                                   | 120               |
| 48. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัดได้                                 | 127               |
| 49. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกหลักการของสถิติที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนใน<br>การวัดได้           | 124               |
| <b>บทที่ 7 มอก.17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถ<br/>ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ</b>           |                   |
| 50. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถเข้าใจข้อกำหนด มอก. 17025-2543 ได้อย่างถูกต้อง                           | 120               |
| รวมคะแนน                                                                                              | 6,215             |
| คะแนนเฉลี่ย                                                                                           | 124.30            |
| ค่าประสิทธิภาพ ( $E_1$ )                                                                              | 80.19             |

จากตาราง 8 แสดงว่าความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า โดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเป็นผู้ประเมิน อยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ (คะแนนเฉลี่ย 124.30) และค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบทสูงกว่าเกณฑ์ ( $E_1$  เท่ากับ 80.19)

ตาราง 9 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า โดยรวมทุกบท โดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเป็นผู้ประเมิน จำนวน 2 คน จำนวน 7 ข้อ และค่าประสิทธิภาพ ( $E_2$ )

| ความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า<br>โดยรวมทุกบท                       | คะแนนรวม<br>(155) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกแนวคิดและหลักการการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้                         | 126               |
| 2. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกนิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้   | 122               |
| 3. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าตามวิธีการและขั้นตอนต่างๆได้                          | 123               |
| 4. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถประเมินผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้                                          | 127               |
| 5. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถเข้าใจระบบควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้      | 126               |
| 6. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดของเครื่องวัดแต่ละชนิดได้                             | 126               |
| 7. พนักงานช่างสอบเทียบสามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดของ มอก.17025-2543 ว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบได้ | 129               |
| รวมคะแนน                                                                                                       | 897               |
| คะแนนเฉลี่ย                                                                                                    | 125.57            |
| ค่าประสิทธิภาพ ( $E_2$ )                                                                                       | 81.01             |

จากตาราง 9 แสดงว่าความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบในการปฏิบัติงานตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบทโดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเป็นผู้ประเมิน อยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ (คะแนนเฉลี่ย 125.57) และค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบทสูงกว่าเกณฑ์ ( $E_2$  เท่ากับ 81.01)

ตาราง 10 การเปรียบเทียบ คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย และค่าประสิทธิภาพความสามารถของพนักงานช่าง  
สอบเทียบในการปฏิบัติงานตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบ และผู้  
ควบคุมการปฏิบัติงาน

| ผู้ประเมิน             | คะแนนเฉลี่ยความสามารถ<br>ของพนักงานช่างสอบเทียบ<br>ในของแต่ละบท | ค่า<br>ประสิทธิภาพ<br>พ (E <sub>1</sub> ) | คะแนนเฉลี่ยของการ<br>ปฏิบัติการสอบเทียบ<br>โดยรวมทุกบท | ค่า<br>ประสิทธิภาพ<br>ประสิทธิภาพ<br>(E <sub>2</sub> ) |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| พนักงานช่างสอบเทียบ    | 134.36                                                          | 86.68                                     | 138.71                                                 | 89.49                                                  |
| ผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน | 124.30                                                          | 80.19                                     | 125.57                                                 | 81.01                                                  |

จากตาราง 10 แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยของการสอบเทียบในแต่ละชั้นของแต่ละบท คะแนนเฉลี่ยของ  
การปฏิบัติการสอบเทียบโดยรวมทุกบท และค่าประสิทธิภาพ (E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>) ที่ได้จากการประเมินผลของพนักงาน  
ช่างสอบเทียบ และผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเกินเกณฑ์ที่กำหนดทั้งสองฝ่าย

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 10 ได้ค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับ  
พนักงานช่างสอบเทียบ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี  
(ไทย-ญี่ปุ่น) ซึ่งประเมินโดยพนักงานช่างสอบเทียบ เท่ากับ 86.68/89.49 และประเมินโดยผู้ควบคุมการ  
ปฏิบัติงาน เท่ากับ 80.19/81.01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน คือ คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าทั้ง 10  
ชนิด ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจตามแนวทางการสอบเทียบก่อนและหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบ เครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

การศึกษาความรู้ความเข้าใจตามแนวทางการสอบเทียบก่อนและหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบ เครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยใช้แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ จำนวน 25 ข้อ ดังตาราง 11

ตาราง 11 ผลคะแนนการทำแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ ของพนักงานช่างสอบเทียบ ก่อนและหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยใช้เกณฑ์ประเมิน

| พนักงานช่าง<br>สอบเทียบ | คะแนนก่อน<br>การใช้คู่มือ | คะแนนหลัง<br>การใช้คู่มือ | d  | d2  |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----|-----|
| 1                       | 12                        | 18                        | 6  | 36  |
| 2                       | 7                         | 17                        | 10 | 100 |
| 3                       | 5                         | 15                        | 10 | 100 |
| 4                       | 5                         | 18                        | 13 | 169 |
| 5                       | 4                         | 17                        | 13 | 169 |
| 6                       | 11                        | 22                        | 11 | 121 |
| 7                       | 6                         | 23                        | 17 | 289 |
| 8                       | 9                         | 22                        | 13 | 169 |
| 9                       | 7                         | 20                        | 13 | 169 |
| 10                      | 9                         | 18                        | 9  | 81  |
| 11                      | 12                        | 20                        | 8  | 64  |
| 12                      | 9                         | 16                        | 7  | 49  |
| 13                      | 8                         | 17                        | 9  | 81  |
| 14                      | 10                        | 12                        | 2  | 4   |
| 15                      | 6                         | 22                        | 16 | 256 |
| 16                      | 8                         | 23                        | 15 | 225 |
| 17                      | 6                         | 18                        | 12 | 144 |
| 18                      | 8                         | 22                        | 14 | 196 |
| 19                      | 8                         | 19                        | 11 | 121 |



ตาราง 11 (ต่อ)

| พนักงานช่าง<br>สอบเทียบ | คะแนนก่อน<br>การใช้คู่มือ | คะแนนหลัง<br>การใช้คู่มือ | d               | d2      |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|---------|
| 20                      | 10                        | 17                        | 7               | 49      |
| 21                      | 4                         | 15                        | 11              | 121     |
| 22                      | 6                         | 22                        | 16              | 256     |
| 23                      | 20                        | 24                        | 4               | 16      |
| 24                      | 7                         | 24                        | 17              | 289     |
| 25                      | 13                        | 23                        | 10              | 100     |
| 26                      | 18                        | 20                        | 2               | 4       |
| 27                      | 17                        | 20                        | 3               | 9       |
| 28                      | 15                        | 17                        | 2               | 4       |
| 29                      | 19                        | 22                        | 3               | 9       |
| 30                      | 16                        | 23                        | 7               | 49      |
| 31                      | 16                        | 21                        | 5               | 25      |
| รวม                     | 311                       | 607                       | 296             | 3474    |
|                         |                           |                           | $\bar{D}$       | = 9.548 |
|                         |                           |                           | $\overline{SD}$ | = 4.646 |

## ผลการวิเคราะห์

จากตาราง 11 แสดงว่าความรู้ความเข้าใจตามแนวทางการสอบเทียบก่อนการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบ สามารถตอบคำถามอยู่ในเกณฑ์ประเมิณน้อย หลังการใช้คู่มือการสอบเทียบ เครื่องมือวัดไฟฟ้าพนักงานช่างสอบเทียบ สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง อยู่ในเกณฑ์ประเมินดีเยี่ยม

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของพนักงานช่างสอบเทียบต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ของพนักงานช่างสอบเทียบหลังการใช้คู่มือ

1. ศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบหลังการใช้คู่มือ โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็น จำนวน 25 ข้อ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 12

ตาราง 12 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ

|                                                                                              | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|----------|
| 1. คำนำช่วยให้สามารถเข้าใจแนวคิดและวัตถุประสงค์ในการจัดทำคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า | 4.45      | 0.51 | เห็นด้วย |
| 2. คำแนะนำการใช้คู่มือช่วยให้เกิดความสะดวกในการศึกษาคู่มือ                                   | 4.35      | 0.71 | เห็นด้วย |
| 3. เนื้อหาในคู่มือมีความชัดเจนง่ายแก่การศึกษาและทำความเข้าใจ                                 | 4.23      | 0.67 | เห็นด้วย |
| 4. การเรียงลำดับเนื้อหาในคู่มือทำให้เกิดความสะดวกที่จะศึกษาและนำไปปฏิบัติ                    | 4.03      | 0.60 | เห็นด้วย |
| 5. เนื้อหาในบทที่ 1 ทำให้มีพื้นฐานที่จะศึกษาเนื้อหาในคู่มือบทต่อไปได้ง่ายขึ้น                | 3.94      | 0.77 | เห็นด้วย |
| 6. อธิบายนิยามศัพท์ด้านมาตรวิทยาได้อย่างถูกต้อง                                              | 4.13      | 0.76 | เห็นด้วย |
| <b>การปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าแต่ละชนิด</b>                                      |           |      |          |
| 7. อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ DC Voltmeter ได้ครบถ้วน                                          | 4.29      | 0.59 | เห็นด้วย |
| 8. อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ AC Voltmeter ได้ครบถ้วน                                          | 4.29      | 0.69 | เห็นด้วย |
| 9. อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ DC Ammeter ได้ครบถ้วน                                            | 4.32      | 0.54 | เห็นด้วย |
| 10. อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ AC Ammeter ได้ครบถ้วน                                           | 4.32      | 0.60 | เห็นด้วย |
| 11. อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ Resistance ได้ครบถ้วน                                           | 4.19      | 0.70 | เห็นด้วย |
| 12. อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ Oscilloscope ได้ครบถ้วน                                         | 3.97      | 0.80 | เห็นด้วย |
| 13. อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ เครื่องมือวัดเวลา ได้ครบถ้วน                                    | 4.10      | 0.70 | เห็นด้วย |
| 14. อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ เครื่องวัดความเร็วรอบ ได้ครบถ้วน                                | 4.06      | 0.73 | เห็นด้วย |
| 15. อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ เครื่องวัด RTD ได้ครบถ้วน                                       | 4.00      | 0.73 | เห็นด้วย |
| 16. อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ เครื่องวัด TC ได้ครบถ้วน                                        | 4.23      | 0.76 | เห็นด้วย |
| <b>การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด</b>                                                      |           |      |          |
| 17. อธิบายขั้นตอนการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้ครบถ้วน                                  | 4.19      | 0.60 | เห็นด้วย |
| 18. อธิบายหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้อย่างถูกต้อง                              | 4.26      | 0.68 | เห็นด้วย |

ตาราง 12 (ต่อ)

|                                                                                                    | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|----------|
| <b>การควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพ</b>                                                           |           |      |          |
| 19. อธิบายขั้นตอนการควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพได้อย่างครบถ้วน                                  | 4.13      | 0.76 | เห็นด้วย |
| 20. ประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง                                             | 4.23      | 0.62 | เห็นด้วย |
| 21. เข้าใจระบบควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ถูกต้อง           | 4.06      | 0.68 | เห็นด้วย |
| 22. อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับข้อกำหนดของ มอก. 17025-2543 ได้ครบถ้วน                                | 4.10      | 0.65 | เห็นด้วย |
| 23. สามารถเข้าใจระบบคุณภาพว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบได้ถูกต้องครบถ้วน              | 4.19      | 0.65 | เห็นด้วย |
| 24. คำอธิบายทำให้เกิดความรู้ในเรื่องระบบคุณภาพว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบได้ถูกต้อง | 4.06      | 0.73 | เห็นด้วย |
| 25. สามารถนำระบบคุณภาพว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาใช้ได้ถูกต้อง                    | 4.00      | 0.68 | เห็นด้วย |
| ค่าเฉลี่ยรวม                                                                                       | 4.17      | 0.68 | เห็นด้วย |

จากตาราง 12 แสดงว่าพนักงานช่างสอบเทียบมีความเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าว่ามีความเหมาะสมดี ( $\bar{X} = 4.17$ ) โดยมีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยในข้อคำถามทุก ๆ ข้อ สรุปได้ว่าคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) อยู่ในระดับเห็นด้วย

ผลการรวบรวมปัญหาจากแบบสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มีข้อเสนอแนะ จากพนักงานช่างสอบเทียบจำนวน 2 คน จากพนักงานช่างสอบเทียบจำนวน 31 คน เสนอว่า ควรเพิ่มความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การสร้างคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) มีข้อสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และอุณหภูมิ สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เวลาและความถี่ และอุณหภูมิ สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

#### วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ พนักงานช่างสอบเทียบเครื่องมือวัด ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม ด้านเครื่องมือวัดไฟฟ้า จำนวน 31 คน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

- |                                            |        |             |
|--------------------------------------------|--------|-------------|
| 1. ช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์   | 5 ชนิด | จำนวน 10 คน |
| 2. ช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดออสซิลโลสโคป   | 1 ชนิด | จำนวน 7 คน  |
| 3. ช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดเวลาและความถี่ | 2 ชนิด | จำนวน 8 คน  |
| 4. ช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ       | 2 ชนิด | จำนวน 6 คน  |

รวมกลุ่มประชากรทั้งสิ้น 31 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล เป็นคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบ แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน ของพนักงานช่างสอบเทียบ แบบสอบถามความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า การรวบรวมข้อมูลทำโดย นำแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจไปให้พนักงานช่างสอบเทียบที่เป็นกลุ่มทดลองศึกษาและปฏิบัติโดยให้พนักงานช่างสอบเทียบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานตามคู่มือการสอบเทียบในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท และปฏิบัติทดสอบโดยรวมทุกบท โดยมีผู้ควบคุมการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบ ทำการประเมินผลการปฏิบัติงานโดยวิธีการสังเกต และบันทึกผลการประเมินลงในแบบประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ควบคุมงาน และเมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติการสอบเทียบแล้ว ให้นำแบบทดสอบความรู้ความ

เข้าใจให้พนักงานช่างสอบเทียบทำการทดสอบอีกครั้งหนึ่ง และนำแบบสอบถามความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าให้พนักงานช่างสอบเทียบตอบแบบสอบถาม เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทำแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจของพนักงานช่างสอบเทียบ ก่อนและหลังการใช้คู่มือ และระดับความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

### สรุปผลการวิจัย

การสร้างคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ศึกษาประสิทธิภาพของคู่มือ และศึกษาการดำเนินการสอบเทียบตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สรุปได้ดังนี้

1. การสร้างคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ มีโครงสร้างของคู่มือการสอบเทียบ ประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญ 7 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

- 1.1 แนวคิดและหลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้า
- 1.2 นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่จำเป็นในการสอบเทียบ
- 1.3 ขั้นตอนการดำเนินงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟ
- 1.4 การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- 1.5 การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- 1.6 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- 1.7 มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ

เนื้อหาของคู่มือทั้ง 7 หัวข้อนี้ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ได้ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาแบบสอบถามความรู้ความเข้าใจ สรุปผลการประเมินว่า ทุก ๆ รายการโครงสร้าง เนื้อหาของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มีความเที่ยงตรง มีความถูกต้องสมบูรณ์สามารถทำให้พนักงานช่างสอบเทียบที่ทดลองใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้ามีความรู้ความเข้าใจและสามารถนำไปปฏิบัติงานได้

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) จากการทดลองใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า โดยพนักงานช่างสอบเทียบเป็นผู้ประเมิน จำนวน 31 คน ได้ทำการวิเคราะห์คะแนนตามแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบพบว่า ความสามารถในการปฏิบัติงานตามคู่มือการสอบเทียบของพนักงานช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า อยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ (คะแนนเฉลี่ย 134.36) และค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบทสูงกว่าเกณฑ์ ( $E_1$  เท่ากับ 86.68) รวมทั้งความสามารถในการปฏิบัติงานตามคู่มือการสอบเทียบของพนักงานช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบทอยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ (คะแนนเฉลี่ย 138.71) และค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบทสูงกว่าเกณฑ์ ( $E_2$  เท่ากับ 89.49)

3. ในระหว่างการทดลองใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ได้ทำการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานโดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน โดยใช้แบบประเมินชุดเดียวกัน ผลการประเมินพบว่า ความสามารถในการปฏิบัติงานตามคู่มือการสอบเทียบของพนักงานช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเป็นผู้ประเมิน อยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ (คะแนนเฉลี่ย 124.30) และค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบทสูงกว่าเกณฑ์ ( $E_1$  เท่ากับ 80.19) รวมทั้ง ความสามารถในการปฏิบัติงานตามคู่มือการสอบเทียบของพนักงานช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบทโดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเป็นผู้ประเมิน อยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ (คะแนนเฉลี่ย 125.57) และค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบทสูงกว่าเกณฑ์ ( $E_2$  เท่ากับ 81.01)

ผลการวิเคราะห์ที่ได้ค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ซึ่งประเมินโดยพนักงานช่างสอบเทียบ เท่ากับ 86.63/89.49 และประเมินโดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน เท่ากับ 80.19/81.01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน คือ คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าทั้ง 10 ชนิด ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80

4. ผลการเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจตามแนวทางการสอบเทียบก่อนและหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบ เครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ผลวิเคราะห์ ความรู้ความเข้าใจตามแนวทางการสอบเทียบก่อนและหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบ เครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของสมาคมส่งเสริม เทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยใช้แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ พบว่า ความรู้ความเข้าใจตาม แนวทางการสอบเทียบก่อนการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบ สอบได้มีเกณฑ์ประเมินน้อย และหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัด ไฟฟ้าพนักงานช่างสอบเทียบ สอบได้มี เกณฑ์ประเมินดีเยี่ยม ค่าเฉลี่ย (  $\bar{X} = 9.55$  ) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (  $SD = 4.65$  ) ค่า (  $t = 2.05$  ) สรุปได้ว่า ช่างสอบเทียบมีความรู้ความเข้าใจดีเยี่ยมหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับ พนักงานช่างสอบเทียบหลังการใช้คู่มือ

1.1 ศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบหลังการใช้คู่มือ โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็น จำนวน 25 ข้อ ผลการศึกษาพบว่า พนักงานช่างสอบเทียบมีความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าว่ามีความเหมาะสมดี (  $\bar{X} = 4.17$  ) โดยมีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยในข้อคำถามทุก ๆ ข้อ สรุปได้ว่าคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) อยู่ในระดับเห็นด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ

ผลการวิเคราะห์ พบว่า มีข้อเสนอแนะ จากพนักงานช่างสอบเทียบจำนวน 2 คน จากพนักงานช่างสอบเทียบ จำนวน 31 คน เสนอว่า ควรเพิ่มความชัดเจนและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

## การอภิปรายผล

1. คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบคำแนะนำการใช้คู่มือที่เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานได้ และการจัดลำดับหัวข้อในคู่มือเป็นไปตามลำดับของการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า คู่มือที่สร้างขึ้นนี้ประกอบด้วยเนื้อหา รวม 7 บท คือ บทที่ 1 แนวคิดและหลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้า บทที่ 2 นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่จำเป็นในการสอบเทียบ บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า บทที่ 4 การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้า บทที่ 5 การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้า บทที่ 6 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า บทที่ 7 มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ในแต่ละบทได้แยกประเภทของงานออกเป็นชุดเพื่อให้ผู้ใช้คู่มือ ได้ดำเนินการสอบเทียบในแต่ละขั้นตอนได้สะดวกและได้กำหนดเวลาในการปฏิบัติการสอบเทียบในแต่ละเครื่องไว้ด้วย และจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอบเทียบ ที่ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของคู่มือได้ผลการประเมิน คือ เนื้อหาของคู่มือมีความถูกต้องสมบูรณ์ทุก ๆ รายการ โครงสร้างของคู่มือมีความเที่ยงตรงถูกต้องสมบูรณ์ และเมื่อนำคู่มือที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับคู่มือที่มีมากับเครื่อง พบว่ามีรายละเอียดของเนื้อหาในคู่มือเพิ่มขึ้น โดยคู่มือที่สร้างขึ้นบอกขั้นตอนในการสอบเทียบได้ชัดเจนอธิบายขั้นตอนในการปรับแต่งอุปกรณ์ควบคุมมีรายละเอียดมากกว่าคู่มือที่มีมากับเครื่อง คู่มือที่สร้างขึ้นจึงจัดเป็นคู่มือที่ดีเนื่องจากมีลักษณะของคู่มือที่มีเนื้อหาครบถ้วน สามารถช่วยให้ผู้ใช้คู่มือทำสิ่งนั้นสำเร็จ มีขั้นตอนการทำและเรียงลำดับอย่างเหมาะสม ภาษาที่ใช้สามารถสื่อความหมายให้ผู้ใช้เข้าใจตรงกับผู้เขียน ไม่คลุมเครือหรือทำให้เกิดความเข้าใจผิด และภาษาที่ใช้จะต้องช่วยให้ผู้ใช้เกิดความเข้าใจได้ง่าย (ปริชา ช่างขวัญยืน และคณะ.2539:132-134) คู่มือที่สร้างขึ้นจึงสามารถนำไปใช้เพื่อการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้

2. ประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ได้ค่าประสิทธิภาพ E1/E2 ซึ่งพนักงานช่างสอบเทียบประเมินความสามารถตนเองในการปฏิบัติการสอบเทียบ เท่ากับ 86.68/8.49 และได้ค่าประสิทธิภาพ E1/E2 ซึ่งประเมินโดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงานในขณะที่พนักงานช่างสอบเทียบดำเนินการสอบเทียบ เท่ากับ 80.19/81.01 แสดงว่าการประเมินผลความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบ ในการปฏิบัติการสอบเทียบ ระหว่างพนักงานช่างสอบเทียบประเมินตนเองและผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน ประเมินความสามารถของพนักงานช่างสอบเทียบ มีความสอดคล้องกัน และสอดคล้องกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80

ผลที่ได้จากการหาค่าประสิทธิภาพ (E1/E2) ของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับช่างสอบเทียบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อนันต์ อนันตสมบูรณ์ (2544 : 108) ซึ่งได้ทำการศึกษาการใช้คู่มือบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง สำหรับพนักงานช่างเทคนิค ของฝ่ายโทรศัพท์นครหลวง องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ที่ผู้วิจัยสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาประสิทธิภาพของคู่มือบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง ผลการวิจัยปรากฏว่า คู่มือที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.80/85.17 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยคู่มือบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง สามารถนำไปใช้เป็นคู่มือให้กับพนักงานช่างเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับสายงานได้ ดังนั้นคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจึงเป็นประโยชน์ต่อพนักงานช่างสอบเทียบ ที่นำไปใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

3. ผลการเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจของพนักงานช่างสอบเทียบในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ก่อนและหลังการใช้คู่มือสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ของพนักงานช่างสอบเทียบ พบว่า ก่อนการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบสอบได้มีเกินประเมินน้อย และหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบสอบได้มีเกินประเมินดีเยี่ยม แสดงว่าคู่มือสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้พัฒนาระดับความรู้ความเข้าใจในเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ของพนักงานช่างสอบเทียบ สอดคล้องกับหลักการเรียนรู้ การศึกษาและการฝึกอบรม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียน (วิจิต อวาทกุล.2537: 90) เพราะคู่มือเป็นหนังสือที่ผู้จัดทำเรียบเรียงเนื้อหาสาระโดยนำมาเขียนด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย เพื่อให้ความรู้และข้อเสนอแนะโดยมุ่งหวังให้ผู้อ่านมีความเข้าใจและสามารถดำเนินการเรื่องนั้นได้ด้วยตนเอง (ปรีชา ช้างขวัญยืน และคณะ 2539:127-132) ซึ่งจะทำให้เกิดผลดีต่อพนักงานช่างสอบเทียบในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ที่ประสบปัญหาต้องค้นคว้าวิธีการสอบเทียบจากคู่มือหลายๆเล่มในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า จึงควรใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้านี้ ใช้เป็นเอกสารในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าหรือใช้เป็นเอกสารเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจให้กับพนักงานช่างสอบเทียบ

4. ความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบมีความเห็นว่าคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้ามีความเหมาะสมดี ( $\bar{X} = 4.17$ ) โดยมีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยในข้อคำถามทุกข้อ สรุปได้ว่า คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) อยู่ในระดับเห็นด้วย

ข้อเสนอแนะ พบว่า จากพนักงานช่างสอบเทียบจำนวน 2 คน จากพนักงานช่างสอบเทียบ จำนวน 31 คน เสนอว่า ควรเพิ่มความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

### ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการสร้างคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ดังนี้

1. จากผลการวิจัยพบว่า คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่สร้างขึ้น สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติการสอบเทียบได้จริง เนื้อหาในคู่มือสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้ได้ จึงควรนำคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้านี้ออกเผยแพร่แก่พนักงานช่างสอบเทียบ ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ในส่วนงานที่มีพนักงานช่างสอบเทียบยังมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าน้อย หรือในส่วนงานที่มีเป้าหมายที่ต้องการส่งเสริมพนักงานให้มีความรู้และทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าให้มากขึ้น

2.จากการวิจัยพบว่า คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมีเนื้อหาตามหัวข้อที่สามารถปฏิบัติได้ตามลำดับขั้น เป็นการถ่ายทอดความรู้อย่างมีหลักการ มีขั้นตอนในการปฏิบัติการสอบเทียบอย่างชัดเจน จึงเป็นแนวทางสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน และเป็นแนวทางในการจัดสร้างคู่มือในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยทั่วไปให้มีคุณภาพ จึงควรมีการเผยแพร่คู่มือนี้ให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง



3.จากการวิจัยพบว่า คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนำไปทดลองกับพนักงานช่างสอบเทียบที่ทำงานเกี่ยวกับสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีความรู้พื้นฐาน ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า จึงทำให้พนักงานช่างสอบเทียบสามารถศึกษาและทำความเข้าใจกันได้ง่าย ดังนั้นจึงควรเพิ่มเนื้อหารายละเอียดภายในคู่มือให้มากขึ้น เพื่อคู่มือจะได้นำไปใช้กับผู้ที่สนใจที่ไม่ได้ทำงานเกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้ด้วย

4.จากการวิจัยพบว่า ในการหาประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าไม่ควรใช้แบบสอบถามที่เป็น Rating Scale

5.จากการวิจัยพบว่า แบบสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ไม่ควรตีกรอบแคบๆ ควรมีมากกว่า 7 ข้อ เพื่อให้มีการเสนอแนะที่หลากหลาย

### ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

1. ควรมีการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ทำงานเกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าเช่น กลุ่มตัวอย่างที่เป็นพนักงานช่างสอบเทียบสาขาอื่น ๆ กลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ทำงานด้านช่าง ทั้งนี้เพื่อนำผลการวิจัยมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคู่มือ และความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงสภาพของปัญหาของการนำคู่มือที่สร้างขึ้นไปใช้งานที่อาจแตกต่างกัน

2. ควรมีการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความรู้แตกต่างกัน โดยทำการวิจัยโดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความรู้ระดับเดียวกันทั้งหมด เช่น กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความรู้มัธยมศึกษาตอนต้นทั้งหมด กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความรู้ประกาศนียบัตรวิชาชีพทั้งหมด กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความรู้ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงทั้งหมด หรือกลุ่มตัวอย่างที่มีความรู้ในระดับอื่น ๆ เพื่อนำผลการวิจัยในแต่ละกลุ่มตัวอย่างมาเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของคู่มือและความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่อาจแตกต่างกัน ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าคู่มือที่สร้างขึ้นเป็นคู่มือที่ดีสามารถนำไปใช้งานจริงได้

3. ควรศึกษาการสร้างคู่มือในรูปแบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือวัดไฟฟ้า เช่น คู่มือการปรับแต่งเครื่องมือวัดไฟฟ้า คู่มือการเปรียบเทียบผลการวัดจากเครื่องมือมาตรฐาน

## บรรณานุกรม

### บรรณานุกรม

- เกษมสันต์ จันทร์ปลั่ง. (2543). การสอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ฉัตร บุนนาคและคณะ. (2522). ศิลปะการใช้ภาษาไทยในชีวิตประจำวัน. กรุงเทพฯ :
- ชาติ ศรีไพพรรณ. (2541). ความเป็นมาของมาตรวิทยา. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ชิดเชื้อ กนกเพ็ชรรัตน์. (2542). ทฤษฎีเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ :
- ณรงค์ พรชัยจรรยาตักดิ์. (2544). บทบาทเกี่ยวกับมาตรวิทยา. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ณรงค์ ไตรยปัญญาวิทย์. (2538). หลักการสอบเทียบเครื่องมือวัด. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- นิภา เมธาวิชัย. (2536). การประเมินผลการเรียน. กรุงเทพฯ :
- บัญญัติ พุกกะวันและดำรง ศิริเจริญ. (2532). เทคนิคและประสบการณ์การเขียนตำราทางวิชาการ. กรุงเทพฯ :
- บรรจบ สุขทัต. (2538). การควบคุมการตรวจวัดการทดสอบและเครื่องมือทดสอบสำหรับมาตรฐาน ISO9000. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- บุญชม ศรีสะอาด. (2535). การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ :
- บุรินทร์ ไตรชินชนโชติ. (2543). เทคนิคและวิธีการในงานสอบเทียบเครื่องมือวัด. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ประทีป จรัสรุ่งระวี. (2514). การวิเคราะห์หนังสือแบบเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในรูปแบบ และวิธีการสอนเนื้อหา. ปริญญานิพนธ์. กศ.ม. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยวิชาการ ศึกษา ประสานมิตร.
- ปิฎกะ บุนนาค. (2523). ประสบการณ์และข้อเสนอแนะในการเขียนตำราและบทความทางวิชาการ การ เกษตรในแนวทางการเขียนตำรา และบทความทางวิชาการ. กรุงเทพฯ :
- ปรีชา ดิษเสถียร. (2544). บทบาทมาตรวิทยาสู่สหัสวรรษใหม่. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ปรีชา ช่างขวัญยืน และคณะ. (2539). เทคนิคการเขียนและผลิตตำรา. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2538). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบ การศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พิชัย มะคาทอง. (2541). การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ไพศิษฐ์ ไชยพงศ์. (2540). วารสารเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- ภูสิทธิ์ บวรวัฒนดิลา. (2542). ทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ :

### บรรณานุกรม (ต่อ)

- มิตร วีระธรรม. (2538). “ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม ส.ส.ท” เทคโนโลยี.  
(Technology Journal). (121) : 174
- วรรณ สุคันธชาติ. (2538). การสร้างคู่มือในการจัดกิจกรรมชุมชนส่งเสริมอุตสาหกรรม สำหรับนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษา. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทร  
วิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- ลัดดาวัลย์ หวังพานิช. (2538). ระบบสื่อการสอน. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. (2536). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ :  
ศูนย์ส่งเสริมวิชา การ.
- สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น). (2542). ทำอย่างไรห้องปฏิบัติการสอบเทียบจึงได้รับการรับ  
รอง ตาม ISO/IEC Guide 25. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น). (2543). เอกสารประชาสัมพันธ์ จากอดีตถึงปัจจุบัน .  
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- สมาน พวงพุต. ( 2544). ศึกษาสภาพและปัญหาของหน่วยงานสอบเทียบเครื่องตรวจเครื่องวัด  
และเครื่องทดสอบที่ได้รับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการสอบเทียบ (ISO/IEC 17025).  
ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ: บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.  
ถ่ายเอกสาร.
- สันติ วิริยอรณกิจ. (2524). การสร้างคู่มือการสอนวิชางานไฟฟ้า 1 ( ง 101, ง102 ) ในหลักสูตร  
มัธยมศึกษา ตอนต้น พุทธศักราช 2521. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ:  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- เสาวนีย์ ลิกขาบัณฑิต. (2538). การเรียนการสอนรายบุคคล. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอม  
เกล้า พระนครเหนือ
- สุชาติ ศิริสุขไพบุรย์. (2523). การสร้างและวิเคราะห์คู่มือการสอนวิชาช่างยนต์ 1 ( ง203, ง204)  
ในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2541 โดยใช้วิธีการอย่างเป็นระบบ.  
วิทยานิพนธ์. ค.อ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- อนันท์ อนันตสมบูรณ์. (2544). การสร้างคู่มือ บำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองสำหรับ  
พนักงานช่างเทคนิค ของ ฝ่ายโทรศัพท์นครหลวง องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย.  
ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.  
ถ่ายเอกสาร.
- James, Stone. (1975, August). “The effect of Individualized Learning Activity Package in  
Mathematics on the Academic Achievement of Seven Grade Student in The  
Demopolis City School.” Dissertation Abstracts International. 36 : 609A.

ภาคผนวก

### ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

ตาราง 13 แสดงระดับวุฒิการศึกษาของพนักงานช่างสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

| คุณวุฒิ                     | ส่วนสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า (คน) |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| ปริญญาตรีด้านไฟฟ้า          | 6                                   |
| ปริญญาตรีด้านอิเล็กทรอนิกส์ | 3                                   |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง | 22                                  |
| รวม                         | 31                                  |

ตาราง 14 การฝึกงานการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า  
จำนวนช่างสอบเทียบ 31 คน ระยะเวลา ตั้งแต่เดือนตุลาคม-พฤศจิกายน 2546

| ช่างสอบเทียบคนที่ | วันเดือนปีและเวลาที่ปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าแต่ละชนิด |                         |                          |                         |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                   | มัลติมิเตอร์                                                      | ออสซิลโลสโคป            | เวลาและความถี่           | อุณหภูมิ                |
| 1                 | 1 ต.ค 46 8.00-10.00 น                                             | 2 ต.ค 46 13.00- 15.00 น | 3 ต.ค 46 15.05- 16.30 น  | 8 ต.ค 46 8.00-10.00 น   |
| 2                 | 1 ต.ค 46 10.05-12.00 น                                            | 2 ต.ค 46 15.05- 17.00 น | 6 ต.ค 46 8.00- 9.30 น    | 8 ต.ค 46 10.05-12.00 น  |
| 3                 | 1 ต.ค 46 13.00-15.00 น                                            | 3 ต.ค 46 8.00- 10.00 น  | 6 ต.ค 46 9.35- 11.00 น   | 8 ต.ค 46 13.00-15.00 น  |
| 4                 | 1 ต.ค 46 15.05-17.00 น                                            | 3 ต.ค 46 10.05- 12.00 น | 6 ต.ค 46 13.00- 14.30 น  | 8 ต.ค 46 15.05-17.00 น  |
| 5                 | 2 ต.ค 46 8.00-10.00 น                                             | 3 ต.ค 46 13.00- 15.00 น | 6 ต.ค 46 14.35- 16.00น   | 9 ต.ค 46 8.00-10.00 น   |
| 6                 | 1 ต.ค 46 8.00-10.00 น                                             | 2 ต.ค 46 13.00- 15.00 น | 6 ต.ค 46 16.05- 17.30น   | 9 ต.ค 46 10.05-12.00 น  |
| 7                 | 1 ต.ค 46 10.05-12.00 น                                            | 2 ต.ค 46 15.05- 17.00 น | 7 ต.ค 46 8.00- 9.30 น    | 9 ต.ค 46 13.00-15.00 น  |
| 8                 | 1 ต.ค 46 13.00-15.00 น                                            | 3 ต.ค 46 8.00- 10.00 น  | 7 ต.ค 46 9.35- 11.00 น   | 9 ต.ค 46 15.05-17.00 น  |
| 9                 | 1 ต.ค 46 15.05-17.00 น                                            | 3 ต.ค 46 10.05- 12.00 น | 7 ต.ค 46 13.00- 14.30 น  | 10 ต.ค 46 8.00-10.00 น  |
| 10                | 2 ต.ค 46 8.00-10.00 น                                             | 3 ต.ค 46 13.00- 15.00 น | 7 ต.ค 46 14.35- 16.00น   | 10 ต.ค 46 10.05-12.00 น |
| 11                | 13 ต.ค 46 8.00-10.00 น                                            | 14 ต.ค 46 8.00-10.00 น  | 15 ต.ค 46 8.00- 9.30 น   | 17 ต.ค 46 8.00-10.00 น  |
| 12                | 13 ต.ค 46 10.05-12.00 น                                           | 14 ต.ค 46 10.05-12.00 น | 15 ต.ค 46 9.35- 11.00 น  | 17 ต.ค 46 10.05-12.00 น |
| 13                | 13 ต.ค 46 13.00-15.00 น                                           | 14 ต.ค 46 13.00-15.00 น | 15 ต.ค 46 13.00- 14.30 น | 17 ต.ค 46 13.00-15.00 น |
| 14                | 13 ต.ค 46 15.05-17.00 น                                           | 14 ต.ค 46 15.05-17.00 น | 15 ต.ค 46 14.35- 16.00น  | 17 ต.ค 46 15.05-17.00 น |
| 15                | 13 ต.ค 46 8.00-10.00 น                                            | 14 ต.ค 46 8.00-10.00 น  | 16 ต.ค 46 8.00- 9.30 น   | 20 ต.ค 46 8.00-10.00 น  |
| 16                | 13 ต.ค 46 10.05-12.00 น                                           | 14 ต.ค 46 10.05-12.00 น | 16 ต.ค 46 9.35- 11.00 น  | 20 ต.ค 46 10.05-12.00 น |
| 17                | 13 ต.ค 46 13.00-15.00 น                                           | 14 ต.ค 46 13.00-15.00 น | 16 ต.ค 46 13.00- 14.30 น | 20 ต.ค 46 13.00-15.00 น |
| 18                | 21 ต.ค 46 8.00-10.00 น                                            | 22 ต.ค 46 8.00-10.00 น  | 24 ต.ค 46 8.00- 9.30 น   | 28 ต.ค 46 8.00-10.00 น  |
| 19                | 21 ต.ค 46 10.05-12.00 น                                           | 22 ต.ค 46 10.05-12.00 น | 24 ต.ค 46 9.35- 11.00 น  | 28 ต.ค 46 10.05-12.00 น |
| 20                | 21 ต.ค 46 13.00-15.00 น                                           | 22 ต.ค 46 13.00-15.00 น | 24 ต.ค 46 13.00- 14.30 น | 28 ต.ค 46 13.00-15.00 น |
| 21                | 21 ต.ค 46 15.05-17.00 น                                           | 22 ต.ค 46 15.05-17.00 น | 24 ต.ค 46 14.35- 16.00น  | 28 ต.ค 46 15.05-17.00 น |
| 22                | 21 ต.ค 46 8.00-10.00 น                                            | 22 ต.ค 46 8.00-10.00 น  | 27 ต.ค 46 8.00- 9.30 น   | 29 ต.ค 46 8.00-10.00 น  |
| 23                | 21 ต.ค 46 10.05-12.00 น                                           | 22 ต.ค 46 10.05-12.00 น | 27 ต.ค 46 9.35- 11.00 น  | 29 ต.ค 46 10.05-12.00 น |
| 24                | 21 ต.ค 46 13.00-15.00 น                                           | 22 ต.ค 46 13.00-15.00 น | 27 ต.ค 46 13.00- 14.30 น | 29 ต.ค 46 13.00-15.00 น |
| 25                | 21 ต.ค 46 15.05-17.00 น                                           | 22 ต.ค 46 15.05-17.00 น | 27 ต.ค 46 14.35- 16.00น  | 29 ต.ค 46 15.05-17.00 น |
| 26                | 30 ต.ค 46 8.00-10.00 น                                            | 31 ต.ค 46 8.00-10.00 น  | 3 พ.ย 46 8.00- 9.30 น    | 5 พ.ย 46 8.00-10.00 น   |
| 27                | 30 ต.ค 46 10.05-12.00 น                                           | 31 ต.ค 46 10.05-12.00 น | 3 พ.ย 46 9.35- 11.00 น   | 5 พ.ย 46 10.05-12.00 น  |
| 28                | 30 ต.ค 46 13.00-15.00 น                                           | 31 ต.ค 46 13.00-15.00 น | 3 พ.ย 46 13.00- 14.30 น  | 5 พ.ย 46 13.00-15.00 น  |
| 29                | 30 ต.ค 46 8.00-10.00 น                                            | 31 ต.ค 46 8.00-10.00 น  | 4 พ.ย 46 8.00- 9.30 น    | 6 พ.ย 46 8.00-10.00 น   |
| 30                | 30 ต.ค 46 10.05-12.00 น                                           | 31 ต.ค 46 10.05-12.00 น | 4 พ.ย 46 9.35- 11.00 น   | 6 พ.ย 46 10.05-12.00 น  |
| 31                | 30 ต.ค 46 13.00-15.00 น                                           | 31 ต.ค 46 13.00-15.00 น | 4 พ.ย 46 13.00- 14.30 น  | 6 พ.ย 46 13.00-15.00 น  |

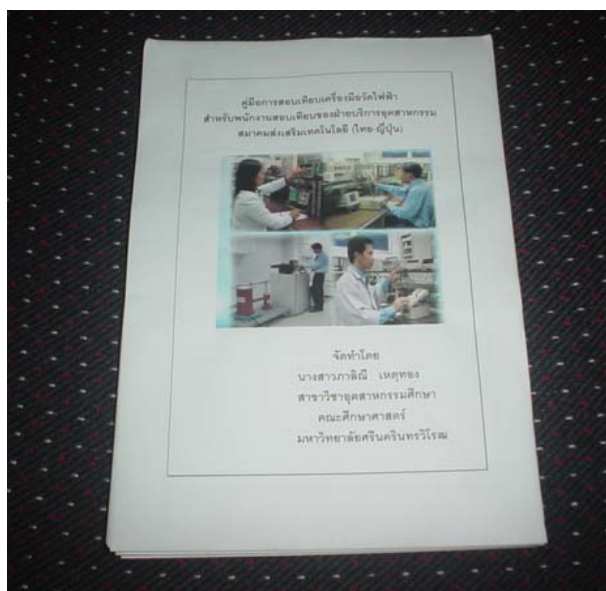
หมายเหตุ แบบทดสอบก่อนการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า เดือนกันยายน 2546  
แบบทดสอบหลังการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า เดือนพฤศจิกายน 2546



### ขั้นตอนการดำเนินการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มีดังนี้

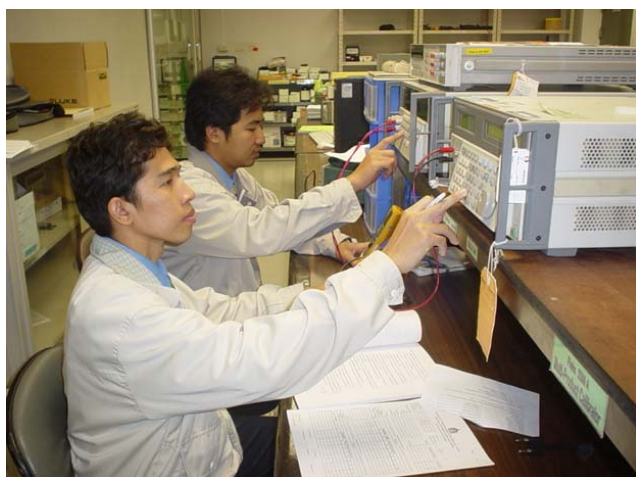
สถานที่ดำเนินการ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

#### 1. คู่มือการสอบเทียบที่สร้างขึ้นโดยสมบูรณ์



ภาพประกอบ 33 คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

#### 2. นำคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มาทดลองกับช่างสอบเทียบเครื่องมือวัด จำนวน 31 คน



ภาพประกอบ 34 ช่างสอบเทียบทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าตามขั้นตอนในคู่มือ

3. ในการสอบเทียบแต่ละครั้งจะมีผู้ควบคุมการปฏิบัติงานสอบเทียบควบคุมจนจบขั้นตอนการสอบเทียบ



ภาพประกอบ 35 ผู้ควบคุมการปฏิบัติงานสอบเทียบควบคุมจนจบขั้นตอนการสอบเทียบ

## **ภาคผนวก ข**

หนังสือเชิญ (ไม่มีข้อมูลในแผ่น) หน้า 110 – 113

## ภาคผนวก ค

แบบประเมินในการวิจัย

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยสำหรับผู้เชี่ยวชาญ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| เรื่อง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| การพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| คำชี้แจงในการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1. แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เป็นแบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินดังต่อไปนี้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1.1 เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.2 เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1.3 เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ของแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1.4 เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามความคิดเห็น                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2. ขอความกรุณาให้ท่านผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในข้อ 1 เพื่อเป็นการรวบรวมผลการพิจารณาตามรายการที่เสนอไว้ในเครื่องมือว่ามีความถูกต้องและครบถ้วนในเชิงเนื้อหาที่นำเสนอเพียงไร ผู้วิจัยจะได้นำมาปรับปรุงแก้ไขในการที่จะนำไปใช้เป็นคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ                                                                                                                                                                                                                          |
| 3. ผลการพิจารณาในแบบประเมินฯ จะใช้เฉพาะในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลการพิจารณาของท่านไปหาค่าดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหาของคู่มือสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานและแบบสอบถามความคิดเห็น โดยผลการพิจารณาของท่านจะไม่มีผลกระทบต่อกรปฏิบัติงานของท่านแต่ประการใด จึงขอความกรุณาท่านผู้พิจารณาได้โปรดพิจารณาให้ครบตามวัตถุประสงค์ และประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาในแบบประเมินให้ครบทุกข้อ ทั้งนี้เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล และมีคุณค่าอย่างยิ่งของงานวิจัยครั้งนี้ |
| ขอขอบพระคุณผู้พิจารณาแบบประเมินทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ท่านได้สละเวลาในการพิจารณาแบบประเมินมา ณ โอกาสนี้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| นางสาวภาลณี เหตุทอง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| นิสิตปริญญาโท มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ผู้วิจัย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

| <p><b>คำแนะนำ</b> แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของคู่มือ มีทั้งหมดจำนวน 25 ข้อ กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องผลการพิจารณาที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านเพียงข้อละ 1 ช่อง โดยผู้วิจัยได้แบ่งระดับผลการพิจารณาเป็น 3 ระดับ คือ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ และไม่เห็นด้วย</p> |                                                                                                                                                                   |              |          |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|-------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                   |              |          |             |
| ลำดับ<br>ที่                                                                                                                                                                                                                                                        | รายการเนื้อหาที่จะประเมิน                                                                                                                                         | ผลการพิจารณา |          |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                   | เห็นด้วย     | ไม่แน่ใจ | ไม่เห็นด้วย |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>คำนำชี้แจงความเป็นมาของการพัฒนาคู่มือได้ชัดเจนสมบูรณ์</p> <p>ข้อที่ควรแก้ไข</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม</p> <p>.....</p> <p>.....</p> | .....        | .....    | .....       |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>สารบัญมีหัวข้อครบถ้วนสมบูรณ์</p> <p>ข้อที่ควรแก้ไข</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม</p> <p>.....</p> <p>.....</p>                          | .....        | .....    | .....       |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>เนื้อหาในแต่ละบทบอกรายละเอียดได้ชัดเจน</p> <p>ข้อที่ควรแก้ไข</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม</p> <p>.....</p> <p>.....</p>                | .....        | .....    | .....       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                   |              |          |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                   |              |          |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                   |              |          |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                   |              |          |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                   |              |          |             |

[illegible]

| ลำดับ<br>ที่ | รายการเนื้อหาที่จะประเมิน                                                                                                                                                                                        | ผลการพิจารณา |          |             |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|-------------|
|              |                                                                                                                                                                                                                  | เห็นด้วย     | ไม่แน่ใจ | ไม่เห็นด้วย |
| 7            | <b>บทที่ 2 นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่<br/>จำเป็นในการสอบเทียบ</b><br>อธิบายนิยามศัพท์ทางด้านวิทยาได้อย่างชัดเจน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>.....                  |              |          |             |
| 8            | อธิบายคำศัพท์ต่างๆที่ใช้ในการสอบเทียบ<br>มาตรฐานเครื่องมือวัดได้ถูกต้อง<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>.....                                                             |              |          |             |
| 9            | <b>บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานสอบเทียบ<br/>เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b><br>อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ DC<br>Voltage ได้ครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>..... |              |          |             |
|              |                                                                                                                                                                                                                  |              |          |             |
|              |                                                                                                                                                                                                                  |              |          |             |
|              |                                                                                                                                                                                                                  |              |          |             |



| ลำดับ<br>ที่ | รายการเนื้อหาที่จะประเมิน                                                                                                             | ผลการพิจารณา |          |             |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|-------------|
|              |                                                                                                                                       | เห็นด้วย     | ไม่แน่ใจ | ไม่เห็นด้วย |
| 10           | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ AC Voltage ได้ครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>..... | .....        | .....    | .....       |
| 11           | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ DC Current ได้ครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>..... | .....        | .....    | .....       |
| 12           | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ AC Current ได้ครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>..... | .....        | .....    | .....       |
|              |                                                                                                                                       |              |          |             |
|              |                                                                                                                                       |              |          |             |
|              |                                                                                                                                       |              |          |             |
|              |                                                                                                                                       |              |          |             |
|              |                                                                                                                                       |              |          |             |



| ลำดับ<br>ที่ | รายการเนื้อหาที่จะประเมิน                                                                                                                                | ผลการพิจารณา |             |          |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|----------|
|              |                                                                                                                                                          | เห็นด้วย     | ไม่เห็นด้วย | ไม่แน่ใจ |
| 16           | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ<br>เครื่องวัดเวลาได้ครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>.....              | .....        | .....       | .....    |
| 17           | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ RTD<br>ได้ครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>.....                        | .....        | .....       | .....    |
| 18           | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ TC ได้<br>ครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>.....                        | .....        | .....       | .....    |
| 19           | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ<br>เครื่องมือทั้ง 10 ชนิดได้อย่างครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>..... | .....        | .....       | .....    |
| ลำดับ        | รายการเนื้อหาที่จะประเมิน                                                                                                                                | ผลการพิจารณา |             |          |

| ที่ |                                                                                                                                                                                                                                                    | เห็นด้วย | ไม่แน่ใจ | ไม่เห็นด้วย |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-------------|
| 20  | <b>บทที่ 4 การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b><br>อธิบายการประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>.....                             | .....    | .....    | .....       |
| 21  | อธิบายการรายงานผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้อย่างครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>.....                                                                                                      | .....    | .....    | .....       |
| 22  | <b>บทที่ 5 การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b><br>อธิบายการควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>..... | .....    | .....    | .....       |
|     |                                                                                                                                                                                                                                                    |          |          |             |
|     |                                                                                                                                                                                                                                                    |          |          |             |

| ลำดับ<br>ที่ | รายการเนื้อหาที่จะประเมิน                                                                                                                                                                                                                                                                               | ผลการพิจารณา |          |             |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|-------------|
|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | เห็นด้วย     | ไม่แน่ใจ | ไม่เห็นด้วย |
| 23           | อธิบายเนื้อหาในการประกันคุณภาพได้ครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>.....                                                                                                                                                                                   |              |          |             |
|              | <b>บทที่ 6 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b><br>.....<br>.....                                                                                                                                                                                           |              |          |             |
| 24           | อธิบายการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>.....                                                                                                                               |              |          |             |
| 25           | <b>บทที่ 7 มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ</b><br>อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับมอก. 17025-2543<br>ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ได้ครบถ้วน<br>ข้อที่ควรแก้ไข<br>.....<br>.....<br>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม<br>.....<br>..... |              |          |             |



## แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ

### เรื่อง

การพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ  
ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)

### คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบเพื่อการวิจัย มีจุดมุ่งหมายเพื่อการทดสอบความรู้ความเข้าใจ ของพนักงานช่างสอบเทียบเกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ก่อนการ **ใช้คู่มือ** การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของ ฝ่าย บริการ อุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น )
2. ผลการทำแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ ผู้วิจัยจะนำผลการทดสอบไปวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของคู่มือเพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัยและจะไม่มีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานของท่านแต่ประการใด จึงขอความกรุณาท่านผู้ตอบแบบทดสอบ พิจารณาตอบแบบทดสอบ โดยวงกลมล้อมรอบคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดให้ครบทุกข้อ ทั้งนี้เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลและมีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการวิจัยครั้งนี้
3. แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ก่อนการใช้คู่มือ มีทั้งหมดจำนวน 25 ข้อ กรุณาวงกลมล้อมรอบคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวเท่านั้น ขอขอบพระคุณผู้ตอบแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ท่านได้สละเวลา พิจารณาตอบแบบทดสอบมา ณ โอกาสนี้

นางสาวภาลณี เหตุทอง  
นิสิตปริญญาโท มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ผู้วิจัย

- 1) ระดับที่ซึ่งเครื่องมือวัดสามารถรู้สึกถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่กำลังวัดได้เป็นที่รู้จักกันในคำว่า
  - ก. bias
  - ข. resolution
  - ค. Sensitivity
  - ง. Drift
  - จ. Random
- 2) อัตราส่วนของค่าผิดพลาดของความเผลอของชิ้นงานกับค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัด โดยทั่วไปควรมีค่าเท่ากับเท่าใด
  - ก. 4 : 1
  - ข. 10 : 1
  - ค. 25 : 1
  - ง. 5 : 1
  - จ. 8 : 1
- 3) \_\_\_\_\_ คือค่าปรับแก้โดยรวมของเครื่องมือวัด
  - ก. Resolution
  - ข. Accuracy
  - ค. Ratio factor
  - ง. Correction
  - จ. Sensitivity
- 4) ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยการอ่านในมุมที่ไม่ถูกต้องระหว่างเข็มชี้ค่า และขีดบนหน้าปัดมีเรียกว่า
  - ก. Deviation
  - ข. instrument error
  - ค. resolution error
  - ง. parallax error
  - จ. misrecording error
- 5) \_\_\_\_\_ คือค่าที่ได้จากการนำค่าเฉลี่ยที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดลบด้วยค่าจริง (Conventional True value)
  - ก. Parallax error
  - ข. Accuracy
  - ค. Instrument error
  - ง. Random error
  - จ. Specification error



- 6) ผลดีของการได้รับการรับรอง มอก. 17025-2543 คือข้อใด
- ใบรายงานที่ออกโดยห้องปฏิบัติการได้รับการยอมรับ โดยไม่ต้องสอบเทียบซ้ำ
  - รักษาระดับคุณภาพในทุกด้าน เช่น ความถูกต้องแม่นยำ ความรวดเร็วและการบริการในทุกกิจกรรม
  - จะดำเนินกิจกรรมการสอบเทียบให้สนองต่อความพึงพอใจของลูกค้า
  - มุ่งพัฒนาให้บริการที่เป็นเลิศ
  - ให้บริการเฉพาะการสอบเทียบและปรับเทียบตามความต้องการของผู้ใช้บริการ
- 7) Traceability หมายถึง
- ความสามารถในการยืนยันผลการสอบเทียบ
  - ความเบี่ยงเบนของผลการสอบเทียบ
  - ความสามารถในการสอบย้อนเครื่องมือไปถึงมาตรฐานแห่งชาติหรือนานาชาติ
  - ความเชื่อมั่นในระบบคุณภาพที่เกี่ยวกับมาตรวิทยา
  - ความสามารถในการแสดงค่าที่ดีที่สุดของการวัด
- 8) การแจกแจงความน่าจะเป็นของ Source of Uncertainty ของค่า Specification ของเครื่องมือเป็นการแจกแจงแบบใด
- Normal Distribution
  - Rectangular Distribution
  - Triangular Distribution
  - Frequency Distribution
  - Precision Distribution
- 9) ศูนย์สอบเทียบของ สสท. ออกรายงานแสดงค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่ความเชื่อมั่นที่เปอร์เซ็นต์ และค่า k เท่ากับเท่าใด (ในกรณีแจกแจงปกติ)
- 99%  $k = 3$
  - 95%  $k = 2.5$
  - 95.5  $k = 3$
  - 95%  $k = 2$
  - 99.5 %  $k = 4$
- 10) ข้อใดไม่จำเป็นต้องมีในใบรายงานผลการสอบเทียบ
- สภาวะแวดล้อม
  - บุคคลที่ทำการสอบเทียบ
  - ตัวมาตรฐานการวัด
  - วิธีการสอบเทียบที่ใช้
  - ที่ตั้งของห้องปฏิบัติการ

- 11) ข้อใดไม่มีในขั้นตอนการดำเนินงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ?
- ขั้นตอนการรับเครื่องมือมีคุณภาพ
  - การเตรียมเครื่องมือวัดและอุปกรณ์มาตรฐานเพื่อการสอบเทียบ
  - การออกใบรายงานผลการสอบเทียบ
  - การปรับแต่งเครื่องมือวัดที่อ่านไม่ได้ตามเกณฑ์
  - การตรวจสอบเครื่องมือลูกค้า
- 12) ข้อใดไม่มีในระบบควบคุมคุณภาพ ?
- การควบคุมคุณภาพ
  - การควบคุมเอกสาร
  - การทบทวนคำขอใช้บริการ
  - การออกไปรับรอง
  - การจัดจ้างหน่วยงานสอบเทียบ
- 13) Verification มีความหมายว่าอย่างไร ?
- ความแม่นยำในการวัด
  - ความไม่แน่นอนในการวัด
  - การยืนยันโดยการตรวจสอบและมีหลักฐานแสดงว่าเป็นไปตามข้อกำหนด
  - การสอบกลับได้ของการวัด
  - ความเที่ยงตรงในการวัด
- 14) ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ type I รักษาอุณหภูมิที่เท่าใด ?
- $23 \pm 4^{\circ}\text{C}$
  - $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$
  - $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$
  - $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$
  - $25 \pm 0^{\circ}\text{C}$
- 15) ข้อแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้ามีอ้างอิงในเอกสารฉบับใด ?
- EAL-30G
  - EA-10/15
  - EA-10/20
  - EA-10/5
  - EA-10/16

- 16) ข้อใดไม่ใช่ประเภทของการสอบเทียบ ?
- การสอบเทียบเพื่อตรวจสอบลักษณะการทำงานของเครื่องมือวัด
  - การสอบเทียบเพื่อต้องการทราบข้อมูลของเครื่องมือวัด
  - การสอบเทียบเพื่อมุ่งหาค่าแก้
  - การสอบเทียบเพื่อต้องการใบรายงานผล
  - การสอบเทียบเพื่อปรับแต่ง
- 17) ในกรณีระบบการแก้ไขใบบันทึกผลการสอบเทียบ ห้องปฏิบัติการมีหลักปฏิบัติในการแก้ไขอย่างไร
- หากมีการแก้ไขให้ขีดเส้นและให้ลงนามกำกับ
  - การแก้ไขทำเป็นขั้นตอน และกำหนดผู้อนุมัติด้วย
  - การแก้ไขต้องจัดพิมพ์
  - การแก้ไขให้เขียนเส้น 2 ครั้งและลงนามกำกับ
  - การแก้ไขโดยให้หัวหน้าเซ็นกำกับ
- 18) เหตุผลใดที่มีการรับตัวอย่าง ต้องมีการชี้แจงในการรับตัวอย่างชัดเจน
- เพื่อมิให้ตัวอย่างสับสน ขณะที่ตัวอย่างอยู่ในห้องปฏิบัติการ
  - เพื่อเป็นเครื่องมือในการบันทึก
  - เพื่อการขนส่ง ขนย้ายตัวอย่างเข้าและออกจากห้องปฏิบัติการ
  - การขนย้ายตัวอย่างออกในห้องสอบเทียบ
  - ถูกทุกข้อ
- 19) เพื่อรายงานผลการสอบเทียบผิดพลาด และได้ส่งผลให้ลูกค้า ห้องปฏิบัติการจะแก้ไขโดย
- ออกใบรับรองใหม่ เอาใบรับรองเก่าคืนแล้วทำลาย
  - เรียกใบรายงานเดิมกลับ และออกใบรายงานใหม่
  - ออกใบรายงานใหม่ไปให้ โดยไม่ต้องเอาใบเก่าคืน
  - เรียกใบรายงานเดิมกลับ และเขียนแก้ และเซ็นชื่อกำกับ
  - ออกใบรายงานผลเสริมใบรายงานเดิม
- 20) จงเลือกความหมายที่ถูกต้องที่สุด ของคำว่า “ความไม่แน่นอนในการวัด” (Uncertainty of Measurement )
- ความไม่แน่นอนของการวัดที่น้อยที่สุดที่ห้องปฏิบัติการสามารถทำได้
  - การประมาณค่าพิสัยที่ต้องการวัด
  - การประมาณบอกลักษณะในพิสัยของค่า ซึ่งครอบคลุมค่าจริงของปริมาณที่วัด
  - ความเชื่อมั่นในผลของการวัดที่บอกลักษณะค่าผิดพลาดในเชิงปริมาณ
  - ผลการวัดเครื่องมือวัด

