รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ
Smart Calibration System

นายหัสพล ธัมมิกรัตน์

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T148572

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ

Smart Calibration System

นายหัสพล ธัมมิกรัตน์

วท.
ห148ร
2559
หมู่.....
เลขทะเบียน 148572
วัน,เดือน,ปี 6 ม.ย. 2560
b0026834
.b.....
.i.....

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา ระบบสอบเทียบอัจฉริยะ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายหัสพล ธัมมิกรัตน์

ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ 1) ผศ.ดร. ทัตยา ปุคคละนันทน์

2) ดร. รัชนี กุลยานนท์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายสถาพร วิสาขศาสตร์

สถานประกอบการ บริษัท เดลต้าอิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน

บทคัดย่อ

โครงงานสหกิจศึกษานี้ได้ทำการศึกษา ออกแบบ ติดตั้ง และอบรม การสอบเทียบอุปกรณ์และเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า โดยเป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์อัจฉริยะให้สามารถดำเนินการสอบเทียบได้ ซึ่งระบบนี้จะถูกนำไปใช้ในศูนย์การสอบเทียบ เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์และเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยจะทำตามดำเนินตามรูปแบบพื้นฐานในองค์กร เพื่อความสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

การศึกษาแนวคิดและขั้นตอนการสอบเทียบ อุปกรณ์และเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด วางแผนการดำเนินงานตามรูปแบบเพื่อให้คนอื่นเข้าใจและติดตามผลการดำเนินงานได้ง่ายการออกแบบระบบการสอบเทียบให้สอดคล้องกับทางทฤษฎีและในทางปฏิบัติเพื่อระบบความมีเสถียรภาพและสมรรถนะภาพ นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาระบบและประยุกต์ใช้ได้ง่ายการติดตั้งเพื่อใช้งานจริงในศูนย์การสอบเทียบนั้นต้องมีความพร้อมทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ระบบจึงจำเป็นต้องเข้าใจง่ายและใช้งานง่ายการอบรมพนักงานที่จะต้องเอาระบบนี้ไปใช้นั้นต้องเข้าใจระบบเพื่อให้สามารถรับมือและแก้ปัญหาต่างๆได้ ข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับระบบต้องสมบูรณ์พนักงานคนอื่นสามารถใช้งานระบบนี้ได้

คำสำคัญ : การสอบเทียบ, อิเล็กทรอนิกส์โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title	Smart Calibration System
Student Intern Name	Mr. Hassapol Thummikarat
Department	Instrumentation and Control Engineering
Faculty	Engineering
Advisor Name	1) Asst.Prof.Dr. Tattaya Pukkalanun,
	2) Dr. Rutchanee Gullayanon
Mentor Name	Mr. Sathaporn Visakhasart
Company	Delta Electronic (Thailand) Public Company Limited

ABSTRACT

The Cooperative Education Project is a system which is about study, design, installation and user training for the device and instrument calibration. The system operates through the software, Smart1. This software is developed in C++ programming in order to generate high speed result. The Smart Calibration System is implemented at the Calibration Centre so as to check and standardize devices and instruments. The project process is managed by the fundamental plan; therefore, other users can easily understand the system.

Study phase consists of calibration principles, hardware – equipment, devices and instruments and software – LabView and Smart1 studies. Design phase is to design the calibration system requiring short operated period. This system is stable, and it reaches the performance. Thus, the system is also flexible, reliable and precise. Installation phase is finished in a very short time since the system is simply designed. Training phase take is to teach users in the Calibration Centre and other departments, so they can work with, adapt and handle with problems in the Smart Calibration System.

Keywords : Calibration, Electronic Load.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากสาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทัตยา ปุคคละนันทน์ และ ดร. รัชนี กุลยานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน สำหรับการโอกาสในการศึกษาโครงงานนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำและความช่วยเหลือ ในด้านต่างๆ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ด้วยความอนุเคราะห์ของ Delta Electronic (Thailand) Public Company Limited และบุคคลากรใน Testing Technology Development Division (TTDD) สำหรับความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและประสบการณ์ ทำให้รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจให้เสมอมา และคอยสนับสนุนในทุกทุกด้านจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นาย หัสพล ธัมมิกรัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทดัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 รายละเอียดของโครงงาน	4
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 หลักการสอบเทียบ (Calibration Principles)	5
2.1.1 ความรู้เกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัด	5
2.1.2 ความหมายของการสอบเทียบ	5
2.1.3 ความสำคัญของการสอบเทียบ	5
2.1.4 เวลาที่ต้องสอบเทียบ	5
2.2 การสอบเทียบเครื่องมือวัดของระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ	6
2.2.1 การสอบเทียบแรงดันไฟฟ้า (Voltage Calibration)	6
2.2.2 การสอบเทียบกระแสไฟฟ้า (Current Calibration)	7
2.3 ภาษา C++	8
2.3.1 ทำความรู้จัก C++	8
2.3.2 ประวัติภาษา	8
2.3.3 รูปแบบของการเขียนโปรแกรม	9
2.3.4 รูปแบบของการออกแบบภาษา C++	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	11
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	11
3.2 การออกแบบและดำเนินการสร้างระบบ	12
3.2.1 เงื่อนไขในการออกแบบและดำเนินการ	12
3.2.2 การออกแบบและดำเนินการ	12
3.2.2.2 การออกแบบ	12
3.2.2.2 การดำเนินการ	12
3.3 การออกแบบและดำเนินการสร้างโปรแกรม	14
3.3.1 Voltage Calibration Program	14
3.3.1.1 การออกแบบ Voltage Calibration Program	14
3.3.1.2 การดำเนินการ Voltage Calibration Program	16
3.3.2 Current Calibration Program	19
3.3.1.1 การออกแบบ Current Calibration Program	19
3.3.1.2 การดำเนินการ Current Calibration Program	21
3.3.3 ความแตกต่างในการสอบเทียบ	24
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	25
4.1 ผลการติดตั้งระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ	25
4.1.1 Hardware Operation Overall	25
4.1.2 Software Operation Overall	26
4.2 ผลการใช้งานระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ	29
4.2.1 ความแม่นยำของระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ	29
4.2.2 ความเที่ยงตรงของระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ	32
4.2.3 ความเร็วของระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ	34
4.2.4 ความสะดวกของระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ	36
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	39
5.1 บทวิจารณ์และสรุปผลการดำเนินงาน	39
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน	40
5.3 แนวทางการแก้ไข	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	41
ภาคผนวก	42
ภาคผนวก ก Hardware Information	43
ภาคผนวก ข Software Information	51
ภาคผนวก ค โปสเตอร์ (Poster)	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Voltage Calibration's Circuit Diagram	5
2.2 Current Calibration's Circuit Diagram	6
3.1 Project Process Flowchart	10
3.2 System Implementation Flowchart	12
3.3 Voltage Calibration Flowchart	14
3.4 Voltage Calibration Program	17
3.5 Voltage Calibration Variables (Parameters)	18
3.6 Current Calibration Flowchart	20
3.7 Current Calibration Program	23
3.8 Current Calibration Variables (Parameters)	23
3.9 Voltage Calibration Graph	24
3.10 Current Calibration Graph	24
4.1 Hardware Preparation	25
4.2 Hardware Installation	26
4.3 Smart1 Software	27
4.4 NI MAX	27
4.5 NI I/O Trace	28
4.6 Software Testing	28
4.7 Voltage Accuracy Comparison	31
4.8 Current Accuracy Comparison	31
4.9 Voltage Precision Comparison	33
4.10 Current Precision Comparison	34
4.11 Average Duration of Calibration Operation	35
4.12 Smart Calibration System for the Laptop	36
4.13 Smart Calibration System for on-site calibration service	37
4.14 Smart Calibration System Testing Report	37
4.15 System Report	38
ก.1 Chroma DC Electronic Load	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.2 Agilent 6½ Digital Multimeter	46
ก.3 GPIB (IEEE 488)	47
ก.4 Chroma Programmable DC Power Supply	50
ข.1 Smart1	51
ข.2 NI MAX	52
ข.3 NI I/O Trace	53
ค.1 โปสเตอร์ (Poster)	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 Accuracy Test for Voltage Setting	30
4.2 Accuracy Test for Current Setting	30
4.3 Precision Test for Voltage Setting	32
4.4 Precision Test for Current Setting	33
4.5 Conventional and Smart Calibration Comparison	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันนี้เป็นยุคสมัยที่ความรู้ความเข้าใจใหม่ๆเกิดขึ้นมากมายทำให้เทคโนโลยีและนวัตกรรมหลายด้านได้ถูกคิดค้นและพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ด้วยความต้องการของตลาด ทรัพยากรที่มีจำกัดจึงเกิดการแข่งขันสูงในอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมจึงจำเป็นต้องปรับตัวให้ทันสมัยเสมอ อุตสาหกรรมนั้นยังเป็นส่วนหนึ่งของแรงขับดันให้การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมให้แก่ความก้าวหน้าของมนุษชาติเสมอมา

การนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมจึงช่วยให้เกิดการใช้ทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด จึงไม่แปลกเลยที่การนำเอาอุปกรณ์,เครื่องมือและเครื่องจักรเข้ามาแทนที่มนุษย์ ทั้งยังช่วยให้ใช้ทรัพยากรที่สำคัญมากในการแข่งขันคือเวลาได้ดีอีกด้วย และยังช่วยให้นิยามของคำว่าอุตสาหกรรมนั้นสมบูรณ์เต็มที่ด้วยมาตรฐาน

ระบบการสอบเทียบเครื่องมือวัดอัจฉริยะ (Smart Calibration System) นี้ได้มาตอบโจทย์ของอุตสาหกรรมด้านระยะเวลาและมาตรฐานได้เป็นอย่างดี ด้วยการใช้ hardware และ software มาสร้างระบบที่บริหารจัดการเวลาได้ดีและมีมาตรฐานชัดเจนสามารถตรวจสอบได้ สำหรับการสอบแทบอุปกรณ์และเครื่องมือวัดทางไฟฟ้านั้นเป็นสิ่งที่ต้องการมาตรฐานสูงและใช้เวลานาน การให้มนุษย์ทำอาจเกิดความผิดพลาดและใช้เวลานานไม่แน่นอน ใน Calibration Centre หรือที่เรียกว่า Calibration Lab นั้นจึงต้องการให้มีการสร้างระบบจากที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมขึ้นมา โดยใช้ DC Electronic Load Calibration เป็น prototype หรือเป็นต้นแบบนั่นเองและใช้ซอฟต์แวร์ Smart1 ในการดำเนินการทั้งหมด ซึ่งเราต้องใช้ Programmable DC Power Supply และ Digital Multimeter ในระบบนี้ด้วย แล้วเชื่อมต่อเข้ากับกับคอมพิวเตอร์ผ่าน GPIB (IEEE-488) หรือสร้างสามรถดึงข้อมูลเข้า Database ก็ได้ ดังนั้นระบบนี้จะทำการดำเนินการสอบเทียบนั้นสามารถเข้าใจและใช้งานง่าย, รวดเร็ว และมีมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์โครงงาน

1. เพื่อสร้างระบบที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเชิงเวลา
2. เพื่อสร้างระบบที่มีมาตรฐาน
3. เพื่อลดภาระงานของบุคลากร
4. เพื่อให้มีระบบที่ข้อมูลสามารถตรวจสอบได้ง่าย
5. เพื่อพัฒนาระบบที่จะเป็นต้นแบบของระบบการสอบเทียบสำหรับอุตสาหกรรมในอนาคต
6. เพื่อศึกษาการทำและใช้ประโยชน์ทั้ง Software และ Hardware
7. เพื่อศึกษา Algorithm ของโปรแกรม
8. เพื่อศึกษาแนวคิดการสอบเทียบ (Calibration Principles)
9. เพื่อศึกษาระบบการทำงานในอุตสาหกรรมในด้านต่างๆ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. วางแผนงาน ออกแบบและสร้างระบบการสอบเทียบอุปกรณ์และเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า โดยใช้ DC Electronic Load เป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าอ้างอิงหลักในศึกษาและการออกแบบระบบ
2. นำหลักการสอบเทียบมาวาแผนใช้กับระบบ สร้างเงินไขการดำเนินการ
3. เขียนโปรแกรมใน Smart1 software โดยเชื่อมต่อเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ใช้ National Instruments software ตรวจสอบการเชื่อมต่อและติดตามสัญญาณการควบคุม เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าด้วยสาย GPIB (IEEE-488)
4. ทดสอบ แก้ไขและเก็บรวบรวมข้อมูลของระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ แล้วจัดทำเอกสารและข้อมูลต่างๆ
5. อบรมพนักงานที่ต้องใช้ระบบนี้และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงงานนี้เพื่อให้ทุกคนที่อาจจะมีความจำเป็นต้องใช้งานระบบนี้และซอฟต์แวร์เหล่านี้ให้เข้าใจและใช้งานได้ด้วยตัวเองเมื่อผู้จัดทำไม่ได้ทำงานอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. เริ่มโครงงานและวางแผนโครงงาน
2. ศึกษาหลักการสอบเทียบ
3. ศึกษา Hardware และ Software คือ Power Supply, Load, Multimeter, GPIB (IEEE 488), National Instruments software และ Delta software
4. ออกแบบเงื่อนไขสำหรับการสร้างระบบ
5. ดำเนินการสร้างโปรแกรมการสอบเทียบ
6. ทดสอบและปรับแก้โปรแกรมสำหรับระบบการสอบเทียบ
7. เก็บข้อมูลและจัดทำเอกสารเกี่ยวกับระบบการสอบเทียบ
8. อบรมผู้ใช้งานระบบการสอบเทียบ
9. สรุปและปิดโครงงาน

1.5 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการสอบเทียบอุปกรณ์และเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
2. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะด้านการใช้งาน แก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้งาน
3. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการดำเนินธุรกิจในอุตสาหกรรม
4. สามารถถ่ายทอดความรู้และความเข้าใจของตนให้คนอื่นได้
5. มีประสบการณ์กับการทำงานโครงงานจริงในภาคอุตสาหกรรมให้ประสบความสำเร็จด้วยตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 รายละเอียดของโครงงาน

เนื้อหาที่จะกล่าวในรายงานฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท กับอีก 3 ภาคผนวก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของโครงงงานนี้ วัตถุประสงค์ ภาพรวมและการดำเนินงาน และลายระเอียดของโครงงานนี้

