

ผลกระทบของความร้อนจากการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูง ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของตัวต้านทานมาตรฐานในน้ำมัน

The Effect of Heat Due to High DC Current Bias on the Resistance Changes of Standard Oil Resistor

พลอยบุศรา โกมาสังข์¹, มณสิรา ทับเนียม¹, วรัญญา ขอนแก่น¹, สุภิสรา พิลาวงษ์¹, และ จูฑารัตน์ ทานะรมณ์^{2*}

Ploybussara Gomasang¹, Montisra Tubnium¹, Warunya KonKan¹, Supisara Pilawong¹, and Jutarat Tanarom^{2*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

²กลุ่มงานมาตรฐานปฐมภูมิไฟฟ้า เวลา และความถี่ ฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

²Primary Electrical, Time and Frequency group, Electrical Metrology Department,
National Institute of Metrology, Thailand

*Corresponding Author E-mail: jutarat@nimt.or.th

Received: 25/3/24, Revised: 5/6/25, Accepted: 6/6/25

บทคัดย่อ

บทความนี้ศึกษาผลกระทบของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน เนื่องจากการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูง ช่วงตั้งแต่ 3 A ถึง 10 A ผ่านตัวต้านทานมาตรฐาน 100 mΩ (Model Rubicon 99563) ที่แช่อยู่ในน้ำมัน ในกระบวนการสอบเทียบแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูงถูกจ่ายผ่านตัวต้านทานมาตรฐาน เมื่อทำการวัดอุณหภูมิด้วยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบอัตโนมัติที่ประดิษฐ์ขึ้นด้วยเทอร์โมคัปเปิล ชนิดเจ (J-type thermocouple) เปรียบเทียบกับการวัดค่าความต้านทานแสดงให้เห็นว่าการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูงผ่านตัวต้านทานนั้น ส่งผลให้ตัวต้านทานมีอุณหภูมิสูงขึ้นและค่าความต้านทานเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามน้ำมันสามารถช่วยลดอัตราการเพิ่มอุณหภูมิได้อย่างมีนัยสำคัญและความต้านทานจะคงที่หลังจากที่จ่ายกระแสผ่านตัวต้านทานเป็นเวลานานสุด 265 วินาที ซึ่งสามารถนำไปเป็นแนวทางเพื่อปรับปรุงขั้นตอนการสอบเทียบแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูงได้

คำสำคัญ: การสอบเทียบ แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรง ตัวต้านทานมาตรฐานในน้ำมัน

Abstract

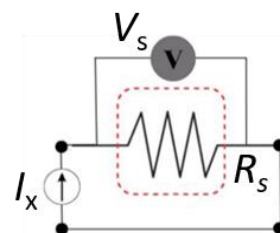
This study investigates the effect of heat on the resistance change due to high DC current bias in the range of 3 A to 10 A through a 100-mΩ standard oil resistor (Model Rubicon 99563). In the calibration process of high DC current source, high DC current is biased through a standard resistor. It is found the increase in the resistor's temperature measured by an automatic temperature measurement with a J-type thermocouple, resulting in the resistance increase. However, the oil can

significantly reduce the increasing rate of temperature, and the resistance change becomes stable after applying current through the resistor for up to 265 seconds. This study can be a guideline to improve the calibration process of the high DC current source.

Keywords: calibration, DC current source, standard oil resistor

1. บทนำ

ในกระบวนการสอบเทียบแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูงถึง 10 A วิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้คือ วิธีโวลต์-แอมแปร์ [1–3] โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่ต้องการสอบเทียบ (I_x) ผ่านตัวต้านทานซึ่งใช้ตัวต้านทานมาตรฐานที่ได้รับการสอบเทียบแล้ว (R_s) จากนั้นใช้โวลต์มิเตอร์ที่ได้รับการสอบเทียบในการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า (V_s) ที่ตกคร่อมตัวต้านทานดังกล่าวโดยวงจรวัดแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การวัดค่ากระแสไฟฟ้ากระแสตรงโดยวิธีโวลต์-แอมแปร์

และนำมาคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานมาตรฐานตามกฎของโอห์ม ดังแสดงความสัมพันธ์ตามสมการ (1) :

$$I_x = \frac{V_s}{R_s} \quad (1)$$

ข้อสังเกตหนึ่งในการสอบเทียบแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูงด้วยวิธีนี้ พบว่าตัวต้านทานมาตรฐานจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อจ่าย

กระแสไฟฟ้าค่าสูงซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อค่าความต้านทานของตัวต้านทานมาตรฐานขณะทำการสอบเทียบ

การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของตัวต้านทานชนิดนี้เนื่องจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปนั้นทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าที่แท้จริง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพและความแม่นยำของระบบ ดังนั้นเพื่อการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำจึงมีความจำเป็นต้องใช้วงจรชดเชยอุณหภูมิ (Temperature Compensation Circuit) เพื่อชดเชยผลกระทบจากอุณหภูมิที่มีต่อค่าความต้านทานของตัวต้านทานชนิด [4] ซึ่งเทคโนโลยีในปัจจุบันที่ต้องการการวัดค่ากระแสไฟฟ้าอย่างแม่นยำ ได้แก่ ระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ในรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle Supply Equipment, EVSE) ซึ่งมีระบบตรวจวัดกระแสไฟฟ้าแบบชั้ด (Shunt Current Sensing System) ที่สามารถแยกสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับและสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงได้ในระบบเดียว [5 - 7] เพื่อการคิดค่าบริการที่มีถูกต้อง (Revenue Metering) ดังนั้นตัวต้านทานชนิดนี้ในระบบควรมีความสามารถทนการจ่ายกระแสไฟฟ้าค่าสูงได้และควรพิจารณาถึงผลกระทบของความร้อนขณะจ่ายกระแสไฟฟ้าค่าสูงต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของตัวต้านทานชนิดนี้ด้วย

ในงานวิจัยก่อนหน้า [8-9] ได้มีการศึกษาผลกระทบของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของตัวต้านทานมาตรฐาน ชนิดใช้งานในอากาศ ซึ่งนำมาใช้เป็นตัวต้านทานชนิดในระบบสอบเทียบแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูง แสดงให้เห็นการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโดยรอบตัวตัวต้านทานมาตรฐานดังกล่าว พบว่าค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นในช่วงเริ่มต้น เมื่อถึงไ้เป็นระยะเวลาหนึ่งอุณหภูมิและค่าความต้านทานจะเข้าสู่สภาวะเสถียร ถึงอย่างไรก็ตามการสอบเทียบด้วยวิธีโวลต์-แอมป์เร้นี้ยังไม่ได้รับการศึกษาศึกษาในกรณีที่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าค่าสูงผ่านตัวต้านทานมาตรฐานชนิดใช้งานในน้ำมัน ดังรูปที่ 2 ซึ่งมีความน่าสนใจว่าตัวต้านทานชนิดที่แช่อยู่ในน้ำมัน อาจมีพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานแตกต่างไปจากชนิดที่ใช้งานในอากาศ



รูปที่ 2 ตัวต้านทานมาตรฐานชนิดแช่ในน้ำมัน

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลกระทบของความร้อนจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าค่าสูงถึง 10 A ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของตัวต้านทานมาตรฐานชนิดแช่ในน้ำมัน โดยออกแบบเครื่องมือวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิดเจในการวัดอุณหภูมิในอ่างน้ำมันบริเวณที่ตัวต้านทานมาตรฐานแช่อยู่และทำการเปรียบเทียบผลกับกรณีที่ยกตัวต้านทานขึ้นมาใช้งานในอากาศเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานและอุณหภูมิ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงวิธีการสอบเทียบให้เหมาะสมต่อไป