- 21) ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านไฟฟ้า สภาวะแวดล้อมที่ใช้ควบคุมเป็นเท่าไร
- $20 \pm 2^{\circ}\text{C} / 50 \pm 10\%$
  - $23 \pm 2^{\circ}\text{C} / 50 \pm 10\%$
  - $23 \pm 3^{\circ}\text{C} / 50 \pm 20\%$
  - $25 \pm 2^{\circ}\text{C} / 50 \pm 10\%$
  - $25 \pm 3^{\circ}\text{C} / 50 \pm 20\%$
- 22) จงทำการ Combine Uncertainty  $U_a = \pm 0.02$ ,  $U_{b1} = \pm 0.06$ ,  $U_{b2} = \pm 0.03$   $U_c =$  เท่าไร
- $\pm 0.04$
  - $\pm 0.05$
  - $\pm 0.06$
  - $\pm 0.07$
  - $\pm 0.08$
- 23) Meter ตัวหนึ่งระบุ Specification ไว้ที่  $\pm (0.5\% \text{ of Range} + 3 \text{ Count})$  ที่ Range 100 V Resolution = 0.1 mV ถามว่า Meter ตัวนี้มี Accuracy กี่ mV
- 600.0 mV
  - 500.1 mV
  - 503.0 mV
  - 400.2 mV
  - 450.1 mV
- 24) ทำการวัด DC current 5 ครั้ง ให้ค่าดังต่อไปนี้
- 10.05 mA : 10.02 mA : 10.08 mA : 10.04 mA : 10.06 mA จงหาค่าเฉลี่ย (mean)
- 10.05 mA
  - 10.03 mA
  - 10.08 mA
  - 10.06 mA
  - 10.02 mA
- 25) จากข้อ 24 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( Standard Deviation ) มีค่าเท่ากับเท่าใด
- 0.027
  - 0.029
  - 0.026
  - 0.025
  - 0.023

## แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ

### เรื่อง

การพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ  
ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)

### คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบเพื่อการวิจัย มีจุดมุ่งหมายเพื่อการทดสอบความรู้ความเข้าใจ ของพนักงานช่างสอบเทียบเกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า หลังการใช้คู่มือ การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของ ฝ่าย บริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)
2. ผลการทำแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ ผู้วิจัยจะนำผลการทดสอบไปวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของคู่มือเพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัยและจะไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของ ท่านแต่ประการใด จึงขอความกรุณาท่านผู้ตอบแบบทดสอบ พิจารณาตอบแบบทดสอบ โดยวงกลมล้อมรอบคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดให้ครบทุกข้อ ทั้งนี้เพื่อความสมบูรณ์ของ ข้อมูลและมีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการวิจัยครั้งนี้
3. แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ก่อนการใช้คู่มือ มีทั้งหมดจำนวน 25 ข้อ กรุณาวางกลมล้อมรอบคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวเท่านั้น ขอขอบพระคุณผู้ตอบแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ท่านได้สละเวลา พิจารณาตอบแบบทดสอบมา ณ โอกาสนี้

นางสาวภาลณี เหตุทอง  
นิสิตปริญญาโท มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ผู้วิจัย

- 1) ระดับที่ซึ่งเครื่องมือวัดสามารถรู้สึกถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่กำลังวัดได้เป็นที่รู้จักกันในคำว่า
  - ก. Drift
  - ข. resolution
  - ค. Sensitivity
  - ง. bias
  - จ. Random
- 2) อัตราส่วนของค่าผิดพลาดความเผลอของชิ้นงานกับค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัด โดยทั่วไปควรมีค่าเท่ากับเท่าใด
  - ก. 8 : 1
  - ข. 25 : 1
  - ค. 10 : 1
  - ง. 5 : 1
  - จ. 4 : 1
- 3) \_\_\_\_\_ คือค่าปรับแก้โดยรวมของเครื่องมือวัด
  - ก. Accuracy
  - ข. Resolution
  - ค. Ratio factor
  - ง. Correction
  - จ. Sensitivity
- 4) ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยการอ่านในมุมที่ไม่ถูกต้องระหว่างเข็มชี้ค่า และขีดบนหน้าปัดมีเรียกว่า
  - ก. parallax error
  - ข. instrument error
  - ค. misrecording error
  - ง. resolution error
  - จ. Deviation
- 5) \_\_\_\_\_ คือค่าที่ได้จากการนำค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดลบด้วยค่าจริง (True value)
  - ก. Accuracy
  - ข. Parallax error
  - ค. Specification error
  - ง. Instrument error
  - จ. Random error

- 6) ผลดีของการได้รับการรับรอง มอก. 17025-2543 คือข้อใด
- ใบรายงานที่ออกโดยห้องปฏิบัติการได้รับการยอมรับ โดยไม่ต้องสอบเทียบซ้ำ ๆ
  - รักษาระดับคุณภาพในทุกด้าน เช่น ความถูกต้องแม่นยำ ความรวดเร็วและการบริการในทุกกิจกรรม
  - จะดำเนินกิจกรรมการสอบเทียบให้สนองต่อความพึงพอใจของลูกค้า
  - มุ่งพัฒนาให้บริการที่เป็นเลิศ
  - ให้บริการเฉพาะการสอบเทียบและปรับเทียบตามความต้องการของผู้ใช้บริการ
- 7) Traceability หมายถึง
- ความสามารถในการแสดงค่าที่ดีที่สุดของการวัด
  - ความเบี่ยงเบนของผลการสอบเทียบ
  - ความเชื่อมั่นในระบบคุณภาพที่เกี่ยวกับมาตรวิทยา
  - ความสามารถในการสอบย้อนเครื่องมือไปถึงมาตรฐานแห่งชาติหรือนานาชาติ
  - ความสามารถในการยืนยันผลการสอบเทียบ
- 8) การแจกแจงของ Source of Uncertainty ของค่า Specification ของเครื่องมือเป็นการแจกแจงแบบใด
- Rectangular Distribution
  - Normal Distribution
  - Precision Distribution
  - Frequency Distribution
  - Triangular Distribution
- 9) ศูนย์สอบเทียบของ สสท. ออกรายงานแสดงค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่ความเชื่อมั่นที่เปอร์เซ็นต์ และค่า k เท่ากับเท่าใด
- 99.5%  $k = 4$
  - 95%  $k = 2$
  - 95.5  $k = 3$
  - 95%  $k = 2.5$
  - 99 %  $k = 3$
- 10) ข้อใดไม่จำเป็นต้องมีในใบรายงานผลการสอบเทียบ
- ที่ตั้งของห้องปฏิบัติการ
  - บุคคลที่ทำการสอบเทียบ
  - ตัวมาตรฐานการวัด
  - ตัวมาตรฐานการวัด
  - สภาวะแวดล้อม

- 11) ข้อใดไม่มีในขั้นตอนการดำเนินงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ?
- ก. ขั้นตอนการรับเครื่องมือมีคุณภาพ
  - ข. การเตรียมเครื่องมือวัดและอุปกรณ์มาตรฐานเพื่อการสอบเทียบ
  - ค. การออกใบรายงานผลการสอบเทียบ
  - ง. การปรับแต่งเครื่องมือวัดที่อ่านไม่ได้ตามเกณฑ์
  - จ. การตรวจสอบเครื่องมือลูกค้า
- 12) ข้อใดไม่มีในระบบควบคุมคุณภาพ ?
- ก. การควบคุมคุณภาพ
  - ข. การควบคุมเอกสาร
  - ค. การทบทวนคำขอใช้บริการ
  - ง. การออกไปรับรอง
  - จ. การจ้างเหมาช่วงงานสอบเทียบ
- 13) Verification มีความหมายว่าอย่างไร ?
- ก. ความแม่นยำในการวัด
  - ข. ความไม่แน่นอนในการวัด
  - ค. การยืนยันโดยการตรวจสอบและมีหลักฐานแสดงว่าเป็นไปตามข้อกำหนด
  - ง. การสอบกลับได้ของการวัด
  - จ. ความเที่ยงตรงในการวัด
- 14) ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ type I รักษาอุณหภูมิที่เท่าใด ?
- ก.  $23 \pm 4^{\circ}\text{C}$
  - ข.  $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$
  - ค.  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$
  - ง.  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$
  - จ.  $25 \pm 0^{\circ}\text{C}$
- 15) ข้อแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้ามีอ้างอิงในเอกสารฉบับใด ?
- ก. EAL-30G
  - ข. EA-10/15
  - ค. EA-10/20
  - ง. EA-10/5
  - จ. EA-10/16



- 16) ข้อใดไม่ใช่ประเภทของการสอบเทียบ ?
- ก. การสอบเทียบเพื่อตรวจสอบลักษณะการทำงานของเครื่องมือวัด
  - ข. การสอบเทียบเพื่อต้องการทราบข้อมูลของเครื่องมือวัด
  - ค. การสอบเทียบเพื่อมุ่งหาค่าแก้
  - ง. การสอบเทียบเพื่อต้องการใบรายงานผล
  - จ. การสอบเทียบเพื่อปรับแต่ง
- 17) ในกรณีระบบการแก้ไขใบบันทึกผลการสอบเทียบ ห้องปฏิบัติการมีหลักปฏิบัติในการแก้ไขอย่างไร
- ก. การแก้ไขโดยให้หัวหน้าเซ็นกำกับ
  - ข. การแก้ไขทำเป็นขั้นตอน และกำหนดผู้อนุมัติด้วย
  - ค. การแก้ไขให้เขียนเส้น 2 ครั้งและลงนามกำกับ
  - ง. การแก้ไขต้องจัดพิมพ์
  - จ. หากมีการแก้ไขให้ขีดเส้นและให้ลงนามกำกับ
- 18) เหตุผลใดที่มีการรับตัวอย่าง ต้องมีการชั่งในการรับตัวอย่างชัดเจน
- ก. เพื่อมิให้ตัวอย่างสับสน ขณะที่ตัวอย่างอยู่ในห้องปฏิบัติการ
  - ข. การขนย้ายตัวอย่างออกในห้องสอบเทียบ
  - ค. เพื่อการขนส่ง ขนย้ายตัวอย่างเข้าและออกจากห้องปฏิบัติการ
  - ง. เพื่อเป็นเครื่องมือในการบันทึก
  - จ. ถูกทุกข้อ
- 19) เพื่อรายงานผลการสอบเทียบผิดพลาด และได้ส่งผลให้ลูกค้า ห้องปฏิบัติการจะแก้ไขโดย
- ก. ออกใบรายงานใหม่ไปให้ โดยไม่ต้องเอาใบเก่าคืน
  - ข. เรียกใบรายงานเดิมกลับ และออกใบรายงานใหม่
  - ค. ออกใบรับรองใหม่ เอาใบรับรองเก่าคืนแล้วทำลาย
  - ง. เรียกใบรายงานเดิมกลับ และเขียนแก้ และเซ็นชื่อกำกับ
  - จ. ออกใบรายงานผลเสริมใบรายงานเดิม
- 20) จงเลือกความหมายที่ถูกต้องที่สุด ของคำว่า “ความไม่แน่นอนในการวัด” (Uncertainty of Measurement )
- ก. การประมาณค่าพิสัยที่ต้องการ
  - ข. วัดความไม่แน่นอนของการวัดที่น้อยที่สุดที่ห้องปฏิบัติการสามารถทำได้
  - ค. ผลการวัดเครื่องมือวัด
  - ง. การประมาณบอกลักษณะในพิสัยของค่า ซึ่งครอบคลุมค่าจริงของปริมาณที่วัด
  - จ. ความเชื่อมั่นในผลของการวัดที่บอกลักษณะค่าผิดพลาดในเชิงปริมาณ

- 21) ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านไฟฟ้า สภาวะแวดล้อมที่ใช้ควบคุมเป็นเท่าไร
- $25 \pm 3^{\circ}\text{C} / 50 \pm 20\%$
  - $25 \pm 2^{\circ}\text{C} / 50 \pm 10\%$
  - $23 \pm 2^{\circ}\text{C} / 50 \pm 10\%$
  - $23 \pm 3^{\circ}\text{C} / 50 \pm 20\%$
  - $20 \pm 23^{\circ}\text{C} / 50 \pm 10\%$
- 22) จงทำการ Combine Uncertainty  $U_a = \pm 0.02$ ,  $U_{b1} = \pm 0.06$ ,  $U_{b2} = \pm 0.03$   $U_c =$  เท่าไร
- $\pm 0.08$
  - $\pm 0.06$
  - $\pm 0.07$
  - $\pm 0.05$
  - $\pm 0.04$
- 23) Meter ตัวหนึ่งระบุ Specification ไว้ที่  $\pm (0.5\% \text{ of Range} + 3 \text{ Count})$  ที่ Range 100 V Resolution = 0.1 mV ถามว่า Meter ตัวนี้มี Accuracy กี่ mV
- 500.1 mV
  - 600.3 mV
  - 400.2 mV
  - 450.0 mV
  - 503.1 mV
- 24) ทำการวัด DC current 5 ครั้ง ให้ค่าดังต่อไปนี้
- 10.05 mA : 10.02 mA : 10.08 mA : 10.04 mA : 10.06 mA จงหาค่าเฉลี่ย (mean)
- 10.06 mA
  - 10.05 mA
  - 10.03 mA
  - 10.02 mA
  - 10.08 mA
- 25) จากข้อ 24 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( Standard Deviation ) มีค่าเท่ากับเท่าใด
- 0.025
  - 0.023
  - 0.027
  - 0.026
  - 0.029

เฉลยข้อสอบหลังการใช้คู่มือ

1. ค
2. จ
3. ก
4. ก
5. ง
6. ข
7. ง
8. ก
9. ข
10. ก
11. จ
12. ง
13. ค
14. ง
15. ข
16. ง
17. จ
18. ก
19. จ
20. จ
21. ค
22. ค
23. จ
24. ข
25. ก

**แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบ**  
**โดยพนักงานช่างสอบเทียบเป็นผู้ประเมิน**  
**เรื่อง**  
**การพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ**  
**ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)**

**คำชี้แจง**

1. แบบประเมินฉบับนี้เป็นแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบโดยพนักงานช่างสอบเทียบเป็นผู้ประเมิน มีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการทราบค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ
2. ผลการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยจะทำผลการประเมินไปวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของคู่มือ เพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัยและจะไม่มีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานของท่านแต่ประการใด จึงขอความกรุณาท่านผู้ตอบแบบประเมิน พิจารณาแบบประเมินตามรายการที่ท่านสามารถดำเนินการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าให้ครบทุกข้อทั้งนี้เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลและมีคุณค่าอย่างยิ่งของการวิจัยครั้งนี้
3. แบบประเมินฉบับนี้มีทั้งหมด 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ความสามารถในระหว่างปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบทมีทั้งหมดจำนวน 50 ข้อ

ตอนที่ 2 ความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบท มีทั้งหมดจำนวน 7 ข้อ

ขอขอบพระคุณผู้ตอบแบบประเมินความสามารถปฏิบัติทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ท่านได้สละเวลาในการพิจารณาตอบแบบประเมินมา ณ โอกาสนี้

นางสาวภาลิณี เหตุทอง  
 นิสิตปริญญาโท มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
 ผู้วิจัย

**ตอนที่ 1** ความสามารถในระหว่างปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท

**คำชี้แจง** โปรดพิจารณาแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ตามรายการที่ท่านสามารถดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความสามารถหลังรายการนั้น ๆ

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า                             | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                                           | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 1        | บทที่ 1 แนวคิดและหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า                                     |                 |       |         |       |            |
|          | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกแนวคิดและหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้              | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 2        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้         | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 3        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความสำคัญของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 4        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความเป็นมาของการบริการสอบเทียบของ สสท. ได้                    | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 5        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกประเภทของการสอบเทียบของเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้                  | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 6        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกสภาวะแวดล้อมและขั้นตอนการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือ<br>การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า                                                                                                  | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                                                                                                                    | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 7        | บทที่ 2 นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า<br><br>พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Calibration ได้                     | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 8        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Verification ได้                                                                                                           | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 9        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Accuracy ได้                                                                                                               | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 10       | พนักงานช่างสอบเทียบบอกความหมายของ Uncertainty ได้                                                                                                                  | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 11       | บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า<br>พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกข้อมูลรายละเอียดต่างๆที่ต้องการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าแต่ละชนิดได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 12       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ DC Voltmeter ได้                                                                                                 | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 13       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ DC Voltmeter ได้                                                                                                                 | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือ<br>การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า       | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                         | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 14       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด DC Voltmeter ได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 15       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ AC Voltmeter ได้      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 16       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ AC Voltmeter ได้                      |                 |       |         |       |            |
| 17       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด AC Voltmeter ได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 18       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ DC Ammeter ได้        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 19       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ DC Ammeter ได้                        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 20       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด DC Ammeter ได้   | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 21       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ AC Ammeter ได้        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 22       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ AC Ammeter ได้                        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือ<br>การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า       | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                         | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 23       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด AC Ammeter ได้   | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 24       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ Resistance ได้        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 25       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ Resistance ได้                        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 26       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด Resistance ได้   | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 27       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ Oscilloscope ได้      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 28       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ Oscilloscope ได้                      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 29       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด Oscilloscope ได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 30       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบเครื่องวัดเวลาได้      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |



| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือ<br>การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า              | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                                | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 31       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ เครื่องวัดเวลา ได้                           | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 32       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดเครื่องวัดเวลา ได้       | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 33       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบเครื่องวัดความเร็วรอบ ได้     | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 34       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ เครื่องวัดความเร็วรอบ ได้                    | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 35       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดเครื่องวัดความเร็วรอบได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 36       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ RTD ได้                      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 37       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ RTD ได้                                      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 38       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด RTD ได้                 | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 39       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ TC ได้                       | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือ<br>การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า                                                                                                                                 | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                                                                                                                                                   | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 40       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ TC ได้                                                                                                                                                          | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 41       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด TC ได้                                                                                                                                     | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 42       | <b>บทที่ 4 การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b><br><br>พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกข้อมูลที่ต้องการทราบในการประเมินผลการสอบเทียบได้                                            | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 43       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถประเมินผลและรายงานผลการสอบเทียบได้อย่างถูกต้อง                                                                                                                           | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 44       | <b>บทที่ 5 การควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b><br><br>พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของคำว่าควบคุมและการประกันคุณภาพของการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 45       | เข้าใจระบบควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพในการสอบเทียบให้เหมาะสมต่อหน่วยงานได้                                                                                                                     | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือ<br>การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า                                                                                          | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                                                                                                            | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 46       | บทที่ 6 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า<br>พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้  | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 47       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของความไม่แน่นอนในการวัดได้                                                                                            | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 48       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัดได้                                                                                          | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 49       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกหลักการของสถิติที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนในการวัดได้                                                                        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 50       | บทที่ 7 มอก.17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ<br>พนักงานช่างสอบเทียบสามารถเข้าใจข้อกำหนด มอก. 17025-2543 ได้อย่างถูกต้อง | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

**ตอนที่ 2** แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติการการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้ารวมทุกบท

**คำชี้แจง** โปรดพิจารณาแบบประเมินความสามารถ ในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบท ว่ามีความสามารถในการดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าเพียงไร โดยเขียนเครื่องหมาย ✓/ลงในช่องระดับความสามารถหลังรายการนั้น ๆ

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า                                               | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                                                             | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 1        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกแนวคิดและหลักการการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้                         | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 2        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกนิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้   | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 3        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าตามวิธีการและขั้นตอนต่าง ๆ ได้                        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 4        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถประเมินผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้                                          | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 5        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถเข้าใจระบบควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 6        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดของเครื่องวัดแต่ละชนิดได้                             | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 7        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดของ มอก.17025-2543 ว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

ขอขอบพระคุณอย่างสูง ที่ท่านให้ความร่วมมือในการทำแบบประเมินความสามารถ  
ปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

**แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบ**

**โดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเป็นผู้ประเมิน**

**เรื่อง**

**การพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ  
ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)**

**คำชี้แจง**

1. แบบประเมินฉบับนี้เป็นแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบโดยผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเป็นผู้ประเมิน มีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการทราบค่าประสิทธิภาพของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ
2. ผลการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยจะทำผลการประเมินไปวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของคู่มือ เพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัยและจะไม่มีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานของท่านแต่ประการใด จึงขอความกรุณาท่านผู้ตอบแบบประเมิน พิจารณาแบบประเมินตามรายการที่ท่านสามารถดำเนินการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าให้ครบทุกข้อทั้งนี้เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลและมีคุณค่าอย่างยิ่งของการวิจัยครั้งนี้
3. แบบประเมินฉบับนี้มีทั้งหมด 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ความสามารถในระหว่างปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบทมีทั้งหมดจำนวน 50 ข้อ

ตอนที่ 2 ความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบท มีทั้งหมดจำนวน 7 ข้อ

ขอขอบพระคุณผู้ตอบแบบประเมินความสามารถปฏิบัติทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ท่านได้สละเวลาในการพิจารณาตอบแบบประเมินมา ณ โอกาสนี้

นางสาวภาลณี เหตุทอง

นิสิตปริญญาโท มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผู้วิจัย

**ตอนที่ 1** ความสามารถในระหว่างปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท

**คำชี้แจง** โปรดพิจารณาแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ตามรายการที่ท่านสามารถดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความสามารถหลังรายการนั้น ๆ

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า                             | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                                           | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 1        | บทที่ 1 แนวคิดและหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า                                     |                 |       |         |       |            |
|          | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกแนวคิดและหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้              | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 2        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้         | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 3        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความสำคัญของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 4        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความเป็นมาของการบริการสอบเทียบของ สสท. ได้                    | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 5        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกประเภทของการสอบเทียบของเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้                  | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 6        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกสภาวะแวดล้อมและขั้นตอนการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือ<br>การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า                                                                                                  | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                                                                                                                    | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 7        | บทที่ 2 นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาเกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า<br><br>พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Calibration ได้                            | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 8        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Verification ได้                                                                                                           | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 9        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของ Accuracy ได้                                                                                                               | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 10       | พนักงานช่างสอบเทียบบอกความหมายของ Uncertainty ได้                                                                                                                  | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 11       | บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า<br>พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกข้อมูลรายละเอียดต่างๆที่ต้องการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าแต่ละชนิดได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 12       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ DC Voltmeter ได้                                                                                                 | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 13       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ DC Voltmeter ได้                                                                                                                 | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือ<br>การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า       | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                         | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 14       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด DC Voltmeter ได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 15       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ AC Voltmeter ได้      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 16       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ AC Voltmeter ได้                      |                 |       |         |       |            |
| 17       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด AC Voltmeter ได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 18       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ DC Ammeter ได้        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 19       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ DC Ammeter ได้                        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 20       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด DC Ammeter ได้   | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 21       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ AC Ammeter ได้        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 22       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ AC Ammeter ได้                        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |



| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือ<br>การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า       | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                         | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 23       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด AC Ammeter ได้   | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 24       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ Resistance ได้        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 25       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ Resistance ได้                        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 26       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด Resistance ได้   | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 27       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ Oscilloscope ได้      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 28       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ Oscilloscope ได้                      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 29       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด Oscilloscope ได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 30       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบเครื่องวัดเวลาได้      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือ<br>การสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า              | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                                | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 31       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ เครื่องวัดเวลา ได้                           | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 32       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดเครื่องวัดเวลา ได้       | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 33       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบเครื่องวัดความเร็วรอบ ได้     | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 34       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ เครื่องวัดความเร็วรอบ ได้                    | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 35       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดเครื่องวัดความเร็วรอบได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 36       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ RTD ได้                      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 37       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ RTD ได้                                      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 38       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด RTD ได้                 | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 39       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ TC ได้                       | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า                                                                                                                                                | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                                                                                                                                                              | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 40       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบ TC ได้                                                                                                                                                                     | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 41       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด TC ได้                                                                                                                                                | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 42       | <p><b>บทที่ 4 การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b></p> <p>พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกข้อมูลที่ต้องการทราบในการประเมินผลการสอบเทียบได้</p>                                                | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 43       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถประเมินผลและรายงานผลการสอบเทียบได้อย่างถูกต้อง                                                                                                                                      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 44       | <p><b>บทที่ 5 การควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b></p> <p>พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของคำว่า การควบคุมและการประกันคุณภาพของการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้</p> | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 45       | เข้าใจระบบควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพในการสอบเทียบให้เหมาะสมต่อหน่วยงานได้                                                                                                                                | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า                                                                                              | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                                                                                                            | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 46       | บทที่ 6 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า<br>พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้  | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 47       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกความหมายของความไม่แน่นอนในการวัดได้                                                                                            | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 48       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัดได้                                                                                          | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 49       | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกหลักการของสถิติที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนในการวัดได้                                                                        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 50       | บทที่ 7 มอก.17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ<br>พนักงานช่างสอบเทียบสามารถเข้าใจข้อกำหนด มอก. 17025-2543 ได้อย่างถูกต้อง | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

**ตอนที่ 2** แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติการการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้ารวมทุกบท

**คำชี้แจง** โปรดพิจารณาแบบประเมินความสามารถ ในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าโดยรวมทุกบท ว่ามีความสามารถในการดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าเพียงไร โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความสามารถหลังรายการนั้น ๆ

| ลำดับที่ | รายการความสามารถปฏิบัติตามคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า                                               | ระดับความสามารถ |       |         |       |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|------------|
|          |                                                                                                             | มากที่สุด       | มาก   | ปานกลาง | น้อย  | น้อยที่สุด |
| 1        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกแนวคิดและหลักการการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้                         | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 2        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถบอกนิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้   | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 3        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าตามวิธีการและขั้นตอนต่าง ๆ ได้                        | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 4        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถประเมินผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้                                          | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 5        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถเข้าใจระบบควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้      | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 6        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดของเครื่องวัดแต่ละชนิดได้                             | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |
| 7        | พนักงานช่างสอบเทียบสามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดของ มอก.17025-2543 ว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบได้ | .....           | ..... | .....   | ..... | .....      |

ขอขอบพระคุณอย่างสูง ที่ท่านให้ความร่วมมือในการทำแบบประเมินความสามารถ  
ปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

**แบบสอบถามความคิดเห็นต่อคู่มือสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า  
สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบหลังการใช้คู่มือ**

**เรื่อง**

**การพัฒนาคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าสำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ ของศูนย์สอบเทียบ  
เครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)**

**คำชี้แจง**

แบบสอบถามฉบับนี้เป็นแบบสอบถามเพื่อการวิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความคิดเห็นของ  
พนักงานช่างสอบเทียบที่ทำหน้าที่สอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าหลังการทดลองใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัด  
ไฟฟ้า

ของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

1. ของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
2. ผลการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นฉบับนี้จะใช้เฉพาะในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ซึ่งผู้วิจัย  
จะนำผลการตอบแบบสอบถามของท่านไปวิเคราะห์เพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัย และจะไม่มีผลกระทบต่อ  
ปฏิบัติงานของท่านแต่ประการใด จึงขอความกรุณาท่านผู้ตอบแบบสอบถามได้โปรดตอบแบบสอบถามทุกข้อ  
ทั้งนี้เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล และมีคุณค่าอย่างยิ่งของการวิจัยครั้งนี้
3. แบบสอบถามความคิดเห็นฉบับนี้มีทั้งหมด 2 ตอน ได้แก่

**ตอนที่ 1** ความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้ามีทั้งหมด จำนวน 25 ข้อ

**ตอนที่ 2** ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า มีทั้งหมดจำนวน 7  
ข้อ

ขอขอบพระคุณผู้ตอบแบบสอบถามความคิดเห็นทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ท่านได้สละเวลาในพิจารณาตอบ  
แบบสอบถามมา ณ โอกาสนี้

นางสาวภาลณี เหตุทอง  
นิสิตปริญญาโท มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ผู้วิจัย

**ตอนที่ 1** ความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาของกลุ่มการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

**คำชี้แจง** โปรดพิจารณาว่าท่านเห็นด้วยในระดับใดเกี่ยวกับเนื้อหาของกลุ่มการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า โดยพิจารณารายการตามเนื้อหาของกลุ่ม ในตารางด้านซ้ายมือและเขียนเครื่องหมาย ✓/ลงในช่องระดับความคิดเห็นที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านในตารางด้านขวามือ

| ลำดับที่ | รายการความคิดเห็นเกี่ยวกับ<br>เนื้อหาของกลุ่มการสอบเทียบ<br>เครื่องมือวัดไฟฟ้า                                      | ระดับความสามารถ               |              |              |                 |                                  |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|-----------------|----------------------------------|
|          |                                                                                                                     | เห็น<br>ด้วย<br>อย่าง<br>ยิ่ง | เห็น<br>ด้วย | ไม่แน่<br>ใจ | ไม่เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็น<br>ด้วย<br>อย่าง<br>ยิ่ง |
| 1        | คำแนะนำให้สามารถเข้าใจแนวคิดและ<br>วัตถุประสงค์ในการจัดทำกลุ่มการสอบ<br>เทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า                     | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 2        | คำแนะนำการใช้คู่มือช่วยให้เกิดความ<br>สะดวกในการศึกษาคู่มือ                                                         | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 3        | เนื้อหาในคู่มือมีความชัดเจนง่ายแก่<br>การศึกษาและทำความเข้าใจ                                                       | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 4        | การเรียงลำดับเนื้อหาในคู่มือทำให้เกิด<br>ความสะดวกที่จะศึกษาและนำไปปฏิบัติ                                          | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 5        | เนื้อหาในบทที่ 1 ทำให้มีพื้นฐานที่จะศึกษา<br>เนื้อหาในคู่มือบทต่อไปได้ง่ายขึ้น                                      | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 6        | อธิบายนิยามศัพท์ด้านมาตรวิทยาได้อย่าง<br>ถูกต้อง                                                                    | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 7        | <b>การปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด<br/>ไฟฟ้าแต่ละชนิด</b><br>อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ DC<br>Voltmeter ได้ครบถ้วน | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 8        | อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ AC<br>Voltmeter ได้ครบถ้วน                                                                 | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |

| ลำดับที่ | รายการความคิดเห็นเกี่ยวกับ<br>เนื้อหาของคู่มือการสอบเทียบ<br>เครื่องมือวัดไฟฟ้า                     | เห็น<br>ด้วย<br>อย่าง<br>ยิ่ง | เห็น<br>ด้วย | ไม่แน่<br>ใจ | ไม่เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็น<br>ด้วย<br>อย่าง<br>ยิ่ง |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|-----------------|----------------------------------|
| 9        | อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ DC<br>Ammeter ได้ครบถ้วน                                                   | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 10       | อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ AC<br>Ammeter ได้ครบถ้วน                                                   | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 11       | อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ Resistance<br>ได้ครบถ้วน                                                   | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 12       | อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ<br>Oscilloscope ได้ครบถ้วน                                                 | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 13       | อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ เครื่องมือ<br>วัดเวลา ได้ครบถ้วน                                           | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 14       | อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ เครื่องวัด<br>ความเร็วรอบ ได้ครบถ้วน                                       | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 15       | อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ เครื่องวัด<br>RTD ได้ครบถ้วน                                               | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 16       | อธิบายขั้นตอนการสอบเทียบ เครื่องวัด<br>TC ได้ครบถ้วน                                                | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 17       | การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการ<br>วัด<br>อธิบายขั้นตอนการคำนวณค่าความไม่<br>แน่นอนในการวัดได้ครบถ้วน | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |
| 18       | อธิบายหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอน<br>ในการวัดได้อย่างถูกต้อง                                     | .....                         | .....        | .....        | .....           | .....                            |



| ลำดับที่ | รายการความคิดเห็นเกี่ยวกับ<br>เนื้อหาของคู่มือการสอบเทียบ<br>เครื่องมือวัดไฟฟ้า                            | เห็น<br>ด้วย<br>อย่าง<br>ยิ่ง | เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็น<br>ใจ | ไม่เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็น<br>ด้วย<br>อย่าง<br>ยิ่ง |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|-----------------|----------------------------------|
| 19       | การควบคุมคุณภาพและการประกัน<br>คุณภาพ<br>อธิบายขั้นตอนการควบคุมคุณภาพและ<br>การประกันคุณภาพได้อย่างครบถ้วน | .....                         | .....        | .....         | .....           | .....                            |
| 20       | ประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานทาง<br>ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง                                                     | .....                         | .....        | .....         | .....           | .....                            |
| 21       | เข้าใจระบบควบคุมคุณภาพและการ<br>ประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือ<br>วัดทางไฟฟ้าได้ถูกต้อง               | .....                         | .....        | .....         | .....           | .....                            |
| 22       | อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับข้อกำหนดของ<br>มอก. 17025-2543ได้ครบถ้วน                                          | .....                         | .....        | .....         | .....           | .....                            |
| 23       | สามารถเข้าใจระบบคุณภาพว่าด้วย<br>ความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบ<br>เทียบได้ถูกต้องครบถ้วน                  | .....                         | .....        | .....         | .....           | .....                            |
| 24       | คำอธิบายทำให้เกิดความรู้ในเรื่องระบบ<br>คุณภาพว่าด้วยความสามารถของ<br>ห้องปฏิบัติการสอบเทียบได้ถูกต้อง     | .....                         | .....        | .....         | .....           | .....                            |
| 25       | สามารถนำระบบคุณภาพว่าด้วย<br>ความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบ<br>เทียบมาใช้ได้ถูกต้อง                        | .....                         | .....        | .....         | .....           | .....                            |

**ตอนที่ 2** แบบสอบถามความคิดเห็น และข้อเสนอแนะในการปรับปรุง คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบของฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

**คำชี้แจง** ขอให้ท่านแสดงความคิดเห็น และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า ลงในช่องว่างด้วย

1. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการใช้คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าประกอบการสอบเทียบ

.....  
 .....  
 .....

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....  
 .....

2. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับประโยชน์ของคู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

.....  
 .....  
 .....

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....  
 .....

3. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าของพนักงานช่างสอบเทียบ

.....  
 .....  
 .....

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....  
 .....

4. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับวิธีการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดในการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

.....  
 .....  
 .....

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....  
 .....

5. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

.....  
 .....  
 .....

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....  
 .....

6. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

.....  
 .....  
 .....

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....  
 .....

7. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

.....  
 .....  
 .....

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....  
 .....

8. อื่นๆ

.....  
 .....  
 .....

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....  
 .....

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ที่ท่านได้กรุณาตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อคู่มือการสอบเทียบ  
 เครื่องมือวัดไฟฟ้า ความคิดเห็นของท่านย่อมมีค่าสำหรับการศึกษาและการพัฒนาคู่มือการสอบเทียบ  
 เครื่องมือวัดไฟฟ้าเพื่อใช้ในการปรับปรุงคู่มือให้มีประสิทธิภาพต่อไป

## ภาคผนวก จ

### ข้อมูลการวิจัย

ตาราง 15 ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของผู้เชี่ยวชาญ  
ลำดับที่ รายการเนื้อหาจะประเมิน

ดัชนี

|      |                                                                     |            |
|------|---------------------------------------------------------------------|------------|
| 1    | คำชี้แจงความเป็นมาของการพัฒนาคู่มือได้ชัดเจนสมบูรณ์                 | 1          |
| 2    | ส า ร บั ญ มี หั ว ขั อ ส ำ คัญ คร บ ถ้ ว น ส ม บู ร ณ์             |            |
| 1    |                                                                     |            |
| 3    | เนื้อหาในแต่ละบทออกรายละเอียดได้ชัดเจน                              | 1          |
|      | <b>บทที่ 1 แนวคิดและหลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b> |            |
| 4    | คำแนะนำการใช้คู่มือชี้แจงรายละเอียดได้ชัดเจน                        | 1          |
| 5    | อธิบายหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้อย่างครบถ้วน              | 1          |
| 6    | ใช้ภาษาในการอธิบายเนื้อหาได้ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์                  | 1          |
|      | <b>บทที่ 2 นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่จำเป็นในการสอบเทียบ</b>     |            |
| 7    | อธิบายนิยามศัพท์ทางด้านวิทยาได้อย่างชัดเจน                          | 1          |
| 8    | อธิบายคำศัพท์ต่างๆที่ใช้ในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดได้ถูกต้อง | 1          |
|      | <b>บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>     |            |
| 9    | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ DC Voltage                       | ได้ครบถ้วน |
| 0.67 |                                                                     |            |
| 10   | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ AC Voltage                       | ได้ครบถ้วน |
| 11   | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ DC Current                       | ได้ครบถ้วน |
| 12   | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ AC Current                       | ได้ครบถ้วน |
| 13   | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ Resistance                       | ได้ครบถ้วน |
| 14   | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ Oscilloscope                     | ได้ครบถ้วน |
| 15   | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องวัดความเร็วรอบ             |            |
|      | ไ ตั ค ร บ ถ้ ว น                                                   |            |
| 1    |                                                                     |            |
| 16   | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องวัดเวลาได้ครบถ้วน          | 1          |
| 17   | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ RTD                              | ได้ครบถ้วน |
| 1    |                                                                     |            |
| 18   | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ TC                               | ได้ครบถ้วน |
| 0.67 |                                                                     |            |
| 19   | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือทั้ง 10 ชนิดได้ครบถ้วน  | 1          |
|      | <b>บทที่ 4 การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>  |            |
| 20   | อธิบายการประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ครบถ้วน | 1          |
| 21   | อธิบายการรายงานผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้อย่างครบถ้วน    | 1          |

| ลำดับที่ | รายการเนื้อหาที่จะประเมิน                                                                                                   | ดัชนี         |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|          |                                                                                                                             | ความเที่ยงตรง |
|          | <b>บทที่ 5 การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือ วัดทางไฟฟ้า</b>                                           |               |
| 22       | อธิบายการควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ครบถ้วน                                           |               |
| 1        |                                                                                                                             |               |
| 23       | อธิบายเนื้อหาในการประกันคุณภาพได้ครบถ้วน                                                                                    |               |
| 1        |                                                                                                                             |               |
|          | <b>บทที่ 6 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>                                 |               |
| 24       | อธิบายการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบมาตรฐาน เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ครบถ้วน                               |               |
| 1        |                                                                                                                             |               |
|          | <b>บทที่ 7 มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b> |               |
| 25       | อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับมอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบได้ครบถ้วน         |               |
| 0.67     |                                                                                                                             |               |

ตาราง 16 ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของผู้เชี่ยวชาญ

| ลำดับที่      | รายการเนื้อหาที่จะประเมิน                                           | ดัชนี |
|---------------|---------------------------------------------------------------------|-------|
| ความเที่ยงตรง |                                                                     |       |
| 1             | คำชี้แจงความเป็นมาของการพัฒนาคู่มือได้ชัดเจนสมบูรณ์                 | 1     |
| 2             | สารบัญมีหัวข้อสำคัญครบถ้วนสมบูรณ์                                   |       |
| 1             |                                                                     |       |
| 3             | เนื้อหาในแต่ละบทบอกรายละเอียดได้ชัดเจน                              | 1     |
|               | <b>บทที่ 1 แนวคิดและหลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b> |       |
| 4             | คำแนะนำการใช้คู่มือชี้แจงรายละเอียดได้ชัดเจน                        | 1     |
| 5             | อธิบายหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้อย่างครบถ้วน              | 1     |
| 6             | ใช้ภาษาในการอธิบายเนื้อหาได้ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์                  | 1     |
|               | <b>บทที่ 2 นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่จำเป็นในการสอบเทียบ</b>     |       |
| 7             | อธิบายนิยามศัพท์ทางด้านวิทยาได้อย่างชัดเจน                          | 1     |
| 8             | อธิบายคำศัพท์ต่างๆที่ใช้ในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดได้ถูกต้อง | 1     |
|               | <b>บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>     |       |
| 9             | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ DC Voltage ได้ครบถ้วน            |       |
| 0.67          |                                                                     |       |
| 10            | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ AC Voltage ได้ครบถ้วน            | 1     |
| 11            | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ DC Current ได้ครบถ้วน            | 1     |
| 12            | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ AC Current ได้ครบถ้วน            | 1     |
| 13            | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ Resistance ได้ครบถ้วน            | 1     |
| 14            | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ Oscilloscope ได้ครบถ้วน          | 1     |
| 15            | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องวัดความเร็วรอบ             |       |
|               | ได้ครบถ้วน                                                          |       |
| 1             |                                                                     |       |
| 16            | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องวัดเวลาได้ครบถ้วน          | 1     |
| 17            | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ RTD ได้ครบถ้วน                   |       |
| 1             |                                                                     |       |
| 18            | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ TC ได้ครบถ้วน                    |       |
| 0.67          |                                                                     |       |
| 19            | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือทั้ง 10 ชนิดได้ครบถ้วน  | 1     |
|               | <b>บทที่ 4 การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>  |       |
| 20            | อธิบายการประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ครบถ้วน | 1     |
| 21            | อธิบายการรายงานผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้อย่างครบถ้วน    | 1     |

ตาราง 16 (ต่อ)

| ลำดับที่ | รายการเนื้อหาที่จะประเมิน                                                                                                   | ดัชนี |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|          | ความเที่ยงตรง                                                                                                               |       |
|          | <b>บทที่ 5 การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>                                            |       |
| 22       | อธิบายการควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ครบถ้วน                                           |       |
| 1        |                                                                                                                             |       |
| 23       | อธิบายเนื้อหาในการประกันคุณภาพได้ครบถ้วน                                                                                    |       |
| 1        |                                                                                                                             |       |
|          | <b>บทที่ 6 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>                                 |       |
| 24       | อธิบายการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบมาตรฐาน เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ครบถ้วน                               |       |
| 1        |                                                                                                                             |       |
|          | <b>บทที่ 7 มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b> |       |
| 25       | อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับมอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบได้ครบถ้วน         |       |
| 0.67     |                                                                                                                             |       |



ตาราง 16 ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เชี่ยวชาญ

| ลำดับที่ | รายการเนื้อหาที่จะประเมิน                                                                         | ดัชนี | ความเที่ยงตรง |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------|
|          |                                                                                                   |       |               |
| 1        | คำชี้แจงความเป็นมาของการพัฒนาเครื่องมือได้ชัดเจนสมบูรณ์                                           |       | 1             |
| 2        | สารบัญมีหัวข้อสำคัญครบถ้วนสมบูรณ์                                                                 |       | 1             |
| 3        | เนื้อหาในแต่ละบทอรรถาธิบายได้ชัดเจน                                                               |       | 1             |
| 4        | คำแนะนำการใช้เครื่องมือชี้แจงรายละเอียดได้ชัดเจน                                                  |       | 1             |
| 5        | อธิบายหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้อย่างครบถ้วน                                            |       | 1             |
| 6        | ใช้ภาษาในการอธิบายเนื้อหาได้ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์                                                |       | 1             |
| 7        | อธิบายนิยามศัพท์ทางด้านวิทยาได้อย่างชัดเจน                                                        |       | 1             |
| 8        | อธิบายคำศัพท์ต่างๆที่ใช้ในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดได้ถูกต้อง                               |       | 1             |
| 9        | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ DC Voltage ได้ครบถ้วน                                          |       | 1             |
| 10       | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ AC Voltage ได้ครบถ้วน                                          |       | 1             |
| 11       | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ DC Current ได้ครบถ้วน                                          |       | 1             |
| 12       | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ AC Current ได้ครบถ้วน                                          |       | 1             |
| 13       | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ Resistance ได้ครบถ้วน                                          |       | 1             |
| 14       | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ Oscilloscope ได้ครบถ้วน                                        |       | 1             |
| 15       | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องวัดความเร็วรอบ<br>ได้ครบถ้วน                             |       | 1             |
| 16       | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องวัดเวลาได้ครบถ้วน                                        |       | 1             |
| 17       | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ RTD ได้ครบถ้วน                                                 |       | 1             |
| 18       | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบ TC ได้ครบถ้วน                                                  |       | 1             |
| 19       | อธิบายวิธีการและขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือทั้ง 10 ชนิดได้ครบถ้วน                                |       | 1             |
| 20       | อธิบายการประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ครบถ้วน                               |       | 1             |
| 21       | อธิบายการรายงานผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้อย่างครบถ้วน                                  |       | 1             |
| 22       | อธิบายการควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือ<br>วัดทางไฟฟ้าได้ครบถ้วน             |       | 1             |
| 23       | อธิบายเนื้อหาในการประกันคุณภาพได้ครบถ้วน                                                          |       | 1             |
| 24       | อธิบายการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบมาตร<br>ฐาน เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ครบถ้วน |       | 1             |
| 25       | มอก 17025 -2543 ข้อกำหนดทั่วไปด้วยความ<br>สามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบได้ครบถ้วน       |       | 1             |

ตาราง 17 ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาแบบประเมินความสามารถปฏิบัติคู่มือของผู้เชี่ยวชาญ

| ลำดับที่                                                | รายการเนื้อหาที่จะประเมิน                                     | ดัชนี |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------|
| ความเที่ยงตรง                                           |                                                               |       |
| <b>แนวคิดและหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>    |                                                               |       |
| 1                                                       | แนวคิดและหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า                 |       |
| 1                                                       |                                                               |       |
| 2                                                       | ความหมายของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า            |       |
| 1                                                       |                                                               |       |
| 3                                                       | บอกความสำคัญของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า        | 1     |
| 4                                                       | บอกความเป็นมาของการบริการสอบเทียบของ สสท.                     |       |
| 1                                                       |                                                               |       |
| 5                                                       | บอกประเภทของการสอบเทียบของเครื่องมือวัดไฟฟ้า                  |       |
| 1                                                       |                                                               |       |
| 6                                                       | บอกสภาวะแวดล้อมและขั้นตอนการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้า |       |
| 1                                                       |                                                               |       |
| <b>นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่จำเป็นในการสอบเทียบ</b> |                                                               |       |
| 7                                                       | บอกความหมายของ Calibration                                    |       |
| 1                                                       |                                                               |       |
| 8                                                       | บอกความหมายของ Verification                                   |       |
| 1                                                       |                                                               |       |
| 9                                                       | บอกความหมายของ Accuracy                                       |       |
| 1                                                       |                                                               |       |
| 10                                                      | บอกความหมายของ Uncertainty                                    |       |
| 1                                                       |                                                               |       |
| <b>ขั้นตอนการดำเนินงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b> |                                                               |       |
| 11                                                      | ข้อมูลรายละเอียดต่างๆที่ต้องการสอบเทียบเครื่องมือวัดแต่ละชนิด |       |
| 1                                                       |                                                               |       |
| 12                                                      | บอกขอบข่ายของการสอบเทียบ DC Voltmeter                         |       |
| 1                                                       |                                                               |       |
| 13                                                      | เนื้อหาสอบเทียบ DC Voltmeter                                  |       |
| 1                                                       |                                                               |       |
| 14                                                      | การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด DC Voltmeter                 |       |
| 1                                                       |                                                               |       |
| 15                                                      | การบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ AC Voltmeter                      |       |
| 1                                                       |                                                               |       |

|      |                                               |
|------|-----------------------------------------------|
| 16   | การ สอบเทียบ AC Voltmeter ได้                 |
| 1    |                                               |
| 17   | การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด AC Voltmeter |
| 1    |                                               |
| 18   | การบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ DC Ammeter        |
| 1    |                                               |
| 19   | การสอบเทียบ DC Ammeter                        |
| 1    |                                               |
| 20   | การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด DC Ammeter   |
| 1    |                                               |
| 21   | การบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ AC Ammeter        |
| 1    |                                               |
| 22   | การสอบเทียบ AC Ammeter                        |
| 1    |                                               |
| 23   | การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด AC Ammeter   |
| 1    |                                               |
| 24   | การบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ Resistance        |
| 0.67 |                                               |
| 25   | การสอบเทียบ Resistance                        |
| 1    |                                               |
| 26   | การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด Resistance   |
| 1    |                                               |

---

| ลำดับที่ | รายการเนื้อหาที่จะประเมิน | ดัชนี |
|----------|---------------------------|-------|
|          | ความเที่ยงตรง             |       |

---

|      |                                                 |
|------|-------------------------------------------------|
| 27   | การบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ Oscilloscope        |
| 0.67 |                                                 |
| 28   | การสอบเทียบ Oscilloscope                        |
| 1    |                                                 |
| 29   | การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด Oscilloscope   |
| 1    |                                                 |
| 30   | การบอกขอบข่ายของการสอบเทียบเครื่องวัดเวลา       |
| 1    |                                                 |
| 31   | การสอบเทียบเครื่องวัดเวลา                       |
| 1    |                                                 |
| 32   | การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด เครื่องวัดเวลา |
| 1    |                                                 |

|      |                                                                                     |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 33   | การบอกขอบข่ายของการสอบเทียบเครื่องวัดความเร็วรอบ                                    |     |
| 1    |                                                                                     |     |
| 34   | การสอบเทียบเครื่องวัดความเร็วรอบ                                                    |     |
| 1    |                                                                                     |     |
| 35   | การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด เครื่องวัดความเร็วรอบ                              |     |
| 1    |                                                                                     |     |
| 36   | การบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ                                                         | RTD |
| 0.67 |                                                                                     |     |
| 37   | การสอบเทียบ                                                                         | RTD |
| 1    |                                                                                     |     |
| 38   | การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด                                                    | RTD |
| 1    |                                                                                     |     |
| 39   | การบอกขอบข่ายของการสอบเทียบ                                                         | TC  |
| 0.67 |                                                                                     |     |
| 40   | การสอบเทียบ                                                                         | TC  |
| 1    |                                                                                     |     |
| 41   | การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด                                                    | TC  |
| 1    |                                                                                     |     |
|      | <b>การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>                          |     |
| 42   | การบอกข้อมูลที่ต้องการทราบในการประเมินผลการสอบเทียบ                                 |     |
| 1    |                                                                                     |     |
| 43   | การประเมินผลและรายงานผลการสอบเทียบ                                                  |     |
| 1    |                                                                                     |     |
|      | <b>การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b>            |     |
| 44   | เนื้อหา ความหมายของคำว่า การควบคุมและการประกันคุณภาพของการสอบเทียบเครื่องมือวัด     |     |
| 1    |                                                                                     |     |
| 45   | เนื้อหา ระบบควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพในการสอบเทียบให้เหมาะสมต่อหน่วยงาน        |     |
| 1    |                                                                                     |     |
|      | <b>การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า</b> |     |
| 46   | เนื้อหา หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด                                      |     |
| 1    |                                                                                     |     |
| 47   | เนื้อหา ความหมายของความไม่แน่นอนในการวัด                                            |     |
| 1    |                                                                                     |     |
| 48   | เนื้อหา แหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัด                                          |     |
| 1    |                                                                                     |     |

49 เนื้อหา ของสถิติที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนในการวัด  
1

---

|               |                           |       |
|---------------|---------------------------|-------|
| ลำดับที่      | รายการเนื้อหาที่จะประเมิน | ดัชนี |
| ความเที่ยงตรง |                           |       |

---

|    |                                                                                                                      |                                  |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|    | มอก. 17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของ<br>ห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ<br>มาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า |                                  |
| 50 |                                                                                                                      | เนื้อหา ข้อกำหนด มอก. 17025-2543 |
| 1  |                                                                                                                      |                                  |

---

ตาราง 26 การหาค่าดัชนีความไว ( $S = (Ra-Rb)/N$ )

| ข้อที่ | คะแนนก่อนใช้คู่มือ (Rb) | คะแนนหลังใช้คู่มือ (Ra) | S    |
|--------|-------------------------|-------------------------|------|
| 1      | 16                      | 31                      | 0.48 |
| 2      | 24                      | 31                      | 0.23 |
| 3      | 14                      | 30                      | 0.52 |
| 4      | 16                      | 30                      | 0.45 |
| 5      | 17                      | 29                      | 0.39 |
| 6      | 14                      | 27                      | 0.42 |
| 7      | 16                      | 30                      | 0.45 |
| 8      | 12                      | 21                      | 0.29 |
| 9      | 23                      | 31                      | 0.26 |
| 10     | 12                      | 20                      | 0.26 |
| 11     | 9                       | 25                      | 0.52 |
| 12     | 11                      | 16                      | 0.16 |
| 13     | 19                      | 25                      | 0.19 |
| 14     | 4                       | 9                       | 0.16 |
| 15     | 12                      | 22                      | 0.32 |
| 16     | 13                      | 27                      | 0.45 |
| 17     | 3                       | 19                      | 0.52 |
| 18     | 3                       | 19                      | 0.52 |
| 19     | 6                       | 27                      | 0.68 |
| 20     | 9                       | 13                      | 0.13 |
| 21     | 7                       | 26                      | 0.61 |
| 22     | 21                      | 26                      | 0.16 |
| 23     | 13                      | 23                      | 0.32 |
| 24     | 3                       | 18                      | 0.48 |
| 25     | 14                      | 28                      | 0.45 |
| เฉลี่ย | 10.03                   | 19.45                   | 0.30 |

ตาราง 29 ผลการประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของแต่ละบท ของผู้ควบคุมการปฏิบัติงานของพนักงานช่างสอบเทียบ

โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน

หาค่า E1 ที่ประเมินโดยผู้ควบคุม

| ข้อที่ | พนักงานช่างสอบเทียบ คนที่ |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | คะแนนรวม |
|--------|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|
|        | 1                         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |          |
| 1      | 4                         | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5  | 4  | 4  | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 137      |
| 2      | 4                         | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 4  | 3  | 4  | 4  | 5  | 5  | 4  | 5  | 135      |
| 3      | 5                         | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 3  | 5  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 125      |
| 4      | 4                         | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 5  | 3  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 5  | 5  | 3  | 3  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 127      |
| 5      | 5                         | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 125      |
| 6      | 4                         | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 5  | 4  | 5  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 126      |
| 7      | 5                         | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5  | 5  | 4  | 5  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 5  | 4  | 130      |
| 8      | 4                         | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4  | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 3  | 5  | 5  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 126      |
| 9      | 5                         | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5  | 5  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 124      |
| 10     | 4                         | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 3  | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 5  | 125      |
| 11     | 4                         | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4  | 5  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 5  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 125      |
| 12     | 4                         | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4  | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 5  | 4  | 3  | 5  | 3  | 4  | 5  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 3  | 5  | 128      |
| 13     | 3                         | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4  | 5  | 4  | 5  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 124      |
| 14     | 3                         | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4  | 5  | 5  | 5  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 5  | 129      |
| 15     | 5                         | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 155      |
| 16     | 2                         | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 118      |
| 17     | 3                         | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4  | 5  | 4  | 4  | 5  | 4  | 5  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 3  | 5  | 123      |
| 18     | 3                         | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 5  | 125      |
| 19     | 4                         | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4  | 5  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 126      |
| 20     | 3                         | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4  | 5  | 4  | 3  | 5  | 4  | 4  | 5  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 122      |
| 21     | 3                         | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 124      |
| 22     | 4                         | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 5  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 5  | 124      |
| 23     | 3                         | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4  | 5  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 3  | 125      |
| 24     | 3                         | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4  | 5  | 5  | 4  | 3  | 5  | 3  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 5  | 3  | 3  | 5  | 4  | 4  | 4  | 122      |
| 25     | 4                         | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3  | 119      |
| 26     | 4                         | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 122      |
| 27     | 3                         | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4  | 4  | 4  | 5  | 5  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 122      |
| 28     | 4                         | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 3  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 121      |
| 29     | 4                         | 4 | 3 | 3 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 122      |
| 30     | 3                         | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 120      |
| 31     | 3                         | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 2  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 118      |
| 32     | 3                         | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4  | 5  | 3  | 5  | 3  | 4  | 4  | 4  | 2  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 5  | 4  | 3  | 120      |
| 33     | 3                         | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 5  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 120      |
| 34     | 3                         | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 5  | 123      |
| 35     | 3                         | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 123      |
| 36     | 3                         | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 121      |
| 37     | 4                         | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 5  | 5  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 123      |
| 38     | 3                         | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 122      |
| 39     | 4                         | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 120      |
| 40     | 3                         | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 123      |

|                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |        |     |     |     |     |      |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|------|
| 41                  | 4   | 4   | 3   | 5   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   | 5   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 5   | 3   | 3   | 4   | 4   | 3   | 4   | 3   | 4      | 5   | 4   | 5   | 4   | 122  |
| 42                  | 3   | 4   | 2   | 5   | 4   | 5   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 5   | 4   | 3   | 5   | 3   | 4   | 3   | 3   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 5      | 4   | 5   | 4   | 5   | 123  |
| 43                  | 4   | 4   | 3   | 5   | 4   | 5   | 5   | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4      | 4   | 4   | 4   | 4   | 122  |
| 44                  | 3   | 4   | 3   | 5   | 4   | 5   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 5      | 4   | 3   | 5   | 4   | 122  |
| 45                  | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 5   | 5   | 4   | 4   | 3   | 4   | 5   | 5   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   | 4   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4      | 4   | 4   | 4   | 4   | 123  |
| 46                  | 3   | 4   | 3   | 5   | 5   | 5   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 5   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4      | 4   | 5   | 4   | 4   | 123  |
| 47                  | 3   | 4   | 3   | 5   | 4   | 5   | 4   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 5   | 3   | 4   | 4   | 4   | 3   | 3   | 3   | 4   | 4   | 3   | 5   | 3   | 3      | 5   | 4   | 5   | 5   | 120  |
| 48                  | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 5   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 5   | 4   | 4   | 5   | 4   | 4   | 5   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4      | 4   | 4   | 4   | 4   | 127  |
| 49                  | 3   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 5   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4      | 4   | 5   | 5   | 4   | 124  |
| 50                  | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 3   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4      | 4   | 4   | 4   | 5   | 120  |
| คะแนนรวม            | 180 | 201 | 174 | 208 | 228 | 224 | 207 | 209 | 220 | 199 | 222 | 204 | 209 | 208 | 202 | 204 | 203 | 197 | 165 | 168 | 173 | 198 | 197 | 192 | 202 | 206 | 194    | 207 | 201 | 204 | 209 | 6215 |
| คะแนนเฉลี่ย         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 124.30 |     |     |     |     |      |
| ค่าประสิทธิภาพ (E1) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 80.19  |     |     |     |     |      |
| N = 31              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |        |     |     |     |     |      |
| A = 250             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |        |     |     |     |     |      |



ตาราง 31 ผลการประเมินความคิดเห็นต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า

