

การพัฒนาชุดสอบเทียบ

มาตรฐานด้านแรงสำหรับเครื่อง Universal Testing Machine

■ วีระชัย ภาริยาตร์* วิชัย กาญจนพัฒน์**

บทคัดย่อ

จากการต้องการขอรับบริการสอบเทียบด้านแรงที่มากขึ้น โดยเฉพาะเครื่อง Universal Testing Machine ขณะที่บุคลากร และเครื่องมือสอบเทียบมีจำกัด ทำให้ต้องมีการพัฒนาชุดสอบเทียบมาตรฐานด้านแรง โดยการพัฒนาได้ดำเนินการ 2 ส่วน ส่วนแรกคือการสร้างและพัฒนาซอฟแวร์ที่สอดคล้องกับมาตรฐาน BS EN ISO 7500-1 JIS B7721 และ ASTM E4 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบเครื่อง Universal Testing Machine ทำให้เพิ่มความสะดวก รวดเร็วขึ้น ลดความผิดพลาด เนื่องจากการถ่ายโอนข้อมูล และสามารถอ่านรายงานผลได้ทันทีทำการสอบเทียบแล้วเสร็จ สำหรับส่วนที่สองเป็นการสร้างและพัฒนาฮาร์ดแวร์ คือดิจิตอลโหลดเซลล์แอมป์ลิไฟเออร์ 24 บิต และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดที่สร้าง และพัฒนาขึ้น จึงได้ดำเนินการทดสอบการทำงานและเปรียบเทียบ กับดิจิตอลโหลดเซลล์แอมป์ลิไฟเออร์รุ่น SY047 ของบริษัท Synectic Design Ltd. ประเทศอังกฤษ และโหลดเซลล์อินดิเคเตอร์รุ่น SCOUT55 ของบริษัท HBM ประเทศสหราชอาณาจักร จึงได้ดำเนินการทดสอบการทำงานและเปรียบเทียบ กับดิจิตอลโหลดเซลล์แอมป์ลิไฟเออร์รุ่น SY047 ของบริษัท Synectic Design Ltd. ประเทศอังกฤษ และโหลดเซลล์อินดิเคเตอร์รุ่น SCOUT55 ของบริษัท HBM ประเทศสหราชอาณาจักร โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนของการวัด การหวานช้ำของการวัด ความเสถียรของการวัด และผลกระทบค่าความไม่แน่นอนของการวัดเฉพาะ Type A ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ดิจิตอลโหลดเซลล์แอมป์ลิไฟเออร์ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพดีกว่า ดิจิตอลโหลดเซลล์แอมป์ลิไฟเออร์รุ่น SY047 แต่ด้อยกว่า โหลดเซลล์อินดิเคเตอร์รุ่น SCOUT55 อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ อย่างแรงที่สร้างขึ้น สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้อีกในอนาคต

Abstract

In present, needs of a force calibration service are increasing, especially the calibration of Universal Testing Machines. However, calibration officers and equipments are limited. With this reason, the propose research was motivated to develop a calibration set of a standard force. The development of this calibration set was separated into two parts. The first part of development was to create and to develop a computer software, which was corresponding to standard documents, i.e., BS EN ISO 7500-1, JIS B7721 and ASTM E4 in which calibration methods are generally used. The developed computer software could create more convenient and faster calibrations, and reduce errors in terms of the data transferring and the production of calibration report immediately. The second part of the development was to create and to develop an electronic hardware, which was a 24 bit digital load cell amplifier. To investigate the performance of this developed equipment, an experiment was carried out. The developed equipment was compared with a 24 bit digital load cell amplifier, model SY047, Synectic Design Ltd ,UK and with a load cell indicator, model SCOUT55 HBM, USA. The performance comparisons were done in terms of the measurement errors, the measurement

* นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ โครงการพิสิกส์และวิศวกรรม

** นายช่างเครื่องกลชำนาญงาน โครงการพิสิกส์และวิศวกรรม



repeatability, the measurement stability and the combined measurement uncertainty of type A. The experiment results clearly proved that the developed digital load cell amplifier had a better performance than that of the model SY047 but a less performance than the load cell indicator of model of SCOUT55. However, the performance of the developed equipment can be enhanced in future by the laboratories of the calibration group.

