

UPDATE

สมท. สาร ปีที่ 24 ฉบับที่ 1 ปี 2562



หน้า

2

ด้วยควมระลึกถึง “PROF. DR. PAUL
DE BIEVRE”

6

การทดสอบ Linearity ของการวัด High
Current โดยใช้ Rogowski Current Waveform
Transducer

14

รวมภาพกิจกรรม



สวัสดิ์ค่ะ ท่านสมาชิกสมาคมฯ และท่านผู้สนใจมาตรฐานวิทยาทุกท่าน

พบกันอีกครั้ง หลังจากที่เราได้หยุดพักการจัดพิมพ์วารสาร UPDATE ไประยะหนึ่ง เพื่อปรับเปลี่ยนจาก HARDCOPY เป็น DIGITAL เพื่อให้สอดคล้องกับโลกยุคปัจจุบัน รวมถึงเป็นการประหยัดทรัพยากรด้วย

ที่มบรรณารักษ์การใหม่ นำโดย ดร.ปนัดดา ชิลวา ซึ่งท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่มีไฟแรง จึงมั่นใจได้ว่าวารสาร UPDATE ของเราจะมีทั้งสาระและความทันสมัยให้ท่านผู้อ่านอย่างแน่นอน

ชาวห้องปฏิบัติการทดสอบ/สอบเทียบ คงกำลังเตรียมตัวเพื่อเข้าสู่มาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 ซึ่งสมาคมฯ ได้เห็นว่าเป็นเรื่องสำคัญ และได้จัดบรรยายไปแล้ว 2 ครั้ง ในอนาคตอันใกล้สมาคมฯ จะจัด WORKSHOP เป็นกลุ่มย่อย เพื่อให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อสงสัยกันได้เต็มที่ โดยเฉพาะเรื่อง “ความเสี่ยง” โปรดติดตามนะคะ รับรองว่าท่านจะได้คำตอบอย่างแน่นอน

พบกันใหม่ฉบับหน้าค่ะ

ดร.ลักษมี ปลั่งแสงมาศ
นายกสมาคมมาตรฐานวิทยาแห่งประเทศไทย

บรรณารักษ์การ

ดร.ลักษมี ปลั่งแสงมาศ
นายเชื้อมศักดิ์ สีนชัยศรี
ดร.ปนัดดา ชิลวา

ด้วยความระลึกถึง



“PROF. DR. PAUL
DE BIEVRE”

ดิฉันทราบข่าวการจากไปของ Prof. Dr. Paul De Bievre จากการประชุม CCQM ณ กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส เมื่อวันที่ 14 เมษายน 2016 นับว่าวงการด้านมาตรวิทยาเคมี ได้สูญเสียบุคคลสำคัญที่บุกเบิกด้านมาตรวิทยาเคมี Dr. Paul De Bievre สิริอายุได้ 82 ปี นักเคมีชาวเบลเยียม ผู้มีบทบาทสำคัญใน IRMM¹ ผู้ร่วมก่อตั้งองค์การอิสระด้านวิทยาศาสตร์ อาทิ เช่น IUPAC² สาขา CIAAW³, CITAC⁴, EURACHEM, บรรณาธิการบริหารของ ACQUAL⁵, เป็นหนึ่งในคณะกรรมการ JCGM⁶ และคณะทำงาน JCGM Working Group 2 ที่ได้พยายามคำจำกัดความของศัพท์ต่าง ๆ ใน International Vocabulary of Metrology (VIM) [1] ดังนั้นความคิดเห็นของท่านจึงมีอิทธิพลอย่างมากในวงการมาตรวิทยา โดยเฉพาะด้านเคมี

ดิฉันระลึกถึงปณิธานของท่านในการเผยแพร่ความรู้ด้านมาตรวิทยา ความพยายามในการอธิบายศาสตร์คำศัพท์ที่เป็นนามธรรมให้เป็นที่เข้าใจในเชิงปฏิบัติไม่ใช่เรื่องง่าย Dr. Paul De Bievre ได้มาบรรยายเกี่ยวกับมาตรวิทยาในเมืองไทยหลายครั้ง โดยได้รับเชิญจากหลายองค์กรในประเทศไทย ดิฉันมีโอกาสดำเนินการบรรยายของท่านเกือบหลายครั้งที่ท่านมาเมืองไทย เนื่องจากหน่วยงานสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว) มีความสัมพันธ์เครือข่ายงานด้านมาตรวิทยาประเทศไทย ทั้งนี้ไม่ใช่เพียงดิฉันเท่านั้น ที่ติดตามผลงานของท่าน ดิฉันมั่นใจว่ายังมีนักมาตรวิทยานักวิทยาศาสตร์จากภาครัฐ และภาคอุตสาหกรรม ให้ความสนใจเช่นกัน บทความของท่านได้มีการอ้างอิงในงานด้านมาตรวิทยาหลายครั้ง

¹ Institute for Reference Materials and Reference Measurements

² International Union of Pure and Applied Chemistry

³ Analytical Chemistry Division และ commission on Isotopic Abundances and Atomic Weights

⁴ Co-operation on International Traceability in Analytical Chemistry

⁵ Journal of Accreditation and Quality Assurance

⁶ Joint Committee for Guides in Metrology





ดิฉันมีโอกาสดำเนินงานกับ Dr. Paul De Bievre ในเรื่องทั่วไป ท่านเป็นนักเล่าโดยเฉพาะเรื่องเกี่ยวกับมาตรฐานและความเป็นมาในอดีต และชอบแนะนำบทความให้ศึกษา ท่านมีจิตวิญญาณ และมีพลังในการถ่ายทอดเป็นอย่างมาก⁷