ของพนักงานสอบเทียบ โดยใช้แบบทดสอบความคิดเห็น

| no        | A1   | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   | A9   | A10  | A11  | A12  | A13  | A14  | A15  | A16  | A17  | A18  | A19  | A20  | A21  | A22  | A23  | A24  | A25  | คะแนนเฉลี่ยรวม |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|
| 1         | 4    | 5    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    | 3    | 4    | 5    | 5    | 4    | 4    | 4    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    |                |
| 2         | 4    | 5    | 5    | 4    | 3    | 4    | 5    | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 5    | 3    | 5    | 4    | 4    | 4    | 3    | 3    |                |
| 3         | 5    | 4    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5    | 4    | 4    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 4    | 4    | 4    | 5    | 5    | 5    | 3    | 5    | 3    | 4    | 4    |                |
| 4         | 5    | 5    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    | 5    | 5    | 3    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    |                |
| 5         | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    |                |
| 6         | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5    | 4    | 4    | 5    | 5    | 5    | 3    | 5    |                |
| 7         | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 4    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    |                |
| 8         | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 4    | 4    | 5    | 5    | 4    | 5    |                |
| 9         | 4    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 4    | 5    | 4    |                |
| 10        | 5    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 4    | 5    | 4    |                |
| 11        | 5    | 5    | 5    | 4    | 3    | 4    | 5    | 5    | 4    | 4    | 5    | 4    | 3    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 3    | 5    | 5    |                |
| 12        | 4    | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 3    | 4    | 3    | 4    | 3    | 3    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    |                |
| 13        | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    |                |
| 14        | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 3    |                |
| 15        | 4    | 4    | 4    | 5    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 5    | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |                |
| 16        | 5    | 4    | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    |                |
| 17        | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 5    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 3    | 5    | 4    | 4    | 4    | 5    | 5    | 4    | 5    | 4    | 4    |                |
| 18        | 5    | 5    | 5    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    | 4    | 5    | 5    | 3    | 4    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 5    | 3    | 3    |                |
| 19        | 5    | 5    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 5    | 4    | 4    | 3    | 5    | 4    | 3    | 4    | 5    | 3    | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |                |
| 20        | 4    | 5    | 4    | 3    | 3    | 5    | 4    | 3    | 5    | 4    | 4    | 5    | 4    | 3    | 4    | 5    | 4    | 4    | 4    | 5    | 3    | 5    | 4    | 4    | 4    |                |
| 21        | 5    | 4    | 4    | 4    | 3    | 3    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 5    | 5    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 4    | 3    | 3    | 4    |                |
| 22        | 4    | 3    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 3    | 3    | 4    | 3    | 5    | 4    | 3    | 5    |                |
| 23        | 4    | 5    | 4    | 3    | 4    | 3    | 4    | 5    | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 3    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    |                |
| 24        | 4    | 4    | 3    | 3    | 3    | 3    | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 3    | 3    | 3    | 3    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 3    |                |
| 25        | 4    | 3    | 4    | 3    | 3    | 4    | 5    | 3    | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 3    | 3    | 4    | 3    | 3    | 4    | 4    | 3    | 3    | 5    | 3    | 3    |                |
| 26        | 5    | 3    | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 4    | 5    | 4    | 4    | 3    | 3    | 3    | 3    | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |                |
| 27        | 4    | 5    | 3    | 4    | 3    | 3    | 5    | 4    | 4    | 4    | 3    | 3    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 5    | 4    | 5    |                |
| 28        | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 3    | 4    | 5    | 4    | 3    | 4    | 5    | 3    | 3    | 4    | 3    | 3    | 3    | 3    | 4    | 4    | 5    | 4    |                |
| 29        | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 3    | 4    | 5    | 5    | 4    | 3    | 4    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 3    | 4    | 4    | 3    | 4    | 5    | 3    |                |
| 30        | 4    | 4    | 3    | 4    | 5    | 4    | 5    | 4    | 4    | 3    | 3    | 4    | 3    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 3    | 4    |                |
| 31        | 4    | 3    | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 3    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 4    | 3    | 3    | 4    | 4    | 3    |                |
| EX        | 138  | 135  | 131  | 125  | 122  | 128  | 133  | 133  | 134  | 134  | 130  | 123  | 127  | 126  | 124  | 131  | 130  | 132  | 128  | 131  | 126  | 127  | 130  | 126  | 124  | 3228           |
| $\bar{X}$ | 4.45 | 4.35 | 4.23 | 4.03 | 3.94 | 4.13 | 4.29 | 4.29 | 4.32 | 4.32 | 4.19 | 3.97 | 4.10 | 4.06 | 4.00 | 4.23 | 4.19 | 4.26 | 4.13 | 4.23 | 4.06 | 4.10 | 4.19 | 4.06 | 4.00 | 4.17           |
| SD        | 0.51 | 0.71 | 0.67 | 0.60 | 0.77 | 0.76 | 0.59 | 0.69 | 0.54 | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.70 | 0.73 | 0.73 | 0.76 | 0.60 | 0.68 | 0.76 | 0.62 | 0.68 | 0.65 | 0.65 | 0.73 | 0.68 | 0.68           |

## ภาคผนวก จ

คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ  
ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

**คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า สำหรับพนักงานช่างสอบเทียบ  
ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)**

จัดทำโดย  
ภาลิตี เหตุทอง

## คำนำ

การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้ามีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการควบคุม และการประกันคุณภาพในอุตสาหกรรมทุกประเภทที่ใช้เครื่องมือวัดในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพราะเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าเป็นเครื่องมือวัดพื้นฐานในการวัดค่าต่างๆ การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าจะเป็นการสร้างให้เกิดความมั่นใจว่าเครื่องมือวัดและทดสอบที่ใช้ ยังคงทำงานได้อย่างถูกต้องและเชื่อถือได้ตามคุณลักษณะทางมาตรวิทยาที่ต้องการในการใช้งานตลอดเวลา จากความสำคัญของการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ระบบคุณภาพ ISO-9000:2000 จึงได้กำหนดให้ผู้ที่มีระบบคุณภาพนี้ไปใช้ ต้องสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดและทดสอบที่การใช้งานส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังจะเห็นได้จากข้อกำหนด ข้อ 7.6 ของระบบคุณภาพ ISO-9000:2000

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าขั้นพื้นฐานสำหรับหน่วยงานที่ยังไม่มีขั้นตอนในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด เอกสารนี้จะกล่าวถึงองค์ประกอบของการสอบเทียบทางไฟฟ้า ขั้นตอนในการสอบเทียบ ข้อควรระวังในการสอบเทียบ การกำหนดจุดที่จะสอบเทียบ การบันทึกผลการสอบเทียบ การประเมินผลการสอบเทียบ และการประเมินความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้นำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

ภาลิณี เหตุทอง  
กรกฎาคม 2546

## สารบัญ

| บทที่                                                                                             | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทที่ 1 แนวคิด และหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า .....                                      | 199  |
| บทที่ 2 นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่เกี่ยวข้อง<br>การสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า.....          | 213  |
| บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า.....                                | 216  |
| บทที่ 4 การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า.....                                  | 218  |
| บทที่ 5 การควบคุมคุณภาพ และการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบ<br>เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า.....             | 224  |
| บทที่ 6 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในงานสอบเทียบ<br>เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า.....        | 229  |
| บทที่ 7 มอก.17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของ<br>ห้องปฏิบัติการทดสอบ และสอบเทียบ..... | 246  |
| ภาคผนวก ก ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า.....                                               | 255  |
| ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบใบรับรองผลการสอบเทียบ<br>และในการบันทึกผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า.....  |      |

## บทที่ 1

### แนวคิดและหลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

#### 1.1 เนื้อหา

เนื้อหาบทนี้ประกอบด้วยแนวคิด และหลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย

- 1.1.1 ความหมายของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- 1.1.2 ความสำคัญของการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- 1.1.3 ความเป็นมาของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดของ สสท.
- 1.1.4 ประเภทของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- 1.1.5 ระบบของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- 1.1.6 วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- 1.1.7 ผลกระทบของการบริการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

#### 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 สามารถบอกความหมายของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
- 1.2.2 สามารถบอกความสำคัญของการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- 1.2.3 อธิบายความเป็นมาของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดของ สสท.ได้อย่างถูกต้อง
- 1.2.4 สามารถบอกประเภทของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้
- 1.2.5 สามารถบอกองค์ประกอบในระบบของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- 1.2.6 สามารถอธิบายวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
- 1.2.7 สามารถบอกผลกระทบของการบริการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง

#### 1.3 ความหมายของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

คำว่า การสอบเทียบมาตรฐาน (calibration) ได้มีการแปลความหมายไว้หลายแหล่งเช่น หมายถึงชุดของการดำเนินการซึ่งสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการชี้บอก โดยเครื่องมือวัดหรือระบบการวัดหรือค่าที่แสดง โดยเครื่องมือวัดที่เป็นวัสดุกับค่าสมมติที่รู้ของปริมาณที่วัดภายใต้ภาวะที่บ่งไว้ (นิยามศัพท์มาตรฐานวิทยา มอก.235 เล่ม 14-2541:29)

หมายเหตุ 1. ผลการสอบเทียบสามารถประมวลค่าความผิดพลาดของการชี้บอกของเครื่องวัด ระบบการวัด หรือเครื่องมือวัดที่เป็นวัสดุ หรือกำหนดค่า ทำเครื่องหมายบนสเกล ณ ที่ใดที่หนึ่ง

หมายเหตุ 2. การสอบเทียบอาจหาสมบัติทางมาตรวิทยาอื่นๆ ได้ด้วย

หมายเหตุ 3. ผลการสอบเทียบอาจบันทึกไว้ในเอกสาร บางครั้งเรียกว่าใบรับรองการสอบเทียบ หรือรายงานการสอบเทียบ

หมายเหตุ 4. ผลการสอบเทียบบางครั้งแสดงเป็นตัวแทนการสอบเทียบ หรือเป็นชุดตัวแทนการสอบเทียบ ในรูปแบบของเส้นโค้งการสอบเทียบ

การสอบเทียบมาตรฐานหมายถึง ชุดของการปฏิบัติ ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้อย่างเจาะจง เขียนไว้เป็นเอกสาร เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือวัดที่จะสอบเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐานการวัดที่อาจมีความแม่นยำสูงกว่า โดยมิวัดอุปสงค์เพื่อตรวจสอบ และรายงานผล หรือจัดโดยการปรับแต่ง ซึ่งความผิดพลาดของเครื่องมือวัด (calibration: philosophy in practice 1994: G-4)

การสอบเทียบมาตรฐานหมายถึง การปฏิบัติเพื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าอ่านของเครื่องมือวัด กับอุปกรณ์มาตรฐานการวัดที่สามารถสอบกลับได้ถึงมาตรฐานการวัดสากล ภายในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมเฉพาะ ผลการสอบเทียบจะทำให้ผู้ใช้เครื่องมือวัดได้ข้อมูลดังต่อไปนี้ (คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม 2546:229)

- ผลการสอบเทียบแสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างค่าที่แสดงบนเครื่องมือวัด(indication) และค่าจริงที่ยอมรับได้(conventional true value) ณ จุดต่างๆ ที่มีการสอบเทียบ
- ผลการสอบเทียบหลายๆครั้งสามารถใช้ตรวจสอบหาคุณลักษณะทางมาตรวิทยาอื่นๆของเครื่องมือวัดที่ได้รับการสอบเทียบได้
- การสอบเทียบทำให้มีการออกไปรับรองผลการสอบเทียบ ซึ่งใช้แสดงหลักฐานว่าเครื่องมือวัดได้รับการควบคุมและยืนยันความเหมาะสมในการนำไปใช้
- การสอบเทียบสามารถรายงานในรูปตารางค่าปรับแก้(correction curve)ซึ่งสามารถนำไปชดเชยผลการวัดในวันข้างหน้าให้มีความผิดพลาดน้อยลง

กล่าวโดยสรุปการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด เป็นชุดของการปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด และสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจงเพื่อเปรียบเทียบค่าอ่านบนเครื่องมือวัดที่ประสงค์จะสอบเทียบ กับอุปกรณ์มาตรฐานการวัดที่มีความ

แม่นยำดีกว่าและสามารถสอบกลับได้ เพื่อรายงาน หรือปรับแต่งเครื่องมือวัดที่สอบเทียบให้อ่านได้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผลการสอบเทียบทำให้รู้ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ได้สอบเทียบ ณ จุดต่างๆ ผลการสอบเทียบหลายครั้งสามารถนำมากำหนดสมบัติทางมาตรวิทยาต่างๆ ของเครื่องมือวัดได้ ผลการสอบเทียบอาจรายงานในรูปใบรายงานสอบเทียบ หรือใบรับรองผลการสอบเทียบ ผลการสอบเทียบอาจรายงานพร้อมค่าปรับแก้ หรือตารางค่าปรับแก้

วัตถุประสงค์ของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า คือการที่ผู้ใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าต้องการรู้คุณลักษณะทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า เพื่อที่จะได้นำไปสู่การยืนยันทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า การยืนยันทางมาตรวิทยาจะทำให้ผู้ใช้เครื่องมือวัดสามารถตัดสินใจได้ว่า เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ผ่านการสอบเทียบมีคุณลักษณะทางมาตรวิทยาที่ควรนำไปใช้ต่อไป หรือจะต้องจัดให้มีการซ่อมแซมหรือปรับแต่งต่อไป

#### 1.4 ความสำคัญของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด

การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด เป็นส่วนหนึ่งของการยืนยันทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัด เพื่อใช้แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดที่จำเป็นขององค์กร ยังคงให้ผลการวัดที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด(international standard ISO10012-2003:16) หากปราศจากการสอบเทียบก็จะมีข้อมูลที่ประกอบการตัดสินใจว่าเครื่องมือวัดที่ได้รับการสอบเทียบมีลักษณะการทำงานเป็นที่ยอมรับได้หรือไม่ เนื่องด้วยเครื่องมือวัดที่ใช้ในหน่วยงานต่างๆ มีลักษณะการอ่านที่เลื่อนค่าการอ่านไปตามเวลาที่ผ่านไป เมื่อใช้เครื่องมือวัดไปนานๆ เครื่องมือวัดอาจจะอ่านค่าได้ผิดมากกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ การอ่านผิดของเครื่องมือวัดเมื่อเวลาเปลี่ยนไปนี้เรียกว่า การลอยเลื่อนหรือ drift(นิยามศัพท์มาตรวิทยา มอก.235 เล่ม 14- 2541:29) การลอยเลื่อนของค่าอ่านของเครื่องมือวัดมีสาเหตุจากสิ่งต่างๆ เช่น ลักษณะใช้งานหนักเบา การเก็บ

รักษาดูแล ระหว่างการใช้ และหลังการใช้ คุณลักษณะของเครื่องมือวัดที่ได้รับการออกแบบมา วัสดุที่ใช้ผลิตดี หรือไม่มีดี การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด ยังเป็นเงื่อนไขสำคัญสำหรับหน่วยงานต่างๆ ที่ประสงค์จะขอรับการรับรอง

ระบบคุณภาพ ISO9000:2000(quality system management) ซึ่งกำหนดให้เครื่องมือวัดที่จำเป็นของหน่วยงาน ต้องได้รับการสอบเทียบ เป็นระยะๆ หรือก่อนนำไปใช้งาน และการสอบเทียบต้องเปรียบเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐานที่สามารถสอบกลับได้ หากหน่วยงานที่จะขอรับรองระบบการจัดการคุณภาพ ISO9000:2000 มิได้จัดให้มีการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่จำเป็นหน่วยงานนั้นก็จะไม่ผ่านการตรวจเพื่อให้การรับรองมาตรฐานดังกล่าว

การสอบเทียบมาตรฐานเป็นช่วง ชั้น ย้อนกลับไปยังมาตรฐานระดับชาติ หรือระดับสากลโดยไม่ขาดช่วง และแต่ละช่วงที่มีการสอบเทียบได้รายงานค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบจะทำให้ เกิดความสอบกลับได้ของการวัด หรือที่เรียกว่า measurement traceability (นิยามศัพท์มาตรวิทยา มอก.235 เล่ม 14- 2541:29)

โดยสรุปการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดเป็นกิจกรรมที่จำเป็น ในกระบวนการยืนยันทางมาตรวิทยาเพื่อแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดมีสมบัติทางมาตรวิทยา ที่เหมาะสมต่อการใช้งานหรือไม่ หากมิได้มีการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดเป็นระยะๆ อาจส่งผลให้ผลการวัดที่จำเป็นของหน่วยงานวัดผิดไปจากเกณฑ์การยอมรับที่กำหนด ทำให้การตีความคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ผิดไปจากความเป็นจริง ซึ่งจะกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในที่สุด นอกจากนั้นกิจกรรมการสอบเทียบยังเป็นข้อกำหนดให้หน่วยงานต้องปฏิบัติเพื่อให้เป็นที่ยอมรับ เช่น ข้อกำหนด ISO9000:2000 ข้อ 7.6 a) ข้อกำหนด มอก.17025-2543 ข้อ 5.6.1 และกิจกรรมการสอบเทียบยังเอื้ออำนวยต่อความสอบกลับได้ของการวัดซึ่งจะทำให้ผลการวัดเป็นที่ยอมรับระหว่างประเทศ

## 1.5 ความเป็นมาของการบริการสอบเทียบของ สสท.

การเปิดให้บริการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ของ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) สสท. ได้เริ่มการให้บริการสอบเทียบมาตรฐานตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2526

## 1.6 ประเภทของการสอบเทียบ

การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดแบ่งออกเป็น สามประเภทโดย (calibration : philosophy in practice 1994:

5-10)ทั่วไปได้แก่

1.6.1 การสอบเทียบเพื่อตรวจสอบลักษณะการทำงานของเครื่องมือวัดว่าเป็นไปตามเกณฑ์หรือไม่ เป็นการสอบเทียบเพื่อหาคุณลักษณะการทำงานของเครื่องมือวัด ณ วันที่ทำการสอบเทียบเพื่อนำไปประกอบการตัดสินใจว่าเครื่องมือวัด ยังมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ต่อไปหรือไม่ การสอบเทียบประเภทนี้มุ่งที่ความต้องการทราบข้อมูลของเครื่องมือวัดเป็นสำคัญ

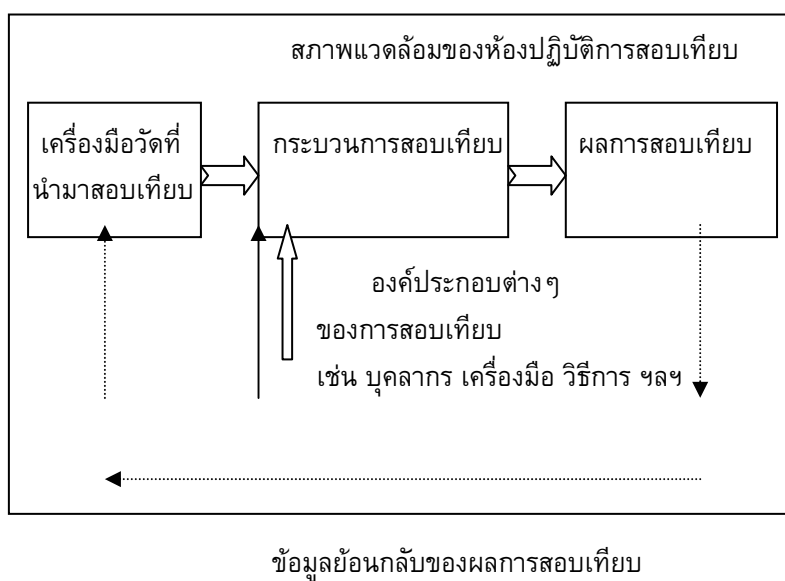
1.6.2 การสอบเทียบเพื่อปรับแต่ง เป็นการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด เพื่อมุ่งปรับแต่งให้เครื่องมือวัดอ่านได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด การสอบเทียบประเภทนี้จำเป็นสำหรับเครื่องมือวัดที่ค่าอ่านไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้และเครื่องมือวัดแบบนั้นสามารถปรับแต่งผลการวัดได้ ตามปกติการปรับแต่งเครื่องมือวัดต้องดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่ผู้มีความรู้ ความสามารถ ผ่านการฝึกอบรมและมีคู่มือการปรับแต่งของบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือวัดนั้นเป็นแนวทางการปฏิบัติ



1.6.3 การสอบเทียบเพื่อมุ่งหาค่าแก้ เครื่องมือวัดบางชนิด สอบเทียบแล้วไม่สามารถปรับแต่งได้ แม้เมื่อค่าอ่านไม่เป็นไปตามเกณฑ์ ดังนั้นเมื่อสอบเทียบแล้วก็จะรายงานค่าปรับแก้เพื่อ นำค่าปรับแก้ไปใช้ปรับแก้ค่า เมื่อใช้เครื่องมือวัดในงาน

## 1.7 ระบบการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด

ระบบการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด ประกอบด้วย องค์ประกอบของการสอบเทียบหลายอย่างประกอบกันเพื่อมุ่งกระทำต่อ เครื่องมือวัดที่นำเข้าสู่การสอบเทียบ และการรายงานผลการสอบเทียบมาตรฐาน การวิเคราะห์ผลการสอบเทียบ รวมถึงการปรับแต่ง



รูปที่ 1 ระบบการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด

1.7.1 องค์ประกอบของกระบวนการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่า ระบบการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด มีเครื่องมือวัดที่จะนำเข้าสู่การสอบเทียบเป็นปัจจัยนำเข้าสู่กระบวนการสอบเทียบ รวมถึงสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ก็เป็นปัจจัยนำเข้าสู่ระบบการสอบเทียบที่สำคัญ กระบวนการสอบเทียบเป็นลำดับการปฏิบัติเพื่อให้การสอบเทียบบรรลุผล กระบวนการสอบเทียบมีองค์ประกอบย่อยอีกหลายองค์ประกอบ และแต่ละองค์ประกอบล้วนส่งผลกระทบต่อความแม่นยำ และเชื่อถือได้ของการสอบเทียบเครื่องมือวัด(มอก.17025-2543:16) แตกต่างกันไปตามประเภทของงานสอบเทียบ ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่

1.7.1.1 บุคลากรผู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

1.7.1.2 เครื่องมือมาตรฐานการวัด รวมถึงอุปกรณ์สนับสนุนต่างๆ ที่ใช้ประกอบการสอบเทียบ

มาตรฐาน

1.7.1.3 เอกสารระบุขั้นตอนการสอบเทียบ ใบแบบบันทึก เอกสารที่เกี่ยวข้องต่างๆ

1.7.1.4 การควบคุมสภาวะแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบขณะสอบเทียบ

1.7.1.5 ความสามารถสอบกลับได้ของอุปกรณ์มาตรฐานการวัด

1.7.1.7 การควบคุมและประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด

1.7.1.8 การรายงานผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด

### 1.8 บุคลากรผู้เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

บุคลากรผู้ทำหน้าที่สอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และผู้เกี่ยวข้อง เช่นผู้แปลผล ผู้ตรวจสอบ หรือลงลายมือชื่อในใบรายงานผลการสอบเทียบ ต้องคัดเลือกจากบุคลากรที่มีคุณวุฒิทางการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ตรงกับงานวัดที่จะสอบเทียบ และต้องจัดให้มีการฝึกอบรมให้ทราบหลักการสอบเทียบ และได้ผ่านการฝึกงานภายใต้การควบคุมงานของผู้เชี่ยวชาญ และผ่านการประเมินผลการฝึกอบรมอย่างเป็นระบบก่อนที่จะมอบหมายให้ดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า การฝึกอบรมอย่างต่อเนื่องเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากเทคโนโลยีการวัด มีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

คุณลักษณะของบุคลากรที่ควรคัดเลือกให้ทำหน้าที่สอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ควรคัดเลือกบุคลากรที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ หากสามารถคัดเลือกได้ (calibration manager guide book 1998:3)

- เป็นผู้ที่มีคุณวุฒิทางการศึกษาเหมาะสม และผ่านการฝึกอบรมในสาขาที่จะสอบเทียบ หรือสามารถแสดงออกซึ่งความสามารถของการสอบเทียบตามภารกิจที่ได้รับมอบหมาย
- มีความสามารถในการแก้ปัญหา มั่นใจในตัวเอง
- มีความซื่อตรง ต่อวิชาชีพ
- นิยมชมชอบความสมบูรณ์
- ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น
- มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี

### 1.9 อุปกรณ์มาตรฐานการวัด

อุปกรณ์มาตรฐานการวัดเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างค่ามาตรฐานทางไฟฟ้า เพื่อใช้อ้างอิงในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ปัจจุบันเครื่องมือมาตรฐานการวัดทางไฟฟ้าได้รับการออกแบบให้มีความแม่นยำสูงและสร้างค่าทางไฟฟ้าหลายค่าในเครื่องเดียวกัน เรียกโดยรวมว่า Multi Product Calibrator คุณลักษณะสำคัญของเครื่องมือวัดที่ใช้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานการวัดคือ

- เป็นเครื่องมือที่สร้างค่าได้แม่นยำสูง และความเที่ยงตรงสูง
- เป็นเครื่องมือที่มีความเสถียรของคุณลักษณะทางมาตรวิทยาสสูง
- มีย่านการทำงานที่ครอบคลุม จุดใช้งานที่ต้องการวัด
- สามารถให้ความไม่แน่นอนของการวัดได้น้อยกว่า หนึ่งในสามของค่าความแม่นยำของเครื่องมือที่ต้องการ

สอบเทียบมาตรฐาน

- ควรมี Resolution มากกว่าเครื่องมือที่จะสอบเทียบ สิบเท่าขึ้นไป
- ต้องสามารถสอบกลับได้ถึงมาตรฐานการวัดระดับสากล ( SI Unit )

อุปกรณ์มาตรฐานการวัดที่ใช้สร้างค่ามาตรฐานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ต้องเป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูง และทำให้เกิดค่าความไม่แน่นอนในการวัดน้อยเพียงพอต่อการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

โดยทั่วไปเป็นการยอมรับที่ค่าความไม่แน่นอนของการวัดขณะสอบเทียบควรจะอยู่ในช่วง หนึ่งในสาม ถึงหนึ่งในสิบของค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบ(ISO10012-1992: 7) อย่างไรก็ตามในการสอบเทียบตามมาตรฐานสากล เช่น ISO/IEC17025:1999 มิได้กำหนดให้เครื่องมือมาตรฐานต้องมีความแม่นยำมากกว่าเครื่องมือที่จะสอบเทียบเป็น สามถึงสิบเท่า เช่นที่กล่าวถึงในคำแนะนำของ ISO 10012-1:1992 แต่มาตรฐานใหม่สนใจเรื่องของ ค่าความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบจะต้องรู้ และมีการประเมิน เพื่อที่จะใช้ประกอบการตีความคุณลักษณะทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบได้ หากค่าความไม่แน่นอนจากการใช้เครื่องมือมาตรฐานมีค่าสูงมากก็อาจไม่สามารถสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดของผู้ขอใช้บริการได้

#### 1.10 การควบคุมสภาพแวดล้อมของอาคารสถานที่

สภาพแวดล้อมขณะสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าส่งผลกระทบต่อคุณภาพ และความยอมรับได้ของผลการสอบเทียบ ถึงแม้ผลกระทบของสภาพแวดล้อมที่กระทบต่อคุณภาพของการสอบเทียบทางไฟฟ้าจะน้อยกว่าผลกระทบการสอบเทียบทางด้านอื่นๆ เช่น ทางด้านความยาว หรือแรงดัน แต่สภาพแวดล้อมก็ยังมีผลกระทบต่อ การสอบเทียบทางไฟฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งการสอบเทียบในระดับที่ต้องการความแม่นยำสูง ดังนั้นผู้ที่ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าต้องควบคุมให้สภาพแวดล้อมขณะสอบเทียบอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด อนึ่งสภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อ การสอบเทียบทางไฟฟ้า และควรพิจารณาควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ได้แก่

##### 1.10.1 อุณหภูมิห้องขณะสอบเทียบ

##### 1.10.2 ความชื้นสัมพัทธ์

##### 1.10.3 แร่ดินบรรยากาศ ในขณะที่สอบเทียบ

##### 1.10.4 ระดับคลื่นรบกวนในอากาศ

นอกจากนั้นการดูแลความสะอาดของพื้นที่สอบเทียบก็มีความสำคัญ ต่อการสอบเทียบทางไฟฟ้า หากพื้นที่สอบเทียบมีความสกปรก ก็อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของการสอบเทียบได้ เช่นเดียวกัน ในกรณีที่มีการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่อ่านโดยใช้ เข็ม บัจฉัยเรื่องความสะอาดของพื้นที่อาจจะทำให้การสอบเทียบผิดพลาดได้

ตัวอย่างการควบคุมสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้ามีดังต่อไปนี้

#### คำแนะนำของ ISA RP52 สำหรับสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางไฟฟ้า

ระดับเสียง สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ Type I และ Type II

สูงสุดไม่เกิน 45 decibel วัดโดยเครื่องมือวัดระดับเสียง A หรือ B weighting network

จำนวนเม็ดฝุ่น สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ Type I และ Type II

เม็ดฝุ่นขนาดโตกว่า 1 micrometer ไม่เกิน  $7 \times 10^6$  เม็ดต่อหนึ่งลูกบาศก์เมตร

เม็ดฝุ่นขนาดโตกว่า 0.5 micrometer ไม่เกิน  $4 \times 10^7$  เม็ดต่อหนึ่งลูกบาศก์เมตร

องไม่มีฝุ่นขนาดเกิน 50 micrometer

การป้องกันคลื่น สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ Type I และ Type II

รบกวนทางไฟฟ้า มีความเข้มของสัญญาณรบกวนไม่เกิน 100 micro volt/meter และจัดทำสาย ground

สำหรับไฟ dc มีความต้านทานไม่เกิน 2 ohms จัดทำสาย ground สำหรับไฟ AC

มีความต้านทานไม่เกิน 5 ohms

แร่ดินบรรยากาศ สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ Type I และ Type II

รักษาให้มีแรงดันบรรยากาศภายในห้องปฏิบัติการมากกว่าภายนอก 10 pascal หรือ

0.1 millibar

แสงสว่าง สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ Type I และ Type II ให้มีความเข้มแสงประมาณ 1076 lux ( 100 foot-candles ) บนโต๊ะสอบเทียบ

ความชื้นสัมพัทธ์ สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ Type I 35 – 55% ที่อุณหภูมิ 23 ° C สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ Type II 20 – 55% ที่อุณหภูมิ 23 ° C

อุณหภูมิ สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ Type I รักษาอุณหภูมิที่ 23 +/- 1 ° C สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ Type II รักษาอุณหภูมิที่ 23 +/- 1.5 ° C

Voltage regulation สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ Type I และ Type II ต้องเปลี่ยนไม่เกิน +/- 10% และต้องมีการควบคุม Transients ให้ต่ำที่สุด ค่า rms harmonics ทั้งหมดไม่เกิน 5 %

ความสั่นสะเทือน ไม่มีการกำหนดไว้สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางไฟฟ้า

การควบคุมสภาพแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ เป็นกิจกรรมที่ต้องลงทุนพอสมควร หากการดำเนินการเรื่องสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมแต่ต้น การแก้ไขจะดำเนินไปได้ยาก และสิ้นเปลืองมากกว่าการแก้ไขให้เหมาะสมแต่ต้น

### 1.11 ขั้นตอนการสอบเทียบมาตรฐาน

ขั้นตอนการสอบเทียบมาตรฐาน เป็นเอกสารที่ใช้แสดงขั้นตอนในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า( อาจจะอยู่ในรูปของ Software ก็ได้ ) ซึ่งจะทำให้ผู้ปฏิบัติการสอบเทียบ สามารถทำตามขั้นตอนที่จัดทำไว้อย่างคงเส้นคงวา หากปราศจากขั้นตอนการสอบเทียบอาจทำให้การสอบเทียบแต่ละครั้งไม่ซ้ำที่คงเส้นคงวา และมีความไม่แน่นอนของ

การวัดในการสอบเทียบที่ไม่เหมือนเดิม ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า อาจได้มาจากคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือวัด หรือผู้สอบเทียบสามารถเขียนขั้นตอนการสอบเทียบขึ้นเองก็ได้ ขั้นตอนการสอบเทียบที่มีผู้จัดทำไว้และเป็นที่ยอมรับก็สามารถนำมาใช้เป็นขั้นตอนในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ หากจะเขียนขั้นตอนการสอบเทียบขึ้นเองควรประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้( มอก.17025-2543:19)

- a) การชั่งซื้อเอกสารที่เหมาะสม
- b) ขอบข่ายการใช้งานของเอกสารขั้นตอนการสอบเทียบ
- c) คำบรรยายระบุประเภทของเครื่องมือวัดที่สามารถสอบเทียบได้
- d) รายการหรือพัสดุที่สามารถสอบเทียบมาตรฐานได้
- e) อุปกรณ์เครื่องมือประกอบในการสอบเทียบ
- f) เครื่องมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ
- g) สภาวะแวดล้อม และระยะเวลาที่ต้องใช้ในการอุ่นเครื่อง หรือทำให้เครื่องมือ
- h) คำบรรยายที่ระบุ ขั้นตอนของการดำเนินการสอบเทียบอันได้แก่
  - การเตรียมการขั้นต้น เช่นการต่อสายวัด การตั้งค่าเครื่องมือวัด
  - การตรวจสอบขั้นต้น เช่นการปรับ Zero ในกรณีการสอบเทียบ ohm meter
  - วิธีการบันทึก และประเมินผล

- มาตรการความปลอดภัยต่างๆ และข้อควรระวัง

- i) เกณฑ์การยอมรับของผลการสอบเทียบ
- j) แนวทางการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด

แนวทางในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า เช่น Digital Multi Meter สามารถค้นหาได้จาก ที่อยู่ web ต่างๆ เช่น WWW. European-accreditation.org มีคำแนะนำ EA-10/15 ที่แนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

หากหน่วยงานจัดให้มีองค์ประกอบของการสอบเทียบตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อันได้แก่ บุคลากร เครื่องมือมาตรฐาน ขั้นตอนการสอบเทียบ และการควบคุมสภาพแวดล้อม ครบถ้วนแล้วการสอบเทียบอาจจะให้ผลที่ไม่คงเส้นคงวาได้ ห้องปฏิบัติการจึงต้องจัดให้มีระบบควบคุม และประกันคุณภาพในงานสอบเทียบให้เหมาะสมต่อหน่วยงาน

### 1.12 ระบบควบคุม และประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐาน

ผู้บริหารห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดให้มีระบบควบคุม และประกันคุณภาพของการสอบเทียบเพื่อให้แน่ใจว่าผลการสอบเทียบมาตรฐานที่ได้รายงานออกไปแต่ละวัน เป็นผลการสอบเทียบที่มีคุณภาพตามที่คาดหวังไว้อย่างต่อเนื่องตลอดไป

1.12.1 ระบบควบคุมคุณภาพ(quality control) สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ คือการปฏิบัติอย่างเป็นระบบของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ เพื่อรักษาคุณภาพของการให้บริการสอบเทียบ ให้เป็นไปตามระดับคุณภาพที่คาดหวังโดยผู้ใช้บริการสอบเทียบ(calibration : philosophy in practice 1994:G-12) ตัวอย่างการควบคุมคุณภาพ

ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบได้แก่ การกำหนดให้มีการสอบเทียบงานที่สอบเทียบเสร็จและรอส่งคืน ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง โดยอาจใช้เจ้าหน้าที่คนเดิม หรือเจ้าหน้าที่ต่างคนก็ได้

1.12.2 ระบบประกันคุณภาพ(quality assurance) สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ การประกันคุณภาพคือแผนงานที่กำหนดกรอบของการปฏิบัติอย่างเป็นระบบ เพื่อสร้างให้เกิดความมั่นใจในผลการสอบเทียบของห้องปฏิบัติการสอบเทียบว่ามีคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ(calibration : philosophy in practice 1994:G-12) ตัวอย่างของระบบประกันคุณภาพได้แก่ การกำหนดระยะเวลาสอบเทียบเครื่องมือวัดมาตรฐาน เป็นระยะๆ หรือการวางแผนเข้าร่วมโครงการทดสอบความชำนาญที่มีผู้จัดขึ้น

ระบบการสอบเทียบมาตรฐาน ประกอบด้วยเครื่องมือวัดที่จะนำมาสอบเทียบ และสภาวะแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ เป็นปัจจัยนำเข้าสู่ระบบการสอบเทียบ มีกระบวนการสอบเทียบที่เป็นขั้นตอนในการสอบเทียบตามลำดับ นอกจากนั้นยังมีองค์ประกอบย่อยต่างๆ ที่จำเป็นในขั้นตอนของการสอบเทียบ ผลสอบเทียบที่ได้จะได้รายงานและนำข้อมูลที่ได้จากการสอบเทียบย้อนกลับมาสู่การตัดสินใจในการปฏิบัติต่อเครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบ รวมถึงการปรับปรุงคุณภาพ ขององค์ประกอบของการสอบเทียบต่อไป

### 1.13 วิธีการสอบเทียบ

วิธีการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ประกอบด้วยลำดับขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

ขั้นตอน เตรียมการก่อนการสอบเทียบ เป็นขั้นตอนที่กำหนดการปฏิบัติเพื่อเตรียมความพร้อมในการสอบเทียบ ขั้นตอนการลงมือปฏิบัติการสอบเทียบโดยเจ้าหน้าที่สอบเทียบ จัดบันทึกข้อมูลดิบ ผลการสอบเทียบ การประเมินผลการสอบเทียบ การออกใบรายงานผลการสอบเทียบ

### 1.13.1 ขั้นตอนการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

ขั้นตอนการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าแบ่งออกเป็นสามขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ

- ขั้นตอนการเตรียมการสอบเทียบ
- การปฏิบัติการสอบเทียบ
- การประเมินและรายงานผลการสอบเทียบ

#### 1.13.2 ขั้นตอนการเตรียมการสอบเทียบ

ผู้สอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าต้องจัดหาเครื่องมือมาตรฐานการวัด ( measurement standard ) ซึ่งมีย่านการใช้งานครอบคลุมช่วงที่จะสอบเทียบ เครื่องมือมาตรฐานการวัดต้องได้รับการสอบเทียบมาตรฐานและมีหลักฐานแสดงว่าเครื่องมือมาตรฐานนี้สามารถสอบกลับได้(traceability) ถึงหน่วยวัดสากล โดยทั่วไปใบรายงานผลการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองความสามารถตาม มอก.17025-2543 จะเป็นที่ยอมรับว่าสามารถสอบกลับได้ถึงหน่วยวัดสากล เมื่อมีเครื่องมือมาตรฐานการวัดแล้วจึงจัดเตรียมการสอบเทียบโดยการเปิดเครื่องมือมาตรฐาน และเครื่องมือที่จะสอบเทียบเพื่อเป็นการอุ่นเครื่องมือวัดให้มีอุณหภูมิเหมาะสมแก่การสอบเทียบ ระยะเวลาอุ่นเครื่องของอุปกรณ์มาตรฐานจะมีคำแนะนำในเอกสารคำแนะนำการใช้งานของบริษัทผู้ผลิตโดยทั่วไปจะอยู่ประมาณ ครึ่งชั่วโมงถึงหนึ่งชั่วโมงสำหรับเครื่องมือที่นำมาสอบเทียบก็ต้องมีการอุ่นเครื่องเช่นเดียวกัน โดยดูได้จากคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือวัดหนึ่งเครื่องมือวัดความแม่นยำสูงบางรุ่นผู้ผลิตแนะนำให้ อุ่นเครื่องถึงสี่ชั่วโมงก่อนดำเนินการสอบเทียบหลังจากการอุ่นเครื่องจนได้ระยะเวลาที่กำหนดแล้ว ให้ทำการ self test และ auto calibration ทั้งในส่วนเครื่องมือมาตรฐานการวัด และเครื่องมือที่นำมาสอบเทียบ การทำ self test และ auto calibration นี้ให้ดำเนินการตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต หากผลการ self test และ auto calibration ไม่ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับให้พิจารณาส่งซ่อมหรือปรับแต่งต่อไปการทำ auto calibration สำหรับเครื่องมือวัดความแม่นยำสูงบางรุ่นมีความจำเป็นมาก หากผู้สอบเทียบละเลยไม่ทำ auto calibration จะทำให้ผลสอบเทียบไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับได้ ดังนั้นหากผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่มีความแม่นยำสูงบางรุ่น ผลสอบเทียบครั้งแรกไม่ผ่านให้ทดลองทำ auto calibration อีกครั้ง และสอบเทียบซ้ำอีกครั้งในการเตรียมการสอบเทียบจะรวมถึงการเลือกใช้สายวัดที่เหมาะสมต่อการสอบเทียบ ในกรณีสอบเทียบเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ( direct voltage meter) ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำ เช่น แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 100 mvdc สายวัดที่ใช้ในการต่อระหว่างเครื่องมือมาตรฐานการวัด กับเครื่องมือที่จะนำมาสอบเทียบต้องเลือกใช้สายวัดที่ทำให้เกิด แรงดันไฟฟ้าเนื่องจากความร้อนระหว่างจุดต่อที่เป็นโลหะต่างชนิดที่ต่ำ สายวัดประเภทนี้มักจะเคลือบบริเวณผิวของตัวนำด้วยโลหะพิเศษ หากใช้สายวัดปกติทั่วไปอาจจะก่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตรงจุดต่อสายวัดที่เป็นโลหะต่างชนิดถึง 1 mvdc หากวัดแรงดันไฟฟ้าที่มีแรงดัน 100 mv ผลการวัดจะผิดพลาดถึง 1% เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในวัด การใช้สายวัดชนิดที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเนื่องจากความร้อนต่ำ ก็ยังคงมีแรงดันระหว่างรอยต่อเช่นเดียวกัน แต่โดยทั่วไปจะต่ำประมาณ 1  $\mu$ vdc หลังจากการต่อสายวัดแบบนี้เข้ากับเครื่องมือเพื่อการสอบเทียบควรรอให้อุณหภูมิของสายวัดเสถียรเสียก่อนประมาณ 5 นาทีจึงเริ่มวัด ในกรณีของการสอบเทียบแรงดันไฟฟ้า

ac voltage ควรเลือกใช้สายวัดที่มีสายตัวนำห่อหุ้มเพื่อป้องกันการแพร่กระจายคลื่น หรือเพื่อป้องกันการรับคลื่นจากภายนอก เช่นสาย coaxial ที่ใช้ในการวัดย่าน high frequency หรือ rf frequency ในกรณีการวัดค่าความต้านทานสูงเพื่อการสอบเทียบสายวัดที่ใช้ควรเลือกสายวัดที่มีฉนวนที่มีความต้านทานสูง เช่นสายที่มีฉนวนที่ทำด้วยเทฟลอนเพื่อลดกระแสรั่วไหลในการสอบเทียบการปรับ zero ของเครื่องมือวัดก่อนการสอบเทียบเป็นสิ่งที่

ความสำคัญ โดยให้ปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือวัดนั้น โดยทั่วไป dc volt meter จะ zero โดยการต่อสายที่ให้แรงดันไฟฟ้าต่ำ ชอร์ตระหว่างขั้ว hi และ lo ของ volt meter ขณะที่การสอบเทียบ ohm meter จะชอร์ตที่ปลายสายวัดเข้าด้วยกันแล้วจึงปรับเครื่องมือวัดให้อ่านศูนย์จึงเริ่มสอบเทียบ การชอร์ตที่ปลายสายวัดจะทำให้มีการชดเชยค่าความต้านทานของวัดขณะวัดค่าความต้านทาน การละเลยการทำ zero ที่ถูกต้องจะทำให้ผลการสอบเทียบ ohm meter ผิดไปมาก บางครั้งอาจจะผิดพลาดถึง 0.2 ohm หมายถึงวัดผิดไปถึง 2% หากสอบเทียบค่าความต้านทานมาตรฐานที่ค่า 10 ohm การทำ zero สำหรับ dc current meter ทำได้โดยการปล่อยขั้วของสายวัดเปิดไว้แล้วดูที่ค่าที่แสดงต้องเป็นศูนย์

### 1.13.3 การปฏิบัติการสอบเทียบ

เมื่อได้เตรียมการสอบเทียบตามข้อ 8.2.2 เรียบร้อยแล้วให้ผู้สอบเทียบปฏิบัติการสอบเทียบตามลำดับโดยให้สอบเทียบ function การวัด และย่านการวัดตามที่ผู้ขอใช้บริการกำหนดให้สอบเทียบ หรือสอบเทียบตามจุดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ การปฏิบัติการสอบเทียบค่าทางไฟฟ้า ก็คือการสร้างค่าทางไฟฟ้าที่เป็นมาตรฐานขึ้นโดย อุปกรณ์มาตรฐานที่เรียกว่า calibrator ในปัจจุบันนี้ เทคโนโลยีการผลิตแผงวงจรรวมและความก้าวหน้าทางด้าน computer ทำให้ calibrator ยุคปัจจุบันสามารถสร้างค่าทางไฟฟ้าต่างๆ ที่มีความแม่นยำสูงได้ โดยอำนวยความสะดวกให้แก่เจ้าหน้าที่ผู้สอบเทียบเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามผู้สอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงความไม่แน่นอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดอันเกิดขึ้นจากแหล่งความไม่แน่นอนทั้งจากภายในตัว calibrator เอง และจากปัจจัยแวดล้อมภายนอก

ขั้นตอนการปฏิบัติในการสอบเทียบ ให้ดำเนินการสอบเทียบทีละ function จากค่าน้อยไปหามาก จนครบทุกจุดในแต่ละ function สำหรับการกำหนดจุดสอบเทียบอยู่ที่ความต้องการของผู้ขอใช้บริการเป็นสำคัญ ในกรณีที่ผู้ขอใช้บริการสอบเทียบมิได้กำหนดจุดสอบเทียบมาให้ก็อาจใช้คำแนะนำในคู่มือเครื่องมือวัดเป็นแนวทางก็ได้ ในกรณีที่ไม่มีเอกสารคำแนะนำในการกำหนดจุดสอบเทียบ สามารถดูได้จากเอกสารหมายเลข EA-10/15 (คำแนะนำในการสอบเทียบ Digital multi meter )ใน [www.European-accreditation.org](http://www.European-accreditation.org) ขณะที่ปฏิบัติการสอบเทียบให้จ่ายค่ามาตรฐานเข้าสู่เครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบ แล้วรอจนค่าที่อ่านบนส่วนแสดงผลนิ่ง จึงให้บันทึกค่าลงในใบแบบมาตรฐาน ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดตั้งแต่ห้าหลักครั้งขึ้นไป ควรดำเนินการวัดซ้ำประมาณ 4 ถึง 10 ครั้ง เพื่อหาค่าความทวนซ้ำได้ของการวัด โดยผู้สอบเทียบต้องบันทึกผลการวัดซ้ำแต่ละครั้งไว้ และคำนวณหาค่าเฉลี่ยของผลวัดซ้ำทั้งหมดรายงานเป็นค่าที่อ่านได้ในแต่ละจุด การสอบเทียบแต่ละ function ควรสอบเทียบให้เสร็จในคราวเดียวจึงเปลี่ยน function ไม่ควรสอบเทียบแล้วเปลี่ยน function ของการสอบเทียบไปมา ตัวอย่างเช่นเมื่อทำการสอบเทียบ dc volt function ควรทำให้ครบ แล้วจึงเปลี่ยนเป็น ac volt meter และ function อื่นๆ ต่อไปจนครบ ขณะสอบเทียบผู้สอบเทียบต้องระมัดระวังเรื่องของการต่อสาย ground และสาย guard โดยดูคำแนะนำจากคู่มือของ calibrator มักจะมีคำแนะนำเรื่องการต่อสาย ground เพื่อหลีกเลี่ยง ground loop

#### ตัวอย่างการรายงานผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า dc volt meter

| uncertainty | function/Range |        | Applied      | Unit under calibrate | Deviation      | Estimate                  |
|-------------|----------------|--------|--------------|----------------------|----------------|---------------------------|
|             |                |        | reading      |                      | of measurement |                           |
| μVdc        | dc volt        | 100 mv | 0.0000 mv    | 0.000 mv             | 0.000 mv       | +/- 20                    |
|             |                |        | 10.0000 mv   | 10.005 mv            | 0.005 mv       | +/- 60 X 10               |
|             |                |        | 90.0000 mv   | 89.998 mv            | - 0.002 mv     | +/- 60 X 10               |
| -6          |                |        | - 90.0000 mv | - 90.001 mv          | - 0.001 mv     | +/- 60 X 10 <sup>-6</sup> |

ขณะทำการสอบเทียบ ผู้สอบเทียบจะต้องจ่ายค่า และจดค่าที่อ่านขณะที่สอบเทียบ ค่าอ่านที่รายงานเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณค่าเฉลี่ยจากการวัดซ้ำประมาณ 4 – 10 ซ้ำ สำหรับค่า deviation คือค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่อ่านจากเครื่องมือที่นำมาสอบเทียบ และค่ามาตรฐานที่จ่ายให้ คำนวณได้โดยการเอาค่าที่อ่านได้เป็นตัวตั้ง และลบด้วยค่ามาตรฐานที่ป้อน สำหรับค่าความไม่แน่นอนของการวัดโดยประมาณ ให้ผู้สอบเทียบทำการประมาณค่าของความไม่แน่นอนของการวัด โดยทำการประเมินค่าความไม่แน่นอนตามคำแนะนำของ ISO guide to the expression of uncertainty in measurement 1995 สำหรับตัวอย่างของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบ Digital multi meter สามารถดูได้จากเอกสารชื่อ The expression of uncertainty and confidence in measurement ( M3003) ของ UKAS

#### 1.13.4 การประเมินผลและรายงานผลการสอบเทียบ

ในกรณีที่การสอบเทียบเครื่องมือวัดเป็นการสอบเทียบภายในหน่วยงาน เพื่อยืนยันคุณลักษณะทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัด ผลการสอบเทียบต้องมีการประเมิน ในการประเมินผลเครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบนั้นประการแรกผู้ประเมินผลต้องรู้คุณลักษณะเฉพาะทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัดที่จะประเมิน ข้อมูลนี้สอบถามได้จากผู้ใช้เครื่องมือวัด ตัวอย่างเช่นผู้วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงกำหนดให้เครื่องมือวัดที่ใช้ในงาน มีค่าความผิดพลาดสูงสุดที่ยอมได้ ( maximum permissible error ) ไม่เกิน  $\pm 0.05$  vdc ที่ย่านการวัด 100 vdc หากผลการสอบเทียบที่ ย่านการวัด 100 vdc มีผลดังต่อไปนี้

| function/Range | Applied   | Unit under calibrate | Deviation | Estimate                 |
|----------------|-----------|----------------------|-----------|--------------------------|
| uncertainty    |           | reading              |           | of                       |
| measurement    |           |                      |           |                          |
| dc volt 100 v  | 0.0000 v  | 0.000 v              | 0.000 v   | $\pm 20 \mu\text{v}$     |
|                | 100.000 v | 100.04 v             | 0.04 v    | $\pm 200 \times 10^{-6}$ |

จากผลการสอบเทียบดังกล่าวหากประเมินค่า ความผิดพลาด  $+0.04\text{v}$  พบว่าไม่เกินกว่าเกณฑ์  $\pm 0.05$  v ตามที่ผู้ใช้เครื่องมือวัดต้องการ แต่การประเมินผลการสอบเทียบโดยดูเพียงค่า ความผิดพลาดเทียบกับเกณฑ์อย่างเดียวจะไม่สมบูรณ์เนื่องจากการไม่มีการสอบเทียบครั้งใดที่สมบูรณ์ ผู้ประเมินผลสอบเทียบจะต้องนำเอาค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบมาคำนึงถึง โดยคาดว่าค่าความผิดพลาดที่เห็นในใบรายงานผลมีโอกาสจะเบี่ยงเบนไปได้เท่ากับค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ ในกรณีตัวอย่างนี้ ค่าความไม่แน่นอนรายงานเป็นค่า  $\pm 200 \times 10^{-6}$  เมื่อนำมาคำนวณที่จุดวัด 100v ค่าความไม่แน่นอนโดยประมาณ จึงเท่ากับ  $\pm 100\text{v} \times (200 \times 10^{-6}) = \pm 0.02\text{v}$  จากนั้นนำเอาค่าความไม่แน่นอนมาคำนึงถึง โดยรวมเข้ากับค่า ความผิดพลาด  $+ 0.04\text{v}$  โดยครั้งแรกคำนึงถึงการเบี่ยงเบนด้าน + ค่า error อาจมีค่าเท่ากับ  $+ 0.04\text{v} + (+0.02\text{v})$  เท่ากับ  $0.06\text{v}$  ซึ่งถือว่าเครื่องมือวัดนี้ไม่เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ เพราะผู้ใช้เครื่องมือวัดยอมให้ผิดได้ไม่เกิน  $0.05\text{v}$  ครั้งที่สองคำนึงถึงการเบี่ยงเบนด้าน - ค่า error อาจมีค่าเท่ากับ  $+ 0.04\text{v} + (- 0.02\text{v})$  เท่ากับ  $0.02\text{v}$  ซึ่งถือว่าเครื่องมือวัดนี้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ เพราะผู้ใช้เครื่องมือวัดยอมให้ผิดไปไม่เกิน  $0.05\text{v}$  การประเมินผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดว่า เป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการหรือไม่ต้องคำนึงถึงค่าความไม่แน่นอนของการวัดด้วยดังปรากฏในข้อกำหนด ISO/IEC17025:1999 ข้อ 5.10.4.2

#### 1.13.5 การรายงานผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า



หากเป็นการรายงานผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าเป็นการภายในบริษัทเดียวกัน การรายงานอาจจัดทำในรูปแบบง่าย ๆ ให้สามารถสื่อความหมายได้ว่าเครื่องมือวัดเหมาะสมต่อการใช้งานหรือไม่ แต่หากเป็นการสอบเทียบเครื่องมือวัดให้แก่หน่วยงานอื่นๆ เช่นที่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเอกชนซึ่งรายงานผลและเก็บค่าบริการสอบเทียบเป็นธุรกิจ การรายงานผลสอบเทียบต้องรายงานให้ละเอียดและมีข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนที่สำคัญในการรายงาน

งานผลก็คือข้อมูลที่รายงานผลต้องแม่นยำ ชัดเจน เข้าใจง่ายและมีข้อมูลเพียงพอต่อการตีความ ข้อมูลในใบรายงานผลสอบเทียบควรจะประกอบด้วย รายละเอียดอย่างน้อยดังต่อไปนี้

- a) หัวกระดาษที่มีคำว่า “Test report” หรือคำว่า “Calibration certificate”
- b) ชื่อ และที่อยู่ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ
- c) หมายเลขใบรายงาน และเลขที่หน้าแต่ละหน้าในกรณีใบรายงานมีหลายหน้า และสิ่งซึ่งบ่งว่าเป็นใบรายงานหน้าสุดท้าย
- d) ชื่อ และที่อยู่ของผู้ขอใช้บริการ
- e) ระบุ Calibration procedure ที่ได้ใช้ในการสอบเทียบให้ชัดเจน
- f) มีคำบรรยายลักษณะ ของเครื่องมือวัดที่รับมาสอบเทียบอย่างชัดเจน
- g) ระบุ วันที่รับเครื่องมือวัด และวันที่สอบเทียบ
- h) หากมีการสัมผัสตัวอย่างเพื่อนำมาสู่การสอบเทียบต้องมีการระบุแผน และขั้นตอนการสัมผัสตัวอย่างด้วย
- i) รายงานผลการสอบเทียบ อาจเป็นตาราง เป็นกราฟ และระบุหน่วยวัดด้วยหากเหมาะสม
- j) ลงนาม และตำแหน่งของผู้มีอำนาจออกใบรายงานผลการสอบเทียบ
- k) ในกรณีที่เกี่ยวข้อง ให้มีการระบุให้ชัดว่าใบรายงานนี้ใช้เฉพาะเครื่องมือวัดนี้เท่านั้น
- l) สภาพแวดล้อม ขณะที่สอบเทียบ ที่กระทบต่อผลการสอบเทียบ เช่นอุณหภูมิ และความชื้น
- m) ข้อความแสดงค่าความไม่แน่นอนของการวัด และ/หรือ ข้อความแสดงความเป็นไปตามคุณลักษณะทางมาตรวิทยาที่กำหนดของเครื่องมือวัด
- n) หลักฐานแสดงความสอบกลับได้

นอกจากข้อมูลตามที่กล่าวข้างต้นแล้ว หากเป็นการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำสูง ผู้รายงานอาจจะต้องรายงานเงื่อนไขต่างๆ ในการสอบเทียบให้ชัดเจน ตัวอย่าง เช่นการสอบเทียบได้กระทำหลังการ อุ่นเครื่อง 4 ชั่วโมง และ

สอบเทียบ dc volt meter โดยการต่อ ขั้ว lo เข้ากับ ground หรือการระบุ sampling rate ที่ใช้ในการสอบเทียบ ในกรณีที่ผู้สอบเทียบประสงค์จะรายงานความเป็นไปตามคุณลักษณะทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัดที่ได้สอบเทียบ จะต้องคำนึงถึงค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ และระบุให้ชัดเจนว่าคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องมือวัดที่ใช้ประเมินมีค่าเท่าใด หรือเป็นคุณลักษณะเฉพาะหมายเลขใด

สำหรับเครื่องมือวัดที่มีการปรับแต่ง ผลการสอบเทียบควรรายงานผลการสอบเทียบทั้งก่อนปรับแต่ง และหลังปรับแต่งในใบรายงานผลการสอบเทียบไม่ควรระบุหรือกำหนดวันครบรอบสอบเทียบครั้งหน้า ยกเว้นลูกค้าตกลงให้กำหนดวัน หรือเป็นไปตามกฎเกณฑ์ของหน่วยงานผู้มีอำนาจ

#### 1.14 ผลกระทบจากการให้บริการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าของ สสท.

จากการให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าของ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย – ญี่ปุ่น) มีผลกระทบดังต่อไปนี้

1.14.1 เพิ่มแหล่งให้บริการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด การเปิดให้บริการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ของ สสท.ทำให้ผู้ใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมที่มีความต้องการสอบเทียบเครื่องมือวัด มีแหล่งให้บริการสอบเทียบมากขึ้น ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการรอคิว ส่งเสริมให้หน่วยงานในภาคอุตสาหกรรมได้รับการรับรอง ระบบการจัดการคุณภาพ ISO9000:2000 และระบบมาตรฐานอื่นๆ

1.14.2 เป็นแหล่งวิทยากร การเปิดให้บริการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ของ สสท.ทำให้ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า เป็นแหล่งสร้างบุคลากรในสาขาของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด เนื่องจากการผลิตเจ้าหน้าที่สอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดต้องใช้เครื่องมือมาตรฐานประกอบการฝึกที่มีราคาสูงมาก จึงขาดแคลนแหล่งสร้างบุคลากรด้านการสอบเทียบ

1.14.3 เป็นเครือข่ายการถ่ายทอดความสอกลับได้ของการวัด การเปิดให้บริการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ของ สสท. ถือเป็นเครือข่ายของระบบมาตรวิทยาแห่งชาติ ซึ่งมีผลกระทบต่อการสนับสนุนมาตรฐานการวัดในระดับโรงงานซึ่งมีผลต่อการส่งออกของภาคอุตสาหกรรมเป็นอย่างดี

1.14.4 เป็นแหล่งข้อมูลสารสนเทศด้านการสอบเทียบ การเปิดให้บริการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ของ สสท.ทำให้ห้องปฏิบัติการต้องจัดเตรียมข้อมูลต่างๆ ที่ใช้สนับสนุนกิจกรรมสอบเทียบ เช่น calibration procedure ต่าง ๆ เทคนิควิธีการสอบเทียบ ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลที่ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

1.14.5 เป็นห้องปฏิบัติต้นแบบ ในการจัดระบบคุณภาพตาม มอก.17025-2543 การจัดการห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางไฟฟ้า ที่ได้รับการรับรองความสามารถตาม มอก.17025-2543 ทำให้ห้องปฏิบัติการได้รับความเชื่อมั่นจากลูกค้า และลูกค้ายังได้มีผลงาน ระบบการจัดการคุณภาพของห้องปฏิบัติการเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ ในห้องปฏิบัติการสอบเทียบของลูกค้าในภาคอุตสาหกรรม

## บทที่ 2

### นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่จำเป็นในการสอบเทียบ

**2.1. บทนำ** บทนี้จะเป็นการอธิบายคำศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาที่พบในกิจกรรมการสอบเทียบ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าของเจ้าหน้าที่ สอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า เพื่อให้เจ้าหน้าที่สอบเทียบได้เข้าใจนิยามศัพท์ถูกต้อง ตรงตามที่หน่วยงานมาตรฐานกำหนด อันจะส่งผลให้การรายงานผลและการสื่อสารกับผู้ใช้ผลการสอบเทียบมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

**2.2 เนื้อหา** นิยามศัพท์ทางด้านมาตรวิทยาจะประกอบด้วยการอธิบายคำศัพท์ต่างๆ ที่ใช้ในกิจกรรมการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด ดังต่อไปนี้

## 2.3 นิยามศัพท์ด้านมาตรวิทยา

**2.3.1 Calibration** การสอบเทียบมาตรฐานหมายถึงชุดของการดำเนินการซึ่งสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการชั่งบอก โดยเครื่องมือวัดหรือระบบการวัดหรือค่าที่แสดง โดยเครื่องวัดที่เป็นวัสดุกับค่าสมนัยที่รู้ของปริมาณที่วัดภายใต้ภาวะที่บ่งไว้ (นิยามศัพท์มาตรวิทยา มอก.235 เล่ม 14- 2541:29)

หมายเหตุ 1. ผลการสอบเทียบสามารถประมวลค่าความผิดพลาดของการชั่งบอกของเครื่องวัด ระบบการวัด หรือเครื่องวัดที่เป็นวัสดุ หรือกำหนดค่า ทำเครื่องหมายบนสเกล ณ ที่ใดที่หนึ่ง

หมายเหตุ 2. การสอบเทียบอาจหาสมบัติทางมาตรวิทยาอื่นๆ ได้ด้วย

หมายเหตุ 3. ผลการสอบเทียบอาจบันทึกไว้ในเอกสาร บางครั้งเรียกว่าใบรับรองการสอบเทียบ หรือรายงานการสอบเทียบ

หมายเหตุ 4. ผลการสอบเทียบบางครั้งแสดงเป็นตัวประกอบการสอบเทียบ หรือเป็นชุดตัวประกอบของการสอบเทียบ ในรูปแบบของเส้นโค้งการสอบเทียบ

**2.3.2 Verification** การทวนสอบหมายถึงการยืนยันโดยการตรวจสอบและมีหลักฐานแสดงว่าเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุ

หมายเหตุ การดำเนินการเกี่ยวกับการจัดการเครื่องมือวัดนั้น การทวนสอบจะเป็นเครื่องช่วยตรวจสอบความเบี่ยงเบนระหว่างค่าที่ชั่งบอกโดยเครื่องมือวัด กับค่าสมนัยที่รู้ของปริมาณที่วัด ว่าน้อยกว่าค่าผิดพลาดที่ยอมให้สูงสุด ตามที่ระบุในมาตรฐาน หรือกฎระเบียบหรือคุณลักษณะเฉพาะของการจัดการเครื่องมือวัด ผลการทวนสอบทำให้ตัดสินใจได้ว่ายังจะนำมาใช้ หรือจะต้องทำการปรับแต่ง หรือซ่อมแซม หรือลดเกรด หรือติดป้ายห้ามใช้ ในกรณีดังกล่าวต้องมีรายละเอียดประวัติการทวนสอบที่เป็นลายลักษณ์อักษร และเก็บรักษาไว้ในประวัติของเครื่องวัดแต่ละเครื่อง

**2.3.3 Metrological confirmation** การยืนยันทางมาตรวิทยาหมายถึงชุดของการปฏิบัติหลายอย่างที่จำเป็นเพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องมือวัดสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดสำหรับการใช้งานเฉพาะ

หมายเหตุ 1. การยืนยันทางมาตรวิทยาโดยทั่วไปประกอบด้วย การสอบเทียบมาตรฐาน และการทวนสอบ การปรับแต่งเครื่องมือวัดตามความจำเป็น หรือการซ่อมแซม และการปรับแต่งเครื่องมือวัดหลังการซ่อมแซม การเปรียบเทียบระหว่างความต้องการทางด้านมาตรวิทยา ต่อวัตถุประสงค์ของการใช้เครื่องมือวัด และการติดป้ายป้องกันการปรับแต่งและป้ายระบุวันที่สอบเทียบและวันครบอายุใช้งาน

หมายเหตุ 2. การยืนยันทางมาตรวิทยา จะไม่บรรลุผล หากมิได้แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดมีความเหมาะสมต่อความต้องการใช้งานเฉพาะ และจัดทำบันทึกไว้ ในทางตรงกันข้ามเมื่อได้แสดงหลักฐานของความเป็นไปตามความต้องการใช้งานเฉพาะและมีการบันทึกไว้แล้ว อาจกล่าวได้ว่าการยืนยันทางมาตรวิทยารุผลแล้ว

หมายเหตุ 3. ความต้องการใช้งานเฉพาะ พิจารณาถึงสิ่งเหล่านี้ ได้แก่ ย่านการวัด ความสามารถแยกแยะได้ของการวัด(resolution) และความผิดพลาดสูงสุดของเครื่องมือวัดที่ยอมได้

หมายเหตุ 4. ความต้องการทางด้านมาตรวิทยาโดยปกติ จะแยกออกมาจากข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ และมีได้ระบุไว้ในข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์

หมายเหตุ 5. ผังลำดับกระบวนการยืนยันทางมาตรวิทยา ดูได้จาก รูปที่ 2 ของเอกสาร ISO10012:2003

**2.3.4 Accuracy** ความแม่นยำของการวัด หมายถึงความถูกต้องใกล้เคียงกัน ระหว่างผลของการวัดกับค่าจริงสัมฤทธิ์ของปริมาณที่วัด

หมายเหตุ ความแม่นยำเป็นค่าแสดงแนวคิดเชิงคุณภาพ ไม่ควรใช้คำว่าความเที่ยง(precision)แทนความแม่นยำ(accuracy)

**2.3.5 Uncertainty** ค่าความไม่แน่นอนของการวัด หมายถึงการประมาณบอกลักษณะพิสัยของค่า ซึ่งครอบคลุมค่าจริงของปริมาณที่วัด

หมายเหตุ ความไม่แน่นอนของการวัดโดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ส่วนประกอบบางส่วน อาจประมาณได้จากพื้นฐานการกระจายทางสถิติ ของผลของอนุกรมของการวัด และบอกลักษณะได้โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง การประมาณส่วนประกอบอื่นๆ สามารถได้จากประสบการณ์หรือข้อสนเทศเท่านั้น

**2.3.6 Error** ค่าผิดพลาดของค่าชี้บอกของเครื่องวัด หมายถึงค่าชี้บอกของเครื่องมือวัด ลบด้วยค่าจริงสัญญาณของปริมาณที่วัด

หมายเหตุ สำหรับเครื่องมือวัดที่เป็นวัสดุค่าชี้บอกคือ ค่าระบุหรือค่าที่เครื่องหมายไว้

**2.3.7 Maximum limit of permissible error** ขีดจำกัดค่าผิดพลาดสูงสุดของค่าผิดพลาดที่ยอมให้ได้ โดยข้อกำหนดหรือกฎเกณฑ์ของเครื่องมือวัดที่กำหนด

**2.3.8 Traceability of measurement** ความสอบกลับได้ของการวัด หมายถึงสมบัติของผลการวัด ที่สามารถหาความสัมพันธ์กับมาตรฐานที่เหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไป ได้แก่ มาตรฐานระหว่างประเทศ หรือมาตรฐานแห่งชาติ โดยการ

**2.3.9 Measurement standard** มาตรฐานการวัด หมายถึงเครื่องมือวัด หรือเครื่องวัดที่เป็นวัสดุ หรือระบบการวัดที่มีจุดประสงค์เพื่อกำหนดนิยาม ตรวจสอบ รักษา หรือทำให้เกิดหน่วย หรือค่าที่รู้หนึ่งค่าหรือมากกว่าของปริมาณ เพื่อให้เครื่องวัดอื่นๆ ได้ใช้เปรียบเทียบ ตัวอย่างเช่น มวล 1 Kg มาตรฐานที่ใช้สอบเทียบมาตรฐานเครื่องชั่ง

**2.3.10 National standard** มาตรฐานการวัดแห่งชาติ หมายถึงมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการของประเทศ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการกำหนดพื้นฐานค่าคงที่ ของค่ามาตรฐานอื่นๆ หรือปริมาณที่เกี่ยวข้อง

หมายเหตุ มาตรฐานการวัดในระดับประเทศบ่อยครั้งเรียกว่ามาตรฐานระดับปฐมภูมิ(Primary standard

**2.3.11 Secondary standard** มาตรฐานระดับทุติยภูมิ หมายถึงมาตรฐานซึ่งถูกกำหนดค่าโดยการเปรียบเทียบกับมาตรฐานระดับปฐมภูมิ

**2.3.12 Primary standard** มาตรฐานระดับปฐมภูมิหมายถึงมาตรฐานการวัดซึ่งมีคุณภาพทางมาตรวิทยาสูงสุดในสาขาที่ป่งไว้

หมายเหตุ แนวคิดของหน่วยปฐมภูมิใช้ได้เท่าๆ กับหน่วยรากฐานและหน่วยอนุพันธ์

**2.3.13 Reference standard** มาตรฐานอ้างอิงหมายถึงมาตรฐานการวัดซึ่งโดยทั่วไปมีคุณภาพสูงสุดทางมาตรวิทยามีอยู่ ณ สถานที่กำหนดให้ ที่การวัดต่างๆ จะสอบเทียบได้จากมาตรฐานนั้น

**2.3.14 Repeatability of a measuring instrument** ความทวนซ้ำได้ของเครื่องวัด ความสามารถของเครื่องวัดที่ให้ผลตอบสนองเหมือนกันที่สุด สำหรับการใช้สิ่งเร้าเดียวกันภายใต้ภาวะที่กำหนดของการใช้

หมายเหตุ ภาวะที่แน่นอนของการใช้ปกติเป็นดังนี้

- การทวนซ้ำโดยไม่ทิ้งช่วงเวลามากนัก
- ใช้ในสถานที่เดียวกันภายใต้ภาวะโดยรอบซึ่งคงตัว
- การลดสัค่าต่ำสุดของการแปรผันเนื่องจากผู้วัด

**2.3.15 Stability** ความสามารถของเครื่องวัดในการรักษาลักษณะทางมาตรวิทยาให้คงตัว

**2.3.16 Drift** การแปรผันอย่างช้า ๆ ตามเวลาของลักษณะทางมาตรวิทยาของเครื่องวัด

**2.3.17 Resolution** นิพจน์เชิงปริมาณของความสามารถของอุปกรณ์ชั่งบอกที่สามารถแยกค่าได้ชัดเจนระหว่างค่าที่ใกล้เคียงกันของปริมาณที่ชั่งบอก

**2.3.18 Linearity**

**2.3.19 Nominal** ค่าที่ใช้สำหรับการระบุลักษณะของอุปกรณ์หรือให้ไว้เป็นแนวทางในการใช้อุปกรณ์

**2.3.20 Correction** ค่าปรับแก้ที่ชดเชยสำหรับค่าผิดพลาดเชิงระบบ ที่สมมติขึ้นโดยนำมาบวกทางพีชคณิตกับค่ายังไม่ปรับแก้ของการวัด

**2.3.21 Conventional true value** ปริมาณซึ่งสามารถใช้แทน True Value ได้ในจุดประสงค์ของการใช้งานนั้นๆ

**2.3.22 True value** แสดงถึงปริมาณที่กำหนดได้อย่างสมบูรณ์ภายใต้สภาวะที่พิจารณาในขณะนั้นๆ

### บทที่ 3

## ขั้นตอนการดำเนินงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

**3.1 บทนำ** บทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอน ในการดำเนินงานให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) โดยกล่าวถึงขั้นตอนในการดำเนินงานตั้งแต่รับเครื่องมือวัด การจัดเก็บเพื่อรอการสอบเทียบ เตรียมการสอบเทียบ การปฏิบัติการสอบเทียบ การรายงานผลการสอบเทียบ การจัดเก็บก่อนส่งเครื่องมือวัดคืน เพื่อให้เจ้าหน้าที่สอบเทียบได้เข้าใจขั้นตอนในการดำเนินงานของ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) และนำไปปฏิบัติในงานได้อย่างสมบูรณ์

**3.2 เนื้อหา** ในบทนี้ประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนการรับเครื่องมือวัดเพื่อการสอบเทียบ
- การจัดเก็บเครื่องมือวัดรอการสอบเทียบ
- การเตรียมเครื่องมือวัด และอุปกรณ์มาตรฐานเพื่อการสอบเทียบ
- การปฏิบัติการสอบเทียบ
- การบันทึกผลการสอบเทียบ และรายงานผลการสอบเทียบ
- การออกไปรายงานผลการสอบเทียบ
- การปรับแต่งเครื่องมือวัดที่อ่านไม่ได้ตามเกณฑ์
- การจัดเก็บเครื่องมือวัดก่อนการส่งคืน

3.2.1. ขั้นตอนในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้ามีกระบวนการดังต่อไปนี้

3.2.1.1 การรับเครื่องมือวัดเข้ามาสอบเทียบ โดยลูกค้านำมาส่งหรือจะไปรับมาจากลูกค้าก็ตามในขั้นตอนนี้จะต้อง ดำเนินการตรวจสอบสภาพโดยทั่วไปของเครื่องมือวัดเช่นจุดชำรุดเสียหายต่าง ๆ รวมทั้งส่วนประกอบที่จะใช้ในการสอบเทียบ และจุดสอบเทียบที่ลูกค้าต้องการ วิธีการสอบเทียบที่ลูกค้าต้องการ เกณฑ์การยอมรับได้ผลการสอบเทียบ ในกรณีที่มีปัญหาในการรับเครื่องมือเข้าสอบเทียบจะต้องติดต่อลูกค้า เพื่อปรึกษาก่อนที่จะดำเนินการใด ๆ ต่อไป

3.2.1.2 จัดเตรียมเอกสารในการสอบเทียบ ขั้นตอนนี้เจ้าหน้าที่สอบเทียบจะต้องลงทะเบียนเครื่องมือที่เข้าสู่การสอบเทียบ ตามระบบของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ และจัดเตรียมเอกสารที่จะใช้ประกอบการสอบเทียบ มาตรฐานให้เรียบร้อย

3.2.1.3 ทำความสะอาดเครื่องมือวัด ก่อนที่จะนำเข้าสู่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐานหากเป็นเครื่องมือวัดที่มีฟองน้ำสำหรับกรองอากาศ ห้องปฏิบัติการควรทำความสะอาดส่วนนี้ก่อนที่จะทำการสอบเทียบมาตรฐาน ผู้รับผิดชอบจะต้องตรวจสอบความสะอาดของเครื่องมือวัดก่อนที่จะนำเข้าสู่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

3.2.1.4 จัดเตรียมการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด ได้แก่การทำการอุ่นเครื่องมือมาตรฐานการทำการ Stabilized เครื่องมือที่จะนำมาสอบเทียบ การจัดเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นในการสอบเทียบมาตรฐาน

3.2.1.5 ลงมือการสอบเทียบมาตรฐาน การปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐานจะต้องดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่ผู้ผ่านการฝึกอบรม และปฏิบัติตามกรรมวิธีการสอบเทียบที่จัดทำเป็นเอกสารอย่างเคร่งครัด

3.2.1.6 กรอกข้อมูลผลการสอบเทียบที่ได้ลงในใบบันทึกผลการสอบเทียบมาตรฐาน

- 3.2.1.7 จัดเตรียมพิมพ์ใบรายงานผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด
- 3.2.1.8 ตรวจสอบความผิดพลาดของใบรายงานผลการสอบเทียบ
- 3.2.1.9 ลงนามในใบรายงานผลการสอบเทียบ
- 3.2.1.10 จัดเก็บเครื่องมือวัดเพื่อรอส่งคืนให้แก่ลูกค้า
- 3.3 ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า (ภาคผนวก ก )
- 3.4 ตัวอย่างใบแบบในการบันทึกผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า (ภาคผนวก ข )

#### บทที่ 4

การประเมินผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

**4.1 บทนำ** ในบทนี้จะได้กล่าวถึงแนวทางในการประเมินผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า เพื่อให้เจ้าหน้าที่ได้เข้าใจ แนวทางในการประเมินผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง

**4.2 เนื้อหา** เนื้อหาในบทนี้จะประกอบไปด้วย

- ข้อมูลที่ต้องทราบในการประเมินผลการสอบเทียบ
- หลักการประเมินผลการสอบเทียบ
- กรณีตัวอย่างการประเมินผลการสอบเทียบ แบบต่างๆ

**ขั้นตอนการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า**

**วัตถุประสงค์การสอบเทียบ** การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า เป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบ (Unit Under Calibration) กับค่ามาตรฐานที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์มาตรฐานการวัด เช่น Multi Product Calibrator ผลจากการสอบเทียบจะแสดงให้เห็นคุณลักษณะทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบ เช่น ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดคุณลักษณะทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัดอันได้จากการสอบเทียบมาตรฐานต้องเป็นผลที่เชื่อถือได้ เพื่อสามารถที่จะนำไปตัดสินใจตัดสินใจว่าเครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบว่าควรจะใช้ต่อไป หรือจำเป็นต้องซ่อมแซม ปรับแต่งหรือจำหน่ายออกไปจากการใช้งาน

สำหรับเครื่องมือวัดที่สอบเทียบแล้วพบว่าอ่านผิดไปจากเกณฑ์ที่ยอมรับได้ก็จะได้รับการพิจารณาปรับแต่งหรือซ่อมแซม และปรับแต่งซ้ำ ในกรณีที่ผลการสอบเทียบพบว่าเครื่องมือวัดอ่านได้ผิดจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้แต่ไม่สามารถปรับแต่งเครื่องมือวัดได้ ผลการสอบเทียบที่ได้จะนำไปใช้เป็นค่าปรับแก้ เพื่อนำไปปรับปรุงผลการวัดในอนาคตให้แม่นยำขึ้น การสอบเทียบจึงมักมีวัตถุประสงค์สำคัญ 3 ประการ คือ

➤ การสอบเทียบเพื่อตรวจสอบคุณลักษณะทางมาตรวิทยาเพื่อประกอบการตัดสินใจว่าเครื่องมือวัดที่ได้รับการสอบเทียบเหมาะสมที่จะใช้ต่อไปหรือไม่

➤ การสอบเทียบเพื่อปรับแต่งให้ผลการวัดเป็นไปตามเกณฑ์การวัดที่ผู้ใช้เครื่องมือวัดกำหนดตลอดช่วงใช้งานในการวัด

➤ การสอบเทียบเพื่อหาค่าแก้เพื่อนำไปใช้ในการวัดให้แม่นยำขึ้น

ความแตกต่างระหว่างขั้นตอนการสอบเทียบแบบต่าง ๆ โดยทั่วไปรูปแบบของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับความต้องการสอบเทียบของลูกค้าผู้ใช้เครื่องมือวัด และสภาพของเครื่องมือวัดขณะรับมาสอบเทียบมาตรฐาน ซึ่งพอแบ่งออกได้เป็น 3 แบบคือ

1. การสอบเทียบก่อนปรับแต่ง การปรับแต่ง การสอบเทียบหลังการปรับแต่ง
2. การสอบเทียบ
3. การปรับแต่ง การสอบเทียบ

**การสอบเทียบแบบที่ 1** เป็นรูปแบบการสอบเทียบที่เป็นมาตรฐาน ประกอบด้วย การสอบเทียบก่อนปรับแต่งเพื่อตรวจสอบคุณลักษณะทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัด ในวันที่สอบเทียบซึ่งจะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของการวัดค่าของเครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบจากนั้นจึงทำการบันทึกผลการสอบเทียบ ในกรณีที่พบว่าเครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบมีค่าการอ่านที่ผิดปกติไปจากเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ให้พิจารณาปรับแต่งเครื่องมือวัดให้สามารถอ่านได้แม่นยำตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จากนั้นจึงทำการสอบเทียบอีกครั้งหลังการปรับแต่งเพื่อรายงานลักษณะการทำงานหลังการสอบเทียบการสอบเทียบแบบที่ 2 เป็นการสอบเทียบที่เครื่องมือวัดที่ลักษณะการทำงานที่มีค่าความ



แม่นยำสูง และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในวันที่สอบเทียบ การสอบเทียบแบบนี้จึงไม่จำเป็นต้องมีการปรับแต่ง แต่อย่างไรก็ตาม ผู้สอบเทียบต้องคำนึงถึงอัตราการเลื่อนค่าของเครื่องมือวัดที่สอบเทียบและค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดในวันที่สอบเทียบ โดยต้องสันนิษฐานได้ว่าเครื่องมือวัดยังคงทำงานเป็นไปตามเกณฑ์ ภายในช่วงระยะเวลาใช้งาน

ตัวอย่างเช่น เครื่องมือวัดที่มีค่าความแม่นยำไม่สูงมาก และมีจุดที่สามารถปรับแต่งได้ ค่าความเบี่ยงเบนระหว่างค่าอ่านของเครื่องมือวัด และค่าที่ป้อนไม่ควรจะเกินไปกว่า 70% ของเกณฑ์การยอมรับได้ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตในทุก ๆ จุดที่สอบเทียบมาตรฐานการวัดที่ป้อน หรือเบี่ยงเบนไม่เกิน 50% สำหรับจุดที่มีการปรับแต่งมาแล้ว สำหรับเครื่องมือวัดที่มีค่าความแม่นยำสูง ทุกจุดที่สอบเทียบควรเบี่ยงเบนไม่เกิน 50% ของคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องมือวัดที่แนะนำโดยบริษัทผู้ผลิต การปรับแต่งเครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบต้องดำเนินการไปตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งโดยทั่วไปขั้นตอนดังกล่าวจะระบุไว้โดยบริษัทผู้ผลิต

**การสอบเทียบแบบที่ 3** เป็นการปรับแต่งเครื่องมือวัด และสอบเทียบเฉพาะหลังการปรับแต่งการสอบเทียบแบบนี้เหมาะสำหรับเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ผ่านการซ่อม และจำเป็นต้องปรับแต่งให้ได้มาตรฐาน ข้อมูลก่อนปรับแต่งสำหรับเครื่องมือวัดแบบนี้อาจไม่ต้องรายงานเพราะเครื่องมือวัดที่ผ่านการซ่อมและเปลี่ยนชิ้นส่วนจะเปลี่ยนคุณลักษณะทางมาตรวิทยาเดิม จึงมักจะรายงานผลการสอบเทียบหลังการปรับแต่งเท่านั้น

**ขั้นตอนการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า** ขั้นตอนการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ

- ขั้นตอนการเตรียมการสอบเทียบ
- การปฏิบัติการสอบเทียบ
- การประเมินและรายงานผลการสอบเทียบ

**1. ขั้นตอนการเตรียมการสอบเทียบ** ผู้สอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าต้องจัดหาเครื่องมือมาตรฐานวัด (Measurement Standard) ซึ่งมีย่านการใช้งานครอบคลุมช่วงที่จะสอบเทียบ เครื่องมือมาตรฐานการวัดต้องได้รับการสอบเทียบมาตรฐานและมีหลักแสดงว่าเครื่องมือมาตรฐานนี้สามารถสอบกลับได้ (Traceability) ถึงหน่วยวัดสากล โดยทั่วไปไปรายงานผลการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองความสามารถตาม มอก.17025 – 2543 จะเป็นที่ยอมรับว่าสามารถสอบกลับได้ถึงหน่วยวัดสากล

เมื่อมีเครื่องมือมาตรฐานการวัดแล้วจึงจัดเตรียมการสอบเทียบโดยการเปิดเครื่องมือมาตรฐานและเครื่องมือที่จะสอบเทียบเพื่อเป็นการอุ่นเครื่องมือวัดให้มีอุณหภูมิเหมาะสมแก่การสอบเทียบ ระยะเวลาอุ่นเครื่องของอุปกรณ์มาตรฐานจะมีคำแนะนำในเอกสารแนะนำการใช้งานของบริษัทผู้ผลิตโดยทั่วไปจะอยู่ประมาณครึ่งชั่วโมงถึงหนึ่งชั่วโมง สำหรับเครื่องมือที่นำมาสอบเทียบก็ต้องมีการอุ่นเครื่องเช่นเดียวกันโดยดูได้จากคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือวัด อนึ่ง เครื่องมือวัดความแม่นยำสูงบางรุ่นผู้ผลิตแนะนำให้อุ่นเครื่องถึงสี่ชั่วโมงก่อนดำเนินการสอบเทียบ

หลังจากการอุ่นเครื่องจนได้ระยะเวลาที่กำหนดแล้ว ให้ทำการ Self Test และ Auto Calibration ทั้งในส่วนเครื่องมือมาตรฐานการวัด และเครื่องมือที่นำมาสอบเทียบ การทำ Self Test และ Auto Calibration นี้ให้ดำเนินการตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต หากผลการ Self Test และ Auto Calibration ไม่ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับให้พิจารณาซ่อมหรือปรับแต่งต่อไป การทำ Auto Calibration สำหรับเครื่องมือวัดความแม่นยำสูงบางรุ่นมีความจำเป็นมาก หากผู้สอบเทียบละเลยไม่ทำ Auto Calibration จะทำให้ผลสอบเทียบไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับได้ ดังนั้น หากผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่มีความแม่นยำสูงบางรุ่นผลสอบเทียบครั้งแรกไม่ผ่านให้ทดลองทำ Auto Calibration อีกครั้ง และสอบเทียบซ้ำอีกครั้ง

ในการเตรียมการสอบเทียบจะรวมถึงการเลือกใช้สายวัดที่เหมาะสมต่อการสอบเทียบ ในกรณีสอบเทียบเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Voltage Meter) ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำ เช่น แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 100 m VDC สายวัดที่ใช้ในการต่อระหว่างเครื่องมือมาตรฐานการวัด กับเครื่องมือที่จะนำมาสอบเทียบต้องเลือกใช้สายวัดที่ทำให้เกิด แรงดันไฟฟ้าเนื่องจากความร้อนระหว่างจุดต่อที่เป็นโลหะต่างชนิดที่ต่ำ สายวัดประเภทนี้มักจะเคลือบบริเวณผิวของตัวนำด้วยโลหะพิเศษ หากใช้สายวัดปกติทั่วไปอาจจะก่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตรงจุดต่อสายวัด

ที่เป็นโลหะต่างชนิดถึง 1 m VDC หากวัดแรงดันไฟฟ้าที่มีแรงดัน 100 mV ผลการวัดจะผิดพลาดถึง 1% เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในสายวัด

การใช้สายวัดชนิดที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเนื่องจากความร้อนต่ำก็ยังต้องมีแรงดันระหว่างรอยต่อเช่นเดียวกัน แต่โดยทั่วไปจะต่ำประมาณ  $1\mu\text{VDC}$  หลังจากการต่อสายวัดแบบนี้เข้ากับเครื่องมือเพื่อการสอบเทียบ ควรรอให้อุณหภูมิของสายวัดเสถียรเสียก่อนประมาณ 5 นาทีจึงเริ่มวัด ในกรณีของการสอบเทียบแรงดันไฟฟ้า AC Voltage ควรเลือกใช้สายวัดที่มีสายตัวนำห่อหุ้มเพื่อป้องกันการแพร่กระจายคลื่น หรือเพื่อป้องกันการรับคลื่นจากภายนอก เช่น สาย Coaxial ที่ใช้ในการวัดย่าน High Frequency หรือ Rf Frequency ในกรณีการวัดค่าความต้านทานสูงเพื่อการสอบเทียบสายวัดที่ใช้ควรเลือกสายวัดที่มีฉนวนที่มีความต้านทานสูง เช่น สายที่มีฉนวนที่ทำด้วยเทปลอนเพื่อลดกระแสรั่วไหลในการสอบเทียบ

การปรับ Zero ของเครื่องมือวัดก่อนการสอบเทียบเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ โดยให้ปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือวัดนั้น โดยทั่วไป DC Volt Meter จะ Zero โดยการต่อสายที่ให้แรงดันไฟฟ้าต่ำลัดวงจรระหว่างขั้ว Hi และ Lo ของ Volt Meter ขณะที่การสอบเทียบ Ohm Meter จะลัดวงจรที่ปลายสายวัดเข้าด้วยกัน แล้วจึงปรับเครื่องมือวัดให้อ่านศูนย์จึงเริ่มสอบเทียบ

การลัดวงจรที่ปลายสายวัดจะทำให้มีการชดเชยค่าความต้านทานการวัดขณะวัดค่าความต้านทานการละลายการทำ Zero ที่ถูกต้องจะทำให้ผลการสอบเทียบ Ohm Meter ผิดไปมาก บางครั้งอาจจะผิดพลาดถึง 0.2 Ohm หมายถึง 2% หากสอบเทียบค่าความต้านทานมาตรฐานที่ค่า 10 Ohm การทำ Zero สำหรับ DC Current Meter ทำได้โดยการปล่อยขั้วของสายวัดเปิดไว้แล้วดูที่ค่าที่แสดงต้องเป็นศูนย์

2. การปฏิบัติการสอบเทียบ เมื่อได้เตรียมการสอบเทียบตามข้อ 1 เรียบร้อยแล้วให้ผู้สอบเทียบปฏิบัติการสอบเทียบ ตามลำดับโดยให้สอบเทียบ Function การวัด และย่านการวัดตามที่ผู้ขอใช้บริการกำหนดให้สอบเทียบ หรือสอบเทียบตามจุดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ การปฏิบัติการสอบเทียบค่าทางไฟฟ้าก็คือ การสร้างค่าทางไฟฟ้าที่เป็นมาตรฐานขึ้นโดยอุปกรณ์มาตรฐานที่เรียกว่า Calibrator ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีการผลิตแผงวงจรรวมและความก้าวหน้าทางด้าน Computer ทำให้ Calibrator ยุคปัจจุบันสามารถสร้างค่าทางไฟฟ้าต่าง ๆ ที่มีความแม่นยำสูงได้ โดยอำนวยความสะดวกให้แก่เจ้าหน้าที่ผู้สอบเทียบเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามผู้สอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงความไม่แน่นอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดอันเกิดขึ้นจากแหล่งความไม่แน่นอนทั้งจากภายในตัว Calibrator เอง และจากปัจจัยแวดล้อมภายนอกแล้ว

ขั้นตอนการปฏิบัติการในการสอบเทียบให้ดำเนินการสอบเทียบทีละ Function จากค่าน้อยไปหามากจนครบทุกจุดในแต่ละ Function สำหรับการกำหนดจุดสอบเทียบอยู่ที่ความต้องการของผู้ขอใช้บริการเป็นสำคัญ ในกรณีที่ผู้ขอใช้บริการสอบเทียบมิได้กำหนดจุดสอบเทียบมาให้ก็อาจใช้คำแนะนำในคู่มือเครื่องมือวัดเป็นแนวทางก็ได้

ในกรณีที่ไม่มีเอกสารคำแนะนำในการกำหนดจุดสอบเทียบ สามารถดูได้จากเอกสารหมายเลข EA-10/15 (คำแนะนำในการสอบเทียบ Digital Multi Meter) ใน [www.Erioab-accreditation.org](http://www.Erioab-accreditation.org) ขณะปฏิบัติการสอบเทียบให้

จ่ายค่ามาตรฐานเข้าสู่เครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบ แล้วรอนค่าที่อ่านบนส่วนแสดงผลหนึ่ง จึงให้บันทึกค่าลงในใบแบบมาตรฐาน

ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดตั้งแต่ห้าหลักครั้งขึ้นไป ควรดำเนินการซ้ำประมาณ 4 ถึง 10 ครั้ง เพื่อหาค่าความทวนซ้ำได้ของการวัด โดยผู้สอบเทียบต้องบันทึกผลการวัดซ้ำแต่ละครั้งไว้ และคำนวณหาค่าเฉลี่ยของผลวัดซ้ำทั้งหมดรายงานเป็นค่าที่อ่านในแต่ละจุด การสอบเทียบแต่ละ Function ควรสอบเทียบให้เสร็จในคราวเดียวจึงเปลี่ยน Function ไม่ควรสอบเทียบแล้วเปลี่ยน Function ของการสอบเทียบไปมา ตัวอย่างเช่น เมื่อทำการสอบเทียบ DC Volt Function ควรทำให้ครบ แล้วจึงเปลี่ยนเป็น AC Volt Meter และ Function อื่น ๆ ต่อไปจนครบ ขณะสอบเทียบผู้สอบเทียบต้องระมัดระวังเรื่องของการต่อสาย Ground และสาย Guard โดยดูคำแนะนำจากคู่มือของ Calibration มักจะมีคำแนะนำเรื่องการต่อสาย Ground เพื่อหลีกเลี่ยง Ground Loop

ตัวอย่างการรายงานผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า DC Volt Meter

| Function/Range | Applied    | Unit under Calibration<br>Reading | Estimate Uncertainty<br>Of Measurement |
|----------------|------------|-----------------------------------|----------------------------------------|
| DC Volt 100 mV | 0.0000 mV  | 0.000 mV                          | $\pm 20\mu\text{VDC}$                  |
|                | 10.0000 mV | 0.005 mV                          | $\pm 60 \times 10^{-6}$                |
|                | 90.0000 mV | 0.002 mV                          | $\pm 60 \times 10^{-6}$                |
|                | 90.0000 mV | 0.001 mV                          | $\pm 60 \times 10^{-6}$                |

ขณะทำการสอบเทียบ ผู้สอบเทียบจะต้องจ่ายค่าและจดค่าที่อ่านขณะที่สอบเทียบ ค่าอ่านที่รายงานเป็นค่าที่จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากการวัดซ้ำประมาณ 4-10 ซ้ำ สำหรับค่า Deviation คือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่อ่านจากเครื่องมือที่นำมาสอบเทียบและค่ามาตรฐานที่จ่ายให้คำนวณได้โดยการเอาค่าที่อ่านได้เป็นตัวตั้งและลบด้วยค่ามาตรฐานที่ป้อน

สำหรับค่าความไม่แน่นอนของการวัดโดยประมาณ ให้ผู้สอบเทียบทำการประมาณค่าของความไม่แน่นอนของการวัด โดยทำการประเมินค่าความไม่แน่นอนตามคำแนะนำของ ISO Guide to The Expression of Uncertainty in Measurement 1995 สำหรับตัวอย่างของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบ Digital Multi Meter สามารถดูได้จากเอกสารชื่อ The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement M3003) ของ UKAS

3. การประเมินผลและรายงานผลการสอบเทียบ ในกรณีที่การสอบเทียบเครื่องมือวัดเป็นการสอบเทียบภายในหน่วยงาน เพื่อยืนยันคุณลักษณะทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัด ผลการสอบเทียบต้องมีการประเมิน ในการประเมินผลเครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบนั้นประการแรกผู้ประเมินผลต้องรู้คุณลักษณะเฉพาะทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัดที่จะประเมิน ข้อมูลนี้สอบถามได้จากผู้ใช้เครื่องมือวัดตัวอย่างเช่นผู้วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง กำหนดให้เครื่องมือวัดที่ใช้ในงานมีความผิดพลาดสูงสุดที่ยอมได้ (Maximum Permissible Error) ไม่เกิน  $\pm 0.05 \text{ VDC}$  ที่ย่านการวัด 100 VDC หากผลการสอบเทียบที่ย่านการวัด 100 VDC มีผลดังต่อไปนี้

| Function/Range | Applied    | Unit under Calibration | Deviation | Estimate Uncertainty     |
|----------------|------------|------------------------|-----------|--------------------------|
| DC Volt 100 mV | 0.0000 mV  | 0.000 mV               | 0.000 mV  | $\pm 20\mu\text{V}$      |
|                | 10.0000 mV | 100.04 V               | 0.04 V    | $\pm 200 \times 10^{-6}$ |

จากผลการสอบเทียบดังกล่าวหากประเมินค่าความผิดพลาด  $+0.04 \text{ V}$  พบว่าไม่เกินกว่าเกณฑ์  $\pm 0.05 \text{ V}$  ตามที่ผู้ใช้เครื่องมือวัดต้องการ แต่ประเมินผลการสอบเทียบโดยดูเพียงค่าความผิดพลาดเทียบกับเกณฑ์อย่างเดียว จะไม่สมบูรณ์เนื่องจากไม่มีการสอบเทียบครั้งใดที่สมบูรณ์ ผู้ประเมินผลสอบเทียบจะต้องนำเอาค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบมาคำนึงถึง โดยคาดว่าค่าความผิดพลาดที่เห็นในใบรายงานผลมีโอกาสจะเบี่ยงเบนไปได้เท่ากับ ความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ

ในกรณีตัวอย่างที่ ค่าความไม่แน่นอนรายงานเป็นค่า  $\pm 200 \times 1010^{-6}$  เมื่อนำมาคำนวณที่จุดวัด  $100 \text{ V}$  ค่าความไม่แน่นอนโดยประมาณ จึงเท่ากับ  $\pm 100 \text{ V} \times (200 \times 1010^{-6}) = \pm 0.02 \text{ V}$  จากนั้นนำค่าความไม่แน่นอนมาคำนึงถึง โดยรวมเข้ากับค่า ความผิดพลาด  $+ 0.04 \text{ V}$

โดยครั้งแรกคำนึงถึงการเบี่ยงเบนด้าน + ค่า Error อาจมีค่าเท่ากับ  $+ 0.04 \text{ V} + (0.02 \text{ V})$  เท่ากับ  $0.06 \text{ V}$  ซึ่งถือว่าเครื่องมือวัดนี้ไม่เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ เพราะผู้ใช้เครื่องมือวัดยอมให้ผิดได้ไม่เกิน  $0.05 \text{ V}$  ครั้งที่สองคำนึงถึงการเบี่ยงเบนด้าน - ค่า Error อาจมีค่าเท่ากับ  $+ 0.04 \text{ V} + (0.02 \text{ V})$  เท่ากับ  $0.02 \text{ V}$  ซึ่งถือว่าเครื่องมือวัดนี้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ เพราะผู้ใช้เครื่องมือวัดยอมให้ผิดไม่เกิน  $0.05 \text{ V}$  การประเมินผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดว่า เป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการหรือไม่ต้องคำนึงค่าความไม่แน่นอนของการวัดด้วย ดังปรากฏในข้อกำหนด ISO/IEC 17025 ซ 1999 ข้อ 5.10.4.2

**การรายงานผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า** หากเป็นการรายงานผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าเป็นการภายในบริษัทเดียวกัน การรายงานอาจจัดทำในรูปแบบง่าย ๆ ให้สามารถสื่อความหมายได้ว่า เครื่องมือวัดเหมาะสมต่อการใช้งานหรือไม่ แต่หากเป็นการสอบเทียบเครื่องมือวัดวัดให้แก่หน่วยงานอื่น ๆ เช่นที่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเอกชนซึ่งรายงานผลและเก็บค่าบริการสอบเทียบเป็นธุรกิจ

การรายงานผลสอบเทียบต้องรายงานให้ละเอียดและมีข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนหลักสำคัญในการรายงานผลก็คือ **ข้อมูลที่รายงานผลต้องแม่นยำชัดเจนเข้าใจและมีข้อมูลเพียงพอต่อการตีความ** ข้อมูลในใบรายงานผลสอบเทียบควรประกอบด้วย รายละเอียดอย่างน้อยดังต่อไปนี้

- a) หัวกระดาษที่มีคำว่า Test Report หรือคำว่า Calibration Certificate
- b) ชื่อ และที่อยู่ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

c) หมายเลขใบรายงาน และเลขที่หน้าแต่ละหน้าในกรณีใบรายงานมีหลายหน้า และสิ่งชี้บ่งว่าเป็นใบรายงานหน้าสุดท้าย

- d) ชื่อ และที่อยู่ของผู้ขอใช้บริการ
- e) ระบุ Calibration Procedure ที่ได้ใช้ในการสอบเทียบให้ชัดเจน
- f) มีคำบรรยายลักษณะ ของเครื่องมือวัดที่รับมาสอบเทียบอย่างชัดเจน
- g) ระบุ วันที่รับเครื่องมือวัด และวันที่สอบเทียบ
- h) หากมีการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาสู่การสอบเทียบต้องมีการระบุแผน และขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างด้วย

- i) รายงานผลการสอบเทียบอาจเป็นตารางเป็นกราฟ และระบุหน่วยวัดด้วยหากเหมาะสม
- j) ลงนาม และตำแหน่งของผู้มีอำนาจออกใบรายงานผลการสอบเทียบ
- k) ในกรณีที่เกี่ยวข้องให้มีการระบุให้ชัดว่าใบรายงานนี้ใช้เฉพาะเครื่องมือวัดนี้เท่านั้น
- l) สภาพแวดล้อม ขณะที่สอบเทียบที่กระทบต่อผลการสอบเทียบ เช่น อุณหภูมิ และความชื้น
- m) ข้อความแสดงค่าความไม่แน่นอนของการวัด และ/หรือ ข้อความแสดงความเป็นไปตามคุณลักษณะทางมาตรวิทยาที่กำหนดของเครื่องมือวัด

n) หลักฐานแสดงความสอบกลับได้

นอกจากข้อมูลตามที่กล่าวข้างต้นแล้ว หากเป็นการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำสูง ผู้รายงานอาจจะต้องรายงานเงื่อนไขต่าง ๆ ในการสอบเทียบให้ชัดเจน ตัวอย่างเช่น การสอบเทียบได้กระทำหลักการอุ่นเครื่อง 4 ชั่วโมง และสอบเทียบ DC Volt Meter โดยการต่อขั้ว Lo เข้ากับ Ground หรือการระบุ Sampling Rate ที่ใช้ในการสอบเทียบ ในกรณีที่ผู้สอบเทียบประสงค์จะรายงานความเป็นไปตามคุณลักษณะทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัดที่ได้สอบเทียบจะต้องคำนึงถึงค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ และระบุให้ชัดเจนว่าคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องมือวัดที่ใช้ประเมินมีค่าเท่าใด หรือเป็นคุณลักษณะเฉพาะหมายเลขใด

สำหรับเครื่องมือวัดที่มีการปรับแต่งผลการสอบเทียบควรรายงานผลการสอบเทียบทั้งก่อนปรับแต่งและหลังปรับแต่งในใบรายงานผลการสอบเทียบไม่ควรระบุหรือกำหนดวันครบรอบสอบเทียบครั้งหน้ายกเว้นลูกค้าตกลงให้กำหนดวัน หรือเป็นไปตามกฎเกณฑ์ของหน่วยงานผู้มีอำนาจ

ผู้ใช้ใบรายงานผลสอบเทียบพึงระมัดระวังว่าใบรายงานผลการสอบเทียบบางฉบับเป็นการรายงานผลการสอบเทียบแสดงให้เห็นคุณลักษณะที่แท้จริงของเครื่องมือที่ได้รับการสอบเทียบ มิได้ระบุว่าเครื่องมือวัดนั้นมีคุณลักษณะทางมาตรวิทยาเป็นไปตาม ข้อกำหนดหรือไม่ ผู้ใช้เครื่องมือวัดที่ผ่านการสอบเทียบต้องทวนสอบ (Verification) ให้เห็นว่าเครื่องมือวัดเป็นไปตามต้องการหรือไม่จึงจะนำไปใช้งาน ผู้สอบเทียบเครื่องมือวัดจึงต้องรายงานผลการสอบเทียบที่มายละเอียดเพียงพอต่อการที่ผู้ใช้บริการจะนำไปทวนสอบผลการสอบเทียบได้

## บทที่ 5

### การควบคุม และประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

**5.1 บทนำ** ในบทนี้จะได้กล่าวถึงแนวทางในการควบคุม และประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า เพื่อให้เจ้าหน้าที่ได้เข้าใจ แนวทางในการควบคุมภาพ และประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง

**5.2 เนื้อหา** เนื้อหาในบทนี้จะประกอบไปด้วย

- ความหมายของคำว่า การควบคุม และการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัด
- ความสำคัญของการควบคุม และการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัด
- วิธีการดำเนินการควบคุม และการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัด
- ผลกระทบของ การควบคุม และการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัด
- ข้อจำกัดในการควบคุม และการประกันคุณภาพผลการสอบเทียบเครื่องมือวัด

**ระบบประกัน และควบคุมคุณภาพของการสอบเทียบ** หากหน่วยงานจัดให้มืองค์ประกอบของการสอบเทียบตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อันได้แก่ บุคลากร เครื่องมือมาตรฐาน ขั้นตอนการสอบเทียบ และการควบคุมสภาพแวดล้อม ครบถ้วนแล้วการสอบเทียบอาจจะให้ผลที่ไม่คงเส้นคงวาได้ ห้องปฏิบัติการจึงต้องจัดให้มีระบบควบคุม และประกันคุณภาพในงานสอบเทียบให้เหมาะสมต่อหน่วยงาน

**ระบบควบคุมคุณภาพ** ผู้บริหารห้องปฏิบัติการต้องจัดให้มีระบบคุณภาพเพื่อเป็นแนวทางในการบริหาร และจัดการห้องปฏิบัติการ มาตรฐานสากล ISO/IEC 17025 : 1999 เป็นมาตรฐานสากลที่ให้แนวทางในการบริหารจัดการระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการ โดยข้อกำหนดที่เป็นแนวทางสำหรับระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการประกอบไปด้วย (เรียงลำดับตามข้อกำหนดในเอกสารมาตรฐาน)

**ข้อ 4.1 (ของ ISO/IEC 17025 : 1999)** มีการจัดองค์กร โครงสร้างองค์กร การมอบอำนาจหน้าที่ในการสอบเทียบ และควบคุมคุณภาพ ที่ชัดเจน จัดให้มีบุคลากรรับผิดชอบด้านวิชาการและด้านคุณภาพมีการป้องกันความลับของลูกค้า และป้องกันความเป็นกลางของห้องปฏิบัติการ มีผู้ควบคุมงาน และมีผู้ทำหน้าที่แทนบุคลากรตำแหน่งสำคัญเมื่อไม่สามารถปฏิบัติงานได้

**ข้อ 4.2 ระบบคุณภาพ** ผู้บริหารห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดทำ นำไปปฏิบัติ และรักษาไว้ ซึ่งระบบคุณภาพที่เหมาะสมแก่ขอบข่ายของการให้บริการสอบเทียบ ระบบคุณภาพดังกล่าวต้องจัดทำเป็นเอกสาร สื่อสารให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเข้าใจ มีเอกสารคุณภาพพร้อมใช้ และนำไปปฏิบัติโดยบุคลากรที่เหมาะสม ผู้บริหารห้องปฏิบัติการต้องกำหนดนโยบายคุณภาพ และยึดมั่นต่อนโยบายคุณภาพดังกล่าว

**ข้อ 4.3 การควบคุมเอกสาร เอกสารต่าง ๆ** ในห้องปฏิบัติการที่ประกอบขึ้นเป็นระบบเอกสารคุณภาพของห้องปฏิบัติการ ต้องควบคุมให้ทันสมัยอยู่เสมอ และควบคุมให้มีพร้อมใช้ในสถานที่ จำเป็น เอกสารใดที่ล้าสมัยหรือยกเลิก ต้องเก็บออกจากพื้นที่ทำงานทันที เอกสารคุณภาพต้องมีการปรับปรุงแก้ไขให้ทันสมัยอยู่เสมอ

**ข้อ 4.4 การทบทวนคำขอใช้บริการ** ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องทบทวนคำขอใช้บริการเพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่า ความต้องการในการสอบเทียบของลูกค้ามีความชัดเจนเข้าใจตรงกัน และห้องปฏิบัติการมีความสามารถ มีทรัพยากร มีขั้นตอนการสอบเทียบ ที่เพียงพอในการให้บริการสอบเทียบการทบทวนดังกล่าวนี้เพื่อทำให้แน่ใจว่าห้อง

ปฏิบัติการสามารถให้บริการสอบเทียบได้ตามความต้องการของลูกค้า อนึ่งการทบทวนคำขอใช้บริการนี้ จะทบทวนเฉพาะงานสอบเทียบที่จะรับมาทำใหม่ หรืองานที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน หรืองานที่มีความซับซ้อน

**ข้อ 4.5 การจ้างเหมาช่วงงานสอบเทียบ** ในกรณีที่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบรับงานมาสอบเทียบจากลูกค้า แต่เมื่อรับมาแล้วไม่สามารถสอบเทียบด้วยเหตุใดก็ตาม หากต้องปฏิบัติการสอบเทียบที่รับงานมาต้องการจ้างเหมาช่วงให้ปฏิบัติการสอบเทียบอื่นสอบเทียบเครื่องมือวัดแทน หน่วยงานจะต้องเลือกห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่สามารถแสดงออกได้ซึ่งความสามารถในทางวิชาการในการสอบเทียบ งานสาขานั้น ๆ หากเป็นไปได้ต้องเลือกปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองความสามารถ ตาม มอก.17025-2543 ก็จะทำให้เกิดความมั่นใจว่าได้จ้างห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่มีความสามารถทางวิชาการจริง

**ข้อ 4.6 การจัดซื้อ** ในกรณีที่จำเป็นต้องมีการจัดซื้อวัสดุสิ้นเปลืองประกอบการสอบเทียบหรือซื้อบริการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดจากภายนอก ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพของการสอบเทียบ จะต้องเลือกจัดซื้อ

วัสดุ และบริการที่มีคุณภาพ เป็นที่เชื่อถือได้ และต้องมีการตรวจสอบคุณภาพลักษณะของวัสดุสิ้นเปลืองที่กระทบสำคัญต่องานสอบเทียบ ก่อนนำวัสดุดังกล่าวไปใช้งาน

ข้อ 4.7 การให้บริการต่อลูกค้า ห้องปฏิบัติการสอบเทียบในระบบคุณภาพ มอก.17025 –2543 ต้องให้ความร่วมมือลูกค้าที่จะเข้ามาเฝ้าระวังงานสอบเทียบมาตรฐานของลูกค้า และต้องปกป้องข้อมูลลับของลูกค้ารายอื่น

ข้อ 4.8 การรับข้อร้องเรียนห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องมีขั้นตอนในการรับร้องเรียนจากลูกค้าและหน่วยงานอื่น และดำเนินการต่อข้อร้องเรียน บันทึกข้อร้องเรียนและการแก้ไขข้อร้องเรียนที่ได้ดำเนินการไปแล้ว

ข้อ 4.9 การควบคุมงานสอบเทียบที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ในกรณีที่เกิดการสอบเทียบไม่เป็นไปตามข้อกำหนด หรือไม่เป็นไปตามที่ตกลงไว้กับลูกค้า ห้องปฏิบัติการต้องมีมาตรการในการควบคุมงานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เช่น การสั่งระงับกิจกรรมที่มีปัญหา การระงับการออกใบรายงานผลการสอบเทียบมีการวิเคราะห์ผลกระทบของกิจกรรมที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ดำเนินการแก้ไข และหากกิจกรรมใดที่มีผลกระทบต่องานสอบเทียบที่ได้ดำเนินการไปแล้ว ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องแจ้งให้ลูกค้าทราบ และหากวิเคราะห์ได้ว่าการไม่เป็นไปตามข้อกำหนดอาจจะเกิดขึ้นอีกห้องปฏิบัติการต้องจัดให้มีการปฏิบัติการแก้ไขตามข้อกำหนดข้อ 4.10 ทันที

ข้อ 4.10 การปฏิบัติการแก้ไข ในกรณีที่มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในระบบคุณภาพ หรือข้อบกพร่องในทางวิชาการ ห้องปฏิบัติการต้องดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวโดยการการวิเคราะห์หาสาเหตุแห่งปัญหา และเลือกแนวทางการแก้ไขที่มีประสิทธิผล และต้องดำเนินการตรวจติดตามซ้ำว่าการปฏิบัติการแก้ไขมีประสิทธิผลจริง การแก้ไขต้องมีการบันทึกไว้

ข้อ 4.11 การปฏิบัติการป้องกัน บุคลากรทุกคนในห้องปฏิบัติการต้องร่วมมือกันระบุ โอกาสที่จะเกิดปัญหา หรือสิ่งที่จะสามารถพัฒนาได้ การปฏิบัติป้องกันนี้เป็นมาตรการป้องกันล่วงหน้าเพื่อป้องกันมิให้เกิดเหตุการณ์ที่ผิดปกติ อันทำให้กระทบต่อคุณภาพ และมาตรฐานของการสอบเทียบ

ข้อ 4.12 การควบคุมบันทึก บันทึกผลการสอบเทียบ และบันทึกต่าง ๆ ในระบบคุณภาพ เช่น บันทึกผลการตรวจติดตามคุณภาพภายในของห้องปฏิบัติการ ต้องจัดให้มีการควบคุมโดยการกำหนดรูปแบบการจัดเก็บ การจัดทำแฟ้ม การป้องกันความลับ การทำลายบันทึกต่าง ๆ การกำหนดระยะเวลาเก็บบันทึกการบันทึกต้องบันทึกให้อ่านออก และหากบันทึกผิดต้องขีดฆ่าด้วยเส้นตรงหนึ่งห้ามลบหรือทำให้อ่านไม่ออกสำหรับข้อมูลที่บันทึกผิด และให้เขียนข้อมูลที่ถูกต้องลงข้าง ๆ ข้อมูลที่บันทึกผิด

ข้อ 4.13 การตรวจติดตามคุณภาพภายใน ห้องปฏิบัติการต้องจัดให้มีการตรวจติดตามคุณภาพภายในเพื่อให้แน่ใจว่าระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการ ได้มีการนำไปปฏิบัติอย่างเหมาะสมทุกกิจกรรมและมีการปฏิบัติตามระบบคุณภาพที่กำหนดอย่างต่อเนื่อง การตรวจติดตามคุณภาพภายในต้องกระทำโดยบุคลากรที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ผ่านการฝึกอบรม และหากเป็นไปได้สมควรตรวจติดตามกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติเอง กิจกรรมการตรวจติดตามคุณภาพภายในต้องตรวจติดตามให้ครบทุกกิจกรรมคุณภาพ และกิจกรรมทางวิชาการ

ข้อ 4.14 การทบทวนการจัดการ ฝ่ายบริหารห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดให้มีการทบทวนการจัดการในรอบเวลาที่ผ่านมา และปรับปรุงให้ระบบการจัดการ ระบบคุณภาพมีความเหมาะสมอย่างต่อเนื่อง

ข้อกำหนดในข้อที่ 5 ทั้งหมดนี้เป็นข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทางวิชาการ เพื่อให้ผลการสอบเทียบเป็นที่ยอมรับทางวิชาการ ทั้งนี้ผู้บริหารห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องคำนึงถึงปัจจัยที่กระทบต่อคุณภาพของงานสอบเทียบใน ข้อ 5.1 ดังต่อไปนี้

- บุคลากร
- การควบคุมอาคารสถานที่และสภาพแวดล้อม
- การเลือกวิธีการสอบเทียบ การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด การควบคุมข้อมูล
- ความสอบกลับได้ของการวัด
- การปฏิบัติต่อตัวอย่างที่นำ มาสอบเทียบ
- การชักตัวอย่าง
- การควบคุมเครื่องมือวัดของห้องปฏิบัติการ

ผู้บริหารห้องปฏิบัติการต้องคำนึงถึงองค์ประกอบดังกล่าว และนำไปสู่การคัดเลือกบุคลากร จัดหาเครื่องมือ และวิธีการสอบเทียบที่เหมาะสมต่อระดับคุณภาพ และขอบข่ายของการบริการสอบเทียบ

**ข้อ 5.2 บุคลากร** ผู้บริหารห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดให้มีบุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถเหมาะสมต่องานสอบเทียบที่ได้รับมอบหมาย โดยคัดเลือกบุคลากรที่มีคุณวุฒิ มีความรู้ ผ่านการฝึกอบรมและต้องจัดให้มีการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มพูนทักษะ และความชำนาญของเจ้าหน้าที่ให้เหมาะสมกับงานที่เกี่ยวข้องต่อไป หน่วยงานต้องมีการกำหนดอำนาจหน้าที่ของเจ้าหน้าที่แต่ละตำแหน่งอย่างชัดเจน และต้องจัดเก็บหลักฐานที่แสดงความสามารถของบุคลากรของห้องปฏิบัติการ ไว้ในห้องปฏิบัติการเพื่อให้สามารถแสดงแก่ลูกค้าได้ในกรณีที่ถูกคำขอตรวจสอบ

**ข้อ 5.3 อาคาร สถานที่ และสิ่งแวดล้อม** ผู้บริหารห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดให้มีสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นของห้องปฏิบัติการ เพื่ออำนวยความสะดวกให้เกิดการสอบเทียบที่มีความแม่นยำตามที่ต้องการ ห้องปฏิบัติการต้องจัดให้มีการควบคุม ฝุ่นละออง และบันทึกสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการ หากสภาพแวดล้อมผิดไปจากที่กำหนด กิจกรรมสอบเทียบต้องหยุดและแก้ไขสภาพผิดปกติ ดังกล่าวให้เหมาะสม ห้องปฏิบัติการต้องมีการแยกกิจกรรมสอบเทียบที่รบกวนกันอย่างมีประสิทธิภาพ และมีการควบคุมการเข้าออกพื้นที่เพื่อความปลอดภัย และคุณภาพของงานสอบเทียบ

**ข้อ 5.4 การเลือกวิธีสอบเทียบ** ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดให้มีเอกสารแสดงวิธีการต่าง ๆ รวมถึงขั้นตอนการสอบเทียบ เพื่อให้เหมาะสมต่อความแม่นยำของการสอบเทียบที่ต้องการ วิธีสอบเทียบที่เลือกใช้อาจเป็นวิธีที่มีเขียนไว้โดยหน่วยงานระดับสากล ระดับภูมิภาค หรือระดับประเทศ หรือวิธีสอบเทียบที่ไม่อยู่ในวิธีที่กล่าวถึง หรือวิธีที่พัฒนาขึ้นเองโดยห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเลือกใช้วิธีการสอบเทียบที่ไม่ครอบคลุมอยู่ในมาตรฐานดังกล่าวห้องปฏิบัติการต้องจัดให้มีการยืนยันความใช้ได้ของวิธีการสอบเทียบที่เลือกใช้

อนึ่ง วิธีการยืนยันความใช้ได้ของวิธีสอบเทียบ สามารถทำได้โดยการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดตามวิธีการสอบเทียบที่เลือกใช้ หากค่าความไม่แน่นอนของการวัดตามวิธีการที่เลือกสอดคล้องกับคุณภาพของการสอบเทียบที่ต้องการ ก็ถือว่าวิธีที่เลือกใช้เป็นวิธีการที่เหมาะสม ห้องปฏิบัติการต้องจัดทำบันทึกแสดงหลักฐานความใช้ได้ของวิธีสอบเทียบไว้ด้วย

การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องมีหลักวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในกิจกรรมสอบเทียบ และดำเนินการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ ในแต่ละกิจกรรมที่สอบเทียบ ขณะประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดต้องคำนึงถึงแหล่งสำคัญของความไม่แน่นอนของการวัดในแต่ละแหล่งและประเมินอย่างเหมาะสม การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดสำหรับห้อง

ปฏิบัติการสอบเทียบต้องประเมินให้สอดคล้องกับแนวทางที่กำหนดไว้ใน ISO Guide to The Expression of Uncertainty in Measurement : 1995

การควบคุมข้อมูลในการถ่ายโอนข้อมูลผลการสอบเทียบจากบันทึกไปสู่ใบรายงานผล หรือการจัดเก็บข้อมูลผลการสอบเทียบต้องมีการตรวจสอบอย่างเป็นระบบทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าบันทึกดังกล่าวไม่มีการผิดพลาดระหว่างการถ่ายโอนและบันทึกข้อมูลที่อยู่ในคอมพิวเตอร์ต้องควบคุมให้ปลอดภัยและเป็นความลับ

**ข้อ 5.5 การควบคุมเครื่องมือวัดของห้องปฏิบัติการ** เครื่องมือวัดของห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องควบคุมให้ มีความแม่นยำเพียงพอต่อการนำไปใช้ โดยต้องจัดให้มีแผนการสอบเทียบเป็นระยะ และมีการทวนสอบผลการสอบเทียบเพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องมือวัดมีคุณลักษณะเหมาะสมต่อการนำไปใช้ ต้องมีการติดป้ายป้องกันการปรับแต่งโดยผู้ไม่มีอำนาจ มีการตรวจสอบเครื่องมือวัดเป็นระยะ มีการระบุสถานภาพของเครื่องมือวัดที่แสดงให้เห็น สถานภาพของการสอบเทียบ

**ข้อ 5.6 ความสอบกลับได้ของการวัด** ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดให้มีแผนการสอบเทียบเครื่องมือมาตรฐานการวัด โดยต้องสามารถสอบกลับได้ถึง SI Unit การสอบกลับได้ถึง SI Unit นี้หากห้องปฏิบัติการสามารถ



สอบเทียบเครื่องมือมาตรฐานโดยใช้บริการห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองความสามารถตาม มอก.17025 – 2543 ก็ถือว่า ผลการสอบเทียบมาตรฐานนั้นสอบกลับได้ถึง SI Unit

ข้อ 5.7 การสุ่มตัวอย่าง ในกรณีที่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องสุ่มตัวอย่างเพื่อการสอบแบบกรรมวิธี และแผนการสุ่มตัวอย่างต้องระบุชัดเจน การสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาสู่การสอบเทียบต้องใช้หลักการทางสถิติที่เหมาะสม การสุ่มตัวอย่างต้องมีการบันทึกเก็บเป็นหลักฐาน

ข้อ 5.8 การปฏิบัติการต่อเครื่องมือวัดที่รับมาสอบเทียบ ห้องปฏิบัติการต้องมีขั้นตอนในการรับเครื่องมือวัดที่ทำให้มั่นใจว่าเครื่องมือวัดจะไม่เกิดความชำรุดเสียหายในขั้นตอนของการรับ และจัดเก็บเพื่อรอการสอบเทียบหรือส่งคืน ขณะรับเครื่องมือวัดต้องมีการบันทึกสภาพตัวอย่างที่ผิดปกติ และติดต่อลูกค้าหากเครื่องมือวัดที่รับมาสอบเทียบมี

ความผิดปกติ เครื่องมือต้องมีการติดป้ายหรือสิ่งชี้บ่งอื่น ๆ เพื่อป้องกันความสับสนของตัวอย่างขณะที่อยู่ในห้องปฏิบัติการ เพื่อความสะดวกในการควบคุม และส่งคืนเครื่องมือวัด

ข้อ 5.9 การประกันคุณภาพงานสอบเทียบ ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดให้มีระบบการประกันคุณภาพเพื่อให้มั่นใจว่าการให้บริการสอบเทียบ ยังมีคุณภาพเป็นไปตามที่กำหนด บันทึกการประกันคุณภาพต้องบันทึกให้เห็นแนวโน้มของการเลื่อนค่า และต้องมีหลักสถิติที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ผลการประกันคุณภาพ

