แนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

Guide for Handing of Temperature Instruments in Calibration Laboratory

จิรวัฒน์ เผ่านาค[1*] กฤษดา พิศลยบุตร[1] เลิศเลขา ศรีรัตนะ[1] และ บุญธรรม หาญพาณิชย์[1]

[1]สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[*]Email: 6314770002@rumail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิ และเพื่อเสนอแนวทางปรับปรุงการใช้เครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 17025 โดยใช้ บริษัท เอกชน แห่งหนึ่ง จำกัด เป็นกรณีศึกษา จากวิเคราะห์พบปัญหา 4 ด้านดังนี้ 1) ด้านผู้ใช้งาน 2) ด้านสถานที่ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ 3) ด้านวิธีการปฏิบัติ 4) ด้านเครื่องมือด้านอุณหภูมิ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบขึ้นมา ผลการศึกษาพบว่า เครื่องมือทางด้านอุณหภูมิมีปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนดังนี้ 1) ปัจจัยด้านอุณหภูมิ 2) ปัจจัยด้านเครื่องมือ 3) ปัจจัยด้านผู้ใช้งานและเอกสาร 4) ปัจจัยด้านสถานที่ และในส่วนของแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบสามารถเพิ่มความรู้ของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบสามารถเพิ่มความรู้ของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบโดยเฉลี่ย 52 % และสามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือได้ 0.5 องศาเซลเซียล

คำสำคัญ: ความคลาดเคลื่อนจากการวัด, เครื่องมือด้านอุณหภูมิ, ห้องปฏิบัติการ

Abstract

The purpose of this study is to study the important factors of temperature error. The purpose of this study is to improve the use of laboratory instruments in line with ISO/IEC 17025 standard using a private company limited as a case study. From the analysis 4 problems were found: 1) User side, 2) Location of the Calibration laboratory 3) User and Documentation factor 4) Location Factor. In addition, the Guide for Handing of Temperature Instruments in Calibration Laboratory can improve the knowledge of laboratory staff. Average 52% and can reduce the tolerances of the Instruments has 0.5 °C

Keywords: Measurement Error , Temperature Instrument , Laboratory

1. บทนำ

ในปัจจุบันการทำงานห้องปฏิบัติการสอบเทียบ มีเครื่องมืออย่างหลากหลายโดยเฉพาะเครื่องทางด้านความดัน ซึ่งตามระบบ ISO/IEC 17025 จำเป็นต้องควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับเครื่องที่สอบเทียบ โดยเฉพาะอุณหภูมิในห้องซึ่งมีผลกระทบอย่างมากในการสอบเทียบ

เนื่องจากผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลต่องานสอบเทียบ ทำให้เครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ จึงต้องมีความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือที่ในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ผลการสอบเทียบการมีความถูกต้องตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 แต่ปัญหาที่พบเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิหลากหลายชนิดและมีความสามารถที่ต่างๆกัน ซึ่งทำให้ยากต่อการทำงานสอบเทียบ

ประกอบกับบุคคลในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ มีแนวทางการใช้เครื่องมือในทางด้านอุณหภูมิไม่เหมือนเดิม ทำให้การอ่านค่ามีคลาดเคลื่อนและไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ซึ่งในข้อกำหนด ได้กำหนดให้ห้องปฏิบัติสอบเทียบต้องสอบเทียบเครื่องมือไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อให้มีความผิดพลาดน้อยที่สุด

ปัญหาตัวอย่าง คือ ในห้องปฏิบัติการสอบเทียบในบริษัทเอกชนมีเครื่องมือด้านอุณหภูมิอยู่ 3 ชนิด คือ Thermometer with Sensor , Themo Recorder และ Themo – Hygrograph ซึ่งมีวิธีการใช้งานที่แตกต่างทำให้เกิดปัญหาในการเครื่องมือในแต่ละชนิด ซึ่งส่งผลเสียทำให้ไม่ทราบค่าที่แท้จริงของอุณหภูมิและทำให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาดได้ โดยจะส่งผลต่อเนื่องทำให้ผลการสอบเทียบที่ส่งให้ผู้ใช้เครื่องมือผิดพลาด

จากปัญหาที่ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเห็นว่า ควรมีแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ เพื่อบุคคลในห้องปฏิบัติการสอบเทียบทำงานไปทิศทางเดียวกันและลดความผิดพลาดในการใช้เครื่องมือด้านอุณหภูมิ

1.2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิ
2. เสนอแนวทางปรับปรุงการใช้เครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 17025

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับความสอดคล้องในวิธีการและคลาดเคลื่อนจากการวัด