ความตั้งใจของดิฉันในการเขียนบทความครั้งนี้เพื่อแสดงความรำลึกถึง Dr. Paul De Bievre โดยได้ศึกษางานตีพิมพ์ของท่านบางส่วนและสรุปให้ผู้อ่านทราบ และสอดแทรกมุมมองของดิฉัน บทความของท่านส่วนใหญ่ดิฉันศึกษาจาก ACQUAL ซึ่งท่านเป็นบรรณาธิการบริหาร เอกสารนี้เริ่มตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 1996 มีวัตถุประสงค์เพื่อประชาสัมพันธ์เผยแพร่ความรู้ด้านมาตรฐานบทความตีพิมพ์ส่วนใหญ่เป็นด้านมาตรฐานเคมี บทความของท่านเป็นบทความสั้น ๆ ความยาวประมาณ 1-2 หน้า เกี่ยวกับมาตรฐานเคมี ความเข้าใจ และการนำไปใช้



งานสัมมนา “Quality of Measurement Results in Chemistry Laboratory” จัดโดยสถาบันมาตรฐานแห่งชาติ ร่วมกับ กรมวิทยาศาสตร์บริการ (.มว) และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (.วต) (.วว)20 มกราคม 2555

ในภาพจากซ้ายไปขวา ดร. แสงจันทร์.สุทธิเวช ต.อนุชา.ดร (.วต)เล็กสกุลดิถ (วว), Dr. Paul De Bievre , นายสมศักดิ์ จากเขียน (.มว), ดร.ไกรฤกษ์ .(มว) อบรมสุข, นายเชิ่อมดักร์ สิ้นชัยตรี (.วว)

ฉ.ขอบคุณภาพจากจดหมายข่าว วว)2 กพ .2555)

บทบาทของการวัดด้านเคมี จนมาเป็นมาตรฐานเคมี เกิดจากความตื่นตัวด้านการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม และบทบาทของเวทีการค้าโลก (WTO) (Uruguai Round) ค.ศ.1984 ที่มีการตกลงใช้มาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (Sanitary and Phytosanitary Measures-SPS) ต่อการส่งมอบทางการค้า ข้อตกลงนี้มีผลบังคับใช้ในปี ค.ศ.1995 ทำให้ความสำคัญของการวัดทางเคมีมีมากขึ้น และในปีเดียวกันได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการที่

ปรึกษาด้านปริมาณสาร (Consultative Committee on Amount of Substance, CCQM) เพิ่มอีกหนึ่งสาขาในกลุ่มวิชาการด้านมาตรฐานของ The Bureau International des Poids et Mesures) BIPM ([2]

บทความเรื่องมาตรฐานเคมีที่ท่านเขียนมีมุมมองหลากหลาย เช่น เรื่องสถิติกับการปฏิบัติที่แท้จริงในห้องปฏิบัติการ จำนวนค่าการวัดเพื่อให้ได้การกระจายตัวอย่างแบบระฆังคว่ำ (normal distribution) ในเชิงทฤษฎี

⁷ International Union of Pure and Applied Chemistry



เมื่อเทียบกับจำนวนการทำซ้ำในห้องปฏิบัติการในชีวิตประจำวัน ที่ไม่มีจำนวนซ้ำเพียงพอที่จะได้ข้อมูลลักษณะดังกล่าว [3] ดังนั้นจึงมีการใช้ปัจจัยช่วยอื่นที่จะสร้างความเชื่อมั่น เช่น การใช้สารมาตรฐานอ้างอิง การใช้วิธีวิเคราะห์ที่เป็นที่ยอมรับในสากล การรายงานค่าความไม่แน่นอนที่มีระดับความเชื่อมั่น (coverage factor, k) การใช้การประกันคุณภาพผลการทดสอบด้วยตัวอย่างควบคุมที่อาจเป็น สารอ้างอิง หรือ ตัวอย่างของห้องปฏิบัติการเอง [4]

ท่านเขียนบทความเรื่องเกี่ยวกับ Proficiency test และการประเมินผลด้วยกระบวนการที่เรียกว่า “consensus” ถึงเรื่องจุดอ่อนในการสอบกลับทางมาตรวิทยาคม [5] หรือแม้แต่ข้อคิดเห็นเรื่อง ความสัมพันธ์ของการรับรองห้องปฏิบัติการกับการประกันคุณภาพ [6] ซึ่งจากบทความของท่านได้ชี้ประเด็นเรื่องการรับรองห้องปฏิบัติการมีข้อได้เปรียบเรื่องทางธุรกิจ โดยมีมาตรวิทยาคมเป็นองค์ประกอบหนึ่ง เมื่อพิจารณาข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025: 2005 จะพบได้ว่าเรื่องของมาตรวิทยาคมสอดคล้องกับข้อกำหนด 5.4.2 การเลือกวิธี 5.4.6 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวัด 5.4.7 การประมาณค่าความไม่แน่นอน 5.5.2 การสอบเทียบเครื่องมือ 5.5.10 การตรวจสอบระหว่างใช้งานเครื่อง 5.6 ความสอบกลับ 5.9 การประกันคุณภาพผลการวัด 5.10.2 รายงานผลที่ระบุหน่วยชัดเจน และระบุวิธีการทดสอบ อย่างไรก็ตามพบว่า) ห้องปฏิบัติการระบุวิธีการทดสอบเป็น “in-house method” หรือใช้เป็นรหัส ซึ่งยากต่อการนำไปอ้างอิง (, 5.10.3 การรายงานค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบทางเคมีที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งหากมีกรณีการโต้แย้งผลการวัด หรือหากมีการจำเป็นต้องเปรียบเทียบค่า

