มรภ.อุดรธานี มรภ.สกลนคร มรภ.เลย NIMT EXAT การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ECTI Association

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

ECTI-CARD 2017

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม

VOL.2

SESSION 301-318

วันที่ 25-28 กรกฎาคม พ.ศ.2560

ณ โรงแรม เชียงคาน ริเวอร์ เมาท์เทน

อ.เชียงคาน จ.เลย

จัดโดย

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

ECTI-CARD 2017

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม

VOL.2

SESSION 301-318

วันที่ 25-28 กรกฎาคม พ.ศ.2560

ณ โรงแรม เชียงคาน ริเวอร์ เมาท์เทน

อ.เชียงคาน จ.เลย

จัดโดย

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทานสำหรับใช้สอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ความต้านทานแพลทินัมมาตรฐาน

Nonlinearity Assessment of Resistance Thermometry Bridges used for the Calibration of Standard Platinum Resistance Thermometer

จรวยรัตน์ เหย่ากุลบดี[1] สุทธิเกียรติ ชลลาภ[2]

[1]กลุ่มงานมาตรฐานปฐมภูมิอุณหภูมิ ฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิและแสง สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3/ 4-5 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-5775100 ต่อ 1303 E-mail: charuayrat@nimt.co.th

[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

38 ถนนเพชรเกษม เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160 โทรศัพท์ 02-8678088 E-mail: chollalarp_s@hotmail.com

บทคัดย่อ

เทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทานเป็นเครื่องมือหลักที่ใช้สำหรับการการสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ความต้านทานแพลทินัมมาตรฐานของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ การประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ทำให้สะดวกในการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดในส่วนของค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์สำหรับการสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ความต้านทาน

ในการศึกษานี้ เป็นการประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทาน (ASL, model F18) การประเมินค่านี้ใช้เครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน (Resistance Bridge Calibrator) เครื่องมือสอบเทียบนี้ประกอบด้วยความต้านทาน 4 ตัว และเมื่อนำมาต่อขนานและอนุกรมกัน สามารถวัดค่าได้จำนวน 35 ค่า ซึ่งจะนำมาใช้ในการคำนวณค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของบริดจ์ ในการประเมินค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากการวัดจริง ผลการวัดเท่ากับ 0.028 ppm ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสถาบันมาตรวิทยาประเทศอื่น เช่น สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ผลที่ได้มีค่ามากกว่าค่าที่บริษัทผู้ผลิตได้ระบุไว้คือ $\leq \pm$ 0.01 ppm อาจเนื่องจากปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิขณะทำการวัด

คำสำคัญ: : เทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทาน, เครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน, ค่าความไม่เป็นเชิงเส้น

Abstract

Resistance thermometry bridges are the principal instruments used by National Institute of Metrology (Thailand) Nonlinearity Assessments of the resistance thermometry bridges facilitate estimation of the uncertainties from the resistance measurement.

In this work, to accurately evaluate the nonlinearity of the resistance thermometry bridge (ASL, model F18) at NIMT was assessed. The Resistance Bridge Calibrator (RBC) consist of four resistors of different resistances can produce 35 distinct resistance values, by series and parallel combinations of these resistors. The linearity of manufacturer's specification for resistance thermometry bridge ASL model F18 is $\leq \pm$0.01 ppm. The behavior of the bridge in terms of nonlinearity was investigated. The result is 0.028 ppm show that the linearity is closed to National Institute of Standards and Technology (NIST), USA but higher than manufacturer's specification.

Keywords: Nonlinearity, Standard Platinum Resistance Thermometer, Resistance Thermometry Bridge.

1. บทนำ

ค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทาน เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการคำนวณค่าความไม่แน่นอนรวมสำหรับการสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ความต้านทานแพลทินัมมาตรฐาน (Standard Platinum Resistance Thermometer, SPRT) โดยวิธีการในการประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้นในระยะแรกๆ สามารถทำได้โดยการใช้ความต้านทานมาตรฐานที่ทราบค่ามาทำการต่อขนานและอนุกรมกัน แต่มีข้อจำกัดเนื่องจากความต้านทานมาตรฐานไม่เพียงพอการได้มาของค่าดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาเครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน (Resistance Bridge Calibrator, RBC) ซึ่งพัฒนาโดย Dr.Rod White ผู้เชี่ยวชาญจาก Measurement Standards Laboratory of New Zealand

