

การทวนสอบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าด้วยการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการสอบเทียบจำลอง

Verification of Measuring Electrical Instruments by Evaluating Measurement Uncertainty for Use in Simulated Calibration Laboratory

ฉลอง โสตาบัน^{1*} ประสาน คำดีพล¹ ธงชัย เพ็งจันทร์ดี²

¹ศูนย์แห่งความยอดเยี่ยมทางวิศวกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

63 หมู่ 7 ถนนรังสิตนครนายก อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Chalong Sodaban^{1*} Prasan Khamdeephol¹ Thongchai Pangjundee²

¹Excellent Center for Sustainable Engineering (ECSE), faculty of Engineering, Srinakharinwirot University,
63, M.7, Rangsit-Naknon Nayok Rd., Ongkharak, Nakhon Nayok, 26120

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of
Technology Thunyaburi, 39 Moo 1, Klong 6, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

*Corresponding author Email: Chalongs@swu.ac.th

(Received: August 6, 2024; Revised: October 21, 2024 ; Accepted: November 20, 2024)

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการทวนสอบเครื่องมือวัดด้วยการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดสำหรับใช้ใน
ห้องปฏิบัติการสอบเทียบจำลอง โดยกำหนดเงื่อนไขห้องปฏิบัติการให้มีสภาวะแวดล้อมและปัจจัยบังคับให้มีความ
ใกล้เคียงกับห้องสอบเทียบมาตรฐานมากที่สุด เพื่อดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าให้เกิดความเชื่อมั่นและ
ความน่าเชื่อถือของผลการวัดก่อนนำไปใช้งาน สำหรับหน่วยงานที่ขาดแคลนงบประมาณผูกพัน ในการส่งเครื่องมือ
มาตรฐานไปสอบเทียบกับห้องสอบเทียบมาตรฐานภายนอก (อ้างอิง ISO/IEC 17025 : 2017) แล้วดำเนินการทวนสอบ
เครื่องมือวัดภายใต้การสอบเทียบอ้างอิงกระบวนการสอบเทียบมาตรฐานและประเมินค่าความไม่แน่นอนตามข้อกำหนด
เพื่อเทียบเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้ภายหลังการสอบเทียบ หรือการตัดสินใจกระบวนการอื่น ผลจากการ
ดำเนินการสามารถยืนยันผลของการวัดและเป็นหลักฐานว่า เครื่องมือวัดทำงานถูกต้องและแม่นยำตามเกณฑ์กำหนด โดย
ไม่ต้องสิ้นเปลืองงบประมาณ ในการส่งอุปกรณ์มาตรฐานไปสอบเทียบกับหน่วยงานภายนอก ได้ข้อมูลสำหรับการ
เรียนการสอนวิชาเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า หัวข้อการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ตลอดจนการตัดสินใจเกี่ยวกับการ
การใช้งาน การเฝ้าระวังผลการวัด ปรับแต่ง หรือดัดใช้งานเครื่องมือวัด รวมถึงการวางแผนงบประมาณเกี่ยวกับงานมาตรวัด
วิทยาสำหรับประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการอื่นได้อีกด้วย

คำสำคัญ: การทวนสอบ การประเมินค่าความไม่แน่นอน ห้องสอบเทียบจำลอง ห้องสอบเทียบมาตรฐาน เกณฑ์
ความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้

ABSTRACT

This paper presents the verifying measurement method by evaluating measurement uncertainty for simulate calibration laboratory that specify laboratory conditions to have environmental conditions and other factors that are as close to a standard calibration room as possible. The reliable calibration of electrical measuring instruments is significant for agencies that lack the budget to send the electrical instruments to calibrate with external standards calibration laboratories (refer to ISO/IEC 17025: 2017). This research will validate the measuring instruments under calibration concerning the standard calibration process and evaluate the uncertainty according to the requirements to determine the maximum acceptable tolerance after calibration. This research can confirm the reliability of the measurement and provide evidence that the measuring instrument is working correctly and precisely according to the specified criteria without wasting a budget In sending standard equipment to be compared with outside agencies. In addition, obtaining information for teaching the measurement subject, making decisions about measuring precautions, customizing or refraining from using the measuring device, and budget planning for metrology work for use in other laboratories.

Keyword: Verify, evaluation of uncertainty, simulation calibration room, standard calibration room, maximum permissible error.

1. บทนำ

การวัดค่าปริมาณต่างๆ สำหรับใช้ในการบ่งชี้ค่าเพื่อบอกถึงปริมาณ ขนาด ความเร็ว อุณหภูมิ และปริมาณอื่นๆ นับเป็นขบวนการที่มีใช้กันมาอย่างยาวนานทั้งในอดีตจนถึงปัจจุบัน ในสมัยโบราณมนุษย์ใช้การวัดและการคำนวณควบคู่กับการดำรงอยู่มาโดยตลอด หากแต่ไม่ได้มีหนังสือและตำราเขียนเพื่อนำเสนอไว้เท่านั้น มนุษย์เริ่มใช้สรีระร่างกายเป็นหน่วยการวัดสำหรับเริ่มต้น เช่น คืบ วา ศอก และมีวิวัฒนาการเพื่อพัฒนาสำหรับใช้ซื้อขาย แลกเปลี่ยนสิ่งของเครื่องใช้เพื่อแปลงหน่วยวัดสำหรับดำเนินชีวิต ต่อมารูปแบบวิธีการวัดปริมาณต่างๆ ได้มีการพัฒนาให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามความเหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงในหลายรูปแบบ การพัฒนาดังกล่าวมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเรื่อยมาให้เหมาะกับยุคสมัยรวมถึงเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย เครื่องมือวัดปริมาณต่างๆ จึงได้ก่อกำเนิดขึ้นเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงให้เกิดภาวะสมดุล สำหรับมนุษยชาติ สิ่งที่มาคือการพัฒนาการวัดและขบวนการวัดยังต้องการ

ความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น โดยหากการวัดหรือวิธีการวัดมีความถูกต้องแม่นยำ นำเชื่อถือมากขึ้น จะก่อให้เกิดคุณประโยชน์มูลค่ามหาศาล แต่ในทางกลับกัน หากเครื่องมือวัดและกระบวนการวัดมีความผิดพลาดคลาดเคลื่อนจากค่าจริงที่ทำการวัดอาจก่อให้เกิดความเสียหายในปริมาณที่มหาศาลได้เช่นกัน ดังนั้น เครื่องมือวัดและกระบวนการวัดจึงเป็นหัวใจสำคัญอย่างยิ่งสำหรับกระบวนการอื่นๆ เช่น การวัดสามารถบอกปริมาณที่ใช้ควบคุมกระบวนการผลิต หากการวัดเกิดค่าผิดพลาด การผลิตสินค้าอาจเกิดความเสียหายต่อเนื่องซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต ผลลัพธ์ที่ไม่ตรงกับความต้องการเกิดความขัดแย้งระหว่างคู่ค้า มีข้อพิพาทเกิดขึ้นตามมา หรือหากพิจารณาเรื่องความปลอดภัยหากเครื่องมือวัดหรือกระบวนการวัดผิดพลาดคลาดเคลื่อนอาจส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้ เช่น เครื่องวัดความเร็วของรถยนต์อ่านค่าผิดพลาดจากค่าจริงการขับขีรถยนต์อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ขับขี่ได้เป็นต้น การควบคุมคุณภาพการวัดให้มีความถูกต้อง แม่นยำ นำเชื่อถือ จึงเป็นกระบวนการที่

