

เอกสารวิชาการ
เรื่อง
ขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด
(Calibration and Measurement Capability : CMC)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม
ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท
เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

สารบัญ

	หน้า
1. ขอบข่าย	3
2. วัตถุประสงค์	3
3. คำนิยาม	3
4. ขอบข่ายการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการสอบเทียบ	4
5. การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัด	6
6. การรายงานค่าความไม่แน่นอนของการวัดในงานสอบเทียบ	6
7. การตรวจประเมินทางวิชาการ	8

ขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (Calibration and Measurement Capability)

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณาการรายงาน “ขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด” สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรองและห้องปฏิบัติการที่ยื่นขอรับการรับรองตามมาตรฐานเลขที่ มอก.17025 และเป็นหลักเกณฑ์สำหรับผู้ตรวจประเมินทางวิชาการ

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้น โดยใช้เอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

1. *ISO/IEC Guide 98-3 : 2008 /SUPPL 2:2011 Uncertainty of measurement – Part 3 : Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM : 1995) – Supplement 2 : Extension to any number of the output quantities*
2. *ILAC-P14 : 09/2020 ILAC policy for measurement uncertainty in calibration*

1. ขอบข่าย

เอกสารฉบับนี้ครอบคลุมการกำหนดนิยาม ขอบข่ายการรับรอง การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัด การรายงานค่าความไม่แน่นอนของการวัดในงานสอบเทียบปกติ และการตรวจประเมินทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการแสดงขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อให้ห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรองความสามารถตามมาตรฐานเลขที่ มอก.17025 ใช้ในการแสดงความสามารถการวัดของห้องปฏิบัติการ
- 2.2 เพื่อให้ห้องปฏิบัติการสอบเทียบใช้เป็นแนวทางในการจัดทำขอบข่ายการวัด
- 2.3 เพื่อให้หน่วยรับรองห้องปฏิบัติการสอบเทียบใช้เป็นแนวทางในการตรวจประเมินความสามารถทางวิชาการของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

3. คำนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในเอกสารฉบับนี้ มีดังต่อไปนี้

- 3.1 **ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ** หมายถึง ห้องปฏิบัติการที่ให้บริการสอบเทียบและการวัด
- 3.2 **ขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (Calibration and Measurement Capability : CMC)** หมายถึง ขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัดที่สามารถให้บริการแก่ลูกค้าได้ ภายใต้สภาวะปกติ ซึ่งจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่ง ดังนี้
 - ก) ตามที่ระบุในขอบข่ายที่ได้รับการรับรองจากหน่วยรับรองที่ได้ลงนามการยอมรับร่วมจาก ILAC หรือ
 - ข) ตามที่ได้ประกาศใน BIPM key comparison database (KCDB) ของ CIPM MRA

