สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR DIGITAL MULTIMETER CALIBRATIONS

นางสาวจิราวรรณ สำโรง
นายพรศิริ เตือนจิตร์
นางสาวสุพัตรา ทิพโรจน์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62697
วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2549

b 11629891
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR DIGITAL MULTIMETER CALIBRATIONS

JIRAWAN SAMRONG

PORNSIRI TUANJIT

SUPATTRA TIPROD

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR DIGITAL MULTIMETER CALIBRATIONS

นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวจิราวรรณ	สำโรง	**รหัสประจำตัว**	45010131
	นายพรศิริ	เตือนจิตร์	**รหัสประจำตัว**	45010511
	นางสาวสุพัตรา	ทิพโรจน์	**รหัสประจำตัว**	45010860

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2548

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
ผศ. อัมพวัน ใจกล้า	
รศ. ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์	

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ. ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ SOFTWARE DEVELOPMENT FOR DIGITAL MULTIMETER CALIBRATIONS			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวจิราวรรณ	สำโรง	รหัสประจำตัว	45010131
	นายพรศิริ	เตือนจิตร์	รหัสประจำตัว	45010511
	นางสาวสุพัตรา	ทิพโรจน์	รหัสประจำตัว	45010860
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. อัมพวัน	ใจกล้า		
	รศ. ประสิทธิ์	จุลเสรีวงศ์		
ปีการศึกษา	2548			

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้นำเสนอการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกในการสอบเทียบ ซึ่งพัฒนาจากโปรแกรม Visual Basic 6 โดยซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดฝ่ามือและชนิดตั้งโต๊ะที่มีการแสดงผลไม่เกิน 5 หลัก และซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดที่มีการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE-488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ด้วยผ่านสาย USB - GPIB โดยซอฟต์แวร์ที่นำเสนอรองรับกับการสอบเทียบในฟังก์ชัน DC/AC Voltage, DC/AC Current, Resistance, Capacitance และ Frequency นอกเหนือจากนี้ ยังเน้นถึงความน่าเชื่อถือของขั้นตอนการสอบเทียบและความง่ายในการเก็บบันทึกข้อมูล จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าซอฟต์แวร์ที่นำเสนอนี้ สามารถใช้งานได้โดยผู้สอบเทียบไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางเทคนิคในการสอบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Software Development for Digital Multimeter Calibrations
Authors	Miss.Jirawan Samrong
	Mr.Pornsiri Tuanjit
	Miss.Supadtra Tiprod
Thesis Advisor	Asst.Prof. Amphawan Chaikla
	Assoc.Prof. Prasit Julsereewong
Year	2005

ABSTRACT

This project presents software development for Digital Multimeter (DMM) calibrations to increase the efficiency and comfort, which is developed using Visual Basic 6 program. The developed software is divided into two types. The first software is available for hand-held and bench top type DMM with display not over 5 digits, while another one is suitable for DMM with the IEEE-488 computer interface (GPIB) and computer control via USB-GPIB. The proposed software supports DC/AC voltage, DC/AC current, resistance, capacitance, and frequency calibrations. Besides, the software emphasizes the reliability of operation and simplifies the measurement data recording. Experimental results verify that the proposed software allows the calibration procedure without skillful technician requirement.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์อัมพวัน ใจกล้าและรองศาสตราจารย์ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ขอบพระคุณอาจารย์ธีรวัฒน์ เทพมณี ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ ในห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องเครื่องมือวัด และให้คำปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ขอบพระคุณพี่วาทการ มูลไชยสุข ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอบพระคุณพี่ๆ กลุ่มงานสอบเทียบเครื่องมือวัด วิเคราะห์ ทดสอบ กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่คอยให้คำปรึกษาเกี่ยวกับข้อมูลทางด้านมาตรวิทยาและการสอบเทียบเครื่องมือวัด ขอบคุณเพื่อนๆ ห้อง 4J ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้กันตลอดมา

และที่ลืมเสียมิได้คือ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา อันเป็นที่รักยิ่ง ที่สนับสนุน และเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 กล่าวนำ.....1

1.2 จุดมุ่งหมายของการศึกษา.....1

1.3 ขอบข่ายของการศึกษา.....2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.5 รายละเอียดของโครงงาน.....2

บทที่ 2 มาตรวิทยาเบื้องต้น.....4

2.1 กล่าวนำ.....4

2.2 การสอบเทียบมาตรฐานและอนุกรมมาตรฐาน ISO 9000.....4

2.3 นิยามศัพท์มาตรวิทยา.....5

2.4 ระบบหน่วย SI.....6

2.5 ระบบมาตรฐาน.....8

2.6 มาตรฐานการวัด.....8

2.7 ความสอบกลับได้ของการวัด (Traceability of Measurement).....10

2.7.1 องค์ประกอบของความสอบกลับได้.....11

2.7.2 ลำดับขั้นของความสอบกลับได้.....11

2.8 ความไม่แน่นอนของการวัด (Uncertainty of Measurement).....14

2.8.1 ความผิดพลาดของการวัด.....14

2.8.2 ชนิดของความผิดพลาดในการวัด.....14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8.2.1 ความผิดพลาดสุ่ม (Random Error).....14
2.8.2.2 ความผิดพลาดของระบบ (Systematic Error).....14
2.8.3 ความไม่แน่นอนของการวัด.....15
2.9 วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอน.....15
2.9.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอน "Type A".....15
2.9.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอน "Type B".....16
2.9.3 รูปแบบการกระจายของข้อมูล.....16
2.9.4 Combined Standard Uncertainty.....18
2.10 การรายงานผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด.....20

บทที่ 3 หลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด และหลักการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์.....22
3.1 กล่าวนำ.....22
3.2 องค์ประกอบของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด.....22
3.2.1 บุคลากรผู้ทำการสอบเทียบ.....23
3.2.2 อุปกรณ์มาตรฐานการวัด.....23
3.2.3 สภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ.....24
3.2.4 เอกสารมาตรฐานแสดงขั้นตอนการสอบเทียบ.....25
3.2.5 ระบบคุณภาพในการสอบเทียบ.....25
3.3 ขั้นตอนในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า.....26
3.4 หลักการสอบเทียบดิจิตอลมัลติเตอร์.....28

บทที่ 4 การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ที่นำเสนอ.....32
4.1 กล่าวนำ.....32
4.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดฝ่ามือ และชนิดตั้งโต๊ะที่มีการแสดงผลไม่เกิน 5 หลัก.....32
4.3 การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดที่มีการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย USB - GPIB 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 ขั้นตอนการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย USB-GPIB.....43

บทที่ 5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์.....47

5.1 กล่าวนำ.....47

5.2 อุปกรณ์การทดลอง.....47

5.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์สำหรับการสอบเทียบมาตรฐานดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดที่มีการ์ดมาตรฐาน IEEE-488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านสาย GPIB-USB เพื่อใช้งานซอฟต์แวร์แบบที่ 2 ที่พัฒนาขึ้น.....50

บทที่ 6 รูปแบบของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาและผลการทดลอง.....52

6.1 กล่าวนำ.....52

6.2 การใช้งานซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ทั้งชนิดฝ่ามือ และชนิดตั้งโต๊ะ ที่มีการแสดงผลไม่เกิน 5 หลัก.....52

6.3 การใช้งานซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดที่มีการเชื่อมต่อผ่านการ์ตมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย GPIB-USB-HS.....76

บทที่ 7 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะในการใช้งานซอฟต์แวร์.....82

7.1 สรุปผลการทดลอง.....82

7.2 ข้อเสนอแนะในการใช้ซอฟต์แวร์.....83

7.3 ตัวอย่างใบรายงานผลการสอบเทียบ (CERTIFICATE OF CALIBRATION) โดยใช้ซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ทั้งชนิดฝ่ามือ (Hand-Held DMM) และชนิดตั้งโต๊ะ (Bench Top Type DMM) ที่มีการแสดงผลไม่เกิน 5 หลัก.....84

7.4 ตัวอย่างใบรายงานผลการสอบเทียบ (CERTIFICATE OFCALIBRATION) โดยใช้ซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดที่มีการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย USB– GPIB.....90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง.....95

ภาคผนวก.....96

ภาคผนวก ก ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ IEEE-488 (GPIB).....97

ภาคผนวก ข REFERENCE STANDARD MULTI - PRODUCT CALIBRATOR (FLUKE 5500A) SPECIFICATION.....101

ภาคผนวก ค NI GPIB – USB-HS SPECIFICATION.....104

ภาคผนวก ง ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่อ GPIB – USB-HS.....105

ภาคผนวก จ การตั้ง ADDRESS เครื่องมือเพื่อใช้สำหรับการสอบเทียบ.....111

ภาคผนวก ฉ Source Code for IEEE-488(GPIB) Interface.....114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ระบบหน่วยพื้นฐานของ SI.....7

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ν_{eff} และ $t_p(\nu)$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....19

7.1 System Requirement.....83

ข1. Multi-Product Calibrator (FLUKE 5500A) Specification.....101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ลำดับขั้นของความสอบกลับได้.....12
2.2 Traceability Chart of Electrical Instrument.....13
2.3 ลักษณะการกระจายของข้อมูลแบบสี่เหลี่ยม.....17
2.4 ลักษณะการกระจายของข้อมูลแบบสามเหลี่ยม.....17
2.5 ลักษณะการกระจายของข้อมูลแบบปกติ.....18
2.6 กราฟ T – Distribution.....20
3.1 การต่อสายระหว่าง Hand-Held DMM กับ FLUKE 5500A (ก) ฟังก์ชัน DC Voltage (ข) ฟังก์ชัน AC Voltage 28
3.2 การต่อสายระหว่าง Hand-Held DMM กับ FLUKE 5500A (ก) ฟังก์ชัน Frequency (ข) ฟังก์ชัน Resistance 29
3.3 การต่อสายระหว่าง Hand-Held DMM กับ FLUKE 5500A เพื่อสอบเทียบในฟังก์ชัน AC/DC Current (ก) ย่านการวัดในหน่วย A (ข) ย่านการวัดในหน่วย mA และ μA.....29
3.4 การต่อสายระหว่าง Hand-Held DMM กับ FLUKE 5500A ในฟังก์ชัน Capacitance.....29
3.5 การต่อสายระหว่าง Bench Top Type DMM กับ FLUKE 5500A (ก) ฟังก์ชัน AC Current (ข) ฟังก์ชัน DC Current 30
3.6 การต่อสายระหว่าง Bench Top Type DMM กับ FLUKE 5500A (ก) ฟังก์ชัน AC Voltage (ข) ฟังก์ชัน DC Voltage.....31
3.7 การต่อสายระหว่าง Bench Top Type DMM กับ FLUKE 5500A (ก) ฟังก์ชัน Frequency (ข) ฟังก์ชัน Resistance 31
4.1 แผนภูมิแสดงการทำงานของ LOGIN Window.....34
4.2 แผนภูมิแสดงการทำงานของ DATA OF CALIBRATOR Window.....34
4.3 แผนภูมิแสดงการทำงานของ DATA OF STD Window.....35
4.4 แผนภูมิแสดงการทำงานของ DATA OF DMM Window 36
4.5 แผนภูมิแสดงการทำงานของ MENU OF CALIBRATOR Window.....37
4.6 แผนภูมิแสดงการทำงานของ INPUT DATA OF UUC Window.....37
4.7 แผนภูมิแสดงการทำงานของ DATABASE Window.....38
4.8 แผนภูมิแสดงการทำงานของ SELECT POINT OF CALIBRATION Window.....38
4.9 แผนภูมิแสดงการทำงานของ CALIBRATION Window.....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.10 แผนภูมิแสดงการทำงานของ RESULTS Window.....40
4.11 แผนภูมิแสดงการทำงานของ CALIBRATION Window สำหรับการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย USB – GPIB.....41
4.12 แผนภูมิแสดงการทำงาน ของ CALIBRATION Window สำหรับการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย USB–GPIB (ต่อ)...42
4.13 การเชื่อมระหว่างคอมพิวเตอร์ , STD และ UUC โดยผ่านสาย USB – GPIB และสายมาตรฐาน IEEE – 488 (GPIB).....43
4.14 CALIBRATION Window สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์.....44
4.15 การ Set Function ของ STD และ UUC ให้ตรงกัน.....44
4.16 การ Control ให้ STD ทำการ Operate.....45
4.17 การอ่านค่า Reading จาก UUC ครั้งที่ 1.....45
4.18 การ Control ให้ STD ทำการ Standby.....46
4.19 การ Control ให้ STD ทำการ Operate ใหม่ แล้วอ่านค่ากลับมาอีกครั้ง.....46
5.1 อุปกรณ์มาตรฐานที่ใช้สำหรับการสอบเทียบ Multi Product Calibrator (FLUKE 5500A).....47
5.2 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดผ่ามือ (Hand-Held DMM).....48
5.3 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดตั้งโต๊ะ (Bench Top Type).....48
5.4 คอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์.....48
5.5 สายมาตรฐาน IEEE-488 (GPIB) Type X2 Model 763061-02.....45
5.6 NI GPIB-USB-HS Model 778416-01.....49
5.7 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์มาตรฐานกับอุปกรณ์ที่นำมาสอบเทียบผ่านสายมาตรฐาน IEEE-488(GPIB).....50
5.8 การเชื่อมต่ออุปกรณ์มาตรฐานกับอุปกรณ์ที่นำมาสอบเทียบผ่านสายมาตรฐาน IEEE - 488 (GPIB) และการควบคุมด้วยคอมพิวเดอร์โดยผ่านสาย USB - GPIB.....50
5.9 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดสำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์.....5I
6.1 Login Window.....52
6.2 ในกรณีที่เลือก ADMINISTRATION Login.....53
6.3 ในกรณีที่เลือก CALIBRATOR Login.....53
6.4 MENU ADMINISTRATION Window.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

6.5 DATA OF STD Window.....55

6.6 UPDATE DATA OF STD Window.....55

6.7 EDIT DATA OF STD Window.....56

6.8 ADD DATA OF STD Window.....56

6.9 UPDATE DATA OF STD 1 Window.....57

6.10 DELETE DATA OF STD Window.....57

6.11 ADD DATA OF DMM Window.....58

6.12 Show Data of DMM.....58

6.13 Create Table of New DMM.....59

6.14 Add Data of DMM.....60

6.15 Edit Data of DMM.....60

6.16 Delete Data of DMM.....61

6.17 Finish Input Data of DMM.....61

6.18 Help Window.....62

6.19 DATA OF CALIBRATOR Window.....63

6.20 Add New Calibrator.....63

6.21 Edit Data of Calibrator.....64

6.22 Delete Data of Calibrator.....64

6.23 MENU OF CALIBRATOR Window.....65

6.24 Input Data of UUC.....66

6.25 Edit Data of UUC.....66

6.26 SELECT POINT OF CALIBRATION Window.....67

6.27 Available Applied Input List Box.....67

6.28 Select Available Applied Input.....68

6.29 Select Applied Input.....68

6.30 Select Multiple Applied Input.....68

6.31 Delete Applied Input.....69

6.32 CALIBRATION Window.....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

6.33 Calibration Process.....70

6.34 Calculation Data of Calibration.....70

6.35 Finish Calibration.....71

6.36 Go to Result Window.....71

6.37 RESULT Window.....72

6.38 Certificate of Calibration.....73

6.39 Database Window (Data of UUC).....74

6.40 Database Window (Data of STD).....74

6.41 Database Window (Data of Result).....75

6.42 Database Window (Data of Certificate).....75

6.43 Login Window (2).....77

6.44 MENU ADMINISTRATION Window (2).....77

6.45 INPUT DATA OF UUC Window (2).....78

6.46 SELECT POINT OF CALIBRATION Window (2).....79

6.47 Calibration Process (2).....80

6.48 Calibration Process (Change Function).....80

6.49 Finish Calibration (2).....81

6.50 Results of Calibration.....81

ก1. การแบ่งเส้นสายนำสัญญาณ.....98

ก2. ขั้วต่อของ GPIB และการจัดขาของสัญญาณต่าง ๆ.....99

ก3. การเชื่อมต่อแบบเรียงต่อเนื่องกัน (Daisy Chain Configuration).....99

ก4. การเชื่อมต่อแบบกระจาย (Star Configuration).....100

ง1. GPIB – USB-HS Installation 1.....105

ง2. GPIB – USB-HS Installation 2.....105

ง3. GPIB – USB-HS Installation 3.....106

ง4. GPIB – USB-HS Installation 4.....106

ง5. GPIB – USB-HS Installation 5.....106

ง6. GPIB – USB-HS Installation 6.....107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ง7. GPIB – USB-HS Installation 7.....107

ง8. GPIB – USB-HS Installation 8.....108

ง9. GPIB – USB-HS Installation 9.....108

ง10. GPIB – USB-HS Installation 10.....109

ง11. GPIB – USB-HS Installation 11.....109

ง12. GPIB – USB-HS Installation 12.....110

ง13. GPIB – USB-HS Installation 13.....110

จ1. Address Setup 1.....111

จ2. Address Setup 2.....111

จ3. Address Setup 3.....112

จ4. Address Setup 4.....112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการควบคุมระบบและการประกันคุณภาพในกระบวนการทางอุตสาหกรรมทุกประเภท เนื่องจากการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดเป็นการสร้างให้เกิดความมั่นใจและความน่าเชื่อถือในการใช้งานตามคุณลักษณะทางมาตรวิทยา ดังจะเห็นได้จากในข้อกำหนด ในระบบคุณภาพ ISO -9000:2000 ข้อที่ 7.6 ได้กำหนดให้ผู้ที่นำระบบคุณภาพนี้ไปใช้ จำเป็นต้องสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดและทดสอบที่การใช้งานส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter) หรือ DMM เป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในระบบคุณภาพในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการสอบเทียบเช่นกัน โดยปกติแล้วการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์สามารถที่จะสอบเทียบได้เองโดยบุคลากรของโรงงานโดยจะสอบเทียบกับ Multi-Product Calibrator

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการสอบเทียบให้มีความสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยการใช้ซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบ ซึ่งที่รู้จักกันดีก็คือ MAT/CAL 7.0 ของ บริษัท Fluke Operation ที่สามารถสอบเทียบกับเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้หลาย ๆ ยี่ห้อ แต่เนื่องจากซอฟต์แวร์นี้มีราคาแพง หากนำมาใช้สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ที่มีราคาไม่แพงมากนัก ก็ดูเหมือนจะไม่คุ้มค่า อีกทั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์ที่ใช้โดยทั่วไปนั้นก็มีเพียงไม่กี่ฟังก์ชัน ซึ่งได้แก่ DC/AC Voltage, DC/AC Current, Resistance, Capacitance, และ Frequency

ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้พัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ทั้งชนิดฝ่ามือ (Hand-Held DMM) และชนิดตั้งโต๊ะ (Bench Top Type DMM) ที่มีการแสดงผลไม่เกิน 5 หลักและซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดที่มีการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ด้วยผ่านสาย USB - GPIB โดยการพัฒนาผ่าน โดยใช้ Microsoft Visual Basic 6

1.2 จุดมุ่งหมายของการศึกษา

จุดมุ่งหมายของโครงงานนี้เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ทั้งชนิดฝ่ามือ และชนิดตั้งโต๊ะ ที่มีการแสดงผลไม่เกิน 5 หลักและซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดที่มีการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ด้วยผ่านสาย USB - GPIB โดยใช้ Microsoft Visual Basic 6 ซึ่งรองรับการสอบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในฟังก์ชัน DC/AC Voltage, DC/AC Current, Resistance, Capacitance, และ Frequency อีกทั้งยังสามารถออกใบรายงานผลการสอบเทียบได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความรวดเร็วในการสอบเทียบ ลดความผิดพลาดจากผู้สอบเทียบและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

1.3 ขอบข่ายของการศึกษา

1. ศึกษาถึงความสำคัญของการสอบเทียบเครื่องมือวัดในระบบคุณภาพ ความรู้เกี่ยวกับมาตรวิทยาเบื้องต้น ความสามารถในสอบกลับได้ การประเมินค่าความไม่แน่นอนและการรายงานผลการสอบเทียบตามมาตรฐาน

2. ศึกษาวิธีการใช้ Multi Product Calibrator สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์

3. ศึกษาคำสั่งที่ใช้ในการติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์มาตรฐาน (Standard) และอุปกรณ์ที่นำมาสอบเทียบ (Unit Under Calibration : UUC) ที่มีการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านสาย USB - GPIB

4. พัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ทั้งชนิดฝ่ามือและชนิดตั้งโต๊ะที่มีการแสดงผลไม่เกิน 5 หลัก และซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดที่มีการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ด้วยผ่านสาย USB-GPIB โดยพัฒนาผ่าน Microsoft Visual Basic 6 ซึ่งรองรับการสอบเทียบในฟังก์ชัน DC/AC Voltage, DC/AC Current, Resistance, Capacitance, และ Frequency

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกในการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์

2. ลดความผิดพลาดในการสอบเทียบที่อาจจะเกิดขึ้นโดยผู้ทำการสอบเทียบ

3. สามารถนำซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้จริง

4. เป็นการพัฒนาองค์ความรู้ของงานทางด้านมาตรวิทยาไฟฟ้า

1.5 รายละเอียดของโครงงาน

ในโครงงานนี้ประกอบด้วยเนื้อหา 7 บท โดยแต่ละบทมีเนื้อหาโดยย่อดังต่อไปนี้

บทที่ 1 เป็นบทนำจะกล่าวถึงความสำคัญของโครงงาน จุดมุ่งหมายของการศึกษา ขอบข่ายของการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และรายละเอียดของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 มาตรวิทยาเบื้องต้น กล่าวถึงความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการวัด นิยามคำศัพท์มาตรวิทยา ระบบหน่วย SI ระบบมาตรฐาน ความสามารถในการสอบกลับได้ การประเมินค่าความไม่แน่นอน และการรายงานผลการสอบเทียบ

บทที่ 3 หลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด และหลักการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงองค์ประกอบของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด หลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และหลักการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์

บทที่ 4 หลักการออกแบบซอฟต์แวร์การสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ โดยจะกล่าวถึงการออกแบบสำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ และขั้นตอนการสร้างซอฟต์แวร์ ซึ่งมีการอธิบายโดยใช้แผนภูมิลำดับงาน