บทที่ 2 ทฤษฎี หลักการ และความรู้ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานสร้างระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

บทที่ 4 ผลการทดลอง

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป สรุปการดำเนินการ ปัญหา และแนวทางการปรับปรุงโครงงาน

ภาคผนวก ก Hardware Information

ภาคผนวก ข Software Information

ภาคผนวก ค โปสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการสอบเทียบ (Calibration Principles)

2.1.1 ความรู้เกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัด

เนื่องจากเครื่องมือวัดที่ใช้ในการสำรวจส่งผลกระทบต่อความแม่นยำและเชื่อถือได้ของข้อมูลจึงจำเป็นต้องดำเนินการให้แน่ใจว่าเครื่องมือวัดที่ใช้ในการสำรวจสามารถให้ผลการวัดที่แม่นยำตามความต้องการ การสอบเทียบ (Calibration) เป็นกิจกรรมที่จำเป็นสำหรับ การทำให้แน่ใจว่าเครื่องมือวัดที่ใช้งานยังสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำตามที่ต้องการ ซึ่งต่อจากนี้จะกล่าวถึงความหมายของการสอบเทียบ ความสำคัญของการสอบเทียบ แนวทางปฏิบัติของการสอบเทียบเพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้สนใจได้นำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการสอบเทียบเครื่องมือวัดให้เหมาะสมต่อไป

2.1.2 ความหมายของการสอบเทียบ

การสอบเทียบ หมายถึง ชุดของการดำเนินการซึ่งสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการชี้บอกโดยเครื่องมือวัดหรือระบบการวัด หรือค่าที่แสดงโดยเครื่องวัดที่เป็นวัสดุกับค่าสมนัยที่รู้ค่าของปริมาณที่วัดภายใต้ภาวะเฉพาะที่บ่งไว้ จากความหมายดังกล่าวขยายให้เข้าใจง่ายขึ้นก็คือ การสอบเทียบเป็นชุดการดำเนินการภายใต้สภาวะเฉพาะเพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือวัดเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่รู้ของปริมาณที่วัด (ซึ่งต้องเป็นค่าที่สามารถอ้างอิงได้) ผลจากการสอบเทียบจะให้ข้อมูลว่าเครื่องมือวัดที่ใช้ในการสำรวจยังคงมีคุณลักษณะทางด้านมาตรวิทยาที่เหมาะสมในการใช้งานต่อไปหรือไม่

2.1.3 ความสำคัญของการสอบเทียบ

ผลจากการสอบเทียบเมื่อนำมาวิเคราะห์ จะทำให้สามารถกำหนดได้ว่าเครื่องมือวัดควรจะใช้ต่อไปหรือจำเป็นต้องปรับแต่งผลจากการสอบเทียบ ทำให้ มั่นใจได้ว่าเครื่องมือวัดที่ใช้ในการสำรวจยังคงทำงานได้อย่างแม่นยำและเชื่อถือได้ ผลการสอบเทียบหลายๆ ครั้ง ยังแสดงให้เห็นคุณลักษณะทางด้านเสถียรภาพ (Stability) ของเครื่องมือวัด

2.1.4 เวลาที่ต้องสอบเทียบ

ปัญหาหลักที่มักถูกตั้งข้อสงสัยคือ เครื่องมือวัดใดที่ต้องดำเนินการสอบเทียบ และจะสอบเทียบบ่อยเพียงใดพอจะกล่าวโดยรวมได้ว่า การสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องทำเมื่อใดก็ตามที่ผลการวัดของเครื่องมือวัดนั้นกระทบต่อคุณภาพของข้อมูลดังนั้น เครื่องมือวัดใดที่ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของข้อมูลก็ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นต้องสอบเทียบ การกำหนดว่าเครื่องมือวัดใดต้องสอบเทียบบ้างอาจจะใช้ข้อสันนิษฐานดังต่อไปนี้ ให้ตั้งคำถามว่าหากเครื่องมือวัดที่ใช้ในการสำรวจอ่านค่าผิดไปจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จะได้รับผลกระทบที่เสียหายต่อคุณภาพของข้อมูลหรือไม่ หากพบว่าการสำรวจขึ้นอยู่กับค่าการอ่านของเครื่องมือวัดเป็นสำคัญ ก็แสดงว่าเครื่องวัดนั้น ต้องดำเนินการสอบเทียบและอีกกรณีหนึ่งก็คือ เมื่อใดที่เจ้าหน้าที่มีเหตุผลที่จำเป็นต้องมั่นใจในค่าของเครื่องมือวัดก็ต้องสอบเทียบตัวอย่างเช่น เรื่องของความปลอดภัย

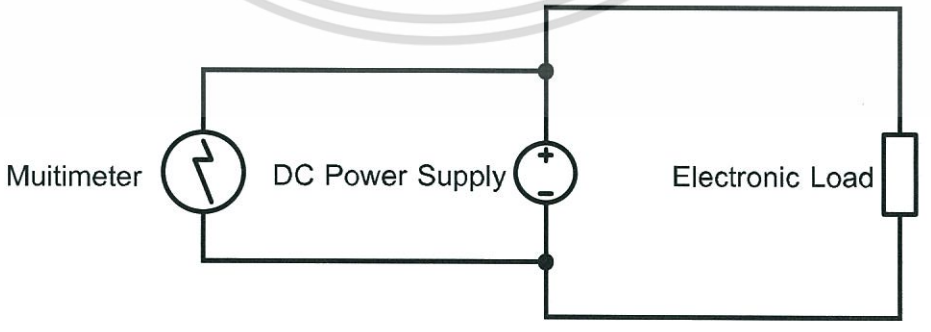
กิจกรรมการสอบเทียบเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ค่าใช้จ่าย แต่การสอบเทียบก็มีความจำเป็นเพราะหากพิจารณาให้ดีจะเห็นว่ามูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นกับข้อมูล เมื่อใช้เครื่องมือวัดที่ไม่เป็นมาตรฐานค่าใช้จ่ายในการสำรวจ ซ้ำ อาจสูงกว่าค่าใช้จ่ายในการสอบเทียบเครื่องมือวัด การสอบเทียบที่ทำมากเกินความจำเป็นก็อาจก่อให้เกิดความสูญเสีย งบประมาณของหน่วยงานเกินความจำเป็นเช่นเดียวกัน

2.2 การสอบเทียบเครื่องมือวัดของระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ใช้ในการทำระบบต้นแบบนั้นประกอบด้วย DC Power Supply, Digital Multimeter, Shunt Resistor และ DC Electronic Load

2.2.1 การสอบเทียบแรงดันไฟฟ้า (Voltage Calibration)

ทำการต่อ DC Power Supply เข้ากับ DC Electronic Load แล้วนำ Digital Multimeter มาต่อขนานกับ Power Source (DC Power Supply) ทำการโหลดแรงดันไฟฟ้าแล้วนำผลของแรงดันไฟฟ้าทั้งจาก Electronic Load และ Multimeter มาเปรียบเทียบกับค่า Tolerance หากอยู่ในช่วงที่ยอมรับจะถือว่า “ผ่าน” หรือ“PASS” ถ้าอยู่นอกช่วงถือว่า “ไม่ผ่าน” หรือ “Fail” โดยทั้งค่าผลลัพธ์จาก Load และ Multimeter ต้องผ่านเงื่อนไขดังกล่าวทั้งคู่จึงจะถือว่าผลการสอบเทียบนี้ผ่าน



รูปที่ 2.1 Voltage Calibration’s Circuit Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การสอบเทียบกระแสไฟฟ้า (Current Calibration)

ทำการต่อ DC Power Supply ฝั่งขั้วบวกกับขั้วบวกเข้ากับ DC Electronic Load ส่วนด้านขั้วลบให้ต่ออนุกรมกับ Shunt Resistor ตามแผนภาพด้านล่าง แล้วนำ Digital Multimeter มาต่อขนานกับ Shunt Resistor ทำการโหลดกระแสไฟฟ้าแล้วนำผลของกระแสไฟฟ้าทั้งจาก Electronic Load และ Multimeter มาเปรียบเทียบกับค่า Tolerance หากอยู่ในช่วงที่ยอมรับจะถือว่า “ผ่าน” หรือ“PASS” ถ้าอยู่นอกช่วงถือว่า “ไม่ผ่าน” หรือ “Fail” โดยทั้งค่าผลลัพธ์จาก Load และ Multimeter ต้องผ่านเงื่อนไขดังกล่าวทั้งคู่จึงจะถือว่าผลการสอบเทียบนี้ผ่าน

ที่ต้องทำการต่อ Shunt Resistor เพราะต้องการให้ Multimeter วัดแรงดันไฟฟ้าแทนการวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ซึ่งจะเป็นอันตรายและอาจสร้างความเสียหายต่อตัว Multimeter เอง ด้วยการวัดจากแรงดันไฟฟ้าแล้วนำมาคำนวนกระแสไฟฟ้าดังสมการ

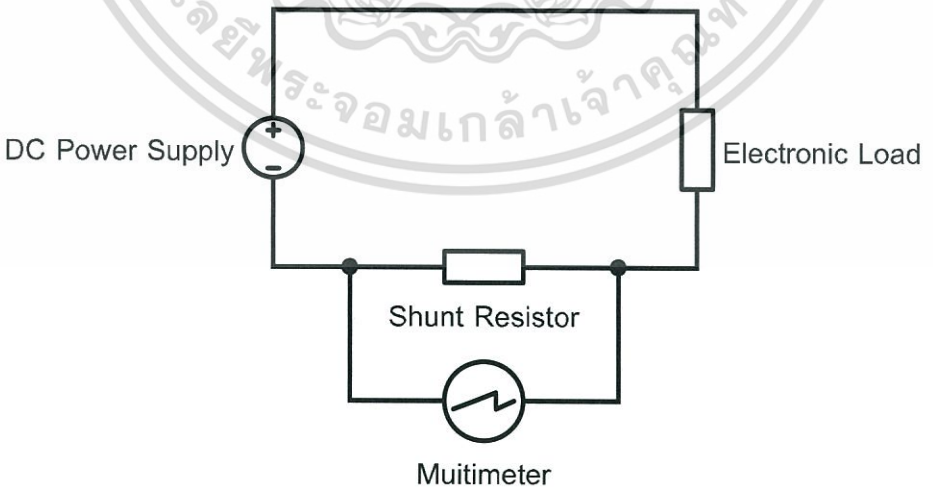
V=IR ; *Current = Voltage / Resistance.*

เมื่อ Current = กระแสที่โหลด

Voltage = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม Shunt Resistor

Resistance = ความต้านทานของ Shunt Resistor

เนื่องจาก Multimeter สามารถรับกระแสไฟฟ้าได้จำกัดและไม่สูงมาก โดยที่ Voltage measurement mode นี้มีความต้านทาน (Resistance) ทางไฟฟ้าสูงมากกระแสไฟฟ้าจึงไม่ไหลมาที่ Multimeter และ Shunt Resistor ก็มีค่าความต้านทานทางไฟฟ้านี้ต่ำมาก



รูปที่ 2.2 Current Calibration’s Circuit Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ภาษา C++

ในระบบนี้เราใช้ภาษา C++ ในการดำเนินการทั้งการโปรแกรมและการทำงานเป็นพื้นฐานหลัก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจใน C++ นี้ด้วย

2.3.1 ทำความรู้จัก C++

ภาษาซี เป็นการเขียนโปรแกรมพื้นฐาน สามารถประยุกต์ใช้กับงานต่างๆได้มากมาย ระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์, ทางคณิตศาสตร์, โปรแกรมทางไฟฟ้า, อิเล็กทรอนิกส์, ไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่นโปรแกรมVisual Express โปรแกรม MATLAB (The MathWorks - MATLAB and Simulink for Technical Computing) และโปรแกรมอื่นๆอีกมากมายซึ่งเวลาใช้สามารถพิมพ์ชุดคำสั่งภาษาซีเพิ่มเข้าไปในโปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์ ประมวลผลทางสัญญาณไฟฟ้า ทางไฟฟ้าสื่อสารก็ได้ ทำให้ประสิทธิภาพของงานที่ทำดียิ่งขึ้นครับ และยังมีโปรแกรมอื่นๆ ที่มีภาษาซีประยุกต์ใช้กันอีกมากมาย ไม่สามารถนำมากล่าวได้หมด ถึงแม้ว่าภาษาซีอาจจะดูเก่าไปสำหรับคนอื่น แต่ผมว่าควรศึกษาภาษาซีที่เป็นรากฐานของภาษาอื่นๆเสียก่อน เพราะภาษา C++, Java ฯลฯ และระบบ UNIX เป็นระบบที่ถูกพัฒนามาจากระบบยูนิกซ์ซึ่งก็เป็นที่รู้กันทั่วไปว่า ภาษาคู่บารมีของระบบปฏิบัติการตระกูลยูนิกซ์มีการพัฒนามาจากภาษาซีเช่นกัน

ภาษาซีเป็นภาษาที่บางคนเรียกว่าภาษาระดับกลาง คือไม่เป็นภาษาระดับต่ำแบบ Assembly หรือเป็นภาษาสูงแบบ Basic, Cobol, Fortran หรือ Pascal เนื่องจากคุณสามารถจะจัดการเกี่ยวกับเรื่องของ Pointerได้อย่างอิสระ และบางครั้งก็สามารถควบคุมฮาร์ดแวร์ผ่านทาง ภาษาซี ได้ราวกับคุณเขียนมันด้วยภาษาแอสเซมบลี ด้วยข้อดีเหล่านี้เองทำให้โปรแกรมที่ถูกเขียนด้วยภาษาซีมีความเร็วในการปฏิบัติงานสูงกว่าภาษาทั่วๆไป แต่ก็ต้องแลกกับการเรียนรู้และการฝึกฝนอย่างหนัก