4. การระบุขอบข่ายการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

- 4.1 ขอบข่ายการรับรองห้องปฏิบัติการจะต้องประกอบด้วยค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) ที่แสดงโดยผ่านปัจจัยดังนี้
- ก) สาขาการสอบเทียบและการวัด
 - ข) สิ่งที่ต้องการวัดหรือพารามิเตอร์
 - ค) วิธีการสอบเทียบ/การวัด วิธี/ขั้นตอนการปฏิบัติ และ/หรือประเภทของเครื่องมือ/วัสดุที่ได้รับการสอบเทียบหรือการวัด
 - ง) ช่วงการวัดและตัวแปรที่เพิ่มขึ้นมา (ถ้ามี) เช่น ความถี่ของค่าความต่างศักย์ที่ใช้
 - จ) ค่าความไม่แน่นอนของการวัด
- 4.2 ขอบข่ายการรับรองของห้องปฏิบัติการจะต้องแสดงค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) ที่ชัดเจน ไม่คลุมเครือ โดยแสดงค่าที่เล็กที่สุดที่เชื่อว่าห้องปฏิบัติการจะสามารถทำได้ระหว่าง การสอบเทียบและการวัด *กรณีที่มีปริมาณที่ต้องการวัด (Measurand) เป็นค่าเดียว หรือ ช่วงของการวัด* การแสดงค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) สามารถแสดงด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือมากกว่า ดังนี้
- ก) แสดงเป็นค่าเดียว (Single value) ที่เป็นตัวแทนตลอดพิสัยช่วงการวัด
 - ข) แสดงเป็นพิสัยการวัด (Range) โดยที่ห้องปฏิบัติการจะต้องมีสมมติฐานที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าสอดแทรก (Interpolate) เพื่อหาค่าความไม่แน่นอนที่อยู่ระหว่างพิสัยการวัดนั้น
 - ค) แสดงเป็นฟังก์ชัน (Explicit function) หรือ พารามิเตอร์ของเครื่องมือที่ถูกวัด
 - ง) แสดงเป็นเมทริกซ์ (Matrix) ที่ซึ่งปริมาณค่าความไม่แน่นอนขึ้นกับปริมาณที่ต้องการวัดและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง
 - จ) แสดงเป็นกราฟ (Graph) โดยที่ในแต่ละแกนจะต้องมีค่าละเอียดเพียงพอที่จะแสดงค่านัยสำคัญของค่าความไม่แน่นอนอย่างน้อย 2 นัยสำคัญ
- ไม่อนุญาตให้แสดงค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) เป็นช่วงเปิด เช่น
- ตัวอย่างที่ 1 “ $0 < U < x$ ”
- ตัวอย่างที่ 2 “less than $2 \mu\Omega/\Omega$ ”
- 4.3 ค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) จะต้องแสดงในรูปแบบของค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded uncertainty) ที่ระดับความเชื่อมั่นโดยประมาณ 95 % หน่วยการวัดของค่าขีด

ความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) จะต้องเป็นหน่วยเดียวกันกับหน่วยของปริมาณที่ต้องการวัด หรือ สัมพันธ์กับปริมาณที่ต้องการวัด เช่น % $\mu\text{V/V}$ หรือ $\times 10^{-6}$ แต่จะไม่ใช่ “PPM” และ “PPB”

หมายเหตุ หน่วยการวัดจะต้องเป็นหน่วยการวัดระหว่างประเทศ (SI units) หรือ หน่วยอนุพัทธ์ (Derived unit)

ค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) จะต้องรวมถึงปัจจัยอันเนื่องมาจากเครื่องมือที่ได้รับการสอบเทียบที่มีอยู่จริง (Best existing device) เพื่อให้สามารถพิสูจน์ได้ว่า สามารถทำได้ตามค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) ที่แสดง

หมายเหตุ 1 คำว่า “เครื่องมือที่ได้รับการสอบเทียบที่มีอยู่จริง (Best existing device)” เป็นที่เข้าใจว่าเป็นเครื่องมือที่มีอยู่จริงในเชิงพาณิชย์ หรือ อีกนัยหนึ่ง มีไว้สำหรับลูกค้า แม้เครื่องมือนั้นจะมีความเสถียรเป็นพิเศษ หรือ มีประวัติการสอบเทียบมายาวนานก็ตาม

หมายเหตุ 2 ความเป็นไปได้ที่เครื่องมือที่ได้รับการสอบเทียบที่มีอยู่จริง (Best existing device) จะมีความไม่แน่นอนอันเนื่องมาจากการวัดซ้ำ (Repeatability) เท่ากับศูนย์ และใช้ค่าดังกล่าวในการประมาณค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) แต่อย่างไรก็ตาม แหล่งความไม่แน่นอนอื่นๆที่เกี่ยวข้องจะต้องนำมาพิจารณา