1. અનુભાવ

เครื่อง Universal Testing Machine เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย ในวงการอุตสาหกรรม เช่น ยางพลาสติก วัว เหล็กเงิน คอนกรีต เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ ได้แก่ ยังก์โมดูลัส แรง屈ง ความเด่น ความเครียด การทนต่อแรงกดและแรงดึง เป็นต้น เพื่อให้สินค้าเหล่านี้ได้รับการยอมรับจากทั่วไป และต่างประเทศ เครื่อง Universal Testing Machine จำเป็นต้องได้รับการสอบเทียบตามหลักการของระบบมาตรฐาน ISO 9001 ตาม กรมวิทยาศาสตร์บริการ มีคุณสมบัติที่ยอมมาตรฐานด้านแรงอย่างจำกัด เนื่องจากมีรากฐานทางวิศวกรรมที่แน่นหนา ทำให้เกิดคุณสมบัติที่ดีเยี่ยม เนื่องจากมีวัสดุที่ต้องทดสอบ โครงสร้างฟลิกก์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์ บริการ ได้สร้างและพัฒนาชุดสอบเทียบขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน และสามารถทดสอบแทนหากเครื่องมือที่ใช้อยู่เกิดการชำรุด หรือหมดสภาพ

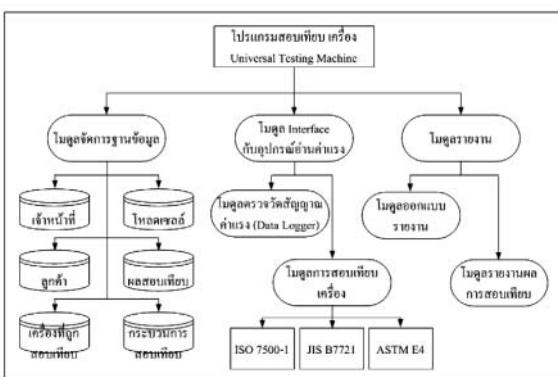
ชุดสอนเที่ยบต้านแรงที่สร้างและพัฒนาขึ้น สำหรับ
สอนเที่ยบเครื่อง Universal Testing Machine ประกอบด้วย¹
โหลดเซล์ ติจิตอลโหลดเซลล์แอมป์ลิไฟเออร์ และคอมพิวเตอร์
เชื่อมต่อกัน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 : การเชื่อมต่อของชุดสอบเทียบด้านแรง

จากภาพที่ 1 เมื่อมีแรงดึงหรือกด จากเครื่อง Universal Testing Machine กระทำกับโลหดเซลล์ ระดับสัมภูณ์ไฟฟ้าที่ออกจากโลหดเซลล์ จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะนี้กับแรงที่กระทำ แต่เมื่อจากสัมภูณ์ไฟฟ้ามีระดับต่ำมาก จึงต้องมีการขยายสัมภูณ์ไฟฟ้าโดยติดจิตอลโลหดเซลล์และปิลไฟเซอร์ ระดับสัมภูณ์ไฟฟ้าที่ขยายแล้วจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัมภูณ์ไฟฟ้าโดยคอมพิวเตอร์จะรับสัมภูณ์ไฟฟ้านี้แล้วประมวลผลผ่านทางซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์

ในส่วนของแวร์ที่สร้างขึ้น ได้พัฒนาจากโปรแกรม Microsoft visual basic 2005 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้การสอบเทียบเครื่อง Universal Testing Machine ตามมาตรฐาน BS EN ISO 7500-1 JIS B7721 และ ASTM E4 มีความละเอียด รวดเร็วขึ้น ลดความผิดพลาดเนื่องจากการถ่ายโอนข้อมูล และสามารถอ่านผลได้ทันทีทำการสอบเทียบแล้วเสร็จ โปรแกรมควบคุมได้ทั้งเครื่องและพัฒนาทั้ง ฝรั่งเศสและภาษาไทยที่สามารถใช้งานได้



ภาพที่ 2 : โครงสร้างของโปรแกรมซอฟต์แวร์

จากภาพที่ 2 ซอฟต์แวร์นี้ ประกอบด้วยโมดูลหลักที่ช่วยในการทำงาน 3 โมดูล ได้แก่ โมดูลจัดการฐานข้อมูล โมดูล Interface กับอุปกรณ์อื่นๆ และโมดูลรายงาน