บทที่ 5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดสำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ทั้งชนิด ฝ่ามือและชนิดตั้งโต๊ะและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดสำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดที่มีการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE-488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านสาย USB-GPIB

บทที่ 6 รูปแบบของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาและผลการทดลอง เป็นตัวอย่างการใช้งานซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 2 แบบ โดยทดลองสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์จริง ตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นคือ รับอุปกรณ์ จนถึงขั้นตอนสุดท้าย คือ การรายงานผลการสอบเทียบ

บทที่ 7 บทสรุปและข้อแนะนำในการใช้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น ในบทนี้เป็นการสรุปผลการทดลองจากซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 2 แบบ และข้อแนะนำในการใช้ซอฟต์แวร์

ในส่วนสุดท้ายจะเป็นภาคผนวก ประกอบไปด้วย ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการ์ดมาตรฐาน IEEE 488(GPIB) รายละเอียดของเครื่องมือมาตรฐาน (FLUKE 5500A Specification) รายละเอียดของอุปกรณ์ควบคุม (USB-GPIB-HS Specification) พร้อมทั้งวิธีการติดตั้งใช้งานอุปกรณ์ควบคุม และวิธีตั้งค่า Address ของอุปกรณ์มาตรฐานและอุปกรณ์ที่นำมาสอบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
มาตรวิทยาเบื้องต้น

2.1 กล่าวนำ

การวัดเป็นพื้นฐานสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกสาขา การวัดเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ตลอดเวลา มนุษย์จึงได้มีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ในกิจการต่าง ๆ เช่น การสื่อสาร คมนาคม และการก่อสร้าง เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์รวมทั้งใช้ในกระบวนการควบคุมการผลิตในอุตสาหกรรม สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ไม่ว่าจะมองในด้านคุณภาพ ปริมาณ หรือความปลอดภัย จะต้องอาศัยการวัดที่ละเอียดถูกต้องเป็นพื้นฐาน มาตรวิทยาจึงเป็นสาขาวิชาที่สนับสนุนการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานของอุตสาหกรรม เกษตรกรรม วิศวกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาขาอื่น ๆ ทุกสาขา ที่มีผลกระทบต่อมาตรฐาน และคุณภาพชีวิตของประชากร โดยส่วนรวม ยิ่งกว่านั้นมาตรวิทยายังเป็นพื้นฐานของการพึ่งพาตนเองทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.2 การสอบเทียบมาตรฐานและอนุกรมมาตรฐาน ISO 9000 [1]

ISO 9000 คือ อนุกรมของคำแนะนำสำหรับการพัฒนาระบบคุณภาพที่ได้จัดทำการบันทึกเป็นหลักฐานไว้ คำแนะนำนี้จัดพิมพ์ขึ้นโดย International Organization Standardization ในปี ค.ศ. 1987 โดยที่อนุกรมมาตรฐานชุดนี้ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายว่าเป็นมาตรฐานสากล สำหรับอนุกรมมาตรฐาน ISO 9000 ประกอบด้วยสำเนาเอกสาร 5 ชุดคือ

- ISO 9000 แนวทางในการเลือกและการใช้สำหรับระบบคุณภาพ
- ISO 9001, 9002, 9003 เป็นแบบสำหรับระบบประกันคุณภาพซึ่งมุ่งสำหรับใช้กับลูกค้าและผู้ส่งมอบ
- ISO 9004 เป็นแนวทางในการจัดการคุณภาพและองค์ประกอบระบบคุณภาพ

ระบบคุณภาพตามอนุกรม ISO 9000 เป็นส่วนหนึ่งของความร่วมมือใหม่ทางมาตรฐานด้านเทคนิคและเป็นความพยายามของตลาดร่วมยุโรป ที่จะพยายามขจัดช่องว่างทางการค้าให้หมดไป โดยเชื่อว่าเมื่อโลกมีมาตรฐานเดียวกันก็สามารถยอมรับสินค้าของกันและกันได้ ทำให้มีการค้าอย่างเสรีได้ทั่วโลกในมาตรฐานเดียวกัน การจดทะเบียนระบบมาตรฐานตามอนุกรม ISO 9000 เป็นสิ่งที่มีประโยชน์ต่อผู้ประกอบการหลายประการ เช่น การเข้าถึงตลาดการค้า การแข่งขันทางการค้า และศักยภาพในการตรวจสอบจากลูกค้าลดลง อนึ่งในการตรวจสอบระบบคุณภาพตามมาตรฐาน ISO 9000 นี้จะมองทุกระบบงานในหน่วยงาน ไม่ว่าจะเป็นระบบคุณภาพของหน่วยงาน การจัดซื้อ การควบคุมการผลิต การฝึกอบรม และเครื่องมือวัดทดสอบที่ใช้ รวมถึงการปฏิบัติต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือวัดที่ใช้ในการผลิต หรือให้บริการ ซึ่งในมาตรฐาน ISO 9000 ได้กำหนดเกี่ยวกับเครื่องตรวจ เครื่องวัดและทดสอบไว้ด้วย

การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด เป็นการสร้างให้เกิดความมั่นใจในผลการวัดและทดสอบว่ามีความถูกต้องอยู่ในคุณลักษณะเฉพาะของบริษัทผู้ผลิต และที่สำคัญในยุคปัจจุบันก็คือองค์กรใดก็ตามที่จะขอจดทะเบียนระบบคุณภาพ ISO 9000 จะต้องทำการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดที่ใช้ในการผลิตหรือให้บริการ นอกจากนั้นการสอบเทียบมาตรฐานยังทำให้เกิดความเป็นธรรมในการค้า ทำให้เกิดความยอมรับระหว่างประเทศ และทำให้อุตสาหกรรมสามารถดำเนินต่อไปได้

การละเลยในเรื่องการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดเป็นเรื่องที่มีความเสี่ยงสูงมากในทุกกิจการ ตัวอย่างเช่น การวัดขนาดของสินค้าที่ลูกค้าสั่งทำ หากการวัดผิดพลาดจะทำให้สินค้าไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า ทำให้เกิดการไม่ยอมรับในสินค้า ความเสียหายนี้จะมากและแก้ไขได้ยาก ซึ่งการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาดังกล่าวขึ้นได้และค่าใช้จ่ายในการสอบเทียบมาตรฐานก็น้อยมากเมื่อเทียบกับความเสียหายอันอาจจะเกิดขึ้นเนื่องมาจากเครื่องมือวัดที่ไม่ได้มาตรฐาน

2.3 นิยามศัพท์มาตรวิทยา [2]

มาตรวิทยา (Metrology) คือ ความรู้ที่เกี่ยวกับการวัด มาตรวิทยาควบคุมทุกเรื่องทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติ ไม่ว่าจะมีความแม่นระดับใด และไม่ว่าจะอยู่ในสาขาวิทยาศาสตร์หรือสาขาเทคโนโลยีใด ๆ

การสอบเทียบ (Calibration) คือ ชุดของการดำเนินการซึ่งสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการชี้บอกโดยเครื่องวัดหรือระบบการวัดหรือค่าที่แสดง โดยเครื่องวัดที่เป็นวัสดุกับค่าสมนัยที่รู้ของปริมาณที่วัดภายใต้สภาวะที่บ่งไว้

การทวนสอบ (Verification) คือ การยืนยันโดยการตรวจสอบและมีหลักฐานแสดงว่าเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุ

ความสอบกลับได้ (Traceability) คือ สมบัติของผลการวัด ที่สามารถหาความสัมพันธ์กับมาตรฐานที่เหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไป ได้แก่ มาตรฐานระหว่างประเทศ หรือมาตรฐานแห่งชาติ โดยการเปรียบเทียบกันอย่างต่อเนื่องเป็นลูกโซ่

มาตรฐานการวัด (Measurement Standard) คือ เครื่องวัด เครื่องวัดที่เป็นวัสดุ หรือระบบการวัดที่มีจุดประสงค์เพื่อกำหนดนิยาม ตรวจสอบ รักษา หรือทำให้เกิดหน่วย หรือค่าที่รู้หนึ่งค่าหรือมากกว่าของปริมาณ เพื่อให้เครื่องวัดอื่น ๆ ได้ใช้เปรียบเทียบ

ค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Uncertainty of Measurement) คือ การประมาณบอกลักษณะในพิสัยของค่า ซึ่งครอบคลุมค่าจริงของปริมาณที่วัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแม่น (Accuracy) คือ ความถูกต้องใกล้เคียงกัน ระหว่างผลของการวัดกับค่าจริง (สัญนิยม) ของปริมาณที่วัด

ความจำแนกชัด (Resolution) คือ นิพจน์เชิงปริมาณของความสามารถของอุปกรณ์ชี้บอกที่สามารถแยกค่าได้ชัดเจนระหว่างค่าที่ใกล้เคียงกันของปริมาณที่ชี้บอก

ค่าผิดพลาด (Error) คือ ค่าชี้บอกของเครื่องวัดลบด้วยค่าจริง (สัญนิยม) ของปริมาณที่วัด

ค่าปรับแก้ (Correction) คือ ค่าที่ชดเชยสำหรับค่าผิดพลาดเชิงระบบที่สมมติขึ้น โดยนำมาบวกทางพีชคณิตกับค่ายังไม่ปรับแก้ของการวัด

2.4 ระบบหน่วย SI

SI ย่อมาจากภาษาฝรั่งเศส Système International d' Unités เป็นระบบหน่วยวัดสากลที่นิยมใช้กันทุกประเทศ รวมทั้งเป็นระบบหน่วยวัดซึ่งเป็นพื้นฐานของมาตรวิทยาสมัยใหม่ ระบบหน่วย SI พัฒนามาจากระบบเมตริกของประเทศฝรั่งเศส และผลสืบเนื่องมาจากการก่อตั้งสนธิสัญญาเมตริก ทำให้คณะกรรมการที่ปรึกษาในสาขาต่าง ๆ ของการวัด ได้มีการประชุมและกำหนดให้สร้างมาตรฐานปฐมภูมิ (Prototype) เพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับหน่วย เมตร (Meter) กิโลกรัม (Kilogram) และวินาที (Second) ต่อมาในปี ค.ศ. 1954 ได้มีการรับรองหน่วย แอมแปร์ (Ampere) เคลวิน (Kelvin) และแคนเดลลา (Candela) ตามลำดับและชื่อ Système International d' Unités (SI) ตั้งเป็นชื่อของระบบหน่วยในปี ค.ศ. 1960 หลังจากนั้นในปี ค.ศ.1971 ระบบหน่วย SI ได้สมบูรณ์ขึ้นโดยที่เพิ่มหน่วย โมล (Mole) เข้ามาเป็นหน่วยพื้นฐาน ทำให้ระบบหน่วยพื้นฐานมี 7 หน่วยดังที่มีใช้ในปัจจุบัน

ระบบหน่วย SI ได้รับการยอมรับให้เป็นหน่วยพื้นฐานสากลในการวัดสมัยใหม่ทั้งหมดและยอมรับกันเป็นสากล ระบบหน่วย SI เป็นชุดของคำจำกัดความซึ่งห้องปฏิบัติการต่าง ๆ จะนำคำจำกัดความนั้นไปทำการทดลองให้เกิดค่านั้นขึ้นมาในการใช้งาน และค่าดังกล่าวจัดว่ามีความเป็นมาตรฐานที่ทุกคนยอมรับ และใช้อ้างอิงค่าการวัดต่าง ๆ อนึ่งในการสอบกลับได้ของเครื่องมือวัดจะสามารถสอบย้อนกลับมาถึงหน่วย SI ได้

ระบบหน่วย SI แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ หน่วยพื้นฐาน (Base Unit) และหน่วยอนุพันธ์ (Derived Unit) โดยได้มีการนิยามหน่วยพื้นฐานของระบบ SI ไว้ดังนี้

1. ความยาว (Length) หน่วยวัดความยาวตามหน่วย SI คือ เมตร (Meter, m) นิยามว่า เมตร คือ ระยะทางที่แสงเคลื่อนที่ในสุญญากาศในช่วงเวลา 1/299 794 488 วินาที

2. มวล (Mass) หน่วยวัดมวลตามหน่วย SI คือ กิโลกรัม (Kilogram, kg) นิยามว่า กิโลกรัม คือ หน่วยของมวล ซึ่งเท่ามวลแบบปฐมระหว่างประเทศของกิโลกรัม รูปทรงกระบอกทำจากโลหะผสม Platinum Iridium เก็บไว้ที่ BIPM เมือง Suvres ประเทศฝรั่งเศส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เวลา (Time) หน่วยวัดเวลาตามหน่วย SI คือ วินาที (Second, s) นิยามว่า วินาที คือ ระยะทางเท่ากับ 9 192 631 770 คาบของการแผ่รังสีที่สมนัยกับการเปลี่ยนระดับไฮเปอร์ไฟน์สอง ระดับของอะตอม Cesium -133 ในสถานะพื้นฐาน

4. กระแสไฟฟ้า (Electric Current) หน่วยวัดกระแสตามหน่วย SI คือ แอมแปร์ (Ampere, A) นิยามว่า ปริมาณกระแสไฟฟ้า ซึ่งถ้ารักษาให้คงที่อยู่ในลวดตัวนำสองเส้นที่มีความยาวอนันต์ ที่มีพื้นที่ภาคตัดขวางเล็กมาก จนไม่ต้องคำนึงถึงและวางขนานกันห่างกัน 1 เมตร ในสุญญากาศแล้ว ทำให้เกิดแรงระหว่างตัวนำทั้งสองเท่ากับ 2×10^{-7} นิวตันต่อเมตร

5. อุณหภูมิทางเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamic Temperature) หน่วยวัดอุณหภูมิตามหน่วย SI คือ เคลวิน (Kelvin, K) นิยามว่า เคลวิน คือ หน่วยของอุณหภูมิทางเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งเท่ากับ 1 / 273.16 ของอุณหภูมิทางเทอร์โมไดนามิกส์ของจุดสามสถานะของน้ำ

6. ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity) หน่วยวัดความเข้มของการส่องสว่างตามหน่วย SI คือ แคนเดลลา (Candela, cd) นิยามว่า ความเข้มของการส่องสว่าง คือ ความเข้มของการส่องสว่างในทิศทางที่กำหนดให้ของแสงความถี่เดียวที่ความถี่ 540×10^{12} Hz ด้วยความเข้มของการส่องสว่างในทิศทางนั้น 1 / 683 วัตต์ต่อสเตอเรเดียน

7. ปริมาณมวลสาร (Amount of Substance) หน่วยวัดปริมาณมวลสารตามหน่วย SI คือ โมล (Mole, Mol) นิยามว่า โมล คือ หน่วยของปริมาณสารของระบบที่ประกอบด้วยองค์ประกอบมูลฐาน ซึ่งมีจำนวนเท่ากับอะตอมใน 0.012 กิโลกรัมของ C – 12

ตารางที่ 2.1 ระบบหน่วยพื้นฐานของ SI

Base quantity	Unit	Symbol
ความยาว (Length)	เมตร (meter)	m
มวล (Mass)	กิโลกรัม (kilogram)	kg
เวลา (Time)	วินาที (second)	s
กระแสไฟฟ้า (Electric current)	แอมแปร์ (ampere)	A
อุณหภูมิ (Thermodynamic temperature)	เคลวิน (kelvin)	K
ความเข้มแสง (Luminous intensity)	แคนเดลลา (candela)	cd
ปริมาณมวลสาร (Amount of substance)	โมล (mole)	mol

นอกจากหน่วยพื้นฐาน ดังที่ได้สรุปในตารางที่ 2.1 แล้วยังมีหน่วยเสริมและหน่วยอนุพันธ์อีกมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ระบบมาตรฐาน

ระบบมาตรฐานเมื่อแบ่งออกตามลักษณะงานที่สำคัญจะแบ่งได้ 2 สาขาคือ มาตรฐานการวัดปริมาณ (Standard of Measure on Metrology) และมาตรฐานกำหนด (Documentary or Specification Standard)

มาตรฐานการวัดปริมาณ มีอยู่ 2 แขนงด้วยกันคือ มาตรฐานการวัดปริมาณทางวิทยาศาสตร์หรือวิศวกรรมศาสตร์ และมาตรฐานการวัดปริมาณเชิงพาณิชย์

1. มาตรฐานการวัดปริมาณทางวิทยาศาสตร์หรือวิศวกรรมศาสตร์มีหน่วยงานที่ดำเนินการในระหว่างประเทศคือ ที่ประชุมใหญ่ระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรวิทยา (Conference General des Poids et Mesures: CGPM) คณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรวิทยา (Comite' International des Poids et Mesures: CIPM) สำนักงานระหว่างประเทศว่าด้วยมาตราชั่ง ตวง วัด (International Bureau of Weights and Measures) หรือ สถาบันระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรวิทยา (Bureau International des Poids et Mesures: BIPM) ซึ่งหน่วยงานและคณะกรรมการเหล่านี้แต่งตั้งคัดเลือกสมาชิกจากประเทศต่าง ๆ

2. มาตรฐานการวัดปริมาณเชิงพาณิชย์ มีหน่วยงานที่ดำเนินการในระดับระหว่างประเทศ คือ องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรวิทยาเชิงพาณิชย์ (International Organization of Legal Metrology: OIML) คณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรวิทยาเชิงพาณิชย์ (International Committee of Legal Metrology: CIML) หรือ International Bureau of Legal metrology (BIML)

มาตรฐานกำหนด มีหน่วยงานระดับโลกที่สำคัญคือ International Organization for Standardization (ISO) และ International Electrometrical Commission (IEC)

นอกจากนี้ยังมีการประชุมระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานระหว่างประเทศ คือ International Laboratory Accreditation Conference (ILAC) เป็นการประชุมว่าด้วยการรับรองห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบระหว่างประเทศ

2.6 มาตรฐานการวัด

มาตรฐานการวัดเป็นปัจจัยอันสำคัญยิ่งในระบบการวัด หน่วยวัดที่เป็นที่ยอมรับกันระหว่างประเทศรวมกับมาตรฐานการวัดที่เท่าเทียมกันมีความสำคัญต่อระบบการค้าและความร่วมมือระหว่างประเทศ ระดับความเชื่อมั่นในความเท่าเทียมกันของมาตรฐานการวัดย่อมได้มาจากการทำการเปรียบเทียบระหว่างกัน ซึ่งผลก็คือความเชื่อถือในมาตรฐานการวัดเหล่านี้สามารถถ่ายทอดมาสู่ผู้ใช้งานได้โดยผ่านลูกโซ่ของการสอบกลับได้ (Chain of Traceability) การจัดลำดับของมาตรฐานในที่นี้ได้มาจาก International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology: VIM ซึ่งได้นิยามไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. มาตรฐานปฐมภูมิ (Primary Standard) หมายถึง มาตรฐานที่กำหนดไว้หรือเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางว่ามีคุณสมบัติทางมาตรวิทยาสูงสุดและมีค่าเป็นที่ยอมรับโดยปราศจากการอ้างอิงถึงมาตรฐานอื่นที่เป็นปริมาณเดียวกัน

2. มาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary Standard) หมายถึง มาตรฐานที่ได้ค่ามาจากการเปรียบเทียบกับมาตรฐานปฐมภูมิของปริมาณเดียวกัน

3. มาตรฐานระหว่างประเทศ (International Standard) คือ มาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับโดยความตกลงร่วมกันระหว่างประเทศ เพื่อเป็นฐานในการกำหนดค่าของมาตรฐานอื่นทั้งหมดที่เกี่ยวข้องระหว่างประเทศ

4. มาตรฐานแห่งชาติ (National Standard) คือ มาตรฐานที่เป็นที่ได้รับการกำหนดโดยทางการ เพื่อใช้เป็นรากฐานในการกำหนดค่าของมาตรฐานอื่นทั้งหมดของปริมาณที่เกี่ยวข้องในประเทศ

5. มาตรฐานอ้างอิง (Reference Standard) คือ มาตรฐานที่โดยทั่วไปมีคุณสมบัติทางมาตรวิทยาสูงสุดมีไว้ ณ จุดใช้งานหรือในหน่วยงาน ซึ่งการวัดที่กระทำในหน่วยงานได้มาจากมาตรฐานนี้

6. มาตรฐานถ่ายทอด (Transfer Standard) คือ มาตรฐานที่ใช้สำหรับการนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานอื่น

7. มาตรฐานขั้นใช้งาน (Working Standard) คือ มาตรฐานที่ใช้สำหรับการสอบเทียบหรือการตรวจสอบกับวัสดุวัด เครื่องมือวัด หรือวัสดุอ้างอิง มาตรฐานขั้นใช้งานจะสอบเทียบกับมาตรฐานอ้างอิงเสมอ และมาตรฐานใช้งานนี้อาจใช้สำหรับงานประจำเพื่อให้มั่นใจว่าการวัดที่กระทำเป็นไปอย่างถูกต้อง บางครั้งก็เรียกว่า มาตรฐานสำหรับตรวจสอบ (Check Standard)

การจัดหาเครื่องมือมาตรฐานการวัดมาใช้งานจะต้องเลือกเครื่องมือที่มีความสามารถในการวัดที่เหมาะสมกับงานที่จะนำไปวัด กล่าวคือเครื่องมือมาตรฐานจะต้องมีค่าความถูกต้องที่ดีกว่าเครื่องมือวัดอยู่ประมาณ 4 ถึง 10 เท่า ยกเว้นในกรณีเป็นเครื่องมือที่มีความถูกต้องสูงมากอาจจะอนุโลมให้ เครื่องมือมาตรฐานดีกว่า 1 ถึง 2 เท่าได้เป็นกรณีไป ก่อนที่เลือกเครื่องมือวัดได้เหมาะสมกับงานนั้น ๆ จำเป็นต้องเข้าใจเกี่ยวกับคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการบอกคุณลักษณะของเครื่องมือเสียก่อน ดังนี้