หมายเหตุ 3 ในกรณีเฉพาะ เช่น หลักฐานที่แสดงค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) ใน KCDB เป็นต้น เป็นที่ทราบกันดีว่า เครื่องมือที่ได้รับการสอบเทียบที่มีอยู่จริง (Best existing device) ไม่มีอยู่จริง และ/หรือ ปัจจัยของเครื่องมือที่ถูกวัดส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความไม่แน่นอน อาจจะแยกปัจจัยนั้นออกจากการพิจารณาขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) แต่ในขอบข่ายการรับรองจะต้องระบุให้ชัดเจนว่า ไม่ได้พิจารณาถึงปัจจัยของเครื่องมือที่ถูกวัด

4.4 ห้องปฏิบัติการที่ให้บริการเกี่ยวกับค่าวัสดุอ้างอิง ค่าความไม่แน่นอนที่รองรับค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) ควรจะรวมปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการวัดตามขั้นตอนการปฏิบัติ เช่น Typical matrix effects, Interferences เป็นต้น แต่จะไม่รวมถึงค่า Instability หรือ Inhomogeneity ของวัสดุนั้น ค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) ควรอยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์คุณสมบัติเฉพาะของตัวอย่าง

หมายเหตุ ค่าความไม่แน่นอนที่รองรับค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) สำหรับการวัดค่าอ้างอิง (Reference value) จะไม่เทียบเท่ากับค่าความไม่แน่นอนของการให้ค่าวัสดุ

อ้างอิงจากผู้ผลิตวัสดุอ้างอิง โดยปกติค่าความไม่แน่นอนของการให้ค่าวัสดุอ้างอิงจากผู้ผลิตวัสดุอ้างอิงจะมีความมากกว่าค่าความไม่แน่นอนที่รองรับค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) สำหรับการวัดค่าอ้างอิง (Reference value)

5. การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัด

5.1 ห้องปฏิบัติการต้องจัดทำรายละเอียดของการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัดเป็นเอกสาร และระบุถึงการได้มาซึ่งค่าความไม่แน่นอนของการวัดแต่ละแหล่งอย่างชัดเจน

5.2 ห้องปฏิบัติการต้องมีการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัดตามวิธีที่กำหนดไว้ใน ISO GUM โดยใช้ตัวประกอบครอบคลุม (Coverage factor) ที่ระดับความเชื่อมั่นโดยประมาณ 95 %

6. การระบุค่าความไม่แน่นอนของการวัดในใบรายงานผลการสอบเทียบ

6.1 ผลการวัดที่รายงานจะต้องประกอบด้วยค่าปริมาณที่วัดได้ “ y ” และค่าความไม่แน่นอนขยาย “ U ” ในใบรายงานผลการสอบเทียบควรรายงานในรูปแบบ “ $y \pm U$ ” พร้อมด้วยหน่วยการวัด การรายงานผลการวัดด้วยตารางและค่าความไม่แน่นอนขยายสัมพัทธ์ (Relative expanded uncertainty) $U/|y|$ สามารถทำได้ตามความเหมาะสม ค่าตัวประกอบครอบคลุม (Coverage factor) และ ค่าความน่าจะเป็นครอบคลุม (Coverage probability) จะต้องรายงานในใบรายงานผลการสอบเทียบ และต้องมีคำอธิบายรายละเอียดดังตัวอย่างข้างล่างนี้

“The reported expanded measurement uncertainty is stated as the standard measurement uncertainty multiplied by the coverage factor k such that the coverage probability corresponds to approximately 95 %.”