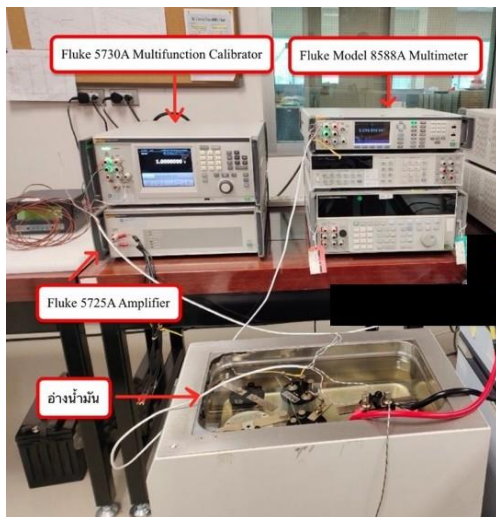
2. เครื่องมือวัดและการตั้งค่า

ในงานวิจัยการศึกษาผลกระทบของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเนื่องจากการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูงผ่านตัวต้านทานมาตรฐาน ทำการวัดโดยเชื่อมต่อเครื่องมือตามวงจรวัดดังรูปที่ 1 และคำนวณหาค่าความต้านทานเครื่องมือจ่ายกระแสไฟฟ้าจะใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าหือ Fluke 5730A Multifunction Calibrator (Model 5730A) [10] ร่วมกับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงมาตรฐาน Fluke 5725A Amplifier (Model 5725A) [11] ใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าค่า 3 A 5 A และ 10 A และใช้ดิจิทัลดมิเตอร์ 8½ หลักหือ Fluke Model 8588A Multimeter (Model 8588A) [12] สำหรับวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม ตัวต้านทานมาตรฐานซึ่งอ่านได้จากจอแสดงผลของดิจิทัลดมิเตอร์ จากนั้นนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้และกระแสไฟฟ้าที่ใช้ไปคำนวณหาค่าความต้านทานตามกฎของโอห์ม

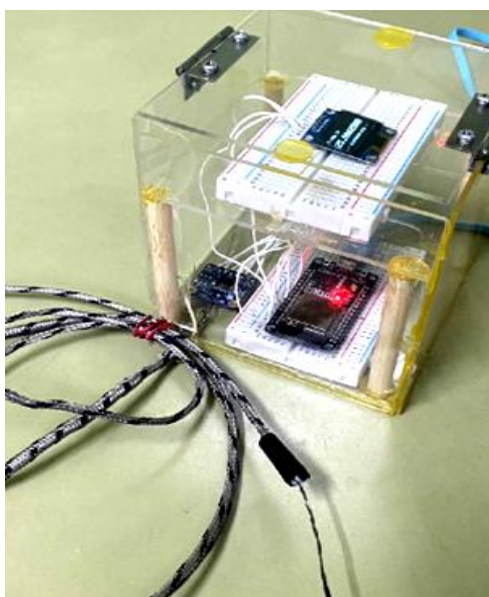
ตัวต้านทานมาตรฐานชนิดที่แช่ในน้ำมันในการทดลองใช้ตัวต้านทานมาตรฐาน model Rubicon 99563 มีค่าความต้านทาน 100 mΩ [13] เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้าและเครื่องแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงทั้งหมดถูกดำเนินการอุ่นเครื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการ Zero Cal. ทุก ๆ 12 ชั่วโมง ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดเฉพาะของเครื่องมือ การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเพื่อนำมาคำนวณหาค่าความต้านทานด้วยมัลติมิเตอร์ (Model 8588A) โดยตั้งค่าไปที่ฟังก์ชันการวัด DCV ทำการ offset ใส่ Short Bar ไปที่ขั้ววัดแรงดันไฟฟ้า จากนั้นเลือกย่านการวัด (Range) > NPLC 100 > Digit 8 เลือกใช้ ZERO offset รอจนกระทั่งหน้าจอเครื่องอ่านค่าใกล้ค่าศูนย์ จากนั้นจึงต่อสายวัด ดังรูปที่ 3