สำคัญเพื่อให้แน่ใจว่าผลของการวัดจะถูกต้องแม่นยำอยู่เสมอ โดยวิธีการควบคุมคุณภาพการวัดที่มีอยู่ด้วยกันหลากหลายวิธี เช่น การบำรุงรักษา การจัดเก็บที่ถูกต้อง การปรับแต่งเครื่องมือวัด การเปลี่ยนเมื่อครบรอบเวลาใช้งาน การสอบเทียบขณะใช้งานหรือเมื่อครบรอบเวลาใช้งาน และอื่นๆ อีกมาก โดยหน่วยงานหรือองค์กรต่างๆ มักเลือกเอาวิธีการที่เหมาะสมกับหน่วยงานขององค์กร โดยวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายคือ การสอบเทียบเครื่องมือวัด (Calibration) ทั้งนี้เพราะการสอบเทียบเครื่องมือวัด สามารถดำเนินการได้เองทั้งภายในและภายนอกองค์กร การดำเนินการมีงบประมาณไม่สูงมากนัก และสามารถดำเนินการตามความสามารถของบุคลากรภายใน สามารถวางแผน ปรับเปลี่ยน ปรับแก้ และจัดการกิจกรรมการสอบเทียบที่เหมาะสมกับภาระกิจขององค์กร

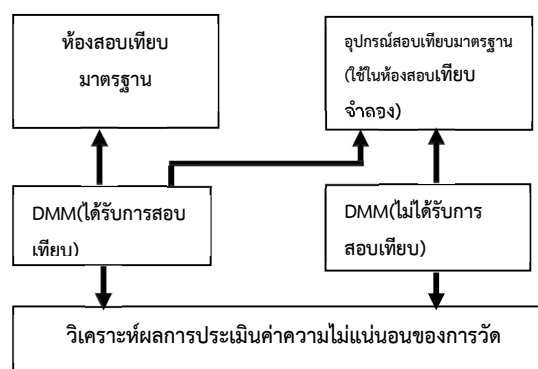
สำหรับบทความนี้แนะนำวิธีการทวนสอบเครื่องมือวัดด้วยการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการสอบเทียบจำลอง [1] มุ่งเน้นการนำเสนอกรอบแนวคิดการสร้างห้องปฏิบัติการจำลองขึ้น โดยกำหนดข้อกำหนดอ้างอิงมาตรฐานกับห้องสอบเทียบมาตรฐานเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงในการตัดสินใจใช้งานเครื่องมือวัด หรือกิจกรรมอื่นในการควบคุมคุณภาพของการวัดให้ถูกต้องแม่นยำเสมอ สำหรับใช้กับการเรียนการสอนและพัฒนาใช้กับเครื่องมืออุปกรณ์การวัดทางไฟฟ้าแล้วนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องวัดชนิดอื่น ให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการวัด เช่น ให้เกิดความน่าเชื่อถือกับเครื่องมือวัดหากต้องนำไปใช้เพื่องานวิจัยหรืองานพัฒนาอื่น สำหรับห้องปฏิบัติการที่มีความเกี่ยวข้อง และสามารถลดงบประมาณในการดำเนินการให้องค์กรด้วย

2. หลักการและทฤษฎีอ้างอิง

2.1 กรอบแนวคิด

บทความนี้แนะนำกรอบแนวคิด ระเบียบวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า อ้างอิงหลักการมาตรฐานวัดวิทยา โดยกำหนดรูปแบบการสอบเทียบที่พัฒนาขึ้นเองเพื่อใช้สำหรับห้องปฏิบัติการภายใน (Inhouse) เป็นรูปแบบเฉพาะอ้างอิงมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 [2] และ

ข้อกำหนด GUM 3003 [3],[4],[5] กล่าวคือ กรอบแนวคิดนี้มุ่งเน้นให้ได้รูปแบบการสอบเทียบสำหรับใช้เฉพาะในองค์กร เนื่องจากเครื่องมือมาตรฐานที่มีอยู่ขาดแคลนงบประมาณดำเนินการต่อเนื่องจึงทำให้เครื่องมือมาตรฐานไม่ได้รับการสอบกลับมาเป็นเวลาหลายปี การนำมาใช้ในการเรียนการสอนก็ดำเนินการมาโดยตลอด ดังนั้นวิธีการที่นำเสนอจึงเป็นการแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นสำหรับการวัดเพื่อใช้สำหรับการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ โดยกำหนดให้มีเงื่อนไขจำเพาะบังคับให้มีความใกล้เคียงกับห้องสอบเทียบมาตรฐานเป็นต้นแบบ และอ้างอิงกับมาตรฐานห้องปฏิบัติการให้มีองค์ประกอบจำเป็นที่สามารถกำหนดได้ให้ใกล้เคียงกับห้องสอบเทียบมาตรฐานให้มากที่สุด แล้วกำหนดให้ผู้เขียนปฏิบัติงานเป็นผู้สอบเทียบและอ้างอิงข้อกำหนดมาตรฐานหัวข้อ 6.2 ด้านบุคลากร 6.3 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกและภาวะแวดล้อม 6.4 ด้านเครื่องมือ โดยประมาณค่าความไม่แน่นอน ร่วมกับการดำเนินการกิจกรรมหัวข้อ 7.3 การชักตัวอย่าง 7.6 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด ตามข้อกำหนด [2] เป็นกรอบแนวคิดหลัก ทั้งนี้กรอบแนวคิดนี้แนะนำเสนอเพื่อใช้สำหรับกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าหัวข้อการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าโดยวิธีการดังกล่าวไม่ได้มีวัตถุประสงค์ในการขอรับรองมาตรฐานใดๆ รวมถึงไม่ได้นำไปอ้างอิงกับห้องปฏิบัติการแบบอื่นและไม่ได้ทำกิจกรรมเชิงการค้า ดังแสดงกรอบแนวคิดไว้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดที่นำเสนอ

จากกรอบแนวคิดที่นำเสนอองค์ประกอบหลักที่ต้องมีคือ เครื่องวัดที่นำมาสอบเทียบ (Unit Under Calibration) กับอุปกรณ์มาตรฐาน (Master Calibration) [6] โดยกลวิธีที่นำเสนอจำเป็นต้องประกอบด้วยส่วนประกอบสองส่วนหลัก คือ