1. ความถูกต้องในการวัด (Accuracy) หมายถึง เครื่องมือวัดมีความสามารถในการอ่านได้ใกล้ค่าจริงเท่าใด เช่น มิเตอร์ตัวหนึ่งมีค่าความถูกต้องในการวัดแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0.5 % ของค่าที่แสดงผลหมายถึง ถ้าวัดแรงดันไฟฟ้า 100 V_{DC} มิเตอร์แสดงผล 100 V_{DC} ค่าที่แท้จริงที่วัดได้จะอยู่ระหว่าง 100 +/- 0.5 คือ ระหว่าง 99.5 ถึง 100.5 V_{DC} บริษัทผู้ผลิตเครื่องมือวัดทั่วไปมักจะระบุค่า ค่าความถูกต้องในการวัดมาในคุณลักษณะของเครื่องมือวัด เราจะพิจารณา ค่าความถูกต้องในการวัดของเครื่องมือวัดเป็นปัจจัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเที่ยงตรงในการวัด (Precision) ค่านี้จะแสดงให้ทราบว่าเครื่องมือวัดมีความสามารถในการแสดงค่าที่ซ้ำที่เดิมได้ดีหรือไม่ เมื่อป้อนค่าคงที่ค่าหนึ่งในการวัดหลาย ๆ ครั้ง ตามปกติบริษัทผู้ผลิตจะไม่ระบุค่านี้มาในเอกสารบอกคุณลักษณะของเครื่องมือวัด

3. ความเสถียรในการอ่านเครื่องมือวัด (Stability) ค่านี้จะแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนไปของผลการวัด ซึ่งเกิดขึ้นจากเครื่องมือวัดเองเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ถ้าเครื่องมือวัดมีความเสถียรในการอ่านไม่ดีก็หมายความว่าการอ่านของเครื่องมือวัดนั้นเลื่อนค่าไปตามเวลา ผู้ผลิตมักจะระบุค่าความเสถียรในการอ่านค่าของเครื่องมือวัดมาในเอกสารบอกคุณลักษณะของเครื่องมือวัด

4. ระดับสัญญาณรบกวน (Noise Floor) ที่เกิดขึ้นในตัวเครื่องมือวัดเอง ถึงแม้ว่าจะมิได้ป้อนสัญญาณอะไรเลย แต่เครื่องวัดจะแสดงค่าของระดับสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในตัวเครื่องวัดออกมา หากค่านี้มาก ความไวในการวัดของเครื่องมือวัดจะลดลง ค่าระดับสัญญาณรบกวนนี้บริษัทผู้ผลิตจะระบุมาในเอกสารบอกคุณลักษณะของเครื่องมือวัด หากผู้ซื้อไม่สนใจก็อาจจะเกิดปัญหาในการวัดได้

2.7 ความสอบกลับได้ของการวัด

ในเวทีการค้าโลกในอนาคตจะมุ่งไปสู่หลักการที่ว่า **"One-stop Measurement to achieve world-wide Acceptance"** ความหมายของหลักการนี้คือ ผลิตภัณฑ์/สินค้าหนึ่ง ๆ จะกำหนดด้วยกฎระเบียบเดียวเท่านั้นที่ยอมรับกันทั่วโลก (One World-wide Regulation) ผลิตภัณฑ์/สินค้าหนึ่ง ๆ จะมีมาตรฐานหนึ่งเดียวที่ยอมรับทั่วโลก (One World-wide Written Standard) ผลิตภัณฑ์/สินค้าหนึ่ง ๆ จะได้รับการทดสอบเพียงครั้งเดียวจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากลที่ยอมรับทั่วโลก (One World-wide Accreditation) ผลการวัดที่สามารถสอบกลับได้และเป็นที่ยอมรับทั่วโลก (One-stop Measurement Base on World wide Traceability)

ดังนั้นผลิตภัณฑ์/สินค้าหนึ่ง ๆ จะมีมาตรฐานกำหนดเพียงหนึ่งเดียวทั่วโลก (Standard Harmonization) ไม่ว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะสร้างจากประเทศใดในโลก และผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ก็จะทำการทดสอบเพียงครั้งเดียวที่ใดก็ได้และผลการทดสอบก็จะเป็นที่ยอมรับได้ในทั่วโลก

ความสอบกลับได้ของการวัด (Traceability of Measuring) คือ สมบัติของผลการวัดหรือค่าของมาตรฐานที่สามารถมีความสัมพันธ์ได้ถึงสิ่งอ้างอิงที่ระบุไว้แล้ว ปกติคือมาตรฐานแห่งชาติหรือมาตรฐานระหว่างประเทศโดยผ่านโซ่ห่วงที่ไม่ขาดช่วงของการเปรียบเทียบและมีการระบุความไม่แน่นอนไว้โดยตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 องค์ประกอบของความสอบกลับได้

ความสอบกลับได้ของเครื่องมือวัด หมายถึง การบอกได้ของผลการวัดแต่ละครั้งที่ได้จากการวัดแตกต่างจากค่ามาตรฐานแห่งชาติหรือมาตรฐานระหว่างประเทศอยู่เท่าใด โดยสอบย้อนกลับไปยังมาตรฐานโดยไม่ขาดช่วง ดังนั้นการสอบกลับได้จึงเป็นการส่งต่อหน่วยวัด SI ตามนิยาม จากจุดเริ่มต้นโดยได้รับการถ่ายทอดผ่านห้องปฏิบัติการสอบเทียบหลายระดับจนถึงผู้ใช้งาน ซึ่งถ้าพิจารณาจากความหมายของความสามารถสอบกลับได้ จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยหลายอย่างด้วยกันที่จะทำให้เกิดห่วงโซ่ของการเปรียบเทียบโดยไม่ขาดขั้นตอน ปัจจัยต่าง ๆ นี้ประกอบด้วย

1. การเปรียบเทียบอย่างต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ จากผู้ใช้งานเครื่องมือวัดกลับไปสู่มาตรฐานที่ผู้เกี่ยวข้องยอมรับ ซึ่งโดยทั่วไปคือมาตรฐานแห่งชาติหรือมาตรฐานระหว่างประเทศ

2. มีความไม่แน่นอนของการวัดในแต่ละขั้นตอน จะต้องคำนวณตามวิธีที่กำหนดและรายงานค่าเพื่อให้สามารถคำนวณความไม่แน่นอนรวมของทุกขั้นตอนได้

3. การจัดทำเป็นเอกสาร การเปรียบเทียบจะต้องทำตามวิธีดำเนินการที่เป็นเอกสารและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป อีกทั้งผลของการเปรียบเทียบก็ต้องทำเป็นเอกสารเช่นกัน

4. ความสามารถของห้องปฏิบัติการ องค์กรที่ทำการเปรียบเทียบในขั้นตอนหนึ่ง หรือมากกว่าของห่วงโซ่การสอบกลับได้ จะต้องแสดงให้เห็นถึงความสามารถทางเทคนิค เช่น การรับรองความสามารถตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025

5. อ้างถึงหน่วยวัด SI ห่วงโซ่ของการเปรียบเทียบ ถ้าเป็นไปได้จะต้องสิ้นสุดลงที่มาตรฐานปฐมภูมิ ที่ทำให้เป็นจริงของหน่วยวัด SI

6. ช่วงระยะเวลาระหว่างการสอบเทียบ จะต้องกระทำซ้ำตามช่วงเวลาที่เหมาะสมและระยะของช่วงเวลานี้จะขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ตัวแปร เช่น ความไม่แน่นอนที่ต้องการ ความถี่ของการใช้งาน การนำไปใช้ และความเสถียรของเครื่องมือ

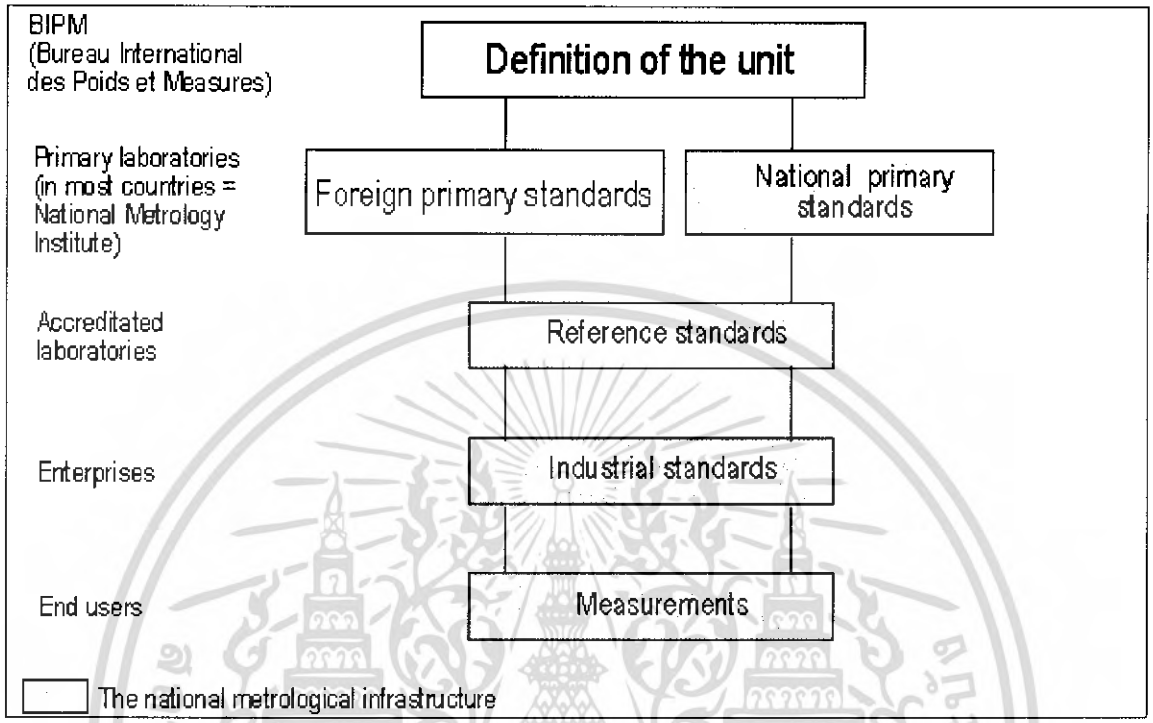
2.7.2 ลำดับขั้นของความสอบกลับได้

โดยปกติห่วงโซ่ความสอบกลับได้ (Traceability Chain) ของทุกประเทศจะเหมือนกัน คือมีสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติทำหน้าที่จัดหา รักษา พัฒนามาตรฐานการวัด และถ่ายทอดค่าวัด นอกจากนี้ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติจะต้องเป็นที่ยอมรับและเชื่อถือได้ในระดับนานาชาติ จากนั้นจะมีห้องปฏิบัติการสอบเทียบระดับทุติยภูมิหรือระดับอ้างอิง (Secondary or Reference Standards) รับความถูกต้องของค่าวัดและถ่ายทอดต่อไปยังภาคอุตสาหกรรมอีกทอดหนึ่ง ดังภาพที่ 2.1 โดยมีลำดับขั้นของการสอบเทียบดังนี้

1. ระดับระหว่างประเทศ ในระดับระหว่างประเทศนั้น มาตรฐานปฐมภูมิ (Primary Standards) ได้มาจากการทำให้เป็นจริง (Realization) จากนิยาม (Definition) ของหน่วยวัด SI โดย Conference General des Poids et Measure (CGPM) ซึ่งหน่วยงานที่รับผิดชอบสำหรับการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานปฐมภูมิและจัดให้มีการเปรียบเทียบผลการวัดระหว่างประเทศในระดับที่มีความถูกต้องสูงสุด คือ Bureau International des Poids et Measure (BIPM) ซึ่งมีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส



ภาพที่ 2.1 ลำดับขั้นของความสอบกลับได้

2. ระดับสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติของแต่ละประเทศถือเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่รักษามาตรฐานทางมาตรวิทยาขั้นสูงสุดของประเทศ โดยทั่วไปก็จะรักษามาตรฐานการวัดแห่งชาติของประเทศ (National primary standards) ซึ่งเป็นแหล่งที่มาของการสอบกลับได้สำหรับปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องของประเทศนั้น ๆ ในกรณีที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติมีความสามารถถึงขั้นที่นำระบบหน่วยระหว่างประเทศ (SI Units) จากนิยามมาทำให้เป็นจริงได้ มาตรฐานแห่งชาตินั้นถือได้ว่านั้นมีความเทียบเท่ามาตรฐานปฐมภูมิหรือสามารถสอบกลับได้โดยตรงกับระบบหน่วยระหว่างประเทศนั้น แต่ในกรณีที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติไม่มีความสามารถถึงขั้นที่จะนำนิยามมาทำให้เป็นจริงได้ การทำให้มั่นใจว่าสามารถสอบกลับได้ถึงระบบหน่วยระหว่างประเทศ จะกระทำโดยการถ่ายทอดจากประเทศอื่น

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติมีหน้าที่ทำให้มั่นใจว่ามาตรฐานปฐมภูมิที่รักษาไว้นั้น สามารถเปรียบเทียบได้ในระดับระหว่างประเทศ และมีหน้าที่รับผิดชอบในการกระจายค่ามาตรฐานสู่ผู้ใช้งาน ได้แก่ ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ หน่วยงานของรัฐ และภาคอุตสาหกรรม

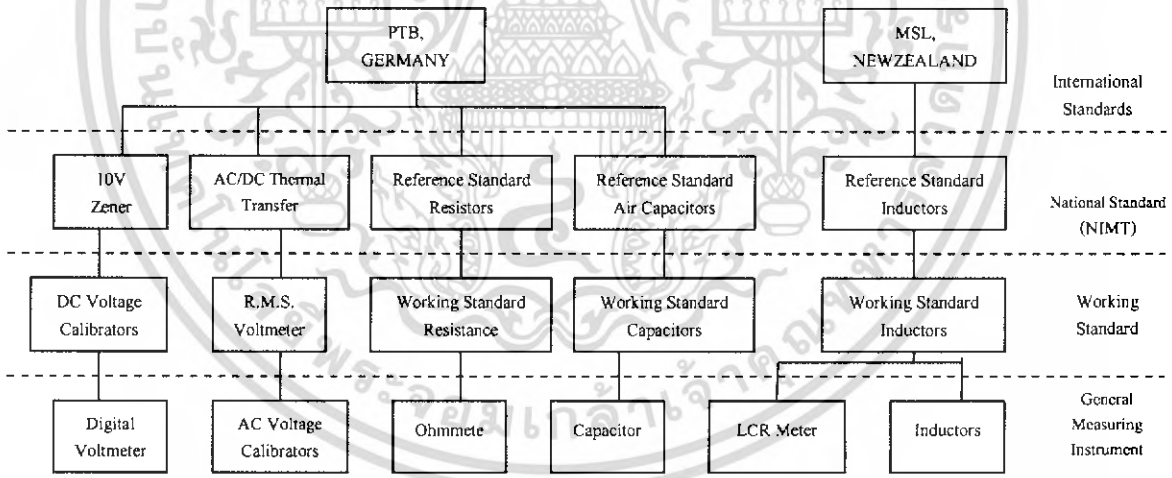
3. ระดับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ (Reference Standard) ห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับรองโดยบุคคลที่สามหรือองค์กรให้การรับรองที่มีประจำในแต่ละประเทศ ที่ให้การรับรองโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจประเมินความสามารถทางเทคนิคตามข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ซึ่งหนึ่งในข้อกำหนดที่สำคัญได้แก่ ความสามารถสอบกลับได้ของการวัดถึงระบบหน่วยระหว่างประเทศ การให้การรับรองโดยทั่วไปหมายถึงการรับรองความสามารถของการวัดพร้อมกับความไม่แน่นอนน้อยที่สุดที่ห้องปฏิบัติการสามารถกระทำได้ ซึ่งได้มาจากการใช้เครื่องมือวัด มาตรฐานการวัดและวิธีการวัดที่เหมาะสมนั่นเอง

ห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรองจำเป็นจะต้องแสดงหลักฐานความสามารถสอบกลับได้ของการวัดที่ได้จากการสอบเทียบมาตรฐานอ้างอิงในห้องปฏิบัติการกับสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติหรือห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับรองที่มีความสามารถของการวัดดีกว่าตน

4. ระดับห้องปฏิบัติการสอบเทียบภายในโรงงาน (Industrial standards) การสอบเทียบที่กระทำขึ้นภายในโรงงาน เพื่อทำให้มั่นใจว่าเครื่องมือตรวจและทดสอบทั้งหมดที่มีผลต่อคุณภาพได้รับการสอบเทียบกับมาตรฐานใช้งานของโรงงานโดยมาตรฐานใช้งานของโรงงานจะต้องได้รับการสอบเทียบกับมาตรฐานอ้างอิงของห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรอง หรือจากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ แล้วแต่กรณี ซึ่งความสามารถในการทำการสอบเทียบเองจะต้องคำนึงถึงความสามารถของปฏิบัติงาน วิธีการในการวัด เครื่องมือและมาตรฐานการวัด ห้องปฏิบัติการตลอดจนระบบการบันทึกผล เพื่อให้มั่นใจในความถูกต้องและแม่นยำของการวัด



ภาพที่ 2.2 Traceability Chart of Electrical Instrument

จากภาพที่ 2.2 [3] ซึ่งแสดงห่วงโซ่ของการสอบกลับได้ ในที่นี้ขอยกตัวอย่าง Digital Voltmeter ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้อยู่ในระดับ General Measuring Instrument ซึ่งจะต้องสอบเทียบกับ DC Voltage Calibrator ซึ่งอยู่ในระดับ Working Standard ส่วน DC Voltage Calibrator ก็ต้องได้รับการสอบเทียบกับมาตรฐานที่สูงกว่า คือ 10V Zener ซึ่งอยู่ในระดับ National Standard และขั้นสุดท้ายก็คือ 10V Zener ก็ต้องได้รับการสอบเทียบกับมาตรฐานขั้นปฐมภูมิเป็นลำดับสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ความไม่แน่นอนของการวัด

ก่อนอื่นต้องเข้าใจไว้ก่อนเลยว่าไม่มีการวัดครั้งใดที่ไม่มีความผิดพลาด การวัดทุกครั้งมีความผิดพลาดในการวัดโดยทั้งสิ้น การรู้ค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Uncertainty of Measurement) ของการวัดที่กระทำแต่ละครั้ง มีความจำเป็นมาก เนื่องจากคุณภาพของการวัดส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของสินค้าที่ผลิต การวัดที่มีค่าความไม่แน่นอนในการวัดสูงเท่าใด ก็จะส่งผลให้สินค้าที่ผลิตมีค่าความไม่แน่นอนในคุณภาพมากเท่านั้น ในหัวข้อนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำความเข้าใจในการกำหนดค่าความไม่แน่นอนในการวัด เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องมือวัดสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้

จากมาตรฐาน ISO-9000 และ ISO/IEC 17025 กำหนดในเรื่องการวัดและการสอบเทียบว่าจะต้องทราบค่าความไม่แน่นอนของการวัดจึงจะทราบว่า ผลการวัดใด ๆ ที่ได้นั้นมีคุณภาพดีพอกับความต้องการของงานแต่ละงานหรือไม่ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานในด้านนี้จึงจำเป็นต้องรู้วิธีประเมินองค์ประกอบต่าง ๆ หรือแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนที่ส่งผลทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดด้วย

2.8.1 ความผิดพลาดของการวัด

ความผิดพลาด คือ ความแตกต่างระหว่างผลของการวัดกับค่าจริงของปริมาณที่ทำการวัดหลังจากการแก้ไขค่าแล้ว ในการวัดนั้นอาจเกิดความผิดพลาดขึ้นจากปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. จากการใช้วิธีการวัดที่ผิด
2. จากความผิดพลาดของเครื่องมือวัดเอง และจากการสอบเทียบมาตรฐาน
3. จากการอ่านค่าผิด หรือจากการคำนวณผิด
4. จากสภาพแวดล้อม และการรบกวนจากภายนอก
5. จากการรบกวนที่คาดเดาไม่ได้ ฯลฯ

2.8.2 ชนิดของความผิดพลาดในการวัด

โดยทั่วไปจะแบ่งความผิดพลาดเป็น 2 ชนิด คือ

2.8.2.1 ความผิดพลาดสุ่ม

ความผิดพลาดสุ่ม (Random Error) คือ ความแตกต่างระหว่างผลการวัดที่เกิดแบบคาดเดาไม่ได้ จะเกิดแบบไม่มีระเบียบแบบแผนแน่นอน มักถูกมองว่าเป็น "สิ่งรบกวนที่ไม่มีระเบียบแน่นอน" ในกระบวนการวัดความผิดพลาดสุ่มนี้จะถูกประเมินค่าโดยวิธีทางสถิติ

2.8.2.2 ความผิดพลาดของระบบ

ความผิดพลาดของระบบ (Systematic Error) คือ ความแตกต่างจากค่าจริง ซึ่งเกิดจากความไม่สมบูรณ์ในระบบการวัดตามที่เรียกชื่อ ความผิดพลาดจากระบบเหล่านี้เป็นผลมาจากสิ่ง

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่วัดได้ (เป็นอุณหภูมิ ความชื้นหรือ ความดัน) และมีผลกระทบสัมพันธ์กับค่าของปริมาณที่ทำการวัดสิ่งอื่น ๆ เช่น ความผิดพลาดจากตัวมาตรฐาน เป็นต้น การเกิดความผิดพลาดสุ่มในเวลาหนึ่งอาจเป็นความผิดพลาดของระบบในอีกด้านหนึ่งได้

2.8.3 ความไม่แน่นอนของการวัด

ความไม่แน่นอนของการวัด คือ ผลการประเมินที่เจาะจงไปที่คุณสมบัติเฉพาะในช่วงที่คาดว่าค่าจริงของสิ่งที่จะวัดนั้นเป็นอยู่ โดยทั่วไปจะระบุพร้อมด้วยค่าความน่าจะเป็นไปได้ด้วยค่าระดับความมั่นใจ (Confidence Level) กี่เปอร์เซ็นต์ สำหรับแหล่งความไม่แน่นอนของการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์จะมาจาก

1. ค่าความไม่แน่นอนของตัวมาตรฐานที่ใช้
2. ค่าความจำแนกชัดของตัวมาตรฐานที่ใช้
3. ค่าความจำแนกชัดของดิจิตอลมัลติมิเตอร์
4. ค่า Thermal emfs
5. อื่น ๆ

2.9 วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอน [4]

การประเมินค่าความไม่แน่นอน แบ่งเป็นวิธีประเมิน "แบบ A (Type A)" กับ "แบบ B (Type B)" โดยที่