สำหรับเครื่องมือวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ วัดด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิดเจ ดังรูปที่ 4 แสดงค่าของอุณหภูมิได้แบบเรียลไทม์ ค่าอุณหภูมิจะถูกส่งไปยังแอปพลิเคชัน Blynk console ดังรูปที่ 5 และสามารถดูผลบนโทรศัพท์มือถือผ่านแอปพลิเคชัน Blynk Wi-Fi ดังรูปที่ 6 ด้วยการใช้อุปกรณ์ควบคุมโดย ESP32 และส่วนการขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้า MAX31856 สามารถนำมาใช้งานได้จริงและมีความถูกต้อง โดยนำไปสอบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานที่ 0 20 25 35 45 และ 55 °C มีค่าความไม่แน่นอน ± 0.15 °C มีการแจกแจงแบบปกติที่ค่าระดับความเชื่อมั่น 95% กับตัวคูณขอบเขต (Coverage Factor, k) เท่ากับ 2 สามารถสอบกลับไปยังมาตรฐานระดับชาติได้ ปลายโพรบของเทอร์โมคัปเปิล ถูกจุ่ม

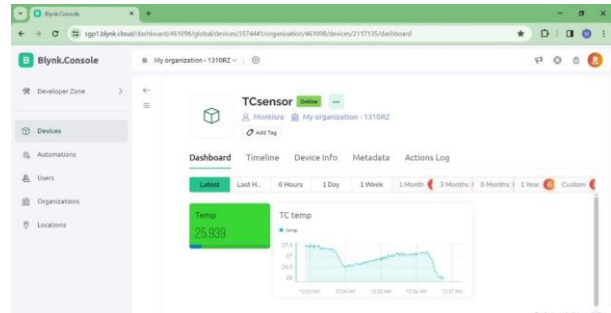
ไปในน้ำมันตรงกลางของตัวต้านทานเพื่อวัดอุณหภูมิโดยรอบของตัวต้านทานและเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลและบันทึกค่าลงใน Microsoft Excel ดังรูปที่ 7 เพื่อเก็บค่าอุณหภูมิของน้ำมันที่ตัวต้านทานแช่อยู่ขณะทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ค่า 3 A 5 A และ 10 A ผ่านตัวต้านทานดังกล่าว และทำการทดลองซ้ำที่กระแสไฟฟ้า 3 A โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทานมาตรฐานตัวเดิมที่ยกออกมาวัดในอากาศ โดยทิ้งไว้ให้อุณหภูมิเข้าสู่ภาวะเสถียรตามอุณหภูมิของห้องปฏิบัติการก่อนทำการวัดด้วยอุปกรณ์วัดชุดเดิม ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้แต่ละการจ่ายค่ากระแสไฟฟ้าที่ทดลองจะถูกรับบันทึกค่าแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นผ่าน LabVIEW ซึ่งบันทึกค่าที่วัดได้จาก Fluke Model 8588A Multimeter โดยเก็บค่าทุก ๆ 2 วินาที เป็นเวลารวม 600 วินาที การทดลองทั้งหมดทำให้ห้องปฏิบัติการควบคุมอุณหภูมิที่ $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$ และควบคุมความชื้นที่ $(50 \pm 15) \% \text{RH}$



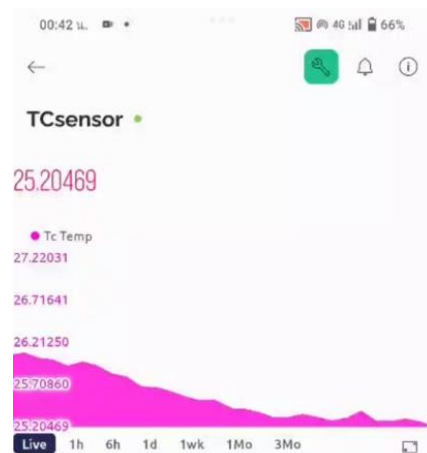
รูปที่ 3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย โดยใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิดเจ



รูปที่ 5 ตัวอย่างการแสดงผลค่าอุณหภูมิแบบเรียลไทม์ ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk Console บนคอมพิวเตอร์



รูปที่ 6 ตัวอย่างการแสดงผลค่าอุณหภูมิแบบเรียลไทม์ ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk WiFi บนโทรศัพท์มือถือ



รูปที่ 7 การติดตั้งเครื่องมือเพื่อเก็บค่าอุณหภูมิและค่าความต้านทานขณะจ่ายกระแสไฟฟ้าค่าสูงถึง 10 A ผ่านตัวต้านทานมาตรฐาน

3. ผลการวัดและการวิเคราะห์

3.1 ความต้านทานและอุณหภูมิของตัวต้านทานมาตรฐาน 100 mΩ ที่แช่ในน้ำมันที่กระแสทดสอบ 3 A 5 A และ 10 A

เมื่อทำการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงค่า 3 A 5 A และ 10 A ตามลำดับ ให้กับตัวต้านทานมาตรฐาน 100 mΩ ที่แช่ในน้ำมัน ที่ขนาดของกระแสไฟฟ้าคิดเป็น 30 % 50 % และ 100 % ของขีดจำกัดสูงสุดในการทนกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานมาตรฐานนี้ ตามลำดับ โดยบันทึกค่าความต้านทานและอุณหภูมิทุก ๆ 2 วินาที เป็นระยะเวลา 600 วินาที

ได้ผลดังรูปที่ 8 ที่สภาวะเสถียรของค่าความต้านทาน ซึ่งพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไม่เกิน $10 \mu\Omega/\Omega$ พบว่าค่าความต้านทานมีการเปลี่ยนแปลงจากจุดเริ่มต้น $3.33 \mu\Omega$ $5.98 \mu\Omega$ และ $10.46 \mu\Omega$ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มค่าของกระแสไฟฟ้าที่ทดสอบให้เข้าใกล้ขีดจำกัดสูงสุดในการทนกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทาน ส่งผลให้ค่าความต้านทานมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้น ค่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปจากจุดเริ่มต้น 1.48°C 1.76°C และ 2.18°C ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มขนาดของกระแสไฟฟ้าทดสอบ โดยความต้านทานจะเข้าสู่สภาวะเสถียรหลังจากจ่ายกระแสไฟฟ้าไปแล้วเป็นระยะเวลา 198 วินาที 214 วินาที และ 265 วินาที ตามลำดับ พบว่าใช้เวลานานขึ้นตามการเพิ่มขนาดของกระแสไฟฟ้าทดสอบเช่นกัน ผลสรุปของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน อุณหภูมิ และ ระยะเวลาเข้าสู่สภาวะเสถียร แสดงดังตารางที่ 1

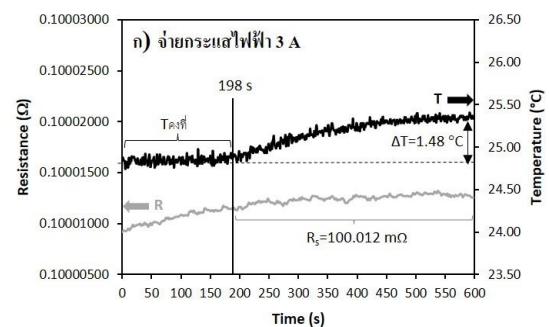
3.2 เปรียบเทียบค่าความต้านทานและอุณหภูมิของตัวต้านทานมาตรฐาน 100 mΩ กรณีแช่น้ำมันและใช้งาน ในอากาศ

เพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและค่าความต้านทานระหว่างกรณีตัวต้านทานแช่อยู่ในน้ำมันและกรณีใช้งานในอากาศ โดยเลือกค่ากระแสไฟฟ้าทดสอบเท่ากับ 3 A ซึ่งคิดเป็น 30% และ 100% ของขีดจำกัดการทนกระแสของตัวต้านทาน 100 mΩ เมื่อใช้งานในน้ำมันและในอากาศ ตามลำดับ โดยใช้ตัวต้านทานเดียวกันทำการวัดขณะแช่น้ำมันและทดลองยกออกจากอ่างน้ำมันเพื่อใช้งานในอากาศ แสดงผลการวัด ดังรูปที่ 8 ก) และ รูปที่ 9 ตามลำดับ ที่สภาวะเสถียรของค่าความต้านทานของตัวต้านทานในกรณีแช่น้ำมันและใช้งานในอากาศ พบว่าค่าความต้านทานมีการเปลี่ยนแปลงจากจุดเริ่มต้น $3.33 \mu\Omega$ และ $100.5 \mu\Omega$ ตามลำดับ ค่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจากจุดเริ่มต้น 1.48°C และ 2.51°C ตามลำดับ ค่าความต้านทานเข้าสู่สภาวะเสถียรหลังจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็นระยะเวลา 198 วินาที และ 486 วินาที มีค่าความต้านทานในสภาวะเสถียร (R_s) $100.012 \text{ m}\Omega$ และ $100.016 \text{ m}\Omega$ ตามลำดับ แสดงผลสรุปการเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 1

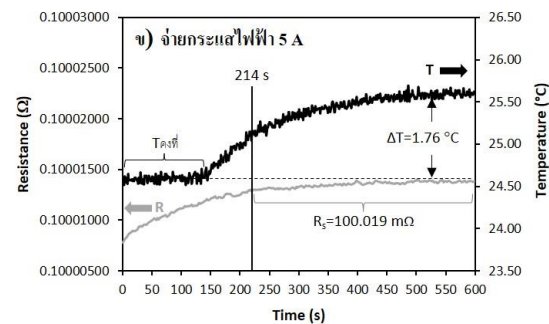
ตารางที่ 1 สรุปผลการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานและอุณหภูมิขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า ค่าสูงผ่านตัวต้านทานมาตรฐาน 100 mΩ (model Rubicon 99563)

R มาตรฐาน (mΩ)	I (A)	% I	เวลาเข้าสู่สภาวะเสถียร (s)	R_s (mΩ)	ΔT ($^\circ\text{C}$)
ตัวต้านทานชนิดแช่น้ำมัน (R in Oil)					
100	3	30%	198	100.012	1.48
	5	50%	214	100.014	1.76
	10	100%	265	100.019	2.18
ทดสอบในอากาศ (R in Air)					
100	3	100%	486	100.016	2.51

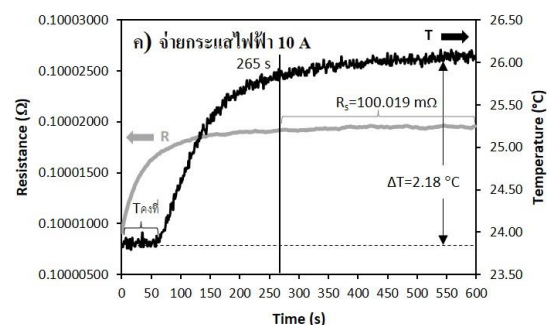
จากผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าตัวต้านทานมาตรฐานที่ถูกแช่น้ำมันมีอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำกว่ากรณีใช้งานในอากาศเป็นอย่างมาก แสดงดังรูปที่ 10 นอกจากนี้ยังพบว่ากรณีตัวต้านทานมาตรฐานแช่อยู่ในน้ำมันภายหลังจากจ่ายกระแสไฟฟ้า 3 A แล้วอุณหภูมิจะคงที่เป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนจะเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากกรณีใช้งานในอากาศที่อุณหภูมิของตัวต้านทานมาตรฐานจะเพิ่มขึ้นทันทีที่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้า 3 A ซึ่งให้เห็นว่าตัวกลางที่เป็นน้ำมันมีส่วนช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ซึ่งส่งผลให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานมาตรฐานที่แช่น้ำมันเข้าสู่สภาวะเสถียรเร็วกว่าและมีค่าความต้านทานที่สภาวะเสถียรต่ำกว่ากรณีไม่มีน้ำมัน