ข้อ 5.10 การออกใบรายงานผลสอบเทียบ ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องออกใบรายงานผลการสอบเทียบที่มีข้อมูลถูกต้อง ชัดเจนไม่คลุมเครือ เนื้อหาในใบรายงานผลการสอบเทียบต้องมีรายละเอียดเพียงพอที่จะเห็นคุณลักษณะทางมาตรวิทยาของเครื่องมือวัดที่สอบเทียบได้ชัดเจน เนื้อหาในใบรายงานผลการสอบเทียบที่ควรจะมีประกอบด้วยข้อมูลสำคัญดังต่อไปนี้

- หัวเรื่อง เช่น ใบรายงานผลการสอบเทียบ
- ชื่อ ที่อยู่ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ
- การชี้บ่งเฉพาะของใบรายงานผลการสอบเทียบ
- ชื่อที่อยู่ของลูกค้า
- ระบุขั้นตอนการสอบเทียบที่ใช้
- รายละเอียดของเครื่องมือวัดที่รับมาสอบเทียบ
- วัน เดือน ปี ที่รับเครื่องมือวัดมาสอบเทียบ รวมถึงวันที่สอบเทียบ
- แผนการสุ่มตัวอย่าง (ถ้ามี)
- ชื่อ ตำแหน่ง ลายมือชื่อของผู้มีอำนาจในการออกใบรายงานผลการสอบเทียบ
- ข้อความที่ระบุว่า รายงานผลการสอบเทียบนี้เฉพาะหน่วยวัดที่สอบเทียบเท่านั้นตามความเหมาะสม
- สภาวะต่าง ๆ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการสอบเทียบ เช่น สภาวะแวดล้อม
- ค่าความไม่แน่นอนของการวัด และ/หรือ ข้อความเกี่ยวกับความเป็นไปตามคุณลักษณะทางมาตร

วิทยา

ที่ระบุของเครื่องมือวัดที่ทำการสอบเทียบ

- หลักฐานแสดงความสอบกลับได้ของการวัด
- ใบรายงานผลการสอบเทียบไม่ควรมีการระบุวันที่สอบเทียบครั้งต่อไป

ในการรายงานผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่มีการปรับแต่งต้องรายงานผลการสอบเทียบทั้งก่อนปรับแต่ง และผลการสอบเทียบหลังปรับแต่ง หากมีการรายงานผลสอบเทียบที่ผิด ให้ออกใบรายงานผลสอบเทียบฉบับแก้ไขเพิ่มเติม และระบุเลขที่อ้างอิงด้วย



## บทที่ 6

### การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

**6.1 บทนำ** ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า เพื่อให้เจ้าหน้าที่ได้เข้าใจ แนวทางในการประเมินค่าความไม่แน่นอนของผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง และสามารถประเมินค่าความไม่แน่นอนได้ตามแนวทางของ ISO guide to the expression of uncertainty in measurement :1993

**6.2 เนื้อหา** เนื้อหาในบทนี้จะประกอบไปด้วย

- ความหมายของคำว่าความไม่แน่นอนของการวัด
- ความสำคัญของการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด

- ความเป็นมาของการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด
- แหล่งของความไม่แน่นอนของการวัดทางไฟฟ้า
- รูปแบบ และวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด
- ผลกระทบของ การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดทางไฟฟ้า
- ข้อจำกัดในการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดทางไฟฟ้า
- ตัวอย่างการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดทางไฟฟ้า สำหรับงานสอบเทียบ Digital multimeter

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างค่าความไม่แน่นอนในการวัดในรายงานผลสอบเทียบความต้านทานมาตรฐาน  $10\Omega$

The following table gives the measured four-terminal resistance values at the date 1 November 1997 at the indicated temperatures:

| Temperature | Resistance<br>Value ( $\Omega$ ) | Uncertainty<br>(ppm) | Coverage<br>Factor |
|-------------|----------------------------------|----------------------|--------------------|
| 20          | 9.999838                         | 0.3                  | 2.19               |
| 23          | 9.999952                         | 0.5                  | 2.56               |
| 25          | 9.999973                         | 0.5                  | 2.56               |
| 29          | 9.999901                         | 0.5                  | 2.56               |

คำว่า ความไม่แน่นอนในการวัด เป็นคำที่รู้จักแพร่หลายในระยะเวลาไม่นานมานี้ การแพร่หลายของคำว่า ความไม่แน่นอนในการวัดนั้น เชื่อว่าเกิดจากการนิยมใช้มาตรฐาน ISO 9000:1994 โดยมาตรฐาน ISO 9001, 9002 และ 9003 : 1994 ข้อ 4.11 ซึ่งว่าด้วยการควบคุมเครื่องมือตรวจสอบ เครื่องมือวัดและเครื่องมือทดสอบ กำหนดให้การเลือกใช้เครื่องมือวัดต้องมีความเหมาะสมกับงานที่ทำการวัด รวมทั้งต้องทราบค่าความไม่แน่นอนในการวัดว่ามีความเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของการวัด รวมทั้งยังได้กำหนดให้เครื่องมือวัดต้องได้รับการสอบเทียบซึ่งทำให้เกี่ยวข้องกับค่าความไม่แน่นอนในการวัดด้วย

ต่อมาในการออกมาตรฐาน ISO 9001 ฉบับปี ค.ศ 2000 ถึงแม้มาตรฐานในข้อ 7.6 ที่ว่าด้วยการควบคุมและเฝ้าระวังอุปกรณ์การวัดจะไม่ได้ระบุถึงการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัดไว้โดยตรงแต่มาตรฐานได้อ้างอิงคำแนะนำในมาตรฐาน ISO 10012 ซึ่งมาตรฐาน ISO 10012 ยังคงแนะนำให้ผู้ควบคุมเครื่องมือวัดทำการวัดโดยทราบค่าความไม่แน่นอนในการวัดด้วย รวมทั้งมาตรฐาน ISO 9001 : 2000 ข้อ 7.6 ดังกล่าวยังกำหนดให้มีการเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสมกับงานที่ทำการวัด และต้องทำการสอบเทียบในกรณีที่ต้องการความสมบูรณ์ของผลการวัดซึ่งการกำหนดดังกล่าวทำให้ยังมีความจำเป็นที่ต้องรู้จักและทำความเข้าใจกับความหมายของคำว่า ความไม่แน่นอนในการวัดอยู่เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ได้อย่างเหมาะสม

สำหรับในกรณีของห้องปฏิบัติการสอบเทียบซึ่งได้เคยใช้มาตรฐาน ISO/IEC Guide 25:1990 เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับความสามารถของห้องปฏิบัติการและในปัจจุบันได้ปรับมาเป็นมาตรฐาน 17025 : 1999 มาตรฐานได้กำหนดให้ผู้ที่ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดต้องแสดงค่าความไม่แน่นอนในการวัดไว้ในผลการสอบเทียบซึ่งทำให้เพิ่มน้ำหนักความสำคัญของคำว่าความไม่แน่นอนในการวัดมากขึ้น

บทความนี้จะกล่าวถึงความสำคัญของการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัด แหล่งของความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในการสอบเทียบ และการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัดโดยรวบรวมจากเอกสารที่

เกี่ยวข้องต่าง ๆ เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับผู้ปฏิบัติงานสอบเทียบ สำหรับผู้ที่ประสงค์จะเข้าใจถึงรายละเอียดที่มากขึ้นสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเอกสารอ้างอิงที่แสดงไว้ท้ายบทความนี้

#### ● ความสำคัญของการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในรายงานผลการสอบเทียบซึ่งเป็นการประเมินขนาดของปริมาณที่เราสนใจให้อยู่ในรูปของข้อมูลเพื่อที่จะใช้ในการวิเคราะห์หรือตัดสินใจว่าเครื่องมือวัดยังมีคุณสมบัติที่จะใช้งานต่อไปได้หรือไม่ สิ่งที่ใช้ข้อมูลต้องการอย่างยิ่งคือ คุณภาพและความเชื่อถือได้ของข้อมูล ดังนั้นหากปราศจากคำอธิบายที่ชัดเจนว่าข้อมูลที่ได้อาจการสอบเทียบมีความถูกต้องและความเชื่อถือได้เพียงใดแล้ว ข้อมูลจากการสอบเทียบดังกล่าวก็จะใช้ประโยชน์ได้ไม่สมบูรณ์ ความไม่แน่นอนในการวัดเป็นค่ารวม ๆ ที่มีรายละเอียดกระจายออกไปอีกมาก โดยใช้เพื่อจะอธิบายถึงคุณภาพในด้านความถูกต้องและความเชื่อถือได้ของการวัด

การใช้คำว่าความไม่แน่นอนในการวัดเป็นคำอธิบายถึงคุณภาพและความเชื่อถือได้ของการสอบเทียบดังกล่าว ทำให้มีความจำเป็นที่ต้องศึกษาความหมายของคำดังกล่าวให้เข้าใจและให้การอธิบายในการใช้คำ ๆ นี้ให้ชัดเจน ทั้งนี้การอธิบายควรรวมเงื่อนไขของการดำเนินการสอบเทียบไว้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เช่นการระบุวิธีการสอบเทียบ สภาพของห้องที่ทำการสอบเทียบ ความสมบูรณ์และเชื่อถือได้ของมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ เป็นต้น รวมทั้งการดำเนินการทางด้านเทคนิค ที่ใช้ในการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัดด้วย เช่น การปรับแก้ค่าเพื่อชดเชยส่วนของ Systematic Error เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ทั่วไประบอบการดำเนินการเพื่อให้กระบวนการสอบเทียบมีความสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะทำได้นั้นเป็นความจำเป็น แต่จะยังคงมีความไม่สมบูรณ์ของการวัดติดอยู่ในระบบการสอบเสมอ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้ข้อมูลและอธิบายให้ผู้ใช้อ้างอิงข้อมูลได้ทราบ ซึ่งการแสดงความไม่แน่นอนในการวัดไว้ในรายงานผลการสอบเทียบได้รับการยอมรับว่าสามารถใช้อธิบายความสมบูรณ์ของกระบวนการสอบเทียบในลักษณะดังที่กล่าวมาแล้วได้ดีที่สุด

จากภาพรวมความไม่สมบูรณ์ในการสอบเทียบดังกล่าวแล้วนั้นหากพิจารณาในเชิงเทคนิคจะพบว่าในกระบวนการสอบเทียบนั้น ในการวัดทุกครั้งจะมีความไม่สมบูรณ์ในการวัดประกอบอยู่ด้วยเสมอ ความไม่สมบูรณ์ดังกล่าวมีที่มาที่หลากหลาย เช่น การกำหนดสิ่งที่ต้องการทำการสอบเทียบ เทคนิคและวิธีการสอบเทียบที่ใช้ ความสมบูรณ์ของมาตรฐานที่นำมาใช้ ผู้ปฏิบัติงานที่ทำการสอบเทียบ เป็นต้น ความไม่สมบูรณ์ต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วทำให้ผู้ทำการวัดไม่สามารถแจ้งค่าที่เป็นจริงของสิ่งที่ทำการสอบเทียบได้แน่นอนดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องแจ้งขนาดความไม่สมบูรณ์ดังกล่าวไว้ในรูปของความไม่แน่นอนในการวัดความไม่สมบูรณ์ที่เกิดขึ้นในการวัดแต่ละครั้งของกระบวนการสอบเทียบดังกล่าวนั้นแม้ว่าจะสามารถดำเนินการให้คงที่มากที่สุดแล้วก็ตามยังได้พบว่าในการวัดปริมาณเดียวกันหลายครั้ง ค่าที่ได้จากการวัดแต่ละครั้งจะแตกต่างกันโดยไม่สามารถอธิบายเหตุผลที่ชัดเจนได้และมักจะไม่สามารถคาดการณ์แนวโน้มของความแตกต่างที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งได้ด้วย ความแตกต่างดังกล่าวจัดได้ว่าเป็นส่วนที่ทำให้ผู้ทำการสอบเทียบไม่สามารถบอกถึงค่าที่เป็นจริงของสิ่งที่ทำการสอบเทียบได้ จึงมีความจำเป็นต้องประมาณความแตกต่างของค่าที่สอบเทียบได้รวมไว้ในรูปของความไม่แน่นอนในการวัด

ในการนำผลการสอบเทียบไปใช้ประโยชน์เพื่อประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดนั้นผลการสอบเทียบถูกใช้เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างเครื่องมือวัดที่ทำการสอบเทียบกับข้อกำหนดว่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ เนื่องจากเครื่องมือวัดจะมีเกณฑ์กำหนดของความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ ดังนั้นเมื่อนำผลการสอบเทียบที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดังกล่าวผู้วิเคราะห์จะสามารถระบุได้ว่าเครื่องมือวัดมีคุณภาพที่อยู่ในกรอบของความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ได้นั้น ๆ หรือไม่ ทั้งนี้การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลมีโอกาสที่เป็นไปได้หลายทาง โดยผลการสอบเทียบที่เมื่อไม่นำค่าความไม่แน่นอนในการวัดมาพิจารณาร่วมด้วยจะให้ผลการวิเคราะห์อีกแบบหนึ่ง ดังนั้นเพื่อให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้องตรงตามความประสงค์ของผู้เป็นเข้าของเครื่องมือวัด ผู้วิเคราะห์จึงควรเข้าใจถึงการนำค่าความไม่แน่นอนในการวัดด้วย

ค่าความไม่แน่นอนในการวัดจะสามารถใช้ประโยชน์วิเคราะห์ผลการสอบเทียบตามที่กล่าวมาแล้วได้ และสามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องตรงกันต่อเมื่อกระบวนการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัดมีขั้นตอน

และกระบวนการในการประเมินค่าที่เหมือนกัน ดังนั้นถึงแม้เทคนิคและวิธีการในการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดจะมีหลายวิธี แต่เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลของค่าความไม่แน่นอนในการวัดระหว่างกันได้จำเป็นต้องเลือกที่จะใช้วิธีการประมาณค่าที่เหมือนกัน ซึ่งวิธีที่ได้รับความนิยมแพร่หลายได้แก่วิธีที่แนะนำไว้ในเอกสาร ISO/TAG4 “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement”

ความสำคัญของการใช้ความไม่แน่นอนในการวัด อธิบายความถึงคุณภาพและความเชื่อถือได้ในการสอบเทียบดังกล่าว ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องมือนี้บนพื้นฐานที่เข้าใจได้ตรงกัน โดยมีประเด็นที่ถือได้ว่าเป็นความจำเป็นและเป็นพื้นฐานในการประยุกต์ใช้เทคนิคของความไม่แน่นอนในการวัดนี้ได้แก่

➤ วิธีการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัดและการแสดงค่าดังกล่าวควรมีลักษณะที่ครอบคลุมกล่าวคือควรใช้ได้กับการสอบเทียบทุกชนิด

➤ ขนาดของค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่แจ้งควรได้รับการจัดการให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน กล่าวคือ ได้ประเมินมาจากแหล่งต่าง ๆ โดยครบถ้วนไม่ว่าจะมีอยู่เท่าไร และไม่ว่าจะมีการกระจายเป็นแหล่งย่อย ๆ อย่างไรก็ต้องนำมาประเมิน

➤ ขนาดของค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่แจ้งในการสอบเทียบหนึ่งควรถ่ายทอดค่าต่อ ๆ ไปได้ ซึ่งหมายความว่าค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่ประมาณได้จากระดับหนึ่งควรจะสามารถใช้เป็นส่วนหนึ่งของการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัดสำหรับการสอบเทียบต่อ ๆ ไปได้

คำ Term ที่เกี่ยวข้อง

เพื่อที่จะทำความเข้าใจกับความหมายของความไม่แน่นอนในการวัดได้ชัดเจนและสะดวกในการประมาณค่า ผู้สอบเทียบควรรู้จักหรือคุ้นเคยกับคำที่เกี่ยวข้องบางคำซึ่งใคร่ขอนำมากล่าวถึงโดยสังเขป ดังนี้

1. True Value (of Quantity) Value ซึ่งแสดงถึงปริมาณที่กำหนดได้อย่างสมบูรณ์ภายใต้สภาวะที่พิจารณาในขณะนั้น ๆ
2. Conventional True Value (of Quantity) Value ของปริมาณซึ่งสามารถใช้แทน True Value ได้ในจุดประสงค์ของการใช้งานนั้น ๆ
3. การวัด (Measurement) ชุดของการปฏิบัติงานที่มีวัตถุประสงค์เพื่อหา Value
4. Measurand ปริมาณที่มีจุดประสงค์ที่จะทำการวัด
5. Uncertainty of measurement ช่วงของค่าที่ประมาณแล้วว่ามี True Value ของ Measurand อยู่
6. Error (of Indication) of a Measuring Instrument ค่าของเข็มชี้ของเครื่องมือวัด ลบด้วย

(Conventional) True Value ของ Measurand

7. Precision ความสามารถในการวัดปริมาณเดิมที่จะได้ค่า ๆ เดิม
8. Accuracy of Measurement ความใกล้เคียงระหว่างผลของการวัด กับค่า (Conventional) True Value ของ Measurand

9. Repeatability of Measurement ความใกล้เคียงกันของผลการวัดปริมาณเดิม ภายใต้เงื่อนไขดังนี้

- ใช้วิธีการวัดเดิม
- ผู้ทำการวัดคนเดิม
- เครื่องมือวัดเดิม
- สถานที่ทำการวัดเดิม
- สภาวะของการวัดเดิม
- การวัดซ้ำดำเนินการภายในช่วงเวลาสั้น ๆ

10. Random Error องค์ประกอบของความผิดพลาดของการวัดที่เมื่อทำการวัด Measurand ซ้ำ แล้วได้ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปโดยมีลักษณะที่ไม่อาจคาดเดาได้

11. Systematic Error องค์ประกอบของความผิดพลาดของการวัดที่เมื่อทำการวัด Measurand ซ้ำแล้ว ความผิดพลาดนี้มีขนาดเดิมหรือเปลี่ยนไปในลักษณะที่คาดเดาได้

#### แหล่งของความไม่แน่นอนในการวัด

ในการพิจารณาค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้นได้พบว่า มีแหล่งของความไม่แน่นอนที่ต่างกันไปตามปริมาณที่สอบเทียบ และวิธีการสอบเทียบ อย่างไรก็ตามหากพยายามจัดกลุ่มโดยดูถึงแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนแล้วจะพบว่าสามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

Random Error เป็นแหล่งของความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างกันของค่าที่ได้จากการวัดแต่ละครั้งโดยไม่สามารถอธิบายเหตุผลที่ชัดเจนได้รวมทั้งมักจะไม่สามารถคาดการณ์แนวโน้มของความแตกต่างได้ด้วย ค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณจากแหล่งของความไม่แน่นอนนี้มักจะประมาณภายใต้เงื่อนไขของ Repeatability

Systematic Error เป็นแหล่งของความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากความไม่สมบูรณ์ในการวัด ความไม่สมบูรณ์ดังกล่าวมีที่มาหลากหลาย ซึ่งผู้ที่มีประสบการณ์และความชำนาญในการวัดจะสามารถคาดการณ์ความผิดพลาดในส่วนนี้ได้ ทั้งนี้อาจจะมีแหล่งที่อ้างอิงได้จากเอกสารหลักฐาน หรือข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งสามารถนำเทคนิคของ Correction มาใช้ในการปรับลดความไม่แน่นอนของการวัดจากองค์ประกอบส่วนนี้ได้ เนื่องจาก Systematic Error ในแต่ละสายวิชาของการวัดมีแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน เอกสารข้อมูล

ในการกล่าวถึงแหล่งของความไม่แน่นอนจึงมักจำแนกแหล่งความไม่แน่นอนออกตามลักษณะงานที่ทำการสอบเทียบ ทั้งนี้เอกสาร UKAS M3003 ได้รวบรวมแหล่งที่มาของ Systematic Error ที่สำคัญและมักจะพบได้บ่อยไว้ซึ่งเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้ทำการสอบเทียบสามารถประมาณค่าความไม่แน่นอนได้สะดวกมากขึ้น ดังนี้

สำหรับการสอบเทียบทางไฟฟ้า ซึ่งรวมถึงการวัดที่ความถี่สูงด้วย

- ความผิดพลาดของมาตรฐานซึ่งได้จากใบแสดงผลการสอบเทียบ
- ความไม่แน่นอนในการวัดที่แสดงไว้ในใบแสดงผลการสอบเทียบ
- การ Drift ของมาตรฐาน
- สภาพะของการสอบเทียบ
- การนำผลการสอบเทียบไปใช้โดยไม่ตรงกับค่าที่สอบเทียบมา ซึ่งจำเป็นต้องคำนวณค่าให้สอดคล้อง

กับจุดที่ต้องการสอบเทียบ

- Resolution ของมาตรฐานหรือเครื่องมือวัด
- ผลจาก Thermal EMFS
- ภาวะของ Loading และ Lead Impedance
- RF Mismatch Errors
- Directivity
- Test Port Match
- RF Connector Repeatability

สำหรับสอบเทียบมวล

- ความผิดพลาดของน้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากใบแสดงผลการสอบเทียบ
- ค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่แสดงไว้ในใบแสดงผลการสอบเทียบ
- การ Drift ของน้ำหนักมาตรฐาน
- ความผิดพลาดของเครื่องชั่ง
- ผลเนื่องจากแรงลอยตัวของอากาศ
- สภาพแวดล้อมของการสอบเทียบ

สำหรับการสอบเทียบทางอุณหภูมิ

- ความผิดพลาดของมาตรฐานที่ใช้ซึ่งได้จากใบแสดงผลการสอบเทียบ
- ค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่แสดงในใบแสดงผลการสอบเทียบ
- เครื่องมือวัดที่ใช้ในระบบการวัด เช่น ความต้านทาน หรือเครื่องมือวัดที่แปลงค่าจากสัญญาณทาง

ไฟฟ้า

- สภาวะแวดล้อมของการสอบเทียบ

สำหรับการวัดทางมิติ

- ความผิดพลาดของมาตรฐานที่ใช้ซึ่งได้จากใบแสดงผลการสอบเทียบ
- ค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่แสดงในใบแสดงผลการสอบเทียบ
- ผลจากอุณหภูมิแวดล้อม
- Elastic Compression
- ความผิดพลาดเนื่องจากความไม่ได้ศูนย์ในการวัด
- ความผิดพลาดเนื่องจากรูปทรงของ Gauge ที่ถูกสอบเทียบ

### หลักการทางสถิติที่เกี่ยวข้อง

สถิติเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการประมวลข้อมูล และสำหรับการดำเนินการที่เกี่ยวกับการสอบเทียบสถิติถือว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทั้งนี้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ควรนำมากล่าวถึงในที่นี้ได้แก่

ความสำคัญของสถิติ ข้อมูลประชากรของการสอบเทียบเพื่อหาค่า (Value) ของปริมาณใด ๆ มีอยู่ไม่จำกัด (Infinite Population) ดังนั้นในทางปฏิบัติผู้ทำการสอบเทียบไม่สามารถหาข้อมูลของการวัดจากประชากรได้ จำเป็นที่จะต้องใช้อยู่ข้อมูลการวัดที่พอเหมาะกับขีดจำกัดด้านอื่น ๆ เช่น เวลา ค่าใช้จ่าย เป็นต้น การใช้ข้อมูลบางส่วนของประชากรซึ่งถือว่าเป็นตัวอย่างและเป็นตัวแทนของประชากรด้วยนั้น ถ้ามีหลักเกณฑ์และเหตุผลที่ชัดเจน ข้อมูลตัวอย่างนั้นก็จะสามารถเป็นตัวแทนของประชากรได้ สถิติจะเป็นส่วนหนึ่งช่วยอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับประชากรซึ่งนำไปสู่การวินิจฉัยคุณสมบัติต่าง ๆ ของประชากรได้

ประชากรและตัวอย่าง ในการดำเนินการทางสถิติจะมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาจากแหล่งข้อมูล 2 ส่วน คือ

1. ประชากร คือ กลุ่มของข้อมูลที่เราสนใจต้องการทราบถึงคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น ข้อมูลการสอบเทียบ ซึ่งได้จากการวัดในกรณีเช่นนี้จำนวนประชากรจะมีอยู่ไม่จำกัด ซึ่งถ้าสามารถวัดหาข้อมูลต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ จะได้ค่าของประชากรที่ต้องการ ค่าที่ได้จากประชากรเรียกว่า ค่า Parameter โดยค่า Parameter ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้แก่

- ค่า Mean,  $\mu$
- Variance,  $\sigma^2$
- Standard Deviation,  $\sigma$

2. ตัวอย่าง คือ ส่วนหนึ่งของประชากรที่เลือกออกมาภายใต้เงื่อนไขที่เชื่อว่าข้อมูลของตัวอย่างที่ได้ออกมา นั้น จะสามารถทดแทนข้อมูลของประชากรได้ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ ค่าต่าง ๆ ที่ได้จากตัวอย่างเรียกว่าค่า Statistic โดยค่า Statistic ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้แก่

- ค่า Mean,  $\bar{x}$
- Variance,  $S^2$
- Standard Deviation,  $s$

Probability Distribution เพื่อที่จะเข้าใจถึงเหตุผลที่ชัดเจนในการตัดสินใจทางสถิติความเข้าใจเกี่ยวกับ Probability Distribution ถือได้ว่าเป็นสิ่งที่จำเป็น Probability Distribution เป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ ปริมาณ (Random Variable) กับโอกาสของการเกิดค่านั้นในประชากร (Probability of Occurrence of that Value in the Population) สำหรับการกระจายของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ มีลักษณะการกระจายของข้อมูลและสิ่งที่เกี่ยวข้องดังนี้

Normal Probability Distribution เป็นการกระจายที่มีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากลักษณะการกระจายของค่าที่ได้จากการสอบเทียบมักจะมีลักษณะที่ถือได้ว่าเป็นการกระจายในแบบนี้ คุณลักษณะของการกระจายนี้กำหนดและ/หรือประมาณได้จากค่า Mean และ Standard Deviation โดยมีลักษณะประจำตัวของการกระจายดังนี้

| ช่วงค่าของ Standard Deviation จาก Mean | % ของประชากร |
|----------------------------------------|--------------|
| $\pm 1$                                | 68.27        |
| $\pm 2$                                | 95.45        |
| $\pm 3$                                | 99.73        |

Central Limit Theorem ทฤษฎีที่ว่าด้วย Central Limit Theorem มีประโยชน์ในการนำมาประกอบงานสอบเทียบ ดังนี้

- ทฤษฎีนี้เป็นทฤษฎีที่นำไปสู่การอธิบายเพื่อให้ประโยชน์จากคุณสมบัติของ Normal Distribution
- ทฤษฎีนี้กล่าวถึงว่าไม่ว่ารูปร่างการกระจายของประชากรจะเป็นอย่างไรก็ตามการกระจายของค่า

Mean ของตัวอย่างที่เก็บจากประชากรนี้จะมีลักษณะที่มีแนวโน้มเข้าสู่ Normal Distribution เมื่อขนาดตัวอย่างมากขึ้นจนเข้าสู่นั่น

- จากทฤษฎีนี้ไปสู่การประมาณค่า Standard Deviation ของตัวอย่างหารด้วย  $\sqrt{n}$  เมื่อ n คือขนาดตัวอย่าง

t-Distribution เพื่อแก้ปัญหาในการสอบเทียบ ซึ่งในการปฏิบัติงานปกติของการสอบเทียบจะมีจำนวนวัดน้อยครั้งซึ่งหมายถึงมีขนาดตัวอย่างเล็ก ได้มีการนำทฤษฎีของ Student t-Distribution (มักเรียกกันสั้น ๆ ว่า t-Distribution) มาใช้ โดยการเลือกตัวคูณที่เหมาะสมจาก Confidence Level ที่ต้องการและ Degree of Freedom ของการวัดเพื่อนำไปคูณกับ Standard Deviation ของ Sample เพื่อให้ได้ช่วงของค่าที่ถูกต้องตาม Confidence Level ที่ต้องการ ตัวอย่างค่าตัวคูณที่เหมาะสมเมื่อทราบค่า Degree of Freedom ของการสอบเทียบที่ Confidence Level ที่ต้องการ ดังตัวอย่างในตารางที่ 1 ทั้งนี้จากตัวอย่างตัวคูณในตารางจะเห็นได้ว่าเมื่อจำนวนการวัดในการสอบเทียบมากขึ้นจนเข้าสู่นั่นตัวคูณที่ได้จะเท่ากับช่วงค่าของ Standard Deviation ที่แสดงไว้ในตารางการกระจายแบบ Normal ดังที่กล่าวแล้วนั่นเอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวัดค่ากลาง (Measure of Central Tendency) เป็นการหาศูนย์กลางของการกระจายของข้อมูล ทั้งนี้การหาค่าศูนย์กลางของการกระจายของข้อมูลที่ได้จากการสอบเทียบใช้การหาค่า Mean ในลักษณะของ Arithmetic Mean โดยมีการ Defined ไว้ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad \text{.....สมการที่ 1}$$





| Degree of<br>Freedom, v | % ของข้อมูลที่ต้องการ (Confidence Level) |       |       |       |       |        |
|-------------------------|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                         | 68.27                                    | 90    | 95    | 95.45 | 99    | 99.73  |
| 1                       | 1.84                                     | 6.31  | 12.71 | 13.97 | 63.66 | 235.80 |
| 2                       | 1.32                                     | 2.92  | 4.30  | 4.53  | 9.92  | 19.21  |
| 3                       | 1.20                                     | 2.35  | 3.18  | 3.31  | 5.84  | 9.22   |
| 4                       | 1.14                                     | 2.13  | 2.78  | 2.87  | 4.60  | 6.62   |
| 5                       | 1.11                                     | 2.02  | 2.57  | 2.65  | 4.03  | 5.51   |
| 10                      | 1.05                                     | 1.81  | 2.23  | 2.28  | 3.17  | 3.96   |
| 30                      | 1.02                                     | 1.70  | 2.04  | 2.09  | 2.75  | 3.27   |
| $\alpha$                | 1.000                                    | 1.645 | 1.960 | 2.000 | 2.576 | 3.000  |

## ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างตัวคูณจากตาราง t-Distribution

การวัดค่าการกระจาย การวัดค่ากลางซึ่งเป็นการหาค่าศูนย์กลางของการกระจายดังกล่าวแล้วนั้นไม่ได้เป็นการอธิบายถึงการกระจายของข้อมูลที่ได้จากการสอบเทียบซึ่งจะเป็นการอธิบายถึง Precision ของการวัด ทั้งนี้ ข้อมูลการกระจายของการวัดดังกล่าวเป็นสิ่งจำเป็นและเป็นข้อมูลที่ต้องประมาณไว้ในการแสดงการกระจาย ข้อมูลมีวิธีการหาค่าการกระจายหลายวิธีได้แก่ Range, Variance, Standard Deviation ในการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัดสำหรับงานสอบเทียบได้มีการนำ Standard Deviation มาใช้ในการหาค่าการกระจายทั้งนี้ Standard Deviation หาได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

การประมาณค่า การวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะดังที่กล่าวมาแล้วผู้ที่ปฏิบัติงานสอบเทียบได้นำมาใช้ประโยชน์ในการประมาณค่าทั้งนี้การประมาณค่า หมายถึง การประมาณค่า Parameter จากค่า Statistic ที่ได้จากตัวอย่าง ปกติค่า Parameter ที่เราสนใจและนำมาใช้ประโยชน์สำหรับงานสอบเทียบ คือค่า Mean และค่า Standard Deviation ซึ่งนำมาใช้ในงานสอบเทียบ ดังนี้

**การประมาณค่าเดี่ยว** เป็นการประมาณค่ากลางโดยเชื่อว่าค่าที่ประมาณได้นี้เป็นตัวแทนของค่าของประชากร เช่น เมื่อทำการวัดหลาย ๆ ครั้ง นำค่าที่ได้มาทำการหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นการประมาณค่าเดี่ยว

**การประมาณค่าช่วง** เป็นการประมาณค่าที่แสดงถึงความคาดหวังว่าค่า Parameter มีแนวโน้มที่จะอยู่ระหว่างช่วงค่าที่แจ้งไว้ เช่น เมื่อทำการวัดหลาย ๆ ครั้ง นำค่าที่ได้มาทำการหาช่วงค่า  $X_1 - X_2$  ซึ่งช่วงค่า  $X_1 - X_2$  ที่ได้เป็นการประมาณค่า  $\mu$  ในลักษณะที่เป็นการประมาณค่าช่วงค่า โดยปกติการประมาณค่าช่วงมักจะแจ้งถึงระดับความเชื่อมั่นเป็น % ไว้ด้วยการประมาณดังกล่าวมีความเชื่อมั่นเท่าใด หลักการในการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้นวิธีที่ง่ายที่สุดคือ การนำค่าความไม่แน่นอนย่อย ๆ มาบวกกันโดยตรง อย่างไรก็ตามการบวกกันโดยตรงในลักษณะนี้มีข้อเสียบางประการ ทำให้มีความพยายามที่จะหาวิธีการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่มีความถูกต้องมากขึ้น โดยวิธีที่เป็นที่ยอมรับมากที่สุดขณะนี้ได้แก่วิธีตามที่กำหนดไว้ใน ISO/TAG 4 “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement” ซึ่งมีขั้นตอนหลัก ๆ ในการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัด ดังนี้

➤ หาค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างปริมาณที่ต้องการวัดกับปริมาณ Input ทั้งนี้ความสัมพันธ์ในเชิงปริมาณที่ทำการวัด และความสัมพันธ์ในเชิงตัวเลขที่ได้จากการวัดแสดงได้ดังนี้

ความสัมพันธ์ในเชิงปริมาณที่ทำการวัดซึ่งได้มาจากปริมาณที่เดี่ยวของต่าง ๆ

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$$

ความสัมพันธ์ในเชิงผลของการวัด

$$y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$$

- ประมาณค่า Type A Standard Uncertainty
- ประมาณค่า Type B Standard Uncertainty
- ประมาณค่า Combined Standard Uncertainty

➤ ประมวลค่า Expanded Uncertainty

**การประมวลค่า Type A Standard Uncertainty**

การประมวลค่า Type A Standard Uncertainty เป็นการประมวลค่าโดยใช้หลักการทางสถิติตั้งนั้นการประมวลนี้ จึงเป็นการนำความเข้าใจเกี่ยวกับสถิติดังกล่าวแล้วมาใช้โดยการประมวลเป็นการดูถึง Repeatability หรือความซ้ำ ค่าของค่าที่วัดได้จากกระบวนการสอบเทียบที่ดำเนินการกับ Measurand ณ ขณะใดขณะหนึ่ง โดยทั่วไปมักจะ พบว่าความไม่แน่นอนที่ประมวลได้ในส่วนนี้ขนาดเล็กกว่าความไม่แน่นอนที่ได้จาก Type B ที่จะกล่าวถึงต่อไป

การประมวล Type A Standard Uncertainty มีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้

➤ หาค่าเฉลี่ยของค่าที่วัด ถ้ามีการวัดปริมาณ  $x$  ที่เป็นอิสระต่อกันจำนวน  $n$  ครั้ง ค่าเฉลี่ยจะประมวลได้จาก

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots x_n}{n}$$

➤ การกระจายของข้อมูลโดยประมวลจาก Standard Deviation จะได้ว่า

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

➤ หาค่า Standard Deviation ของ Mean

ถ้าได้มีการดำเนินการวัดโดยมีสภาวะต่าง ๆ ของการวัดที่คงที่และการวัดมีการดำเนินการที่ต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ ค่าเฉลี่ย และค่า Standard Deviation ดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งเราสามารถประมวลค่า Standard Deviation ของ Mean ได้จาก

$$S(\bar{x}) = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

ค่า Standard Deviation ที่ประมวลได้นี้ เรียกว่า Type A Standard Uncertainty

$$U_A(x) = s(\bar{x})$$

**การประมวลค่า Type B Standard Uncertainty**

การประมาณค่า Type A Standard uncertainty ดังกล่าวแล้วนั้น ISO ถือว่าเป็นวิธีการประเมินโดยใช้หลักการทางสถิติ และแตกต่างจากวิธีการประเมิน Type B Standard Uncertainty ซึ่ง ISO ถือว่าเป็นการใช้วิธีอื่น ๆ ที่

นอกเหนือจากวิธีที่กล่าวมาแล้ว วิธีอื่น ๆ ที่กล่าวถึงนี้รวมถึงการใช้ข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ มาพิจารณาประกอบการประเมิน ทั้งนี้องค์ประกอบของความผิดพลาดในส่วนที่เรียกว่า Systematic Error ซึ่งมีอยู่ตลอดเวลาในการวัดนั้น จะ

ต้องนำมาประมาณค่าเป็น Type B Standard Uncertainty ดังนั้นการประมาณค่า Type B Standard Uncertainty จึงต้องการความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิคในกระบวนการวัดเพื่อที่จะสามารถกำหนดแหล่งของความไม่แน่นอนได้ครบถ้วน รวมทั้งสามารถประมาณขนาดของความไม่แน่นอนในส่วนนี้ได้ถูกต้องด้วย

เอกสาร UKAS M3003 ได้สรุปรวมแหล่งความไม่แน่นอนสำหรับ Type B Standard Uncertainty ที่ถือได้ว่าเป็นพื้นฐานของการทดสอบ/สอบเทียบทุกประเภทไว้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติงานที่จะนำไปใช้ในการปฏิบัติงาน ดังนี้

- ความผิดพลาดของมาตรฐาน
- ความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบมาตรฐาน
- Drift ในค่าของมาตรฐาน
- Resolution
- วิธีการสอบเทียบ
- สภาวะโดยรอบในการสอบเทียบ

ในการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัดส่วนนี้ผู้ปฏิบัติงานต้องมีข้อมูลมากพอที่จะตัดสินใจได้ว่าขนาดของความผิดพลาดเป็นเท่าไร และลักษณะการกระจายค่าเป็นอย่างไรทั้งนี้เอกสาร UKAS M3003 Probability Distribution (ที่คูณด้วยขนาด k) ค่า Type B Standard Uncertainty จะมีขนาดเท่ากับ Uncertainty/k

- ถ้าแหล่งความไม่แน่นอนให้ข้อมูลที่มีลักษณะการกระจายเป็น Rectangular Probability Distribution ค่า Type B Standard Uncertainty จะมีขนาดเท่ากับ  $a / \sqrt{3}$  เมื่อ a เป็นครึ่งหนึ่งของค่าการกระจายนั้น
- ถ้าแหล่งความไม่แน่นอนให้ข้อมูลที่มีลักษณะการกระจายเป็น Triangular Probability Distribution ค่า Type B Standard Uncertainty จะมีขนาดเท่ากับ  $a / \sqrt{6}$  เมื่อ a เป็นครึ่งหนึ่งของค่าการกระจายนั้น
- ถ้าแหล่งความไม่แน่นอนให้ข้อมูลที่มีลักษณะการกระจายเป็น U-Shape Probability Distribution ค่า Type B Standard Uncertainty จะมีขนาดเท่ากับ  $a / \sqrt{2}$  เมื่อ a เป็นครึ่งหนึ่งของค่าการกระจายนั้น

#### Combined Standard Uncertainty

ทั้งค่า Type A Standard Uncertainty และ Type B Standard Uncertainty ล้วนแต่เป็นส่วนหนึ่งของ Uncertainty ของการวัดโดยรวม ซึ่งหมายความว่าต้องนำ Type A Standard Uncertainty และ Type B Standard Uncertainty ที่ประเมินได้จากที่กล่าวมาแล้วมารวมกัน โดยเอกสาร ISO ได้แนะนำวิธีการรวม Uncertainty ที่ได้จากทั้งสองกลุ่มเพื่อให้ได้เป็น Combined Standard Uncertainty ดังนี้

$$U_c(y) = \sum_{i=1}^N C_i^2 u^2(x_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y)}$$

โดยที่

$C_i$  คือ Sensitivity Coefficient ซึ่งใช้สำหรับการแปลง Input ที่มีหน่วยต่างจาก Output ให้เป็นหน่วยเดียวกัน หรือ

ใช้ขยายปริมาณของ Input ให้เหมาะสมกับ Output

$u(x_i)$  คือ ความไม่แน่นอนที่เกิดจากปริมาณ Input ต่าง ๆ

$u(y_i)$  คือ ความไม่แน่นอนของ Output ย่อย ๆ แต่ละตัว

### Effective Degree of Freedom

ในกระบวนการวัดนั้นถึงแม้ผู้ทำการวัดจะไม่ทำการวัดข้อมูลจนนับครั้งไม่ถ้วนก็ตาม แต่ก็มักจะทำการวัดหลายครั้งซึ่งโดยปกติมักจะทำการวัดที่ประมาณ 4 ถึง 10 ครั้ง ในแต่ละชุดของการวัดนั้น ๆ ถ้า  $n$  คือ จำนวนครั้งที่วัด จะมีค่าของ Degree of Freedom เกิดขึ้นเท่ากับ  $n-1$

Degree of Freedom เป็นแฟกเตอร์ที่มีส่วนที่สำคัญ เนื่องจากในการหาค่าตัวคูณที่เหมาะสมในตาราง t-Distribution นั้นผู้สอบเทียบต้องทราบว่าจะกำหนด Confidence Level ที่เท่าไรและต้องทราบค่า Degree of Freedom ของการวัดด้วย สำหรับการวัดที่มี Input เพียงค่าเดียว Degree of Freedom จะประมาณได้จาก  $n-1$  ดังกล่าวแล้ว อย่างไรก็ตาม

ก็ดี ในทางปฏิบัติการสอบเทียบจะมี Input ที่เกี่ยวข้องจำนวนหลายตัว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องประเมินค่า Degree of Freedom รวมของทั้งระบบซึ่ง ISO เรียกค่านี้ว่า Effective Degree of Freedom โดยประมาณค่าได้จากสูตรที่ให้ไว้ ค่า Degree of Freedom ที่ได้นี้เมื่อนำไปใช้ร่วมกับตาราง t-Distribution ค่านี้คือ ค่าที่อยู่ในช่องซ้ายสุดของตาราง t-Distribution

$$V_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N u_i^4(y)}$$

เมื่อ

$u_c(y)$  คือ Combined Standard Uncertainty

$u_i(y)$  คือ Uncertainty ของ Output แต่ละตัว

$V_i$  คือ Degree of Freedom ของแต่ละตัว

### Expanded Uncertainty

ค่าความไม่แน่นอน Combined Standard Uncertainty ที่ประมาณได้ดังกล่าวมีความเชื่อถือได้ขนาดหนึ่ง ซึ่งยังมีความเหมาะสมไม่มากพอที่จะใช้ได้ในภาคปฏิบัติ ทั้งนี้ค่าความไม่แน่นอนของการวัดที่เหมาะสมใช้ได้ทางปฏิบัติควรมีความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ค่าความไม่แน่นอน Combined Standard Uncertainty ที่ประเมินได้ดังกล่าวจึงต้องนำมาดำเนินการต่อโดยการหาตัวคูณที่เหมาะสมมาคูณกับค่า Combined Standard Uncertainty ที่ได้ เพื่อให้ได้เป็น Expanded Uncertainty หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า Uncertainty

$$U = t u_c$$

เมื่อ

$U$  คือ Expanded Uncertainty

$t$  คือ ตัวคูณที่เลือกจากตาราง t-Distribution (ดูคำอธิบายข้างล่าง)

$u_c$  คือ Combined Standard Uncertainty

ตัวคูณที่เลือกจากตาราง t-Distribution นี้ได้จากการกำหนดระดับความเชื่อมั่นเป็น % ที่ต้องการให้ตรงพอดีกับค่า Effective Degree of Freedom ที่ประมาณได้จะทำให้สามารถเลือก t-Factor จากตาราง t-Distribution ได้ เช่น ถ้าต้องให้ค่าความไม่แน่นอนในการวัดมีระดับความเชื่อมั่นที่ 95.45% โดยประมาณค่า Effective Degree

Freedom ได้ว่าเท่ากับ 4 จะได้ t-Factor เท่ากับ 2.87 ค่า t-Factor เท่ากับ 2.87 นี้ เมื่อนำมาคูณกับ Combined Standard Uncertainty แล้วจะทำให้เชื่อได้ว่าค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่ได้มีความเชื่อมั่นที่ระดับ 95.45%

ถึงแม้ระดับความเชื่อมั่นในการสอบเทียบจะสามารถเลือกที่ค่าใดก็ได้ก็ตามระดับความเชื่อมั่นที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปได้แก่ ความเชื่อมั่นที่ระดับเท่ากับ 95% และโดยปกติจะอนุโลมค่าระดับความเชื่อมั่น 95.45% ว่าเป็น 95% โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95.45% นี้เราสามารถกำหนดตัวคูณเมื่อ Effective Degree of Freedom เท่ากับ  $\infty$  ได้ง่าย ๆ ว่าเท่ากับ 2

จากองค์ประกอบและการดำเนินงานต่าง ๆ เพื่อหาค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น หากนำมาสรุปเป็นขั้นตอนหลัก ๆ จะได้ขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

- หาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างปริมาณที่ต้องการวัดกับปริมาณ Input
- ทำการสอบเทียบโดยการวัดซ้ำ ซึ่งจะมี Random Error เกิดขึ้น
- ระบุ Systematic Error ที่เกิดขึ้นทั้งหมด
- ประเมินค่า Type A Standard Uncertainty
- ประเมินค่า Type B Standard Uncertainty
- ประเมินค่า Combined Standard Uncertainty
- ประเมินค่า Effective Degree of Freedom

- กำหนด Confidence Level ที่ต้องการ
- เลือกตัวคูณที่เหมาะสมจากตาราง t-Distribution
- ประเมินค่า Expanded Uncertainty

หลักการของการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัดดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการวัดโดยทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งห้องปฏิบัติการวัดในระดับโรงงานซึ่งมีกระบวนการวัดที่ไม่ซับซ้อน สำหรับห้องปฏิบัติการที่มีกระบวนการ

การวัดที่ซับซ้อนมากขึ้น หลักการดังกล่าวยังคงสามารถใช้ได้ โดยมีสิ่งที่ควรทำความเข้าใจมากขึ้น ได้แก่

- ความสัมพันธ์กันเองระหว่างปริมาณ Input ที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับค่าที่ต้องการวัด
- Type A Standard Uncertainty ที่อาจจะมีได้หลายค่า
- ค่า Sensitivity Coefficient ที่ต้องแปลงให้ได้หน่วยที่เป็นหน่วยแบบเดียวกับปริมาณที่ทำกรวัด
- การประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่เป็นช่วงของค่า
- การประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่มีลักษณะ Relative

ตัวอย่างการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัด (จากเอกสาร UKAS M3003)

**การสอบเทียบความต้านทาน** ตัวอย่างนี้แสดงถึงการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดสำหรับการสอบเทียบความต้านทาน โดยในการสอบเทียบความต้านทานที่  $10\text{ k}\Omega$  โดยใช้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันคร่อมความต้านทานที่ต้องการวัดและวัดแรงดันคร่อมความต้านทานมาตรฐานที่ต่ออนุกรมกันอยู่ ซึ่งจะได้ลักษณะความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์

$$R_x = R_s R_d R_t V_x / V_s$$

เมื่อ  $R_s$  คือค่าที่ได้จากการสอบเทียบ Standard Resistor

$R_d$  คือค่า Drift ของ Standard Resistor

$R_t$  คือค่าการเปลี่ยนแปลงของ Standard Resistor เนื่องจากอุณหภูมิในอ่างน้ำมัน

$V_x$  คือแรงดันที่วัดได้คร่อมความต้านทาน

$V_s$  คือแรงดันที่วัดได้คร่อมความต้านทาน

ข้อมูลที่ได้จากการสอบเทียบและผลการประเมิน

1. ผลการวัดอัตราส่วนของ  $V_x / V_s$  จำนวน 5 ครั้ง 10.4, 10.7, 10.6, 10.3, 10.5 ppm

2. การประมาณ Type A Standard Uncertainty

ค่าเฉลี่ย  $\bar{v} = 10.5\text{ppm}$

Standard Deviation  $s(v) = 0.158\text{ ppm}$

$u_A(v) = s(v) = 0.158/\sqrt{5} = 0.0706\text{ppm}(= \text{Repeatability})$

### 3. แหล่งและขนาดของความไม่แน่นอน

3.1 ใบแสดงผลการสอบเทียบ Standard Resistor ระบุว่าความไม่แน่นอนในการวัด 1.5 ppm ที่ 95% ( $k=2$ )

3.2 ประมาณค่าความผิดพลาดเนื่องจากการ Drift ของ  $R_s$  เท่ากับ 2.0 ppm

3.3 ประมาณค่าความผิดพลาดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอ่างน้ำมันเท่ากับ 0.5 ppm

3.4 ประมาณค่าความผิดพลาดโวลต์มิเตอร์ในการอ่านค่า  $V_x$  เนื่องจาก Linearity และ Resolution เท่ากับ 0.2 ppm

3.5 ประมาณค่าความผิดพลาดโวลต์มิเตอร์ในการอ่านค่า  $V_s$  เนื่องจาก Linearity และ Resolution เท่ากับ 0.2 ppm

การประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัด

| สัญลักษณ์<br>(1) | แหล่งของความไม่แน่นอน (2) | ค่า<br>ppm | Probability<br>distribution(4) | Divisor<br>(5) | $C_i$<br>(6) | $U_i(R_x)$<br>ppm(7) | $v_i$ หรือ<br>$v_{\text{eff}}$ |
|------------------|---------------------------|------------|--------------------------------|----------------|--------------|----------------------|--------------------------------|
| $R_s$            | จากข้อ 3.1                | 1.5        | Normal                         | 2.0            | 1.0          | 0.75                 | $\infty$                       |
| $R_d$            | จากข้อ 3.2                | 2.0        | Rectangular                    | $\sqrt{3}$     | 1.0          | 1.15                 | $\infty$                       |

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |

สรุป ตารางสำหรับประมาณค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบดังตัวอย่างเป็นตารางที่เอกสารของ UKAS ใช้สำหรับช่วยให้การประมาณค่าทำได้สะดวกขึ้นซึ่งห้องปฏิบัติการสอบเทียบอาจนำไปใช้ดัดแปลงให้เหมาะกับลักษณะงานของแต่ละห้องปฏิบัติการ เมื่อดูจากตารางจะเห็นว่าตารางการประมาณค่าดังกล่าวมีช่องทั้งหมด 8 ช่อง ซึ่งใช้ในความหมายต่าง ๆ ดังนี้

- ช่องที่ 1 ใส่สัญลักษณ์ของแหล่งความไม่แน่นอนย่อย
- ช่องที่ 2 ใส่รายละเอียดของแหล่งความไม่แน่นอน
- ช่องที่ 3 ใส่ขนาดของแหล่งความไม่แน่นอนที่ประมาณได้
- ช่องที่ 4 ใส่ลักษณะการกระจายของข้อมูลจากแหล่งความไม่แน่นอนในช่องที่แล้วการประมาณลักษณะการกระจายในช่องนี้จะทำให้ได้ตัวหารในช่องที่ 5 ถัดไปด้วย
- ช่องที่ 5 ใส่ขนาดของตัวหารเพื่อที่จะทำให้ได้ Standard Uncertainty ของแต่ละตัว
- ช่องที่ 6 ใส่ค่า Sensitivity Coefficient เพื่อที่จะคูณกับผลหารที่ได้จากช่องที่ 3 หารด้วยช่องที่ 5 ค่า Sensitivity Coefficient อาจมีหน่วยหรือไม่ก็ได้ โยปกติมักจะเท่ากับ 1
- ช่องที่ 7 ใส่ค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่คำนวณได้ของแต่ละตัวและคำนวณค่า Root Sum Square : RSS (ทำได้โดยนำแต่ละค่ามายกกำลังสอง นำมาบวกกัน และถอดรากที่สอง) เพื่อใส่ในแถวของ Combined Standard Uncertainty)
- ช่องที่ 8 ใส่ค่า Degree of Freedom ของแต่ละตัวในแต่ละแถว และประมาณค่า Effective Degree of Freedom ใส่ในแถว Combined Standard Uncertainty

ค่า Effective Degree of Freedom ที่ได้ในช่องที่ 8 นี้เมื่อนำไปใช้ร่วมกับ Confidence Level ในตาราง t-Distribution จะทำให้ได้ตัวคูณที่เหมาะสม (สำหรับการสอบเทียบโดยทั่วไปค่าตัวคูณนี้มักจะได้ออกมาเท่ากับ 2) นำค่าตัวคูณนี้ไปใส่ในช่องที่ 4 แถว Expanded Uncertainty และนำตัวคูณนี้ไปคูณกับค่า Combined Standard Uncertainty ที่ได้ใส่ในช่องที่ 8 ของแถว Expanded Uncertainty ผลที่ได้จะเป็นค่า Uncertainty ที่ต้องการ

ความหมายของค่าความไม่แน่นอนในการวัดในตัวอย่างการสอบเทียบความต้านทานนี้ค่า  $\pm 0.03\Omega$  ที่แสดงไว้ต่อจากค่าเฉลี่ยเป็นการแสดงถึงคุณภาพและความเชื่อถือได้ของการสอบเทียบ Standard Resistor โดยเป็นการแจ้งข้อมูลให้ผู้ผลการสอบเทียบได้ทราบว่าผู้สอบเทียบประมาณค่าความต้านทานที่วัดได้เท่ากับ  $10000.11\Omega$  อย่างไรก็ดี ผู้สอบเทียบไม่ทราบค่าที่ถูกต้องของ Standard Resistor นี้ชัดเจน แต่จากระบบคุณภาพ



และความสามารถในการสอบเทียบ ผู้สอบเทียบเชื่อว่าเมื่อทำการสอบเทียบ Standard Resistor นี้ซ้ำค่าของ Standard Resistor จะถูกต้องไม่น้อยกว่า 95 ครั้งในการวัด 100 ครั้ง

#### การสอบเทียบน้ำหนัก

ตัวอย่างนี้แสดงถึงการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบน้ำหนัก 10 kg OIML Class M1 โดยใช้ Mass Comparator ร่วมกับน้ำหนัก OIML class F2 ซึ่งจะได้ลักษณะความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$W_x = W_s + D_s + \delta I_d + \delta_c + A_b$$

เมื่อ  $W_s$  คือ ค่าน้ำหนักมาตรฐาน

$D_s$  คือการ Drift ของน้ำหนักมาตรฐาน

$\delta I_d$  คือ การปัดค่า (Rounding) ค่าเล็กสุดของ Indication

$\delta_c$  คือ ค่าความแตกต่างของการอ่าน Comparator

$A_b$  คือ การแก้ค่า (Correction) ของแรงลอยตัวในอากาศ

#### ข้อมูลที่ได้จากการสอบเทียบและผลการประเมิน

1. ผลการวัดเปรียบเทียบน้ำหนัก จำนวน 2 รอบ ระหว่าง Unknown กับ Standard 0.015 g, 0.025 g, 0.020 g

2. การประมาณค่า Type A Standard Uncertainty ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ได้ 10 000.025 g

Repeatability ที่ได้จากข้อมูลการวัดเดิมในครั้งก่อน ๆ จำนวน 10 ครั้ง

= 8.7 mg (ดูข้อ 3.6 ข้างล่าง)

$$U_A(W) = s(\overline{W}) = 8.7 / \sqrt{3} = 5.0 \text{ mg} \quad (= \text{Repeatability})$$

3. แหล่งและขนาดของความไม่แน่นอน

3.1 ใบแสดงผลการสอบเทียบ Standard Mass ระบุความไม่แน่นอนในการวัด  $\pm 30 \text{ mg}$  ที่ 95% ( $k=2$ )

3.2 ประมาณค่าความผิดพลาดเนื่องจากการ Drift ของ Standard mass เท่ากับ  $\pm 30 \text{ mg}$

3.3 ประมาณค่าความผิดพลาดเนื่องจากการ Rounding ของ Indication ของ Mass Comparator ที่  $\pm 10 \text{ m}$

โดยมีลักษณะการกระจายเป็นสามเหลี่ยม

3.4 ประมาณค่าความผิดพลาดเนื่องจากการ Linearity เท่ากับ  $\pm 3 \text{ mg}$

3.5 ประมาณค่าความผิดพลาดเนื่องจากการแรงลอยตัวของอากาศเท่ากับ  $\pm 1 \text{ ppm}$  หรือเท่ากับ  $\pm 10 \text{ mg}$

3.6 Repeatability ของการวัดเท่ากับ 5 mg (ในกรณีนี้เป็นตัวอย่างที่แสดงถึงการหา Repeatability จาก

การคำนวณโดยใช้ข้อมูลครั้งก่อน ๆ ที่มีจำนวนการวัด 10 ครั้ง

4. การประมาณค่าความไม่แน่นอน

| สัญลักษณ์<br>(1) | แหล่งของความ<br>ไม่แน่นอน (2) | ค่า $\pm$<br>mg | Probability<br>distribution(4) | Divisor<br>(5) | $C_i$<br>(6) | $U_i(R_x)$<br>ppm(7) | $v_i$ หรือ<br>$v_{\text{eff}}$ |
|------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------|----------------|--------------|----------------------|--------------------------------|
| $W_s$            | จากข้อ 3.1                    | 1.5             | Normal                         | 2.0            | 1.0          | 15.0                 | $\infty$                       |
| $D_s$            | จากข้อ 3.2                    | 2.0             | Rectangular                    | $\sqrt{3}$     | 1.0          | 17.3                 | $\infty$                       |
| $\delta I_d$     | จากข้อ 3.3                    | 0.5             | Rectangular                    | $\sqrt{3}$     | 1.0          | 4.08                 | $\infty$                       |
| $\delta_c$       | จากข้อ 3.4                    | 0.2             | Rectangular                    | $\sqrt{3}$     | 1.0          | 1.73                 | $\infty$                       |
| $A_b$            | จากข้อ 3.5                    | 0.2             | Rectangular                    | $\sqrt{3}$     | 1.0          | 5.77                 | $\infty$                       |
| $W_r$            | จากข้อ 2                      | 0.07            | Normal                         | 1.0            | 1.0          | 5.0                  | 9                              |
| $U(W)$           | Combined Standard             | 1.5             | Normal                         |                |              | 24.5                 | >500                           |

ดังนั้นในกรณีนี้ ค่าน้ำหนักที่สอบเทียบได้เท่ากับ  $10\,000.025\text{ g} \pm 0.49\text{ g}$

สรุป ในกรณีตัวอย่างการสอบเทียบนี้มีลักษณะการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัดโดยใช้ตารางเดียวกันในตัวอย่างที่แล้ว ดังนี้

- ช่องที่ 1 ใส่สัญลักษณ์ของแหล่งความไม่แน่นอนย่อย
- ช่องที่ 2 ใส่รายละเอียดของแหล่งความไม่แน่นอน
- ช่องที่ 3 ใส่ขนาดของแหล่งความไม่แน่นอนที่ประมาณได้
- ช่องที่ 4 ใส่ลักษณะการกระจายของข้อมูลจากแหล่งความไม่แน่นอนในช่องที่ 3 การประมาณลักษณะการกระจายในช่องนี้จะทำให้ได้ตัวหารในช่องที่ 5 ถัดไปด้วย
- ช่องที่ 5 ใส่ขนาดของตัวหารเพื่อที่จะทำให้ได้ Standard Uncertainty ของแต่ละตัว
- ช่องที่ 6 ใส่ค่า Sensitivity Coefficient เพื่อที่จะคูณกับผลหารที่ได้จากช่องที่ 3 หารด้วยช่องที่ 5 ค่า Sensitivity Coefficient อาจมีหน่วยหรือไม่ก็ได้ โยปกติมักจะเท่ากับ 1
- ช่องที่ 7 ใส่ค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่คำนวณได้ของแต่ละตัวและคำนวณค่า Root Sum Square เพื่อใส่ในแถวของ Combined Standard Uncertainty
- ช่องที่ 8 ใส่ค่า Degree of Freedom ของแต่ละตัวในแต่ละแถว และประมาณค่า Effective Degree of Freedom ใส่ในแถว Combined Standard Uncertainty ค่า Effective Degree of Freedom นี้เมื่อนำไปใช้ร่วมกับ Confidence Level ในตาราง t-Distribution จะทำให้ได้ตัวคูณที่เหมาะสม (สำหรับการสอบเทียบโดยทั่วไปค่าตัวคูณนี้มักจะได้ออกมาเท่ากับ 2) นำค่าตัวคูณนี้ไปใส่ในช่องที่ 4 แถว Expanded Uncertainty และนำตัวคูณนี้ไปคูณกับค่า Combined Standard Uncertainty ที่ได้ใส่ในช่องที่ 8 ของแถว Expanded Uncertainty ผลที่ได้จะได้ค่า Uncertainty ที่ต้องการ