แบบ A: ประเมินโดยการคำนวณจากชุดข้อมูลการวัดซ้ำ ๆ กันหลายครั้งด้วยวิธีทางสถิติ

แบบ B: คือการประเมินโดยวิธีอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ "แบบ A"

2.9.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอน "Type A" มีรายละเอียดดังนี้

1. เป็นการประเมินโดยใช้วิธีทางสถิติ ในการวิเคราะห์ชุดข้อมูลผลการวัดซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้ง และพิจารณาความถี่ของการวัดได้ค่าซ้ำ ๆ กัน จะได้ค่า n ครั้ง
2. จะได้ผลการวัดเป็น $x_1, x_2, x_3, ..., x_n$
3. นำผลที่ได้จากการวัดมาคำนวณค่าเฉลี่ย โดยหาได้จาก

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} x_k \qquad (2.1)$$

4. นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง *Sd* (Standard Deviation) หาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{2.2}$$

5. นำค่า *Sd* ที่ได้มาหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย σ (Standard Deviation of mean) หาได้จาก

$$\sigma = \frac{Sd}{\sqrt{n}} \tag{2.3}$$

โดยที่ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (Standard Deviation of mean) หรือ σ ในสมการที่ (2.3) ถือว่าเป็นความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type A

2.9.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอน "Type B"

การพิจารณาค่าความไม่แน่นอน Type B นั้น จะต้องคำนวณการเปลี่ยนข้อมูลที่ได้มาให้เป็น 1 Standard Uncertainty โดยการหารด้วยค่า ๆ หนึ่งที่ขึ้นอยู่กับลักษณะความเป็นไปได้ของการกระจายค่าความไม่แน่นอน (Probability of the Uncertainty) ว่าเป็นแบบใดโดยมีองค์ประกอบในการประเมินดังนี้

1. ข้อมูลจาก Calibration Certificate
2. ข้อมูลจากการวัดในอดีต
3. ค่าคงที่ที่ยอมรับ
4. ข้อมูลจากข้อกำหนดจำเพาะของผู้ผลิต
5. ข้อมูลจากประสบการณ์ หรือความรู้
6. ข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.9.3 รูปแบบการกระจายของข้อมูล

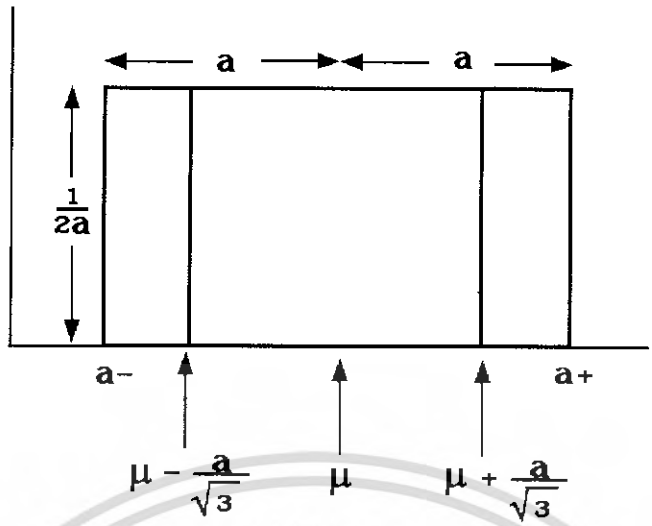
1. การกระจายของข้อมูลแบบสี่เหลี่ยม (Rectangular Probability Distribution)

ค่าความไม่แน่นอนแบบนี้ใช้กับกรณีที่ให้ค่ามาเป็นสูงสุด และมีโอกาสเป็นค่าใด ๆ เท่ากันทุกค่า คำนวณได้โดย

1.1 หาค่าครึ่งหนึ่งของช่วงสูงสุด-ต่ำสุดเป็น "a"

1.2 หารด้วยค่า $\sqrt{3}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



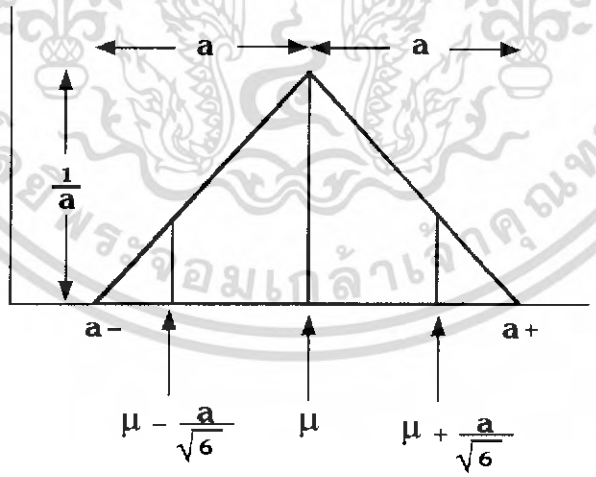
ภาพที่ 2.3 ลักษณะการกระจายของข้อมูลแบบสี่เหลี่ยม

2. ลักษณะการกระจายของข้อมูลแบบสามเหลี่ยม (Triangular Probability Distribution)

ค่าความไม่แน่นอนแบบนี้ ค่าส่วนใหญ่ของการวัดมักจะอยู่ใกล้ค่ากลางของการกระจาย ดังนั้นโอกาสที่ค่าความไม่แน่นอนจะเป็นค่ากลางโดยส่วนใหญ่ คำนวณได้โดย

2.1 หาค่าครึ่งหนึ่งของช่วงสูงสุด-ต่ำสุดเป็น “a”

2.2 หารด้วยค่า $\sqrt{6}$



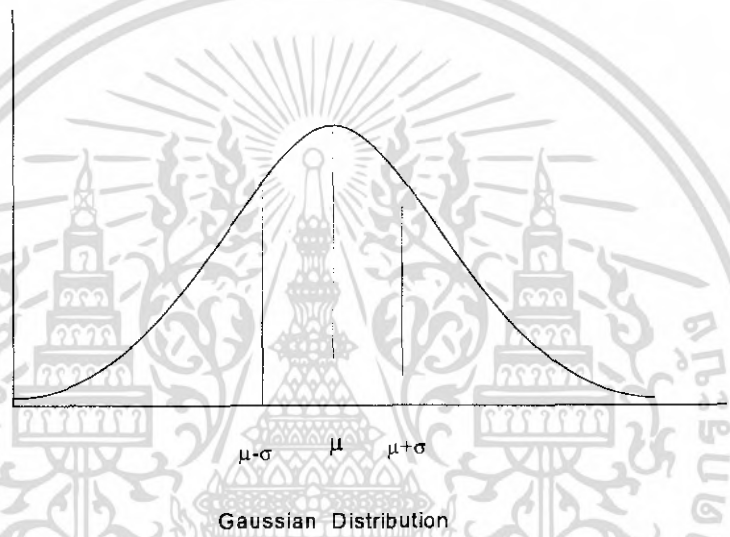
ภาพที่ 2.4 ลักษณะการกระจายของข้อมูลแบบสามเหลี่ยม

62697
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ลักษณะการกระจายของข้อมูลแบบปกติ (Normal or Gaussian Probability Distribution)

การกระจายของข้อมูลแบบปกติ เป็นความไม่แน่นอนที่บอกมาพร้อมค่าระดับความมั่นใจ (Confidence Level) เช่น 95% หรือ 99% การหาค่า 1 Standard Uncertainty ได้โดยหารด้วยค่าต่อไปนี้

Confidence Level	หารด้วย
95%	2
99%	3



ภาพที่ 2.5 ลักษณะการกระจายของข้อมูลแบบปกติ

2.9.4 Combined Standard Uncertainty

เมื่อแจกแจงความไม่แน่นอนชนิดต่าง ๆ ทั้ง Type A และ Type B (B_1, B_2,....B_n) เป็นชนิด Uncorrelated Type สามารถนำมาคำนวณรวมกัน ดังนี้

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} u_i^2(x_i)} \qquad (2.4)$$

เมื่อ $u_c(y)$ คือ ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม (Combined Standard Uncertainty)

$u_i(x_i)$ คือ ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type A และ Type B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Combined Uncertainty ที่ได้นั้น ยังไม่มีค่าความมั่นใจพอสำหรับงานทางพาณิชย์ เพื่อเพิ่มความมั่นใจ เราจึงมีการใช้วิธีเพิ่มความไม่แน่นอน (Expanded Uncertainty) ใช้สัญลักษณ์ U ที่ได้จากการคูณ $u_c(y)$ ด้วยค่า Coverage Factor (k)

โดยค่า Coverage Factor (k) จะเป็นค่าเท่าไหร่นั้น ขึ้นอยู่กับความต้องการระดับความมั่นใจ (p) ว่าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคำนวณได้จากตาราง Student T-Distribution โดยปกติแล้วเกือบทุกห้องปฏิบัติการสอบเทียบจะให้ค่า Coverage Factor (k) เท่ากับ 2 ซึ่งมีระดับค่าความเชื่อมั่นที่ไม่น้อยกว่า 95% สำหรับการคำนวณหาค่า Coverage Factor (k) นั้นจำเป็นต้องทราบค่าของตัวแทนขององศาอิสระของความไม่แน่นอนรวม (ν_{eff}) ซึ่งหาได้จากสมการ Welch-Satterwaite ดังนี้

$$\nu_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^{n} \frac{u^4(x_i)}{\nu_i}} \tag{2.5}$$

เมื่อ $u_c(y)$ คือ ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม

$u(x_i)$ คือ ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type A และ Type B

ν_i คือ องศาอิสระของแต่ละส่วนประกอบของความน่าจะเป็นมีค่าเท่ากับ n-1

ν_{eff} คือ ตัวแทนขององศาอิสระของความไม่แน่นอนรวม

เมื่อได้ตัวแทนขององศาอิสระของความไม่แน่นอนรวม (ν_{eff}) จะสามารถหาค่า Coverage Factor (k) หรือ $t_p(\nu)$ จากตารางการแจกแจงแบบ t ตามระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ เช่น ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความสัมพันธ์ระหว่าง ν_{eff} และ $t_p(\nu)$ แสดงได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ν_{eff} และ $t_p(\nu)$ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

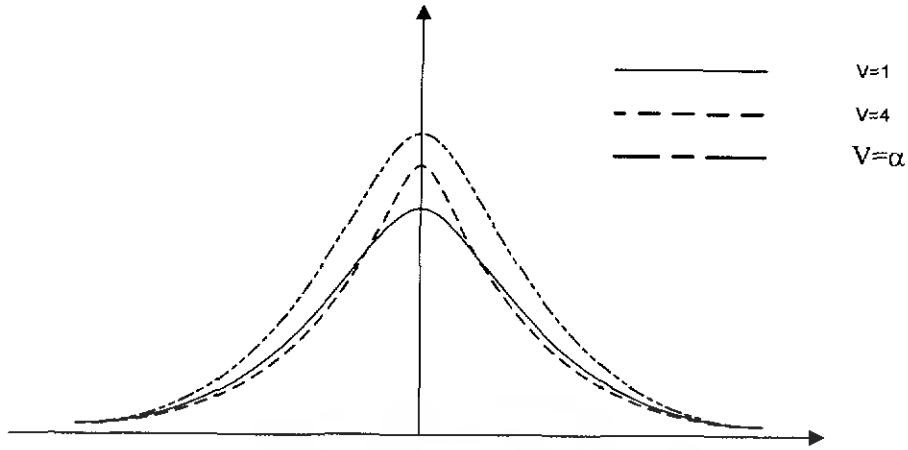
ν_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_p(\nu)$	12.71	4.30	3.18	2.78	2.57	2.45	2.36	2.31	2.26	2.23	2.20	2.18

ν_{eff}	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	100	∞
$t_p(\nu)$	2.14	2.12	2.10	2.09	2.06	2.04	2.03	2.02	2.01	2.01	1.984	1.960

ความไม่แน่นอนขยาย U ตามระดับความเชื่อมั่นที่พิจารณา หาได้จากผลคูณของค่า Coverage Factor (k) หรือ $t_p(\nu)$ กับค่าความไม่แน่นอนรวม $u_c(y)$ ดังนี้

$$U = ku_c(y) \tag{2.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Student's t-distribution for different values of v_i

ภาพที่ 2.6 กราฟ T-Distribution

สำหรับการรายงานผลการประเมินความไม่แน่นอน ประกอบด้วย การแสดงค่าปริมาณที่วัดโดยเฉลี่ย ($\bar{Y}$) และค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty) U โดยรายงานเป็นค่าบวก-ลบ (±) พร้อมทั้งระบุระดับความเชื่อมั่นที่พิจารณาในการขยายความไม่แน่นอน ดังนี้

$\bar{Y} \pm U$ ที่ระดับความเชื่อมั่น .....%

ค่าความไม่แน่นอนนั้นอาจแสดงในหน่วยของปริมาณที่วัด หรืออยู่ในรูปของค่าสัมพัทธ์ (Relative Value) เช่น เปอร์เซ็นต์ (%) หนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm)

ตัวเลขที่ปรากฏในการรายงานค่าความไม่แน่นอนจะแสดงถึงความสามารถในการวัด ส่วนใหญ่ขบวนการคาดคะเนค่าความไม่แน่นอนจะรายงานตัวเลข (ที่นอกจากค่าศูนย์) ไม่เกินสองตัว เช่น ±0.0025, ±0.014 เป็นต้น

2.10 การรายงานผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด

การรายงานผลการสอบเทียบต้องรายงานอย่างถูกต้อง ชัดเจน ไม่คลุมเครือ และรายงานอย่างเป็นรูปธรรม เป็นไปตามข้อกำหนดเฉพาะในขั้นตอนการสอบเทียบนั้น การรายงานผลการสอบเทียบมาตรฐานบางครั้งก็เรียกว่า "ใบรับรองผลการสอบเทียบมาตรฐาน" เนื้อหาในใบรายงานผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดต้องประกอบด้วยข้อมูลต่อไปนี้ (อ้างอิงจาก ข้อ 5.10 ของ ISO/IEC17025:1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. มีหัวกระดาษเขียนว่าใบรายงานผลการสอบเทียบ

2. ชื่อ และที่ตั้งห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐาน

3. การชี้บ่งใบรายงาน แต่ละแผ่นแสดงให้เห็นว่าเป็นชุดเดียวกัน และต้องแสดงให้เห็นส่วนที่เป็นใบรายงานแผ่นสุดท้ายด้วย (อาจแสดงหมายเลขใบรายงานผล และหมายเลขหน้า)

4. ชื่อที่อยู่ของลูกค้า

5. ระบุการสอบเทียบที่ใช้ในการสอบเทียบ

6. คำบรรยายคุณลักษณะตัวอย่างที่นำมาสอบเทียบที่ชัดเจน

7. วันที่รับตัวอย่างมาสอบเทียบ ในกรณีที่วันดังกล่าวมีผลสำคัญต่อการยอมรับได้ของผลการสอบเทียบ

8. อ้างถึงแผนการสุ่มตัวอย่างหรือกรรมวิธีตัวอย่าง ซึ่งอาจเกี่ยวพันกับการยอมรับ หรือการใช้ผลการสอบเทียบ

9. ผลการสอบเทียบมาตรฐาน ที่ประกอบด้วยหน่วยการวัด

10. ชื่อ ตำแหน่งของผู้มีอำนาจในการรายงานผลการสอบเทียบมาตรฐาน

11. ข้อความที่ระบุการรายงานนี้ มีเฉพาะตัวอย่างที่นำมาสอบเทียบเท่านั้นเมื่อเกี่ยวข้อง

12. สภาวะที่ ที่ทำการสอบเทียบมาตรฐาน เช่นอุณหภูมิที่ส่งผลต่อคุณภาพการสอบเทียบ

13. ความไม่แน่นอนในการสอบเทียบมาตรฐาน และหรือข้อความระบุความเป็นไปตามข้อคุณลักษณะของเครื่องมือวัด

14. หลักฐานแสดงความสามารถสอบกลับได้ของการวัด

ในกรณีที่เครื่องมือวัดที่นำมาสอบเทียบมาตรฐานมีการปรับแต่ง การรายงานผลการสอบเทียบมาตรฐานต้องระบุค่าทั้งก่อนปรับแต่งและหลังการปรับแต่ง ใบรายงานผลการสอบเทียบต้องไม่ระบุวันครบกำหนดสอบเทียบครั้งต่อไปลงในใบรายงาน ยกเว้นได้มีการตกลงกับลูกค้าเรียบร้อย การรายงานผลการสอบเทียบควรมีรูปแบบในการรายงานที่เป็นมาตรฐานเท่าที่เป็นไปได้และง่ายในการประยุกต์ใช้ ในกรณีที่พบว่าใบรายงานผลความผิดพลาด ห้องปฏิบัติการต้องออกใบรายงานผลการสอบเทียบอีกชุดเพื่อที่มีประโยคที่ว่า “Supplement to calibration report number…….” หมายเลขใบรายงานจะต้องไม่ซ้ำซ้อนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด และหลักการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์

3.1 กล่าวนำ

กระบวนการสอบเทียบมาตรฐาน คือ กระบวนการในการวัดเพื่อเปรียบเทียบระหว่างทำงานของเครื่องมือที่นำมาสอบเทียบ (Unit Under Calibration) หรือ UUC และเครื่องมือมาตรฐาน (Measurement Standard) หลักการสำคัญอยู่ที่เครื่องมือมาตรฐานในการสอบเทียบต้องสามารถสอบกลับได้ถึงมาตรฐานของหน่วยสากล (SI Unit) การวัดเพื่อการสอบเทียบโดยทั่วไปมีอยู่ 3 ชนิด ดังนี้

1. การวัดเพื่อทำให้เห็นว่าเครื่องมือทำงานได้ตามข้อกำหนดเฉพาะ
2. การวัดเพื่อปรับแต่งผลตอบสนองต่อค่าที่วัดของเครื่องมือวัด
3. การวัดเพื่อให้ได้ค่าแก้ (Correction Factor)

เพื่อให้ผลการสอบเทียบเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กล่าวมา ผู้ทำการสอบเทียบมาตรฐานต้องควบคุมองค์ประกอบในการสอบเทียบให้มีความเหมาะสมต่อการสอบเทียบชนิดต่าง ๆ ดังที่จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

3.2 องค์ประกอบของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด

การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดจะต้องประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

1. บุคลากรผู้ทำการสอบเทียบ
2. อุปกรณ์มาตรฐานการวัด (Measurement Standard)
3. สภาพแวดล้อมในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด
4. เอกสารขั้นตอนการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด
5. ระบบคุณภาพในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด

สำหรับสี่องค์ประกอบแรก เมื่อมีครบก็สามารถทำให้เกิดการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดได้ ส่วนองค์ประกอบข้อสุดท้ายคือระบบที่จัดขึ้นเพื่อให้การสอบเทียบมาตรฐานดำเนินไปอย่างมีคุณภาพ คงเส้นคงวา และเป็นที่ยอมรับในระดับสากล ในการพิจารณาเพื่อพิจารณาหาองค์ประกอบในการสอบเทียบให้ครบมีข้อควรพิจารณาดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 บุคลากรผู้ทำการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดจะต้องมีเจ้าหน้าหรือบุคลากรที่เป็นผู้ทำการสอบเทียบ โดยที่ผู้รับผิดชอบจะต้องจัดเตรียมเจ้าหน้าที่ในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องวัดให้ได้มาตรฐาน ในการคัดเลือกเจ้าหน้าที่ที่จะมาทำการสอบเทียบ ควรพิจารณาจากคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ผ่านการศึกษาที่จำเป็นได้รับการฝึกอบรมมีความรู้ทางเทคนิคและมีประสบการณ์ในงานที่จะต้องรับผิดชอบ
2. มีความสามารถในการแก้ปัญหา กล้าตัดสินใจในทางเทคนิค
3. มีความอดทน ซื่อสัตย์ ซื่อตรง
4. เป็นผู้ที่นิยมชมชอบความสมบูรณ์ ทำอะไรให้เสร็จไม่ดกค้าง
5. เป็นผู้ที่มีใจกว้าง ยอมรับความคิดเห็นผู้อื่น
6. เป็นผู้ที่มีความมั่นใจในตัวเองและสนใจในรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ
7. ยอมรับข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น กล้าสอบถามปัญหาที่ยังเห็นว่ายังไม่เข้าใจ
8. มีความสามารถในการร่วมงานกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี

3.2.2 อุปกรณ์มาตรฐานการวัด

นอกจากต้องมีบุคลากรที่จะมาทำการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดแล้ว อุปกรณ์มาตรฐานการวัดก็เป็นองค์ประกอบอันดับที่สองของการสอบเทียบ การจัดเตรียมหาอุปกรณ์มาตรฐานการวัดนั้นจะต้องจัดเตรียมให้ได้ตามคุณภาพดังต่อไปนี้

1. ต้องมีความถูกต้องมากพอที่จะใช้เป็นอุปกรณ์มาตรฐาน ตัวอย่างเช่นในหน่วยงานของท่านมีเครื่องวัดที่ต้องการสอบเทียบมาตรฐานที่มีค่า Accuracy เท่ากับ +/- 1% of Reading ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องเลือกอุปกรณ์มาตรฐานที่มีค่า Accuracy ไม่มากกว่า +/-0.025% of Reading หรือประมาณ 4 – 10 เท่า ขึ้นไป
2. ต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีเสถียรภาพในการทำงานสูง กล่าวคือค่าความถูกต้องในการทำงานไม่เปลี่ยนไปตามเวลาจนทำให้ความถูกต้องลดลงจนไม่สามารถยอมรับได้
3. ต้องมีพิสัยและรายละเอียดในการวัดที่เพียงพอต่อการใช้งานสอบเทียบ
4. ต้องเป็นเครื่องมือที่สามารถสอบย้อนได้ถึงมาตรฐานแห่งชาติ
5. ถ้าเป็นไปได้ควรเลือกซื้อเครื่องมือมาตรฐานการวัดที่สามารถหาที่สอบเทียบมาตรฐานได้ง่ายภายในประเทศ เพราะการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานการวัดจะต้องกระทำทุกวงรอบเวลาที่กำหนด การหาแหล่งสอบเทียบยากจะทำให้เกิดปัญหาในการสอบเทียบในครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 สภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบนั้นจะต้องมีการควบคุมสภาพแวดล้อมของห้องที่ทำการสอบเทียบให้มีสภาวะตามข้อกำหนดสากลของห้องสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด กล่าวคือ