(ก)



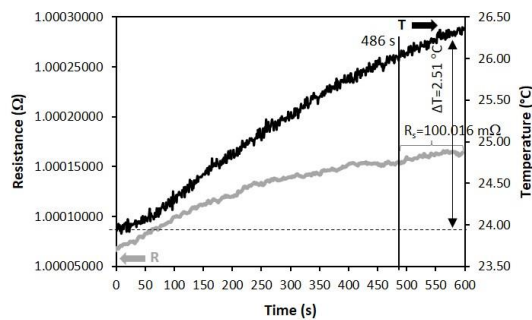
(ข)



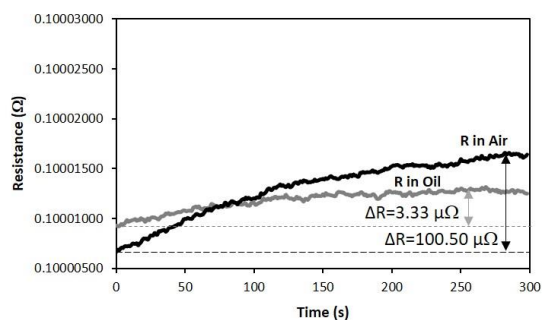
(ค)

รูปที่ 8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานและอุณหภูมิของตัวต้านทานมาตรฐาน 100 mΩ ที่แช่น้ำมันขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า

ก) 3 A ข) 5 A และ ค) 10 A ตามลำดับ



รูปที่ 9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานและอุณหภูมิของตัวต้านทานมาตรฐาน 100 mΩ ที่ไม่มีน้ำมัน ขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า 3 A



รูปที่ 10 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของตัวต้านทานมาตรฐาน 100 mΩ ที่ใช้น้ำมันและไม่มีน้ำมันขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า 3 A

4. สรุป

การจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูงถึง 10 A ผ่านตัวต้านทานมาตรฐานในน้ำมันค่า 100 mΩ จะก่อให้เกิดความร้อนขึ้นที่ตัวต้านทานมาตรฐานส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าความต้านทานของตัวต้านทาน ซึ่งได้ทำการทดลองวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ โดยใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิดเจ และการวัดค่าความต้านทานด้วย วิถีโวลต์-แอมแปร์ ผลการศึกษานี้จะมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในกระบวนการสอบเทียบแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรง พบว่า ค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น ตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จ่าย ยิ่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูงเข้าใกล้ขีดจำกัดการทนกระแสของตัวต้านทานมาตรฐาน อัตราการเพิ่มขึ้นของความต้านทานและอุณหภูมิจะยิ่งมากขึ้นและใช้ระยะเวลานานถึง 265 วินาที สำหรับการจ่ายกระแสไฟฟ้า 10 A (100% ของขีดจำกัดการทนกระแสของตัวต้านทาน) ผ่านตัวต้านทานมาตรฐานในน้ำมันค่า 100 mΩ เพื่อเข้าสู่สภาวะเสถียรของค่าความต้านทาน แม้ว่าน้ำมันจะเป็นตัวกลางที่ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิได้ระยะหนึ่งและลดอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและค่าความต้านทานอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีน้ำมัน แต่ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานที่ยังมีอยู่อาจนำไปสู่ผลการวัดที่ผิดพลาดได้ การทราบถึงผลกระทบดังกล่าวจึงเป็นประโยชน์ในการนำไปปรับปรุงวิธีการสอบเทียบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด [14] เพื่อให้ตระหนักถึงระยะเวลาการรอคอยหลังการจ่ายกระแสไฟฟ้าค่าสูงผ่าน