2.3.2 ประวัติภาษา

ภาษาซีเป็นภาษาที่ถือว่าเป็นทั้งภาษาระดับสูงและระดับต่ำ ถูกพัฒนาโดยเดนนิส ริดชี (Dennis Ritche) แห่งห้องทดลองเบลล์ (Bell Laboratories) ที่เมอร์รีฮิล มลรัฐนิวเจอร์ซี่ โดยเดนนิสได้ใช้หลักการของภาษา บีซีพีแอล (BCPL : Basic Combine Programming Language) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยเคน ทอมสัน (Ken Tomson) การออกแบบและพัฒนาภาษาซีของเดนนิส ริดชี มีจุดมุ่งหมายให้เป็นภาษาสำหรับใช้เขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมปฏิบัติการระบบยูนิกซ์ และได้ตั้งชื่อว่า ซี (C) เพราะเห็นว่า ซี (C) เป็นตัวอักษรต่อจากบี (B) ของภาษา BCPL ภาษาซีถือว่าเป็นภาษาระดับสูงและภาษาระดับต่ำ ทั้งนี้เพราะ ภาษาซีมีวิธีใช้ข้อมูลและมีโครงสร้างการควบคุมการทำงานของโปรแกรมเป็นอย่างเดียวกับภาษาของโปรแกรมระดับสูงอื่นๆ จึงถือว่าเป็นภาษาระดับสูง ในด้านที่ถือว่าภาษาซีเป็นภาษาระดับต่ำ เพราะภาษาซีมีวิธีการเข้าถึงในระดับต่ำที่สุดของฮาร์ดแวร์ ความสามารถทั้งสองด้านของภาษานี้เป็นสิ่งที่เกื้อหนุนซึ่งกันและกัน ความสามารถระดับต่ำทำให้ภาษาซีสามารถใช้เฉพาะเครื่องได้ และความสามารถระดับสูง ทำให้ภาษาซีเป็นอิสระจากฮาร์ดแวร์ ภาษาซีสามารถสร้างรหัสภาษาเครื่องซึ่งตรงกับชนิดของข้อมูลนั้นได้เอง ทำให้โปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาซีที่เขียนบนเครื่องหนึ่ง สามารถนำไปใช้กับอีกเครื่องหนึ่งได้ ประกอบกับการใช้พอยน์เตอร์ในภาษาซี นับได้ว่าเป็นตัวอย่างที่ดีของการเป็นอิสระจากฮาร์ดแวร์มาตรฐานของภาษา C++ ได้รับการรับรองในปี ค.ศ. 1998 เป็นมาตรฐาน ISO/IEC 14882:1998 เวอร์ชันล่าสุดคือเวอร์ชันในปี ค.ศ. 2003 ซึ่งเป็นมาตรฐาน ISO/IEC 14882:2003 ในปัจจุบันมาตรฐานของภาษาในเวอร์ชันใหม่ (รู้จักกันในชื่อ C++0x) กำลังอยู่ในขั้นพัฒนา

2.3.3 รูปแบบของการเขียนโปรแกรม

ชนิดของข้อมูล ประกอบไปด้วย

1. character (char) ใช้ 1 byte บน Dos มีค่า -128 ถึง127 นิยมใช้เก็บตัวอักษร 1 ตัวอักษร

2. integer (int) ใช้ 2 byte มีค่า -32768 ถึง 32767 และยังมี long ซึ่งคล้าย integer แต่เก็บด้วย ช่วงตัวเลขที่ยาวกว่าจึงกินเนื้อที่ ถึง 4 byte

3. float ใช้ 2 byte ใช้เก็บตัวเลขทศนิยม และยังมี double ซึ่งคล้าย float แต่เก็บด้วยช่วงตัวเลขที่ยาวกว่าจึงกินเนื้อที่ถึง 4 byte

4. ในภาษา C จะไม่มีชนิดข้อมูลเป็น string แต่จะใช้สายของอักษร หรือ Array ของ Char แทน ความจริงแล้ว ชนิดของข้อมูลยังสามารถจำแนกไปได้อีกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 รูปแบบของการออกแบบภาษา C++

1. ภาษา C++ ได้ถูกออกแบบมาเพื่อเป็นภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมทั่วไป สามารถรองรับการเขียนโปรแกรมในระดับภาษาเครื่องได้ เช่นเดียวกับภาษาซี

2. ในทางทฤษฎี ภาษา C++ ควรจะมีความเร็วเทียบเท่าภาษาซี แต่ในการเขียนโปรแกรมจริงนั้น ภาษา C++ เป็นภาษาที่มีการเปิดกว้างให้โปรแกรมเมอร์เลือกรูปแบบการเขียนโปรแกรม ซึ่งทำให้มีแนวโน้มที่โปรแกรมเมอร์อาจใช้รูปแบบที่ไม่เหมาะสม ทำให้โปรแกรมที่เขียนมีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ควรจะเป็น และภาษา C++ นั้นเป็นภาษาที่มีความซับซ้อนมากกว่าภาษาซี จึงทำให้มีโอกาสเกิดบั๊กขณะคอมไพล์มากกว่า

3. ภาษา C++ ได้รับการออกแบบเพื่อเข้ากันได้กับภาษาซีในเกือบทุกกรณี

4. มาตรฐานของภาษา C++ ถูกออกแบบมาเพื่อไม่ให้มีการเจาะจงแพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์

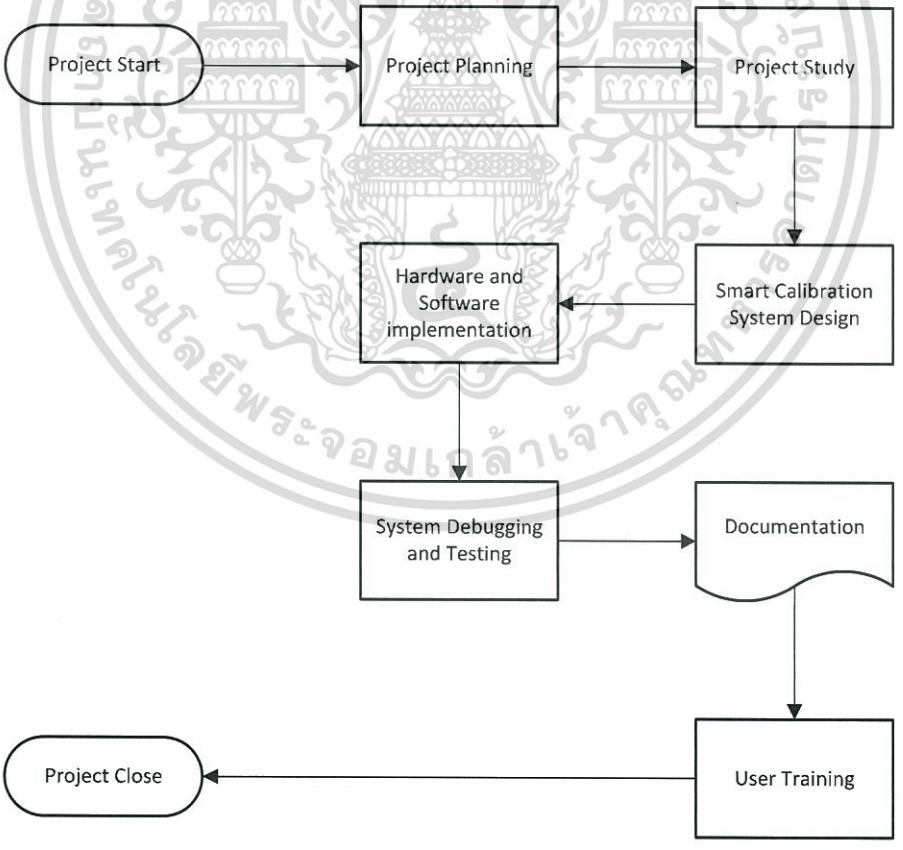
5. ภาษา C++ ถูกออกแบบมาให้รองรับรูปแบบการเขียนโปรแกรมที่หลากหลาย (multi-paradigm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. เริ่มโครงงานและวางแผนโครงงาน
2. ศึกษาหลักการสอบเทียบ
3. ศึกษา Hardware และ Software คือ Power Supply, Load, Multimeter, GPIB (IEEE 488), National Instruments software และ Delta software
4. ออกแบบเงื่อนไขสำหรับการสร้างระบบ
5. ดำเนินการสร้างโปรแกรมการสอบเทียบ
6. ทดสอบและปรับแก้โปรแกรมสำหรับระบบการสอบเทียบ
7. เก็บข้อมูลและจัดทำเอกสารเกี่ยวกับระบบการสอบเทียบ
8. อบรมผู้ใช้งานระบบการสอบเทียบ



รูปที่ 3.1 Project Process Flowchart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบและดำเนินการสร้างระบบ

การออกแบบและดำเนินการสร้างระบบต้องมีความรู้และความเข้าใจในเรื่องรูปแบบการทำงานและการใช้งานในสถานที่จริงหรือมีประสบการณ์ในการทำงานมาก่อน เพื่อสร้างระบบที่เหมาะสมกับการปฏิบัติงานจริง และไม่ซับซ้อนเพื่อให้ผู้ที่จะมาใช้งานหรือจะมาศึกษาเข้าใจ ใช้งานได้และประยุกต์ต่อได้

3.2.1 เงื่อนไขในการออกแบบและดำเนินการ

1. ระบบที่สร้างขึ้นมาต้องเข้าใจง่ายและใช้งานง่าย
2. ต้องทำให้การสอบเทียบนั้นเร็วขึ้นกว่าที่เป็นอยู่จากการสอบเทียบแบบเดิม
3. ระบบการสอบเทียบต้องเป็นไปตามหลักการสอบเทียบ
4. มีมาตรฐานและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อได้

3.2.2 การออกแบบและดำเนินการ

3.2.2.1 การออกแบบ

เราออกแบบระบบที่ใช้หลักการสอบเทียบมาเป็นหลักอ้างอิงเสมอ ลำดับขั้นตอนการสอบเทียบที่ต้องคำนึงถึงธรรมชาติของตัวอุปกรณ์และเครื่องมือวัดทั้งหมดในระบบ อย่าง Settling Time เพื่อทำ Delay Time ของการเก็บข้อมูลที่ถูกต้อง เนื่องจากบางครั้งถ้าเราดึงข้อมูล ณ ระบบที่ยังอยู่ในช่วง Rise time หรือ Dead Time หรือไปเอาข้อมูล Overshoot ก็ได้ข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง และหลักการทางไฟฟ้าที่ต้องใช้ประกอบการออกแบบ ซึ่งต้องสามารถใช้ได้กับเครื่องมือวัดรุ่นอื่นได้

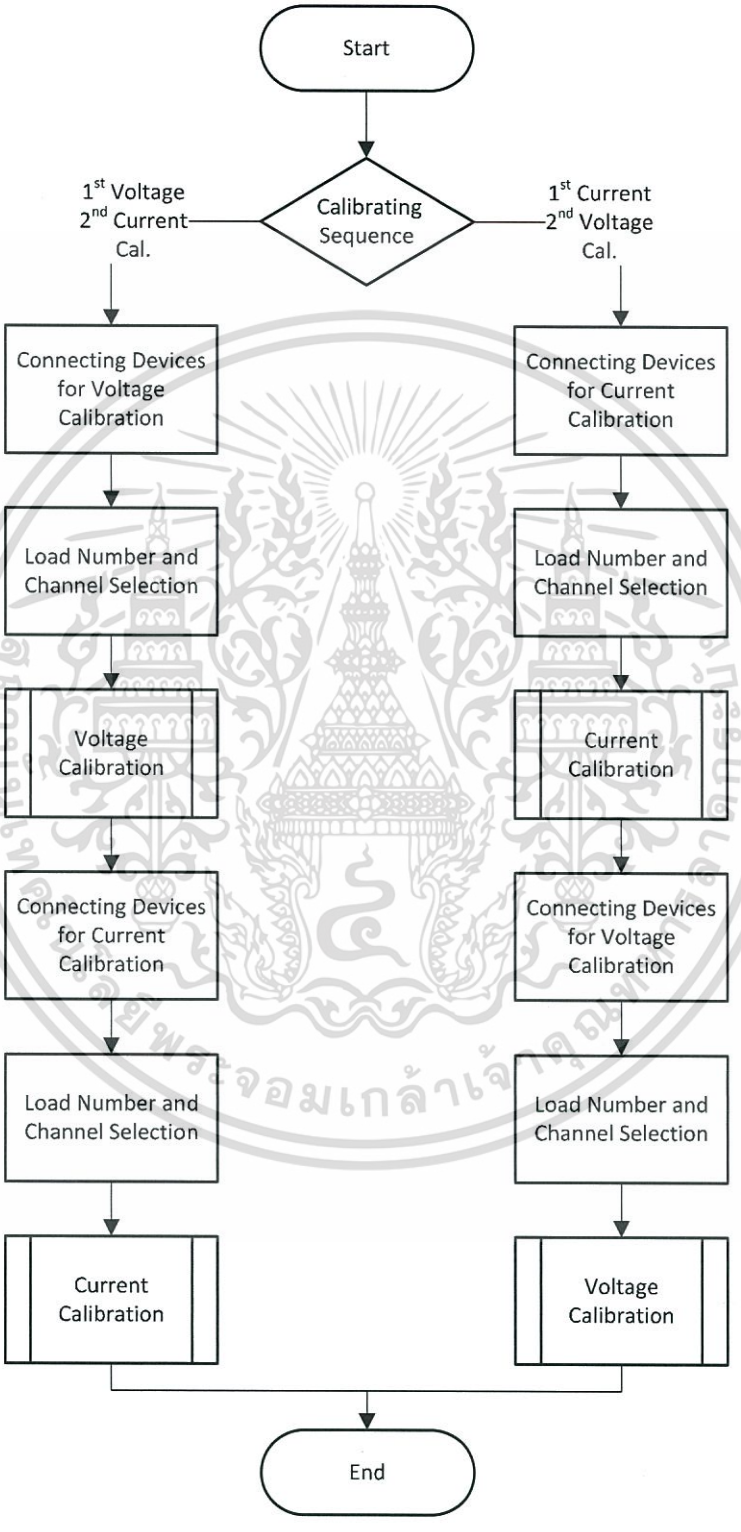
3.2.2.2 การดำเนินการ

โดยมีเงื่อนไขให้เลือกว่าจะทำงานแบบไหนก่อนหลัง โดยมีลำดับการทำงานดังนี้

1. เริ่มการทำงาน
2. เลือกหัวข้อการสอบเทียบ 1) ทำ Voltage Calibration ก่อน Current Calibration หรือ 2) ทำ Current Calibration ก่อน Voltage Calibration
3. ทำการเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่างเครื่องมือวัดและระหว่างเครื่องมือวัดกับคอมพิวเตอร์ตามรูปแบบของหัวข้อการสอบเทียบ
4. ระบุจำนวนเครื่องมือวัดและระบุ Channel
5. ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด
6. ทำลำดับขั้นตอนที่ 3-5 ซ้ำ แต่เปลี่ยนรูแปบหัวข้อการสอบเทียบ
7. เสร็จสิ้นการสอบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการสอบเทียบเสร็จเราก็สามารถดึงเอาข้อมูลไปใช้ต่อได้โดยปกติมักจะทำเป็นเอกสารรับรองการสอบเทียบ (Certified of Calibration) และยังสามารถเอาไปใส่ไว้ใน Database ก็ได้