1. ต้องควบคุมอุณหภูมิในห้องสอบเทียบมาตรฐานให้คงที่ตามมาตรฐาน ตัวอย่างเช่น ห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องวัดทางไฟฟ้า โดยทั่วไปจะควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 23 องศาเซลเซียส +/- 3 องศาเซลเซียส นอกจากจะต้องควบคุมอุณหภูมิให้ได้ในค่าดังกล่าวแล้ว จะต้องควบคุมให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแต่ละชั่วโมงไม่ควรมากกว่า 0.6 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิมีผลกระทบโดยตรงต่อความถูกต้องในการทำงานเครื่องมือวัด การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างมากจะทำให้ผลการสอบเทียบมาตรฐานเกิดความไม่แน่นอนในการวัดอย่างมากด้วยเช่นกัน

2. ต้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ภายในห้องสอบเทียบที่มีค่าอยู่ที่ 45% RH +/- 15% RH สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางไฟฟ้า อนึ่ง ถ้าค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีมากเกินกว่าขีดจำกัดจะทำให้เกิดสนิมกับส่วนที่เป็นโลหะของเครื่องมือวัด ในทางตรงกันข้ามการมีความชื้นในอากาศน้อยกว่าที่กำหนด ก็ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องประจุไฟฟ้าในอากาศซึ่งจะเกิดขึ้นง่าย ซึ่งบางครั้ง จะทำลายชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บางชิ้นได้ การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์จึงมีความจำเป็นดังกล่าว

3. ปริมาณฝุ่น เนื่องจากห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดประกอบด้วยเครื่องมือที่มีความถูกต้องสูงและรายละเอียดในการวัดสูงมาก ปริมาณฝุ่นที่มากเกินไปอาจจะทำให้ผลการวัดผิดพลาดได้ เนื่องจากฝุ่นจะเข้าไปจับบริเวณรอยต่อหรือหัววัดต่าง ๆ สำหรับข้อกำหนดของเรื่องปริมาณฝุ่นไม่ได้มีการกำหนดตายตัวไว้แต่ต้องรักษาความสะอาดภายในห้องสอบเทียบตลอดเวลา

4. ระดับความสว่างบนโต๊ะสอบเทียบมาตรฐาน จะต้องให้มีความสว่างเพียงพอที่จะทำให้เจ้าหน้าที่ผู้ทำการสอบเทียบไม่ต้องใช้สายตามากจนปวดตา ระดับแสงบนโต๊ะสอบเทียบไม่ควรน้อยกว่า 100 ฟุต/แรงเทียน

5. ระดับเสียงในห้องปฏิบัติการ ระดับเสียงในพื้นที่สอบเทียบมาตรฐานเครื่องวัดที่มีความดังมากเกินไปจะทำให้ผลการวัดบางชนิดผิดพลาด และยังส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพโดยตรงของผู้ปฏิบัติงาน ในเรื่องความสามารถในการได้ยินเสียงเรื่องความเครียดในขณะทำงานดังนั้นห้องปฏิบัติการสอบเทียบทั่วไปจึงพยายามรักษาระดับเสียงในห้องปฏิบัติการให้มีค่าต่ำกว่า 45 dB

6. ความกดดันบรรยากาศภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นการป้องกันฝุ่นจากภายนอกไม่ให้เข้าไปในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ และป้องกันไม่ให้อากาศร้อนภายนอกห้องปฏิบัติการรั่วไหลเข้ามาในห้องปฏิบัติการ จึงต้องรักษาความกดดันภายในห้องให้มากกว่าบรรยากาศภายนอกอยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.1 นิ้วน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 เอกสารมาตรฐานแสดงขั้นตอนการสอบเทียบมาตรฐาน

เอกสารมาตรฐานแสดงขั้นตอนการสอบเทียบ เป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด เพราะถ้าปราศจากการสอบเทียบมาตรฐาน การสอบเทียบเครื่องมือวัดที่จัดเตรียมไว้อย่างดี การสอบเทียบที่กระทำแต่ละครั้งก็จะได้ผลที่ไม่ใช่ค่าซ้ำ (Repeatability) ทำให้ผลการสอบเทียบไม่น่าเชื่อถือ เพราะไม่ทราบว่าการสอบเทียบครั้งใดถูกต้อง การให้ได้มาซึ่งผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องวัดอาจจะได้มาจาก

1. เอกสารคู่มือการสอบเทียบจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องวัดนั้น
2. สิ่งพิมพ์ทางวิชาการหรือบทความทางวิชาการที่เป็นที่ยอมรับ
3. การเขียนขึ้นเองโดยผู้ชำนาญการในสาขาต่าง ๆ และได้ผ่านการตรวจสอบโดยผู้มีอำนาจ ให้ใช้ในขั้นตอนนั้นได้

3.2.5 ระบบคุณภาพในการสอบเทียบ

ความสามารถในการจัดหาองค์ประกอบในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดได้ครบตามที่กล่าวมาตั้งแต่ต้นนั้นก็น่าจะเพียงพอต่อการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องวัดได้ แต่แท้จริงแล้วยังมีสิ่งที่ยังไม่มีตัวตนแต่สำคัญมากในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดก็คือ ระบบคุณภาพในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด ระบบคุณภาพ (Quality System) หมายถึง ระบบที่ประกอบด้วยโครงสร้างองค์กร หน้าที่ความรับผิดชอบ วิธีดำเนินการ กระบวนการ และทรัพยากร สำหรับการนำการบริหารงานคุณภาพไปปฏิบัติ ระบบคุณภาพในการสอบเทียบมาตรฐานประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ

1. การควบคุมคุณภาพในการปฏิบัติการสอบเทียบ หมายถึง ระเบียบที่เขียนขึ้นหรือข้อบังคับต่าง ๆ หรือระบบขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานประจำวันที่ทำให้มั่นใจว่าการปฏิบัติมีคุณภาพตลอดเวลา โดยปกติแล้วห้องปฏิบัติการสอบเทียบมักจะกำหนดนโยบายคุณภาพของหน่วยงานไว้เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามนโยบายคุณภาพตลอดเวลา

2. การประกันคุณภาพในการปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐาน หมายถึง การวางแผนการปฏิบัติที่เป็นระบบเพื่อแสดงให้เห็นอย่างเพียงพอว่าระบบหรืออุปกรณ์มาตรฐานมีคุณภาพตามที่ต้องการอย่างแท้จริง ซึ่งการประกันคุณภาพนี้อาจกระทำได้โดยกรรมวิธีดังต่อไปนี้

ก) การใช้วิธีการเก็บข้อมูลโดยหลักสถิติ

การประกันคุณภาพวิธีนี้จัดเป็นการประกันคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการการสอบเทียบซึ่งผู้บริหารห้องปฏิบัติการที่มีความรู้ทางด้านสถิติเบื้องต้นที่สามารถที่จะเข้าใจ และสามารถดำเนินการประกันคุณภาพโดยหลักสถิติได้ ตัวอย่างเช่นการเก็บข้อมูลค่าของอุปกรณ์มาตรฐานเป็นระยะเวลาช่วงหนึ่งและกำหนดแนวโน้มการเลื่อนค่าในอนาคตหรือการใช้ Control Chart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) การขอรับการรองรับความสามารถห้องปฏิบัติการ

การขอรับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ (Laboratory Accreditation) ตามมาตรฐานสากล ISO/IEC – GUIDE 25 หรือ มอก. 1300-2537 นั้นเป็นกรรมวิธีการประกันคุณภาพจากภายนอก กล่าวคือ ห้องปฏิบัติการจะต้องจัดระบบคุณภาพให้เป็นไปตามข้อกำหนด อีกทั้งแสดงให้เห็นจริง ซึ่งความสามารถในการวัดทางวิชาการและได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญทางวิชาการที่เป็นกลาง ห้องปฏิบัติการที่ได้ผ่านการรับรองความสามารถแล้วจะได้รับการยอมรับในผลการวัดจากหน่วยงานและองค์กรต่าง ๆ

ค) การเข้าร่วมโครงการการทดสอบความชำนาญ

การที่ห้องปฏิบัติการเข้าร่วมในโครงการทดสอบความชำนาญ (Proficiency Testing Program) ในการวัดกับองค์กรที่จัดให้มีการทำการทดสอบความชำนาญ ซึ่งการทดสอบความชำนาญในการวัดนั้นผู้เข้าร่วมจะต้องทำการวัด อุปกรณ์ที่รู้ค่าความถูกต้อง และรายงานผลการวัดตามสภาพจริงตามห้องปฏิบัติการวัดได้ โดยผู้จัดโครงการจะเป็นผู้ประเมินว่าห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการมีความสามารถในการวัดตามที่ระบุไว้ได้จริงหรือไม่ การเข้าร่วมการทดสอบความชำนาญนี้ จัดเป็นการประกันคุณภาพจากภายนอกทำให้ได้รับในวงกว้าง แม้หน่วยงานที่มีระบบคุณภาพแต่ไม่ประสงค์จะขอรับการทดสอบความสามารถของห้องปฏิบัติการ ก็สามารถเข้าร่วมโครงการได้หากว่าได้มีการจัดระบบคุณภาพภายในหน่วยงานแล้ว

3.3 ขั้นตอนในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

ขั้นตอนในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้ามีกระบวนการดังต่อไปนี้

1. การรับเครื่องมือวัดเข้ามาสอบเทียบ โดยลูกค้านำมาส่งหรือจะไปรับมาจากลูกค้าก็ตาม ในขั้นตอนนี้จะต้องดำเนินการตรวจสภาพโดยทั่วไปของเครื่องมือวัด เช่น จุดชำรุดเสียหายต่าง ๆ รวมทั้งส่วนประกอบที่จะใช้ในการสอบเทียบ และจุดสอบเทียบที่ลูกค้าต้องการ วิธีการสอบเทียบที่ลูกค้าต้องการ เกณฑ์การยอมรับได้ของผลการสอบเทียบ ในกรณีที่มีปัญหาในการรับเครื่องมือเข้ามาสอบเทียบจะต้องติดต่อลูกค้า เพื่อปรึกษาก่อนที่จะดำเนินการใด ๆ ต่อไป

2. จัดเตรียมเอกสารในการสอบเทียบ ขั้นตอนนี้เจ้าหน้าที่จะต้องลงทะเบียนเครื่องมือวัดเข้าสู่เอกสารการสอบเทียบ ตามระเบียบของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ และจัดเตรียมเอกสารที่จะใช้ประกอบการสอบเทียบมาตรฐานให้เรียบร้อย

3. ทำความสะอาดเครื่องมือวัดก่อนที่จะนำเข้าสู่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐานหากเป็นเครื่องมือวัดที่มีฟองน้ำสำหรับกรองอากาศ ห้องปฏิบัติการควรจะทำความสะอาดส่วนนี้ก่อนจะทำการสอบเทียบมาตรฐาน ผู้รับผิดชอบจะต้องตรวจสอบความสะอาดของเครื่องมือวัดก่อนที่จะนำเข้าสู่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จัดเตรียมการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด ได้แก่ การทำการอุ่นเครื่อง (Warm up) เครื่องมือมาตรฐาน การทำการ Stabilized เครื่องมือที่จะนำมาสอบเทียบ การจัดเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นในการสอบเทียบมาตรฐาน

5. ผู้สอบเทียบมาตรฐานต้องใช้กรรมวิธีการสอบเทียบมาตรฐานที่มีผู้จัดพิมพ์เป็นมาตรฐานในกรณีที่ไม่มีวิธีมาตรฐานที่เหมาะแก่การปฏิบัติงาน สามารถใช้กรรมวิธีการสอบเทียบจากแหล่งอื่น ๆ ด้วย หรือพัฒนาขึ้นเองก็ได้ ผู้ปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องดำเนินกรรมวิธีสอบเทียบมาตรฐานตามขั้นตอนที่กำหนดอย่างสมบูรณ์ ไม่ข้ามขั้นตอน ในการรายงานผลการสอบเทียบจะต้องระบุให้ชัดเจนในใบรายงานผลการสอบเทียบ ว่าใช้ขั้นตอนใดเป็นกรรมวิธีสอบเทียบมาตรฐาน

6. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐานควรจะตกลงกับลูกค้าผู้ขอใช้บริการ ในเรื่องกรรมวิธีการสอบเทียบมาตรฐานที่จะใช้ โดยให้ใช้วิธีสอบเทียบที่ลูกค้าต้องการเป็นหลัก ในกรณีที่ลูกค้าไม่ได้กำหนดกรรมวิธีการสอบเทียบ ห้องปฏิบัติการต้องเลือกขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสมซึ่งได้จัดพิมพ์เป็นมาตรฐานสากล มาตรฐานระดับกลุ่มประเทศ มาตรฐานระดับชาติ หรือเอกสารที่จัดทำโดยองค์กรที่มีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับได้ หรือกรรมวิธีการสอบเทียบที่บริษัทผู้ผลิตเครื่องมือวัดจัดพิมพ์ไว้หรือใช้ขั้นตอนการสอบเทียบมาตรฐานที่ห้องปฏิบัติการพัฒนาขึ้นเอง กรรมวิธีสอบเทียบมาตรฐานนั้นต้องได้รับการยืนยันว่าใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ ในกรณีที่ห้องปฏิบัติการจะใช้ขั้นตอนที่พัฒนาขึ้นเอง ต้องได้รับการยอมรับจากลูกค้าก่อน

7. ผลการสอบเทียบที่ได้จะต้องบันทึกไว้ และเก็บไว้เป็นหลักฐาน การบันทึกต้องบันทึกให้ชัดเจนอ่านได้ง่าย และมีรายละเอียดว่าใครคือผู้บันทึก และเครื่องมือที่ใช้เป็นมาตรฐานการวัดคือเครื่องมือหมายเลขใดทั้งนี้เพื่อความสามารถทวนสอบในครั้งต่อ ๆ ไป

8. เมื่อผลการสอบเทียบพบว่าเครื่องมือวัดทำงานผิดพลาดมากกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ห้องปฏิบัติการควบคุมควรบันทึกผล และสอบเทียบมาตรฐานต่อไปจนครบทุกจุดที่จะสอบเทียบเพื่อดูข้อมูลสอบเทียบขั้นต้น และควรแจ้งลูกค้าทราบเพื่อหาแนวทางปฏิบัติซึ่งมีหลายแนวทาง เช่น

8.1 รายงานผลการสอบเทียบตามที่ตรวจพบโดยไม่ปรับแต่ง ในกรณีนี้ห้องปฏิบัติการจะรายงานผลการสอบเทียบมาตรฐานตามที่ตรวจสอบพบ แม้ว่ามีบางจุดของการสอบเทียบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ กรณีนี้ลูกค้าสามารถนำผลการสอบเทียบที่ได้ไปทำค่าแก้ (Correction Factor)

8.2 ทำการปรับแต่ง และรายงานผล ในกรณีที่ผลการสอบเทียบขั้นต้นพบว่าเครื่องมือวัดของลูกค้าทำงานไม่เป็นไปตามเกณฑ์ และลูกค้าให้ทำการปรับแต่ง หากห้องปฏิบัติการสามารถปรับแต่งได้จะต้องปรับแต่งเครื่องมือวัดนั้น และรายงานผลการสอบเทียบทั้งก่อนและหลังการปรับแต่ง การสอบเทียบประเภทนี้ห้องปฏิบัติการจะต้องทำการสอบเทียบมาตรฐานถึงสองรอบด้วยกันคือก่อนปรับแต่ง และหลังการปรับแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. จัดเตรียมพิมพ์ใบรายงานผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด
10. ตรวจสอบความผิดพลาดของใบรายงานผลการสอบเทียบ
11. ลงนามในใบรายงานผลการสอบเทียบ
12. จัดเก็บเครื่องมือเพื่อรอส่งคืนให้แก่ลูกค้า

3.4 หลักการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์

ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มี 2 ชนิดด้วยกัน คือ ชนิดฝ่ามือและชนิดตั้งโต๊ะ หรือ Portable DMM การสอบเทียบ DMM ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันคือ การใช้ Multi Product Calibrator (FLUKE 5500A) เป็นเครื่องมือมาตรฐานในการสอบเทียบซึ่งมีความสามารถในการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ที่มีการแสดงผลไม่เกิน 5 ½ หลัก สำหรับขั้นตอนของการสอบเทียบ Hand-Held DMM โดยใช้ Multi Product Calibrator (FLUKE 5500A) มีดังนี้

1. ก่อนทำการสอบเทียบจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด ข้อที่ 1-4 เสียก่อน (ในหัวข้อ 3.3)

2. ต่อสายไฟระหว่าง DMM กับ Multi Product Calibrator ให้ถูกต้องตามฟังก์ชันที่ต้องการสอบเทียบ โดยสามารถดูวิธีการต่อสายไฟ สำหรับฟังก์ชันต่าง ๆ ดังภาพที่ 3.1-3.4

3. ปรับ Rotary Switch ของ DMM ไปที่ฟังก์ชันที่ต้องการสอบเทียบ และปรับย่านการวัด (Range) ให้เหมาะสมกับย่านการวัดที่ต้องการสอบเทียบ

4. ป้อนค่า (OPR) Applied Input ให้แก่ DMM โดยขั้นตอนของการป้อนค่านั้นสามารถดูได้จากคู่มือของ Multi Product Calibrator (FLUKE 5500A)

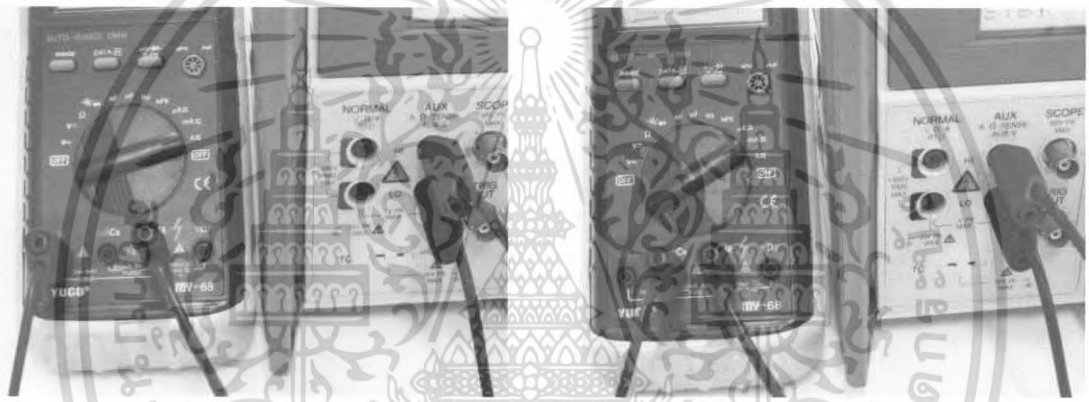
(ก) ฟังก์ชัน DC Voltage (ข) ฟังก์ชัน AC Voltage

ภาพที่ 3.1 การต่อสายระหว่าง Hand-Held DMM กับ Fluke 5500A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ฟังก์ชัน Frequency (ข) ฟังก์ชัน Resistance

ภาพที่ 3.2 การต่อสายระหว่าง Hand-Held DMM กับ Fluke 5500A



(ก) ย่านการวัดในหน่วย A (ข) ย่านการวัดในหน่วย mA และ μA

ภาพที่ 3.3 การต่อสายระหว่าง Hand-Held DMM กับ Fluke 5500A เพื่อสอบเทียบในฟังก์ชัน AC/DC Current

ภาพที่ 3.4 การต่อสายระหว่าง Hand-Held DMM กับ Fluke 5500A ในฟังก์ชัน Capacitance

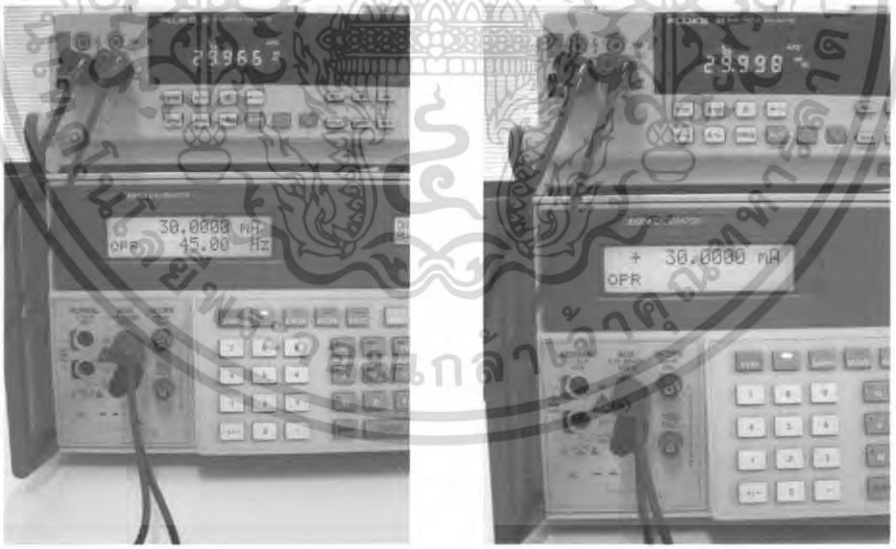
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. บันทึกค่าที่อ่านได้จาก DMM ลงในใบบันทึกผลการสอบเทียบมาตรฐาน จากนั้นหยุดป้อนค่า (STBY) Applied Input ให้แก่ DMM

6. ทำการป้อนค่า (OPR) Applied Input ได้แก่ DMM อีกครั้งเพื่อเป็นการวัดซ้ำที่ค่าเดิม (Repeatability) ประมาณ 4-10 ครั้งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการ บันทึกผลที่ได้ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนต่อไป

7. ทำการสอบเทียบจนครบทุกย่านการวัด และทุกฟังก์ชันที่ต้องการสอบเทียบที่ลูกค้าระบุไว้เมื่อมีการเปลี่ยนฟังก์ชันในการสอบเทียบทุกครั้ง จะต้องมีการตรวจสอบการต่อสายและการปรับ Rotary Switch ของ DMM ไปที่ฟังก์ชันที่ต้องการสอบเทียบ ก่อนที่จะทำการป้อน Applied Input ให้แก่ DMM เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับ DMM และ Multi Product Calibrator (FLUKE 5500A) ได้ นอกจากนี้ควรปรับย่านการวัดให้สอดคล้องกับย่านการวัดที่ต้องการสอบเทียบซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ไม่ควรละเลย