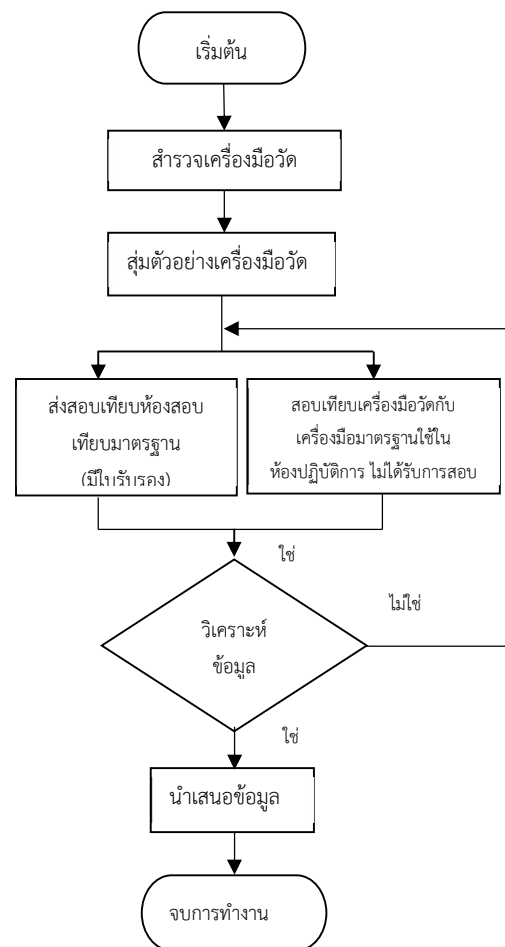
2.1.1 ห้องปฏิบัติการสอบเทียบจำลอง

ห้องปฏิบัติการสอบเทียบจำลองเป็นส่วนสำคัญอย่างมากเพื่อที่จะยืนยันผลการวัดให้มีค่าความถูกต้องแม่นยำเป็นที่น่าเชื่อถือ ตามมาตรฐานกำหนด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องบังคับให้กำหนดเงื่อนไข สภาพแวดล้อมใดๆ ให้มีค่าใกล้เคียงกับห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐานให้มากที่สุด เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แรงดันบรรยากาศ ระดับคลื่นรบกวนและอื่นๆที่ส่งผลต่อการวัด

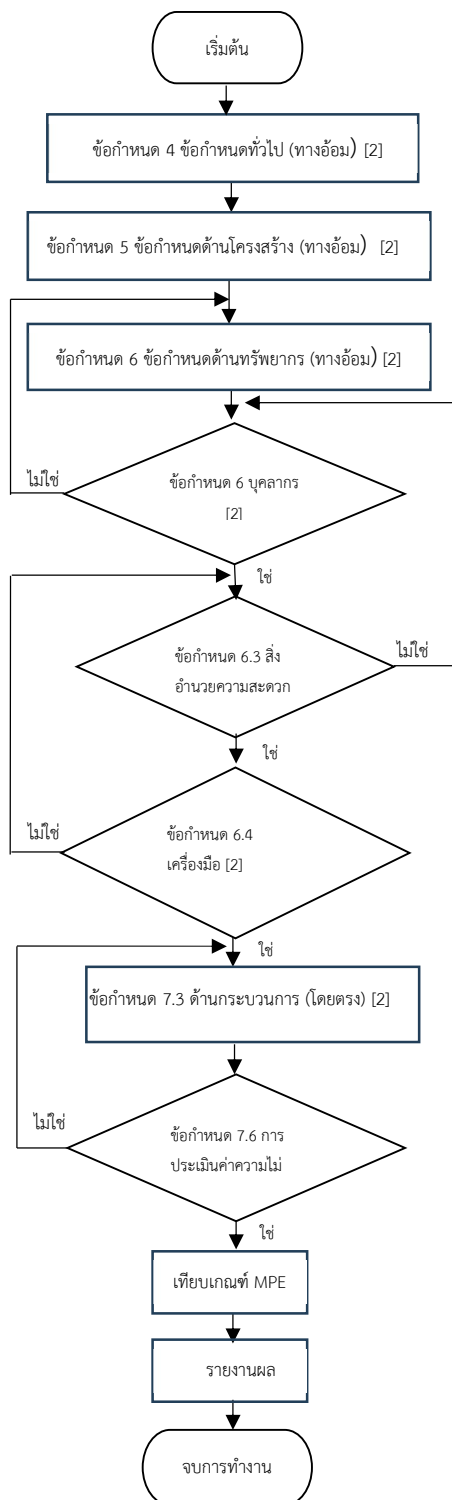
2.1.2 บุคลากรผู้ปฏิบัติงาน

นอกเหนือจากความสมบูรณ์ของห้องปฏิบัติการแล้ว องค์ประกอบที่ต้องทำเพื่อให้ได้รับการยอมรับคือ บุคลากรที่ต้องทำหน้าที่เป็น เจ้าหน้าที่สอบเทียบ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขบังคับตามข้อกำหนดในมาตรฐาน [2] ซึ่งระบุในหัวข้อ 6.2 ด้านบุคลากร 6.3 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกและภาวะแวดล้อม 6.4 ด้านเครื่องมือ และ 7.6 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด โดยระบุว่ากระบวนการสอบเทียบถูกยืนยันด้วยผลการสอบเทียบจะต้องสามารถทวนสอบได้ หมายถึง ค่าบ่งชี้ใดๆ ที่ถูกพิจารณาภายใต้สภาวะการวัดที่ต้องควรพิจารณาร่วมกัน [7],[8] ตามเอกสารการวัดโดยมีองค์ประกอบทั้งสองส่วนเป็นหลัก กรอบแนวคิดที่นำเสนอไว้ในรูปที่ 1 ปัญหาหลักคือเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการเรียนการสอนอยู่ในปัจจุบันไม่เคยได้รับการสอบกลับถึงมาตรฐานที่สูงกว่าและใช้งานมาแล้วเป็นเวลานานเนื่องจากขาดแคลนงบประมาณในการส่งไปสอบเทียบกับห้องปฏิบัติการมาตรฐานภายนอกจึงไม่มีใบรับรองในการสอบเทียบเลย และหากส่งอุปกรณ์มาตรฐานไปสอบเทียบกับห้องสอบเทียบมาตรฐานภายนอกต้องมีงบประมาณค่อนข้างสูง

วิธีการนำเสนอคือส่งเครื่องมือวัดภายใต้การสอบเทียบไปสอบเทียบกับห้องสอบเทียบมาตรฐานภายนอกเพื่อลดงบประมาณให้น้อยลง สิ่งที่ได้คือมีใบรับรองการสอบเทียบสำหรับใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการทำการสอบเทียบกับเครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่เดิมอีกตัวหนึ่งทำการสอบเทียบภายใต้เงื่อนไขห้องปฏิบัติการเดียวกัน วิธีการเดียวกัน เจ้าหน้าที่สอบเทียบคนเดียวกัน และวันเวลาเดียวกัน ดังแสดงในผังการดำเนินการในรูปที่ 2 และอ้างอิงข้อกำหนดมาตรฐานห้องปฏิบัติการตามรูปที่ 3