การวัด และ 5.10.4 การรายงานผลการสอบเทียบซึ่งต้องแสดงวิธีที่ใช้ในการสอบเทียบถึงการสอบกลับไปยัง SI-unit และการรายงานค่าความไม่แน่นอน

บทความระยะหลังของท่านเกี่ยวข้องกับหน่วย “โมล” [7] และคำนิยาม เป็นหน่วยล่าสุดของ “โมล” SI Unit บัญญัติขึ้นในปี คศ .1971 เป็นหน่วยวัดปริมาณสาร (amount of substance) โดยเป็นจำนวนอนุภาคเท่ากับ Avogadro constant ($N_A = 6.02214 \times 10^{23}$ ประกอบกัน (นั้น “โมล” เป็นหนึ่งอะตอม หรือเป็นหนึ่งโมเลกุล หน่วยยังไม่เป็นที่ใช้กันมาก เมื่อเทียบกับหน่วย SI อื่น ห้องปฏิบัติการ มักรายงานผลเป็น อัตราส่วนโดยน้ำหนัก เช่น มดกหรือ .กก/. หรือ มก .กก/. ร้อยละ และอัตราส่วนโดยปริมาตร เช่น มกการใช้น้ำในหน่วย .ล/.ว.ย โมล พบในสถาบันมาตรวิทยา , ผู้ผลิตมาตรฐานอ้างอิง , งานด้านเคมีคลินิกวิทยา และงานเคมีสังเคราะห์ (Stoichiometry) เท่านั้น

บทความของท่านได้เชื่อมโยงคำศัพท์กับเอกสาร VIM ดังนั้นดิฉันขอกล่าวถึงเอกสารดังกล่าว เนื่องจากมีบทบาทเป็นอย่างมากในงานเขียนของท่าน ฉบับแรกของ VIM 1st ประกาศใช้ในปี คศ .1983 ต่อมาปรับปรุงเป็น VIM 2nd ในปี 1993 และปัจจุบันเป็น ISO/IEC Guide 99:2007 หรือ VIM 3rd (2012) มีการเพิ่มศัพท์ด้านการวัดทางเคมี ความสอบกลับทางมาตรวิทยาค่าความไม่แน่นอนของการวัด ซึ่ง VIM 3rd นี้มีแปลเป็นเป็นภาษาต่างๆ ถึง 15 ภาษา ข้อมูลจาก) www.bipm.org) รวมถึงภาษาไทย VIM 3rd ให้นิยามศัพท์ต่างๆ โดยแบ่งออกเป็น 5 หมวด ได้แก่ 1) Quantities and units มีคำศัพท์ 30 คำ, 2) Measurement คำศัพท์ 53 คำ, 3) Devices for measurement คำศัพท์ 12 คำ,



4) Properties of measuring devices คำศัพท์ 31 คำ 5) Measurement standards คำศัพท์ 18 คำ รวมคำศัพท์ทั้งหมดใน VIM 3rd 144 คำ ในแต่ละคำศัพท์มีคำอธิบายและเพิ่มเติมในรูปหมายเหตุ และตัวอย่างคำศัพท์ที่กล่าวถึงบ่อยๆ ในบทความของท่าน คือ คำศัพท์หมวด 2) Measurement หัวข้อ (2.1) การวัด (2.3) ปริมาณของสิ่งที่ต้องการวัด (2.5) ขั้นตอนการวัด (method) (2.6) วิธีการวัด (procedure) , (2.7) วิธีการวัดอ้างอิง , (2.8) วิธีการวัดอ้างอิงปฐมภูมิ (2.9) ผลการวัด , (2.17) ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัด , (2.41) ความสอกลับทางมาตรวิทยา , (2.42) ไขความสอกลับทางมาตรวิทยาการเปรียบเทียบทางมาตรวิทยา , , ของผลการวัด (2.47) ความสอดคล้องกันทางมาตรวิทยาของผลการวัด และ (2.49) พังก์ชันการวัด และ หมวด 5 Measurement standards (5.4) วัสดุมาตรฐานการวัดระดับปฐมภูมิ, (5.14) สารอ้างอิงรับรองค่า (CRM), (5.18) ค่าปริมาณอ้างอิง [หมายเหตุ หัวข้อในวงเล็บหมายถึงข้อย่อยที่กล่าวถึงใน VIM 3rd, ท่านผู้อ่านสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากเอกสารเผยแพร่ใน www.bipm.org]

Dr. Paul De Bievre ได้ฝากผลงาน บทความและข้อคิดเห็นของท่านให้กับพวกเราได้ศึกษา VIM 3rd เป็นเอกสารทางมาตรวิทยาที่สำคัญที่มีการอ้างอิงในมาตรฐาน ISO หลายฉบับที่เกี่ยวกับการวัด ท่านเป็นหนึ่งในสามของผู้เชี่ยวชาญสาขาเคมี จากคณะทำงานทั้งหมด 15 ท่านของคณะ JCGM-WG2 ที่มีส่วนในการเกิดเป็น VIM 3rd ที่มีประโยชน์ต่อรุ่นหลัง บทความนี้เรียบเรียงด้วยความเคารพและเป็นเกียรติแก่ Dr. Paul De Bievre