รูปที่ 3.2 System Implementation Flowchart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบและดำเนินการสร้างโปรแกรม

โปรแกรมจะดำเนินลำดับขั้นการทำงานแยกจากกันระหว่าง Voltage และ Current Calibration แม้จะมี Algorithm คล้ายกันแต่ Commands และ Sequences ภายในโปรแกรมไม่เหมือนกัน

3.3.1 Voltage Calibration Program

โปรแกรมการสอบเทียบแรงดันไฟฟ้าซึ่งเป็นโปรแกรมอัตโนมัตินี้ถูกใช้งานเมื่อเราการเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่างเครื่องมือวัดและเครื่องมือวัดกับคอมพิวเตอร์เสร็จแล้ว

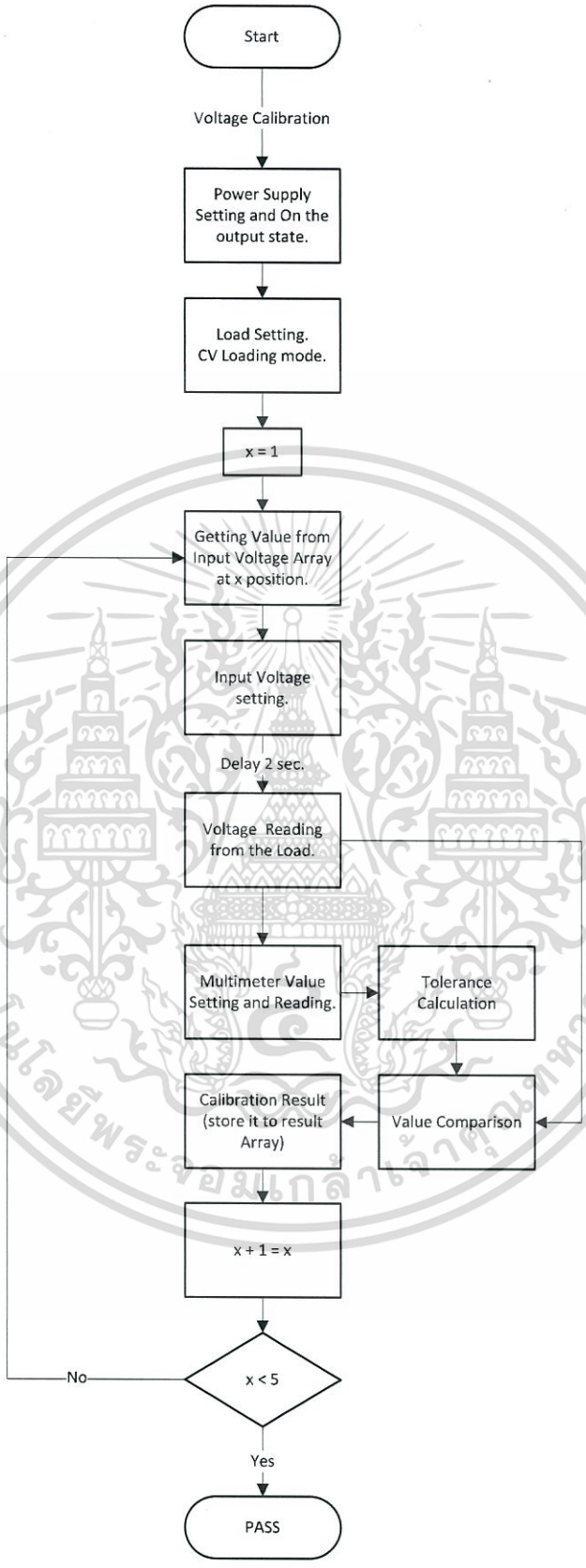
3.3.1.1 การออกแบบ Voltage Calibration Program

1. ระบบเข้าสู่ช่วงโปรแกรมสอบเทียบแรงดันไฟฟ้าและโปรแกรมเริ่มดำเนินการ
2. สั่งให้ Power Supply และ Electronic Load ตั้งค่าการทำงานเบื้องต้น (Preset)
3. ตั้งค่า Load เป็น CV (Constant Voltage) Mode
4. เริ่มทำงานแบบ Loop
5. ใน Loop จะทำงานโดย
    - 5.1 ทำการโหลดแรงดันไฟฟ้าตามคู่มือ
    - 5.2 รอเวลาให้รับเข้าสู่ Steady State
    - 5.3 เก็บข้อมูลจาก Load
    - 5.4 ตั้งค่า Multimeter และเก็บข้อมูลการวัด
    - 5.6 เอาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องสอบแทบมาคำนวณหา Tolerance กับ % Deviation และ % Full Scale
    - 5.6 นำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับ Tolerance
    - 5.7 รายงานผลการสอบเทียบ
6. รวบรวมผลการสอบเทียบ
7. ระบบเสร็จสิ้นช่วงโปรแกรมสอบเทียบแรงดันไฟฟ้า

เมื่อ Tolerance = Set Point ± % Deviation ± % Full Scale

ดังนั้น เราได้แผนภาพการออกแบบและการดำเนินการของการสอบเทียบแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งได้แสดง Algorithm ไว้ด้วยและมันจะถูกนำเอาไปใช้เป็นหลักอ้างอิงเมื่อดำเนินการสร้างจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 Voltage Calibration Flowchart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 การดำเนินการ Voltage Calibration Program

1. เรียกใช้ Command สำหรับ Preset Phrase คือ
   1.1 SetINSRC ตั้งค่า Input Source (Power Supply) โดยตั้งค่า Voltage Range, Current Limit และ On Output State
   1.2 SetAllLOAD/SetLOAD สำหรับตั้งค่า Electronic Load ทุกตัว/เฉพาะChannel ที่ต้องการ ตามลำดับ โดยตั้งค่า Latch Mode, Latch Voltage, Sense Voltage และ Loading Mode (CV mode)
2. เรียกใช้ Command สำหรับ UUT (Unit Under Test) Phrase คือ
   2.1 GetArrayElement รับค่าจาก Input Voltage Array Variable ที่เก็บค่าแรงดันไฟฟ้าสำหรับแต่ละช่วงทดสอบย่อย
   2.2 SetINSRC โดยเอาค่าจากคำส่งก่อนหน้านี้ไปสั่งให้ Power Supply จ่าย Output Voltage ตามค่านั้น ซึ่งจะสามารถปล่อยกระแสไฟฟ้าได้ถ้า Load ดึงกระแสแต่กรณีนี้ยังไม่ได้ดึงกระแส เนื่องจากดูแค่แรงดันไฟฟ้า
   2.3 DelayS เพื่อรอระบบเข้าสู่ Steady State
   2.4 ReadLoad รับค่า Load Voltage จาก Load
   2.5 SetDMM และ ReadDMM ตั้งค่า Multimeter ให้ทำการวัด และรับค่านั้นกลับมา
   2.6 SetArrayFloatVal กำหนด Result Voltage Array Variable สำหรับเก็บค่าที่อ่านได้จาก Load และ Multimeter
   2.7 MUL, ADD, SUB คำนวณหา Tolerance
   2.8 SetArrayFloatVal กำหนด Tolerance Array Variable สำหรับเก็บค่าที่ได้จากการคำนวณ Tolerance
   2.9 CheckVarSpecEx เปรียบเทียบค่าที่ได้จาก Load และ Multimeter กับ Tolerance
   2.10 AND เอาผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบก่อนหน้านี้ของ Load และ Multimeter มาสรุปผลการสอบเทียบ ณ ช่วงทดสอบย่อยนี้
   2.11 SetArrayIntVal กำหนด Result Array Variable สำหรับเก็บค่าที่ได้จากการสอบเที่ยวย่อยนี้
   2.12 ADD เอาค่า x = x+1 เมื่อ Initial/Default Value ของ x=1
   2.13 If-Then ดำเนินการ Loop ถ้าระบบมี x < จำนวนช่วงการทดสอบย่อย+1 ให้กลับไปทำช่วงการทดสอบย่อยให้ครบก่อนจึงจะไปทำคำสั่งต่อจากนี้ได้ ณ ที่นี้คือไปเริ่มทำที่ CalNex

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

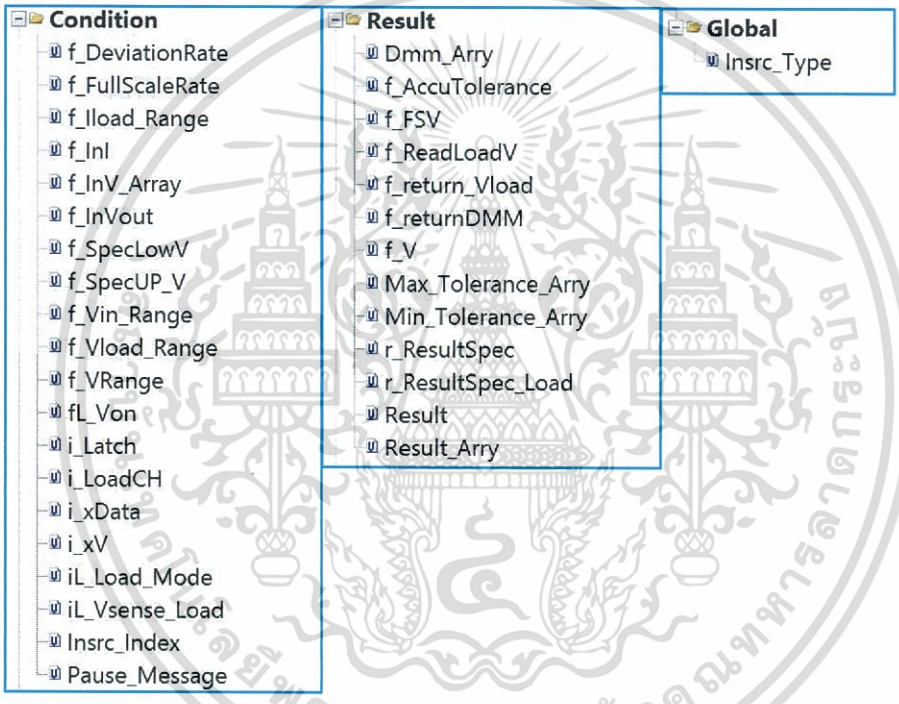
3. เรียกใช้ Command สำหรับ Post Test Phrase คือ PauseMsg เมื่อกดยืนยัน “OK” / กด Enter โปรแกรมนี้จะถือว่าทำงานของโปรแกรมนี้ “PASS” กรณีทำงานเป็นปกติ ไม่มี Bug หรือ Error แจ้งเตือนหรือเกิดขึ้น แต่ทางกลับถ้าหากมีปัญหาจะขึ้น “FAIL”

ดังนั้น เราได้ภาพโปรแกรมและตัวแปรของโปรแกรมการสอบเทียบแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5

Seq	Active	Label	TestCommand	Parameters	Description
1	✔		SetINSRC_VoltageRange	Insrc_Index,f_Vin_Range	
2	✔		SetINSRC_Ilimit	Insrc_Index,f_Iinl	
3	✔		SetINSRC_OutputState	Insrc_Index,1	
4	✔		SetAllLOAD_ResetVonLatch		
5	✔		SetAllLOAD_Von	i_Latch,ff_Von	
6	✔		SetAllLOAD_VoltageSense	il_Vsense_Load	
7	✔		SetAllLOAD_ModeRange	il_Load_Mode,f_Iload_Range,f_Vload_Range	
8	✔	CalNex	GetArrayElement	f_InV_Array,i_xV,f_InVout	
9	✔		SetINSRC_Vout	Insrc_Index,f_inVout	
10	✔		DelayS	2	
11	✔		ReadLOAD_Voltage	i_LoadCH,f_return_Vload	
12	✔		SetDMM_FuncRange	Insrc_Index,1,0,6	
13	✔		ReadDMM_Measure	Insrc_Index,f_returnDMM	
14	✔		SetArrayFloatVal	f_returnDMM,i_xData,Dmm_Arry	
15	✔		SetArrayFloatVal	f_return_Vload,i_xData,f_ReadLoadV	
16	✔		MUL	f_VRange,f_FullScaleRate,f_FSV	
17	✔		MUL	f_InVout,f_DeviationRate,f_V	
18	✔		ADD	f_FSV,f_V,f_AccuTolerance	
19	✔		ADD	f_InVout,f_AccuTolerance,f_SpecUP_V	
20	✔		SUB	f_InVout,f_AccuTolerance,f_SpecLowV	
21	✔		SetArrayFloatVal	f_SpecUP_V,i_xData,Max_Tolerance_Arry	
22	✔		SetArrayFloatVal	f_SpecLowV,i_xData,Min_Tolerance_Arry	
23	✔		CheckVarSpecEx	f_return_Vload,f_SpecLowV,f_SpecUP_V,r_ResultSpec_Load	
24	✔		CheckVarSpecEx	f_returnDMM,f_SpecLowV,f_SpecUP_V,r_ResultSpec	
25	✔		AND	r_ResultSpec,r_ResultSpec_Load,Result	
26	✔		SetArrayIntVal	Result,i_xData,Result_Arry	
27	✔		ADD	i_xV,1,i_xV	
28	✔		ADD	i_xData,1,i_xData	
29	✔		If_Then	i_xV,<,5,CalNex	
30	✔		PauseMsg	Pause_Message	

รูปที่ 3.4 Voltage Calibration Program

148572
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 Voltage Calibration Variables (Parameters)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 Current Calibration Program

โปรแกรมการสอบเทียบกระแสไฟฟ้านี้ถูกใช้งานเมื่อเราการเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่างเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ และเครื่องมือวัดกับคอมพิวเตอร์เสร็จแล้ว