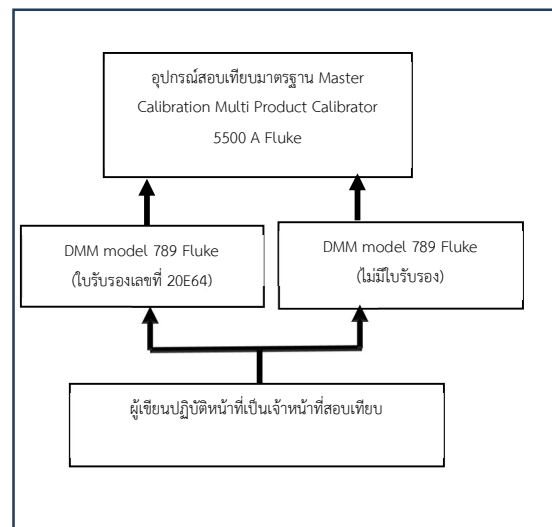


รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการตามกรอบแนวคิด

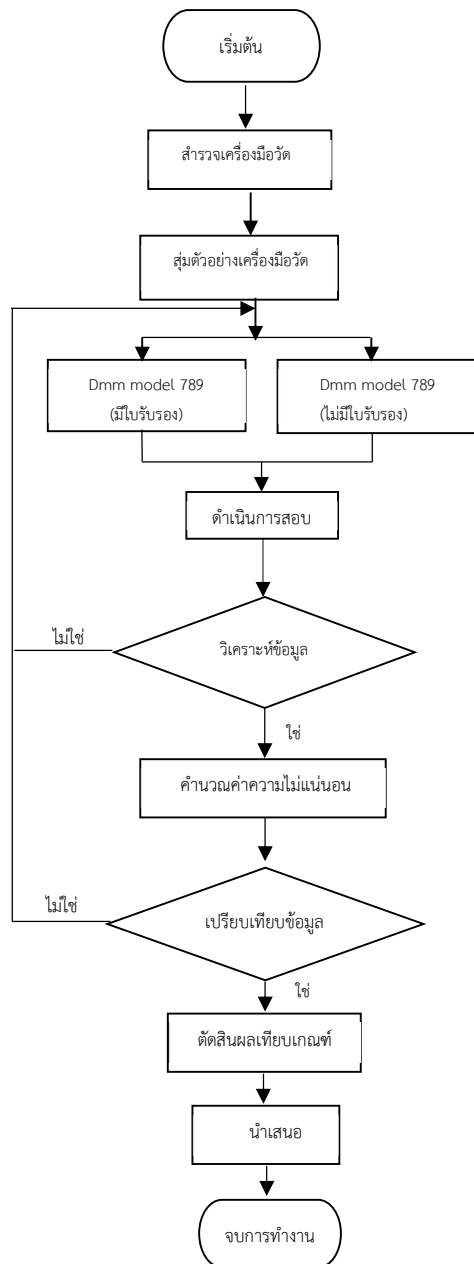


รูปที่ 3 ผังการดำเนินการอ้างอิงตามข้อบังคับมาตรฐานที่กำหนด

การดำเนินการตามกรอบที่นำเสนอ ใช้เครื่องมือมาตรฐานคือ อุปกรณ์ Multi product Calibrator ยี่ห้อ Fluke โมเดล 5500A Extended Specificity 2005 และ อุปกรณ์ภายใต้การทดสอบคือ ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ โมเดล 789 ยี่ห้อ Fluke จำนวนสองตัว คือ ตัวที่หนึ่งส่งไปสอบเทียบกับห้องสอบเทียบมาตรฐานเพื่อให้ได้ใบรับรอง (เลขที่ 20E64 ออกโดย Technology Promotion Association (Thailand-Japan) ออกเมื่อวันที่ 16 มกราคม 2024) ตัวที่สองเป็นมัลติมิเตอร์โมเดลเดียวกันและใช้งานอยู่ในห้องปฏิบัติการอยู่แล้ว จากนั้นทำการทวนสอบเพื่อยืนยันผลว่าอุปกรณ์ภายใต้การสอบเทียบทั้งสองตัวมีผลการสอบเทียบแตกต่างกันอย่างไร โดยระบุค่าความไม่แน่นอนของแหล่งที่มาที่ได้จากเครื่องมือทั้งสองตัวแล้วทำการวิเคราะห์เพื่อประเมินผลสำหรับพิจารณาค่าที่ได้สำหรับกิจกรรมอื่นต่อไปดังแสดงในรูปที่ 4 และผังการดำเนินการในรูปที่ 5



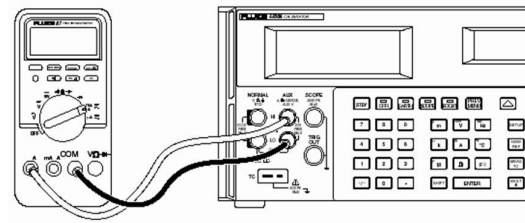
รูปที่ 4 กระบวนการสอบเทียบภายใต้การดำเนินการของห้องปฏิบัติการสอบเทียบจำลอง



รูปที่ 5 ผังการดำเนินการตามกรอบแนวคิดที่นำเสนอ

2.2 ขั้นตอนและวิธีการสอบเทียบ

วิธีการดำเนินการคือ ทำการทวนสอบเครื่องมือวัด ภายใต้การสอบเทียบทั้งสองตัวเพื่อนำค่าที่ได้มา เปรียบเทียบกันโดยใช้วิธีการกำหนดพารามิเตอร์จาก แหล่งความไม่แน่นอนจากข้อมูลทั้งสองชุด ตามรูปที่ 6 และกำหนดเงื่อนไขสถานะแวดล้อมอ้างอิงข้อกำหนดตาม รูปที่ 7



รูปที่ 6 วงจรการสอบเทียบเครื่องมือวัด



รูปที่ 7 รูปการทวนสอบเครื่องมือวัดจริง

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด อ้างอิง ข้อกำหนดมาตรฐานหลักขอ ISO/IEC 17025 : 2017 หัวข้อ 6.4 และ 7.6 เป็นหลัก โดยพิจารณาอ้างอิง ข้อกำหนด M3003 สำหรับรายงานความเชื่อมั่นตามลำดับ ความเชื่อมั่น 95% คือหากปริมาณที่ถูกวัด y เป็นปริมาณ ทางออก ตัดสินค่าปริมาณทางเข้า คือ x ฟังก์ชันของ ความสัมพันธ์ที่ได้ดังสมการที่ 1 โดยในทางปฏิบัติ ค่าที่ใช้ พิจารณาแสดงในสมการที่ 2

$$y = f(x_1 + x_2 + x_3 \dots \dots \dots, x_n) \quad (1)$$

$$x = y \pm Uc(y) \quad (2)$$

หากกรณีพิจารณาจากกรอบแนวคิดที่นำเสนอจะได้ดัง สมการที่ 3 และความสัมพันธ์ของกระบวนการวัดดัง สมการที่ 4

$$V_x = V_{sta} + \text{ค่าความไม่แน่นอนจากแหล่งต่าง} \quad (3)$$

เมื่อ V_x คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่าย

V_{sta} คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ DMM อ่านได้

$$V_x = V_{std} + \delta V_{std} + \delta V_{emf} + \delta V_{res} + \delta V_x \quad (4)$$