โดย ดร.ปารมี ดุ่มครอง



เอกสารอ้างอิง

1. BIPM, IEC, IFCC, ILAC, IUPAC, IUPAP, ISO, OIML, The international vocabulary of metrology—basic and general concepts and associated terms (VIM), 3rd ed. JCGM 200:2012. <http://www.bipm.org/vim>
2. Paul De Bievre, Accred Qual Assur, Looking back at two decades of “Metrology in Chemistry” 16 (2011), 591–596
3. Paul De Bievre, Accred Qual Assur, Chemists’ views on measurement results are influenced too much by statistical considerations and not enough by the application of simple metrological principles, 16 (2011), 277–278
4. Paul De Bievre, Metrologia, Essential for metrology in chemistry, but not yet achieved: truly internationally understood concepts and associated terms, 45 (2008), 335–341
5. Paul De Bievre, Accred Qual Assur, Is “consensus value” a correct term for the product of pooling measurement results?, 17(2012), 639–640
6. Paul De Bievre, Accred Qual Assur, Does accreditation ensure competence in measurement?, 16 (2011), 1–2
7. Paul De Bievre, Accred Qual Assur, Second opportunity for chemists to re-think the mole, 18 (2013), 537–540

การทดสอบ Linearity ของการวัด High Current โดยใช้ Rogowski Current Waveform Transducer โดย

พล.อ.ต. ดร. เพียร โตทำโรง
สมาคมมาตรวิทยาแห่งประเทศไทย

มนตรี ไทยมานะ
บริษัท ไทยแมกซ์เวลอิเล็กทริค จำกัด

JOHN HURLL

อดีตหัวหน้าผู้ประเมิน ISO/IEC 17025 จาก UKAS, UK

Vdv

1. กล่าวนำ

ในการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่ มีพารามิเตอร์ที่ต้องทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าสูงในขนาดหลายสิบกิโลแอมแปร์ ได้แก่ การทดสอบ Short Circuit Test [1] เครื่องมือวัดค่ากระแสไฟฟ้าจะใช้ High Current Instrument Transformer ซึ่งนิยมเรียกกันตามชื่อ Walter Rogowski นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ซึ่งเป็นผู้ที่ประยุกต์ใช้ครั้งแรก ว่า “Rogowski Coil” เครื่องมือวัดทุกชนิดก่อนนำมาใช้งานจำเป็นต้องได้รับการสอบเทียบอย่างถูกต้องครอบคลุมย่านที่จะใช้งาน การสอบเทียบเครื่องมือวัดให้ครอบคลุมย่านที่จะทำการวัด เป็นข้อกำหนดข้อหนึ่งของมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ปัจจุบันนี้ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดไฟฟ้าในประเทศไทย สามารถทำการสอบเทียบ Current Transformer ได้ที่ขนาดกระแสไฟฟ้าสูงสุดเพียง 1 kA เนื่องจากในการทดสอบคุณลักษณะเฉพาะของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่มีความจำเป็นต้องทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าสูงที่ขนาดหลายสิบกิโลแอมแปร์ทำให้ต้องส่งเครื่องมือวัดไปสอบเทียบที่ต่างประเทศโดยมีค่าใช้จ่ายที่สูง ในปี ค.ศ. 2010 องค์การกำหนดมาตรฐานนานาชาติที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีด้านไฟฟ้า (International Electrotechnical Commission, IEC) ได้จัดทำมาตรฐานเกี่ยวกับการทดสอบที่ค่ากระแสไฟฟ้าสูง [2] โดยมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่ค่ากระแสไฟฟ้าสูงมาก ได้แก่ การสอบเทียบ

เครื่องมือวัดไฟฟ้าให้ครอบคลุมเพียง 5% ของค่าสูงสุดที่จะทำการวัดก็เพียงพอ โดยมีข้อกำหนดเพิ่มเติมว่าเครื่องมือวัดจะต้องมี ค่า Linearity เป็นที่ยอมรับครอบคลุมค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่จะทำการวัด กล่าวคือถ้าทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า ที่ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ 1 kA เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าเครื่องนี้จะสามารถใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 20 kA โดยที่เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้างดกล่าว ต้องมีการยืนยันว่า มีค่า Linearity เป็นที่ยอมรับครอบคลุมค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด 20 kA ที่ทำการวัด ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้การทดสอบเพื่อยืนยันค่า Linearity ของ Rogowski Coil จึงเป็นความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการทดสอบ ปี ค.ศ. 2002 Ramboz, et al. ได้ตีพิมพ์ผลการทดสอบยืนยันค่า Linearity ของ Rogowski Coil โดยใช้ Ratio Method ผลการทดสอบยืนยันว่า Rogowski Coil มีค่า Linearity เป็นที่ยอมรับครอบคลุมค่ากระแสไฟฟ้าสูงถึง 100 kA [3] ในบทความฉบับนี้จะกล่าวถึงการทดสอบเพื่อยืนยันค่า Linearity ของ Rogowski Current Waveform Transducer (Rogowski Coil with Integrator, Model CWT 300LFB) ที่ค่ากระแสไฟฟ้าสูงถึง 30 kA โดยใช้ 2 วิธีการได้แก่ วิธี Current Ratio และ วิธี Linear Extrapolation from Low Current ผลการทดสอบทั้ง 2 วิธียืนยันว่า Rogowski Coil, Model CWT 300LFB มีค่า Linearity เป็นที่ยอมรับตามมาตรฐาน IEC กล่าวคือผลการทดสอบมีค่า Tolerance ต่ำกว่า 5%

2. วิธีการทดสอบ

2.1 หลักการ การทดสอบเพื่อยืนยัน Linearity ของ Rogowski Coil จะใช้ 2 วิธีได้แก่ Current Ratio Method และ Linear Extrapolation from Low Current (Linear Regression) Method