3.3.1.1 การออกแบบ Current Calibration Program

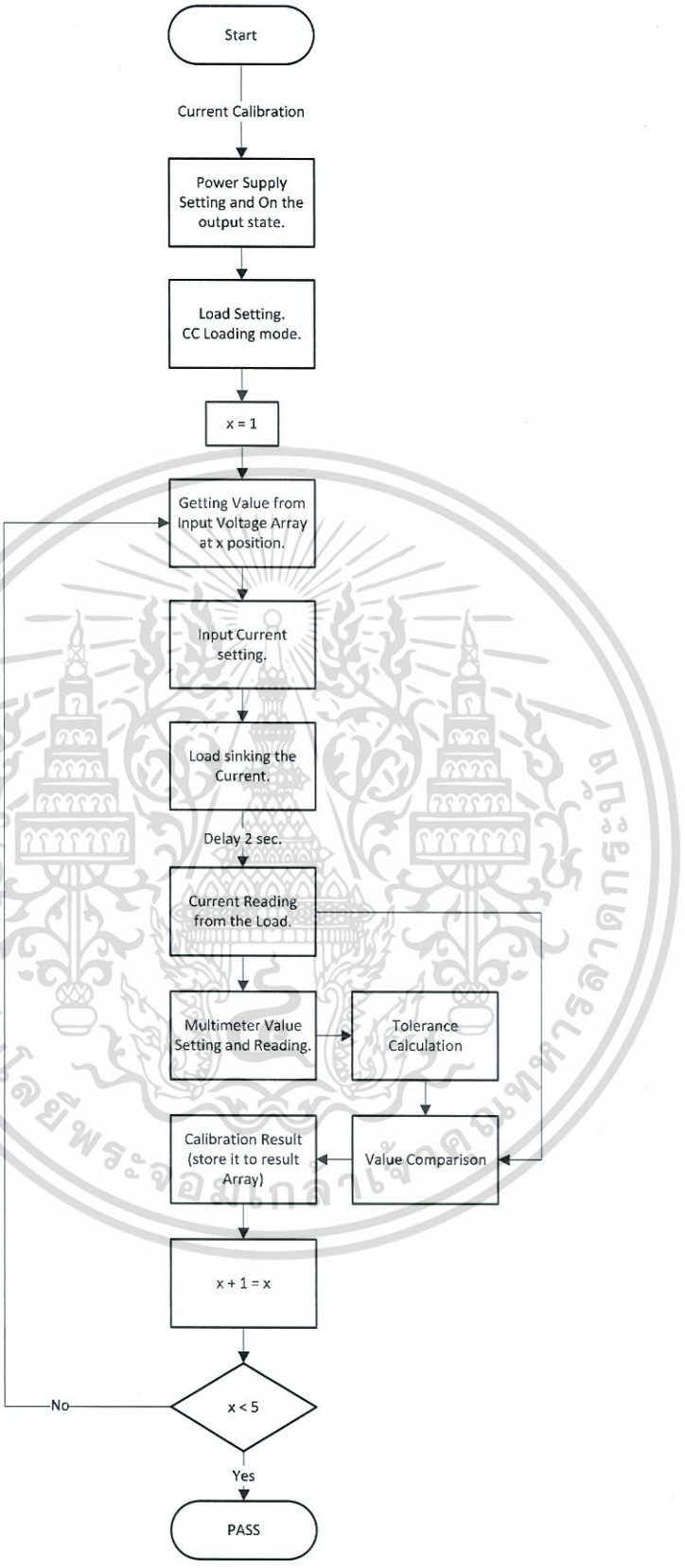
1. ระบบเข้าสู่ช่วงโปรแกรมสอบเทียบกระแสไฟฟ้าและโปรแกรมเริ่มดำเนินการ
2. สั่งให้ Power Supply และ Electronic Load ตั้งค่าการทำงานเบื้องต้น (Preset)
3. ตั้งค่า Load เป็น CC (Constant Current) Mode
4. เริ่มทำงานแบบ Loop
5. ใน Loop จะทำงานโดย
   - 5.1 ทำการโหลดกระแสไฟฟ้าตามคู่มือ
   - 5.2 รอเวลาให้รับเข้าสู่ Steady State
   - 5.3 เก็บข้อมูลจาก Load
   - 5.4 ตั้งค่า Multimeter และเก็บข้อมูลการวัด
   - 5.6 เอาค่ากระแสไฟฟ้าที่ต้องสอบแทบมาคำนวณหา Tolerance กับ % Deviation และ % Full Scale
   - 5.6 นำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับ Tolerance
   - 5.7 รายงานผลการสอบเทียบ
6. รวบรวมผลการสอบเทียบ
7. ระบบเสร็จสิ้นช่วงโปรแกรมสอบเทียบกระแสไฟฟ้า

เมื่อ Tolerance = Set Point ± % Deviation ± % Full Scale

และการสอบเทียบกระแสไฟฟ้านี้มีหลายช่วง คือ Low, Medium และ High Range

ดังนั้น เราได้แผนภาพการออกแบบและการดำเนินการของการสอบเทียบกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งได้แสดง Algorithm ไว้ด้วยและมันจะถูกนำเอาไปใช้เป็นหลักอ้างอิงเมื่อดำเนินการสร้างจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 Current Calibration Flowchart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 การดำเนินการ Current Calibration Program

1. เรียกใช้ Command สำหรับ Preset Phrase คือ
   1.1 SetINSRC ตั้งค่า Input Source (Power Supply) โดยตั้งค่า Voltage Range, Current Limit และ On Output State
   1.2 SetAllLOAD/SetLOAD สำหรับตั้งค่า Electronic Load ทุกตัว/เฉพาะChannel ที่ต้องการ ตามลำดับ โดยตั้งค่า Latch Mode, Latch Voltage, Sense Voltage และ Loading Mode (CC mode)
2. เรียกใช้ Command สำหรับ UUT (Unit Under Test) Phrase คือ
   2.1 GetArrayElement รับค่าจาก Input Current Array Variable ที่เก็บค่ากระแสไฟฟ้าสำหรับแต่ละช่วงทดสอบย่อย และกรณีนี้ได้เอาค่า Current Range Array มาด้วยสำหรับการคำนวณหา Tolerance
   2.2 SetAllLoad สั่งให้ On Load Output State เริ่มทำการทำการดึงกระแส ณ ค่าปกติของตัวมันเอง
   2.3 SetINSRC โดยเอาค่าจากคำส่งก่อนหน้านี้ไปสั่งให้ Power Supply จ่าย Output Current ตามค่านั้น ซึ่งจะสามารถปล่อยกระแสไฟฟ้าได้อยู่แล้วและกรณีนี้เพียงแค่รอให้ Load ดึงกระแสไฟฟ้า
   2.4 SetAllLoad สั่งให้ Load เริ่มทำการทำการดึงกระแส (Loading) ณ ค่าการทดสอบย่อยที่
   2.5 DelayS เพื่อรอระบบเข้าสู่ Steady State
   2.6 ReadLoad รับค่า Load Current จาก Load
   2.7 SetDMM และ ReadDMM ตั้งค่า Multimeter ให้ทำการวัด และรับค่านั้นกลับมา
   2.8 SetArrayFloatVal กำหนด Result Current Array Variable สำหรับเก็บค่าที่อ่านได้จาก Load และ Multimeter
   2.9 MUL, ADD, SUB คำนวณหา Tolerance
   2.10 SetArrayFloatVal กำหนด Tolerance Array Variable สำหรับเก็บค่าที่ได้จากการคำนวณ Tolerance
   2.11 CheckVarSpecEx เปรียบเทียบค่าที่ได้จาก Load และ Multimeter กับ Tolerance
   2.12 AND เอาผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบก่อนหน้านี้ของ Load และ Multimeter มาสรุปผลการสอบเทียบ ณ ช่วงทดสอบย่อยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 SetArrayIntVal กำหนด Result Array Variable สำหรับเก็บค่าที่ได้จากการสอบเที่ยวย่อยนี้

2.14 ADD เอาค่า x = x+1 เมื่อ Initial/Default Value ของ x=1

2.15 If-Then ดำเนินการ Loop ถ้าระบบมี x < จำนวนช่วงการทดสอบย่อย+1 ให้กลับไปทำช่วงการทดสอบย่อยให้ครบก่อนจึงจะไปทำคำสั่งต่อจากนี้ได้ ณ ที่นี้คือไปเริ่มทำที่ CalNex

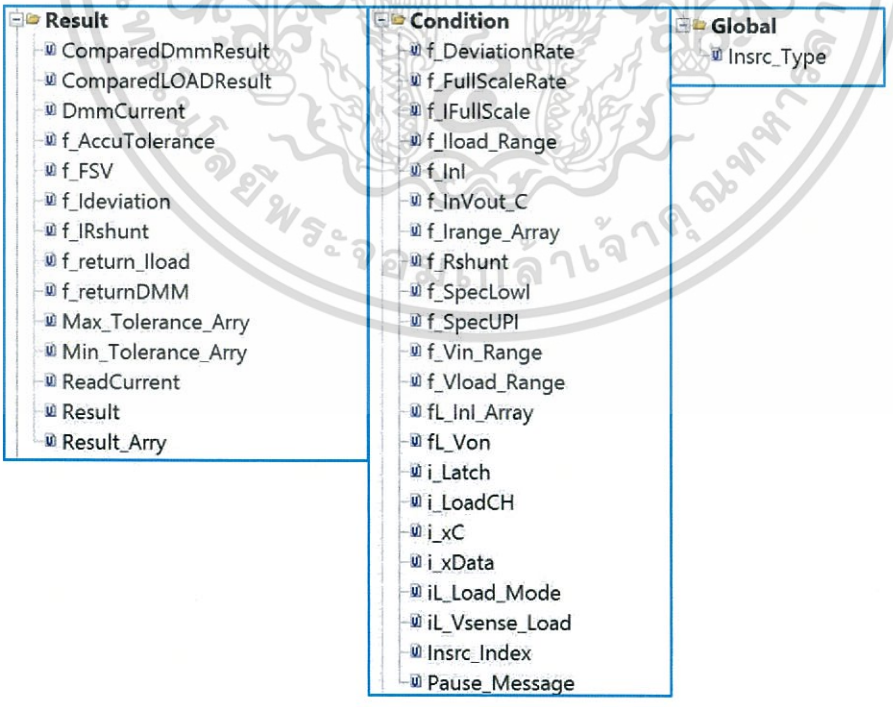
3. เรียกใช้ Command สำหรับ Post Test Phrase คือ PauseMsg เมื่อกดยืนยัน “OK” / กด Enter โปรแกรมนี้จะถือว่าทำงานของโปรแกรมนี้ “PASS” กรณีทำงานเป็นปกติ ไม่มี Bug หรือ Error แจ้งเตือนหรือเกิดขึ้น แต่ทางกลับถ้าหากมีปัญหาจะขึ้น “FAIL”

ดังนั้น เราได้ภาพโปรแกรมและตัวแปรของโปรแกรมการสอบเทียบกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.7 และรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Seq	Active	Label	TestCommand	Parameters
1	✓		SetINSRC_VoltageRange	Insrc_Index,f_Vin_Range
2	✓		SetINSRC_Vout	Insrc_Index,f_InVout_C
3	✓		SetINSRC_OutputState	Insrc_Index,1
4	✓		SetAllLOAD_ResetVonLatch	
5	✓		SetAllLOAD_Von	i_Latch,fL_Von
6	✓		SetAllLOAD_VoltageSense	iL_Vsense_Load
7	✓		SetAllLOAD_ModeRange	iL_Load_Mode,f_Iload_Range,f_Vload_Range
8	✓	CalNex	GetArrayElement	fL_Inl_Array,i_xC,f_Inl
9	✓		GetArrayElement	f_Irange_Array,i_xC,f_IFullScale
10	✓		SetAllLOAD_InputState	1
11	✓		SetINSRC_Ilimit	Insrc_Index,f_Inl
12	✓		SetLOAD_Loading	i_LoadCH,f_Inl
13	✓		DelayS	1.5
14	✓		ReadLOAD_Current	i_LoadCH,f_return_Iload
15	✓		SetDMM_FuncRange	Insrc_Index,1,0,6
16	✓		ReadDMM_Measure	Insrc_Index,f_returnDMM
17	✓		SetArrayFloatVal	f_return_Iload,i_xData,ReadCurrent
18	✓	IShunt	MUL	f_returnDMM,f_Rshunt,f_IRshunt
19	✓		SetArrayFloatVal	f_IRshunt,i_xData,DmmCurrent
20	✓		MUL	f_IFullScale,f_FullScaleRate,f_FSV
21	✓		MUL	f_Inl,f_DeviationRate,f_Ideviation
22	✓		ADD	f_FSV,f_Ideviation,f_AccuTolerance
23	✓		ADD	f_Inl,f_AccuTolerance,f_SpecUPI
24	✓		SUB	f_Inl,f_AccuTolerance,f_SpecLowl
25	✓		SetArrayFloatVal	f_SpecLowl,i_xData,Min_Tolerance_Arry
26	✓		SetArrayFloatVal	f_SpecUPI,i_xData,Max_Tolerance_Arry
27	✓		CheckVarSpecEx	f_return_Iload,f_SpecLowl,f_SpecUPI,ComparedLOADResult
28	✓		CheckVarSpecEx	f_return_Iload,f_SpecLowl,f_SpecUPI,ComparedDmmResult
29	✓		AND	ComparedDmmResult,ComparedLOADResult,Result
30	✓		SetArrayIntVal	Result,i_xData,Result_Arry
31	✓		ADD	i_xData,1,i_xData
32	✓		ADD	i_xC,1,i_xC
33	✓		If_Then	i_xC,<,10,CalNex
34	✓		PauseMsg	Pause_Message

รูปที่ 3.7 Current Calibration Program

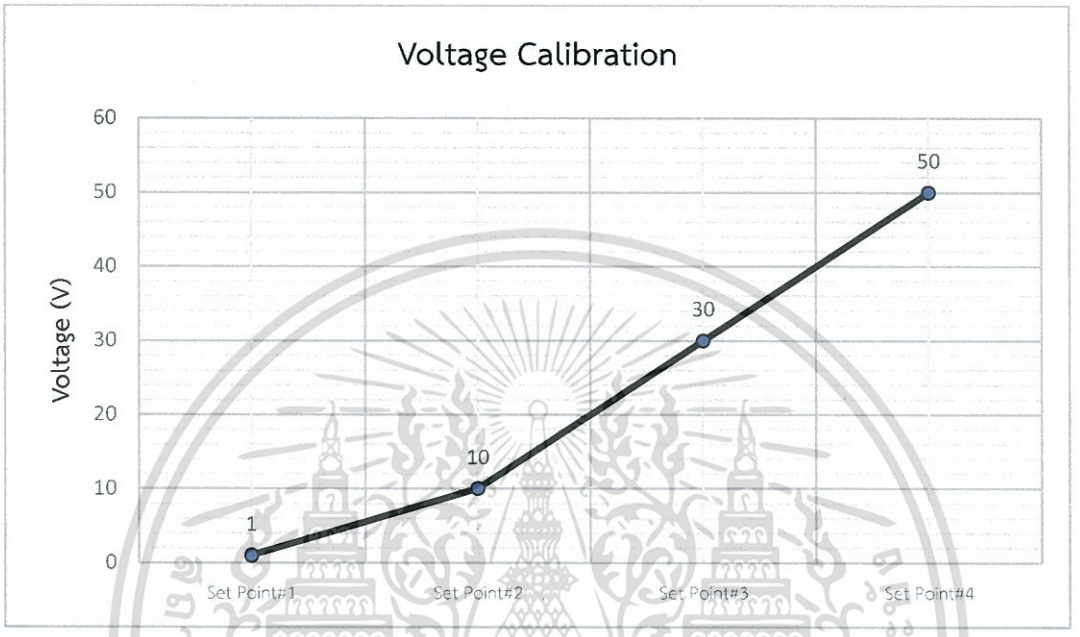


รูปที่ 3.8 Current Calibration Variables (Parameters)