เมื่อ V_x คือ แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายของ
อุปกรณ์มาตรฐาน

V_{std} คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ DMM อ่านได้

δV_{std} คือ ค่าความไม่แน่นอนของ DMM ที่
ได้จากใบรับรอง

δV_{emf} คือ ผลกระทบของอุณหภูมิเนื่อง
จาก EMF

δV_{res} คือ ค่าผิดพลาดจากผลของความ
ละเอียดของ DMM

δV_x คือ ค่าการวัดซ้ำของอุปกรณ์ภายใต้
การสอบเทียบ UUC

โดยค่าความไม่แน่นอนสามารถแบ่งออกเป็น Type A
ที่ความเชื่อมั่น 68% ภายใต้พิสัยค่าจริงตามสมการที่ 5
สามารถคำนวณค่าเฉลี่ยของผลการวัดตามข้อแนะนำของ
[8] โดยการทำซ้ำ 4-10 ครั้ง ดังสมการที่ 6 ส่วนเบี่ยงเบน
มาตรฐานการวัดดังสมการที่ 7 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่า
กลางดังสมการที่ 8 และ ความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type
A ดังสมการที่ 9 ตามลำดับ

$$y = \bar{x} \pm u \quad (5)$$

เมื่อ y คือ ค่าจริงของการวัด

$\bar{x}$ คือ ค่ากลางของการวัด

u คือ ค่าความไม่แน่นอนของการวัด

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (6)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (7)$$

$$s(\bar{x}) = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \quad (8)$$

$$U_A = U(x_i) = s(\bar{x}) \quad (9)$$

การกำหนดแหล่งที่มาของแต่ละแหล่ง ผู้ประเมิน
จำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลแหล่งที่มาให้ครอบคลุมทุก
องค์ประกอบเพื่อนำมาเป็นข้อมูลของแหล่งความไม่
แน่นอน Type B โดยควบคุมข้อแนะนำที่กำหนดโดย [9]
ดังสมการที่ 10 และสมการที่ 11 จากนั้นหาค่าความไม่
แน่นอนขยายจากสมการที่ 12 เพื่อหาตัวประกอบ
ครอบคลุมจากสมการที่ 13 ให้สามารถขยายค่าความไม่
แน่นอนมาตรฐานสัมพัทธ์จากสมการที่ 14 สำหรับใช้
ขยายค่าความไม่แน่นอนเพื่อใช้ในใบรายงานผลรับรอง
อ้างอิงผลพิจารณาที่ความเชื่อมั่น 95% ดังสมการที่ 15

$$y = U_a + U_{b1} + U_{b2} + U_{b3} + U_{b4} + U_{b5} + U_{b6} \quad (10)$$

เมื่อ

U_A คือ การคำนวณผลการวัดซ้ำ V_{sta}

U_{b1} คือ ค่าความละเอียดของอุปกรณ์มาตรฐาน

U_{b2} คือ ค่าการเลื่อนค่าของ Std(Drift of Std)
Source

U_{b3} คือ ค่าหลักที่เล็กที่สุดของตัวเครื่องทดสอบ
(Resolution of Std) Source

U_{b4} คือ ค่าหลักที่เล็กที่สุดของทดสอบ
(Resolution of UUC)

U_{b5} คือ ผลการเชื่อมต่อกาสาย
(Cable Lead Resistance)

U_{b6} คือ ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการสาย
ตัวนำที่เชื่อมต่อการวัดและความไม่แน่นอนรวม

$$u_{c(y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n u^2(x_i)} = \sqrt{u_a^2 + u_b^2} \quad (11)$$

$$U = Kuc(y) \quad (12)$$

$$V_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{c_i^4 u_{i(y)}^4}{v_i}} \quad (13)$$

$$U_E = K \times U_C \quad (14)$$

$$U_R = U_E \times C \quad (15)$$

เมื่อ U_E คือ ค่าความไม่แน่นอนขยาย 95%

C คือ ค่าที่วัดได้เปลี่ยนจากการวัดซ้ำ $\bar{x}$

สำหรับกรอบแนวคิดที่นำเสนอจะแยกการพิจารณาแหล่งที่มาเป็น 2 กรณีตามข้อมูลของเครื่องมือทั้ง 2 ตัว ดังนี้

กรณีที่ 1 การคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัดของอุปกรณ์ ภายใต้การทดสอบที่ไม่มีรับรองผลการสอบเทียบดังสมการที่ 10 เป็นดังต่อไปนี้

U_A คือ การคำนวณผลการวัดซ้ำจำนวน 5 ครั้ง

U_{b1} คือ นำค่าความไม่แน่นอนจากใบรับรองผลมาคำนวณเนื่องจากมีค่าความแม่นยำของอุปกรณ์มาตรฐานของอุปกรณ์สอบเทียบภายนอกซึ่งเราไม่ทราบค่าแต่ระบุมากับใบรายงานผล

U_{b2} คือ ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของอุปกรณ์ภายใต้การสอบเทียบ (UUC)

U_{b3} คือ ค่าความละเอียด (Resolution) ของอุปกรณ์มาตรฐาน (Master)

U_{b4} คือ ค่าความละเอียด (Resolution) ของภายใต้การทวนสอบ (UUC)

U_{b5} คือ ค่าการเลื่อนค่า/ค่าความเสถียร (Drift/stench) ของอุปกรณ์มาตรฐาน(Master)

กรณีที่ 2 การคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัดของอุปกรณ์ ภายใต้การทดสอบที่ไม่มีใบรับรองผลการสอบเทียบ ดังสมการที่ 10 เป็นดังต่อไปนี้

U_A คือ การคำนวณผลการวัดซ้ำจำนวน 5 ครั้ง

U_{b1} คือ คือค่าความแม่นยำของอุปกรณ์มาตรฐานโดยกำหนดจากเครื่องมือผู้ผลิต

U_{b2} คือ ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของอุปกรณ์ภายใต้การสอบเทียบ (UUC)

U_{b3} คือ ค่าความละเอียด (Resolution) ของอุปกรณ์มาตรฐาน (Master)

U_{b4} คือ ค่าความละเอียด (Resolution) ของอุปกรณ์ภายใต้การทดสอบ (UUC)

U_{b5} คือ ค่าการเลื่อนค่า/ค่าความเสถียร (Drift/stench) ของอุปกรณ์มาตรฐาน (Master)

สำหรับการตัดสินผลการทวนสอบจะพิจารณาอ้างอิงตามข้อเสนอแนะของ ILAC-G8 [10] และ ISO 12012 [11] โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับสูงสุดจากข้อมูลของผู้ผลิต [12] ซึ่งระบุข้อมูล (Accurcecy/Stability) กำหนดดังสมการที่ 16