ความหมายของค่าความไม่แน่นอนในการวัดในตัวอย่างการสอบเทียบนี้ค่า  $\pm 0.049\text{ g}$  ที่แสดงไว้ต่อจากค่าเฉลี่ยเป็นการแสดงถึงคุณภาพและความเชื่อถือได้ของการสอบเทียบน้ำหนักที่  $10\text{ kg}$  โดยการแจ้งข้อมูลนี้แสดงให้ผู้ใช้งานการสอบเทียบได้ทราบว่าผู้สอบเทียบประมาณค่าน้ำหนักที่สอบเทียบเท่ากับ  $10\,000.025\text{ g}$  อย่างไรก็ดี ผู้สอบเทียบไม่ทราบค่าที่ถูกต้องของน้ำหนักนี้ แต่จากระบบคุณภาพและความสามารถในการสอบเทียบ ผู้สอบเทียบเชื่อว่าเมื่อทำการสอบเทียบน้ำหนักนี้ซ้ำ จะถูกต้อง ไม่น้อยกว่า 95 ครั้งในการสอบเทียบ 100 ครั้ง

## บทที่ 7

### มอก.17025-2543 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถ ของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ

**7.1 บทนำ** ในบทนี้จะกล่าวถึงเนื้อหาโดยสังเขปของข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถ ห้องปฏิบัติการทดสอบ และสอบเทียบตาม มอก.17025-2543 เพื่อให้เจ้าหน้าที่สอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ทำความเข้าใจข้อกำหนดตามมาตรฐานดังกล่าว

**7.2 เนื้อหา** ในบทนี้มีเนื้อประกอบด้วย

- ความหมายของ มอก.17025-2543
- ความสำคัญของ มอก.17025-2543 ต่อห้องปฏิบัติการสอบเทียบ
- ความเป็นมา และขอบข่าย
- โครงสร้างของข้อกำหนด มอก.17025-2543
- ผลกระทบของ มอก.17025-2543 ต่อการให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าของ สสท.
- ผลดีของการได้รับการรับรอง มอก.17025-2543

**7.3 ความหมายของ มอก.17025-2543**

มอก.17025-2543 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่เทียบเท่ากันทุกประการกับ ISO/IEC17025:1999 ขององค์กร ISO มาตรฐานสากลฉบับนี้เป็นข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการ ทดสอบและสอบเทียบ จึงเป็นมาตรฐานที่ใช้สำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบ หรือสอบเทียบในการจัดการระบบคุณภาพให้มีระบบการจัดการที่ดี และมีระบบการจัดการทางวิชาการที่เป็นที่ยอมรับ มาตรฐานฉบับนี้ทำให้ห้องปฏิบัติการทดสอบหรือสอบเทียบที่มีระบบการจัดการเป็นไปตามมาตรฐานนี้ได้รับการยอมรับเป็นสากล และสามารถเปรียบเทียบผลการทดสอบ และสอบเทียบระหว่างกันได้

#### 7.4 ความสำคัญของ มอก.17025-2543 ต่อห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

มาตรฐานอุตสาหกรรมฉบับนี้ เป็นมาตรฐานที่กำหนดกรอบการจัดการของห้องปฏิบัติการ ในส่วนของการจัดการด้านคุณภาพ และการจัดการด้านวิชาการของกิจกรรมทดสอบ และกิจกรรมสอบเทียบ กรอบการจัดการนี้เป็นแนวทางที่คณะทำงานขององค์กร ISO ได้จัดทำขึ้นและเห็นชอบจาก ประเทศสมาชิกของ ISO มากกว่า 70% มาตรฐานสากลฉบับนี้จึงเป็นแนวทางการจัดการห้องปฏิบัติการทดสอบ และสอบเทียบที่เป็นที่ยอมรับ ผู้บริหารห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบจะใช้มาตรฐานสากลฉบับนี้เป็นแนวทางการจัดการ ขณะที่หน่วยรับรองห้องปฏิบัติการทดสอบ หรือสอบเทียบ ก็จะใช้มาตรฐานฉบับนี้เป็นแนวทางในการตรวจประเมินห้องปฏิบัติการที่ขอรับการรับรอง นอกจากนั้นหน่วยจัดซื้อขององค์กรสามารถใช้ มาตรฐานสากลนี้เป็นเงื่อนไขในการจัดซื้อของหน่วยงานได้

สำหรับห้องปฏิบัติสอบเทียบเครื่องมือวัด มอก.17025-2543 มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในเรื่องการยอมรับผลการสอบเทียบ เนื่องจากห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรองความสามารถตาม มอก.17025-2543 จากหน่วยรับรองที่เป็นที่ยอมรับ จะได้รับการยอมรับผลการสอบเทียบ ทำให้ผู้ใช้บริการไม่ต้องสอบเทียบซ้ำ และส่งผลให้เกิดความสอบกกลับได้ของระบบการวัดของผู้ใช้บริการสอบเทียบ

#### 7.5 ความเป็นมา และขอบข่าย

**7.5.1 ความเป็นมา** มอก.17025-2543 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ประกาศใช้แทน มอก.1300-2536 (ISO/IEC guide 25-1990) เนื่องจาก มอก.1300-2536 ได้ใช้มาหลายปี อีกทั้งสาขาการวัด และเทคโนโลยีของการวัดได้พัฒนาไปมาก องค์กร ISO จึงได้ปรับปรุง ISO/IEC17025-1999 ให้มีความทันสมัยมากขึ้นและมีรายละเอียดที่ชัดเจนในการนำไปใช้มากกว่ามาตรฐานฉบับเดิม ที่สำคัญมาตรฐานสากลฉบับนี้ เป็นมาตรฐานสากลที่ไม่มีคำว่า guide จึงเป็นมาตรฐานที่ใช้ได้กับทุกห้องปฏิบัติการทดสอบ และสอบเทียบเป็นสากล

มาตรฐานสากลที่ว่าด้วยระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ ประกาศใช้โดยองค์กร ISO เมื่อปี ค.ศ.1978 ในรูปของคำแนะนำในการประเมินความสามารถทางวิชาการของห้องปฏิบัติการทดสอบ และได้ปรับปรุงครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1982 เป็น ISO/IEC guide25:1982 จนกระทั่งปี ค.ศ.1990 จึงได้ปรับเป็น ISO/IEC guide 25:1990 และได้ปรับเปลี่ยนมาเป็น ISO/IEC17025:1999 เมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2542

**7.5.2 ขอบข่าย** มาตรฐานสากลฉบับนี้ ใช้เป็นข้อกำหนดสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบ และสอบเทียบเพื่อใช้แสดงความสามารถของการทดสอบและสอบเทียบให้เป็นที่ยอมรับทางวิชาการ มาตรฐานฉบับนี้สามารถใช้กับห้องปฏิบัติการของบุคคลที่ 1 หรือห้องปฏิบัติการของบุคคลที่ 2 หรือห้องปฏิบัติการของบุคคลที่ 3 มาตรฐานนี้ใช้ได้กับห้องปฏิบัติการโดยไม่จำกัดขอบข่าย ของกิจกรรมทดสอบหรือสอบเทียบ และไม่จำกัดจำนวนบุคลากรของห้องปฏิบัติการ มาตรฐานฉบับนี้ไม่ครอบคลุมเรื่องความปลอดภัย มาตรฐานฉบับนี้เป็นพัฒนาขึ้นโดยอ้างอิงจาก ISO9001:1994 ดังนั้นหากห้องปฏิบัติการได้รับการรับรอง ความสามารถตามมาตรฐานนี้อาจกล่าวได้ว่ามีระบบการจัดการที่เป็นไปตาม ISO9001:1994

มาตรฐานนี้ใช้โดยบุคลากรหลายกรรมหลายวาระ เช่น ใช้เป็นแนวทางการจัดการระบบคุณภาพและวิชาการของผู้บริหารห้องปฏิบัติการ ใช้เป็นมาตรฐานในการตรวจประเมินของหน่วยรับรองห้องปฏิบัติการ เพื่อให้การรับรองความสามารถ และใช้เป็นเงื่อนไขในการจัดซื้อหน่วยงานที่ทำหน้าที่จัดซื้อ

**7.5.3 โครงสร้างของข้อกำหนด มอก.17025-2543** ข้อกำหนด มอก.17025-2543 ประกอบด้วยข้อกำหนด 5 ข้อประกอบด้วย

ข้อกำหนดข้อ 1 ขอบข่าย

ข้อกำหนดข้อ 2 เอกสารอ้างอิง

ข้อกำหนดข้อ 3 คำอธิบายคำจำกัดความ

ข้อกำหนดข้อ 4 ข้อกำหนดทางด้านการจัดการ

ข้อกำหนดข้อ 5 ข้อกำหนดทางด้านวิชาการ

ข้อกำหนด ข้อ 1 ถึงข้อ 3 เป็นข้อกำหนดที่ให้ข้อมูลแก่ห้องปฏิบัติการ ส่วนข้อกำหนดข้อที่ 4 และข้อ 5 เป็นข้อกำหนดที่สำคัญ ที่ต้องปฏิบัติตาม สารจะเป็นสังเขปของ มอก.17025-2543 ในข้อที่ 4 และ 5 มีดังต่อไปนี้

ข้อ 4.1 (ของ ISO/IEC17025:1999 ) มีการจัดองค์กร โครงสร้างองค์กร การมอบอำนาจหน้าที่ในการสอบเทียบ และควบคุมคุณภาพ ที่ชัดเจน จัดให้มีบุคลากรรับผิดชอบงานด้านวิชาการ และด้านคุณภาพ มีการป้องกันความลับของลูกค้า และป้องกันความเป็นกลางของห้องปฏิบัติการ มีผู้ควบคุมงาน และมีผู้ทำหน้าที่แทนบุคลากรตำแหน่งสำคัญเมื่อไม่สามารถปฏิบัติงานได้

ข้อ 4.2 ระบบคุณภาพ ผู้บริหารห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดทำ นำไปปฏิบัติ และรักษาไว้ซึ่งระบบคุณภาพที่เหมาะสมกับขอบข่ายของการให้บริการสอบเทียบ ระบบคุณภาพดังกล่าวต้องจัดทำเป็นเอกสาร สื่อสารให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเข้าใจ มีเอกสารคุณภาพพร้อมใช้ และนำไปปฏิบัติโดยบุคลากรที่เหมาะสม ผู้บริหารห้องปฏิบัติการต้องกำหนดนโยบายคุณภาพ และยึดมั่นต่อนโยบายคุณภาพดังกล่าว

ข้อ 4.3 การควบคุมเอกสาร เอกสารต่างๆ ในห้องปฏิบัติการที่ประกอบขึ้นเป็นระบบเอกสารคุณภาพของห้องปฏิบัติการ ต้องควบคุมให้ทันสมัยอยู่เสมอ และควบคุมให้มีพร้อมใช้ในสถานที่ ที่จำเป็น เอกสารใดที่ล้าสมัยหรือยกเลิก ต้องเก็บออกจากพื้นที่ทำงานทันที เอกสารคุณภาพต้องมีการปรับปรุงแก้ไขให้ทันสมัยอยู่เสมอ

ข้อ 4.4 การทบทวนคำขอใช้บริการ ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องทบทวนคำขอใช้บริการเพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่า ความต้องการในการสอบเทียบของลูกค้ามีความชัดเจนเข้าใจตรงกัน และห้องปฏิบัติการมีความสามารถ มีทรัพยากร มีขั้นตอนการสอบเทียบ ที่เพียงพอในการให้บริการสอบเทียบ การทบทวนดังกล่าวนี้เพื่อให้แน่ใจว่าห้องปฏิบัติการสามารถให้บริการสอบเทียบได้ตามความต้องการของลูกค้า อนึ่งการทบทวนคำขอใช้บริการนี้ จะทบทวนเฉพาะงานสอบเทียบที่จะรับมาทำใหม่ หรืองานที่ไม่เคยเคยมาก่อน หรืองานที่มีความซับซ้อน

ข้อ 4.5 การจ้างเหมาช่วงงานสอบเทียบ ในกรณีที่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบรับงานมาสอบเทียบจากลูกค้า แต่เมื่อรับมาแล้วไม่สามารถสอบเทียบด้วยเหตุใดก็ตาม หากห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่รับงานมา ต้องการจ้างเหมาช่วงให้ห้องปฏิบัติการสอบเทียบอื่นสอบเทียบเครื่องมือวัดแทน หน่วยงานจะต้องเลือกห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่สามารถแสดงออกได้ซึ่งความสามารถในทางวิชาการในการสอบเทียบ งานสาขาอื่นๆ หากเป็นไปได้ต้องเลือกห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองความสามารถ ตาม มอก.17025-2543 ก็จะทำให้เกิดความมั่นใจว่าได้จ้างห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่มีความสามารถทางวิชาการจริง

ข้อ 4.6 การจัดซื้อ ในกรณีที่จะต้องมีการจัดซื้อวัสดุสิ้นเปลืองประกอบการสอบเทียบ หรือซื้อบริการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดจากภายนอก ซึ่งมีผลกระทบสำคัญต่อคุณภาพของการสอบเทียบ จะต้องเลือก

จัดซื้อวัสดุ และบริการที่มีคุณภาพ เป็นที่เชื่อถือได้ และต้องมีการตรวจสอบคุณลักษณะของวัสดุสิ้นเปลืองที่กระทบสำคัญต่องานสอบเทียบ ก่อนนำวัสดุดังกล่าวไปใช้ในงาน

ข้อ 4.7 การให้บริการต่อลูกค้า ห้องปฏิบัติการสอบเทียบภายในระบบคุณภาพ มอก.17025-2543 ต้องให้ความร่วมมือลูกค้าที่จะเข้ามาเฝ้าระวัง งานสอบเทียบมาตรฐานของลูกค้า และต้องปกป้องข้อมูลลับของลูกค้ารายอื่น

ข้อ 4.8 การรับข้อร้องเรียน ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องมีขั้นตอนในการรับข้อร้องเรียนจากลูกค้า และหน่วยงานอื่น และดำเนินการต่อข้อร้องเรียน บันทึกข้อร้องเรียนและการแก้ไขข้อร้องเรียนที่ได้ดำเนินการไปแล้ว

ข้อ 4.9 การควบคุมงานสอบเทียบที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ในกรณีที่ผลการสอบเทียบไม่เป็นไปตามข้อกำหนด หรือไม่เป็นไปตามที่ตกลงไว้กับลูกค้า ห้องปฏิบัติการต้องมีมาตรการในการควบคุมงานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เช่นการสั่งระงับกิจกรรมที่มีปัญหา การระงับการออกใบรายงานผลการสอบเทียบ มีการวิเคราะห์ผลกระทบของกิจกรรมที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ดำเนินการแก้ไข และหากกิจกรรมใดที่มีผลกระทบต่องานสอบเทียบที่ได้ดำเนินการไปแล้ว ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องแจ้งให้ลูกค้าทราบ และหากวิเคราะห์ได้ว่าการไม่เป็นไปตามข้อกำหนดอาจจะเกิดขึ้นอีกห้องปฏิบัติการจะต้องจัดให้มีการปฏิบัติการแก้ไขตามข้อกำหนดข้อ 4.10 ทันที

ข้อ 4.10 การปฏิบัติแก้ไข ในกรณีที่มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในระบบคุณภาพ หรือข้อบกพร่องในทางวิชาการ ห้องปฏิบัติการต้องดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวโดยการการวิเคราะห์หาสาเหตุแห่งปัญหา และเลือกแนวทางการแก้ไขที่มีประสิทธิผล และต้องดำเนินการตรวจติดตามซ้ำว่าการปฏิบัติแก้ไขมีประสิทธิผลจริง การแก้ไขต้องมีการบันทึกไว้

ข้อ 4.11 การปฏิบัติป้องกัน บุคลากรทุกคนในห้องปฏิบัติการต้องร่วมมือกันระบุ โอกาสที่จะเกิดปัญหา หรือสิ่งที่จะสามารถพัฒนาได้ การปฏิบัติป้องกันนี้เป็นมาตรการป้องกันล่วงหน้าเพื่อป้องกันมิให้เกิดเหตุการณ์ที่ผิดปกติอันทำให้กระทบต่อคุณภาพ และมาตรฐานของการสอบเทียบ

ข้อ 4.12 การควบคุมบันทึก บันทึกผลการสอบเทียบ และบันทึกต่างๆ ในระบบคุณภาพ เช่น บันทึกผลการตรวจติดตามคุณภาพภายในของห้องปฏิบัติการ ต้องจัดให้มีการควบคุม โดยการกำหนดรูปแบบการจัดเก็บ การจัดทำแฟ้ม การป้องกันความลับ การทำลายบันทึกต่างๆ การกำหนดระยะเวลาเก็บบันทึก การบันทึกต้องบันทึกให้อ่านออก และหากบันทึกผิดต้องขีดฆ่าด้วยเส้นตรงหนึ่งเส้นห้ามลบหรือทำให้อ่านไม่ออกสำหรับข้อมูลที่บันทึกผิด และให้เขียนข้อมูลที่ถูกต้องลงข้างๆ ข้อมูลที่บันทึกผิด

ข้อ 4.13 การตรวจติดตามคุณภาพภายใน ห้องปฏิบัติการต้องจัดให้มีการตรวจติดตามคุณภาพภายในเพื่อให้แน่ใจว่าระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการ ได้มีการนำไปปฏิบัติอย่างเหมาะสมทุกกิจกรรม และมีการปฏิบัติตามระบบคุณภาพที่กำหนดอย่างต่อเนื่อง การตรวจติดตามคุณภาพภายในต้องกระทำโดยบุคลากรที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ผ่านการฝึกอบรม และหากเป็นไปได้ไม่ควรตรวจติดตามกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติเอง กิจกรรมการตรวจติดตามคุณภาพภายในต้องตรวจติดตามให้ครบทุกกิจกรรมคุณภาพ และกิจกรรมทางวิชาการ

ข้อ 4.14 การทบทวนการจัดการ ฝ่ายบริหารห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดให้มีการทบทวนการจัดการในรอบเวลาที่ผ่านมา และปรับปรุงให้ระบบการจัดการ ระบบคุณภาพมีความเหมาะสมอย่างต่อเนื่อง

ข้อ 5.1 ข้อกำหนดในข้อที่ 5 ทั้งหมดนี้เป็นข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทางวิชาการ เพื่อให้ผลการสอบเทียบเป็นที่ยอมรับทางวิชาการ ทั้งนี้ผู้บริหารห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องคำนึงถึงปัจจัยที่กระทบต่อคุณภาพของงานสอบเทียบดังต่อไปนี้

บุคลากร

- การเลือกวิธีการสอบเทียบ การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด การควบคุมข้อมูล
- ความสอกลับได้ของการวัด
- การปฏิบัติต่อตัวอย่างที่น่า มาสอบเทียบ
- การชักตัวอย่าง
- การควบคุมเครื่องมือวัดของห้องปฏิบัติการ

ผู้บริหารห้องปฏิบัติการต้องคำนึงถึงองค์ประกอบดังกล่าว และนำไปสู่การคัดเลือกบุคลากร จัดหาเครื่องมือ และวิธีการสอบเทียบที่เหมาะสมต่อ ระดับคุณภาพ และขอบข่ายของการบริการสอบเทียบ

ข้อ 5.2 บุคลากร ผู้บริหารห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้อง จัดให้มีบุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถ เหมาะสมต่องานสอบเทียบที่ได้รับมอบหมาย โดยคัดเลือกบุคลากรที่มีคุณวุฒิ มีความรู้ ผ่านการฝึกอบรม และต้อง จัดให้มีการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มพูนทักษะ และความรู้ความชำนาญของเจ้าหน้าที่ให้เหมาะสมกับงานที่เกี่ยวข้องต่อไป หน่วยงานต้องมีการกำหนดอำนาจหน้าที่ของเจ้าหน้าที่แต่ละตำแหน่งอย่างชัดเจน และต้องจัดเก็บหลักฐานที่แสดง ความสามารถของบุคลากรของห้องปฏิบัติการ ไว้ในห้องปฏิบัติการเพื่อให้สามารถแสดงแก่ลูกค้าได้ในกรณีที่ถูกค่า ขอตตรวจสอบ

ข้อ 5.3 อาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อม ผู้บริหารห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดให้มีสิ่งอำนวยความสะดวก เช่นไฟฟ้า แสงสว่าง ระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นของห้องปฏิบัติการ เพื่ออำนวยความสะดวกให้เกิดการสอบเทียบที่มีความแม่นยำตามที่ต้องการ ห้องปฏิบัติการต้องจัดให้มีการควบคุม ฝุ่นละออง และบันทึกสภาพแวดล้อมของ ห้องปฏิบัติการ หากสภาพแวดล้อมผิดไปจากที่กำหนด กิจกรรมสอบเทียบต้องหยุด และแก้ไขสภาพผิดปกติ ดังกล่าวให้เหมาะสมห้องปฏิบัติการต้องมีการแยกกิจกรรมสอบเทียบที่รบกวนกันอย่างมีประสิทธิภาพ และมีการ ควบคุมการเข้าออกพื้นที่เพื่อความปลอดภัย และคุณภาพของงานสอบเทียบ

ข้อ 5.4 การเลือกวิธีสอบเทียบ ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดให้มีเอกสารแสดงวิธีการต่างๆ รวมถึงขั้นตอนการสอบเทียบ เพื่อให้เหมาะสมต่อความแม่นยำของการสอบเทียบที่ต้องการ วิธีสอบเทียบที่เลือกใช้

อาจเป็นวิธีที่มีเขียนไว้ในโดยหน่วยงานระดับสากล ระดับภูมิภาค หรือระดับประเทศ หรือวิธีสอบเทียบที่ไม่อยู่ในวิธีที่ กล่าวถึง หรือวิธีที่พัฒนาขึ้นเองโดยห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเลือกใช้วิธีการสอบเทียบที่ไม่ ครอบคลุมอยู่ในมาตรฐานดังกล่าวห้องปฏิบัติการต้องจัดให้มีการยืนยันความใช้ได้ของวิธีการสอบเทียบที่เลือกใช้ หนึ่งวิธีการยืนยันความใช้ได้ของวิธีสอบเทียบ สามารถทำได้โดยการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดตาม วิธีการสอบเทียบที่เลือกใช้ หากค่าความไม่แน่นอนของการวัดตามวิธีการที่เลือกสอดคล้องกับคุณภาพของการสอบ เทียบที่ต้องการ ก็ถือได้ว่าวิธีที่เลือกใช้เป็นวิธีการที่เหมาะสม ห้องปฏิบัติการต้องจัดทำบันทึกแสดงหลักฐานความ ใช้ได้ของวิธีสอบเทียบไว้ด้วย

การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องมีหลักวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดในกิจกรรมสอบเทียบ และดำเนินการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ ในแต่ละ กิจกรรมที่สอบเทียบ ขณะประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดต้องคำนึงถึงแหล่งสำคัญของความไม่แน่นอนของ การวัดในแต่ละแหล่งและประเมินอย่างเหมาะสม การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดสำหรับห้องปฏิบัติการ สอบเทียบต้องประเมินให้สอดคล้องกับแนวทางที่กำหนดไว้ใน ISO Guide to the expression of uncertainty in measurement

การควบคุมข้อมูล ในการถ่ายโอนข้อมูลผลการสอบเทียบจากบันทึกไปสู่ ใบรายงานผลหรือการจัดเก็บ ข้อมูลผลการสอบเทียบต้องมีการตรวจสอบอย่างเป็นระบบทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่า บันทึกดังกล่าวไม่มีการผิดพลาด ระหว่างการถ่ายโอน และบันทึกข้อมูลที่อยู่ในคอมพิวเตอร์ต้องควบคุมให้ปลอดภัย และเป็นความลับ

ข้อ 5.5 การควบคุมเครื่องมือวัดของห้องปฏิบัติการ เครื่องมือวัดของห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องควบคุมให้ มีความแม่นยำเพียงพอต่อการนำไปใช้ โดยต้องจัดให้มีแผนการสอบเทียบเป็นระยะ และมีการทวนสอบผลการสอบเทียบเพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องมือวัดมีคุณลักษณะเหมาะสมต่อการนำไปใช้ ต้องมีการจัดทำประวัติเครื่องมือวัดซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ และหลักฐานแสดงความเป็นไปตามเกณฑ์ มีการติดป้ายป้องกันการปรับแต่งโดยผู้ไม่มีอำนาจ มีการตรวจสอบเครื่องมือวัดเป็นระยะ มีการระบุสถานะภาพของเครื่องมือวัดที่แสดงให้เห็นสถานะภาพของการสอบเทียบ

ข้อ 5.6 ความสอบกลับได้ของการวัด ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดให้มีแผนการสอบเทียบเครื่องมือมาตรฐานการวัด โดยต้องสามารถสอบกลับได้ถึง SI Unit การสอบกลับได้ถึง SI Unit นี้หากห้องปฏิบัติการสามารถสอบเทียบเครื่องมือมาตรฐานโดยใช้บริการห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองความสามารถตาม มอก.17025-2543 ก็ถือได้ว่า

ผลการสอบเทียบมาตรฐานนั้นสอบกลับได้ถึง SI Unit

ข้อ 5.7 การสุ่มตัวอย่าง ในกรณีที่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องสุ่มตัวอย่างเพื่อการสอบเทียบ กรรมวิธีและแผนการสุ่มตัวอย่างต้องระบุชัดเจน การสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาสู่การสอบเทียบต้องใช้หลักการทางสถิติที่เหมาะสม การสุ่มตัวอย่างต้องมีการบันทึกเก็บเป็นหลักฐาน



ข้อ 5.8 การปฏิบัติต่อเครื่องวัดที่รับมาสอบเทียบ ห้องปฏิบัติการต้องมีขั้นตอนในการรับเครื่องมือวัดที่ทำให้มั่นใจว่าเครื่องมือวัด จะไม่เกิดความชำรุดเสียหายในขั้นตอนของการรับ และจัดเก็บเพื่อรอการสอบเทียบหรือส่งคืน

ขณะรับเครื่องมือวัดต้องมีการบันทึกสภาพตัวอย่างที่ผิดปกติ และติดต่อลูกค้าหากเครื่องมือวัดที่รับมาสอบเทียบมีความผิดปกติ เครื่องมือวัดต้องมีการติดป้ายหรือสิ่งชี้บ่งอื่นๆ เพื่อป้องกันความสับสนของตัวอย่างขณะที่อยู่ในห้องปฏิบัติการ เพื่อความสะดวกในการควบคุม และส่งคืนเครื่องมือวัด

ข้อ 5.9 การประกันคุณภาพงานสอบเทียบ ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องจัดให้มีระบบการประกันคุณภาพเพื่อให้แน่ใจว่าการให้บริการสอบเทียบ ยังมีคุณภาพเป็นไปตามที่กำหนด บันทึกการประกันคุณภาพต้องบันทึกให้เห็นแนวโน้มของการเลื่อนค่า และต้องมีหลักสถิติที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ผลการประกันคุณภาพ

ข้อ 5.10 การออกไปรายงานผลสอบเทียบ ห้องปฏิบัติการสอบเทียบต้องออกไปรายงานผลการสอบเทียบที่มีข้อมูลถูกต้อง ชัดเจนไม่คลุมเครือ เนื้อหาในใบรายงานผลการสอบเทียบต้องมีรายละเอียดเพียงพอที่จะ

เห็นคุณลักษณะทางมาตรฐานของเครื่องมือวัดที่สอบเทียบได้ชัดเจน เนื้อหาในใบรายงานผลการสอบเทียบที่ควรจะมีประกอบด้วยข้อมูลสำคัญดังต่อไปนี้

- หัวเรื่องเช่น ใบรายงานผลการสอบเทียบ
- ชื่อที่อยู่ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ
- การชี้แจงเฉพาะของใบรายงานการสอบเทียบ
- ชื่อที่อยู่ของลูกค้า
- ระบุขั้นตอนการสอบเทียบที่ใช้
- รายละเอียดของเครื่องมือวัดที่รับมาสอบเทียบ
- วันเดือนปีที่รับเครื่องมือวัดมาสอบเทียบ รวมถึงวันสอบเทียบ
- ค่าความไม่แน่นอนของการวัด และ/หรือ ข้อความเกี่ยวกับความเป็นไปตามคุณลักษณะทาง

มาตรฐานที่ระบุของเครื่องมือวัดที่ทำการสอบเทียบ

- หลักฐานแสดงความสอบกลับได้ของการวัด
- ใบรายงานผลการสอบเทียบไม่ควรมีการระบุวันที่สอบเทียบครั้งต่อไป

ในการรายงานผลการสอบเทียบเครื่องมือวัด ที่มีการปรับแต่งต้องรายงานผลการสอบเทียบทั้งก่อนปรับแต่ง และผลการสอบเทียบหลังปรับแต่ง หากมีการรายงานผลสอบเทียบที่ผิด ให้ออกใบรายงานผลสอบเทียบฉบับแก้ไขเพิ่มเติม และระบุเลขที่อ้างอิงด้วย

#### 7.6 ผลกระทบของ มอก.17025-2543 ต่อการให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าของ สสท.

การได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการสอบเทียบตาม มอก.17025-2543 ของ ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางไฟฟ้า ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม ทำให้ลูกค้ายอมรับความสามารถทางวิชาการของรายงานผลการสอบเทียบ นอกจากนั้นยังมีส่วนทำให้ขยายการให้บริการออกไปยังลูกค้าจำนวนมากยิ่งขึ้นเพราะการได้รับการรับรองความสามารถทางวิชาการ เป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการขายตลาดที่ดี นอกจากนั้นระบบคุณภาพ มอก.17025-2543 ยังเป็นเครื่องมือที่ใช้พัฒนาวิสัยทางวิชาการของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติการสอบเทียบ ให้ปฏิบัติการสอบเทียบตามหลักปฏิบัติที่ดี ระบบการตรวจติดตามคุณภาพภายในมีส่วนทำให้แน่ใจว่าระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการได้มีการนำไปปฏิบัติอย่างต่อเนื่องโดยเจ้าหน้าที่ทุกระดับ และได้ถือปฏิบัติอย่างสมบูรณ์

การได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ ทำให้เจ้าหน้าที่ทุกระดับของห้องปฏิบัติการ มีความกระตือรือร้น ในการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามข้อกำหนด เพื่อรักษาคุณภาพของการได้รับการรับรองความสามารถ

#### **7.7 ผลดีของการได้รับการรับรอง มอก.17025-2543**

การได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ตาม มอก.17025-2543 ทำให้เกิดผลดีในหลาย ประเด็นได้แก่

- ใบรายงานผลที่ออกโดยห้องปฏิบัติการได้รับการยอมรับ โดยไม่ต้องสอบเทียบซ้ำ
- ส่งเสริมภาพลักษณ์ของห้องปฏิบัติการ และฝ่ายบริการอุตสาหกรรม
- สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ
- ทำให้ระบบการบริหารจัดการคงเส้นคงวา ไม่ยืดติดตัวบุคคล
- ทำให้เกิดการควบคุม และประกันคุณภาพผลการสอบเทียบมาตรฐาน

## ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า 10 ชนิด

### 1 ขอบข่ายของการสอบเทียบ DC Voltmeter

| Voltage Range     | Best Measurement Uncertainty ( $\pm$ ) | Test Method                                           |
|-------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 0 mV to < 20 mV   | 46 $\mu$ V/V + 8.4 $\mu$ V             | Direct Measurement with<br>Multimeter Calibrator Unit |
| 20 mV to < 200 mV | 46 $\mu$ V/V + 10 $\mu$ V              |                                                       |
| 0.2 V to < 2 V    | 46 $\mu$ V/V + 65 $\mu$ V              |                                                       |
| 2 V to < 20 V     | 46 $\mu$ V/V + 0.63 mV                 |                                                       |
| 20 V to < 200 V   | 46 $\mu$ V/V + 6.2 mV                  |                                                       |
| 200 V to 1000 V   | 46 $\mu$ V/V + 59 mV                   |                                                       |

#### 1.1 เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้

Multimeter Calibrator Unit : Fluke 5100B S/N. 5710001

#### 1.2 สภาพแวดล้อมที่ควบคุม

อุณหภูมิห้อง  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ความชื้นสัมพัทธ์  $50 \pm 10\%$

#### 1.3 เอกสารอ้างอิง

1.3.1 คู่มือการใช้งานของ 5100B และ Service Manual ของ UUT ในกรณีที่ต้องใช้

1.3.2 Test Record No: IICC.FM.TE01 และ IICC.FM.TE03

1.3.3 Uncertainty Budget No: IICC.FM.UE01

1.3.4 วิธีการคำนวณหาค่า Uncertainty of Measurement OP-18/01

#### 1.4 ข้อควรปฏิบัติขั้นต้นก่อนการสอบเทียบเครื่องมือวัด

1.4.1 ศึกษาวิธีการทำงานตามคู่มือนี้ให้ละเอียดก่อนทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด

1.4.2 ทำการตรวจสอบสภาพของ UUT ว่าอยู่ในสภาพที่พร้อมสอบเทียบได้หรือไม่

#### 1.5 การเตรียมอุปกรณ์

เตรียมการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ก่อนที่จะเริ่มทำการสอบเทียบเมื่อดำเนินการทุกขั้นตอนแล้วจะต้องทำการอุ่นเครื่อง Standard 5100B อย่างน้อย 30 นาที ก่อนจะเริ่มทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด

1.5.1 ตรวจสอบดูว่าระดับแรงดันไฟเลี้ยงที่ใช้เป็นเท่าไร (POWER SUPPLY)

1.5.2 ต่อสาย Line Power เข้ากับเครื่อง 5100B

1.5.3 กด สวิตช์ Power ON

1.5.4 ต่อสายที่จะใช้ในการสอบเทียบ (สายที่ใช้ อาจจะเป็นสาย Low thermal EMF หรือ สาย

Coaxial ) ขึ้นอยู่กับประเภทของ UUT

หมายเหตุ : ก่อนการสอบเทียบทุกครั้งจะต้องทำการตรวจสอบ Battery ของ UUT ว่าอยู่ในสภาพที่ใช้  
งานได้หรือไม่ ถ้าไม่ให้ทำการเปลี่ยน Battery

## 1.6 ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัด DC Voltage Meter

Set ให้ Standard 5100B อยู่ใน Standby mode โดยกดสวิทช์ STDBY

1.6.1 ให้ทำการ Set Zero ก่อน ถ้า UUT มีปุ่มกด Zero ให้ Short ปลายสายแล้วกด Zero ถ้าไม่มี  
ให้ Short ปลายสายแล้วบันทึกค่า Offset Voltage ของ UUT ไว้เพื่อชดเชยกับค่าที่  
สอบ เทียบกับมาตรฐาน

1.6.2 ต่อสายจาก UUT เข้ากับ Standard 5100B ดังต่อไปนี้

กรณี UUT แบบ Digital ต่อสายดังแสดงในรูปที่ 3

กรณี UUT แบบ Analog ต่อสายดังแสดงในรูปที่ 2

หมายเหตุ ให้ทำการอุ่นเครื่อง UUT ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ (ถ้ามี) ใน Service Manual ของ  
UUT กรณี UUT เป็นแบบ Analog ก่อนการสอบเทียบให้ปรับเข็มมิเตอร์ให้ตรง 0 เสมอ  
และทำการ Warm up Moving Coil โดยการป้อนค่า DC Voltage 50% ของ  
ย่านการวัดค้างไว้ประมาณ 5-10 นาที

1.6.3 จุดที่จะใช้ทำการสอบเทียบมีดังต่อไปนี้

ในกรณีที่ UUT เป็นระบบ Digital ให้กำหนดจุดทดสอบที่ -90 , 0 และ 90% of Range

ในกรณีที่ UUT เป็นระบบ Analog ให้ทำการ check linearity จาก major scale ที่ค่า 0 ,  
20 , 40 , 60 , 80 , 100 % of Scale ส่วน Scale ที่เหลือ ให้กำหนดจุดทดสอบที่ 50%  
of Range หรือ 100 % of Range

1.6.4 จากรูปที่ 4 เลือกขั้ว บวก / ลบ ของค่า DC Voltage โดยกดปุ่มหมายเลข 1 ( + / - )

หมายเหตุ : ในกรณีที่ไม่วัดขั้วว่าเป็นบวกหรือลบ เครื่องจะ Set ให้เป็นค่าบวกเสมอ

1.6.5 ป้อนค่า DC Voltage ที่ต้องการจะสอบเทียบ (0 - 1000V) โดยป้อนข้อมูลเข้าจาก DATA  
Entry (ลูกศรชี้หมายเลข 2) ดังแสดงรูปที่ 4 โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าไปจะปรากฏที่หน้าจอแสดงผลที่  
Output Display ดังแสดงรูปที่ 1 หลังจากป้อนข้อมูลแล้วให้เลือกหน่วยของค่า DC Voltage  
(ลูกศรชี้หมายเลข 3) ดังแสดงรูปที่ 4 แล้วจึงกด ปุ่ม V

หมายเหตุ : ถ้าค่าที่ป้อนเข้าไปผิด ให้กดปุ่ม Clear 1 ครั้ง (ลูกศรชี้หมายเลข 6) แล้วทำการป้อน  
ค่าเข้าไปใหม่ แล้วกดปุ่ม Enter (ลูกศรชี้หมายเลข 5) โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าไปจะ  
ปรากฏที่หน้าจอแสดงผลหมายเลข 6

หมายเหตุ : ถ้าค่าที่ปรากฏหน้าจอแสดงผล หมายเลข 6 ผิด ให้กดปุ่ม Clear 2 ครั้ง

แล้วให้ทำการป้อนค่าเข้าไปใหม่ โดยเริ่มจาก วิธีการข้อ 7.3

1.6.7 เมื่อทำการป้อนค่าตามข้อ 7.4-7.5 แล้วให้ทำการกดปุ่ม “OPR” ไฟแสดงสถานะจะสว่างขึ้นที่  
“OPR” ข้อมูลที่ป้อนจะแสดงที่ Output Display ดังแสดงรูปที่ 1

1.6.8 อ่านค่าจาก UUT และทำการชดเชยกับค่า UUT offset voltage (ถ้ามี) และทำการบันทึกผลลงใน Test Record No: IICC.FM.TE01 และ IICC.FM.TE03 กดปุ่ม STDBY

หมายเหตุ ในกรณี UUT เป็น Analog จะอ่านค่าจาก Output Display จาก Standard 5100B กรณีที่เข็มมิเตอร์ ไม่ตรงกับค่า Standard 5100B ที่ป้อนให้ทำการปรับปุ่ม Edit ของ Standard 5100B ให้เข็มมิเตอร์ตรงกับค่าที่ Set ไว้แล้วอ่านค่าจาก Output Display ของ Standard 5100B แล้วทำการบันทึกผล

หมายเหตุ ถ้าค่าที่อ่านได้จาก UUT ที่เป็น Analog ไม่ Stable ให้ทำ Repeat 5 ครั้ง ที่ค่าสุดท้ายของแต่ละ Rang หรือในกรณีที่ UUT ที่ Lab ไม่เคยทำการสอบเทียบให้ทำ Repeat 5 ครั้งด้วย

1.6.9 ทำตามขั้นตอนการสอบเทียบ ตั้งแต่ข้อ 7.3 ถึง ข้อ 7.7 จนครบทุกค่าที่ต้องการสอบเทียบแล้วตรวจดูว่า ผลการสอบเทียบ Out of spec. หรือไม่ ถ้าไม่ ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 7.10

1.6.10 ถ้าค่าที่ อ่านได้ Out of spec. ให้ดูในใบขอรับบริการว่าลูกค้าต้องการให้ปรับหรือไม่ ถ้าต้องการให้ทำการปรับตามที่ ระบุ ไว้ใน Service manual ของ UUT จากนั้น ทำการสอบเทียบใหม่โดยเริ่มจากขั้นตอนที่ 7.3 ถึง 7.8 จนครบ

1.6.11 ทำการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Uncertainty Of Measurement) และบันทึกค่าที่คำนวณได้ลงใน Uncertainty budget No: IICC.FM.UE01

## 1.7 Source of Uncertainty

คำนวณค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ในการวัดและบันทึกลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE01 ตาม Ref. Standard ที่ใช้ โดยขั้นตอนการคำนวณ และแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัดที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

### 1.7.1 Budget $V_{\text{spec}}$ 1 Year Specification of Multimeter Calibrator Unit ได้จากค่า

Specification ใน Manual ของ Reference Standard 5100B หารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจาย

### 1.7.2 Budget $V_{\text{Res}}$ Rounding due to UUC Resolution ได้จาก Resolution ของ UUC กรณี

เป็น Digital หารด้วย 2 หลังจากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 กรณีเป็น Analog ได้จากความสามารถในการอ่านค่าที่ละเอียดที่สุดโดยการแบ่ง Scale จากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular

### 1.7.3 Budget $V_R$ Repeatability of UUC. ได้จากการคำนวณทางสถิติโดยการคำนวณหาค่า

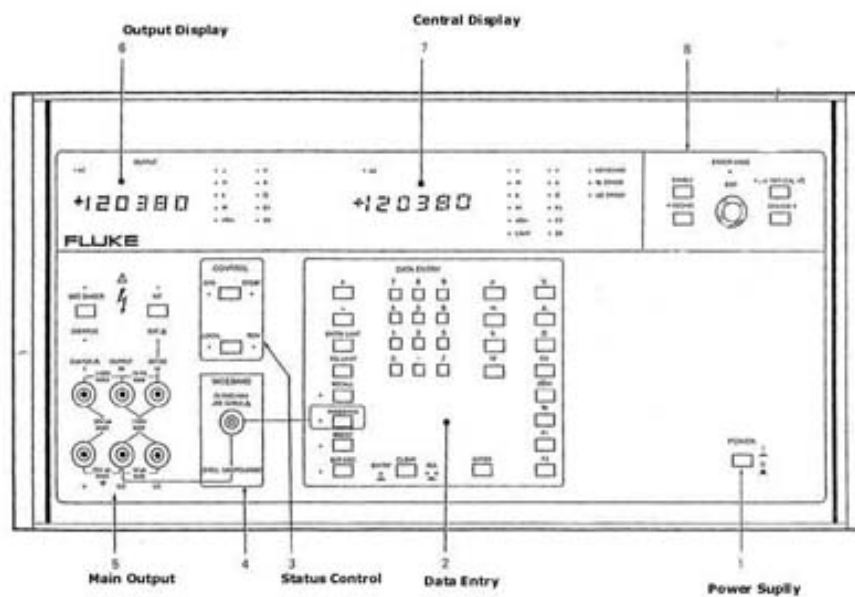
Standard Deviation จากการอ่านค่า UUC ซ้ำๆ จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้สูตรในสมการที่ 2 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ8 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาหารด้วย Square Root 5 ตามสมการที่ 3 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 เช่นเดียวกัน ก็จะได้เป็น Repeatability of UUC

$$\sigma_{n-1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \sigma_n = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

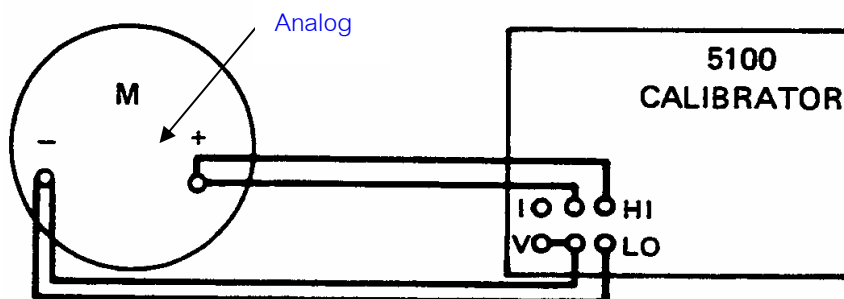
เมื่อได้ครบทุก Budget แล้วให้นำมารวมกัน โดยวิธี Root Sum Square จะได้เป็น  
ค่า Combine Uncertainty หลังจากนั้นให้หาค่า (kp) Coverage factor โดยใช้สมการ  
หา Effective degree of freedom (Veff) ที่เรียกว่าสมการ Welch-Satterthwaite ในหน้า 4  
ของ 8 ใน OP-18/01 สมการที่ 8 เมื่อได้ค่า V effective แล้วให้นำไปเปิดตาราง t-distribution  
เพื่อหาค่า Coverage factor ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หลังจากที่ได้ค่า Coverage factor แล้ว  
ให้นำไปคูณกับค่า Combine Uncertainty ก็จะได้เป็น Expanded Uncertainty ซึ่งค่านี้จะต้อง  
นำไปรายงานใน Certificate

$$V_{eff} = \frac{UC^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{U_i^4(y)}{V_i}}$$

นำผลการสอบเทียบ DC Voltage ที่ได้และค่า Uncertainty of Measurement ที่คำนวณได้ลงใน  
Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE01 พร้อมข้อมูลที่จำเป็นที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของ ISO/IEC  
17025 : 1999 ข้อ 5.10.2 พิมพ์ลงใน Certificate



รูปที่ 1 Front Panel ของ 5100B

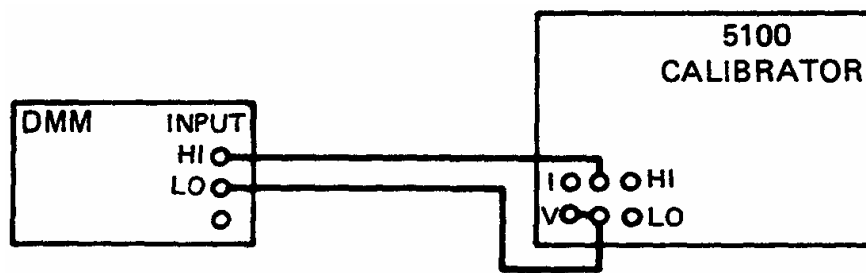


รูปที่ 2 รูปการต่อสาย สำหรับ ค่าที่  $< 2\text{VDC}$  with  $50\Omega$  override (External Sensing Mode)

1. ต่อสาย 4 เส้นตามรูปที่ 2
2. กดปุ่ม  $50\Omega$  ให้อยู่ในตำแหน่ง Override (ไฟแดงติด)

**หมายเหตุ** ในกรณีวัด VDC ที่ต้องใช้ External Sensing Mode ให้ทำการเลือก Mode ของ 5100 B ไปที่ External





รูปที่ 3 แสดงการต่อสายสำหรับวัดค่า VDC two terminal (Internal Sensing Mode)

## 2. ขอบข่ายของการสอบเทียบ AC Voltmeter

| Voltage Range                                                                                                                            | Best Measurement Uncertainty<br>( $\pm$ )                                                                                               | Test Method                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>@ 50 Hz to 1 kHz</b><br>1 mV to < 20 mV<br>20 mV to < 200 mV<br>0.2 V to < 2 V<br>2 V to < 20 V<br>20 V to < 200 V<br>200 V to 1000 V | 0.40 mV/V + 60 $\mu$ V<br>0.40 mV/V + 71 $\mu$ V<br>0.40 mV/V + 0.19 mV<br>0.40 mV/V + 1.4 mV<br>0.40 mV/V + 13 mV<br>0.40 mV/V + 82 mV | Direct Measurement with<br>Multimeter Calibrator Unit |
| <b>&gt; @ 1 kHz to 20 kHz</b><br>1 mV to < 20 mV<br>20 mV to < 200 mV<br>0.2 mV to < 2 V<br>2 V to < 20 V<br>20 V to < 110 V             | 0.70 mV/V + 60 $\mu$ V<br>0.70 mV/V + 77 $\mu$ V<br>0.70 mV/V + 0.25 mV<br>0.70 mV/V + 2.0 mV<br>70 mV/V + 12 mV                        |                                                       |

### 2.1 เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้

Multimeter Calibrator Unit: Fluke 5100B S/N. 5710001

### 2.2 สภาพแวดล้อมที่ควบคุม

|                  |               |
|------------------|---------------|
| อุณหภูมิ         | $23 \pm 2$ °C |
| ความชื้นสัมพัทธ์ | $50 \pm 10$ % |

### 2.3 เอกสารอ้างอิง

- 2.3.1 คู่มือการใช้งานของ 5100B และ Service Manual ของ UUT ในกรณีที่ต้องใช้
- 2.3.2 Test Record No: IICC.FM.TE01 และ IICC.FM.TE03
- 2.3.3 Uncertainty Budget No: IICC.FM.UE01
- 2.3.4 วิธีการคำนวณหาค่า Uncertainty of Measurement OP-18/01

### 2.4 ข้อควรปฏิบัติขั้นต้นก่อนการสอบเทียบเครื่องมือวัด

- 2.4.1 ศึกษาวิธีการทำงานตามคู่มือนี้ให้ละเอียดก่อนทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด
- 2.4.2 ทำการตรวจสอบสภาพของ UUT ว่าอยู่ในสภาพที่พร้อมสอบเทียบได้หรือไม่

## 2.5 การเตรียมอุปกรณ์

เตรียมการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ก่อนที่จะเริ่มทำการสอบเทียบเมื่อดำเนินการทุกขั้นตอนแล้วจะต้องทำการอุ่นเครื่อง Standard 5100B อย่างน้อย 30 นาที ก่อนจะเริ่มทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด

### 2.5.1 ตรวจสอบดูว่าระดับแรงดันไฟเลี้ยงที่ใช้เป็นเท่าไร (POWER SUPPLY)

### 2.5.2 ต่อสาย Line Power เข้ากับเครื่อง 5100B

### 2.5.3 กด สวิตช์ Power ON

### 2.5.4 ต่อสายที่จะใช้ในการสอบเทียบ (สายที่ใช้อาจจะเป็นสาย Low thermal EMF หรือ สาย Coaxial )

หมายเหตุ: ก่อนการสอบเทียบทุกครั้ง จะต้องทำการตรวจสอบ BATTERY ของ UUT ว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้หรือไม่ ถ้าไม่ ให้ทำการเปลี่ยน BATTERY

## 2.6 ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัด AC Voltage Meter

Set ให้ Standard 5100B อยู่ใน Standby mode โดยกด สวิตช์ STDBY (รูปที่ 1 )

### 2.6.1 ต่อสายจาก UUT เข้ากับ Standard 5100B ดังต่อไปนี้

กรณี UUT แบบ Digital ต่อสายดังแสดงในรูปที่ 2

กรณี UUT แบบ Analog ต่อสายดังแสดงในรูปที่ 3

หมายเหตุ ให้ทำการอุ่นเครื่อง UUT ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ (ถ้ามี) ใน Service Manual ของ UUT

กรณี UUT เป็นแบบ Analog ก่อนการสอบเทียบให้ปรับเข็มมิเตอร์ให้ตรง 0 เสมอ และทำการ Warm up Moving Coil โดยการป้อนค่า AC Voltage 50% ของย่านการวัดค้างไว้ประมาณ 5-10 นาที

### 2.6.2 จุดที่จะใช้ทำการสอบเทียบมีดังต่อไปนี้

ในกรณีที่ UUT เป็นระบบ Digital ให้กำหนดจุดทดสอบที่ 0 และ 90% of Range

ในกรณีที่ UUT เป็นระบบ Analog ให้ทำการ check linearity จาก major scale ที่ ค่า 0 , 20 , 40 , 60 , 80 , 100 % of Scale ส่วน Scale ที่เหลือ ให้กำหนดจุดทดสอบที่ 50 % of Range หรือ 100 % of Range

### 2.6.3 จากรูปที่ 4 ป้อนค่า AC VOLTAGE ที่ต้องการจะสอบเทียบ (1mV~ 1000V) โดยป้อนข้อมูลเข้าจาก DATA ENTRY (ลูกศรชี้หมายเลข 2) หลังจากป้อนค่า AC VOLTAGE แล้ว ให้เลือกหน่วยของค่า AC VOLTAGE (ลูกศรชี้หมายเลข 3) แล้วจึงกด ปุ่ม V หลังจากนั้นป้อนค่าความถี่ที่ต้องการจาก DATA ENTRY โดยค่าความถี่ ดูจากใบขอรับบริการ (ลูกศรชี้หมายเลข 2) แล้วให้กดปุ่ม Hz โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าไปจะปรากฏที่หน้าจอแสดงผลหมายเลข 7 ดังรูปที่ 1

หมายเหตุ: ถ้าค่าที่ป้อนเข้าไปผิด ให้กดปุ่ม CLEAR 1 ครั้ง (ลูกศรชี้หมายเลข 6) แล้วทำการป้อนค่าเข้าไปใหม่ แล้วกดปุ่ม ENTER (ลูกศรชี้หมายเลข 5) โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าไปจะปรากฏที่หน้าจอแสดงผลหมายเลข 6

หมายเหตุ: ถ้าค่าที่ปรากฏหน้าจอแสดงผล หมายเลข 6 ผิด ให้กดปุ่ม CLEAR 2 ครั้ง แล้ว  
ให้ทำการป้อนค่าเข้าไปใหม่ โดยเริ่มจาก วิธีการข้อ 7.3

2.6.4 เมื่อทำการป้อนค่าตามข้อ 7.3 แล้วให้ทำการกดปุ่ม “OPR” ไฟแสดงสถานะจะสว่างขึ้นที่ “OPR”  
ข้อมูลที่ป้อนจะแสดงที่ Output Display ดังแสดงรูปที่ 1

2.6.5 อ่านค่าจาก UUT และทำการบันทึกค่าที่อ่านได้ลงใน Test Record No: IICC.FM.TE01 และ  
IICC.FM.TE03

หมายเหตุ ในกรณี UUT เป็น Analog จะอ่านค่าจาก Output Display จาก Standard 5100B  
กรณีที่เข็มมิเตอร์ ไม่ตรงกับค่า Standard 5100B ที่ป้อนให้ทำการปรับปุ่ม Edit ของ  
Standard 5100B ให้เข็มมิเตอร์ตรงกับค่าที่ Set ไว้แล้วอ่านค่าจาก Output Display  
ของ Standard 5100B แล้วทำการบันทึกผล

2.6.6 กดปุ่ม STDBY

หมายเหตุ: ถ้าค่าอ่านได้จาก UUT ที่เป็น Analog ไม่ Stable ให้ทำ Repeat 5 ครั้ง ที่ค่าสุดท้าย  
ของแต่ละ Range หรือในกรณีที่ เป็น UUT ที่ Lab ไม่เคย ทำการสอบเทียบให้ทำ  
Repeat 5 ครั้ง ด้วย

2.6.7 ทำตามขั้นตอนการสอบเทียบ ตั้งแต่ข้อ 7.3 ถึง ข้อ 7.6 จนครบทุกค่าที่ต้องการสอบเทียบแล้ว  
ตรวจดูว่า ผลการสอบเทียบ Out of spec. หรือไม่ ถ้าไม่ ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 7.9

2.6.8 ถ้าค่าที่ อ่านได้ Out of spec. ให้ดูในใบขอรับบริการว่าลูกค้าต้องการให้ปรับหรือไม่ ถ้าต้องการให้  
ทำการปรับตามข้อปฏิบัติที่ระบุ ไว้ใน Service manual ของ UUT จากนั้น ทำการสอบเทียบใหม่  
โดย เริ่มจากขั้นตอนที่ 7.3 ถึง 7.7 จนครบ

2.6.9 ทำการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Uncertainty Of Measurement) และบันทึกค่าที่  
คำนวณได้ลงใน Uncertainty budget No: IICC.FM.UE01

## 2.7 Source of Uncertainty

คำนวณค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ในการวัดและบันทึกลงใน Uncertainty Budget  
No.IICC.FM.UE01 ตาม Ref. Standard ที่ใช้ โดยขั้นตอนการคำนวณ และแหล่งที่มาของความ  
ไม่แน่นอนในการวัดที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

2.7.1 Budget  $V_{\text{spec}}$  1 Year Specification of Multimeter Calibrator Unit ได้จาก

ค่าSpecification ใน Manual ของ Reference Standard 5100B หารด้วย Square Root 3  
เป็น การกระจายแบบ Rectangular

2.7.2 Budget  $V_{\text{Res}}$  Rounding due to UUC Resolution ได้จาก Resolution ของ UUC กรณีเป็น

Digital หารด้วย 2 หลังจากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 กรณีเป็น Analog ได้จาก  
ความสามารถในการอ่านค่าที่ละเอียดที่สุดโดยการแบ่ง Scale จากนั้นนำไปหารด้วย Square  
Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular

2.7.3 Budget  $V_{\text{R}}$  Repeatability of UUC. ได้จากการคำนวณทางสถิติโดยการคำนวณหาค่า

Standard Deviation จากการอ่านค่า UUC ซ้ำๆ จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้สูตรในสมการที่ 2 ของ

OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาหารด้วย Square Root 5 ตามสมการที่ 3 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 เช่นเดียวกัน ก็จะได้เป็น Repeatability of UUC

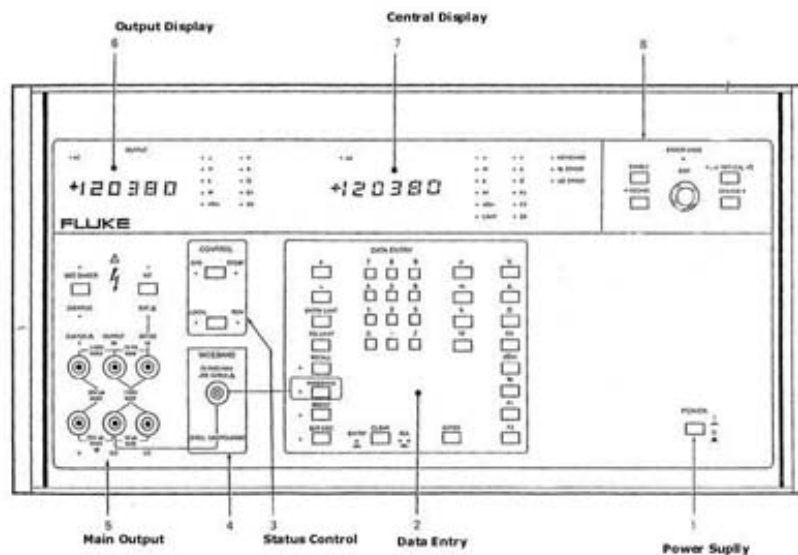
$$\sigma_{n-1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\sigma_n = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

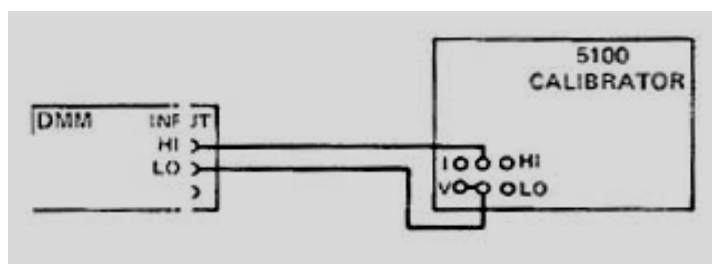
เมื่อได้ครบทุก Budget แล้วให้นำมารวมกัน โดยวิธี Root Sum Square จะได้เป็นค่า Combine Uncertainty หลังจากนั้นให้หาค่า (kp) Coverage factor โดยใช้สมการหา Effective degree of freedom (Veff) ที่เรียกว่าสมการ Welch-Satterthwaite ในหน้า 4 ของ 8 ใน OP-18/01 สมการที่ 8 เมื่อได้ค่า V effective แล้วให้นำไปเปิดตาราง t-distribution เพื่อหาค่า Coverage factor ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หลังจากที่ได้ค่า Coverage factor แล้วให้นำไปคูณกับค่า Combine Uncertainty ก็จะได้เป็น Expanded Uncertainty ซึ่งค่านี้จะต้องนำไปรายงานใน Certificate

$$V_{eff} = \frac{UC^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{U_i^4(y)}{V_i}}$$

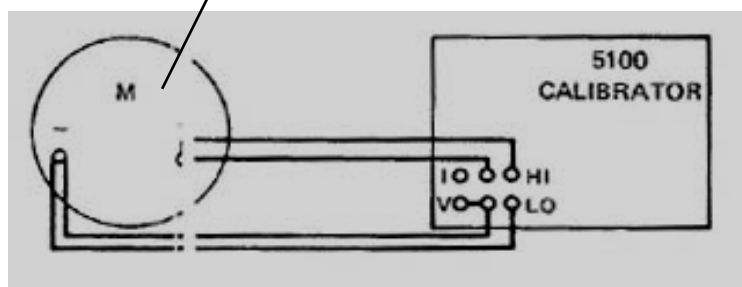
2.7.4 นำผลการสอบเทียบ AC Voltage ที่ได้และค่า Uncertainty of Measurement ที่คำนวณได้ลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE01 พร้อมข้อมูลที่เป็นที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 : 1999 ข้อ 5.10.2 พิมพ์ลงใน Certificate



รูปที่ 1 Front Panel ของ 5100B



รูปที่ 2 รูปการต่อสายสำหรับวัดค่า VAC two terminal (Internal Sensing Mode)



รูปที่ 3 รูปการต่อสายสำหรับค่าที่  $\geq 0.2$  VAC และ  $\geq 2.0$  V AC with  $50\Omega$  Override (External Sensing Mode)