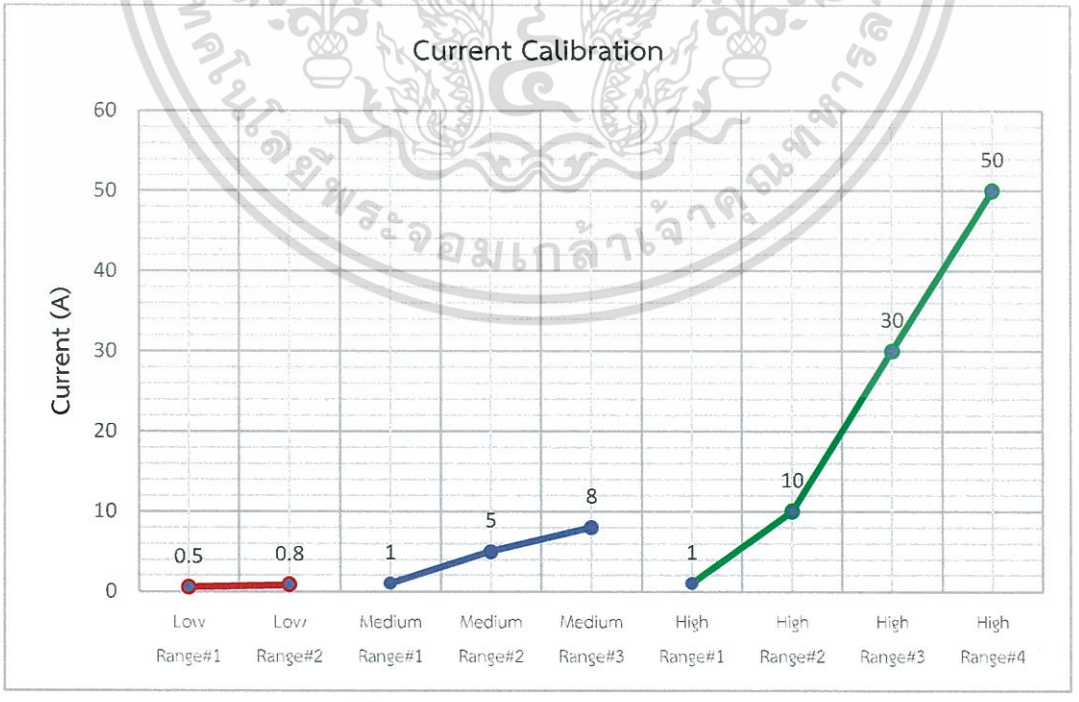
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ความแตกต่างในการสอบเทียบ

จะสังเกตได้ว่า โปรแกรมการสอบเทียบกระแสไฟฟ้านี้จะดูเหมือนกันกับโปรแกรมการสอบเทียบแรงดันไฟฟ้า แต่ก็ต้องอาศัยหลักการสอบเทียบที่แต่ต่างกันทั้งรูปแบบของช่วงการทดสอบย่อยที่แบบกระแสนั้นจะแบ่งการทดสอบเป็นช่วงย่อยภายในช่วงการทดสอบของช่วงRange



รูปที่ 3.9 Voltage Calibration Graph



รูปที่ 3.10 Current Calibration Graph

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการติดตั้งระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ

จากการดำเนินการติดตั้งระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ (Smart Calibration System) ณ Calibration Centre (Calibration Lab.) ซึ่งเป็นสถานที่ปฏิบัติงานการสอบเทียบอุปกรณ์และเครื่องมือวัดทั้งหมดของโรงงาน และ Laboratory Engineers ผู้ที่จะใช้งานระบบการสอบเทียบนี้ก็ได้รับการอบรมการดำเนินการติดตั้งระบบด้วยด้วย ระบบได้แบ่งการติดตั้งเป็น 2 ส่วนคือ Hardware implementation และ Software implementation ซึ่งได้ผลการดำเนินงานเป็น 2 ส่วนเช่นกันตามลำดับ ดังนี้

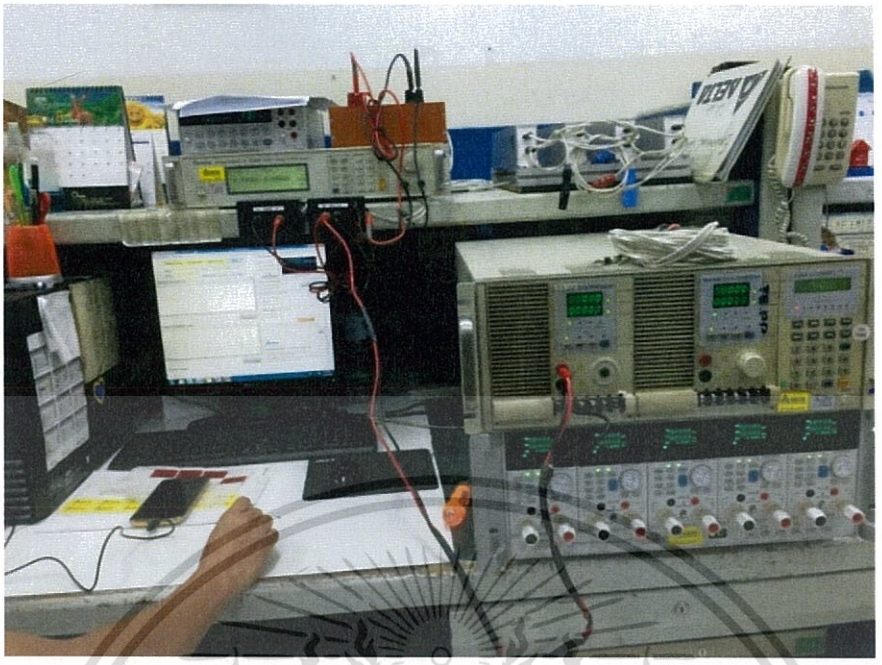
4.1.1 Hardware Operation Overall

ผลการดำเนินงานการติดตั้ง Hardware ของระบบการสอบเทียบอัจฉริยะนี้ เป็นการจัดเตรียมและการนำอุปกรณ์และเครื่องมือวัดต่างๆที่ต้องใช้ในระบบนี้มาติดตั้งเข้าด้วยกันเพื่อให้ระบบใช้งานได้ ซึ่งประกอบด้วย

1. Desktop Computer หรือ Laptop ซึ่งสามารถต่อเข้ากับ Network Database ได้อีกด้วย
2. Electronic Load
3. Programmable Power Supply
4. Digital Multimeter
5. Resistor
6. GPIB (IEEE 488)
7. Probes และ Wires

รูปที่ 4.1 Hardware Preparation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 Hardware Installation

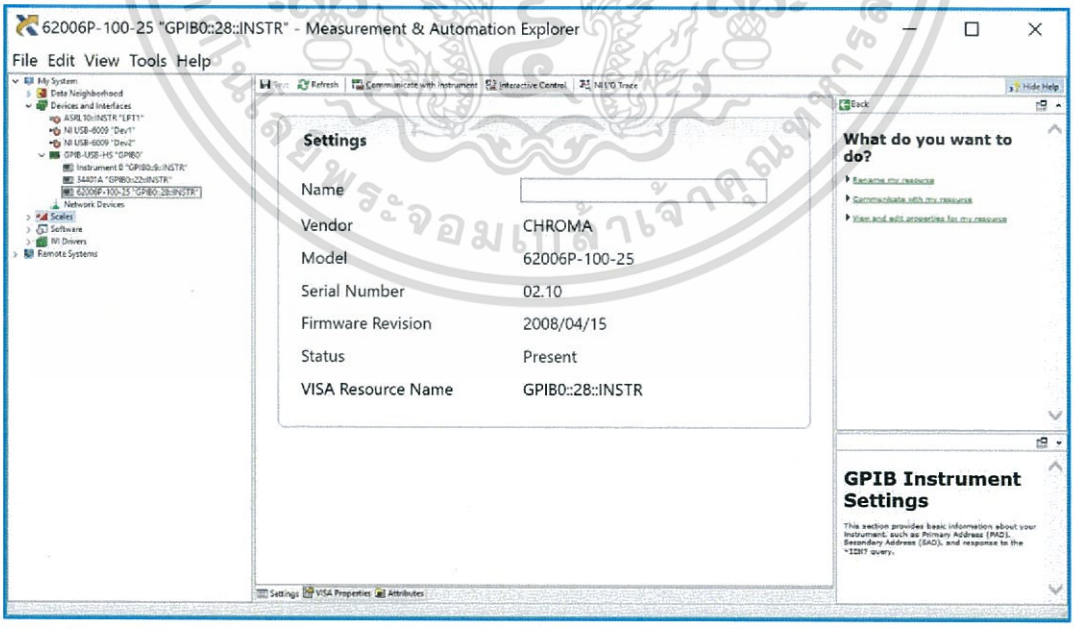
4.1.2 Software Operation Overall

ผลการดำเนินงานการติดตั้ง Software ของระบบการสอบเทียบอัจฉริยะนี้ เป็นการจัดเตรียมและการนำไฟล์ข้อมูลและโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับระบบนี้ไปติดตั้งใน Desktop Computer หรือ Laptop ณ Calibration Laboratory นอกจากนี้ยังร่วมไปถึง Setup ต่างๆที่เกี่ยวข้อง และการทดสอบและใช้ปฏิบัติงานจริงของระบบนี้มา ซึ่งประกอบด้วย

1. Smart1 Software Installation and Setup
2. National Instruments Software Installation and Setup
    a. NI LabVIEW
    b. NI MAX (Measurement & Automation Explorer)
    c. NI I/O Trace
3. Device Drivers Installation and Setup
    a. GPIB (IEEE 488) Driver
    b. Multimeter Driver
    c. Electronic Load Driver
    d. Power Supply Driver
4. System and Security Setup

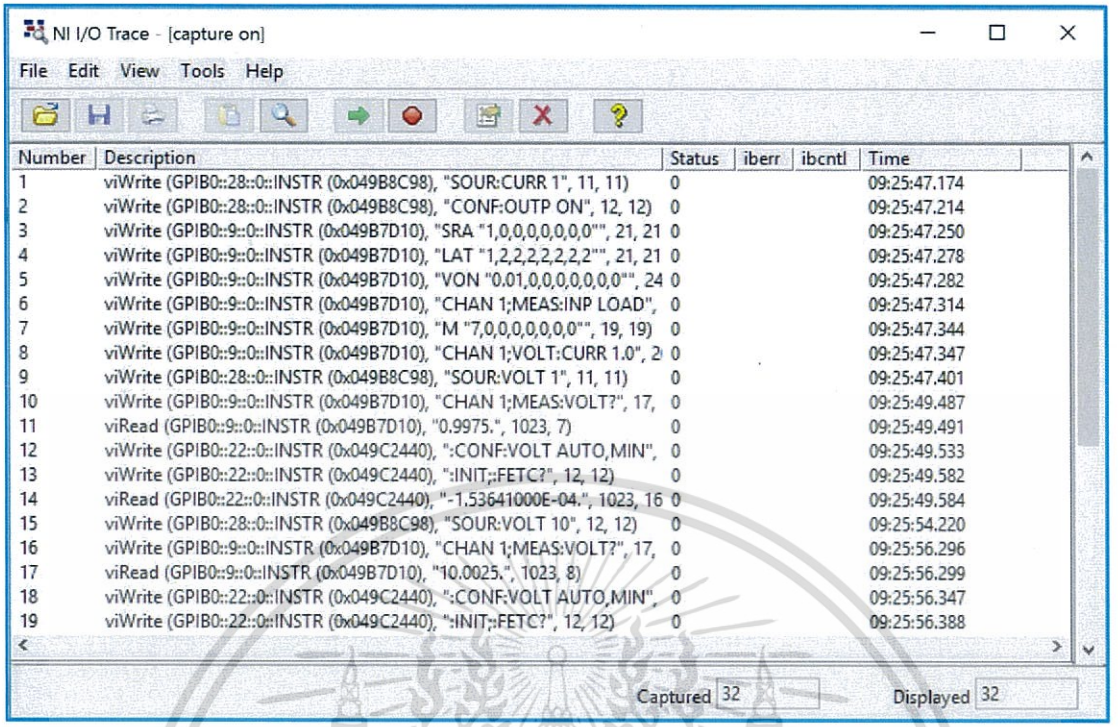
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 Smart1 Software