สำหรับการสอบเทียบ DMM ชนิด Bench Top Type DMM หรือ Portable DMM นั้นมีวิธีการสอบเทียบที่ใกล้เคียงกันกับการสอบเทียบ Hand-Held DMM คือ เมื่อมีการเปลี่ยนฟังก์ชันทุกครั้งจะต้องมีการตรวจสอบการต่อสายดังแสดงในภาพที่ 3.5 ถึง 3.7 และการปรับ Soft key ของ DMM ไปที่ฟังก์ชันที่ต้องการสอบเทียบ ก่อนที่จะทำการป้อน Applied Input ให้แก่ DMM เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับ DMM และ Multi Product Calibrator (FLUKE 5500A) ได้



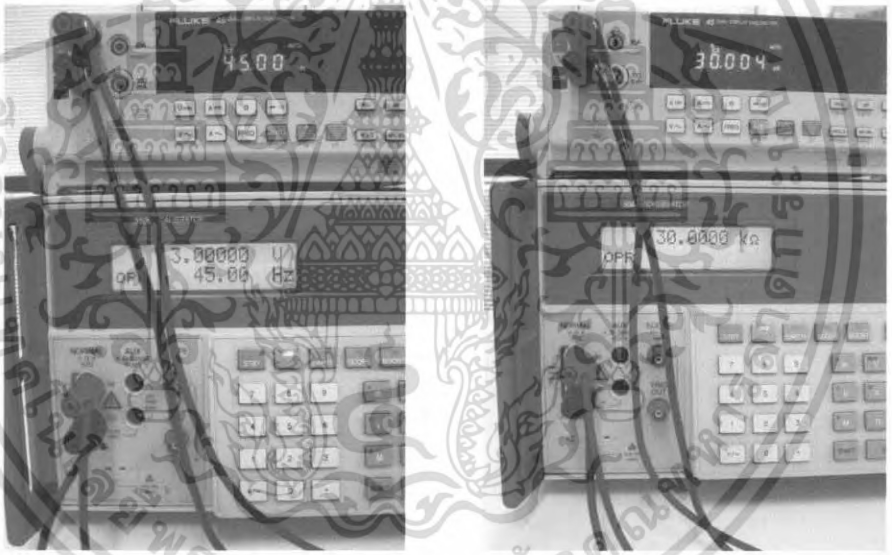
(ก) ฟังก์ชัน AC Current (ข) ฟังก์ชัน DC Current

ภาพที่ 3.5 การต่อสายระหว่าง Bench Top Type DMM กับ Fluke 5500A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ฟังก์ชัน AC Voltage (ข) ฟังก์ชัน DC Voltage

ภาพที่ 3.6 การต่อสายระหว่าง Bench Top Type DMM กับ Fluke 5500A



(ก) ฟังก์ชัน Frequency (ข) ฟังก์ชัน Resistance

ภาพที่ 3.7 การต่อสายระหว่าง Bench Top Type DMM กับ Fluke 5500A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์

4.1 กล่าวนำ

การพัฒนาซอฟต์แวร์การสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ในโครงงานนี้ได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดฝ่ามือ และชนิดตั้งโต๊ะ ที่มีการแสดงผลไม่เกิน 5 หลัก

2. ซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดที่มีการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ด้วยผ่านสาย USB - GPIB

4.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดฝ่ามือ และชนิดตั้งโต๊ะ ที่มีการแสดงผลไม่เกิน 5 หลัก

ในการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดฝ่ามือ และชนิดตั้งโต๊ะ ที่มีการแสดงผลไม่เกิน 5 หลัก จะแบ่งหลักการพัฒนาโดยการนำเสนอผ่านแผนภูมิลำดับงานออกเป็น 8 ส่วนดังนี้

1. แผนภูมิแสดงการทำงานของ Login Window โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยคือ Login ในส่วนของ Calibrator และ Login ในส่วนของ Administration ซึ่งทั้งสองส่วนจะต้องป้อน Username และ Password เพื่อ Login เข้าสู่ Window menu ของแต่ละส่วน ดังแสดงในภาพที่ 4.1

2. แผนภูมิแสดงการทำงานของ DATA OF CALIBRATOR Window เป็นส่วนที่ใช้ในการป้อนข้อมูล หรือแก้ไขข้อมูลที่ใช้ในการ Login เข้าใช้งานซอฟต์แวร์ของผู้สอบเทียบ โดยแสดงการทำงานดังในภาพที่ 4.2

3. แผนภูมิแสดงการทำงานของ DATA OF STD Window เป็นส่วนที่ใช้ในการป้อนข้อมูลของอุปกรณ์มาตรฐาน (STD) ที่นำมาใช้ในการสอบเทียบ ซึ่งสามารถที่จะ ปรับปรุงแก้ไขข้อมูลของ STD ตัวเดิมที่มีอยู่ในฐานข้อมูล หรือเพิ่มข้อมูลของ STD ตัวใหม่เข้าไปไว้ในฐานข้อมูลก็ได้ ซึ่งแสดงการทำงานดังในภาพที่ 4.3

4. แผนภูมิแสดงการทำงานของ DATA OF DMM Window เป็นส่วนที่ใช้ในการป้อนข้อมูลของ Digital Multimeter (DMM) เข้าไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการสอบเทียบมาตรฐาน สามารถที่จะเรียกข้อมูลของ DMM ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลอยู่แล้วมาดูได้ หรือป้อนข้อมูลของ DMM ตัวใหม่ที่ไม่เคยนำมาสอบเทียบมาตรฐานเข้าไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลได้เช่นกัน ซึ่งแสดงการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังแสดงในภาพที่ 4.4

5. แผนภูมิแสดงการทำงานของ MENU OF CALIBRATOR Window แสดงในภาพที่ 4.5 จะมีด้วยกัน 3 ส่วนคือ

CALIBRATION เป็นส่วนที่ใช้สำหรับการสอบเทียบ DMM

DATABASE เป็นส่วนที่ใช้ในการดูข้อมูลของการสอบเทียบที่ผ่านมา

Exit Click เมื่อต้องการออกไปยัง Window Login

6. แผนภูมิแสดงการทำงานของ INPUT DATA OF UUC Window เป็นส่วนที่ใช้ป้อนข้อมูลของลูกค้าและอุปกรณ์ที่นำมาสอบเทียบซึ่งจะนำไปใช้ในการออกรายงานผลการสอบเทียบต่อไป โดยแสดงการทำงานในภาพที่ 4.6

7. แผนภูมิแสดงการทำงานของ DATABSE Window ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้สำหรับตรวจสอบข้อมูลเดิมของอุปกรณ์ที่เคยนำมาสอบเทียบ โดยการตรวจสอบโดยใช้ LABNUMBER เป็นตัวตรวจสอบ ดังแสดงในภาพที่ 4.7

8. แผนภูมิแสดงการทำงานของ SELECT POINT OF CALIBRATION Window เป็นส่วนที่ใช้ในการเลือกจุดสอบเทียบตาม Function และ Range ที่จะใช้ในการสอบเทียบมาตรฐาน DMM แสดงการทำงานดังในภาพที่ 4.8

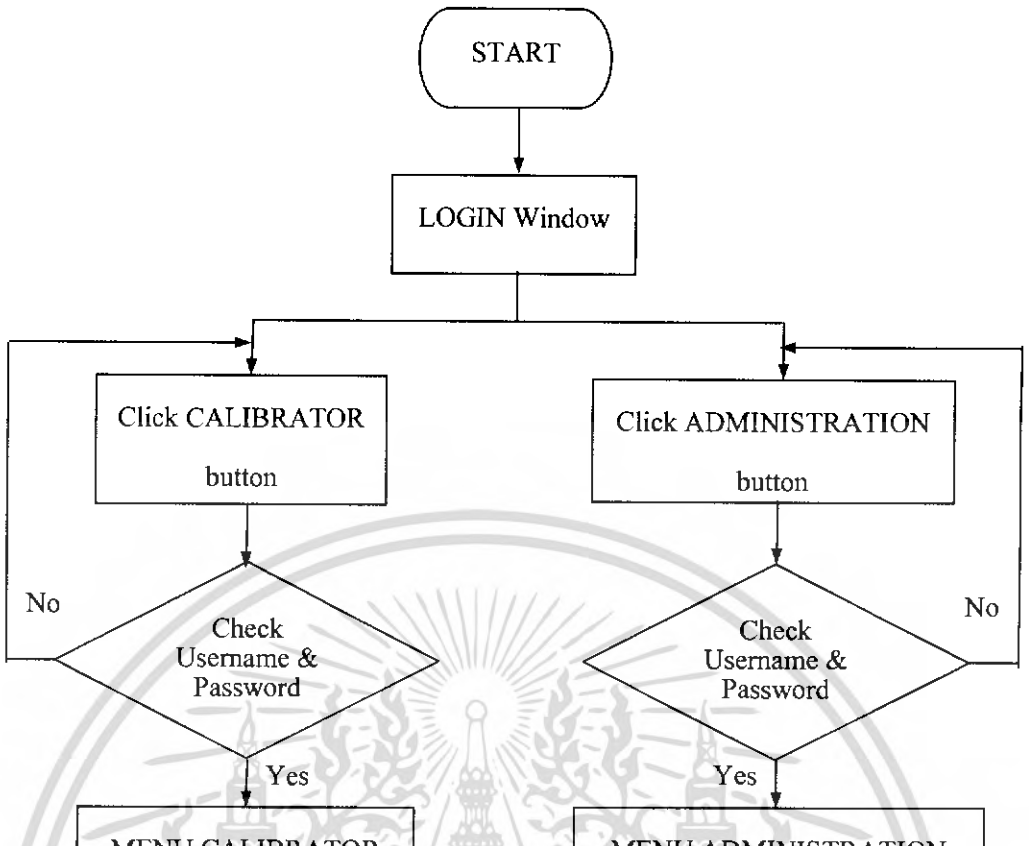
9. แผนภูมิแสดงการทำงานของ CALIBRATION Window เป็นส่วนที่ใช้ในการสอบเทียบมาตรฐาน DMM ซึ่งในการสอบเทียบก็จะสอบเทียบตาม Function, Unit และ Range ที่ได้เลือกไว้ข้างต้น แสดงการทำงานดังภาพที่ 4.9

10. แผนภูมิแสดงการทำงานของ RESULT Window เป็นส่วนที่ใช้ดูใบรายงานการสอบเทียบ (Certificate) และพิมพ์ใบรายงานการสอบเทียบ แสดงการทำงานดังภาพที่ 4.10

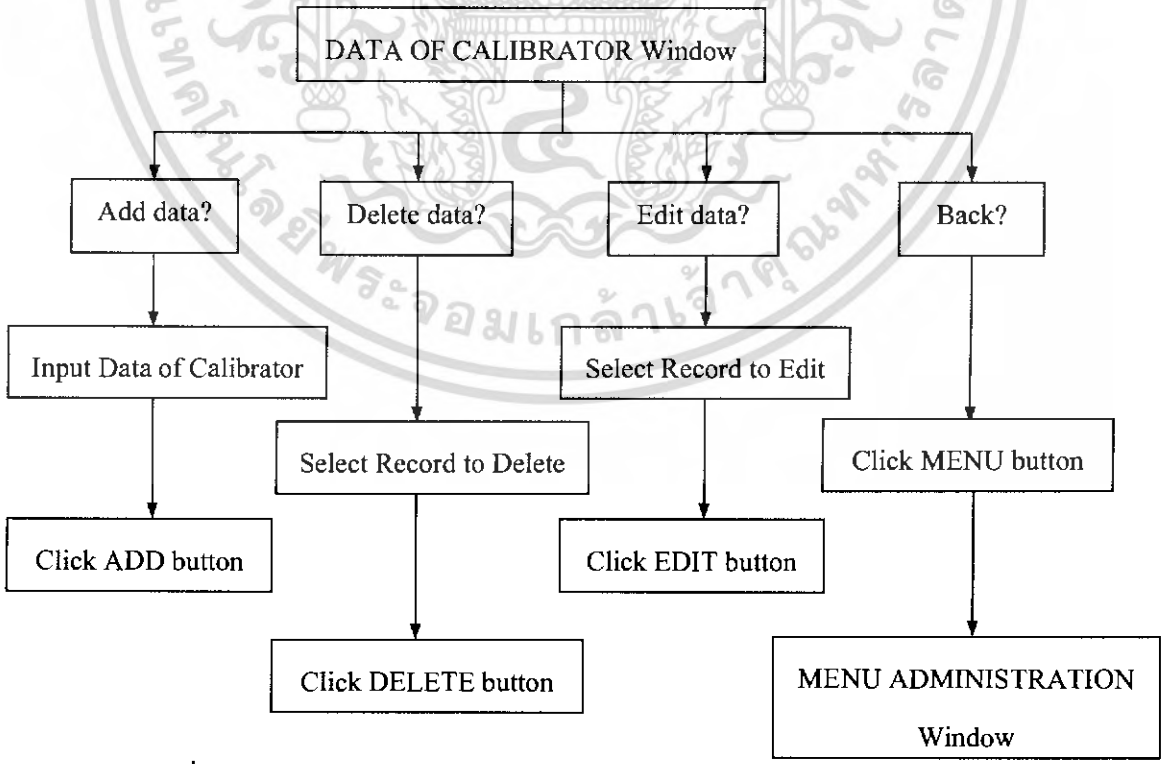
4.3 การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดที่มีการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย USB - GPIB

สำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดที่มีการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย USB - GPIB มีความแตกต่างจากซอฟต์แวร์แบบแรกเล็กน้อยคือ ไม่มีในส่วนของการป้อน DATA OF DMM และขั้นตอนในหน้าของ CALIBRATION Window โดยการทำงานของ CALIBRATION Window นั้นมีขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 4.11 – 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

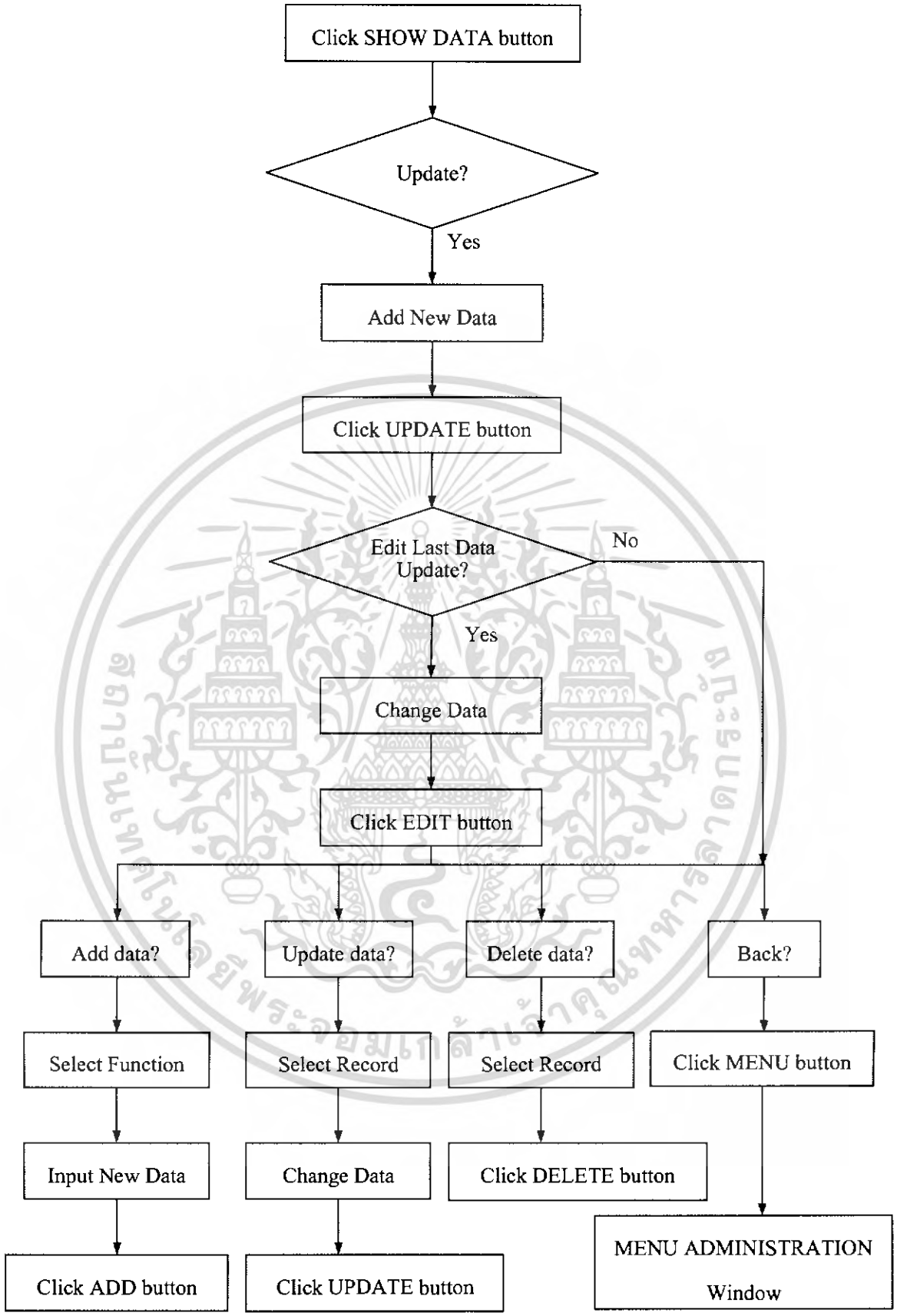


ภาพที่ 4.1 แผนภูมิแสดงการทำงานของ LOGIN Window



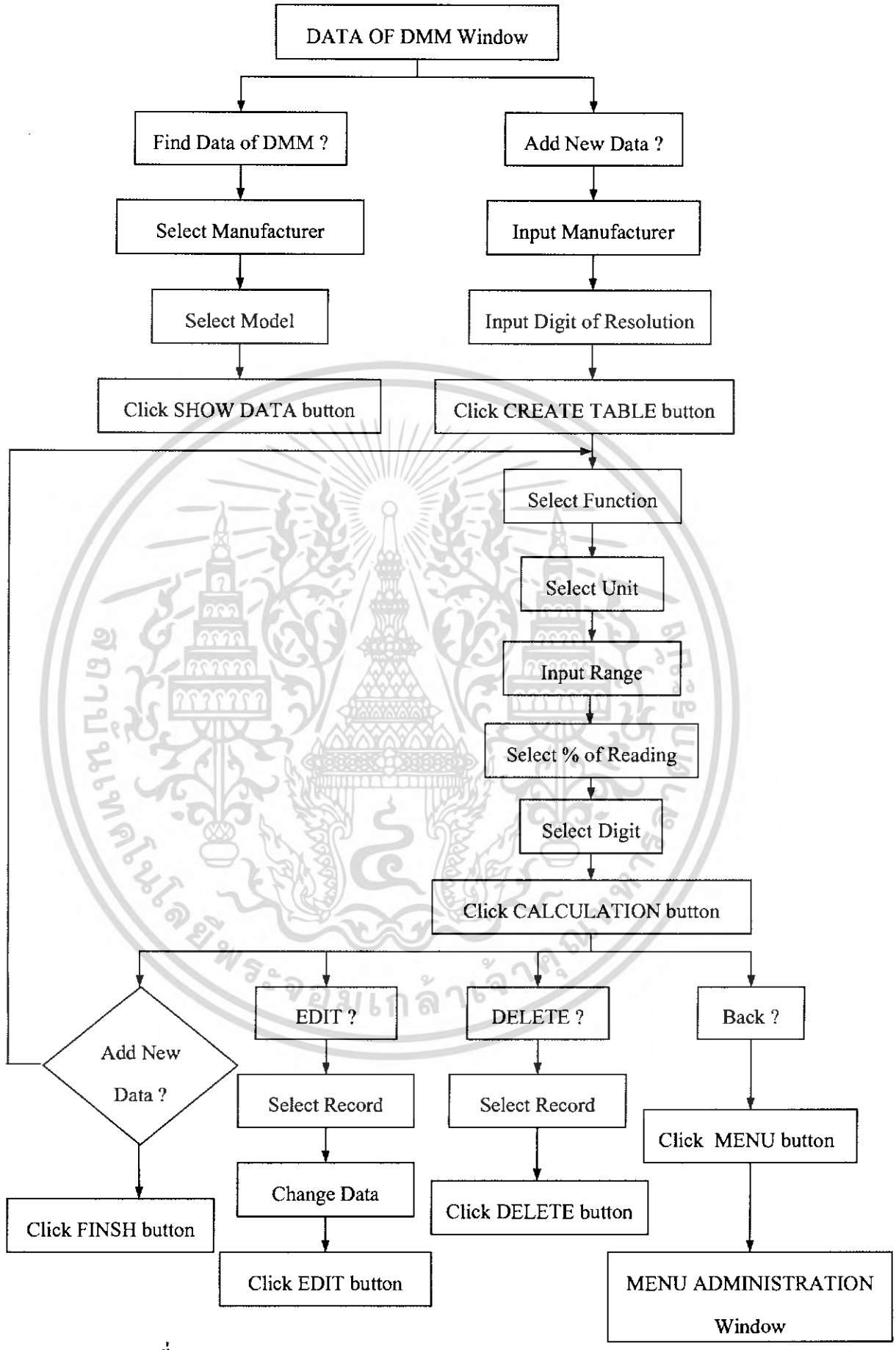
ภาพที่ 4.2 แผนภูมิแสดงการทำงานของ DATA OF CALIBRATOR Window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