ไม่ดูจัดการฐานข้อมูล เป็นกระบวนการจัดเก็บข้อมูลที่สำคัญสำหรับการสอนเที่ยบ และการอภิรายขาณผล ได้แก่ ข้อมูลเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน ข้อมูลໂຄลอดเซลล์ที่ใช้ในการสอน เที่ยบ รวมทั้งข้อมูลค่าความไม่แน่นอนชนิดต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการประมวลผล ข้อมูลค่าที่ขอรับบริการ ข้อมูลผลสอนเที่ยบ



ข้อมูลเครื่อง Universal Testing Machine ที่สอบเทียบ และข้อมูลกระบวนการสอบเทียบ

โมดูล Interface กับอุปกรณ์อ่านค่าแรง เป็นกระบวนการที่คอมพิวเตอร์ติดต่อรับข้อมูลจากอุปกรณ์อ่านแรง เช่น ติดต่อกับโหลดเซลล์และคอมพิลไฟเซอร์ หรือโหลดเซลล์อินดิเคเตอร์ แล้วนำมาประมวลผล ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 โมดูลอย่างๆ ได้แก่ โมดูลตรวจวัดค่าแรง และโมดูลการสอบเทียบเครื่อง Universal Testing Machine โดยโมดูลตรวจวัดค่าแรง เป็นกระบวนการอ่านค่าแรงที่วัด แล้วแสดงผลด้วยกราฟ รวมทั้ง สามารถจัดเก็บข้อมูลเข้าสู่ Data logger โดยโมดูลนี้ สามารถวัดค่าแรงจากโหลดเซลล์ได้พร้อมกัน 2 โหลดเซลล์ ทำให้สามารถนำมาใช้เพื่อสอบเทียบโหลดเซลล์มาตรฐานได้ ส่วนโมดูล การสอบเทียบเครื่อง Universal Testing Machine เมื่อกระบวนการสอบเทียบ และประมวลผล รวมทั้งจัดระดับ (class) ของเครื่อง ตามมาตรฐาน BS EN ISO 75001-1 JIS B7721 และ ASTM E4

สำหรับโมดูลสุดท้ายของซอฟต์แวร์ คือ โมดูลรายงาน ซึ่งประกอบด้วย 2 โมดูลอย่างๆ คือ โมดูลออกแบบรายงาน และ โมดูลรายงานผลการสอบเทียบ โมดูลออกแบบรายงานเป็นกระบวนการออกแบบรายงานเพื่อเชื่อมต่อข้อมูลกับไฟล์ Microsoft word และไฟล์เวิร์คชีท Microsoft Excel โดยใช้ไฟล์รายงานตามรูปแบบของกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นต้นแบบ ทำให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงรูปแบบในอนาคตได้ สำหรับ โมดูลรายงานผลการสอบเทียบเป็นกระบวนการนำข้อมูลจากฐานข้อมูลที่สอบเทียบมาออกรายงานตามที่ได้ออกแบบไว้

นอกจากการพัฒนาซอฟต์แวร์ กลุ่มสอบเทียบยังได้พัฒนาติดต่อกับโหลดเซลล์และคอมพิลไฟเซอร์ขึ้นเอง ซึ่งเป็นแบบ 24 มิติ เช่นเดียวกับติดต่อกับโหลดเซลล์และคอมพิลไฟเซอร์ที่ซื้อจากบริษัท Synectic Design Ltd. ประเทศอังกฤษ ในขณะที่โหลดเซลล์อินดิเคเตอร์ที่ใช้งานในปัจจุบัน มีความสามารถเพียง 20 มิติ ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมีความละเอียดมากกว่า ถึง 16 เท่า อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของการอ่าน แต่ยังขึ้นอยู่กับความถูกต้องของการวัด การหวานช้ำ (Repeatability) ความถูกต้องของการวัด (Accuracy) ความคลาดเคลื่อนของการวัด (Error) เป็นต้น

2. วิธีดำเนินการ

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดที่สร้าง และพัฒนาขึ้น จึงได้ดำเนินการทดสอบการทำงานเบรียบเทียบ