2.1.1 Current Ratio Method จะใช้ Rogowski Coil วัดค่ากระแสต่ำด้าน Input ของ Transformer และค่ากระแสสูงด้าน Output ของ Transformer นำค่ากระแสที่วัดได้มาคำนวณหาค่า Current Ratio ของกระแสสูงต่อกระแสต่ำ จำนวน 4 จุดของค่ากระแสต่ำ Current Ratio ของทั้ง 4 จุด ที่ทำการทดสอบจะมีค่าเท่ากับ Turn Ratio ของ Transformer ที่ใช้ในการทดสอบ

2.1.2 Linear Extrapolation Method ใช้การเปรียบเทียบค่า Voltage VS Current Curve ที่ได้จากการใช้ Rogowski Coil วัดค่ากระแสสูง กับ ค่า Voltage VS Current Curve ที่เป็นผลลัพธ์ของ Linear Extrapolation โดยใช้ข้อมูลช่วงค่ากระแสต่ำ จากใบรับรองการสอบเทียบของ Rogowski Coil

2.2 อุปกรณ์ / เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

- 2.2.1 Digital Oscilloscope S/N 91LC3458
- 2.2.2 Rogowski Current Waveform Transducer 3 sets (S/N 32924-27082, 32856-27416, 32857-27417)
- 2.2.3 Single Phase High Current Transformer (Turn Ratio = 38T: 2T) 2 ชุด
- 2.2.4 Tapping Auto - Transformer (3 Phase) 1 ชุด
- 2.2.5 Dry Type PT 220 V / 110 V 1 ชุด

2.3 ผังวงจรและรูปภาพ การทดสอบ

2.3.1 ผังวงจร

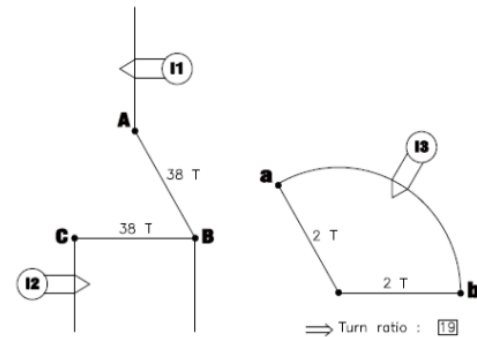
ในการทดสอบต้องการใช้ Three Phase High Current Transformer โดยได้จากการต่อ Single Phase Transformer 2 ตัว แบบ Inverted V Wiring ดังแสดงในรูปที่ 1 ข้างล่างนี้

TRANSFORMER FOR 3 PHASE TO SINGLE PHASE INVERTED V. CONNECTION

(Single Phase Transformer : 2 Sets)

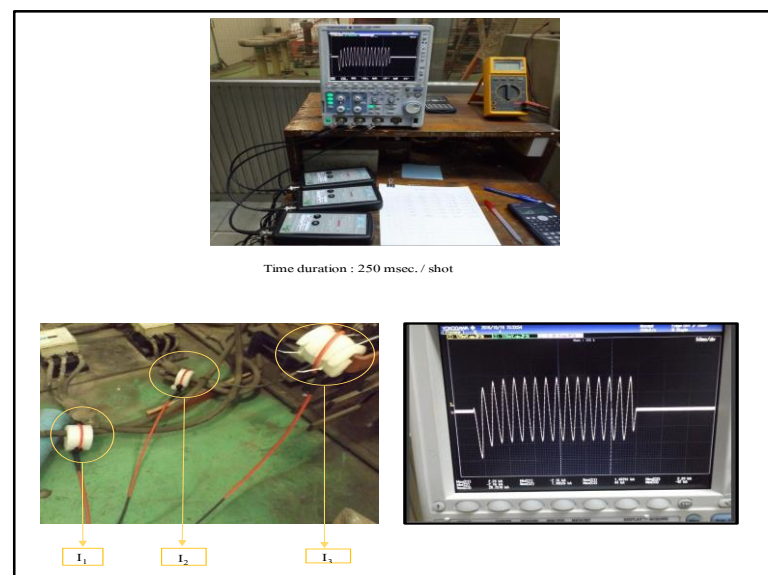
Rating : 1ø 380 V -20 V 250 kVA

Input from 3 ø tapping Auto - Transformer



รูปที่ 1 Inverted V Wiring Turn Ratio 38 : 2

2.3.2 รูปภาพการทดสอบ



รูปที่ 2 รูปภาพการทดสอบ

2.4 ขั้นตอนการทดสอบ

2.4.1 ทำการเชื่อมต่อเวลา ~250 ms. โดยใช้ PT เชื่อมเวลา

2.4.2 ทำการต่อ Rogowski Coil 3 ตัว กับ Three Phase High Current Transformer (ที่ได้จาก Single Phase Transformer 2 ตัวต่อวงจรแบบ Inverted V Wiring) โดยใช้ Rogowski Coil 2 ตัว (S/N 32856-27416, S/N 32857-27417) วัดกระแสต่ำด้าน I/P ของ Three Phase Transformer ที่ Phase A และ Phase C, ใช้ Rogowski Coil (S/N 32924-27082) ตัวที่ 3 วัดกระแสสูงด้าน O/P ของ Three Phase Transformer ที่ได้ทำการ Short-circuit แล้ว ตามผังวงจรรูปที่ 1 โดยใช้ฉนวนหุ้มเพื่อให้กระแสไหลอยู่ ณ ตำแหน่งศูนย์กลางของ Rogowski Coil หลังจากนั้นทำการวัดสัญญาณทั้ง 3 ของ Rogowski Coil โดยใช้ Digital Oscilloscope วัดค่า Voltage แล้วแปลงให้เป็นค่ากระแสต่อไป

2.4.3 ใช้ Three Phase Auto Transformer เป็น Power Supply ในการทดสอบ โดยทำการเลือกค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว Voltage TAP ดังนี้

2.4.1.1 104 V.