(MSL) ประเทศนิวซีแลนด์ โดยได้พัฒนาขึ้นเพื่อให้การประเมินค่าประสิทธิภาพของเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทาน [1] และเป็นที่ยอมรับในระดับสากล

2. วิธีการทดลอง

สำหรับเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทานที่ใช้ในการประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้น เป็น เทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ จากบริษัท ASL รุ่น F18 ดังรูปที่ 1 การอ่านค่าที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทานชนิดนี้จะได้ค่าแสดงผลในรูปแบบของอัตราส่วนความต้านทาน

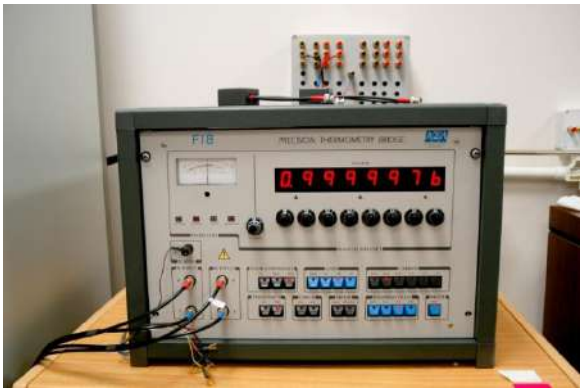
$$W = R_x/R_s$$

เมื่อ

W คือ อัตราส่วนระหว่างความต้านทาน

R_x คือ ความต้านทานของค่าที่ต้องการวัด

R_s คือ ค่าความต้านทานมาตรฐานที่ทราบค่า



รูปที่ 1 เทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทาน รุ่น F18

จากการวัดค่าจากเครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน (Resistance Bridge Calibrator, RBC) รุ่น RBC100M ตามรูปที่ 2 ซึ่งเครื่องมือนี้ไม่จำเป็นต้องทำการสอบเทียบ [2] เนื่องจากการอ่านค่าเป็นการเปรียบเทียบค่าความต้านทานในการแสดงผลเป็นอัตราส่วน สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้โดยการอ่านค่าความต้านทานที่มีค่าเหมือนกันเปรียบเทียบกัน คือ R_x/R_s และ R_s/R_x ผลที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 1

รูปที่ 2 เครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน (Resistance Bridge Calibrator)

เครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน RBC100M จะมีค่าความต้านทานมาตรฐานของเครื่องจำนวน 4 ค่า ซึ่งทราบค่าจากบริษัทผู้ผลิต ซึ่ง คือ

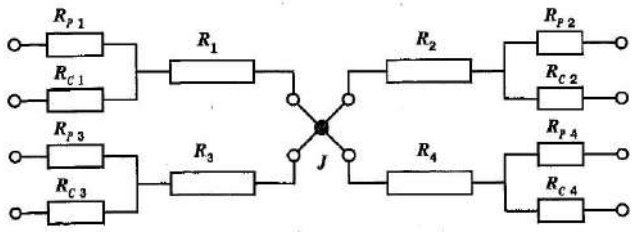
$R_1 = 79.3316\ \Omega$

$R_2 = 47.4995\ \Omega$

$R_3 = 36.5896\ \Omega$

$R_4 = 28.2421\ \Omega$

ตัวอย่างการต่อวงจร[5] เป็นดังรูปที่ 3 ซึ่งสามารถต่อแบบอนุกรมและขนานกันสามารถปรับค่าได้เป็น 35 ค่า และค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ เป็นค่าที่อ่านได้จากการเปลี่ยนค่าจากตารางที่ 1



รูปที่ 3 ตัวอย่างการต่อวงจรในเครื่อง RBC

ตารางที่ 1 ค่าที่เกิดจากเครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน RBC100M

Number	Description	Reading
1	R1	0.7935133
2	R2	0.4749350
3	R3	0.3659053
4	R1//R2	0.2824642
5	R1+R2	1.2684603
6	R1+R3	1.1594287