กับติดต่อกับโหลดเซลล์และคอมพิลไฟเซอร์รุ่น SY047 ของบริษัท Synectic Design Ltd. ประเทศอังกฤษ และโหลดเซลล์อินดิเคเตอร์รุ่น SCOUT55 ของบริษัท HBM ประเทศสวีเดน ได้เครื่องมือทั้ง 3 ชนิดได้แสดงไว้ในภาพที่ 3 ทั้งนี้ติดต่อกับโหลดเซลล์และคอมพิลไฟเซอร์ที่พัฒนาขึ้น กำหนดรุ่นเป็น DSS LCA1



ภาพที่ 3 : อุปกรณ์อ่านค่าแรง ก) DSS LCA1 ข) SY047 ค) SCOUT55

ขั้นตอนการทดลอง จะเริ่มจากการเริ่มต่ออุปกรณ์ตามภาพที่ 1 และใช้ชุดน้ำหนัก 10 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว เพื่อสร้างแรงกดให้กับโหลดเซลล์ โดยดำเนินการทดสอบที่น้ำหนัก 10 20 30 และ 40 กิโลกรัมตามลำดับ การทดสอบทำโดยการวัดช้า 3 ครั้ง เพื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการวัด (Error) และการหวานช้ำ (Repeatability) สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของผลการวัด ที่จะจำแนกความแตกต่างของค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของผลการวัดน้ำหนัก 20 กิโลกรัมในช่วงระยะเวลา 30 นาที โดยการวัดแรงที่เกิดขึ้นของเครื่องมือทั้ง 3 ชนิดได้ใช้โมดูลตรวจวัดค่าแรงของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น ตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 : การวัดแรงกดด้วยโหลดเซลล์ และอุปกรณ์อ่านค่าแรง ก) DSS LCA1 ข) SY047 ค) SCOUT55

3. ผลการทดลอง

ผลของการทดลองเบรียบเทียบประสิทธิภาพของอุปกรณ์อ่านค่าแรง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1-4 โดยตารางที่ 1 เป็นผลเบรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการวัด ตารางที่ 2 เป็นผลเบรียบเทียบการหวานช้ำ (Repeatability) ของผลการวัด ตารางที่ 3 เป็นผลเบรียบเทียบความถูกต้อง (Stability) ของผลการวัด และ ตารางสุดท้ายเป็นผลเบรียบเทียบผลรวมค่าความไม่แน่นอนของการวัดเฉพาะ Type A ซึ่งตารางสุดท้ายเป็นผลรวมในลักษณะ root sum square ตามสมการ



ผลรวมค่าความไม่แน่นอนของการวัดเฉพาะ Type A = $\sqrt{(การทวนซ้ำ)^2 + (\ความเสถียร)^2} / 3$

ตารางที่ 1 : ผลความคลาดเคลื่อนของการวัดในหน่วยกิโลกรัม

น้ำหนัก	DSS LCA1	SY047	SCOUT55
10.065	0.001	0.011	0.044
20.152	0.039	0.007	0.074
30.245	0.096	0.006	0.099
40.304	0.151	0.005	0.135

ตารางที่ 2 : ผลการทวนซ้ำ (Repeatability) ในนวัตกรรม

น้ำหนัก	DSS LCA1	SY047	SCOUT55
10.065	0.013	0.002	0.007
20.152	0.024	0.002	0.012
30.245	0.020	0.010	0.011
40.304	0.024	0.021	0.008