2.4.1.2 173 V.

2.4.1.3 208 V.

2.4.1.4 242 V.

2.4.4 การทดสอบในแต่ละ TAP จะทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

2.4.5 เพื่อตรวจสอบ Repeatability จะทำการทดสอบที่ TAP 242 V. เพิ่มเดิมอีก 10 ครั้ง

2.4.6 การทดสอบแต่ละ TAP เราจะบันทึกค่ากระแส RMS. ทั้ง 3 ของ CWT I_1 , I_2 , I_3

$$I_1 = 0 \text{ A}$$

$$I_2 = 0 \text{ C}$$

$$I_3 = \text{O/P (High Current)}$$

นำค่า $\frac{(I_1+I_2)}{2}$ ไปหารค่ากระแส I_3 จะได้ค่า Current Ratio ผลลัพธ์แสดงในตารางรูปที่ 3 และ 4

3. ผลการทดสอบ

3.1 Current Ratio Method

การทดสอบ Linearity test โดย Current Ratio Method ดำเนินการทดสอบ ดังนี้

จากวิธีปฏิบัติในข้อที่ 2.4.1 ใช้ PT เชื่อมเวลาในขณะที่ทำการทดสอบจะต้อง ~ 250 msec/ครั้ง ดำเนินการต่อวงจร ตามข้อปฏิบัติข้อที่ 2.4.2 เลือกใช้ power supply ตามวิธีปฏิบัติในข้อที่ 2.4.3 ในแต่ละ TAP ทำการทดสอบซ้ำ TAP ละ 3 ครั้ง ได้ผลตามรูปที่ 3 ค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Uncertainty of Measurement) ในการทดสอบ Linearity ด้วยวิธี Current Ratio แสดงไว้ในภาคผนวก ก

250 msec./ครั้ง	TAP	I_1 (kA _{rms})	I_2 (kA _{rms})	I_3 (kA _{rms})	Current Ratio	Tolerance (%)
1	104 V.	0.952	0.932	18.064	19.176	0.926
2	104 V.	0.958	0.938	18.174	19.170	0.895
3	104 V.	0.958	0.935	18.157	19.183	0.963
1	173 V.	1.176	1.152	22.293	19.152	0.800
2	173 V.	1.172	1.147	22.203	19.149	0.784
3	173 V.	1.169	1.145	22.151	19.145	0.763
1	208 V.	1.320	1.297	25.008	19.112	0.589
2	208 V.	1.321	1.295	24.973	19.092	0.484
3	208 V.	1.302	1.276	24.636	19.112	0.589
1	242 V.	1.516	1.508	28.792	19.042	0.221
2	242 V.	1.505	1.498	28.701	19.115	0.605
3	242 V.	1.503	1.499	28.693	19.116	0.611
* Arms จะไม่มี DC-Component * ป้อนกระแสต่อเนื่อง Tap ละ 3 ครั้ง จำนวน 4 Tap * Current ratio = $I_3 / \frac{(I_1 + I_2)}{2}$					Design : 19 ± 5% Tolerance from standard	

รูปที่ 3 แสดง Current Ratio จากการทดสอบ

หมายเหตุ ค่า Tolerance (%) ที่แสดงไว้ในรูปที่ 3 คอลัมน์สุดท้าย เป็นค่าที่ยังไม่รวมค่าความไม่แน่นอนของการวัดเมื่อรวมค่าความไม่แน่นอนของการวัด (3.82%) ที่มีรายละเอียดการคำนวณปรากฏในภาคผนวก ก ค่า Current Ratio ในคอลัมน์ที่ 6 ที่ได้จากการทดสอบ มีค่าไม่เกิน 5% Tolerance ซึ่งเป็นเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน IEC [2, p. 54]

ดำเนินการตามขั้นตอนการทดสอบที่ 2.4.5 เพื่อตรวจสอบ Repeatability ได้ผลตามรูปที่ 4 เมื่อคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด ตามผนวก ก โดยใช้ผลการวัดจำนวน 10 ครั้ง นำมาคำนวณ Uncertainty Type A ของ I_1 , I_2 และ I_3 ทั้งสามค่าแล้วจะได้ค่า < 0.3% ดังนั้นค่า Expanded Uncertainty ในการหาค่า Current Ratio ในตารางรูปที่ 4 นี้ จะมีค่า < 3.82% เมื่อนำไปรวมกับ ค่า Tolerance ที่เกิดจากผลต่างระหว่างผลการวัดกับค่า Designed Current Ratio = 19 (คอลัมน์ที่ 7) ค่า Tolerance รวมจะมีค่า < 5% ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน IEC [2]

250 msec./ครั้ง	TAP	I ₁ (kArms)	I ₂ (kArms)	I ₃ (kArms)	Current Ratio	Tolerance (%)
1	242 V.	1.497	1.495	28.650	19.151	0.795
2	242 V.	1.510	1.507	29.040	19.251	1.321
3	242 V.	1.500	1.497	28.748	19.185	0.974
4	242 V.	1.495	1.493	28.861	19.317	1.668
5	242 V.	1.508	1.502	28.797	19.134	0.705
6	242 V.	1.485	1.483	28.669	19.318	1.674
7	242 V.	1.497	1.495	28.751	19.218	1.147
8	242 V.	1.487	1.489	28.588	19.212	1.116
9	242 V.	1.493	1.502	28.820	19.245	1.289
10	242 V.	1.474	1.485	28.474	19.246	1.295
					Design : 19	
					± 5% Tolerance from standard	