ตัวต้านทานมาตรฐานในน้ำมันควรรองจนกระทั่งค่าความต้านทานเข้าสู่สภาวะเสถียรก่อนทำการวัดค่า เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ฝ่ายมาตรฐานไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่สำหรับการศึกษาวิจัย และขอขอบคุณ โครงการ Self-evaluations for using Temperature platform และ ดร.อ้อยใจ อ่องหรั่ง ฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิและแสง สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ผู้จัดทำในการนำเครื่องวัดอุณหภูมิที่ประดิษฐ์ขึ้นสำหรับใช้ในงานวิจัยนี้ไปสอบเทียบ ทำให้มีความสามารถในการสอบกลับได้ทางการวัดอุณหภูมิ และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ในการสนับสนุนเงินทุนเพื่อการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชมสวรรณ นัททิทอง, อธิยา ดาวโรรัมย์, หฤทัย เพียรศึกษา, จุฑารัตน์ ทานะรมณ์, และ พลอยบุศรา โกมาสังข์, “การยืนยันผลการวัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานมาตรฐานย่านต่ำกว่า 1 โอห์ม ตามค่ากระแสไฟฟ้าจำเพาะด้วยวิถีโวลต์-แอมแปร์,” การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 15 (ECTI-CARD 2023), 2566.
- [2] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, ข้อตกลงร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ ข้อตกลงร่วม 4007-2567, แนวทางการสอบเทียบแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงโดยวิถีโวลต์-แอมแปร์, ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 141 ตอนพิเศษ 340 ง, ISBN (e-book) 978-616-617-387-1, 12 ธันวาคม 2567
- [3] T. Sanuksan, J. Tanarom and P. Gomasang, "Automated Voltage-Ratio Measurement for Resistance Calibration," 2024 12th International Electrical Engineering Congress (iEECON), Pattaya, Thailand, 2024, pp. 1-4.
- [4] P. Weßkamp and J. Melbert, "High-accuracy current measurement with low-cost shunts by means of dynamic error correction," J. Sens. Sens. Syst., 5, 389–400, 2016.
- [5] O. Mironenko, G. Ejzak, W. Kempton, "Integrated Electric Vehicle Shunt Current Sensing System for Concurrent Revenue Metering and Detection of DC Injection," Energies, 14, 1193, 2021.
- [6] D. Kumpanya, S. Thaipanit, and C. Angthong, "Identification of Fractional-order DC Motor Model by Bat Algorithm", TEEJ, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, Apr. 2025.

- [7] S. Duangsuwan, W. Deangkwanthong, and P. Inchan, “Development of Smart Electric Energy Consumption Metering in Building with IoT”, *TEEJ*, vol. 5, no. 1, pp. 9–14, Apr. 2025.
- [8] P. Gomasang and J. Tanarom, “A Study of Thermal Effect on High-Current Standard Resistor,” 20th Int. Conf. on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2023.
- [9] ชมลวรรณ นันทาทอง, จุฑารัตน์ ทานะรมณ์, พรรณวษา เหล่าลิม, อภิสร อรุณสันติโรจน์, ชลธิชา อินริน และ พลอยบุศรา โกมาสังข์, “ผลกระทบของการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูงต่อการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิและความต้านทานมาตรฐานในกระบวนการสอบเทียบแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง,” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 47 (EECON-47), 2567.
- [10] FLUKE Calibration., “5730A High Performance Multifunction Calibrator,” 2012.
- [11] FLUKE Calibration., “5725A Amplifier,” 2012.
- [12] FLUKE Corporation, “8588A reference Multimeter Product Specifications,” March 2019 Rev. G, 8/22.Y.
- [13] Test Equipment Center, Inc., 2025. Leeds-Northrup-4222B-Specifications-4E86D, Available: <https://testequipment.center/Products/Leeds--Northrup-4222B>, 14 Mar. 2025.
- [14] C. Lothongkam, “Applications of Silicone Insulation in Electrical Engineering”, *TEEJ*, vol. 4, no. 2, pp. 14–18, Aug. 2024.