### 3. ขอบข่ายของการสอบเทียบ DC Ammeter

| Current Range         | Best Measurement Uncertainty ( $\pm$ ) | Test Method                                                                                |
|-----------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 $\mu$ A to <0.2 mA | 0.20 mA/A + 28 $\eta$ A                | Direct Measurement with<br>Multimeter Calibrator<br>and Transconductance<br>Amplifier Unit |
| 0.2 mA to < 2 mA      | 0.20 mA/A + 90 $\eta$ A                |                                                                                            |
| 2 mA to < 20 mA       | 0.20 mA/A + 0.76 $\mu$ A               |                                                                                            |
| 20 mA to < 0.2 A      | 0.20 mA/A + 7.5 $\mu$ A                |                                                                                            |
| 0.2 A to < 2 A        | 0.20 mA/A + 74 $\mu$ A                 |                                                                                            |

#### 3.1 เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้

Multimeter Calibrator Unit: Fluke 5100B S/N. 5710001

#### 3.2 สภาพแวดล้อมที่ควบคุม

|                  |                 |
|------------------|-----------------|
| อุณหภูมิห้อง     | $23 \pm 2$ °C   |
| ความชื้นสัมพัทธ์ | $50 \pm 10\%$ . |

#### 3.3 เอกสารอ้างอิง

- 3.3.1 คู่มือการใช้งานของ 5100B และ Service Manual ของ UUT ในกรณีที่ต้องใช้
- 3.3.2 Test Record No:IICC.FM.TE01 และ IICC.FM.TE03
- 3.3.3 Uncertainty Budget No: IICC.FM.UE01

### 3.3.4 วิธีการคำนวณหาค่า Uncertainty of Measurement OP-18/01

## 3.4 ข้อควรปฏิบัติขั้นต้นก่อนการสอบเทียบเครื่องมือวัด

3.4.1 ศึกษาวิธีการทำงานตามคู่มือนี้ให้ละเอียดก่อนทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด

3.4.2 ทำการตรวจสอบสภาพของ UUT ว่าอยู่ในสภาพที่พร้อมสอบเทียบได้ หรือไม่

## 3.5 การเตรียมอุปกรณ์

เตรียมการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ก่อนที่จะเริ่มทำการสอบเทียบเมื่อดำเนินการทุกขั้นตอนแล้วจะต้องทำการอุ่นเครื่อง Standard 5100B อย่างน้อย 30 นาที ก่อนจะเริ่มทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด

3.5.1 ตรวจสอบดูว่าระดับแรงดันไฟเลี้ยงที่ใช้เป็นเท่าไร (POWER SUPPLY)

3.5.2 ต่อสาย Line Power เข้ากับเครื่อง 5100B

3.5.3 กด สวิตช์ Power ON

3.5.4 ต่อสายไฟที่จะใช้สอบเทียบ โดยใช้สาย Low thermal EMF

หมายเหตุ : ก่อนการสอบเทียบทุกครั้งจะต้องทำการตรวจสอบ Battery ของ UUT ว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้หรือไม่ ถ้าไม่ให้ทำการเปลี่ยน Battery

## 3.6 ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัด DC Current Meter

Set ให้ Standard 5100B อยู่ใน Standby mode โดยกด สวิตช์ STDBY (รูปที่ 1)

3.6.1 ต่อสายจาก UUT เข้ากับ Standard 5100B ตามรูปที่ 2

หมายเหตุ: ให้ทำการอุ่นเครื่อง UUT ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ (ถ้ามี) ใน service manual ของ UUT

หมายเหตุ ให้ทำการอุ่นเครื่อง UUT ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ (ถ้ามี) ใน Service Manual ของ UUT กรณี UUT เป็นแบบ Analog ก่อนการสอบเทียบให้ปรับเข็มมิเตอร์ให้ตรง 0 เสมอ และทำการ Warm up Moving Coil โดยการป้อนค่า DC Current 50% ของย่านการวัด ค้างไว้ประมาณ 5-10 นาที

3.6.2 จุดที่จะใช้ทำการสอบเทียบมีดังต่อไปนี้

ในกรณีที่ UUT เป็นระบบ Digital ให้กำหนดจุดทดสอบที่ 0 และ 90% of Range

ในกรณีที่ UUT เป็นระบบ Analog ให้ทำการ check linearity จาก major scale ที่ค่า 0 , 20 , 40 , 60 , 80 , 100 % of Scale ส่วน Scale ที่เหลือ ให้กำหนดจุดทดสอบที่ 50 % of Range หรือ 100 % of Range

3.6.3 จากรูปที่ 3 เลือกขั้ว บวก / ลบ ของค่า DC CURRENT โดยกด ปุ่ม หมายเลข 1 ( + / - )

หมายเหตุ: ในกรณีที่ไม่วัดขั้วว่าเป็นบวกหรือลบ เครื่องจะ set ให้เป็นค่าบวกเสมอ

3.6.4 จากรูปที่ 3 ป้อนค่า DC CURRENT ที่ต้องการจะสอบเทียบ ( $10 \mu A \sim 1.99999A$ ) โดยป้อนข้อมูลเข้าจาก DATA ENTRY (ลูกศรชี้หมายเลข 2) โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าไปจะปรากฏที่หน้าจอแสดงผลหมายเลข 7 (ดังแสดงรูปที่ 1) หลังจากป้อนข้อมูลแล้ว ให้เลือกหน่วยของค่า DC CURRENT (ลูกศรชี้หมายเลข 3) แล้วจึงกด ปุ่ม A



หมายเหตุ: ถ้าค่าที่ป้อนเข้าไปผิดให้กดปุ่ม CLEAR 1 ครั้ง (ลูกศรชี้หมายเลข 6) แล้วทำการป้อนค่าเข้าไปใหม่ แล้วกดปุ่ม ENTER (ลูกศรชี้หมายเลข 5) โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าไปจะปรากฏที่หน้าจอแสดงผลหมายเลข 6

หมายเหตุ: ถ้าค่าที่ปรากฏหน้าจอแสดงผล หมายเลข 6 ผิด ให้กดปุ่ม CLEAR 2 ครั้ง แล้วให้ทำการป้อนค่าเข้าไปใหม่ โดยเริ่มจาก วิธีการข้อ 7.3

3.6.5 เมื่อทำการป้อนค่าตามข้อ 7.3-7.4 แล้วให้ทำการกดปุ่ม "OPR" ไปแสดงสถานะจะสว่างขึ้นที่ "OPR" ข้อมูลที่ป้อน จะแสดงที่ Output Display ดังแสดงรูปที่ 1

3.6.6 อ่านค่าจาก UUT และทำการบันทึกค่าที่อ่านได้ลงใน Test Record No. IICC.FM.TE01 และ IICC.FM.TE03

หมายเหตุ: ถ้า Display ของ Standard แสดง สถานะ "O.L" ให้ทำการ ตรวจสอบดูว่า Fuse ของ UUT อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้หรือไม่ (ให้ทำการเปลี่ยน Fuse ในกรณีที่ Fuse ขาด)

หมายเหตุ ในกรณี UUT เป็น Analog จะอ่านค่าจาก Output Display จาก Standard 5100B กรณีที่เข็มมิเตอร์ ไม่ตรงกับค่า Standard 5100B ที่ป้อนให้ทำการปรับปุ่ม Edit ของ Standard 5100B ให้เข็มมิเตอร์ตรงกับค่าที่ Set ไว้แล้วอ่านค่าจาก Output Display ของ Standard 5100B แล้วทำการบันทึกผล

3.6.7 กดปุ่ม STDBY

หมายเหตุ: ถ้าค่าที่อ่านได้จาก UUT ที่เป็น Analog ไม่ Stable ให้ทำ Repeat 5 ครั้ง ที่ค่าสุดท้ายของแต่ละ Range หรือในกรณีที่ เป็น UUT ที่ Lab ไม่เคย ทำการสอบเทียบ ให้ทำ Repeat 5 ครั้ง ด้วย

3.6.8 ทำตามขั้นตอนการสอบเทียบ ตั้งแต่ข้อ 7.3 ถึง ข้อ 7.7 จนครบทุกค่าที่ต้องการสอบเทียบแล้ว ตรวจสอบว่า ผลการสอบเทียบ Out of spec. หรือไม่ ถ้าไม่ ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 7.10

3.6.9 ถ้าค่าที่ อ่านได้ Out of Spec. ให้ดูในใบขอรับบริการว่าลูกค้าต้องการให้ปรับหรือไม่ ถ้าต้องการ ให้ทำการปรับตามที่ ระบุ ไว้ใน Service manual ของ UUT จากนั้น ทำการสอบเทียบใหม่โดยเริ่มจากขั้นตอนที่ 7.3 ถึง 7.8 จนครบ

3.6.10 ทำการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด ( Uncertainty Of Measurement ) และบันทึกค่าที่คำนวณได้ลงใน Uncertainty budget No: IICC.FM.UE01

### 3.7 Source of Uncertainty

คำนวณค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ในการวัดและบันทึกลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE01 ตาม Ref. Standard ที่ใช้ โดยขั้นตอนการคำนวณ และแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัดที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

### 3.7.1 Budget $V_{\text{spec}}$ 1 Year Specification of Multimeter Calibrator Unit ได้จากค่า

Specification ใน Manual ของ Reference Standard 5100B หารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular

### 3.7.2 Budget $V_{\text{Res}}$ Rounding due to UUC Resolution ได้จาก Resolution ของ UUC กรณีเป็น

Digital หารด้วย 2 หลังจากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 กรณีเป็น Analog ได้จากความสามารถในการอ่านค่าที่ละเอียดที่สุดโดยการแบ่ง Scale จากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular

### 3.7.3 Budget $V_{\text{R}}$ Repeatability of UUC. ได้จากการคำนวณทางสถิติโดยการคำนวณค่า

Standard Deviation จากการอ่านค่า UUC ซ้ำๆ จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้สูตรในสมการที่ 2 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาหารด้วย Square Root 5 ตามสมการที่ 3 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 เช่นเดียวกัน ก็จะได้เป็น Repeatability of UUC

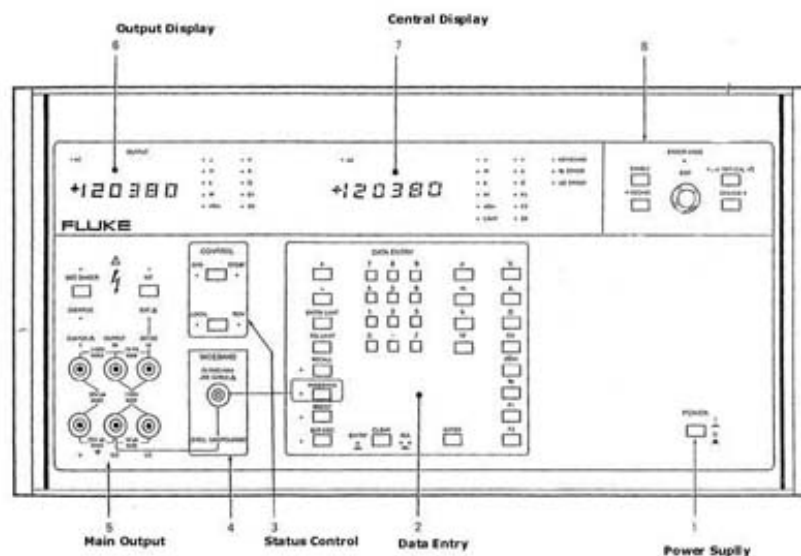
$$\sigma_{n-1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\sigma_n = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

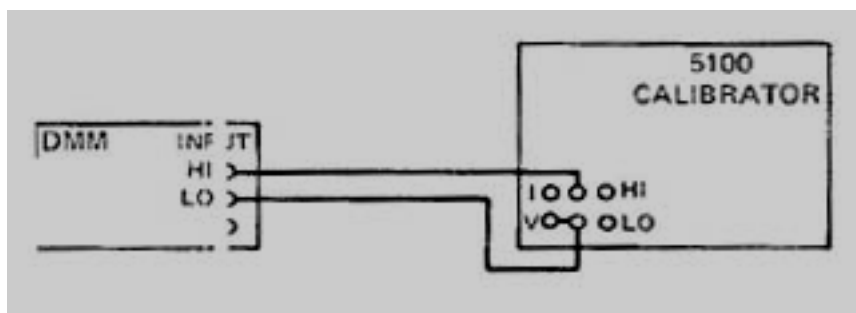
เมื่อได้ครบทุก Budget แล้วให้นำมารวมกัน โดยวิธี Root Sum Square จะได้เป็นค่า Combine Uncertainty หลังจากนั้นให้หาค่า (kp) Coverage factor โดยใช้สมการหา Effective degree of freedom ( $V_{\text{eff}}$ ) ที่เรียกว่าสมการ Welch-Satterthwaite ในหน้า 4 ของ 8 ใน OP-18/01 สมการที่ 8 เมื่อได้ค่า  $V_{\text{eff}}$  แล้วให้นำไปเปิดตาราง t-distribution เพื่อหาค่า Coverage factor ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หลังจากที่ได้ค่า Coverage factor แล้วให้นำไปคูณกับค่า Combine Uncertainty ก็จะได้เป็น Expanded Uncertainty ซึ่งค่านี้จะต้องนำไปรายงานใน Certificate

$$V_{\text{eff}} = \frac{UC^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{U_i^4(y)}{V_i}}$$

3.7.4 นำผลการสอบเทียบ DC Current ที่ได้และค่า Uncertainty of Measurement ที่คำนวณได้ลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE01 พร้อมข้อมูลที่จำเป็นที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 : 1999 ข้อ 5.10.2 พิมพ์ลงใน Certificate



รูปที่ 1 Front Panel ของ 5100B



รูปที่ 2 รูปการต่อสายขณะทำการสอบเทียบ ค่า DC Amp *two terminal (Internal Sensing)*

#### 4. ขอบข่ายของการสอบเทียบ AC Ammeter

| Current Range                                                                                                           | Best Measurement Uncertainty ( $\pm$ )                                                                                          | Test Method                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| @ 50 Hz to 1 kHz<br>10 $\mu$ A to < 0.2 mA<br>0.2 mA to < 2 mA<br>2 mA to < 20 mA<br>20 mA to < 0.2 A<br>0.2 A to < 2 A | 0.60 mA/A + 35 $\eta$ A<br>0.60 mA/A + 0.15 $\mu$ A<br>0.60 mA/A + 1.4 $\mu$ A<br>0.60 mA/A + 13 $\mu$ A<br>0.60 mA/A + 0.13 mA | <b>Direct Measurement with Multimeter Calibrator Unit</b> |

#### 4.1 เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้

Multimeter Calibrator Unit: Fluke 5100B S/N. 5710001

#### 4.2 สภาวะแวดล้อมที่ควบคุม

อุณหภูมิห้อง  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ความชื้นสัมพัทธ์  $50 \pm 10\%$

#### 4.3 เอกสารอ้างอิง

4.3.1 คู่มือการใช้งานของ 5100B และ Service Manual ของ UUT ในกรณีที่ต้องใช้

4.3.2 Test Record No: IICC.FM.TE01 และ IICC.FM.TE03

4.3.3 Uncertainty Budget No: IICC.FM.UE01

4.3.4 วิธีการคำนวณหาค่า Uncertainty of Measurement OP-18/01

#### 4.4 ข้อควรปฏิบัติขั้นต้นก่อนการสอบเทียบเครื่องมือวัด

4.4.1 ศึกษาวิธีการทำงานตามคู่มือนี้ให้ละเอียดก่อนทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด

4.4.2 ทำการตรวจสอบสภาพของ UUT ว่าอยู่ในสภาพที่พร้อมสอบเทียบได้ หรือไม่

#### 4.5 การเตรียมอุปกรณ์

เตรียมการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ก่อนที่จะเริ่มทำการสอบเทียบเมื่อดำเนินการทุกขั้นตอนแล้วจะต้องทำการอุ่นเครื่อง Standard 5100B อย่างน้อย 30 นาที ก่อนจะเริ่มทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด

4.5.1 ตรวจสอบดูว่าระดับแรงดันไฟเลี้ยงที่ใช้เป็นเท่าไร ( POWER SUPPLY)

4.5.2 ต่อสาย Line Power เข้ากับเครื่อง 5100B

4.5.3 กด สวิตช์ Power ON

4.5.4 ต่อสายไฟที่จะใช้สอบเทียบ โดยใช้สาย Low thermal EMF

หมายเหตุ : ก่อนการสอบเทียบทุกครั้ง จะต้องทำการตรวจสอบ BATTERY ของ UUT ว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้หรือไม่ ถ้าไม่ ให้ทำการเปลี่ยน BATTERY

#### 4.6 ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัด AC Current Meter

Set ให้ Standard 5100B อยู่ใน Standby mode โดยกด สวิตช์ STDBY (รูปที่ 1)

4.6.1 ต่อสายจาก UUT เข้ากับ Standard 5100B ตามรูปที่ 2

หมายเหตุ ให้ทำการอุ่นเครื่อง UUT ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ (ถ้ามี) ใน Service Manual

ของ UUT กรณี UUT เป็นแบบ Analog ก่อนการสอบเทียบให้ปรับเข็มมิเตอร์ให้

ตรง 0 เสมอ และทำการ Warm up Moving Coil โดยการป้อนค่า AC

Current 50%

ของย่านการวัดค้างไว้ประมาณ 5-10 นาที

#### 4.6.2 จุดที่จะใช้ทำการสอบเทียบมีดังต่อไปนี้

ในกรณีที่ UUT เป็นระบบ Digital ให้กำหนดจุดทดสอบที่ 0 และ 90% of Range

ในกรณีที่ UUT เป็นระบบ Analog ให้ทำการ *check linearity* จาก *major scale* ที่ค่า 0, 20, 40, 60, 80, 100 % of Scale ส่วน Scale ที่เหลือ ให้กำหนดจุดทดสอบที่ 50% of Range หรือ 100 % of Range

#### 4.6.3 รูปที่ 4 ป้อนค่า AC CURRENT ที่ต้องการจะสอบเทียบ (10 $\mu$ A ~ 1.99999A) โดยป้อนข้อมูลเข้า จาก DATA ENTRY (ลูกศรชี้หมายเลข 2) หลังจากป้อนค่า AC CURRENT แล้ว ให้เลือกหน่วยของค่า AC CURRENT (ลูกศรชี้หมายเลข 3) แล้วจึงกด ปุ่ม A หลังจากนั้นป้อนค่าความถี่ จาก DATA ENTRY (รูปที่ 4 ลูกศรชี้หมายเลข 2) โดยค่าความถี่ ดูจากใบขอรับบริการ แล้วให้กดปุ่ม Hz โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าไปจะปรากฏที่หน้าจอแสดงผล หมายเลข 7 ดังรูปที่ 1

หมายเหตุ: ถ้าค่าที่ป้อนเข้าไปผิด ให้กดปุ่ม *CLEAR 1* ครั้ง (ลูกศรชี้หมายเลข 6) แล้ว  
ทำ  
การป้อนค่าเข้าไปใหม่ แล้วกดปุ่ม *ENTER*  
(ลูกศรชี้หมายเลข 5) โดยข้อมูลที่

ป้อนเข้าไปจะปรากฏที่หน้าจอแสดงผลหมายเลข 6

หมายเหตุ: ถ้าค่าที่ปรากฏหน้าจอแสดงผล หมายเลข 6 ผิด ให้กดปุ่ม *CLEAR 2* ครั้ง

แล้วให้ทำการป้อนค่าเข้าไปใหม่ โดยเริ่มจาก วิธีการข้อ 7.3

#### 4.6.4 เมื่อทำการป้อนค่าตามข้อ 7.3 แล้วทำการกดปุ่ม "OPR" ให้แสดงสถานะจะสว่างขึ้นที่ "OPR"

ข้อมูล ที่ ป้อนจะแสดงที่ Output Display ดังแสดงรูปที่ 1

#### 4.6.5 อ่านค่าจาก UUT และทำการบันทึกค่าที่อ่านได้ลงใน Test Record No: IICC.FM.TE01 และ IICC.FM.TE03

หมายเหตุ: ถ้า *Display* ของ *Standard* แสดง สถานะ "O.L" ให้ทำการ  
ตรวจสอบดูว่า *Fuse* ของ *UUT* อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้หรือไม่ (ให้ทำการ  
เปลี่ยน *Fuse* ในกรณีที่ *Fuse* ขาด)

หมายเหตุ ในกรณี UUT เป็น Analog จะอ่านค่าจาก Output Display จาก  
Standard

5100B กรณีที่เข็มมิเตอร์ ไม่ตรงกับค่า Standard 5100B ที่ป้อนให้ทำ  
การปรับ

ปุ่ม Edit ของ Standard 5100B ให้เข็มมิเตอร์ตรงกับค่าที่ Set ไว้แล้ว  
อ่านค่า

จาก Output Display ของ Standard 5100B แล้วทำการบันทึกผล

#### 4.6.6 กดปุ่ม STDBY

หมายเหตุ: ถ้าค่าที่อ่านได้จาก UUT ที่เป็น Analog ไม่ Stable ให้ทำ Repeat 5 ครั้ง ที่ค่าสุดท้ายของแต่ละ Range หรือในกรณีที่ เป็น UUT ที่ Lab ไม่เคยทำการสอบเทียบ ให้ทำ Repeat 5 ครั้ง ด้วย

4.6.7 ทำตามขั้นตอนการสอบเทียบ ตั้งแต่ข้อ 7.3 ถึง ข้อ 7.6 จนครบทุกค่าที่ต้องการสอบเทียบแล้วตรวจว่า ผลการสอบเทียบ Out of spec. หรือไม่ ถ้าไม่ ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 7.9

4.6.8 ถ้าค่าที่ อ่านได้ Out of spec. ให้ดูในใบขอรับบริการว่าลูกค้าต้องการให้ปรับหรือไม่ ถ้าต้องการให้ทำการปรับเทียบตามที่ ระบุ ไว้ใน Service manual ของ UUT จากนั้นทำการสอบเทียบใหม่โดยเริ่มจากขั้นตอนที่ 7.3 ถึง 7.7 จนครบ

4.6.9 ทำการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Uncertainty Of Measurement) และบันทึกค่าที่คำนวณได้ลงใน Uncertainty budget No: IICC.FM.UE01

### 4.7 Source of Uncertainty

คำนวณค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ในการวัดและบันทึกลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE01 ตาม Ref. Standard ที่ใช้ โดยขั้นตอนการคำนวณ และแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัดที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

4.7.1 **Budget  $V_{\text{spec}}$  1 Year Specification of Multimeter Calibrator Unit** ได้จากค่า Specification ใน Manual ของ Reference Standard 5100B หารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular

4.7.2 **Budget  $V_{\text{Res}}$  Rounding due to UUC Resolution** ได้จาก Resolution ของ UUC กรณีเป็น Digital หารด้วย 2 หลังจากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 กรณีเป็น Analog ได้จากความสามารถในการอ่านค่าที่ละเอียดที่สุด โดยการแบ่ง Scale จากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular

4.7.3 **Budget  $V_{\text{R}}$  Repeatability of UUC.** ได้จากการคำนวณทางสถิติโดยการคำนวณหาค่า Standard Deviation จากการอ่านค่า UUC ซ้ำๆ จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้สูตรในสมการที่ 2 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาหารด้วย Square Root 5 ตามสมการที่ 3 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 เช่นเดียวกัน ก็จะได้ เป็น Repeatability of UUC

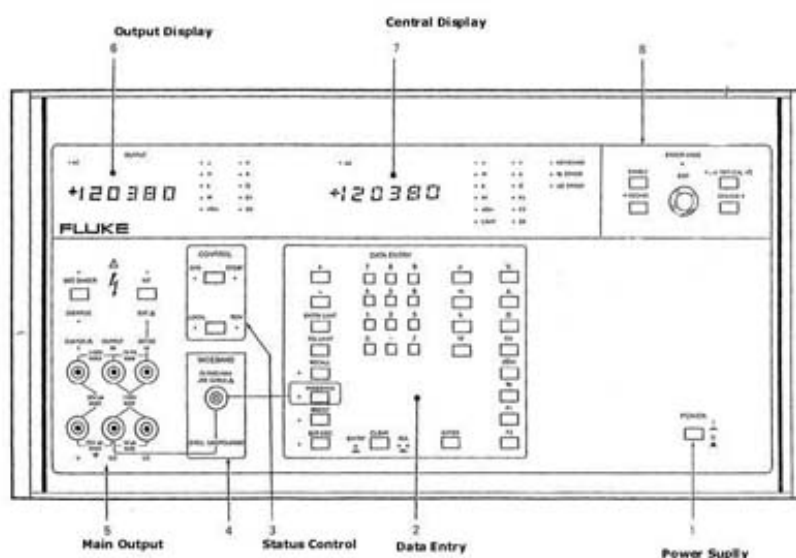
$$\sigma_{n-1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\sigma_n = \frac{\sigma n - 1}{\sqrt{n}}$$

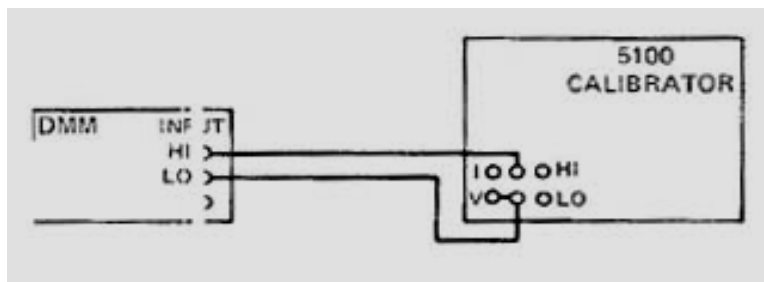
เมื่อได้ครบทุก Budget แล้วให้นำมารวมกัน โดยวิธี Root Sum Square จะได้เป็นค่า Combine Uncertainty หลังจากนั้นให้หาค่า (kp) Coverage factor โดยใช้สมการหา Effective degree of freedom (Veff) ที่เรียกว่าสมการ Welch-Satterthwaite ในหน้า 4 ของ 8 ใน OP-18/01 สมการที่ 8 เมื่อได้ค่า V effective แล้วให้นำไปเปิดตาราง t-distribution เพื่อหาค่า Coverage\_factor ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หลังจากที่ได้ค่า Coverage factor แล้วให้นำไปคูณกับค่า Combine Uncertainty ก็จะได้เป็น Expanded Uncertainty ซึ่งค่านี้จะต้องนำไปรายงานใน Certificate

$$V_{eff} = \frac{UC^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{U_i^4(y)}{V_i}}$$

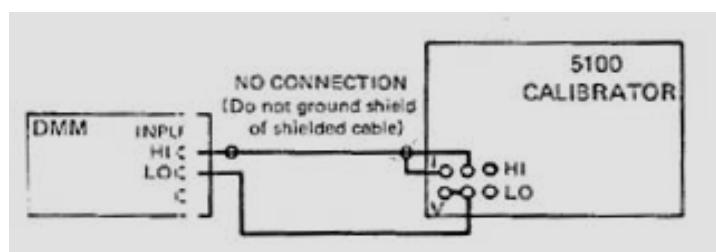
4.7.4 นำผลการสอบเทียบ AC Current ที่ได้และค่า Uncertainty of Measurement ที่คำนวณได้ลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE01 พร้อมข้อมูลที่เป็นที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 : 1999 ข้อ 5.10.2 พิมพ์ลงใน Certificate



รูปที่ 1 Front Panel ของ 5100B



รูปที่ 2 แสดงการต่อสายสำหรับวัดค่า AAC two terminal (Internal Sensing Mode)



รูปที่ 3 แสดงการต่อสายวัดขณะสอบเทียบค่าที่  $< 2 \text{ mA AC}$  ความถี่  $> 400 \text{ Hz}$



## 5. ขอบข่ายของการสอบเทียบ Ohm Meter

| Resistance Range                                                 | Best Measurement Uncertainty ( $\pm$ )                                                                                                  | Test Method                                               |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 10 k $\Omega$<br>100 k $\Omega$<br>1 M $\Omega$<br>10 M $\Omega$ | <b>0.93 <math>\Omega</math></b><br><b>9.3 <math>\Omega</math></b><br><b>0.18 k<math>\Omega</math></b><br><b>4.1k<math>\Omega</math></b> | <b>Direct Measurement with Multimeter Calibrator Unit</b> |

### 5.1 เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้

5.1.1 Multimeter Calibrator Unit: Fluke 5100B S/N. 5710001

### 5.2 สภาวะแวดล้อมที่ควบคุม

|                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| อุณหภูมิห้อง     | $23 \pm 2^\circ\text{C}$ |
| ความชื้นสัมพัทธ์ | $50 \pm 10\%$            |

### 5.3 เอกสารอ้างอิง

- 5.3.1 คู่มือการใช้งานของ 5100B และ Service Manual ของ UUT ในกรณีที่ต้องใช้
- 5.3.2 Test Record No: IICC.FM.TE02
- 5.3.3 Uncertainty Budget No: IICC.FM.UE01
- 5.3.4 วิธีการคำนวณหาค่า Uncertainty of Measurement OP-18/01

### 5.4 ข้อควรปฏิบัติขั้นต้นก่อนการสอบเทียบเครื่องมือวัด

- 5.4.1 ศึกษาวิธีการทำงานตามคู่มือนี้ให้ละเอียดก่อนทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด
- 5.4.2 ทำการตรวจสอบสภาพของ UUT ว่าอยู่ในสภาพที่พร้อมสอบเทียบได้หรือไม่

### 5.5 การเตรียมอุปกรณ์

เตรียมการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ก่อนที่จะเริ่มทำการสอบเทียบเมื่อดำเนินการทุกขั้นตอนแล้วจะต้องทำการอุ่นเครื่อง Standard 5100B อย่างน้อย 30 นาที ก่อนจะเริ่มทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด

- 5.5.1 ตรวจสอบดูว่าระดับแรงดันไฟเลี้ยงที่ใช้เป็นเท่าไร (POWER SUPPLY)

5.5.2 ต่อสาย Line Power เข้ากับเครื่อง 5100B

5.5.3 กด สวิตช์ Power ON

5.5.4 ต่อสายที่จะใช้ในการสอบเทียบ (สายที่ให้อาจจะเป็นสาย Low thermal EMF หรือ สาย Coaxial ) ขึ้นอยู่กับการใช้งานกับ UUT

หมายเหตุ: ก่อนทำการสอบเทียบทุกครั้งจะต้องตรวจสอบสภาพ Battery ของ UUT ว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้หรือไม่ ถ้าไม่ ให้ทำการเปลี่ยน Battery.

## 5.6 ขั้นตอนการสอบเทียบ เครื่องมือวัดค่าความต้านทาน ( $10\text{ k}\Omega$ to $10\text{ M}\Omega$ )

ให้ Set Standard 5100B อยู่ใน Standby mode โดยกด สวิตช์ STDBY ( รูปที่ 1 )

5.6.1 ต่อสายจาก UUT เข้ากับ Standard 5100B ตามรูปที่ 2 แล้วจึงทำการ Set Zero ให้กับ UUT

หมายเหตุ: ในกรณีที่ต้องการสอบเทียบค่าความต้านทาน  $10\text{ k}\Omega$  สำหรับ UUT แบบ 2 สาย ให้ทำการ Zero ก่อน ถ้า UUT มีปุ่ม Zero ให้ Short ปลายสายแล้วกด Zero ถ้าไม่มีให้ Short ปลายสายแล้วบันทึกค่าความต้านทานของสายไว้เพื่อชดเชย

$\text{M}\Omega$ ) โดยป้อนข้อ หมายเหตุ ให้ทำการอุ่นเครื่อง UUT ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ (ถ้ามี) ใน Service Manual ของ UUT กรณี UUT เป็นแบบ Analog ก่อนการสอบเทียบให้ปรับเข็มมิเตอร์ให้ตรง 0 เสมอ และทำการ Warm up Moving Coil โดยการป้อนค่า ohm meter 50% ของย่านการวัดค้างไว้ประมาณ 5-10 นาที

5.6.2 จากรูปที่ 4 ป้อนค่า ความต้านทานที่ต้องการจะสอบเทียบ ( $10\text{ k}\Omega$  - 10 มูลเข้า จาก DATA ENTRY (ลูกศรชี้หมายเลข 2)

หมายเหตุ: ค่าที่ป้อนเข้าไปจะมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็มยกกำลังสิบ เช่น ( $10\text{E}0$ ,  $10\text{E}1$ ... $1\text{E}7$ ) โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าไปจะปรากฏที่หน้าจอแสดงผลหมายเลข 7 (ดังแสดงรูปที่ 1)

หลังจากป้อนข้อมูลแล้ว ให้เลือกหน่วยของค่าความต้านทาน โดยกด ปุ่ม  $\Omega$

หมายเหตุ: ถ้าค่าที่ป้อนเข้าไปผิด ให้กดปุ่ม CLEAR 1 ครั้ง (ลูกศรชี้หมายเลข 6) แล้วทำการป้อนค่าเข้าไปใหม่ แล้วกดปุ่ม ENTER (ลูกศรชี้หมายเลข 5) โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าไปจะปรากฏที่หน้าจอแสดงผลหมายเลข 6 (ดังแสดงรูปที่ 1)

หมายเหตุ: ถ้าค่าที่ปรากฏหน้าจอแสดงผล หมายเลข 6 ผิด ให้กดปุ่ม CLEAR 2 ครั้ง แล้วให้ทำการป้อนค่าเข้าไปใหม่ โดยเริ่มจาก วิธีการข้อ 7.2

5.6.3 เมื่อทำการป้อนค่า ตามข้อ 7.2 เรียบร้อยแล้วทำการกดปุ่ม “OPR ให้แสดงสถานะจะสว่างขึ้นที่ “OPR” ข้อมูลที่ป้อนจะแสดงที่ Output Display ดังแสดงดังรูปที่ 1

5.6.4 อ่านค่าจาก UUT และทำการบันทึกค่าที่อ่านได้ลงใน Test Record No. IICC.FM.TE02

หมายเหตุ กรณี UUT เป็น Analog อ่านค่าจาก Output Display Standard 5100B ในกรณีที่เข็มมิเตอร์ไม่ตรงกับค่า Standard 5100B ที่ป้อนให้ทำการปรับปุ่ม Edit ของ Standard 5100B ให้เข็มมิเตอร์ตรงกับค่าที่ Set ไว้แล้วอ่านค่าจาก Output Display Standard 5100B แล้วทำการบันทึกผล

### 5.6.5 กดปุ่ม STDBY

หมายเหตุ: ถ้าค่าอ่านได้จาก UUT ที่เป็น Analog ไม่ Stable ให้ทำ Repeat 5 ครั้ง ที่ค่าสุดท้ายของแต่ละ Range หรือในกรณีที่ เป็น UUT ที่ Lab ไม่เคยทำการ สอบเทียบ ให้ทำ Repeat 5 ครั้ง ด้วย

### 5.6.6 ทำตามขั้นตอนการสอบเทียบ ตั้งแต่ข้อ 7.2 ถึง ข้อ 7.5 จนครบทุกค่าที่ต้องการสอบเทียบแล้ว ตรวจสอบว่าผลการสอบเทียบ Out of spec. หรือไม่ ถ้าไม่ ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 7.8

5.6.7 ถ้าค่าที่อ่านได้ Out of Spec. ให้ดูในใบขอรับบริการว่าลูกค้าต้องการให้ปรับหรือไม่ ถ้าต้องการ ให้ทำการปรับเทียบตามที่ระบุไว้ใน Service manual ของ UUT ทำการสอบเทียบใหม่โดยเริ่มจากขั้นตอนที่ 7.2 ถึง 7.6 จนครบทุกค่าที่จะสอบเทียบ

5.6.8 ทำการคำนวณค่าความไม่แน่นอนทางการวัด (Uncertainty Of Measurement) และบันทึกค่าที่คำนวณได้ลงใน Uncertainty Budget No: IICC.FM.UE01

#### Source of Uncertainty

คำนวณค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ในการวัดและบันทึกลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE01 ตาม Ref. Standard ที่ใช้ โดยขั้นตอนการคำนวณ และแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัดที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

5.6.9 Budget  $V_{\text{spec}}$  1 Year Specification of Multimeter Calibrator Unit ได้จาก

ค่า Specification

ใน Manual ของ Reference Standard 5100B หารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular

5.6.10 Budget  $V_{\text{Res}}$  Rounding due to UUC Resolution ได้จาก Resolution ของ UUC กรณีเป็น Digital หารด้วย 2 หลังจากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 กรณีเป็น Analog ได้จากความสามารถในการอ่านค่าที่ละเอียดที่สุดโดยการแบ่ง Scale จากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular

5.6.11 Budget  $V_{\text{R}}$  Repeatability of UUC. ได้จากการคำนวณทางสถิติโดยการคำนวณหาค่า Standard Deviation จากการอ่านค่า UUC ซ้ำๆ จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้สูตรในสมการที่ 2 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาหารด้วย Square Root 5 ตามสมการที่ 3 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 เช่นเดียวกัน ก็จะได้เป็น Repeatability of UUC

$$\sigma_{n-1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

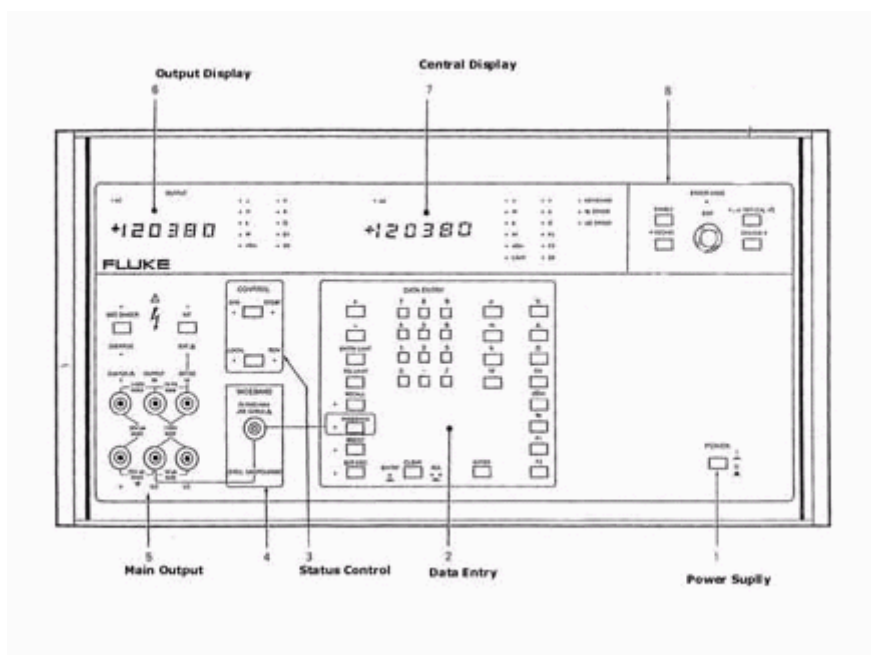
$$\sigma_n = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

เมื่อได้ครบทุก Budget แล้วให้นำมารวมกัน โดยวิธี Root Sum Square จะได้เป็นค่า Combine Uncertainty หลังจากนั้นให้หาค่า (kp) Coverage factor โดยใช้สมการหา Effective degree of freedom (Veff) ที่เรียกว่าสมการ Welch-Satterthwaite ในหน้า 4 ของ 8 ใน OP-18/01 สมการที่ 8 เมื่อได้ค่า V effective แล้วให้นำไปเปิดตาราง t-distribution เพื่อหาค่า Coverage factor ที่

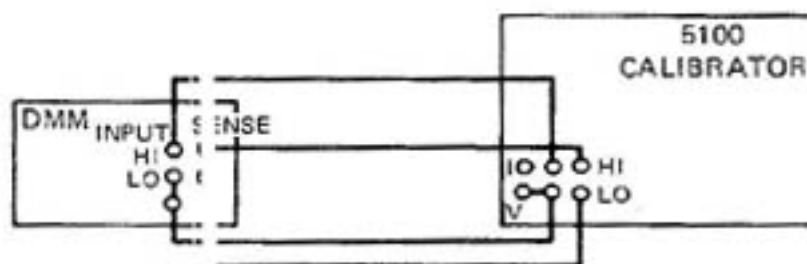
ระดับความเชื่อมั่น 95% หลังจากที่ได้ค่า Coverage factor แล้วให้นำไปคูณกับค่า Combine Uncertainty ก็จะได้เป็น Expanded Uncertainty ซึ่งค่านี้จะต้องนำไปรายงานใน Certificate

$$V_{eff} = \frac{UC^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{U_i^4(y)}{V_i}}$$

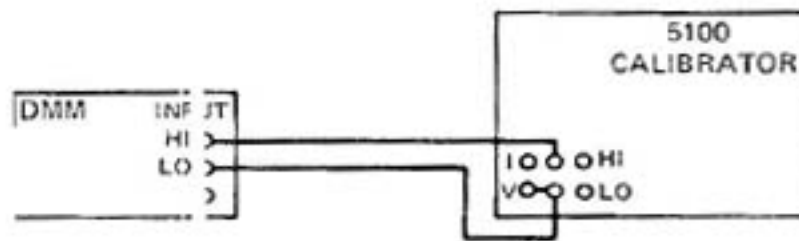
นำผลการสอบเทียบ Resistance ที่ได้และค่า Uncertainty of Measurement ที่คำนวณได้ลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE01 พร้อมข้อมูลที่จำเป็นที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 : 1999 ข้อ 5.10.2 พิมพ์ลงใน Certificate



รูปที่ 1 Front Panel ของ 5100B



รูปที่ 2 Four terminals connection for  $1\Omega$  -  $10\text{ M}\Omega$  แต่สามารถใช้ได้กับ  $100\text{ k}\Omega$  ,  $1\text{ M}\Omega$  และ  $10\text{ M}\Omega$  ซึ่งจะให้ผลเหมือนกับการต่อแบบ 2 สาย สำหรับค่า  $100\text{ k}\Omega$  ,  $1\text{ M}\Omega$  และ  $10\text{ M}\Omega$



รูปที่ 3 รูปแสดงการต่อสายสำหรับการวัดค่า ohm two terminal (Internal Sensing Mode)

## 6. ขอบข่ายการสอบเทียบ Oscilloscope

6.1 การสอบเทียบ Vertical deflection

6.2 การสอบเทียบ Horizontal deflection

## 6.3 การสอบเทียบ Rise time and bandwidth

## 6.4 การแสดงความสมบูรณ์ของรูปคลื่นที่วัดได้

Connected probe head ที่ติดกับ Oscilloscope จะต้องได้รับการตรวจสอบ หรือรวมอยู่ในระบบสอบเทียบด้วย พร้อมทั้งส่วนที่สามารถปรับตั้งค่า และมีผลต่อค่าวัด จะต้องระบุตำแหน่งอย่างชัดเจนหรือทำเครื่องหมายไว้ว่า Set อยู่ในตำแหน่งใด

| <b>Parameter / Function</b>                                                                                                              | <b>Best Uncertainty (<math>\pm</math>)</b>                                                                         | <b>Calibration Method</b>                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Vertical deflection (Volt/Div)</b><br>2 mV<br>5 mV<br>10 mV<br>20 mV<br>50 mV<br>0.1 V<br>0.2 V<br>0.5 V<br>1 V<br>2 V<br>5 V<br>10 V | 0.23 mV<br>0.60 mV<br>1.2 mV<br>2.3 mV<br>5.8 mV<br>12 mV<br>23 mV<br>58 mV<br>0.12 V<br>0.23 V<br>0.58 V<br>1.2 V | In-house Method based on EAL-G30 EDIT 1 JUNE 1997                                                     |
| <b>Parameter / Function</b>                                                                                                              | <b>Best Uncertainty (<math>\pm</math>)</b>                                                                         | <b>Calibration Method</b>                                                                             |
| <b>High Amplitude</b><br>40 V<br><br><b>Horizontal deflection (Time/Div)</b><br>2 nS<br>5 nS<br>10 nS<br>20 nS                           | 0.60 V<br><br>0.23 nS<br>0.58 nS<br>1.2 nS<br>2.3 nS<br>5.8 nS                                                     | In-house Method based on EAL-G30 EDIT 1 JUNE 1997<br><br>In-house Method based on EAL-G30 EDIT 1 JUNE |

| 50 $\eta\text{S}$<br>0.1 $\mu\text{S}$<br>0.2 $\mu\text{S}$<br>0.5 $\mu\text{S}$<br>1 $\mu\text{S}$<br>2 $\mu\text{S}$<br>5 $\mu\text{S}$<br>10 $\mu\text{S}$<br>20 $\mu\text{S}$<br>50 $\mu\text{S}$<br>0.1 mS<br>0.2 mS<br>0.5 mS<br>1 mS | 12 $\eta\text{S}$<br>23 $\eta\text{S}$<br>58 $\eta\text{S}$<br>0.12 $\mu\text{S}$<br>0.23 $\mu\text{S}$<br>0.30 $\mu\text{S}$<br>1.2 $\mu\text{S}$<br>2.3 $\mu\text{S}$<br>5.8 $\mu\text{S}$<br>12 $\mu\text{S}$<br>23 $\mu\text{S}$<br>30 $\mu\text{S}$<br>0.12 mS | 1997                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>Parameter /<br/>Function</b>                                                                                                                                                                                                             | <b>Best<br/>Uncertainty (<math>\pm</math>)</b>                                                                                                                                                                                                                      | <b>Calibration<br/>Method</b>                                 |
| <b>Horizontal<br/>deflection<br/>(Time/Div)</b><br>2 mS<br>5 mS<br>10 mS<br>20 mS<br>50 mS<br>0.1 S<br>0.2 S<br>0.5 S<br>1 S<br>2 S<br>5 S                                                                                                  | 0.23 mS<br>0.58 mS<br>1.2 mS<br>2.3 mS<br>5.8 mS<br>12 mS<br>23 mS<br>58 mS<br>0.12 S<br>0.23 S<br>0.58 S                                                                                                                                                           | In-house<br>Method based<br>on EAL-G30<br>EDIT 1 JUNE<br>1997 |
| <b>Rise Time</b>                                                                                                                                                                                                                            | 1.2 $\eta\text{S}$                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                               |
| <b>Band Width</b><br>0.05 MHz to 250                                                                                                                                                                                                        | 12 kHz                                                                                                                                                                                                                                                              | In-house<br>Method based<br>on EAL-G30<br>EDIT 1 JUNE<br>1997 |

|     |  |                                                               |
|-----|--|---------------------------------------------------------------|
| MHz |  | In-house<br>Method based<br>on EAL-G30<br>EDIT 1 JUNE<br>1997 |
|-----|--|---------------------------------------------------------------|

## 6.5. เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้

Multi Product Calibrator Maker Fluke Model 5500A S/N 6440007

## 6.6 สภาวะแวดล้อมที่ควบคุม

อุณหภูมิห้อง  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$   
 ความชื้นสัมพัทธ์  $(50 \pm 10) \%$

## 6.7 เอกสารอ้างอิง

5.7.1 คู่มือการใช้งานของ Standard 5500A และคู่มือการใช้งานของ UUC (ในกรณีจำเป็นต้องใช้)

5.7.2 Test Record No. IICC.FM.TE05

5.7.3 Uncertainty Budget No. IICC.FM.UE11

5.7.4 Calibration of oscilloscope EAL-G30

## 6.8 การปฏิบัติขั้นต้นก่อนการสอบเทียบเครื่องมือวัด

6.8.1 ศึกษาวิธีการทำงาน ตามคู่มือนี้ให้ละเอียดก่อนทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด

6.8.2 ทำการตรวจสอบสภาพของ UUC ว่าอยู่ในสภาพที่พร้อมสอบเทียบได้หรือไม่ เช่น

ความสว่าง ของเส้น (Trace) Focus การเลื่อนเส้นในแนวตั้งและแนวนอน ถ้าไม่อยู่ใน  
 สภาพ พร้อมสอบเทียบให้ลงบันทึกคืนอุปกรณ์ และระบุสาเหตุที่คืน

6.8.3 ศึกษาวิธีการวัด และการใช้งานของ UUC ว่ามี Function ใดบ้าง

## 6.9 การเตรียมอุปกรณ์

เตรียมการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ ก่อนที่จะเริ่มทำการสอบเทียบ เมื่อดำเนินการทุกขั้นตอนแล้วจะต้อง  
 ทำการอุ่นเครื่อง Standard 5500A และ UUC อย่างน้อย 1 ชั่วโมงก่อนจะเริ่มทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด

6.9.1 ตรวจสอบว่า UUC ใช้ไฟ ACV. เท่าไร (110 V หรือ 220 V) เมื่ออุณหภูมิแล้วจึงค่อยเสียบปลั๊ก  
 Warm เครื่อง

6.9.2 ตรวจสอบ Test Leads (Probe) ที่มากับเครื่องว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานหรือไม่



รูปที่ 1 แสดงสาย Probe และ Connector 50Ω

#### 6.10 ข้อปฏิบัติขั้นต้นก่อนการสอบเทียบ Oscilloscope

6.10.1 ปรับปุ่ม DC Offset Aligment (V/Cm) เพื่อตรวจสอบเส้นกลางจอภาพในขณะที่ Set ไปตำแหน่ง Com สังเกตดูว่า Cursor เลื่อนกลับไปยังตำแหน่ง Gound หรือไม่  
ปรับปุ่ม Trace Rotation ของเส้นหน้าจอให้อยู่ตรงกลาง ปรับปุ่ม Focus ให้เส้นเล็กที่สุด  
ปรับปุ่ม Intens ให้แสงสว่างระดับปานกลางอ่านค่าได้

6.10.2 ตรวจเช็คสาย Probe ( X1 , X10 ) สังเกตสัญญาณด้าน Input และด้าน Output เปรียบเทียบกันว่าการบิดเบี้ยวหรือไม่ หากรูปสัญญาณมีการบิดเบี้ยวด้าน Output ให้ทำการปรับที่ตัว Probe

#### 6.11 ขั้นตอนการสอบเทียบ Oscilloscope

เตรียม Standard 5500A ให้พร้อมที่จะทำงาน

6.11.1 ต่อสายจาก UUC เข้ากับ Standard ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 รูปแสดงการสอบเทียบ Oscilloscope

6.11.2 Function ที่จะใช้ทำการสอบเทียบมีดังต่อไปนี้

Oscilloscope ที่เป็นชนิด Digital หรือ Analog Oscilloscope จะต้องการสอบเทียบ ตามข้อ

6.11.1 ถึง 6.11.2

6.11.3 Function Vertical Deflection Test

- Set Standard 5500 A พร้อมที่จะใช้งาน
- ต่อสาย Probe ระหว่าง UUC กับ Standard 5500 A
- Set Standard 5500 A ที่ Mode Volt แล้วทำการปรับปุ่มเลือก Terminal 1 M $\Omega$   
(ถ้า Input Impedance ของ Oscilloscope เป็น 50  $\Omega$  ให้ปรับปุ่ม  
เลือก Terminal 50  $\Omega$  เพื่อให้ Matching กัน)
- ปรับ Volt / Div ของ Oscilloscope ที่ค่าต่ำสุดของ Range
- Set ค่า Volt / Div ของ Standard 5500 A โดยปรับปุ่ม MULT (x) และปุ่ม DIV ( $\div$ )  
ตามค่าที่กำหนดใน Test Record No. IICC.FM.TE05 ซึ่งจะตรงกับค่า Volt / Div ของ  
Oscilloscope สังเกตดูรูปคลื่นจะปรากฏตามรูปที่ 3 ซึ่ง Amplitude ของรูปคลื่น จะมี  
ความสูง 1 ช่องพอดี
- หากความสูงของรูปคลื่นสูงหรือต่ำกว่า 1 ช่อง ให้ปรับปุ่ม EDIT FIELD ที่ 5500 A ให้  
พอดีกับเส้นสากล
- บันทึกค่า Vertical deflection Error ลงใน Test record No.IICC.FM.TE05
- ป้อนสัญญาณทุก Step ของ Volt/Div ของ Oscilloscope จนครบ

รูปที่ 3 แสดงรูปสัญญาณ VP-P ของ V/DIV

#### 6.11.4 Function Horizontal Deflection

- Set Standard 5500A พร้อมที่จะใช้งาน
- ต่อสาย Probe ระหว่าง UUC กับ Standard 5500A
- Set Standard 5500 A ที่ Mode Marker

- Set ค่า Time/Div ของ Standard 5500 A โดยปรับปุ่ม MULT (x) และปุ่ม Div ( $\div$ ) ตามค่าที่กำหนดใน Test Record No.IICC.FM.TE05 โดยสังเกตภาพที่เกิดที่จอตามรูปที่ 4
- ปรับ Time / Div ตาม Step ของ UUC จากค่า Min  $\rightarrow$  Max โดยเลื่อนยอดคลื่น (Pulse Frequency) ให้ขอบของคลื่นลูกแรกตรงกับเส้นสเกลแนวตั้งของจอด้านซ้ายมือ และขอบของยอดคลื่นลูกสุดท้าย จะตรงกับเส้นสเกลแนวตั้งของจอด้านขวามือ
- หากขอบของยอดคลื่นลูกสุดท้าย ไม่ตรงกับเส้นสเกลแนวตั้งของจอด้านขวามือให้ปรับปุ่มปรับ EDIT FIELD ของ Standard 5500 A ให้ตรง
- บันทึกค่า Horizontal deflection Error ที่อ่านได้จาก 5500A ลงใน Test Record No.IICC.FM.TE05
- ทำจนครบทุก Step ที่ Oscilloscope

รูปที่ 4 แสดงรูปสัญญาณ Time Mark

#### 6.11.5 Function High Amplitude

- ต่อสาย Probe ระหว่าง UUC กับ Standard 5500 A
- Set Standard 5500 A ที่ Mode Volt แล้วทำการปรับปุ่มเลือก Terminal 1  $M\Omega$  (ถ้า Input Impedance ของ Oscilloscope เป็น  $50\Omega$  ให้ปรับปุ่มเลือก Terminal  $50\Omega$  เพื่อให้ Matching กัน)
- ปรับ Volt / Div ของ Oscilloscope ที่ค่า 5Vp-p
- ป้อนสัญญาณโดย Set ค่าจาก Standard 5500 A ตามค่าที่กำหนดใน Test Record No. IICC.FM.TE05 คือ 40 Vp-p สังเกตดูรูปคลื่นจะปรากฏตามรูปที่ 5 ซึ่ง Amplitude ของรูปคลื่น จะมีความสูง 5 Vp-p $\times$ 8 ช่องสัญญาณ = 40 Vp-p ที่ป้อนจาก 5500 A

- หากขอบของยอดลูกคลื่นไม่เต็มสเกล 8 ช่อง ให้ปรับปุ่ม Edit Field ของ 5500 A ให้ตรง
- บันทึกค่า High Amplitude Error ลงใน Test Record No.IICC.FM.TE05

รูปที่ 5 แสดงรูปสัญญาณ High Amplitude

#### 6.11.6 Function Rise Time

- Set Standard 5500 A พร้อมที่จะใช้งาน
- ต่อสาย Probe ระหว่าง UUC กับ Standard 5500 A
- Set Standard 5500 A ที่ Mode edge
- Set ค่า Frequency ของ Standard 5500 A ที่ 1 MHz
- ปรับ Volt/Div ที่ Oscilloscope ให้อ่านรูปคลื่นดังรูปที่ 6
- ปรับ Time/Div Oscilloscope ไว้ที่ค่าต่ำสุด รูปคลื่นที่อ่านได้จาก Oscilloscope จะ Over shoot ที่ 0% -100% ส่วนค่า Rise Time ที่อ่านจะอ่านที่ 10% - 90% ตามรูปที่ 6 แล้วบันทึกผลการสอบเทียบลงใน Form Test Record No.IICC.FM.TE05

### รูปที่ 6 แสดงรูปสัญญาณ Rise Time

#### 6.11.7 Function Band Width

- Set Standard 5500A พร้อมที่จะใช้งาน
- ต่อสาย Probe ระหว่าง UUC กับ Standard 5500 A
- Set Standard 5500 A ที่ Mode Levsine
- Set Oscilloscope ที่ 0.5 V/div และ Set Standard 5500 A ที่ 3 Vp-p, ความถี่ 50 kHz สัญญาณ ปรากฏที่ตัว Oscilloscope จะมี Amplitude สูง 6 ช่อง จากนั้นให้ทำการปรับความถี่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งสัญญาณลดความสูงลงมาที่ 4.2 ช่อง นั่นคือที่ -3dB อ่านค่าความถี่ ณ จุดนี้แล้วบันทึกผลลงใน Form Test Record No.IICC.FM.TE05



รูปที่ 7 แสดงรูปสัญญาณ Band Width

รูปที่ 8 Frequency response

#### 6.11.8 Function การแสดงความสมบูรณ์ของรูปคลื่นที่วัดได้

- Set Standard 5500A พร้อมใช้งาน
- ต่อสาย Probe ระหว่าง UUC กับ Standard 5500A

- Set Standard 5500 A ที่ Mode Levsine
- Set Oscilloscope 0.5 V/div และ Set Standard 5500 A ที่ 3 Vp-p ส่วนความถี่ที่จะป้อนขึ้นอยู่กับความถี่ของ Oscilloscope โดยปกติให้ป้อนที่ความถี่สูงสุดที่ Oscilloscope วัดได้
- สัญญาณที่ปรากฏหน้าจอ Oscilloscope จะเป็นรูปคลื่น Sine wave ดังรูปที่ 8
- สังเกตคุณสมบัติของรูปคลื่นว่ามีสัดส่วนสมบูรณ์หรือไม่
- บันทึกผลลงใน Form Test Record No.IICC.FM.TE05

#### รูปที่ 8 แสดงรูปสัญญาณ Sine Wave

6.11.9 ทำตามขั้นตอนการสอบเทียบ ตั้งแต่ 8.2.1-8.2.6 จนครบทุก Function ที่ต้องการสอบเทียบ แล้ว

ตรวจดูว่า ผลการสอบเทียบ Out of Spec หรือไม่ ถ้าไม่ ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 8

6.11.10 ถ้าค่าที่อ่านได้ Out of Spec. ให้ดูในใบขอรับบริการว่า ลูกค้าต้องการให้สอบเทียบหรือปรับเทียบ ถ้าระบุให้ปรับเทียบให้ทำการปรับเทียบตามที่ระบุไว้ใน Service Manual ของ Oscilloscope จากนั้นทำการสอบเทียบใหม่ โดยเริ่มจากขั้นตอน 8.2.1-8.2.6 จนครบ

### 6.12 Source of Uncertainty

คำนวณค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ในการวัดและบันทึกลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE11 ตาม Ref. Standard ที่ใช้ โดยขั้นตอนการคำนวณ และแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัดที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

6.12.1 Budget Ub1 Year Specification of Multi Product Calibration ได้จากค่า Specification ใน Manual ของ Reference Standard 5500A หารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular

6.12.2 Budget Ub2 Rounding due to UUC Resolution ได้จาก Resolution ของ UUC กรณีเป็น Digital ซึ่งอ่านได้โดยใช้ Cursor Measurement Function ของ Oscilloscope (ถ้ามี) หารด้วย 2 หลังจากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 กรณีเป็น Analog ได้จากความสามารถในการ

อ่านค่าที่ละเอียดที่สุดโดยการแบ่ง Scale จากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular

- 6.12.3 Budget Ua Repeatability of UUC. ได้จากการคำนวณทางสถิติโดยการคำนวณหาค่า Standard Deviation จากการอ่านค่า UUC ซ้ำๆ จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้สูตรในสมการที่ 2 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาหารด้วย Square Root 5 ตามสมการที่ 3 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 เช่นเดียวกัน ก็จะได้เป็น Repeatability of UUC

$$\sigma_{n-1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\sigma_n = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

เมื่อได้ครบทุก Budget แล้วให้นำมารวมกัน โดยวิธี Root Sum Square จะได้เป็นค่า Combine Uncertainty หลังจากนั้นให้หาค่า (kp) Coverage factor โดยใช้สมการหา Effective degree of freedom (Veff) ที่เรียกว่าสมการ Welch-Satterthwaite ในหน้า 4 ของ 8 ใน OP-18/01 สมการที่ 8 เมื่อได้ค่า V effective แล้วให้นำไปเปิดตาราง t-distribution เพื่อหาค่า Coverage factor ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หลังจากที่ได้ค่า Coverage factor แล้วให้นำไปคูณกับค่า Combine Uncertainty ก็จะได้เป็น Expanded Uncertainty ซึ่งค่านี้จะต้องนำไปรายงานใน Certificate

$$V_{eff} = \frac{UC^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{U_i^4(y)}{V_i}}$$

- 6.3.4 นำผลการสอบเทียบ Oscilloscope ที่ได้และค่า Uncertainty of Measurement ที่คำนวณได้ลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE11 พร้อมข้อมูลที่จำเป็นที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 : 1999 ข้อ 5.10.2 พิมพ์ลง Certificate