ค่าความผิดพลาด $\pm$ ค่าความไม่แน่นอน $\leq$ เกณฑ์การยอมรับได้สูงสุด

$$\text{Error} \pm \text{Uncertainty} \leq \text{MPE} \quad (16)$$

สมการที่ 16 ถูกนำมาตัดสินผลการทวนสอบเพื่อนำไปตัดสินเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องมือวัด ได้แก่ การใช้งานเครื่องมือวัดต่อไปหรือปรับแต่งหรือซ่อมแซมหรือลดเกรดหรือยกเลิกการใช้งาน

3. ผลการสอบเทียบ

ผลการสอบเทียบนำเสนอผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้วยการทวนสอบอุปกรณ์ภายใต้การสอบเทียบของอุปกรณ์ทั้งสองตัว เพื่อเปรียบเทียบผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนสำหรับอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดโดยแบ่งย่านวัดออกเป็น ย่านแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ย่านแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ย่านกระแสไฟฟ้ากระแสตรง ย่านกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ และย่านวัดค่าความ

ด้านทาน พิจารณาข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการวัดซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ใช้สำหรับคำนวณค่าความไม่แน่นอน Type A และ พิจารณาแหล่งความไม่แน่นอน Type B ตามข้อมูลจากข้อกำหนด ผลการทดลองเป็นดังต่อไปนี้

3.1 ผลการสอบเทียบย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC voltage Measurement)

ผลการสอบเทียบย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีใบรับรองการสอบเทียบและไม่มีใบรับรองการสอบเทียบ แสดงในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และรูปที่ 9

3.2 ผลการสอบเทียบย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Voltage Measurement)

ผลการสอบเทียบย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีใบรับรองการสอบเทียบและไม่มีใบรับรองการสอบเทียบ แสดงในตารางที่ 3 ตารางที่ 4 และรูปที่ 10

3.3 ผลการสอบเทียบย่านวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC Current Measurement)

ผลการสอบเทียบย่านวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่มีใบรับรองการสอบเทียบและไม่มีใบรับรองการสอบเทียบ แสดงในตารางที่ 5 และตารางที่ 6

3.4 ผลการสอบเทียบย่านวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (AC Current Measurement)

ผลการสอบเทียบย่านวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่มีใบรับรองการสอบเทียบและไม่มีใบรับรองการสอบเทียบ แสดงในตารางที่ 7 ตารางที่ 8

3.5 ผลการสอบเทียบย่านวัดความต้านทาน (Resistant Measurement)

ผลการสอบเทียบย่านวัดความต้านทาน(Resistant Measurement) ที่มีใบรับรองการสอบเทียบและไม่มีใบรับรองการสอบเทียบ แสดงในตารางที่ 9 ตารางที่ 10 และรูปที่ 11

3.6 ผลการสอบเทียบเกณฑ์ยอมรับค่าความผิดพลาดสูงสุดที่ยอมรับได้ (MPE)

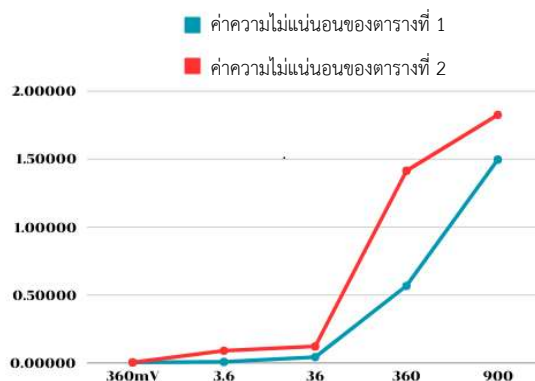
ผลการสอบเทียบเกณฑ์ยอมรับค่าความผิดพลาดสูงสุดที่ยอมรับได้ (MPE) ที่มีใบรับรองการสอบเทียบและไม่มีใบรับรองการสอบเทียบแสดงในตารางที่ 11 ถึงตารางที่ 14

ตารางที่ 1 ผลประเมินค่าความไม่แน่นอนย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีใบรับรองการสอบเทียบ

Range(V)	Applied Input (V)	UUC Reading (V)	Difference	Calibration Uncarts ± (V)
400 mV	360.000 mV	360.024 mV	0.024 mV	± 0.00448 mV
4.00 V	3.600 V	3.624 V	0.024 V	± 0.00761 V
40.000 V	36.000 V	36.220 V	0.220 V	± 0.043 V
400.000 V	360.000 V	362.600 V	2.600 V	± 0.568 V
1000 V	900.000 V	904.000 V	4.000 V	± 1.497 V

ตารางที่ 2 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ไม่มีใบรับรองการสอบเทียบ

Range (V)	Applied Input (V)	UUC Reading (V)	Difference	Calibration Uncarts ± (V)
400 mV	360.000 mV	360.034 mV	0.034 mV	± 0.00488 mV
4.00 V	3.600 V	3.634 V	0.034 V	± 0.091 V
40.000 V	36.000 V	36.300 V	0.300 V	± 0.122 V
400.000 V	360.000 V	362.200 V	2.200 V	± 1.415 V
1000 V	900.000 V	903.800 V	3.800 V	± 1.827 V



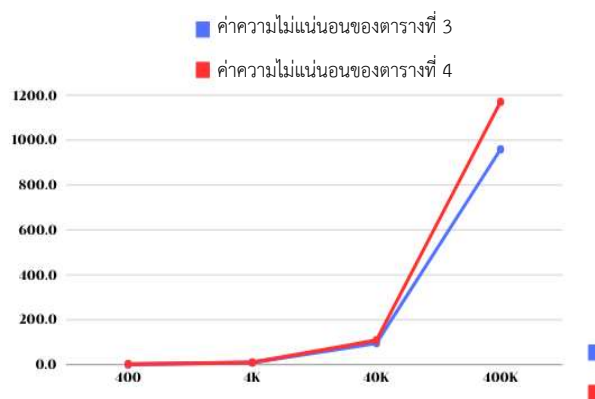
รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบค่าความไม่แน่นอนของอุปกรณ์ภายใต้การสอบเทียบย่านแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ตารางที่ 3 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีใบรับรองผลการสอบเทียบ

Range (V)	Applied Input (V)	UUC Reading (V)	Difference	Calibration Uncarts ± (V)
400.000 mV	360.000 mV	360.026 mV	0.026 mV	0.00025 mV
4.000 V	3.600 V	3.630 V	0.030 V	0.0317 V
40.000 V	36.000 V	36.200 V	0.200 V	0.317 V
400.000 V	360.000 V	361.200 V	1.200 V	3.365 V
1000.000 V	900.000 V	904.40 V	4.400 V	9.60 V

ตารางที่ 4 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ไม่มีใบรับรองผลการสอบเทียบ