2.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด Measurement System Analysis (MSA)

2.3 ข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017

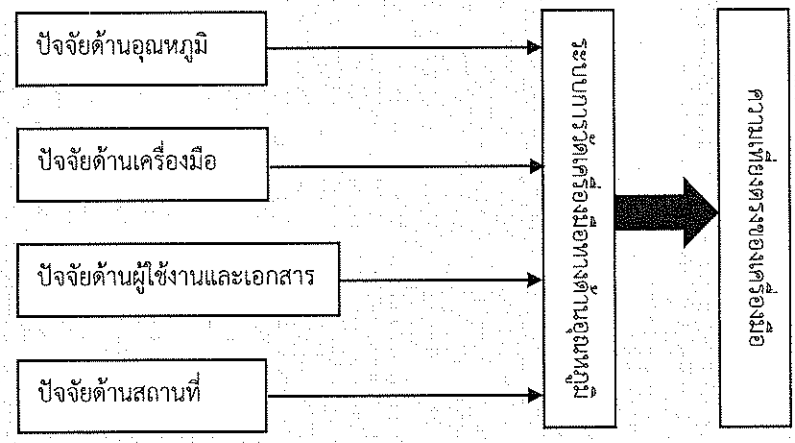
2.4 มาตรฐานมาตราส่วนอุณหภูมิสากล ITS-90 และการสอบเทียบ EURAMET Calibration Guide No.8

2.5 การประเมินความไม่แน่นอนในการวัดของการสอบเทียบ

3. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การศึกษาเรื่อง แนวทางจัดการเครื่องทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ เป็นการศึกษาวิจัยในรูปแบบของการวิจัยเชิงปริมาณ

3.1 กรอบแนวคิดของปัจจัยที่ส่งผลต่อความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของปัจจัยที่ส่งผลต่อความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบของบริษัท เอกชนแห่งหนึ่ง จำกัด จำนวน 5 ท่าน และเครื่องมือด้านอุณหภูมิ ได้แก่เครื่องมือ Thermometer With Sensor , เครื่องมือ Thermo Recorder และ เครื่องมือ Thermo-Hygrograph เท่านั้น

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ผู้ศึกษาได้กำหนดขึ้นสำหรับการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ คือ แบบทดสอบ และ แบบบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ โดยแบบทดสอบ สร้างขึ้นเพื่อประเมินผลวัดความรู้และทักษะในการใช้เครื่องมืออุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงาน ก่อนและหลังจากที่นำแนวทางการแก้ไขปัญหาที่พัฒนาขึ้นไปใช้งาน ส่วนแบบบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบและจดบันทึกเครื่องมือด้านอุณหภูมิของแต่ละชนิดเครื่องมือ

3.4 การวิเคราะห์ปัญหา

จากการสังเกตการใช้งานเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิและการระดมสมอง (Brainstorm) ของผู้ใช้งานเครื่องมือมือเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาของค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางอุณหภูมิของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ บริษัท เอกชนแห่งหนึ่ง จำกัด ได้วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหาโดยแสดงในรูปแบบของแผนภูมิก้างปลาดังนี้

ด้านผู้ใช้งาน เนื่องจากแนวคิดในการเครื่องมือที่แตกต่างและมีความรู้ทักษะการใช้เครื่องมือไม่เท่ากัน

ด้านสถานที่ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ เนื่องจากห้องปฏิบัติสอบเทียบมีขนาดไม่สอดคล้องกับเครื่องปรับอากาศไม่สอดคล้องและตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน

ด้านวิธีการปฏิบัติ ขาดวิธีการปฏิบัติงานเพื่อเป็นเกณฑ์ในการปฏิบัติงาน

ด้านเครื่องมือด้านอุณหภูมิ ขาดวิธีการปฏิบัติงานและขาดแบบฟอร์มรายงานที่ใช้ในการตรวจสอบเครื่องมือ ตามมาตรฐานและเกณฑ์ของผู้ผลิต

3.5 การประเมินผล

3.5.1 แบบทดสอบ

ประกอบด้วยคำถามจำนวน 20 ข้อ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลวัดความรู้และทักษะในการใช้เครื่องมืออุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงาน โดยใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิ

ตารางที่ 1 ผลคะแนนการทดสอบวัดความรู้และทักษะการใช้เครื่องมืออุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงาน

ลำดับ	พนักงาน	ผลคะแนน		คะแนนเพิ่มขึ้น
		ก่อนอบรม	หลังอบรม	
1	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ 1	5	17	12
2	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ 2	10	19	9
3	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ 3	10	20	10
4	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ 4	9	20	11
5	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ 5	10	20	10
	รวม	44	96	52
	เฉลี่ย	8.8	19.6	10.4
	ค่าเฉลี่ยมาตรฐาน	2.17	1.30	1.14

3.5.2. แบบบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ

โดยแบบบันทึกข้อมูลอุณหภูมิจะใช้สำหรับบันทึกเฉพาะค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือทางอุณหภูมิที่ใช้ในห้องปฏิบัติการสอบเทียบโดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้ง 3 ชนิด เพื่อนำค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของเครื่องมือแต่ละเครื่องมือในปี 2564 ปีก่อนพัฒนาแนวทางการจัดการฯ เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของเครื่องมือแต่ละเครื่องมือในปี 2565 ปีที่พัฒนาแนวทางจัดการฯ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของเครื่องมือแต่ละเครื่องมือและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบของบริษัท เอกชน แห่งหนึ่ง ในปี 2564 (ปีก่อนพัฒนาแนวทางการจัดการฯ) กับปี 2565 (ปีหลังพัฒนาแนวทางจัดการฯ)

เครื่องมือ	ปี 2564 (ปีก่อนพัฒนาแนวทางจัดการฯ)					ปี 2565 (ปีหลังพัฒนาแนวทางจัดการฯ)				
	เดือน			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เดือน			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ส.ค	ก.ย	ต.ค			ก.พ	มี.ค	เม.ษ		
Thermometer with sensor A	22.4	22.5	23.5	22.8	0.608	23.1	22.8	23.2	23.0	0.187
Thermometer With sensor B	22.3	22.7	23.4	22.8	0.557	23.2	22.8	23.1	23.0	0.224
Thermo Hygrograph	22.1	23.3	23.0	22.8	0.624	23.1	23.2	23.0	23.1	0.105
Thermo Recorder	22.6	22.4	23.0	22.7	0.304	23.3	22.8	23.0	23.0	0.219

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการเปรียบเทียบผลคะแนนของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบก่อนและหลังการอบรมให้ความรู้ตามแนวทางการจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิ พบว่า คะแนนก่อนการอบรมของผู้ปฏิบัติงานนั้นมีค่าที่แตกต่างกันอยู่มาก แสดงให้เห็นถึงความรู้พื้นฐานของการใช้เครื่องมือทางด้านอุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงานนั้นมีไม่เท่ากันและจากคะแนนรวมของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ทำได้โดยเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ร้อยละ 44 ของคะแนนเต็ม จึงทำให้พบว่าความรู้ของผู้ปฏิบัติงานยังอยู่ในระดับปานกลาง หลังจากมีการพัฒนาแนวทางการจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบของบริษัท เอกชนแห่งหนึ่ง จำกัด ซึ่งจากทั้งหมดนั้นจะสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ได้การศึกษาและวิเคราะห์ไว้ก่อนหน้านี้ และจากคะแนนหลังการอบรมของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติสอบเทียบที่มีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น แสดงให้เห็นถึงความรู้หลังการอบรมตามแนวทางการจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิที่มีความใกล้เคียงกันมากขึ้น และจากคะแนนรวมของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ทำได้โดยเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ร้อยละ 96 ของคะแนนเต็ม ก็จะพบว่าความรู้ของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติสอบเทียบมีเพิ่มขึ้นและเพียงพอสำหรับการใช้เครื่องมือทางอุณหภูมิได้อย่างถูกต้องตามแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบของบริษัทฯ ได้ ซึ่งจากทั้งหมดนั้นแสดงให้เห็นถึงผลสำเร็จของแนวทางการจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิของห้องปฏิบัติสอบเทียบ ในการพัฒนาความรู้และทักษะในการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติสอบเทียบ

จากการผลค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบของอุณหภูมิของเครื่องมือในห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่มีต่อแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบของบริษัท เอกชนแห่งหนึ่ง จำกัดในปีก่อนพัฒนาแนวทางฯ กับปีที่หลังพัฒนาแนวทางฯ จะเห็นได้ว่าในปีก่อนพัฒนามาตรฐาน นั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิสูงถึง 1 องศา โดยจะส่งผลกระทบต่อผลการสอบเทียบเครื่องมือ 11.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือด้านอุณหภูมิดังกล่าวที่ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ไว้ และจากผลการประเมินนี้ยังทำให้การสอดคล้องกับผลคะแนนทดสอบวัดความรู้และทักษะในการใช้เครื่องมือทางอุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งก่อนที่จะทำการอบรมให้ความรู้ตามแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ร้อยละ 44 จึงสังเกตผลได้ว่าหากแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิมีปัญหาและมีความผิดพลาด ตั้งแต่ตัวผู้ปฏิบัติงานจนถึงระบบปฏิบัติงาน ก็จะทำให้ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิมากไปด้วย และจากผลประเมินในปีที่พัฒนาแนวทางจัดการเครื่องฯ นั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ 0.5 องศา โดยจะส่งผลกระทบต่อผลการสอบเทียบเครื่องมือ 5.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดลงจากปีก่อนพัฒนาแนวทางจัดการ 0.5 องศา โดยจะส่งผลกระทบต่อผลการสอบเทียบเครื่องมือลดลง 5.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุของปัญหาค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือด้านอุณหภูมิตามแนวทางจัดการเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิอย่างตรงจุด และจากผลการประเมินนี้ยังทำให้สอดคล้องกับผลคะแนนการทดสอบวัดความรู้และทักษะในการใช้เครื่องมือทางอุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงานอย่างตรงจุด และจากผลการประเมินนี้ยังทำให้สอดคล้องกับผลคะแนนการทดสอบวัดความรู้และทักษะในการใช้เครื่องมือทางอุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ หลังจากได้รับการอบรมให้ความรู้ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 96 จึงสังเกตผลได้ว่าหากแนวทางจัดการเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิมีประสิทธิภาพตั้งแต่ตัวผู้ปฏิบัติงานจนถึงระบบการปฏิบัติงาน ก็จะทำให้ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิลดลงไปด้วย ซึ่งจากทั้งหมดนั้นแสดงให้เห็นถึงผลสำเร็จของแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

5. บทสรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือด้านอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบประกอบด้วย 4 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านผู้ใช้งาน, ปัจจัยสถานที่ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ, ปัจจัยด้านวิธีการปฏิบัติ และปัจจัยเครื่องมือด้านอุณหภูมิ และเสนอแนวทางจัดการเครื่องมือในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ซึ่งสามารถ

เพิ่มความรู้ของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบโดยเฉลี่ย 52% และสามารถลดค่าความเคลื่อนของเครื่องมือได้ 0.5 องศาเซลเซียล

6. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในครั้งนี้เป็นศึกษาเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาเครื่องมือประเภทอื่นๆ และห้องปฏิบัติการอื่นๆ เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ และกรรมผู้จัดการของบริษัท เอกชนแห่งหนึ่ง จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิ ทำให้การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติคุณ แสงนิล และประสพชัย พสุนนท์. ความน่าเชื่อถือ ความถูกต้อง ความแม่นยำ และความเที่ยงตรง ความสอดคล้องในวิธีการและความคลาดเคลื่อนจากการวัดของการวิจัยทางด้านสรีรวิทยาการออกกำลังกาย. วารสาร Veridian E-Journal สาขามนุษย์ศาสตร สังคมศาสตร์ และ ศิลปะ มหาวิทยาลัยศิลปากร.12(2561)1325-1343

[2] จุฬารักษ์ วรรณปิยะรัตน์. การปรับปรุงระบบบริหารหน่วยปฏิบัติการทดสอบลูกถ้วยไฟฟ้า ตามแนวทางมาตรฐาน มอก. 17025 : 2548.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.2554

[3] นพดล ชัยสวัสดิถานันท์. การวิเคราะห์สาเหตุการปฏิเสธลอตสินค้าสินค้าขาเข้าจากแผนการชักตัวอย่างและระบบการวัด. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.2550

[4] ปิยวรรณ ศุภกิจมงคลกุล. การเปลี่ยนผ่านจากการควบคุมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยรัฐสู่การกำกับดูแลโดยรัฐสู่การกำกับดูแลโดยภาคเอกชนมีส่วนร่วม. วิทยานิพนธ์ปริญญานิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติศาสตร์ คณะนิติศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2558

[5] พันธยุทธ สุวรรณฤกษ์. การปรับปรุงกระบวนการผลิตแท่นใส่ขดลวดทองแดงของฮาร์ดดิสก์โดยใช้เทคนิคซิกซ์ซิกม่า กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยีและการผลิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2553

[6] เมธินี สงไทย. การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและค่าสัมประสัมธิ์การแพร่กระจายความร้อนของวัสดุด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2558

[7] สรัญญา พันธุ์แก้ว และวรนารถ แสงมณี. เจตคติที่มีต่อการฝึกอบรมมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 ของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ. วารสารการบริหารและการจัดการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.9(2562)237-252