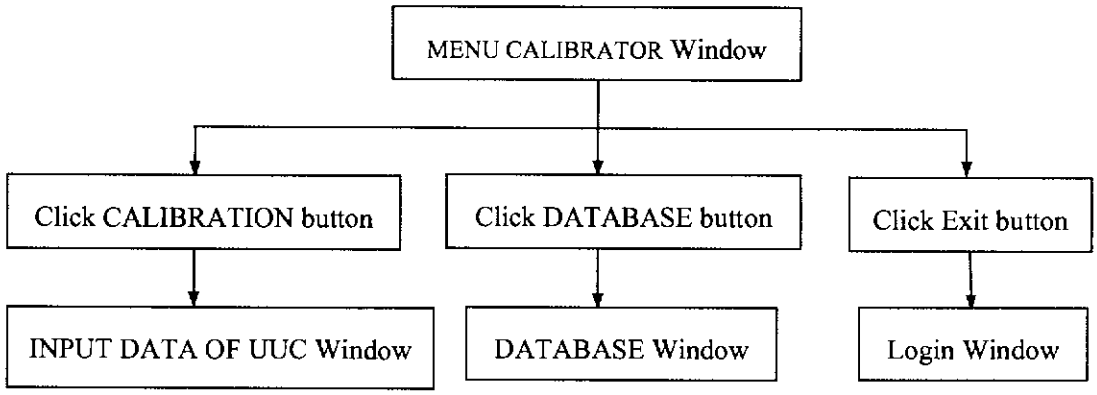
ภาพที่ 4.3 แผนภูมิแสดงการทำงานของ DATA OF STD Window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

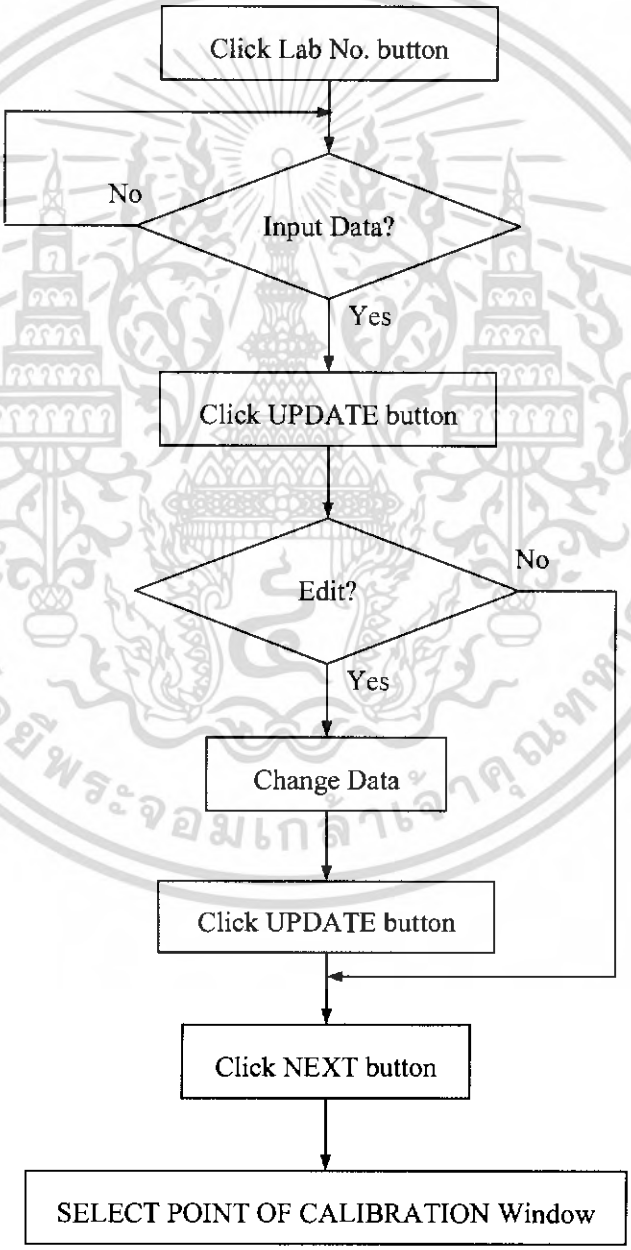


ภาพที่ 4.4 แผนภูมิแสดงการทำงานของ DATA OF DMM Window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

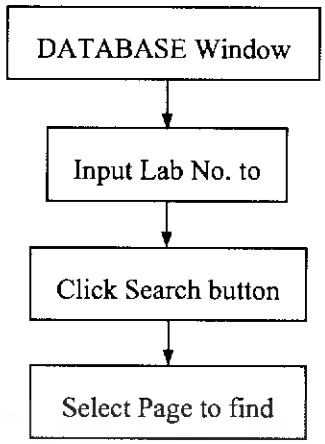


ภาพที่ 4.5 แผนภูมิแสดงการทำงานของ MENU OF CALIBRATOR Window

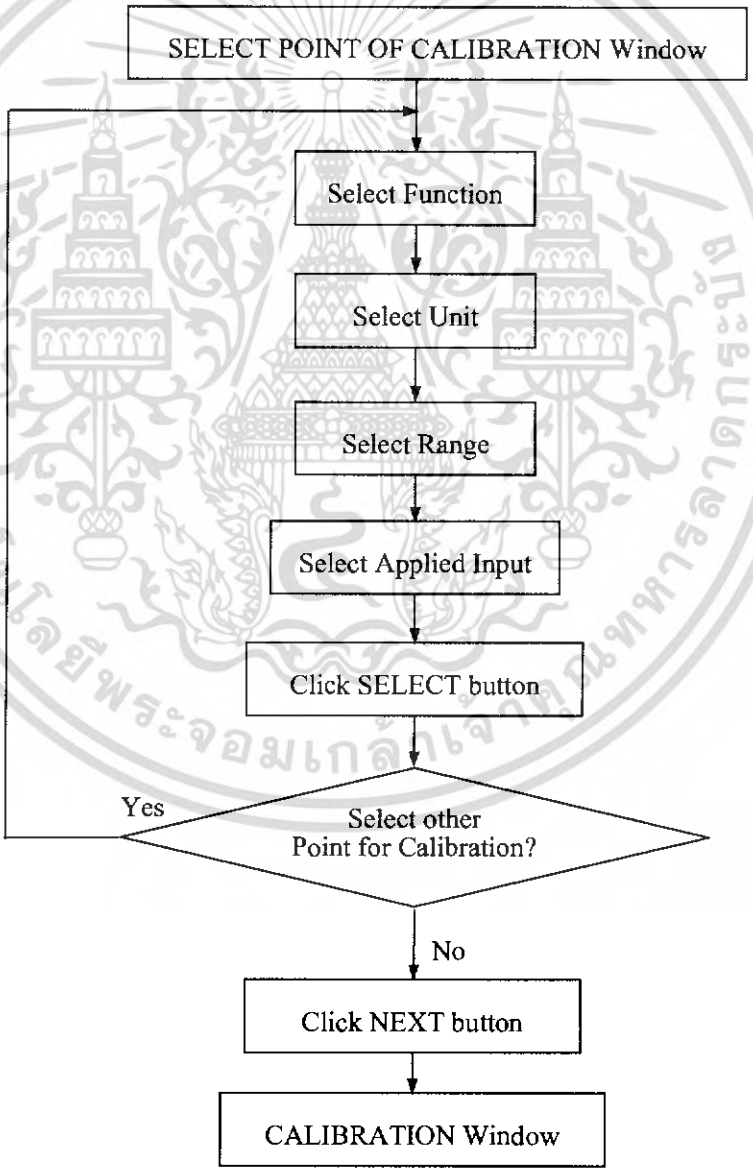


ภาพที่ 4.6 แผนภูมิแสดงการทำงานของ INPUT DATA OF UUC Window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

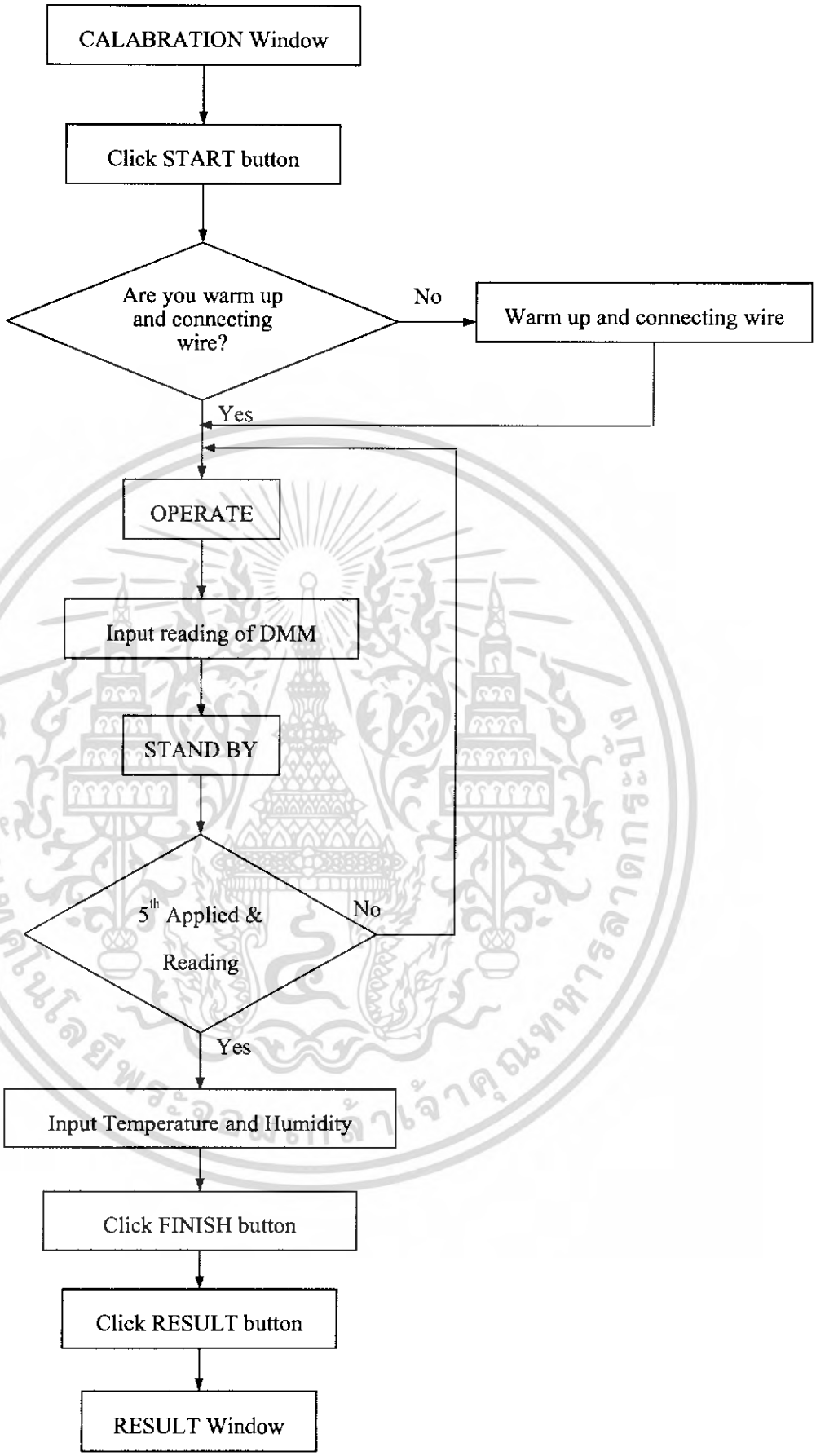


ภาพที่ 4.7 แผนภูมิแสดงการทำงานของ DATABASE Window



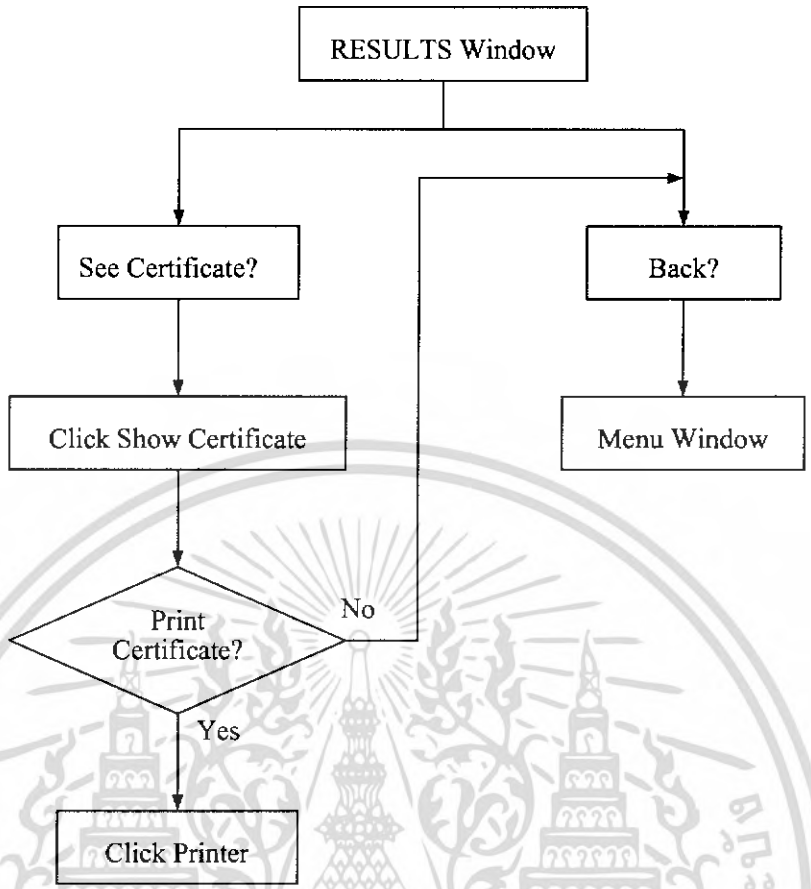
ภาพที่ 4.8 แผนภูมิแสดงการทำงานของ SELECT POINT OF CALIBRATION Window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



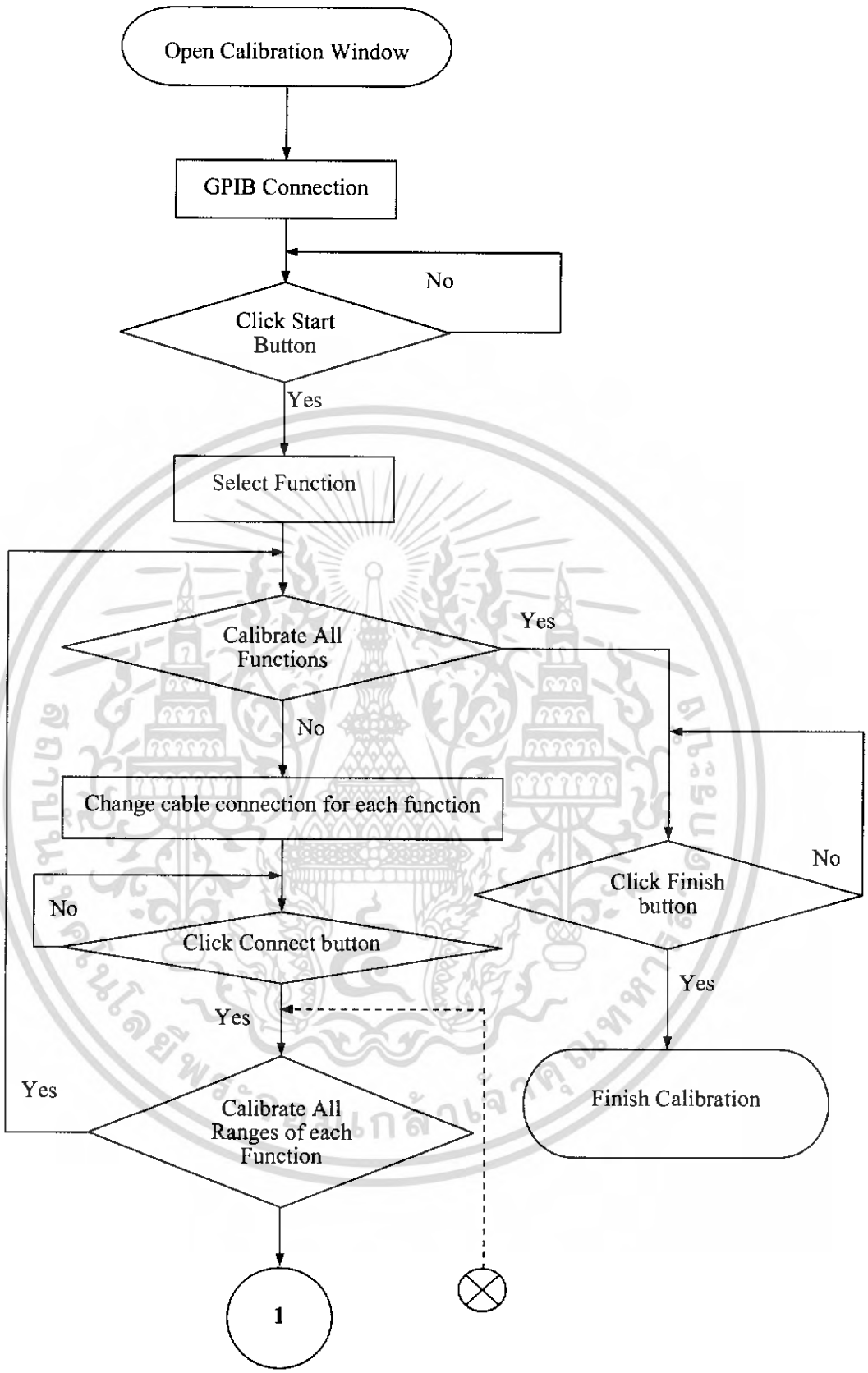
ภาพที่ 4.9 แผนภูมิแสดงการทำงานของ CALIBRATION Window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



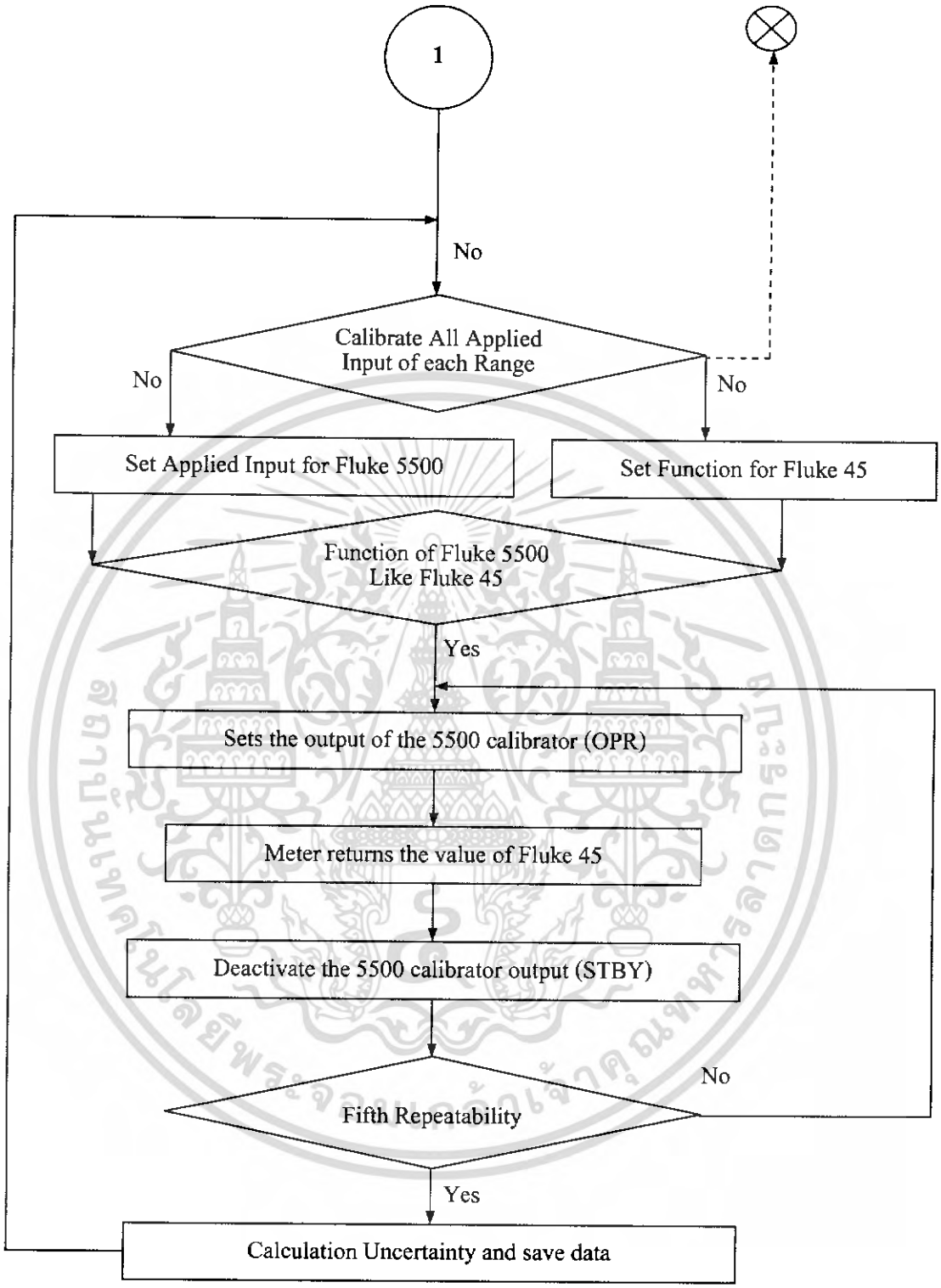
ภาพที่ 4.10 แผนภูมิแสดงการทำงานของ RESULTS Window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 แผนภูมิแสดงการทำงาน ของ CALIBRATION Window สำหรับการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย USB – GPIB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

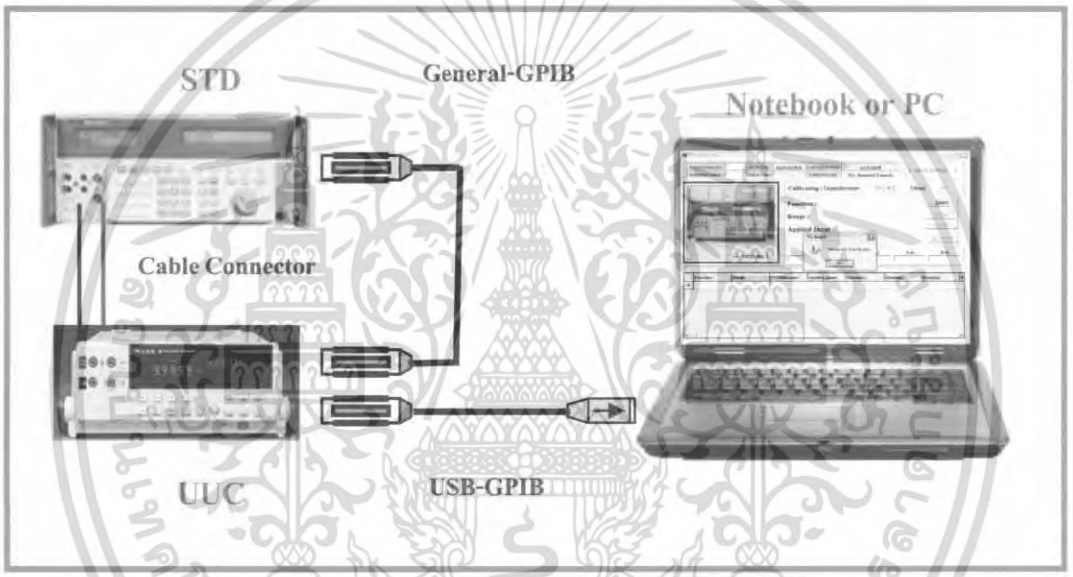


ภาพที่ 4.12 แผนภูมิแสดงการทำงาน ของ CALIBRATION Window สำหรับการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย USB – GPIB (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ขั้นตอนการเชื่อมต่อผ่านการ์ดมาตรฐาน IEEE 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย USB - GPIB