Range (V)	Applied Input (V)	UUC Reading (V)	Difference	Calibration Uncarts ± (V)
400.000 mV	360.000 mV	360.0212mV	0.012 mV	0.0098 mV
4.000 V	3.600 V	3.606 V	0.06 V	0.0381 V
40.000 V	36.000 V	36.122 V	0.122 V	0.425 V
400.000 V	360.000 V	361.200 V	1.200 V	3.313 V
1000.000 V	900.000 V	904.200 V	4.200 V	9.526 V



รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบค่าความไม่แน่นอนของอุปกรณ์ภายใต้การสอบเทียบ

ตารางที่ 5 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่มีใบรับรองผลการสอบเทียบ

Range (V)	Applied Input (V)	UUC Reading (V)	Difference	Calibration Uncerts $\pm$ (V)
4.000 mA	27.000 mA	27.022 mA	0.022 mA	± 0.00462 mA
40.000 mA	390.000 mA	391.400 mA	1.400 mA	0.774 mA

ตารางที่ 6 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่ไม่มีใบรับรองผลการสอบเทียบ

Range (V)	Applied Input (V)	UUC Reading (V)	Difference	Calibration Uncerts $\pm$ (V)
4.000 mA	27.000 mA	27.024 mA	0.024 mA	0.00533 mA
40.000 mA	390.000 mA	391.600 mA	1.600 mA	0.848 mA

ตารางที่ 7 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่มีใบรับรองผลการสอบเทียบ

Range (V)	Applied Input (V)	UUC Reading (V)	Difference	Calibration Uncerts $\pm$ (V)
0.400 mA	0.100 mA	1.000 mA	0.000 mA	0.00000898 mA
0.440 mA	0.390 mA	391.400 mA	1.400 mA	0.488 mA

ตารางที่ 8 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่ไม่มีใบรับรองผลการสอบเทียบ

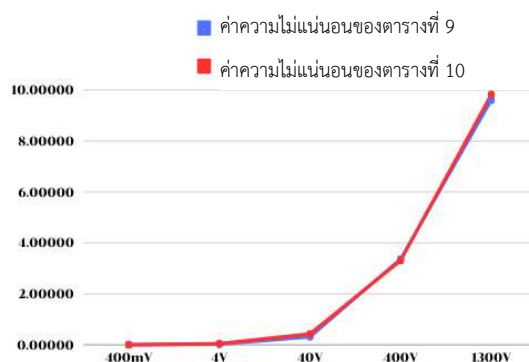
Range (V)	Applied Input (V)	UUC Reading (V)	Difference	Calibration Uncerts $\pm$ (V)
0.100 mA	0.100 mA	1.000 mA	0.000 mA	0.00000576 mA
0.440 mA	0.390 mA	391.800 mA	1.8 mA	0.4 mA

ตารางที่ 9 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดความต้านทานที่มีใบรับรองการสอบเทียบ

Range (V)	Applied Input (V)	UUC Reading (V)	Difference	Calibration Uncerts $\pm$ (V)
400.000 Ω	360.000 Ω	363.600 Ω	3.600 Ω	0.026 Ω
4.000 k Ω	3.600 k Ω	3.630 k Ω	0.030 k Ω	9.537 k Ω
40.000 k Ω	36.000 k Ω	36.300 k Ω	0.300 k Ω	108.48 k Ω
400.00 k Ω	360.00 k Ω	362.94 k Ω	2.94 k Ω	1170.59 k Ω

ตารางที่ 10 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดความต้านทานที่ไม่มีใบรับรองการสอบเทียบ

Range (V)	Applied Input (V)	UUC Reading (V)	Difference	Calibration Uncerts $\pm$ (V)
400.000 Ω	360.000 Ω	363.340 Ω	3.340 Ω	1.4 Ω
4.000 k Ω	3.600 k Ω	3.626 k Ω	0.026 k Ω	9.5 k Ω
40.000 k Ω	36.000 k Ω	36.260 k Ω	0.260 k Ω	95.8 k Ω
400.00 k Ω	360.00 k Ω	360.16 k Ω	0.16 k Ω	959 k Ω



รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบค่าความไม่แน่นอนของอุปกรณ์ภายใต้การสอบเทียบ

ตารางที่ 11 ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีใบรับรอง

Rang	Applied Input	UUC Reading	Error	Uncertainty	UUC+Ur+Unc	UUC-Ur-Unc	MPE (v)	Results
400 mV	360 mV	360 mV	0.24mV	± 0.448 mV	360.024	360.023	0.8 V	Pass
4 V	3.6 V	3.624 V	0.024 V	± 0.00761 V	3.6316	3.61639	0.4 V	Pass
40 V	36 V	36.22 V	0.220 V	± 0.043 V	36.263	36.177	0.4 V	Pass
400 V	360 V	362.6 V	2.600 V	± 0.568 V	363.168	362.032	4 V	Pass
1000 V	900 V	904.0 V	4.000 V	± 1.149 V	905.149	902.851	10 V	Pass

ตารางที่ 12 ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่ไม่มีใบรับรอง

Rang	Applied Input	UUC Reading	Error	Uncertainty	UUC+Ur+Unc	UUC-Ur-Unc	MPE (v)	Results
400 mV	360 mV	360 mV	0.34mV	± 0.488 mV	360.034	360.335	0.8 V	Pass
4 V	3.6 V	3.634 V	0.034 V	± 0.091 V	3.6349	3.63309	0.4 V	Pass
40 V	36 V	36.30 V	0.300 V	± 0.122 V	36.422	36.178	0.4 V	Pass
400 V	360 V	362.2 V	2.200 V	± 1.415 V	363.615	360.785	4 V	Pass
1000 V	900 V	903.8 V	3.800 V	± 1.827 V	905.627	901.973	10 V	Pass

ตารางที่ 13 ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ที่มีใบรับรอง

Rang	Applied Input	UUC Reading	Error	Uncertainty	UUC+Ur+Unc	UUC-Ur-Unc	MPE (v)	Results
400 mV	360 mV	360 mV	0.26mV	± 0.025 mV	360.026	360.025	0.8 V	Pass
4 V	3.6 V	3.630 V	0.030 V	± 0.030 V	3.6617	3.5983	0.1 V	Pass
40 V	36 V	36.20 V	0.200 V	± 0.200 V	36.517	35.883	3.5 V	Pass
400 V	360 V	361.2 V	1.200 V	± 1.200 V	364.565	357.835	10 V	Pass
1000 V	900 V	904.4 V	4.400 V	± 4.400 V	914.000	894.80	26 V	Pass

ตารางที่ 14 ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ไม่มีใบรับรอง

Rang	Applied Input	UUC Reading	Error	Uncertainty	UUC+Ur+Unc	UUC-Ur-Unc	MPE (v)	Results
400 mV	360 mV	360 mV	0.1 mV	± 0.9 mV	360.298	360.011	0.18 V	Pass
4 V	3.6 V	3.606 V	0.06 V	± 0.381 V	3.6441	3.5676	0.15 V	Pass
40 V	36 V	36.12 V	0.122 V	± 0.42 V	36.546	35.697	3.05 V	Pass
400 V	360 V	361.2 V	1.200 V	± 3.31 V	364.513	357.887	10.8 V	Pass
1000 V	900 V	904.2 V	4.200 V	± 9.52 V	913.726	894.674	26.3 V	Pass