* Arms จะ ไม่มี DC-Component

* ป้อนกระแสต่อเนื่อง 10 ครั้ง เพื่อตรวจสอบ Current Ratio ตามวงจรเดิม

I₁ , I₂ และ I₃ ไม่ได้กำหนดตัวเหมือนกับรูปที่ 3

* Current ratio = I₃ / $\frac{(I_1 + I_2)}{2}$

รูปที่ 4 แสดง Current Ratio ที่จุดกระแสไฟฟ้าสูงสุด โดยทำการวัด 10 ครั้ง

3.2 Linear Extrapolation from Low Current (Linear Regression) Method

จากผลการทดลองในตารางรูปที่ 3 นำมาวิเคราะห์หา Linearity ของ Rogowski Coil ที่ใช้วัดค่ากระแสสูงโดยใช้วิธี Linear Extrapolation ได้ดังนี้

- ทำการคำนวณค่า mV VS A ที่ค่ากระแสไฟฟ้าสูงด้วยวิธี Extrapolation โดยใช้ฟังก์ชันในการคำนวณ Linear Regression (LINEST) ของโปรแกรม Excel โดยใช้ค่า mV VS A ที่ค่ากระแสไฟฟ้าต่ำจากใบรับรองการสอบเทียบของ Rogowski Coil (S/N 32924-27082) และใช้ค่ากระแสไฟฟ้าสูง ณ จุดที่มีค่ามากกว่า 1000 A ที่ได้จากการทดลองในรูปที่ 3 ผลของการทำ Extrapolation แสดงไว้ในคอลัมน์ที่ 2 ของรูปที่ 5 โดยมีค่า Slope = 0.09936 ค่า Y-Intercept = -0.05 $\Rightarrow (Y=0.09936X - 0.05)$ และค่า Uncertainty ของ Slope และ Y-Intercept เท่ากับ $5.66E-05$ และ 0.0387 ตามลำดับ
- ทำการเปรียบเทียบผลการวัด mV ณ ตำแหน่งกระแสสูง 4 จุดจากผลการทดสอบในรูปที่ 3 (ค่าเฉลี่ยของ I_3 ในคอลัมน์ที่ 5 คูณด้วย sensitivity 0.1 mV/A) กับค่าที่ได้จากการคำนวณ Extrapolation โดยคอลัมน์ที่ 3 เป็นผลการวัดของ Rogowski Coil คอลัมน์ที่ 4 เป็นผลต่างของค่าจาก Extrapolation กับค่าจากการวัด และคอลัมน์ที่ 5 แสดงผลต่างเป็นค่าร้อยละ โดยผลต่างทั้ง 4 จุด ที่ทำการทดสอบ มีค่าต่ำกว่า 1.63%

ค่ากระแสที่ทดสอบ (A)	ค่า mV จาก Extrapolation	ค่า mV จากการวัดโดย CWT 300	Column 3 - Column 2	% ของ Column 4
250	24.79	-	-	-
500	49.63	-	-	-
750	74.47	-	-	-
1000	99.31	-	-	-
17955	1783.959	1813	29.0412	1.627908
22042	2190.043	2221	30.95688	1.413528
24728	2456.924	2487	30.07592	1.224129
28585	2840.156	2872	31.8444	1.12122

รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบผลระหว่างค่าที่ได้จากการทดสอบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ Extrapolation

**จากรูปที่ 5 ตัวเลขในกรอบสีแดง เป็นค่าเฉลี่ยของ $\frac{I1+I2}{2}$ คูณด้วย Turn Ratio 19 หน่วยเป็น A

4. สรุปผลการทดสอบ Linearity test ของ Rogowski Current Waveform Transducer

จากการทดสอบโดย Current Ratio Method ที่ค่ากระแสไฟฟ้าสูง 4 จุด ทุกจุดได้ค่า Current Ratio ที่รวมค่าความไม่แน่นอนของการวัดแล้วมีค่าไม่เกิน 5 % Tolerance ของค่า Turn Ratio และจากการเปรียบเทียบ Voltage VS Current Curve ของผลการวัดกับการคำนวณด้วยวิธี Linear Extrapolation โดยใช้ข้อมูลในใบรับรองการสอบเทียบของ Rogowski Coil ได้ผลลัพธ์ต่างกันต่ำกว่า 1.63% แสดงให้เห็นว่า Rogowski Coil ที่ใช้ในการทดสอบ มีค่า Linearity เป็นที่ยอมรับโดยในการทดสอบมีค่า Tolerance ไม่เกิน 5% ในช่วงกระแสไฟฟ้าสูงถึง 29 kA_{rms} ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับที่ระบุไว้ในมาตรฐาน IEC [2, p. 54]

เอกสารอ้างอิง

1. IEC 60076-1:2011, Power Transformer – Part 1: General
2. IEC 62475:2010: High-current test techniques – Definitions and requirements for test currents and measuring systems
3. Ramboz, et al., The Verification of Rogowski Coil Linearity from 200 A to Greater than 100 kA using Ratio Method, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, May 2002
4. Transformer Theory with Test Method: Balance Ampere – Turns of High Current Transformer
5. JCGM 100:2008, Evaluation of Measurement Data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM, 2008
6. Calibration Certificate: Digital Oscilloscope, Serial No: 91NC29342
Manufacturer: Yokogawa, บ.ไทยแมกซ์เวลอิเล็กทริค จำกัด
7. Calibration Certificate: Rogowski Current Waveform Transducer
Serial No: 32924-27082 Manufacture: PEM, บ.ไทยแมกซ์เวลอิเล็กทริค จำกัด
8. Calibration Certificate: Rogowski Current Waveform Transducer
Serial No: 32856-27416 Manufacture: PEM, บ.ไทยแมกซ์เวลอิเล็กทริค จำกัด
9. Calibration Certificate: Rogowski Current Waveform Transducer
Serial No: 32857-27417 Manufacture: PEM, บ.ไทยแมกซ์เวลอิเล็กทริค จำกัด