ตารางที่ 3 : ผลการวัดความเสี่ยงในหน่วยกิโลกรัม

น้ำหนัก	DSS LCA1	SY047	SCOUT55
20.152	0.032	0.084	0.014

ตารางที่ 4 : ผลกระทบค่าความไม่แน่นอนของการวัดเฉพาะ Type A ในหน่วยกิโลกรัม

นำหนัก	DSS LCA1	SY047	SCOUT55
20.152	0.031	0.049	0.015

4. สูรปبلاغวิจารณ์ผลการทดลอง

ตารางแสดงผลความคลาดเคลื่อน SY047 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่สุด ยกเว้นที่มาร์กี้หนัก 10 กิโลกรัม เนื่องจากลักษณะเฉพาะของ SY047 ที่ให้ผลการวัดออกมาเป็น Count ทำให้ต้องมีการปรับความไว (Sensitivity) ของการอ่าน ด้วยตั้งมือหนักที่ใช้ทดสอบ โดยไม่ต้องใช้ความไวของโหลดเซลล์มากเกินข้อจำกัดของเซ็นเซอร์โมเดลนี้อยู่แล้ว ในขณะที่ DSS LCA1 และ SCOUT55 ใช้ความไวของโหลดเซลล์ที่มากันโรงงานเพื่อลิต ปรับความไว (Sensitivity) ของการอ่าน ทำให้ความคลาดเคลื่อนมีมาก ดังนั้นถ้าใช้ความไวของโหลดเซลล์ที่ได้จากการสอบเทียบ เพื่อปรับความไวของ การอ่าน จะทำให้ผลความคลาดเคลื่อนดีขึ้นกว่าที่แสดงในตาราง

ตารางแสดงผลการทวนซ้ำ (Repeatability) SY047 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่สุด ยกเว้นที่มวลน้ำหนัก 40 กิโลกรัม แต่เมื่อพิจารณาจากการวัดความเสถียร ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 3 SY047 กลับแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ด้อยสุด ในขณะที่ SCOUT55 มีประสิทธิภาพที่สุด ความเสถียรของอุปกรณ์ที่ได้ดำเนินการวัดและเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง 30 นาที ได้แสดงให้เห็นถึง



การแปรปรวนของข้อมูลการวัด ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการสัญญาณรบกวน นี่อาจจาก SCOUT55 มีวงจรฟิลเตอร์แบบ Butterworth และ Bessel เพื่อกรองสัญญาณรบกวน รวมทั้งมีการ Shield สัญญาณรบกวน ด้วยกล้องโลหะภายนอก ขณะที่ SY047 มีการกรองสัญญาณรบกวนด้วยวงจรฟิลเตอร์ RC ธรรมดางาน 1 Order และมีการ Shield สัญญาณรบกวน ด้วยกล่องโลหะภายนอกเช่นกัน แต่ DSS LCA1 ไม่มีการ Shield สัญญาณรบกวนภายนอก โดยมีวงจรฟิลเตอร์แบบ Butterworth 2 Order และ Ferrite chip bread สำหรับกรองความถี่สูง ทำให้ความเสถียรของการวัดดีกว่า SY047

ผลกระทบค่าความไม่แน่นอนของ การวัดเฉพาะ Type A ซึ่ง เป็นผลกระทบแบบ Root sum square ของผลการทวนช้า และ

ความเสถียรได้แสดงให้เห็นว่า SCOUT55 มีประสิทธิภาพของ การวัดดีที่สุด และ DSS LCA1 มีประสิทธิภาพของ การวัดดีกว่า SY047

กลุ่มสอบเทียบเครื่องมือวัดวิเคราะห์ทดสอบ โครงการพิลึกส์และวิภาวรรณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ประสบความสำเร็จ ในการสร้างและพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับสอบเทียบเครื่อง Universal Testing Machine ซึ่งสามารถรองรับอุปกรณ์อ่านค่าแรงจาก โหลดเซลล์ได้หลายชนิด ทำให้สามารถลดความผิดพลาดของ การวัด การถ่ายโอนข้อมูล และการประมวลผลการสอบเทียบ รวมทั้งเพิ่มความรวดเร็วในการให้บริการสอบเทียบ อีกทั้งยังมี ราคาถูกกว่าที่ซื้อจากต่างประเทศประมาณ 7 เท่า นอกจากนี้ได้มีการสร้างและพัฒนาดิจิตอลโหลดเซลล์แอมป์ลิไฟเออร์ ที่มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าที่ซื้อจากต่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง

- American Society for Testing and Materials. Standard practices for force verification of testing machines. E4 - 2008.
- In Annual book of ASTM standard section 3 Metals test methods and analytical procedures. Vol.03.01; metals mechanical testing ; elevated and low-temperature tests; metallography. West Conshohocken, PA, 2009
- Hottinger Baldwin Messtechnik. Operating manual: measurement amplifier in desktop housing, Scout 55, B 31. SC55T1.21 e. Damstadt: HBM, n.d.
- International Organization for Standardization. Metallic materials verification of static uniaxial testing machines tension/compression testing machines Verification and calibration of the force-measuring system. BS EN ISO 7500-1:2004.
- Japanese Standards Association. Tension/compression testing machines Verification and calibration of the force-measuring system. JSA JIS B 7721, 2009.