4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการดำเนินการสอบเทียบผลที่ได้จากการทวนสอบยืนยันได้เป็นอย่างดีว่า สามารถนำกรอบแนวคิดที่นำเสนอไปใช้แก้ปัญหาของห้องปฏิบัติงานที่ขาดแคลนงบประมาณสำหรับส่งเครื่องมือไปสอบเทียบกับหน่วยงานภายนอก และเป็นการยืนยันความใช้ได้ของเครื่องวัดก่อนนำไปใช้งานหรือหลังการสอบเทียบของอุปกรณ์ภายใต้การสอบเทียบ วิธีการสอบเทียบคือต้องกำหนดจุดสอบเทียบภายใต้ย่านการใช้งานสำหรับการวัดซ้ำให้ได้ ข้อมูลพื้นฐานในการประเมินค่าความไม่แน่นอน Type A โดยแบ่งย่านการวัดออกเป็น ย่านแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ย่านแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ย่านกระแสไฟฟ้ากระแสตรง ย่านกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ ย่านการวัดค่าความต้านทาน ผลที่ได้จากการทำซ้ำถูกนำไปหาค่าความไม่แน่นอน Type A สำหรับนำไปบันทึกไว้ในช่อง U_A ของตารางข้อมูล Type A ที่ระดับความเชื่อมั่น 68% จะพบว่าค่าความไม่แน่นอนของเครื่องมือภายใต้การสอบเทียบทั้งสองตัวมีค่าใกล้เคียงกันหรือมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยและสังเกตได้ว่า UUC ตัวที่ส่งไปสอบเทียบกับห้องมาตรฐาน (มีใบรับรอง) จะมีย่านน้อยกว่า UUC ตัวที่ไม่ได้ส่งไปสอบเทียบ (ไม่มีใบรับรอง) ในบางย่านการวัด กล่าวคือเป็นผลที่เกิดขึ้นได้เนื่องจากข้อจำกัดบางประการของห้องสอบเทียบจำลองอาจไม่ครอบคลุมเงื่อนไขที่ทำได้เมื่อเทียบกับห้องสอบเทียบมาตรฐานแต่อย่างไรก็ตามยังมีความใกล้เคียงกันอยู่พอสมควรจึงถือได้ว่าไม่มีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนต่อมาเป็นผลการประมาณค่าความไม่แน่นอน Type B คือประเมินค่าความไม่แน่นอนจากแหล่งต่างๆ ที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาผลที่ได้คือ U_B คือผลรวมของแหล่งที่มาของค่าความไม่แน่นอนทั้งหมดก่อนนำไปรายงานผล ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 (ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง) ตารางที่ 3 และตารางที่ 4 (ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ) ตารางที่ 5 และตารางที่ 6 (ย่านการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง) ตารางที่ 7 และตารางที่ 8 (ย่านการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ)

ตารางที่ 9 และตารางที่ 10 (ย่านการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากการรวม U_A และ U_B จึงถูกนำไปรายงานผลที่ค่าความเชื่อมั่น 95% พบว่ามีความใกล้เคียงกันและมีความแตกต่างกันเล็กน้อย (ดูจากกราฟความสัมพันธ์ รูปที่ 8,9 และ 10) และสังเกตเห็นว่า UUC ที่ไม่มีใบรับรองซึ่งมีผลในลักษณะเดียวกันทุกย่านการวัด และสามารถยืนยันผลการใช้งานได้ของเครื่องมือเมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์การยอมรับจะพบว่า UUC ทั้งสองงานเกณฑ์การยอมรับทุกย่านและทุกช่วงดังแสดงตามตารางที่ 11,12,13,14 ตามลำดับ

4.2 สรุปผลการทดลอง

การทวนสอบเครื่องมือวัดด้วยการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการสอบเทียบจำลอง เป็นแนวคิดที่นำเสนอเพื่อแก้ปัญหาเนื่องจากการขาดแคลนงบประมาณที่ต้องนำส่งเครื่องมือมาตรฐานไปสอบกลับมาตรฐานที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดของหน่วยงานที่ไม่ได้ดำเนินกิจกรรมเพื่อธุรกิจหรือเพื่อการค้า เช่น ในหน่วยงานราชการ หรือ สถานศึกษา เป็นต้น แนวทางที่นำเสนอจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการนำเครื่องมือมาตรฐานกลับมาใช้งานโดยที่เกิดความน่าเชื่อถือมากขึ้น สำหรับใช้ในการเรียนการสอน ทั้งนี้เพื่อยืนยันผลการวัดที่มีความน่าเชื่อถือและก่อให้เกิดความเชื่อมั่นในการนำผลการวัดไปใช้งานในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในเชิงมาตรวิทยา โดยไม่ต้องใช้งบประมาณในการสอบกลับผลที่ได้คือได้ข้อมูลเชิงวิเคราะห์ มีขั้นตอนและวิธีการอ้างอิงกับมาตรฐานที่กำหนด และจัดการได้ภายใต้เงื่อนไขการดำเนินการของห้องสอบเทียบจำลองได้องค์ความรู้สำหรับใช้ในการเรียนการสอน หรือประยุกต์ใช้กับงานอื่นที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนวางแผนเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือวัด เช่น การใช้งานเครื่องมือวัดต่อไป ปรับแต่ง ปรับแก้ซ่อมแซมหรือลดเกรดการใช้งานรวมถึงยกเลิกการใช้งานเครื่องมือวัดนั้นต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Thai Industrial Standards Institute (TISI), TISI 17025-2017
- [2] National Institute of Metrology (Thailand), ISO/IEC 17025 : 2017
- [3] ISO/IEC 17025 : 2017 denial requirements for the competence of testing and calibration laboratories (Third edition) 2017-11 (English/version)
- [4] Thai Industrial Standards Institute (TISI), TISI GLA-23-00 (15/03/2562)
- [5] ISO Guide to Expression of Uncertainty in measurement (M 3003) United Kingdom Accreditation Service UKAS Edition 3 November 2012
- [6] National Institute of Metrology (Thailand) Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation (NIMT) Thailand website, [http:// www.nimt.or.th](http://www.nimt.or.th)
- [7] ISO Guide to the Expression of Uncertainty in measurement (GUM) Edition 5 September 2022
- [8] ISO international vocabulary of Metrology- Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM) GLA-26-00 (11/04/2564)
- [9] European Federation of national Associations of Measurement testing and Analytical Laborite Technical Report No. 1/2007 March 2007
- [10] ISO Guide to the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC-G8) Edition 3 September 2021
- [11] ISO 10012 Measurement management systems-requirement for measurement processes and measuring equipment
- [12] Fluke 5500A Multi-product Calibrator Operation Manual, Rev10, 4/03 ,Fluke Corporation, 2005