หมายเหตุ อาจจำเป็นต้องรายงานค่าความไม่แน่นอนแบบอสมมาตร (Asymmetrical uncertainty) ที่ไม่อยู่ในรูปแบบ “ $y \pm U$ ” ซึ่งเป็นกรณีที่เกิดจากการหาค่าความไม่แน่นอนโดยใช้วิธี Monte Carlo simulations หรือโดยใช้หน่วยเชิงลอการิทึม

6.2 จำนวนตัวเลขของค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded uncertainty) จะต้องมีเลขนัยสำคัญไม่เกิน 2 ตำแหน่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก) การปัดค่าตัวเลขควรปัดในขั้นตอนสุดท้าย และจำนวนตัวเลขของผลการวัดควรมีนัยสำคัญที่สอดคล้องกับค่าความไม่แน่นอนขยาย

ข) การปัดค่าตัวเลขสามารถใช้วิธีการปัดค่าตัวเลขโดยทั่วไป ซึ่งสามารถใช้แนวทางการปัดค่าตัวเลขตามที่กำหนดไว้ขอแนะนำ เช่น Section 7 ของเอกสาร ISO GUM

หมายเหตุ วิธีการปัดค่าตัวเลขอาจจะดูได้เพิ่มเติมได้จากเอกสาร ISO 80000-1 : 2009

6.3 องค์ประกอบของค่าความไม่แน่นอนที่รายงานในใบรายงานผลการสอบเทียบจะต้องรวมถึง องค์ประกอบระยะสั้น (contribution short term) ที่เกิดขึ้นระหว่างการสอบเทียบ และองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือของลูกค้า โดยมีการพิจารณาอย่างสมเหตุสมผล การประมาณค่าความไม่แน่นอนจะต้องครอบคลุมทุกองค์ประกอบที่ใช้ในการพิจารณาหาค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) ยกเว้นกรณีที่เป็นองค์ประกอบความไม่แน่นอนของเครื่องมือที่ได้รับการสอบเทียบที่มีอยู่จริง (Best existing device) จะต้องเปลี่ยนเป็นองค์ประกอบความไม่แน่นอนของเครื่องมือของลูกค้าทดแทนจากเหตุผลดังข้างต้น ทำให้ค่าความไม่แน่นอนที่รายงานมีค่าที่มากกว่าค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) องค์ประกอบความไม่แน่นอนที่ห้องปฏิบัติการไม่สามารถประมาณค่าได้ไม่ต้องนำมาพิจารณา เช่น Transport uncertainty เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม หากห้องปฏิบัติการมีส่วนเกี่ยวข้อง จะต้องพิจารณาองค์ประกอบความไม่แน่นอนว่ามีผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนที่รายงานและแจ้งให้ลูกค้าทราบในการทบทวนคำขอ ข้อเสนอการประมูล และสัญญาตามมาตรฐานเลขที่ มอก.17025 ค่าความไม่แน่นอนที่รายงานในใบรายงานผลการสอบเทียบ จะต้องรวมค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในช่วงการสอบเทียบ รวมถึงในส่วนของเครื่องมือลูกค้าด้วย (Short term contribution)

6.4 ห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรอง จะต้องรายงานค่าความไม่แน่นอนไม่น้อยไปกว่าค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) ที่ได้รับการรับรอง

6.5 ห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรองจะต้องรายงานค่าความไม่แน่นอนของการวัดในหน่วยเดียวกัน หรือ ความสัมพันธ์กับปริมาณที่วัด เช่น %

7. การตรวจประเมินทางวิชาการ

7.1 การตรวจประเมินการคำนวณค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) ผู้ตรวจประเมินจะวิเคราะห์ปัจจัยความไม่แน่นอนของการวัดตามวิธีการที่กำหนดในมาตรฐาน ISO GUM หรือ เอกสารอื่นที่เทียบเท่าทางวิชาการ

7.2 ผู้ตรวจประเมินด้านวิชาการอาจขอให้ห้องปฏิบัติการแสดงหลักฐาน หรือ แสดงขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด ตามที่ห้องปฏิบัติการยื่นขอรับการรับรอง โดยผู้ตรวจประเมินด้านวิชาการต้องประเมินผลการปฏิบัติในครั้งนั้นว่า สามารถได้ค่าความไม่แน่นอนของการวัดตามค่าขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด (CMC) ที่ขอรับการรับรอง