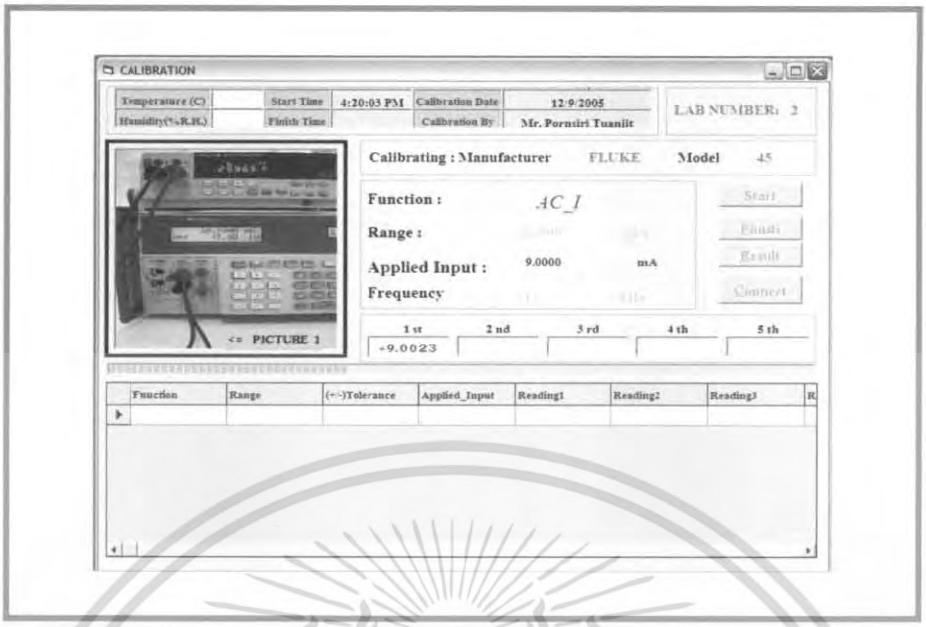
เมื่อเข้าสู่ CALIBRATION Window ซอฟต์แวร์จะทำการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์, STD และ UUC ซึ่งสังเกตได้จากที่เครื่องมือวัด จะเข้าสู่ Remote Operation เริ่มต้นการใช้งานโดย Click ปุ่ม Start จะมีข้อความขึ้นมาเตือนให้ อุ่นเครื่องเครื่องมือวัดเสียก่อน จากนั้นเริ่มกระบวนการสอบเทียบ โดยที่จะมีข้อความขึ้นมาบอกว่าในขณะนี้กำลังสอบเทียบที่ฟังก์ชันใดอยู่และให้ทำการให้ต่อสายระหว่าง STD และ UUC ตามภาพด้านข้างให้ถูกต้อง



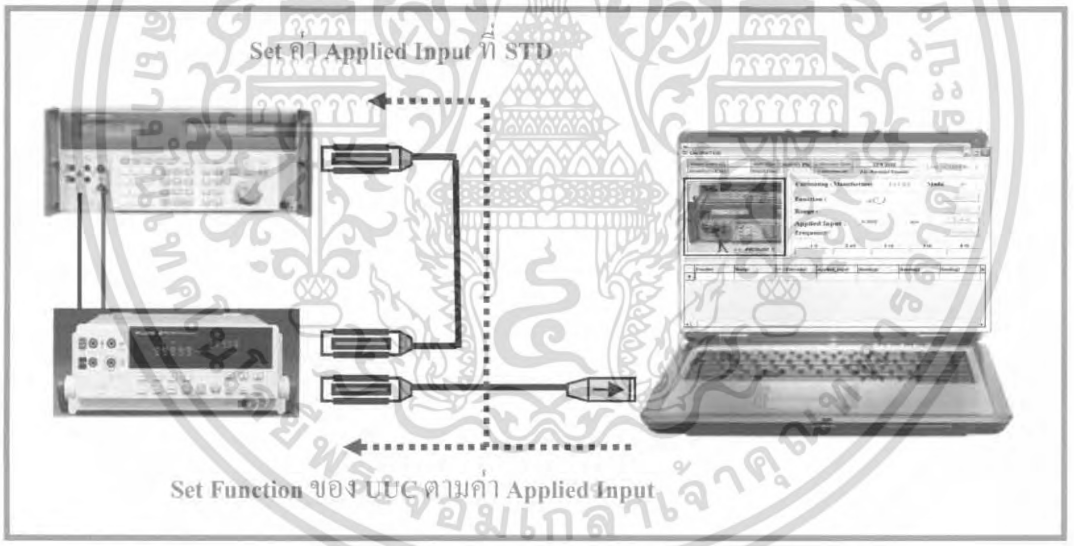
ภาพที่ 4.13 การเชื่อมระหว่างคอมพิวเตอร์ , STD และ UUC โดยผ่านสาย USB – GPIB และสายมาตรฐาน IEEE – 488 (GPIB)

เมื่อต่อสายเรียบร้อยแล้วให้ Click ปุ่ม Connect ซอฟต์แวร์จะทำการส่งคำสั่งไป Control ตัว STD และ UUC โดยใช้ GPIB Software function คือคำสั่ง ilwrt (write data to a device) และคำสั่ง ilrd (read data from a device) โดยเริ่มต้นจะทำการ Standby ค่า Applied Input ให้แก่ STD โดยจะใช้ Remote Commands ของ Fluke 5500A คือคำสั่ง OUT เช่น OUT 1 KOHM จะเป็นคำสั่ง Set output ของ STD เป็น Resistance 1 kilo ohm จากนั้นจะทำการส่งคำสั่งไปทำการ Set Function ของ UUC ตามค่า Applied Input โดยใช้ Function Commands ของ Fluke 45 เช่น OHMS2 จะเป็นคำสั่ง Set Function ของ UUC เป็น Function Resistance จากนั้นจะทำการตรวจสอบฟังก์ชันระหว่าง STD และ UUC ว่าตรงกันหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



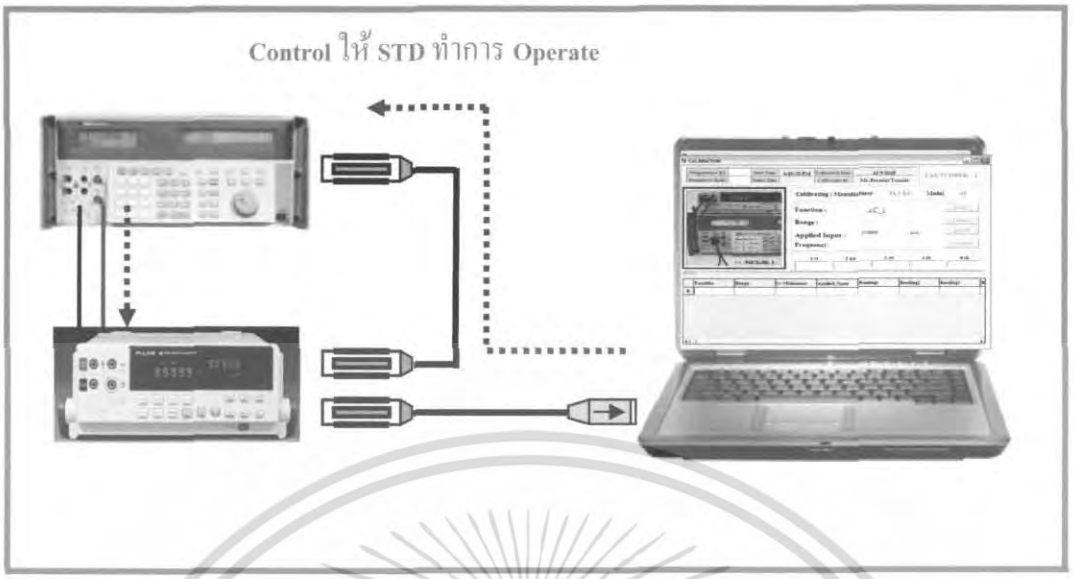
ภาพที่ 4.14 CALIBRATION Window สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์



ภาพที่ 4.15 การ Set Function ของ STD และ UUC ให้ตรงกัน

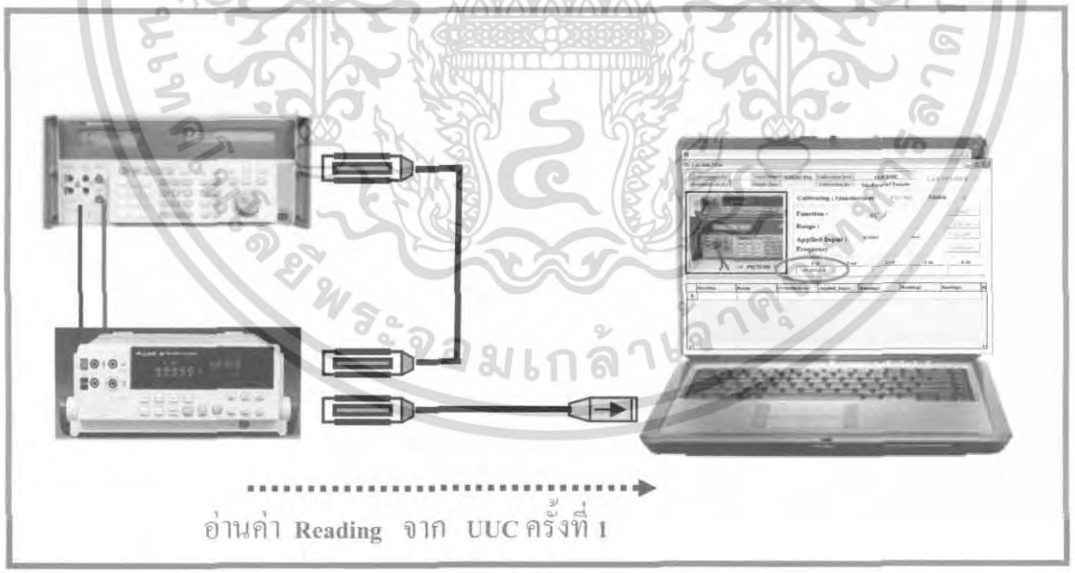
ถ้าฟังก์ชันระหว่าง STD และ UUC ว่าตรงกันแล้ว เครื่องคอมพิวเตอร์จะสั่งให้ STD ทำการ Operate ค่า Applied Input ให้แก่ UUC โดยอัตโนมัติ โดยใช้คำสั่ง OPR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.16 การ Control ให้ STD ทำการ Operate

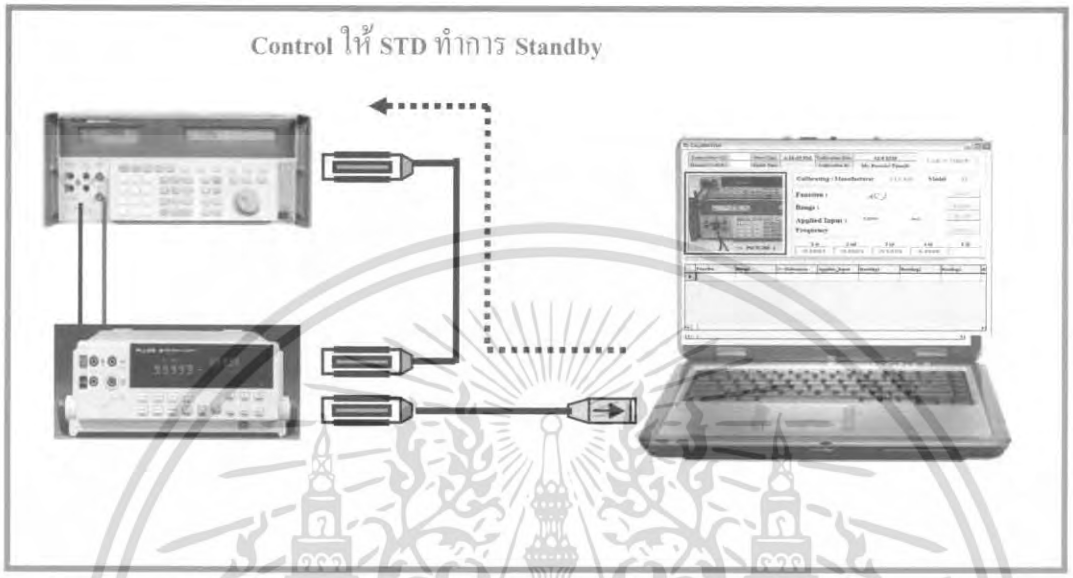
จากนั้นซอฟต์แวร์จะส่งคำสั่ง VAL2? ไปที่ UUC เพื่อดึงค่าที่แสดงบน Display กลับมาแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ซึ่งจะเป็นการอ่านค่า Reading จาก UUC ครั้งที่ 1



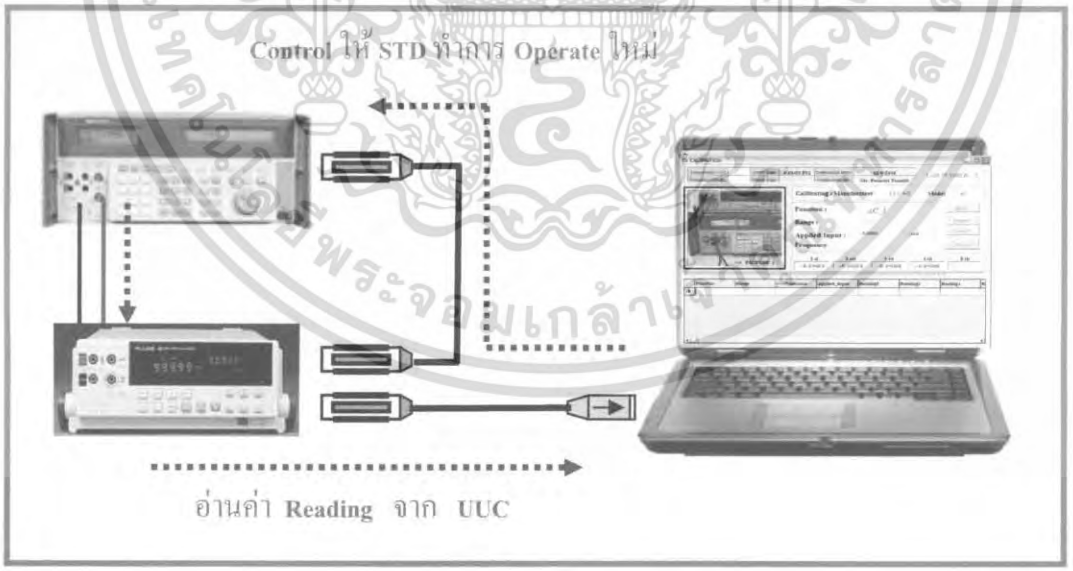
ภาพที่ 4.17 การอ่านค่า Reading จาก UUC ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นซอฟต์แวร์จะทำ Repeatability คือ การ Standby โดยเครื่องคอมพิวเตอร์จะสั่งให้ STD ทำการ Standby ค่า Applied Input ใหม่ โดยใช้คำสั่ง STBY (Puts the 5500A in standby) และ Operate สลับกันแล้วบันทึกค่าลงในช่องบันทึกค่าจนครบ 5 ครั้งให้โดยอัตโนมัติ



ภาพที่ 4.18 การ Control ให้ STD ทำการ Standby



ภาพที่ 4.19 การ Control ให้ STD ทำการ Operate ใหม่ แล้วอ่านค่ากลับมาอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การเชื่อมต่ออุปกรณ์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์

5.1 กล่าวนำ

การเชื่อมต่ออุปกรณ์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ในโครงงานนี้ได้แบ่งการเชื่อมต่อออกเป็น 2 ส่วน คือ การเชื่อมต่ออุปกรณ์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดฝ่ามือ และ ชนิดตั้งโต๊ะ และการเชื่อมต่ออุปกรณ์สำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์ที่มีการ์ดมาตรฐาน IEEE-488 (GPIB) โดยจะควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านสาย USB-GPIB โดยใช้ Multi Product Calibrator (Fluke 5500A) เป็นอุปกรณ์มาตรฐานในการสอบเทียบ

5.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. คอมพิวเตอร์ที่มีพอร์ต USB พร้อมอุปกรณ์ต่อพ่วง Mouse และ Keyboard
2. เครื่องพิมพ์ (Printer) พร้อมอุปกรณ์ต่อพ่วง
3. สายมาตรฐาน IEEE – 488 (GPIB) Type X2 Model 763061 – 02
4. NI GPIB – USB – B Model 778476 – 01 พร้อมซอฟต์แวร์ติดตั้ง
5. อุปกรณ์มาตรฐาน Multi Product Calibrator (Fluke 5500A)
6. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิด Hand-Held (YUGO MY68) ที่มีการแสดงผลไม่เกิน 3 ¾ หลัก
7. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิด Bench Top Type หรือ Portable Type ชนิดที่มีการ์ดมาตรฐาน IEEE – 488 (GPIB) ในการเชื่อมต่อและมีการแสดงผลไม่เกิน 5 ½ หลัก (FLUKE 45)

ภาพที่ 5.1 อุปกรณ์มาตรฐานที่ใช้สำหรับการสอบเทียบ Multi Product Calibrator (Fluke 5500A)

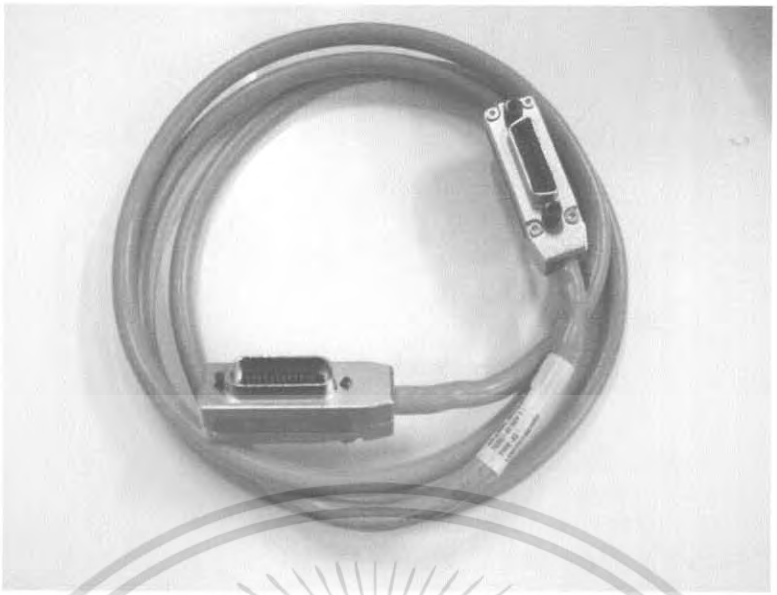
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.2 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดฝ่ามือ (Hand-Held DMM)

ภาพที่ 5.3 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดตั้งโต๊ะ (Bench Top Type)

ภาพที่ 5.4 คอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

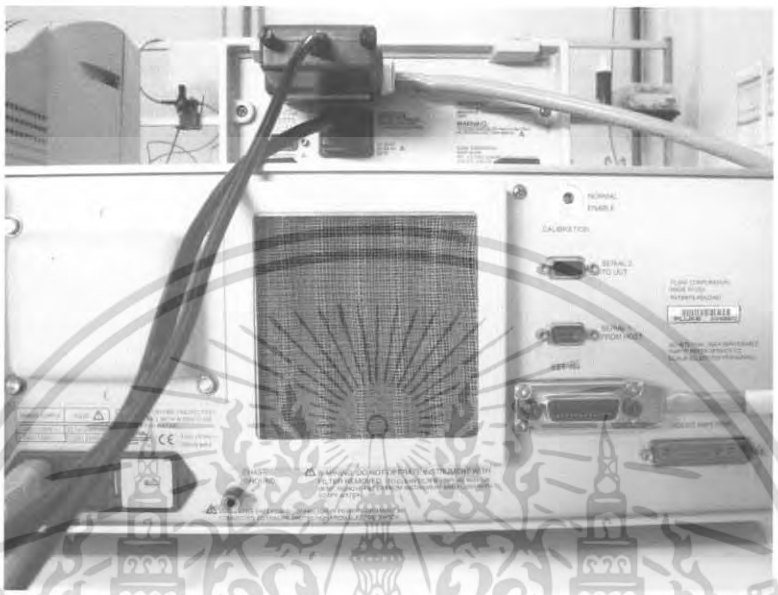


ภาพที่ 5.5 สายมาตรฐาน IEEE – 488 (GPIB) Type X2 Model 763061 – 02

ภาพที่ 5.6 NI GPIB – USB – HB Model 778476 – 01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์สำหรับการสอบเทียบมาตรฐานดิจิตอลมัลติมิเตอร์ชนิดที่มีการ์ดมาตรฐาน IEEE – 488 (GPIB) และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านสาย USB – GPIB เพื่อใช้งานซอฟต์แวร์แบบที่ 2 ที่พัฒนาขึ้น



ภาพที่ 5.7 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์มาตรฐานกับอุปกรณ์ที่นำมาสอบเทียบผ่านสายมาตรฐาน IEEE – 488 (GPIB)

ภาพที่ 5.8 การเชื่อมต่ออุปกรณ์มาตรฐานกับอุปกรณ์ที่นำมาสอบเทียบผ่านสายมาตรฐาน IEEE – 488 (GPIB) และการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย USB – GPIB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.9 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดสำหรับการสอบเทียบดิจิตอลมัลติมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้