## 7. การสอบเทียบเครื่องมือวัดเวลา

### 7.1 ขอบข่ายการสอบเทียบเครื่องมือวัดเวลา



## 7.2

| Range            | Best Uncertainty ( $\pm$ ) | Test Method                                            |
|------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1 S ~ 89.99 S    | 6.0 mS                     | Direct Measurement with<br>Universal Frequency Counter |
| 90 S ~ 90.00 min | 0.35 S                     |                                                        |

\* UUC Unit Under Calibration

## 7.2 เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้

7.2.1 Counter Timer Maker Fluke Model 1953A S/N 4450015

7.2.2 AM/FM Signal Generator Maker Marconi Model 2030 S/N 119665/012

7.2.3 SYNTHESIZED Function Generator Maker Yokogawa Model FG110

S/N 27XW0013A

## 7.3 สภาวะแวดล้อมที่ควบคุม

อุณหภูมิห้อง  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ความชื้นสัมพัทธ์  $50 \pm 10\%$

## 7.4 เอกสารอ้างอิง

7.4.1 คู่มือการใช้งานของ Standard 1953A, Standard 2030, Standard FG110

และ Service Manual ของ UUC (ในกรณีที่ต้องใช้)

7.4.2 Test Record No. IICC.FM.TE07

7.4.3 Uncertainty Budget No. IICC.FM.UE12

7.4.4 วิธีการคำนวณหาค่า Uncertainty of Measurement OP-18/01

## 7.5 ข้อควรปฏิบัติขั้นต้นก่อนการสอบเทียบเครื่องมือวัด

7.5.1 ศึกษาวิธีการทำงาน ตามคู่มือนี้ให้ละเอียดก่อนทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด

7.5.2 ตรวจสอบสภาพของ UUC ว่าอยู่ในสภาพที่พร้อมจะทำการสอบเทียบหรือไม่

ถ้าไม่อยู่ในสภาพพร้อมสอบเทียบ ให้ลงบันทึกค้นอุปกรณ์พร้อมระบุสาเหตุที่ค้น

## 7.6 การเตรียมอุปกรณ์

เตรียมการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ เมื่อดำเนินการทุกขั้นตอน แล้วจะต้องทำการอุ่นเครื่อง Standard 1953A, Standard 2030 และ Standard FG110 อย่างน้อย 1 ชั่วโมง ก่อนจะเริ่มทำการสอบเทียบ

7.6.1 ตรวจ UUC ว่าใช้แรงดันไฟฟ้า (Power Supply) เท่าไร (โดยทั่วๆ ไปจะมี 100 V AC @ 50 Hz กับ 220 V AC @ 50 Hz)

7.6.2 เตรียมชุด Socket สำหรับต่อ UUC กับ Standard ให้พร้อมที่จะใช้งาน

## 7.7 ขั้นตอนการสอบเทียบ Timer

### 7.7.1 ต่อชุด Socket เข้ากับ UUC และ STD. ดังรูปที่ 1

AM/FM Signal Generator 2030 ตั้ง Set ที่ LF Output = 1000 Hz ต่อสายสัญญาณเข้าที่ขา NC ของ UUC (หรือ Synthesized Function Generator Counter, FG110) และที่เครื่อง Counter Timer 1953A จะ Set ที่ Function Frequency Counter ใน Mode “Totalizer” และให้ต่อสายสัญญาณ input เข้าที่ขา NO ของ UUC

หมายเหตุ ให้ทำการ Warm Up เครื่อง UUC ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ (ถ้ามี) ตาม Service Manual ของ UUC

### 7.7.2 จุดที่จะทำการสอบเทียบมีดังนี้

ในกรณีที่มี UUC มีหลาย Function เช่น Sec, Min, Hrs. ให้กำหนดจุดทดสอบที่ 20%, 40%, 60%, 80% และ 100% ของ Range / หรือตามจุดที่ถูกค่ากำหนดมาเป็นบางกรณี การป้อนข้อมูลจาก AM/FM Signal Generator 2030 จะป้อนความถี่ Square wave 1000 Hz amplitude 1 ~ 5 Vrms เป็นความถี่คงที่ตลอด ส่วน Counter Timer 1953A จะเป็นตัวนับเวลา ทำได้โดยการ Set UUC ค่าที่ต้องการสอบเทียบแล้วกด Reset ที่ตัว Counter Timer 1953A พร้อมกับกด SW. Reset ของ UUC

### 7.7.3 อ่านค่าจาก Counter Timer 1953A และบันทึกลงใน Test Record No.IICC.FM.TE07

### 7.7.4 ทำตามขั้นตอนการสอบเทียบ 7.2-7.3 จนครบทุกค่าที่ต้องการสอบเทียบ แล้วตรวจสอบดู

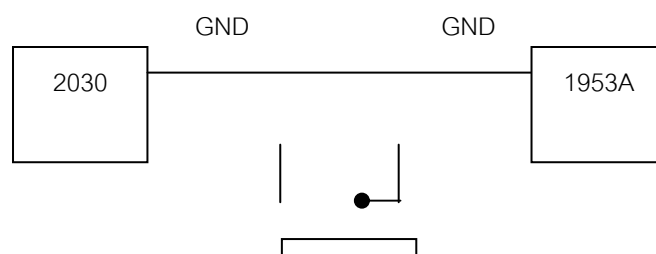
ผลการสอบเทียบว่า Out of Spec หรือไม่ ถ้าไม่ให้ข้ามไปข้อ 8. แต่ถ้าค่าที่อ่านได้ Out of Spec ให้ดูในใบขอรับบริการว่าลูกค้าต้องการให้ปรับเทียบหรือไม่ ถ้าระบุว่าให้ปรับเทียบให้ทำการปรับเทียบตามที่ระบุไว้ใน Service Manual ของ UUC จากนั้นทำการสอบเทียบใหม่ โดยเริ่มจากขั้นตอนที่ 3.7.7.1 ถึง 3.7.7.4 จนครบ

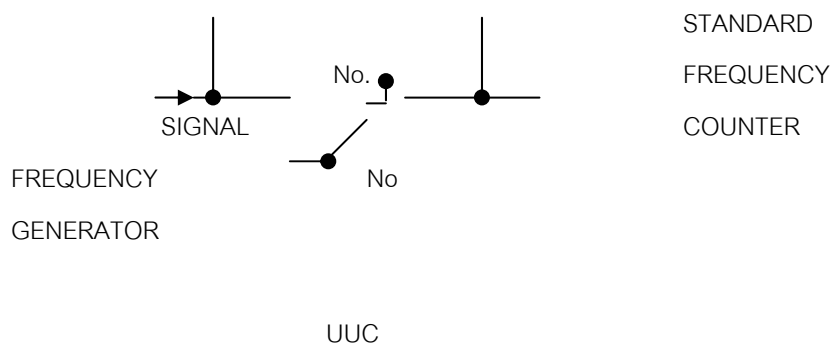
### 7.7.5 จากการนับเวลา Timer จะคำนวณได้จาก

$$\text{Time Counter (S)} = \frac{\text{Total Frequency Counter (Hz)}}{\text{Input Frequency (Hz)}}$$

Total Frequency Counter = ความถี่สะสมที่วัดได้ (Hz)

Input Frequency = ความถี่คงที่ที่ป้อนผ่าน Contact ของ Timer ไปยัง Frequency Counter





รูปที่ 1 แสดงการสอบเทียบ Timer

## 7.8 Source of Uncertainty

คำนวณค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ในการวัดและบันทึกลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE12 ตาม Ref. Standard ที่ใช้ โดยขั้นตอนการคำนวณ และแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัดที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

7.8.1 Budget ub1 Accuracy of Standard ได้จากค่า Time base ใน Manual ของ Reference Standard 1953A หารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular

7.8.2 Budget ub2 Resolution of UUC ได้จาก Resolution ของ UUC หารด้วย 2 หลังจากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular

7.8.3 Budget ua Repeatability ได้จากการคำนวณทางสถิติโดยการคำนวณหาค่า Standard Deviation จากการอ่านค่า UUC ซ้ำๆ จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้สูตรในสมการที่ 2 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาหารด้วย Square Root 5 ตามสมการที่ 3 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 เช่นเดียวกัน ก็จะได้เป็น Repeatability of UUC

$$\sigma_{n-1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\sigma_n = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

เมื่อได้ครบทุก Budget แล้วให้นำมารวมกัน โดยวิธี Root Sum Square จะได้เป็นค่า Combine Uncertainty หลังจากนั้นให้หาค่า (kp) Coverage factor โดยใช้สมการหา Effective degree of freedom (Veff) ที่เรียกว่าสมการ Welch-Satterthwaite ในหน้า 4 ของ 8 ใน OP-18/01 สมการที่ 8 เมื่อได้ค่า V effective แล้วให้นำไปเปิดตาราง t-distribution เพื่อหาค่า Coverage factor ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หลังจากที่ได้ค่า Coverage factor แล้วให้นำไปคูณกับค่า Combine Uncertainty ก็จะได้เป็น Expanded Uncertainty ซึ่งค่านี้จะต้องนำไปรายงานใน Certificate

$$V_{eff} = \frac{UC^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{Ui^4(y)}{Vi}}$$

7.8.4 นำผลการสอบเทียบ Electronic Timer ที่ได้และค่า Uncertainty of Measurement ที่คำนวณได้ลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE12 พร้อมข้อมูลที่เป็นที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 : 1999 ข้อ 5.10.2 พิมพ์ลงใน Certificate

## 8. การสอบเทียบเครื่องมือวัดเวลาความเร็วรอบ

### 8.1 ขอบข่ายการสอบเทียบเครื่องมือวัดเวลาความเร็วรอบ

| Range              | Best Uncertainty ( $\pm$ ) | Test Method                                         |
|--------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------|
| 10 rpm ~ 99999 rpm | 0.18 rpm                   | Direct Measurement with Universal Frequency Counter |

### 8.2 เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้

Digital Multimeter Maker Keithley Model 2000 S/N. 0643113 หรือ

Universal Frequency Counter Maker Fluke Model PM6685 S/N. SM691698

### 8.3 สภาวะแวดล้อมที่ควบคุม

อุณหภูมิห้อง  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

ความชื้นสัมพัทธ์  $(50 \pm 10) \%$

### 8.4 เอกสารอ้างอิง

8.4.1 คู่มือการใช้งานของ Standard keithly 2000, Standard PM6685 และ Service Manual ของ UUC (ถ้าจำเป็นต้องใช้)

8.4.2 คู่มือการใช้งานของ Universal Frequency Counter Maker Fluke Model PM6685 และ Service Manual ของ UUC (ถ้าจำเป็นต้องใช้)

8.4.3 Test Record No. IICC.FM.TE11

8.4.4 Uncertainty Budget No. IICC.FM.UE04

8.4.5 วิธีการคำนวณหาค่า Uncertainty of Measurement OP-18/01

### 8.5 ข้อควรปฏิบัติขั้นต้นก่อนการสอบเทียบเครื่องมือวัด

8.5.1 ศึกษาวิธีการทำงาน ตามคู่มือนี้ให้ละเอียดก่อนทำการสอบเทียบ Stroboscope

8.5.2 ทำการตรวจสอบสภาพของ UUC ว่าอยู่ในสภาพที่พร้อมสอบเทียบหรือไม่

8.5.3 ถ้าไม่อยู่ในสภาพที่สอบเทียบได้ ให้ลงบันทึกคืนอุปกรณ์พร้อมทั้งระบุสาเหตุที่คืน

### 8.6 การเตรียมอุปกรณ์

เตรียมการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

8.6.1 Warm Up Standard Keithley 2000 ,Standard PM6685 อย่างน้อย 1 ชั่วโมง ก่อนจะเริ่มทำการสอบเทียบ

8.6.2 ต่อสาย Probe ที่จะใช้ในการสอบเทียบ ( สาย Coaxial )

8.6.3 ตรวจสอบแรงดันไฟเลี้ยงที่ใช้กับ UUC (โดยทั่ว ๆ ไปจะมี 100 V AC 50Hz กับ 220 V AC 50Hz)

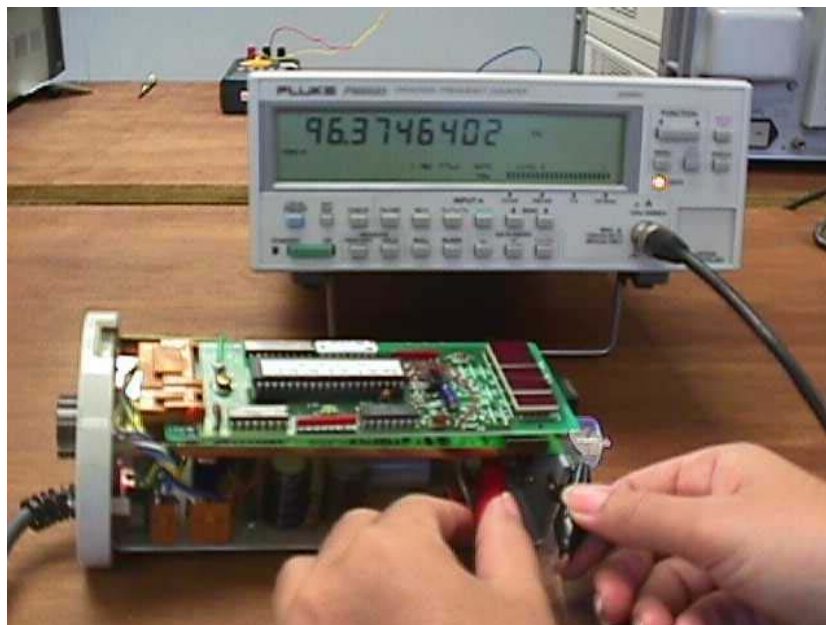
8.6.4 ต่อสาย Line Power เข้ากับเครื่อง UUC

### 8.7 ขั้นตอนการสอบเทียบ

ให้ Set Standard Keithley 2000, Standard PM6685 .ให้อยู่ใน Function Frequency Measurement

8.7.1 เปิดฝาครอบ UUC ออก

8.7.2 กดสวิตช์ Power on ของ UUC และ Warm up UUC ประมาณ 15 นาที นำสายวัดแตะที่ขาหลอด Xenon ของ UUC ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ตัวอย่างการหา Test Point ของ Stroboscope

8.7.3 ปรับค่าความเร็วรอบของ UUC ที่ไม่ปรับค่าความเร็วรอบ ตามค่าที่ต้องการสอบเทียบ

8.7.4 อ่านค่าความถี่จาก Standard แล้วบันทึกค่าลง Test Record No. IICC.FM.TE11

ค่าที่อ่านได้เป็นความถี่ ต้องนำมาแปลงเป็นความเร็วรอบ โดยใช้สูตร  $\text{rpm} = f \times 60$

8.7.5 ทำการสอบเทียบจนครบทุกค่าตามที่ต้องการ

ดูค่าผลการสอบเทียบว่า Out of Spec. หรือไม่

8.7.6 หากผลการสอบเทียบ Out of Spec. ให้ดูในใบขอรับบริการว่าลูกค้าต้องการให้ปรับหรือไม่

8.7.7 ถ้าต้องการให้ทำการปรับตามข้อปฏิบัติใน Service Manual แล้วจึงทำการสอบเทียบใหม่ตามข้อ 8.7.2 - 8.7.6

## 8.8 Source of Uncertainty

คำนวณค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ในการวัดและบันทึกลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE04 ตาม Ref. Standard ที่ใช้ โดยขั้นตอนการคำนวณ และแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัดที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

- 8.8.1 **Budget ub1 Accuracy of Standard** ได้จากค่า Time base ใน Manual ของ Reference Standard PM6685 หารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular
- 8.8.2 **Budget ub2 Resolution of UUC** ได้จาก Resolution ของ UUC หารด้วย 2 หลังจากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 เป็นการกระจายแบบ Rectangular
- 8.8.3 **Budget ua Repeatability** ได้จากการคำนวณทางสถิติโดยการคำนวณหาค่า Standard Deviation จากการอ่านค่า UUC ซ้ำๆ จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้สูตรในสมการที่ 2 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาหารด้วย Square Root 5 ตามสมการที่ 3 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 เช่นเดียวกัน ก็จะได้เป็น Repeatability of UUC

$$\sigma_{n-1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

เมื่อได้ครบทุก Budget แล้วให้นำมารวมกัน โดยวิธี Root Sum Square จะได้เป็นค่า Combine Uncertainty หลังจากนั้นให้หาค่า (kp) Coverage factor โดยใช้สมการหา Effective degree of freedom (Veff) ที่เรียกว่าสมการ Welch-Satterthwaite ในหน้า 4 ของ 8 ใน OP-18/01 สมการที่ 8 เมื่อได้ค่า V effective แล้วให้นำไปเปิดตาราง t-distribution เพื่อหาค่า Coverage factor ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หลังจากที่ได้ค่า Coverage factor แล้วให้นำไปคูณกับค่า Combine Uncertainty ก็จะได้เป็น Expanded Uncertainty ซึ่งค่านี้จะต้องนำไปรายงานใน Certificate

$$V_{eff} = \frac{UC^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{Ui^4(y)}{Vi}}$$

- 8.8.4 นำผลการสอบเทียบ Stroboscope ที่ได้และค่า Uncertainty of Measurement ที่คำนวณได้ ลงใน Uncertainty Budget No.IICC.FM.UE04 พร้อมข้อมูลที่เป็นที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 : 1999 ข้อ 5.10.2 พิมพ์ลงใน Certificate

## 9. ขอบข่ายของการสอบเทียบ RTD

### 9.1 ขอบข่ายการสอบเทียบ RTD

| Temperature Range |              | Best Uncertainty ( $\pm$ ) |             | Calibration Method                                                              |
|-------------------|--------------|----------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|                   |              | Source                     | Measurement |                                                                                 |
| -200°C to 0°C     | 2, 3, 4 Wire | 0.0065°C                   | 0.044°C     | Direct Measurement with<br>Digital Multimeter and<br>Standard Resistance Source |
| > 0°C to 100°C    |              | 0.0083°C                   | 0.058°C     |                                                                                 |
| > 100°C to 200°C  |              | 0.010°C                    | 0.071°C     |                                                                                 |
| > 200°C to 300°C  |              | 0.012°C                    | 0.084°C     |                                                                                 |
| > 300°C to 400°C  |              | 0.013°C                    | 0.097°C     |                                                                                 |
| > 400°C to 500°C  |              | 0.015°C                    | 0.11°C      |                                                                                 |
| > 500°C to 600°C  |              | 0.017°C                    | 0.12°C      |                                                                                 |
| > 600°C to 700°C  |              | 0.018°C                    | 0.13°C      |                                                                                 |
| > 700°C to 800°C  |              | 0.019°C                    | 0.14°C      |                                                                                 |
| > 800°C to 850°C  |              | 0.020°C                    | 0.15°C      |                                                                                 |
| (Pt100 : ITS 90)  |              |                            |             |                                                                                 |

UUC \* = Unit Under Calibration

### 9.2 เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้

ในกรณี UUC เป็น function : Source

9.2.1 Digital Multimeter Maker Fluke Model 8842A S/N 4577264

9.2.2 Digital Multimeter Maker Fluke Model 8505A S/N 5695303

9.2.3 Digital Multimeter Maker Hewlett Packard Model 3458A S/N 2823A23839

9.2.4 Digital Multimeter Maker Keithley Model 2000 S/N 0643113

ในกรณี UUC เป็น function : Measurement

9.2.5 Decade Resistance Box Maker Yokogawa Model 2793 S/N 02752

9.2.6 Multi – Product Calibrator Maker Fluke Model 5500A S/N 6440007

### 9.3 สภาพแวดล้อมที่ควบคุม

อุณหภูมิห้อง  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

ความชื้นสัมพัทธ์  $(50 \pm 10)\%$



#### 9.4 เอกสารอ้างอิง

9.4.1 คู่มือการใช้งานของ Standard 8505A, 3458A, 8842A, 2000, Standard 2793, 5500A และ Manual ของ UUC (ในกรณีที่ต้องใช้)

9.4.2 Test Record No. IICC.FM.TE04 และ IICC.FM.TE10

9.4.3 Uncertainty Budget IICC.FM.UE13 และ IICC.FM.UE16

ตาราง RTD ITS – 90 (ASTM E 1137/1998. Volume 14.03)

9.4.5 OP-18/01 (วิธีการคำนวณ Uncertainty of Measurement)

#### 9.5 ข้อควรปฏิบัติขั้นต้นก่อนการสอบเทียบเครื่องมือวัด

9.5.1 ศึกษาวิธีการทำงานของ UUC ตลอดจน Accuracy เพื่อเป็นข้อมูลการตัดสินใจในการเลือกใช้

Reference Standard โดยขอแนะนำในการเลือก นั้นให้ใช้ Accuracy Ratio = 4:1 ขึ้นไป

และถ้ากรณีที่ Accuracy Ratio ไม่เป็นไปตามขอแนะนำเช่นอาจจะได้แค่ 3:1 ให้ติดต่อลูกค้า

ว่าจะให้ดำเนินการสอบเทียบต่อไปหรือไม่ ถ้าไม่ ให้ส่งเครื่องมือคืน หากลูกค้ายินยอม

ต้องมีเอกสาร แสดงความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อแจ้งให้ทางห้องปฏิบัติการ

ได้ทราบด้วย

9.5.2 ทำการตรวจสอบ Battery ของ UUC ว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานหรือ

ไม่ ถ้าไม่พร้อม ให้ทำการเปลี่ยน Battery และถ้า UUC ใช้ A.C. Line เป็น Power Supply

ให้ตรวจสอบระดับแรงดันของ UUC ที่ใช้ด้วย เพื่อป้องกันการจ่ายไฟผิด

9.5.3 กรอกรหัสของ UUC ลงใน Test Record No:IICC.FM.TE04 หรือ IICC.FM.TE10

ตาม ประเภทของ UUC

9.5.4 ศึกษาวิธีการทำงานของ UUC ตามคู่มือให้ละเอียด โดยเฉพาะขั้นตอนในการ Set ค่าใน Function

ต่างๆ เช่น Temperature Scale เพื่อป้องกันความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการแปลงค่าในขณะ

สอบเทียบ รวมถึงลักษณะของการต่อสายว่าเป็นแบบใด (2,3,4 wire)

#### 9.6 การเตรียมอุปกรณ์

9.6.1 ต่อสาย Power Supply เข้ากับ Digital Multimeter ที่ใช้เป็น Reference Standard

กด สวิตช์ Power ON

9.6.2 ทำการอุ่นเครื่อง Digital Multimeter Standard เป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนทำการสอบเทียบ

หมายเหตุ : ในกรณีใช้ Digital Multimeter 3458 A เป็น Reference Standard ให้เข้าสู่ Function Autocal ก่อนทำการสอบเทียบ โดยกดปุ่ม Autocal และกด Enter ที่ Front Panel

9.6.3 เตรียมสายที่จะใช้ในการสอบเทียบ (สายที่ใช้ อาจจะเป็นสาย Low thermal EMF หรือ สาย

Test Lead ที่มีความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดตัวนำเท่ากันทุกเส้น

9.6.4 ทำการอุ่นเครื่อง UUC ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ใน

Manual ถ้าไม่ได้ระบุไว้ให้อุ่นเครื่องประมาณ 1 ชั่วโมง

## 9.7 ขั้นตอนการสอบเทียบ

### 9.7.1 Function RTD Measurement (2 Wire, 3 Wire, 4 Wire)

9.7.1.1 ตรวจสอบ จุดสอบเทียบที่ระบุมาใน Work Order สำหรับกรณีที่มิได้ระบุมา ให้กำหนดจุดสอบเทียบจำนวน 5 จุด ให้ครอบคลุมช่วงการใช้งานของลูกค้า

9.7.1.2 ทำการ Set Zero ที่ตัว UUC ก่อนทำการสอบเทียบ (ในกรณีที่ UUC ไม่มี Function ในการ Set Zero ให้รายงานค่า Zero Offset ลงใน Certificate ด้วย)

9.7.1.3 ต้องจรรยาบรรณรูปที่ 1

9.7.1.4 ทำการป้อนค่าความต้านทานจาก Standard 5500A ตามจุดสอบเทียบที่กำหนดโดยเปิดจากตารางเทียบค่า RTD มาตรฐาน (ASTM E 1137/1998. Volume 14.03)

9.7.1.5 บันทึกค่าของ Standard และ UUC ลงใน Test Record No.IICC.FM.TE04 วิธีในการคำนวณเพื่อแปลงค่าจาก ค่าความต้านทาน เป็น ค่าอุณหภูมิ ทำได้โดยใช้สูตร

$$\frac{R_{meas} - R_{min}}{R_{max} - R_{min}} = \frac{T_{meas} - T_{min}}{T_{max} - T_{min}}$$

$$T_{meas} = T_{min} + \frac{(R_{meas} - R_{min})}{R_{max} - R_{min}} \times (T_{max} - T_{min})$$

$$@1^{\circ}\text{C} \therefore T_{max} - T_{min} = 1^{\circ}\text{C}$$

9.7.1.6 ทำการวัดซ้ำจำนวน 5 ครั้งบันทึกค่าลงใน Test Record No:IICC.FM.TE04

9.7.1.7 ทำการสอบเทียบตามขั้นตอนในข้อ 7.1.4 ถึง 7.1.6 จนครบทุกจุดสอบเทียบ

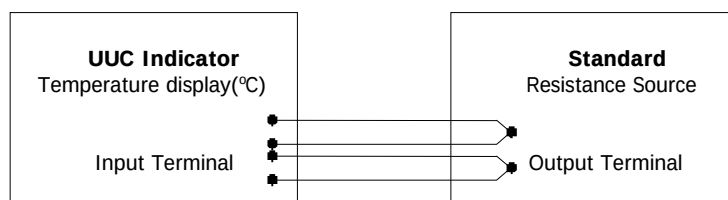
9.7.1.8 ตรวจสอบผลการสอบเทียบว่าสอดคล้องกับ Specification และ หรือ เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า หรือไม่ ถ้าใช่ให้ข้ามไปทำตามขั้นตอนในข้อ 8

9.7.1.9 ถ้าผลการสอบเทียบ ไม่สอดคล้องกับ Specification และ หรือ ไม่เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า ให้ทำการปรับตามขั้นตอนใน Service Manual ของ UUC หลังจากนั้น ทำการสอบเทียบใหม่โดยเริ่มจากขั้นตอนที่ 7.1.4 ถึง 7.1.6 จนครบทุกจุดสอบเทียบ

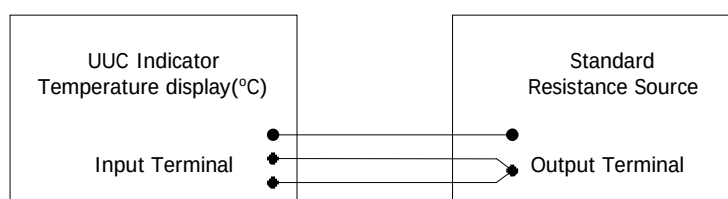
หมายเหตุ : ในกรณีที่ทำการปรับค่าของ UUC แล้วผลการสอบเทียบยังคงไม่สอดคล้องกับ

Specification เช่นมีค่า Error ใดกว่า Accuracy ให้ทำเครื่องหมาย \* ที่จุดสอบเทียบ

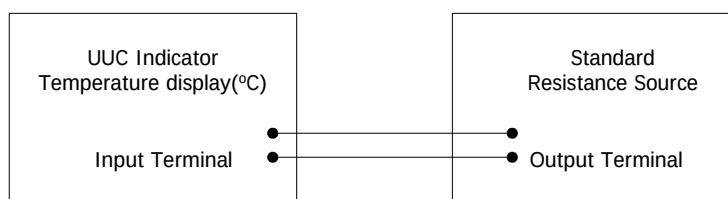
นั้นๆ พร้อมทั้งให้ระบุความหมายของเครื่องหมาย \* ลงใน Certificate ด้วย



4 Wires Measurement



3 Wires Measurement



2 Wires Measurement

รูปที่ 1 แสดงลักษณะการต่อสาย ของ Temperature Calibrator Function RTD Measurement

#### 9.8 Function RTD Source

9.8.1 ตรวจสอบ จุดสอบเทียบที่ระบุมาใน Work Order สำหรับกรณีที่ไม่ได้ระบุมา ให้กำหนดจุดสอบเทียบจำนวน 5 จุด ให้ครอบคลุมช่วงการใช้งานของลูกค้

9.8.2 ทำการ Set Zero ที่ตัว Reference Standard Multimeter ใน Function Resistance

Measurement ก่อนทำการสอบเทียบ สำหรับกรณีถ้า Reference Standard ไม่มี Function ในการ Set Zero ให้ทำการบันทึกค่า Off Set เพื่อนำไปชดเชยในการอ่านค่า

9.8.3 ต้องจตามรูปที่ 2

9.8.4 ทำการป้อนค่าจาก UUC ตามจุดสอบเทียบที่กำหนดโดยขั้นตอนในการ Set ค่า UUC ให้ศึกษาจาก Manual ของ UUC

9.8.5 บันทึกค่าของ Standard และ UUC ลงใน Test Record No.IICC.FM.TE10 วิธีในการคำนวณ

เพื่อแปลงค่าจาก ค่าความต้านทาน เป็น ค่าอุณหภูมิ ทำได้โดยใช้สูตร

$$\frac{R_{meas} - R_{min}}{R_{max} - R_{min}} = \frac{T_{meas} - T_{min}}{T_{max} - T_{min}}$$

$$T_{meas} = T_{min} + \frac{(R_{meas} - R_{min})}{R_{max} - R_{min}} \times (T_{max} - T_{min})$$

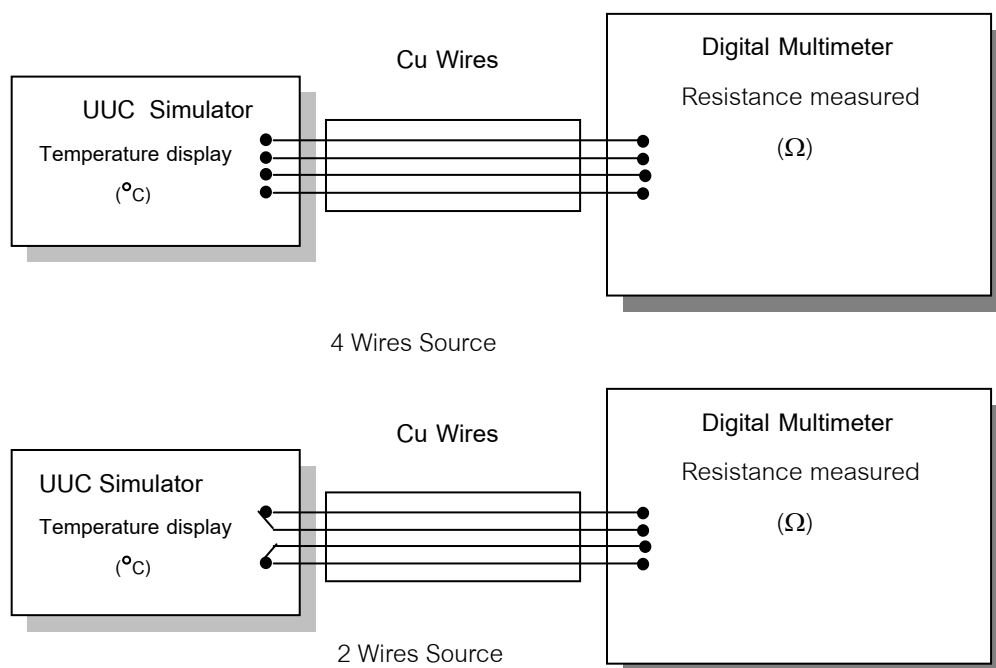
$$@1^{\circ}\text{C} \therefore T_{max} - T_{min} = 1^{\circ}\text{C}$$

9.8.6 ทำการวัดซ้ำจำนวน 5 ครั้งบันทึกค่าลงใน Test Record No:IICC.FM.TE10

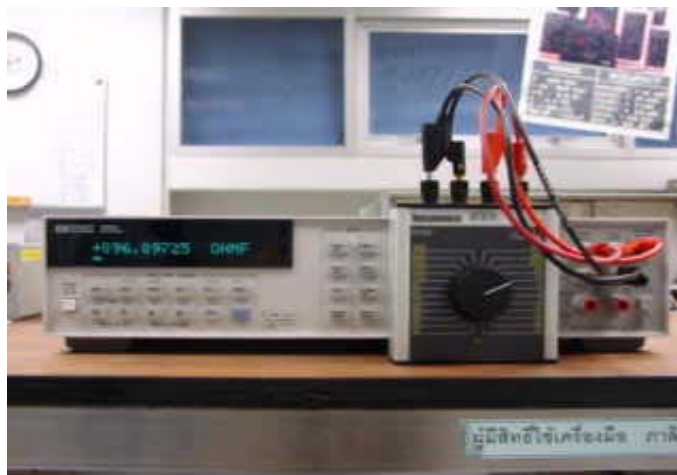
9.8.7 ทำการสอบเทียบตามขั้นตอนในข้อ 7.2.4 ถึง 7.2.6 จนครบทุกจุดสอบเทียบ

9.8.8 ตรวจสอบผลการสอบเทียบว่ามีค่าผิดพลาดอยู่ใน Specification และ หรือ เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า หรือไม่ ถ้าใช่ให้ข้ามไปทำตามขั้นตอนในข้อ 8

9.8.9 ถ้าผลการสอบเทียบมีค่าผิดพลาดเกิน Specification และ หรือ ไม่เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า ให้ทำการปรับตามขั้นตอนใน Service Manual ของ UUC หลังจากนั้น ทำการสอบเทียบใหม่โดยเริ่มจากขั้นตอนที่ 7.2.4 ถึง 7.2.6 จนครบทุกจุดสอบเทียบ



รูปที่ 2 แสดงการต่อวงจร Temperature Calibrator Function RTD Source



รูปที่ 3 แสดงการต่อ Temperature Calibrator Function RTD Source

## 9.9 การรายงานผล

### 9.9.1 ทำการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Uncertainty of Measurement) บันทึกลงใน

Uncertainty Budget No: IICC.FM.UE13 และ IICC.FM.UE16 ตาม Function ของ UUC

โดยขั้นตอนการคำนวณและแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัด มีดังนี้

#### Function RTD Measurement

**Budget Ub1** 1 Year Specification of Standard ได้จากค่า Specification ใน Manual ของ Reference Standard ที่ใช้หารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ub2** Resolution of UUC ได้จาก Resolution ของ UUC กรณีเป็น Digital หารด้วย 2 หลังจากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ua** Repeatability of UUC. ได้จากการคำนวณทางสถิติโดยการคำนวณหาค่า Standard Deviation จากการวัดค่า UUC ซ้ำๆ จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้สูตรในสมการที่ 2 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาหารด้วย Square Root 5 ตามสมการที่ 3 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 เช่นเดียวกัน ก็จะได้เป็น Repeatability of UUC

$$\sigma_{n-1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\sigma_n = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

เมื่อได้ครบทุก Budget แล้วให้นำมารวมกัน โดยวิธี Root Sum Square จะได้เป็นค่า Combine Uncertainty หลังจากนั้นให้หาค่า (kp) Coverage factor โดยใช้สมการหา Effective degree of freedom (Veff) ที่เรียกว่าสมการ Welch-Satterthwaite ในหน้า 4 ของ 8 ใน OP-18/01 สมการที่ 8 เมื่อได้ค่า V effective แล้วให้นำไปเปิดตาราง t-distribution เพื่อหาค่า Coverage factor ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หลังจากที่ได้ค่า Coverage factor แล้วให้นำไปคูณกับค่า Combine Uncertainty ก็จะได้เป็น Expanded Uncertainty ซึ่งค่านี้จะต้องนำไปรายงานใน Certificate

$$V_{eff} = \frac{UC^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{U_i^4(y)}{V_i}}$$

#### Function RTD Source

**Budget Ub1** 1 Year Specification of Reference Standard Multimeter ได้จากค่า Specification ใน Manual ของ Reference Standard ที่ใช้หารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ub2** Resolution of Standard ได้จาก Resolution ของ Standard หารด้วย 2 หลังจากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ua** Repeatability of Standard. ได้จากการคำนวณทางสถิติโดยการคำนวณหาค่า Standard Deviation จากการวัดซ้ำ จำนวน 5 ครั้ง โดยขั้นตอนในการคำนวณจะเหมือนกับการสอบเทียบใน Function RTD Measurement

- 9.9.2 นำผลการสอบเทียบ Temperature Indicator/Calibrator ที่ได้และค่า Uncertainty of Measurement ที่คำนวณได้ พร้อมข้อมูลที่เป็นที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 : 1999 ข้อ 5.10.2 พิมพ์ลงใน Certificate

# 10. ขอบเขตของการสอบเทียบ

## 10.1 Function : mV Source of Thermocouples

: Temperature measurement of Thermocouples

| TC Type | Temperature Range    | Best Uncertainty ( $\pm$ ) |             | Calibration Method                                                              |
|---------|----------------------|----------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|         |                      | Source                     | Measurement |                                                                                 |
| K       | - 200 °C to 300 °C   | 0.22 °C                    | 0.28 °C     | Direct Measurement with Digital<br>Multimeter and Multimeter<br>Calibrator Unit |
|         | > 300 °C to 600 °C   | 0.22 °C                    | 0.29 °C     |                                                                                 |
|         | > 600 °C to 900 °C   | 0.22 °C                    | 0.31 °C     |                                                                                 |
|         | > 900 °C to 1200 °C  | 0.22 °C                    | 0.34 °C     |                                                                                 |
|         | > 1200 °C to 1372 °C | 0.22 °C                    | 0.35 °C     |                                                                                 |
| J       | - 210 °C to 900 °C   | 0.30 °C                    | 0.34 °C     |                                                                                 |
|         | > 900 °C to 1200 °C  | 0.30 °C                    | 0.35 °C     |                                                                                 |
| T       | - 250 °C to 0 °C     | 0.49 °C                    | 0.52 °C     |                                                                                 |
|         | > 0 °C to 400 °C     | 0.49 °C                    | 0.50 °C     |                                                                                 |
| E       | - 250 °C to 0 °C     | 0.27 °C                    | 0.29 °C     |                                                                                 |
|         | > 0 °C to 400 °C     | 0.27 °C                    | 0.29 °C     |                                                                                 |
|         | > 400 °C to 600 °C   | 0.27 °C                    | 0.29 °C     |                                                                                 |
|         | > 600 °C to 800 °C   | 0.27 °C                    | 0.30 °C     |                                                                                 |
|         | > 800 °C to 1000 °C  | 0.27 °C                    | 0.30 °C     |                                                                                 |

| TC Type | Temperature Range    | Best Uncertainty ( $\pm$ ) |             | Calibration Method                                                        |
|---------|----------------------|----------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------|
|         |                      | Source                     | Measurement |                                                                           |
| R       | 0 °C to 300 °C       | 0.65 °C                    | 0.96 °C     | Direct Measurement with Digital Multimeter and Multimeter Calibrator Unit |
|         | > 300 °C to 600 °C   | 0.65 °C                    | 0.92 °C     |                                                                           |
|         | > 600 °C to 900 °C   | 0.65 °C                    | 0.86 °C     |                                                                           |
|         | > 900 °C to 1200 °C  | 0.65 °C                    | 0.84 °C     |                                                                           |
|         | > 1200 °C to 1500 °C | 0.65 °C                    | 0.85 °C     |                                                                           |
|         | >1500 °C to 1768 °C  | 0.65 °C                    | 0.92 °C     |                                                                           |
| S       | 0 °C to 300 °C       | 0.65 °C                    | 1.0 °C      |                                                                           |
|         | > 300 °C to 600 °C   | 0.65 °C                    | 0.92 °C     |                                                                           |
|         | > 600 °C to 900 °C   | 0.65 °C                    | 0.93 °C     |                                                                           |
|         | > 900 °C to 1200 °C  | 0.65 °C                    | 0.90 °C     |                                                                           |
|         | > 1200 °C to 1500 °C | 0.65 °C                    | 0.91 °C     |                                                                           |
|         | > 1500 °C to 1768 °C | 0.65 °C                    | 0.96 °C     |                                                                           |

## 10.2 เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้

10.2.1 Digital Multimeter Maker Hewlett Packard Model 3458A S/N 2823A23839

10.2.2 Digital Multimeter Maker Fluke Model 8842A S/N 4577264

10.2.3 Digital Multimeter Maker Keithley Model 2000 S/N 0643113

(ใช้ในกรณี UUC เป็น Function : Source)

10.2.4 Multimeter Calibrator Unit Maker Fluke Model 5100B S/N 5710001

10.2.5 Multi – Product Calibrator Maker Fluke Model 5500A S/N 6440007

(ใช้ในกรณี UUC เป็น Function : Measurement)

10.2.6 Reference Junction Compensator Maker Chino Model UN-S/N UN963A018

(ใช้งานแบบ Two Junction ตามรูปที่ 1)

## 10.3 สภาวะแวดล้อมที่ควบคุม

อุณหภูมิห้อง  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

ความชื้นสัมพัทธ์  $(50 \pm 10) \%$



#### 10.4. เอกสารอ้างอิง

- 10.4.1 คู่มือการใช้งานของ Standard 3458A, 8842A, 2000 Standard 5500A, 5100B และ Manual ของ UUC (ในกรณีที่ต้องใช้)
- 10.4.2 Test Record No. IICC.FM.TE04 (Measurement), IICC.FM.TE09 (Source)
- 10.4.3 Uncertainty Budget IICC.FM.UE17 , IICC.FM.UE09
- 10.4.4 ตาราง Thermocouple ตาม ITS – 90 (ASTM E230/1998. Volume 14.03)
- 10.4.5 วิธีการคำนวณค่า Uncertainty of Measurement OP-18/01

#### 10.5 ข้อควรปฏิบัติขั้นต้นก่อนการสอบเทียบเครื่องมือวัด

- 10.5.1 ศึกษาวิธีการทำงานของ UUC ตลอดจน Accuracy เพื่อเป็นข้อมูลการตัดสินใจในการเลือกใช้ Reference Standard โดยขอแนะนำในการเลือก นั้นให้ใช้ Accuracy Ratio = 4:1 ขึ้นไป และถ้ากรณีที่ Accuracy Ratio ไม่เป็นไปตามขอแนะนำเช่นอาจจะได้แค่ 3:1 ให้ติดต่อลูกค้าว่าจะให้ดำเนินการสอบเทียบต่อไปหรือไม่ ถ้าไม่ ให้ส่งเครื่องมือคืน ลูกค้ายินยอม จะต้องมียกเอกสารแสดงความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อแจ้งให้ทางห้องปฏิบัติการได้ทราบด้วย
- 10.5.2 ทำการตรวจสอบตรวจสอบ Battery ของ UUC ว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานหรือไม่ ถ้าไม่พร้อม ให้ทำการเปลี่ยน Battery และถ้ากรณี UUC ใช้ A.C. Line เป็น Power Supply ให้ตรวจสอบระดับแรงดันของ UUC ที่ใช้ด้วย เพื่อป้องกันการจ่ายไฟผิด
- 10.5.3 กรอกรายละเอียดที่เป็นของ UUC ลงใน Test Record No:IICC.FM.TE04 หรือ IICC.FM.TE10 ตาม ประเภทของ UUC

#### 10.6 การเตรียมอุปกรณ์

- 10.6.1 ต่อสาย Power Supply เข้ากับ Digital Multimeter ที่ใช้เป็น Reference Standard
- 10.6.2 กด สวิตช์ Power ON
- 10.6.3 ทำการอุ่นเครื่อง Digital Multimeter Standard เป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนทำการสอบเทียบ

หมายเหตุ : ในกรณีใช้ Digital Multimeter 3458 A เป็น Reference Standard ให้เข้าสู่ Function Autocal ก่อนทำการสอบเทียบ โดยกดปุ่ม Autocal และกด Enter ที่ Front Panel

- 10.6.4 เตรียมสายทองแดงและสาย TC ที่ใช้ในการสอบเทียบ ให้ตรงกับชนิดของ Input/Output ของ Temperature Indicator/Calibrator ที่จะสอบเทียบ
- 10.6.5 ทำการอุ่นเครื่อง UUC ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ใน Manual ถ้าไม่ได้ระบุไว้ ให้อุ่นเครื่องประมาณ 1 ชั่วโมง

### 10.6.6 เตรียม Reference Junction Compensate ให้พร้อมสำหรับการสอบเทียบ

## 10.7 ขั้นตอนการสอบเทียบ

### 10.7.1 Function TC Measurement

10.7.1.1 ตรวจสอบจุดสอบเทียบที่ระบุมาใน Work Order สำหรับกรณีที่ไม่ได้ระบุมา ให้กำหนดจุดสอบเทียบให้ครอบคลุมช่วงการใช้งานของลูกค้ายใน แต่ละ Input/Output Type โดยแบ่งเป็น 5 จุดสอบเทียบ เริ่มจากค่าต่ำสุดไปถึงค่าสูงสุดของ Range Step ละประมาณ 25% of Range

10.7.1.2 ต้องปฏิบัติตามรูปที่ 1

10.7.1.3 ทำการจ่ายแรงดันจาก Reference Standard Voltage Source ตามจุดสอบเทียบที่กำหนดโดยเปิดเทียบจากตาราง TC มาตรฐานของแต่ละ Type

10.7.1.4 บันทึกค่าของ Standard และ UUC ลงใน Test Record No.IICC.FM.TE04

$$\frac{E_{meas} - E_{min}}{E_{max} - E_{min}} = \frac{T_{meas} - T_{min}}{T_{max} - T_{min}}$$

$$T_{meas} = T_{min} + \frac{(E_{meas} - E_{min})}{E_{max} - E_{min}} \times (T_{max} - T_{min})$$

$$@1^{\circ}\text{C} \therefore T_{max} - T_{min} = 1^{\circ}\text{C}$$

$E_{meas}$  = emf ที่วัดได้จาก UUC

$E_{max}$  = emf ที่มากกว่าค่าที่วัดได้ในช่วงนั้น ๆ (ดูค่าจากในตาราง Thermocouple ตาม ITS-90)

$E_{min}$  = emf ที่น้อยกว่าค่าที่วัดได้ในช่วงนั้น ๆ (ดูค่าจากในตาราง Thermocouple ตาม ITS-90)

$T_{meas}$  = อ่านอุณหภูมิที่แท้จริง

$T_{max}$  = ค่าอุณหภูมิมากกว่าค่าที่วัดได้ในช่วงนั้น ๆ (ดูค่าจากในตาราง Thermocouple ตาม ITS-90)

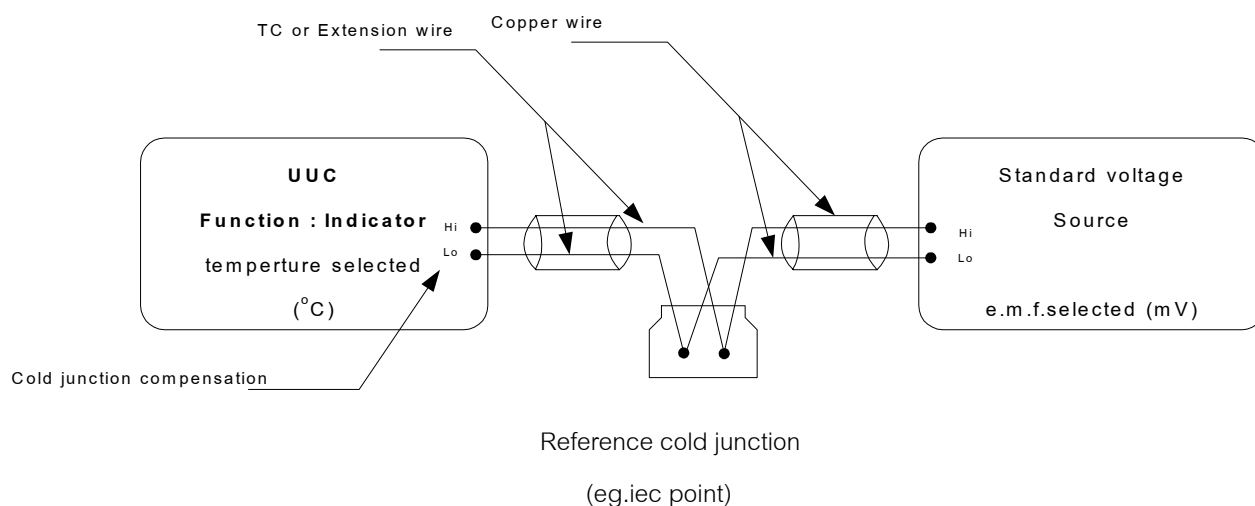
$T_{min}$  = ค่าอุณหภูมิน้อยกว่าค่าที่วัดได้ในช่วงนั้น ๆ (ดูค่าจากในตาราง Thermocouple ตาม ITS-90)

10.7.1.5 ทำการวัดซ้ำจำนวน 5 ครั้งบันทึกค่าลงใน Test Record No:IICC.FM.TE10

10.7.1.6 ทำการสอบเทียบตามขั้นตอนในข้อ 7.1.3 ถึง 7.1.5 จนครบทุกจุดสอบเทียบ

10.7.1.7 ตรวจสอบผลการสอบเทียบว่าสอดคล้องกับ Specification และ หรือ เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า หรือไม่ ถ้าใช่ให้ข้ามไปทำตามขั้นตอนในข้อ 8

10.7.1.8 ถ้าผลการสอบเทียบ ไม่สอดคล้องกับ Specification และ หรือ ไม่เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า ให้ทำการปรับตามขั้นตอนใน Service Manual ของ UUC หลังจากนั้น ทำการสอบเทียบใหม่โดยเริ่มจากขั้นตอนที่ 7.1.3 ถึง 7.1.5 จนครบทุกจุดสอบเทียบ



รูปที่ 1 แสดงการสอบเทียบ Temperature Calibrator Function TC Measurement

#### 10.8 Function TC Source

10.8.1 ตรวจสอบจุดสอบเทียบที่ระบุมาใน Work Order สำหรับกรณีที่ไม่ได้ระบุมา ให้กำหนดจุดสอบเทียบให้ครอบคลุมช่วงการใช้งานของลูกค้ายใน แต่ละ Input/Output Type โดยแบ่งเป็น 5 จุด สอบเทียบ เริ่มจากค่าต่ำสุดไปถึงค่าสูงสุดของ Range Step ละประมาณ 25% of Range

10.8.2 ต้องปฏิบัติตามรูปที่ 2

10.8.3 Set Function ของ Reference Standard ที่ Voltage Measurement พร้อมทั้งทำการ Set Zero สำหรับกรณีถ้า Reference Standard ไม่มี Function ใน การ Set Zero ให้ทำการบันทึกค่า Off Set เพื่อนำไปชดเชยในการอ่านค่า หรืออาจจะนำไปคำนวณค่า Uncertainty of Measurement

10.8.4 ทำการจ่ายแรงดันจาก UUC ตามจุดสอบเทียบที่กำหนดโดย

เปิดเทียบจากตาราง TC มาตรฐานของแต่ละ Type

10.8.5 บันทึกค่าของ Standard และ UUC ลงใน Test Record No.IICC.FM.TE04

$$\frac{E_{meas} - E_{min}}{E_{max} - E_{min}} = \frac{T_{meas} - T_{min}}{T_{max} - T_{min}}$$

$$T_{meas} = T_{min} + \frac{(E_{meas} - E_{min})}{E_{max} - E_{min}} \times (T_{max} - T_{min})$$

$$@1^{\circ}\text{C} \therefore T_{\max} - T_{\min} = 1^{\circ}\text{C}$$

$E_{\text{meas}}$  = emf ที่วัดได้จาก UUC

$E_{\max}$  = emf ที่มากกว่าค่าที่วัดได้ในช่วงนั้น ๆ (ดูค่าจากในตาราง Thermocouple ตาม ITS-90)

$E_{\min}$  = emf ที่น้อยกว่าค่าที่วัดได้ในช่วงนั้น ๆ (ดูค่าจากในตาราง Thermocouple ตาม ITS-90)

$T_{\text{meas}}$  = อ่านอุณหภูมิที่แท้จริง

$T_{\max}$  = ค่าอุณหภูมิมากกว่าค่าที่วัดได้ในช่วงนั้น ๆ (ดูค่าจากในตาราง Thermocouple ตาม ITS-90)

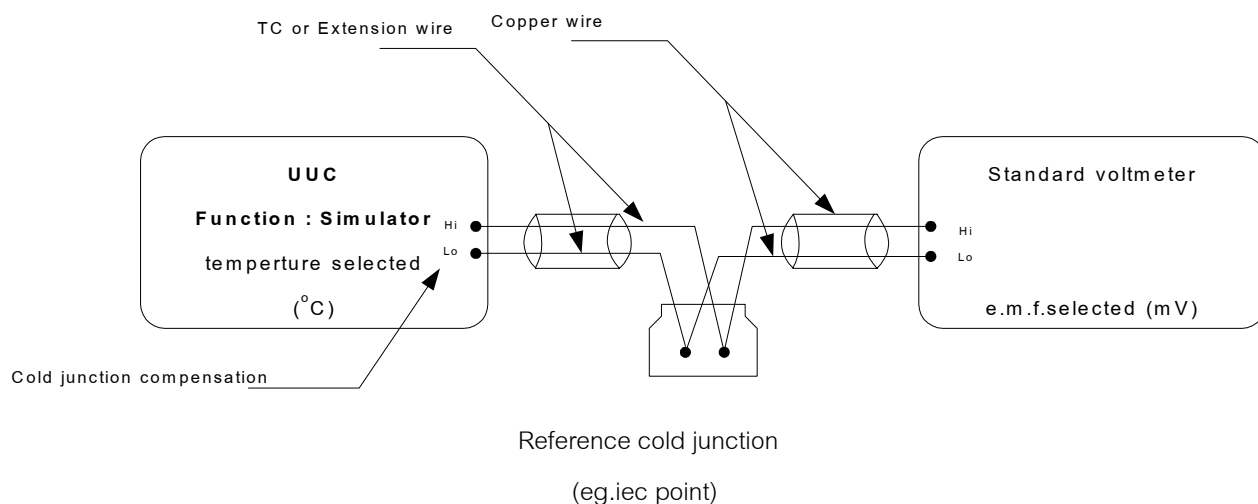
$T_{\min}$  = ค่าอุณหภูมิน้อยกว่าค่าที่วัดได้ในช่วงนั้น ๆ (ดูค่าจากในตาราง Thermocouple ตาม ITS-90)

10.8.6 ทำการวัดซ้ำจำนวน 5 ครั้งบันทึกค่าลงใน Test Record No: ICC.FM.TE10

10.8.7 ทำการสอบเทียบตามขั้นตอนในข้อ 7.2.4 ถึง 7.2.6 จนครบทุกจุดสอบเทียบ

10.8.8 ตรวจสอบผลการสอบเทียบว่าสอดคล้องกับ Specification และ หรือ เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า หรือไม่ ถ้าใช่ให้ข้ามไปทำตามขั้นตอนในข้อ 8

10.8.9 ถ้าผลการสอบเทียบ ไม่สอดคล้องกับ Specification และ หรือ ไม่เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า ให้ทำการปรับตามขั้นตอนใน Service Manual ของ UUC หลังจากนั้น ทำการสอบเทียบใหม่โดยเริ่มจากขั้นตอนที่ 7.2.4 ถึง 7.2.6 จนครบทุกจุดสอบเทียบ



รูปที่ 2 แสดงการสอบเทียบ Temperature Calibrator Function TC Source

## 10.9 การรายงานผล

10.9.1 ทำการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Uncertainty of Measurement) บันทึกลงใน

Uncertainty Budget No: ICC.FM.UE13 และ ICC.FM.UE16 ตาม Function ของ UUC

โดยขั้นตอนการคำนวณและแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนในการวัด มีดังนี้

Function TC Measurement

**Budget Ub1** 1 Year Specification of Standard Voltage Source ได้จากค่า Specification ใน Manual ของ Reference Standard ที่ใช้หารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ub2** Resolution of UUC ได้จาก Resolution ของ UUC กรณีเป็น Digital หารด้วย 2 หลังจากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ub3** Compensate Wire ได้จาก ค่า Error ของสาย TC ที่ใช้ในการต่อกับ UUC ในขณะสอบเทียบ หารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ub4** Drift of Compensate Wire ได้จาก การเลื่อนค่าระหว่างปี ของสาย TC ที่ใช้ในการต่อกับ UUC ในขณะสอบเทียบ หารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ub5** Reference Junction ได้จากค่า Error ของอุณหภูมิ Reference Junction ที่แตกต่างไปจากอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสในขณะสอบเทียบ หารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ua** Repeatability of UUC. ได้จากการคำนวณทางสถิติโดยการคำนวณหาค่า Standard Deviation จากการวัดค่า UUC ซ้ำๆ จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้สูตรในสมการที่ 2 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาหารด้วย Square Root 5 ตามสมการที่ 3 ของ OP-18/01 หน้า 2 ของ 8 เช่นเดียวกัน ก็จะได้เป็น Repeatability of UUC

$$\sigma_n = \frac{\sigma - 1}{\sqrt{n}}$$

เมื่อได้ครบทุก Budget แล้วให้นำมารวมกัน โดยวิธี Root Sum Square จะได้เป็นค่า Combine Uncertainty หลังจากนั้นให้หาค่า (kp) Coverage factor โดยใช้สมการหา Effective degree of freedom (Veff) ที่เรียกว่าสมการ Welch-Satterthwaite ในหน้า 4 ของ 8 ใน OP-18/01 สมการที่ 8 เมื่อได้ค่า V effective แล้วให้นำไปเปิดตาราง t-distribution เพื่อหาค่า Coverage factor ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หลังจากที่ได้ค่า Coverage factor แล้วให้นำไปคูณกับค่า Combine Uncertainty ก็จะได้เป็น Expanded Uncertainty ซึ่งค่านี้จะต้องนำไปรายงานใน Certificate

$$V_{eff} = \frac{UC^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{Ui^4(y)}{Vi}}$$

Function TC Source

**Budget Ub1** 1 Year Specification of Reference Standard Multimeter ได้จากค่า Specification ใน Manual ของ Reference Standard ที่ใช้หารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ub2** Resolution of Standard ได้จาก Resolution ของ Standard หารด้วย 2 หลังจากนั้นนำไปหารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ub3** Compensate Wire ได้จาก ค่า Error ของสาย TC ที่ใช้ในการต่อกับ UUC ในขณะสอบเทียบ หารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ub4** Drift of Compensate Wire ได้จาก การเลื่อนค่าระหว่างปี ของสาย TC ที่ใช้ในการต่อกับ UUC ในขณะสอบเทียบ หารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ub5** Reference Junction ได้จากค่า Error ของอุณหภูมิ Reference Junction ที่แตกต่างไปจากอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสในขณะสอบเทียบ หารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ub6** Noise Floor ได้จากค่าระดับแรงดันที่ยังคงมีอยู่ในขณะทำการ Set Zero Digital Multimeter และไม่สามารถที่จะแก้ค่าได้ นำค่านั้นมาหารด้วย Square Root 3 เป็นการแจกแจงแบบ Rectangular

**Budget Ua** Repeatability of Standard. ได้จากการคำนวณทางสถิติโดยการคำนวณหาค่า Standard Deviation จากการวัดซ้ำจำนวน 5 ครั้ง โดยขั้นตอนในการคำนวณจะเหมือนกับการสอบเทียบใน Function TC Measurement

- 10.9.2 นำผลการสอบเทียบ Temperature Indicator/Calibrator ที่ได้และค่า Uncertainty of Measurement ที่คำนวณได้ พร้อมข้อมูลที่จำเป็นที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 : 1999 ข้อ 5.10.2 พิมพ์

ประวัติผู้วิจัย

## ประวัติผู้วิจัย

|                      |                                                            |
|----------------------|------------------------------------------------------------|
| ชื่อ-นามสกุล         | นางสาวภาลณี เหตุทอง                                        |
| วัน เดือน ปี เกิด    | 1 ธันวาคม 2516                                             |
| สถานที่เกิด          | อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง                                   |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน  | 5/20 หมู่ 3 ตำบล คูคต อำเภอ ลำลูกกา จังหวัด ปทุมธานี 12130 |
| ตำแหน่งหน้าที่การงาน | ผู้ช่วยหัวหน้างานสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้า                |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน | สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น )                    |

## ประวัติการศึกษา

|          |                                                                                  |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|
| พ.ศ 2536 | ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (สาขาอิเล็กทรอนิกส์)<br>วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง                |
| พ.ศ 2538 | ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (สาขาอิเล็กทรอนิกส์สื่อสาร)<br>วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่ |
| พ.ศ 2542 | อุตสาหกรรมบัณฑิต (สาขาอิเล็กทรอนิกส์)<br>มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต                   |
| พ.ศ 2547 | การศึกษามหาบัณฑิต (อุตสาหกรรมศึกษา)<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ                |