7	R1+R4	1.0759890
8	R2+R3	0.8408495
9	R2+R4	0.7574026
10	R3+R1//R2	0.6483763
11	R4	0.2971102
12	R1//R3	0.2504320
13	R1//R4	0.2083128
14	R2//R3	0.2066764
15	R2//R4	0.1771195
16	R3//R4	0.1594074
17	R1+R2//R3	1.0001938
18	R1+R2//R4	0.9706449
19	R1+R3//R4	0.9529274
20	R2+R1//R3	0.7253743
21	R2+R1//R4	0.6832580
22	R2+R3//R4	0.6343493
23	R3+R4	0.6630196
24	R3+R1//R4	0.5742253
25	R4+R1//R3	0.5430321
26	R4+R1//R2	0.57957934
27	R3+R2//R4	0.53289996
28	R3+R1//R2//R4	0.48914280
29	R1+R2//R3//R4	0.91286968
30	R2+R1//R3//R4	0.60767936
31	R4+R2//R3	0.51071043
32	R1//R2+R3//R4	0.44643902
33	R4+R1//R2//R3	0.45651941
34	R1//R3+R2//R4	0.42755478
35	R1//R4+R2//R3	0.41499381

3. ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการอ่านค่าอัตราส่วนที่เกิดขึ้นทั้งหมดจำนวน 35 ค่า จากตารางที่ 1

วิธีการคำนวณค่าความไม่เป็นเชิงเส้น ตามสมการที่ (1)

$$u_{NL}^2 = \frac{1}{N-4}\sum_{i=1}^{N}\left(\left(W_{i,meas} - W_{i,cals}\right)^2\right. \qquad (1)$$

ซึ่ง

N คือ จำนวนค่าของอัตราส่วนความต้านทานที่วัด

$W_{i,meas}$ คือ อัตราส่วนความต้านทานที่วัดได้

$W_{i,calc}$ คือ อัตราส่วนความต้านทานที่ได้จากการคำนวณ

สามารถนำไปคำนวณโดยใช้โปรแกรมคำนวณ Resistance Bridge Calibrator ได้ดังรูปที่ 4

Switch	Index	Combination	Reading	Fitted Value	Correction
J+++ +UD+	1	R1	0.79351334	0.79351612	4.6063727e-8
+U++ U+D+	2	R2	0.47493500	0.47493783	2.7570143e-8
++U+ UD++	3	R3	0.36590527	0.36591047	2.1240929e-8
+++U UD++	4	R4	0.28246233	0.28246911	1.6397037e-8
UD++ ++++	5	R1+R2	1.26846337	1.26845395	7.3634743e-8
U+D+ ++++	6	R1+R3	1.15942872	1.15942659	6.7305243e-8
U++D ++++	7	R1+R4	1.07599601	1.07598523	6.2461945e-8
+UD+ ++++	8	R2+R3	0.84085564	0.84084829	4.8811964e-8
+U+D ++++	9	R2+R4	0.75740263	0.75740694	4.3967488e-8
++UD ++++	10	R3+R4	0.64837634	0.64837958	3.7638473e-8
JU++ ++UD	11	R1//R2	0.29711021	0.29711037	1.7247352e-8
J+U+ +U+D	12	R1//R3	0.25043205	0.25043057	1.4537668e-8
J++U +UD+	13	R1//R4	0.20831278	0.20831494	1.2092630e-8
+UU+ U++D	14	R2//R3	0.20667637	0.20667786	1.1997636e-8
+U+U U+D+	15	R2//R4	0.17711544	0.17712442	1.0281613e-8
++UU UD++	16	R3//R4	0.15940382	0.15941033	9.2534473e-9
UDD+ ++++	17	R1+R2//R3	1.00019378	1.00019398	5.8061599e-8
UD+D ++++	18	R1+R2//R4	0.97064488	0.97064054	5.6346275e-8
U+DD ++++	19	R1+R3//R4	0.95292738	0.95292646	5.5317768e-8
DUD+ ++++	20	R2+R1//R3	0.72537435	0.72536839	4.2108235e-8
DU+D ++++	21	R2+R1//R4	0.68325805	0.68325276	3.9663369e-8
+UDD ++++	22	R2+R3//R4	0.63434067	0.63434816	3.6823698e-8
DDU+ ++++	23	R3+R1//R2	0.66301630	0.66302084	3.8488328e-8
D+UD ++++	24	R3+R1//R4	0.57423034	0.57422540	3.3334272e-8
+DUD ++++	25	R3+R2//R4	0.54303207	0.54303489	3.1523201e-8
DD+U ++++	26	R4+R1//R2	0.57957934	0.57957948	3.3644783e-8
D+DU ++++	27	R4+R1//R3	0.53288996	0.53289968	3.0934448e-8
+DDU ++++	28	R4+R2//R3	0.48914280	0.48914697	2.8394910e-8
JDDD ++++	29	R1+R2//R3//R4	0.91286969	0.91286698	5.2992405e-8
DUDD ++++	30	R2+R1//R3//R4	0.60767365	0.60768120	3.5275668e-8
DDUD ++++	31	R3+R1//R2//R4	0.51070431	0.51071287	2.9646564e-8
DDDU ++++	32	R4+R1//R2//R3	0.44643023	0.44643952	2.5915431e-8
JUDD ++++	33	R1//R2+R3//R4	0.45651411	0.45652070	2.6500804e-8
JDUD ++++	34	R1//R3+R2//R4	0.42754781	0.42755499	2.4819300e-8
JDDU ++++	35	R1//R4+R2//R3	0.41499381	0.41499279	2.4090536e-8