กิตติกรรมประกาศ ผู้เขียนขอขอบคุณ Mr. Yong Yuan Sun กรรมการผู้จัดการ และ รจนา นุชนิยม ผู้จัดการฝ่ายขายภาครัฐ บ.ไทยแมกซ์เวลอิเล็กทริค จำกัด ในการสนับสนุนข้อมูล และการทดลองในห้องปฏิบัติการของบริษัทฯ เพื่อใช้ในการเขียนบทความฉบับนี้

ภาคผนวก ก

Uncertainty Budget ของการทดสอบ Linearity ของ Rogowski Coil (CWT 300 LFB)

Uncertainty Sources	Uncertainty Value	Probability Distribution	Divisor n	Standard Uncertainty	Degree of Freedom
I₁ measurement					
- Calibration certificate of CWT 300 LFB S/N 32856 - 27416 0.2% + 2 digits worst case at 250A = 0.2% + 0.8% = 1.0%	1.0%	N	2	0.5%	∞
- Oscilloscope Calibration at 120 mV = 0.6 mV ≈ 0.5%	0.5%	N	2	0.25%	∞
- Type A (ทำการวัด 3 ครั้ง)	< 0.5%	N	1	0.5%	2
I₂ measurement					
- Calibration certificate of CWT 300 LFB S/N 32857 - 27417 0.2% + 2 digits	1.0%	N	2	0.5%	∞
- Oscilloscope Calibration at 120 mV = 0.6 mV ≈ 0.5%	0.5%	N	2	0.25%	∞
- Type A (ทำการวัด 3 ครั้ง)	< 0.52%	N	1	0.52%	2
I₃ measurement					
- Accuracy of CWT 300 LFB S/N 32924-27082 worst case 2%	2.0%	R	$\sqrt{3}$	1.15%	∞
- Oscilloscope Calibration at 5V = 19 mV ≈ 0.4%	0.4%	N	2	0.2%	∞
- Type A (ทำการวัด 3 ครั้ง)	< 0.5%	N	1	0.5%	2
- Difference between extrapolation and measured value at high current	< 1.63%	R	$\sqrt{3}$	1.15%	∞
Combined Uncertainty				1.91%	∞
Expanded Uncertainty₃			k = 2	3.82%	∞

รวมภาพกิจกรรม

สมาคมมาตรฐานวิทยาแห่งประเทศไทย

เรื่อง “การเตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการ เพื่อรองรับ ISO/IEC 17025 version 2017”

วันที่ 21 สิงหาคม 2561 เวลา 08.30 - 16.30 น.

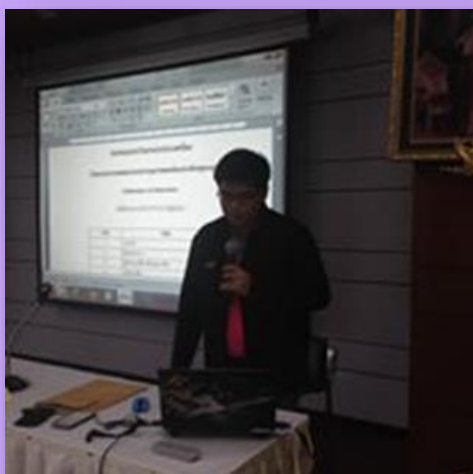
ณ ศูนย์การประชุม อินแพด เมืองทองธานี ห้อง PHOENIX 3



งาน Thailand Lab International 2018
12 - 14 กันยายน 2561
ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทคบางนา



ภาพกิจกรรมโครงการทดสอบความชำนาญ อุตหภูมิ
ณ อาคารศูนย์บรรจุหีบห่อไทย วว. บางเขน
วันที่ 17 พฤศจิกายน 2561



นายกสมาคมฯได้ไปร่วมแสดงความยินดีกับท่าน ผู้ว่า วว. คนใหม่
พร้อมทั้งได้ร่วมสวัสดีปีใหม่ด้วย
เมื่อวันที่ 4 มกราคม 2562



นายกสมาคมฯได้ไปร่วมสวัสดีปีใหม่มกับ
รศ.บพ.สิริกฤษ์ ศิวโฬ เลขาธิการคณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ
เมื่อวันที่ 11 มกราคม 2562



การประชุมนอกสถานที่ของคณะกรรมการสมาคมมาตรวิทยาแห่งประเทศไทย
เมื่อวันที่ 26 – 27 มกราคม 2562
คณะกรรมการมาประชุม ณ ลำตะดลอง วันที่ 26 มกราคม 2562
เสร็จแล้วได้เยี่ยมชมพรรณไม้ของ วว.



ประชุมทบทวนยุทธศาสตร์สมาคมฯ สถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช นครราชสีมา
วันที่ 27 มกราคม 2562



ภาพกิจกรรมโครงการทดสอบความชำนาญ ด้านไฟฟ้า
ณ โรงแรมมารวยการ์เด็น วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2562



การแข่งขันกอล์ฟสมาคมฯ ณ สนาม บางกอก กอล์ฟ คลับ ปทุมธานี
วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2562



การประชุมใหญ่สามัญประจำปี 2561
วันที่ 28 มี.ค.2562 ณ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