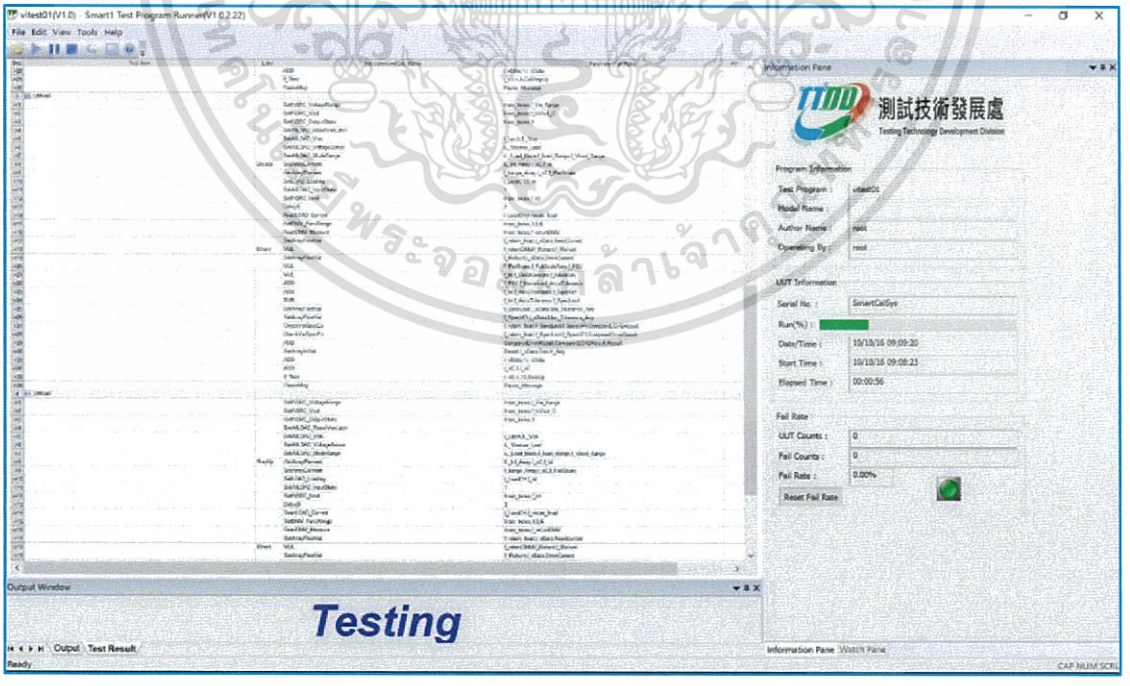


รูปที่ 4.4 NI MAX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 NI I/O Trace



รูปที่ 4.6 Software Testing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการใช้งานระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ

ระบบการสอบเทียบอัจฉริยะได้ถูกดำเนินการทดสอบและใช้งานจริง รวมทั้งการประเมินผลการใช้ของวิศวกรผู้ปฏิบัติงาน ณ Calibration Centre สำเร็จลุล่วงเป็นไปได้ด้วยดีตามความประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ของโครงงานนี้ แต่ระบบยังต้องการวิศวกรผู้ที่มีความรู้และความสามารถทางด้านไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ จึงจะสามารถทำความเข้าใจได้และนำไปใช้ได้อย่างในเวลาอันสั้น

1. ระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ สามารถดำเนินการทำงานได้เองอย่างอัตโนมัติตามที่ได้ออกแบบไว้
2. ระบบช่วยลดเวลาการดำเนินงานโดยรวมของการสอบเทียบได้เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับแบบเดิม
3. ระบบมีมาตรฐานมีการเก็บผลการดำเนินงานและข้อมูลต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. ระบบใช้เข้าใจและใช้งานง่าย ขั้นตอนไม่มาก มีเอกสารและข้อมูลพร้อม
5. การอบรมและฝึกสอนวิศวกรเกี่ยวกับระบบการสอบเทียบอัจฉริยะนี้ และวิศวกรนั้นสามารถนำไปประยุกต์และต่อยอดได้อีก

4.2.1 ความแม่นยำของระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าการสอบเทียบโดยการใช้คนปรับกับใช้ซอฟต์แวร์ให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกันและตามค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่า การใช้ซอฟต์แวร์นั้นให้ผลที่เหมือนกับการใช้คนปรับเพื่อการสอบเทียบ

และจากรูปที่ 4.7 และ 4.8 พบว่ากราฟของการสอบเทียบด้วยซอฟต์แวร์คือเส้นสีแดงมีแนวโน้นเป็นไปตามการสอบเทียบด้วยคนคือสีน้ำเงิน ซึ่งเรียกได้ว่าให้ผลการทำงานเหมือนกัน จึงสรุปได้ว่า ระบบการสอบเทียบอัจฉริยะนี้มีความแม่นยำสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

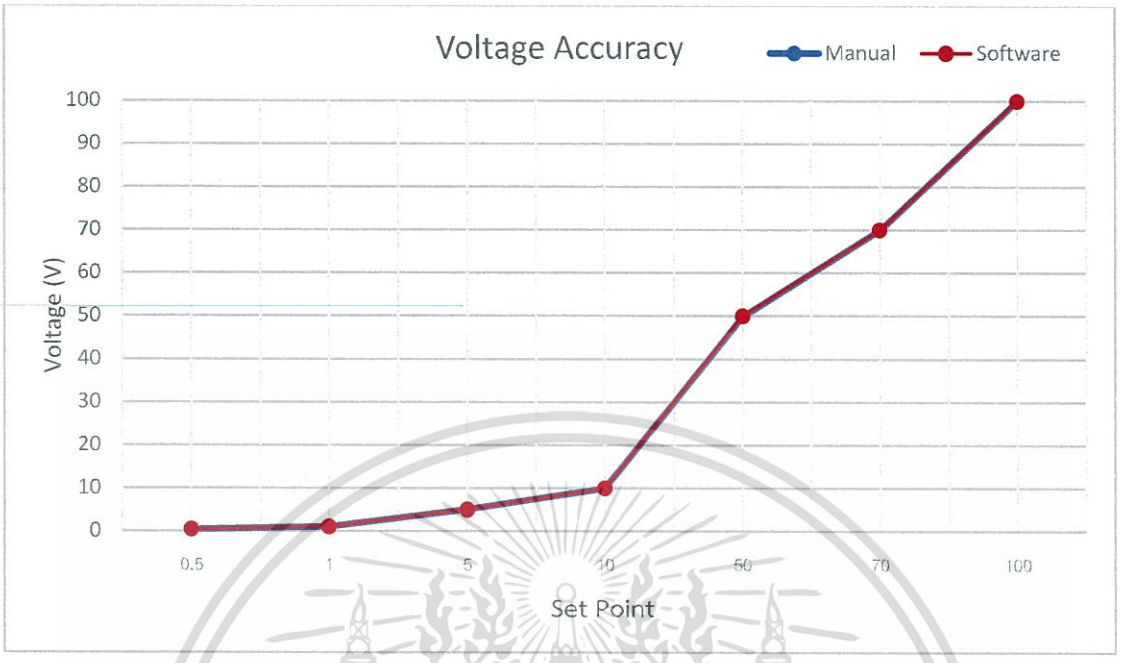
ตารางที่ 4.1 Accuracy Test for Voltage Setting

Voltage Set Point	Manual Calibration (V)	Software Calibration (V)
0.5	0.4981	0.4993
1	0.9933	0.9995
5	4.9710	5.0002
10	10.0054	9.9899
50	49.8503	50.0156
70	70.0240	70.0573
100	99.8999	99.9387

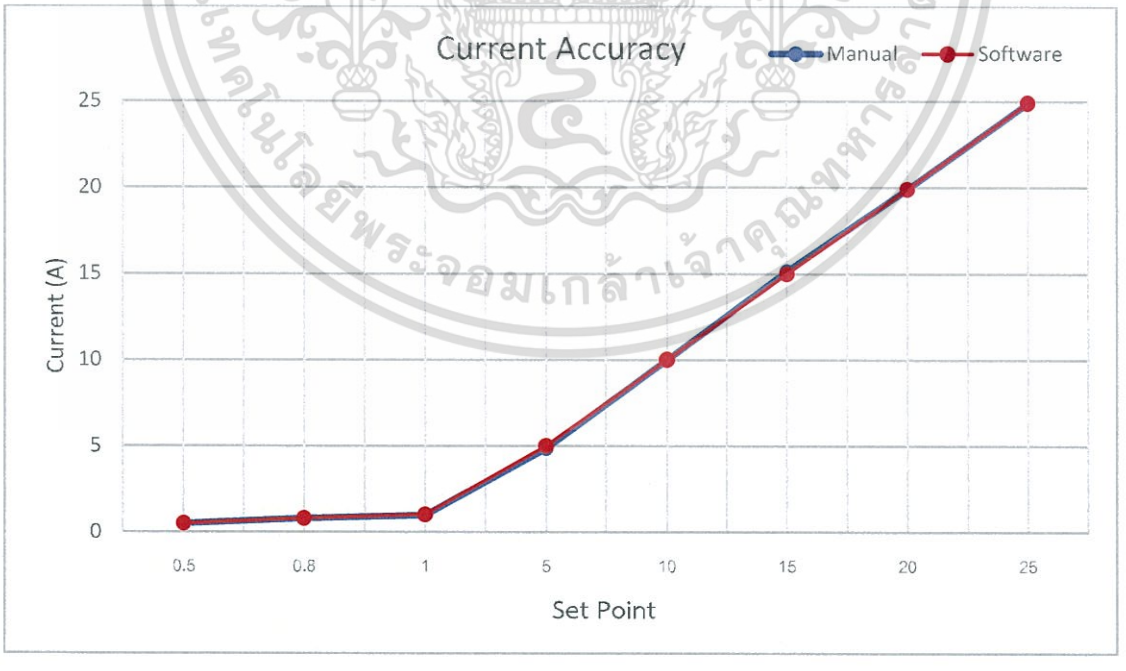
ตารางที่ 4.2 Accuracy Test for Current Setting

Current Set Point	Manual Calibration (A)	Software Calibration (A)
0.5	0.4981	0.4993
0.8	0.8070	0.7999
1	0.9932	1.0035
5	4.8734	5.0100
10	9.9982	10.0023
15	15.1142	14.9815
20	19.8920	19.8999
25	24.8891	24.8994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 Voltage Accuracy Comparison



รูปที่ 4.8 Current Accuracy Comparison

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ความเที่ยงตรงของระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ

จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่าการสอบเทียบโดยการใช้คนปรับกับใช้ซอฟต์แวร์ให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกันและตามค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่า การใช้ซอฟต์แวร์นั้นให้ผลที่เหมือนกับการใช้คนปรับเพื่อการสอบเทียบ

และจากรูปที่ 4.9 และ 4.10 พบว่ากราฟของการสอบเทียบด้วยซอฟต์แวร์มีแนวโน้นของผลการสอบเทียบอยู่ในค่าเกาะกลุ่มใกล้เคียงกันตามค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ จึงสรุปได้ว่าระบบการสอบเทียบอัจฉริยะนี้มีความแม่นยำสูง

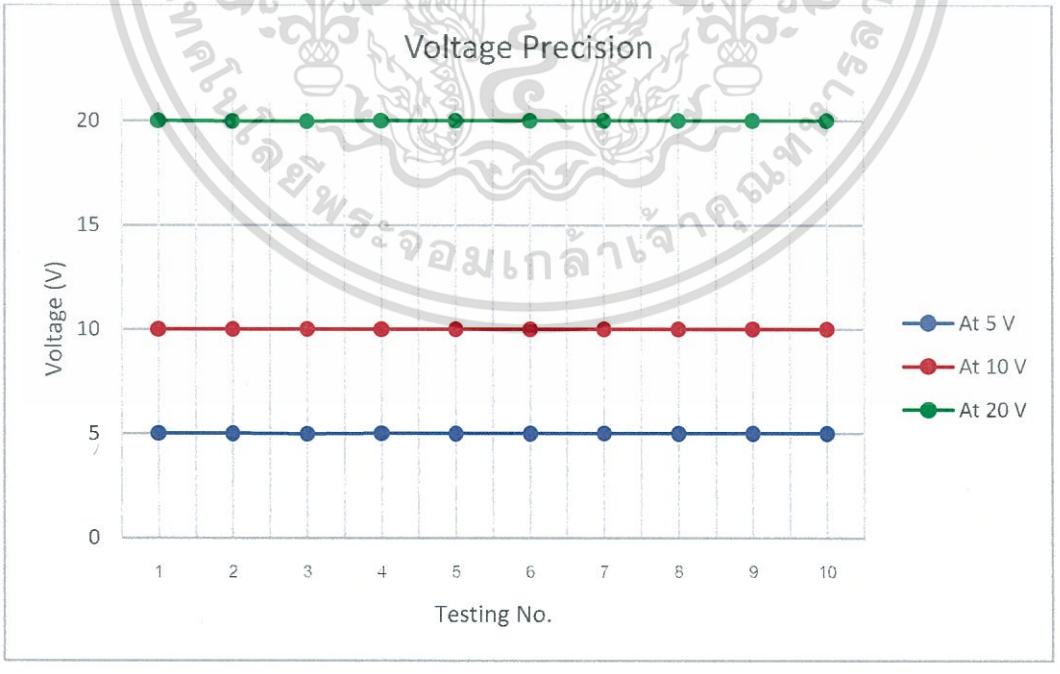
ตารางที่ 4.3 Precision Test for Voltage Setting

Voltage Testing No.	Software Calibration at		
	5 V	10 V	20 V
1	5.0121	9.9991	20.0012
2	4.9952	9.9989	19.9823
3	4.9834	10.0017	19.9724
4	5.0128	10.0002	20.0000
5	5.0001	9.9998	20.0002
6	4.9990	9.9995	19.9993
7	5.0021	10.0010	20.0001
8	4.9931	10.0005	19.9999
9	5.0003	10.0111	20.0000
10	4.9999	9.9998	19.999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

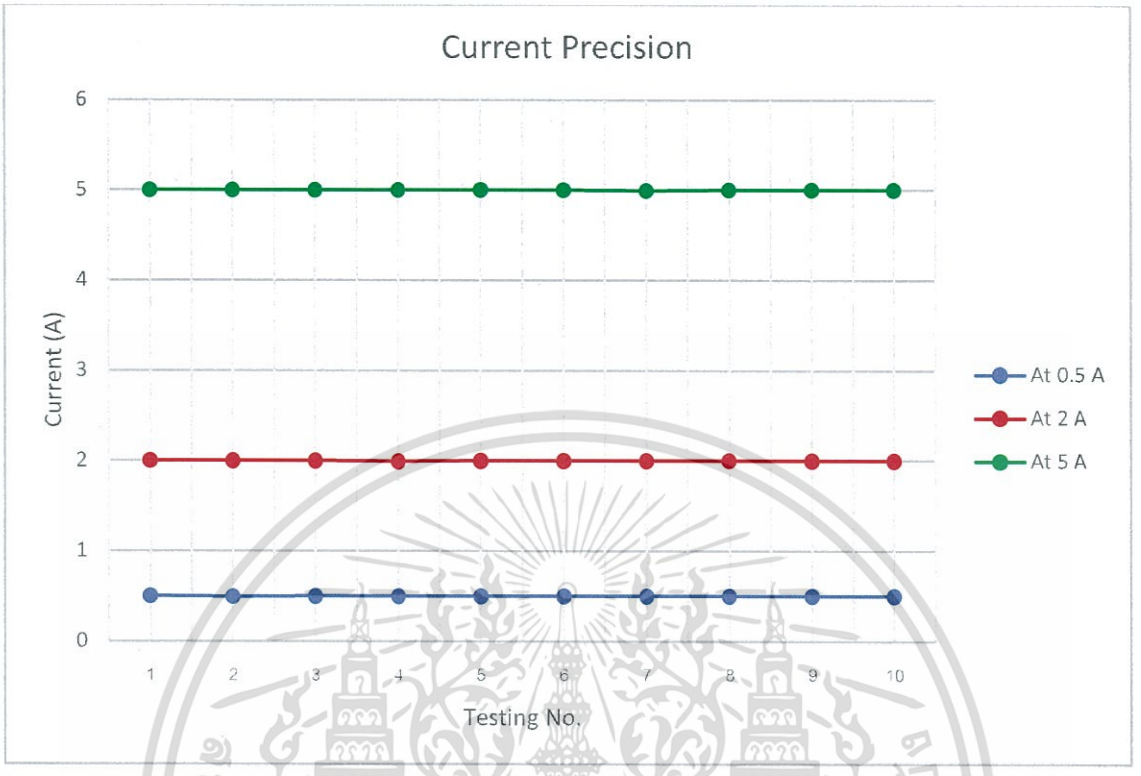
ตารางที่ 4.4 Precision Test for Current Setting