รูปที่ 4 โปรแกรมคำนวณค่าความไม่เป็นเชิงเส้น

ผลที่ได้จากโปรแกรมการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่ได้จากการวัดจริงมีค่าเท่ากับ 0.028 ppm ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (National Metrology Institute) อื่น ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของ NIMT และ NMI อื่น

NMI	ค่าความไม่เป็นเชิงเส้น
National Institute of Standards and Technology (NIST), USA	0.020 ppm

National Research Council of Canada (NRC), Canada	0.030 ppm
National Institute of Metrology Thailand (NIMT), Thailand	0.028 ppm

3. สรุป

การประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทาน (ASL, model F18) โดยวิธีการวัดค่าจากเครื่อง RBC ผลที่ได้จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่ได้จากการวัดจริงมีค่าเท่ากับ 0.028 ppm ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสถาบันมาตรวิทยาอื่นๆที่ได้ทำการวัด [3] แต่มีค่ามากกว่าค่าที่บริษัทผู้ผลิตได้ระบุไว้คือ 0.01 ppm ซึ่งการได้ผลดังกล่าวอาจเกิดจากปัจจัยภายนอกอื่นๆ เช่น อุณหภูมิขณะทำการวัด ซึ่งผู้ทำการวัดจะนำไปวิเคราะห์เพื่อพัฒนาระบบการวัดต่อไป โดยจะพัฒนาระบบการวัดในส่วนอื่นๆเพิ่มเติม เช่น ทำการเปลี่ยน Bandwidth และ Gain ในการวัด[6]

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติในการสนับสนุนการในการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

[1] White D.R., “A Method for Calibrating Resistance Thermometer Bridges”, in Proceedings of TEMPMEKO’96, The 6th International Symposium on Temperature and Thermal Measurements in Industry and Science, edited by P.Marcarino, Torino, 1997, pp. 129-134.

[2] J.V.Pearce, J.Gray, R.I.Veltcheva, “Characterisation of a Selection of AC and DC Resistance Bridges for Standard Platinum Resistance Thermometry” Int J Thermophys (2016) 37:109.

[3] Strouse G.F., and Hill K.D., “Performance Assessment of Resistance Ratio Bridges Used for the Calibration of SPRTs” in Temperature: Its Measurement and Control In Science and Industry-2002, edited by D.C.Ripple et al., AIP Conference Proceedings 684, New York: American Institute of Physics, 2003, pp. 327-332.

[4] S. Rudtsch, G.Ramm, D.Heyer, R. Vollmert, “Comparison of test and calibration methods for resistance ratio bridges”, Proc. TEMPMEKO 2004, 773-780 (2004).

[5] D.Rod White, Keith Jones,Jonathan M.Williams, and Ian E.Ramsey, “A Simple Resistance Network for Calibrating Resistance Bridges”, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 46, pp. 1068-1074, October 1997.

[6] W.Joung, K.S.Gam, I.Yang, and Y.G.Kim, “Nonlinearity Assessment of ASL F900 Resistance Thermometry Bridges”, Temperature: Its Measurement and Control In Science and Industry, Volume 8, AIP Conf. Proc. 1552, 404-408 (2013).

ECTI-CARD 2017

จัดโดย

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