Current Testing No.	Software Calibration at		
	0.5 A	2 A	5 A
1	0.5021	2.0031	5.0000
2	0.4935	1.9999	5.0001
3	0.4983	2.0000	4.9999
4	0.5012	1.9923	5.0012
5	0.5000	1.9983	5.0033
6	0.4998	2.0001	4.9992
7	0.5001	1.9988	4.9921
8	0.5003	2.0010	4.9998
9	0.4999	1.9997	4.9999
10	0.5000	2.0002	5.0000



รูปที่ 4.9 Voltage Precision Comparison

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 Current Precision Comparison

4.2.3 ความเร็วของระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ

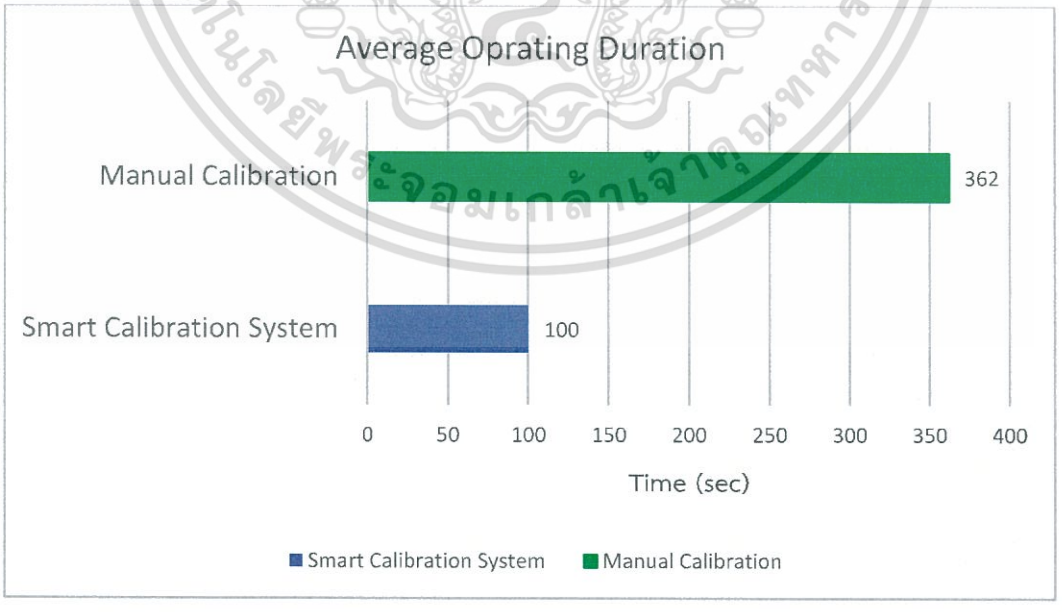
จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.11 พบว่าระยะเวลาการสอบเทียบของการใช้คนปรับเทียบกับการใช้ระบบสอบเทียบอัจฉริยะนั้นมีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง สังเกตจากค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการสอบเทียบการใช้คนปรับเทียบกับการใช้ระบบสอบเทียบอัจฉริยะได้เป็น 365 และ 100 ตามลำดับ จึงสามารถประมาณการระยะเวลาที่ลดลงไปได้ถึง 3.5 เท่า หรือ 350%

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ระบบการสอบเทียบอัจฉริยะนี้สามารถลดระยะเวลาการดำเนินงานการสอบเทียบได้อย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 Conventional and Smart Calibration Comparison

Testing Number	Manual Calibration (s)	Smart Calibration System (s)
1	359	100
2	330	109
3	367	100
4	401	101
5	395	100
6	365	109
7	327	100
8	374	100
9	348	109
10	356	101
Average Time (s)	362.2 ≈ 362	109.9 ≈ 100



รูปที่ 4.11 Average Duration of Calibrating Operation

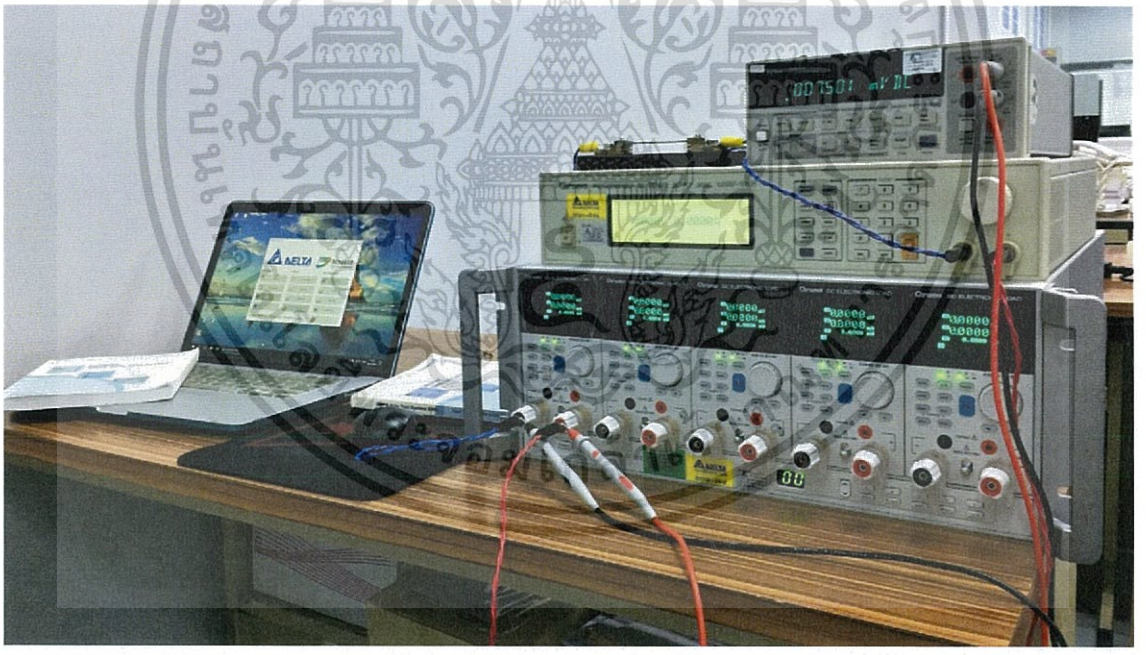
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ความสะดวกของระบบการสอบเทียบอัจฉริยะ

การใช้งานสามารถติดตั้งซอฟต์แวร์แล้วนำสายต่อเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและอุปกรณ์เข้าด้วยกันกับกับคอมพิวเตอร์ เพียงเท่านี้ก็สามารถเชื่อมต่อระบบและควบคุมการดำเนินการสอบเทียบได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปติดตั้งในคอมพิวเตอร์เครื่องที่เพื่อไปบริการการสอบเทียบนอกสถานที่ได้เช่น

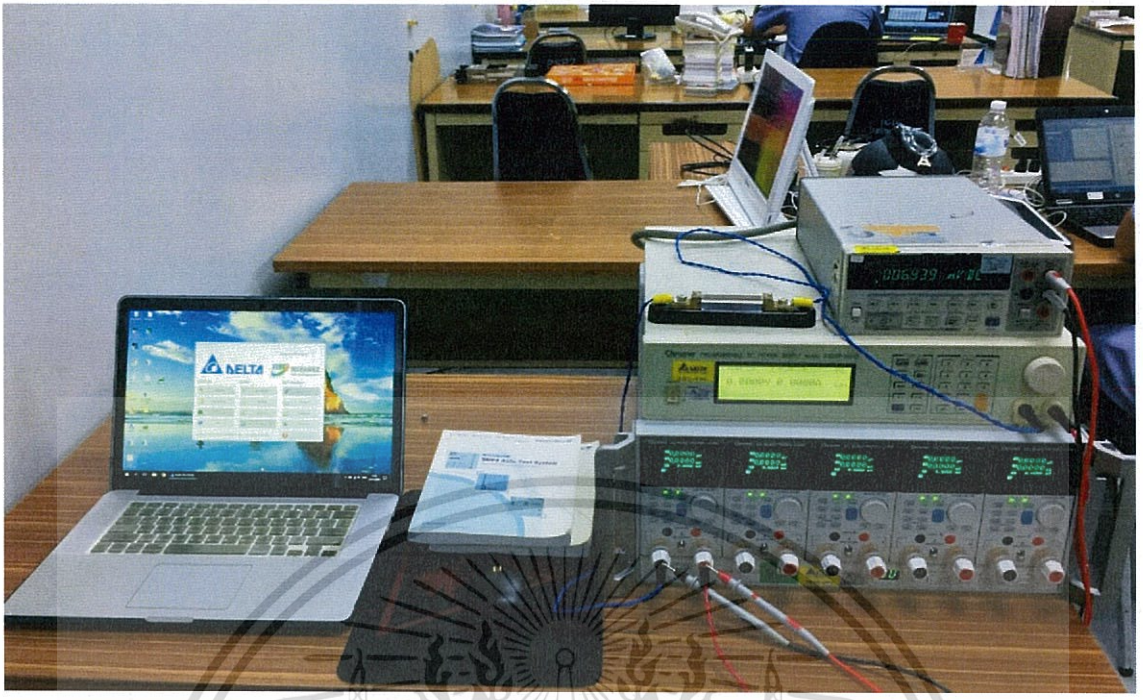
การเลือกใช้และแก้ไขโปรแกรมสำหรับแต่ละชนิด ยี่ห้อและรุ่น ของเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าสามารถทำได้โดยเลือกตามที่มีไว้ให้เลือกอยู่แล้ว หรือถ้าไม่มีก็สามารถทำการสร้างโปรแกรมขึ้นมาใหม่กำหนดและตั้งค่าตัวแปรและรูปแบบต่างๆได้เองเช่นกัน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ระบบการสอบเทียบอัจฉริยะนี้เป็นระบบที่สะดวกในการใช้งาน ยืดหยุ่นในการทำงาน ใช้งานง่ายและรวดเร็ว

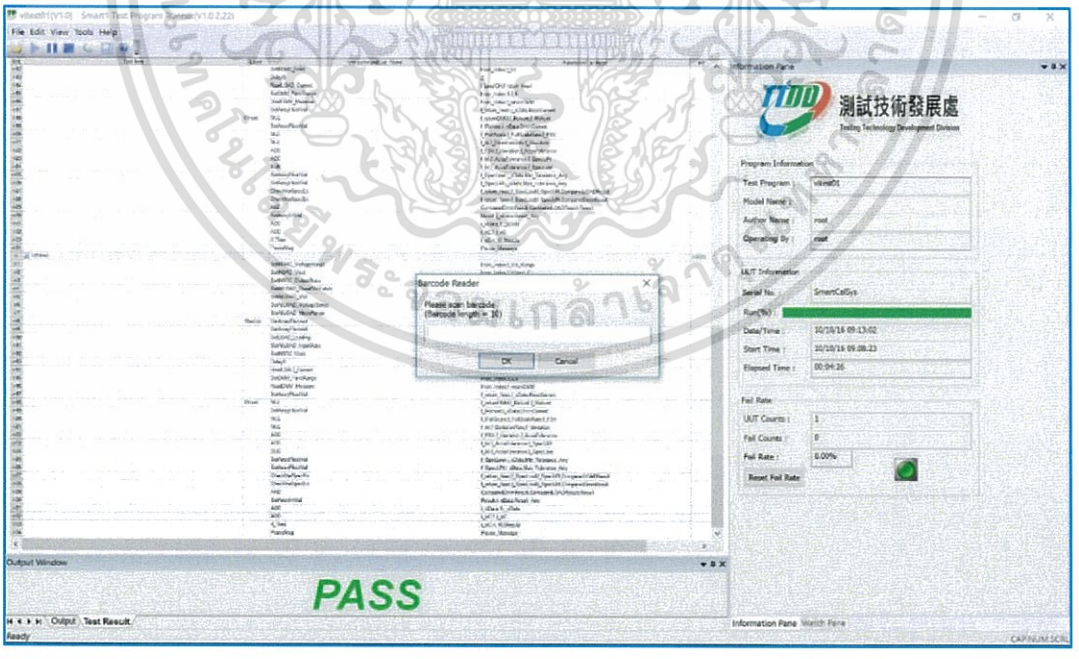


รูปที่ 4.12 Smart Calibration System for the Laptop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 Smart Calibration System for on-site calibration service



รูปที่ 4.14 Smart Calibration System Testing Result

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TESTING ITEM: DC VOLTAGE /CH.2 (63640-80-80)

RANGE: 0 ~ 80 V.

ACCURACY: +/- 0.5%+0.1%FS.

STANDARD (V)	READING BEFORE CA	READING AFTER CAL.	TOLERANCE	RESULT
1.0000	1.0002	NO ADJUST	0.9195 - 1.0805	PASS
10.000	10.000	"	9.915 - 0.085	PASS
30.000	29.996	"	29.905 - 30.095	PASS
50.000	49.994	NO ADJUST	49.895 - 50.105	PASS

TESTING ITEM: DC CURRENT/CH.2 (63640-80-80)

RANGE: 0 ~ 0.8,0 ~ 8, 0 ~ 80 A

ACCURACY: +/- 0.1%+0.1%FS.

SETTING	STD. READING BEFOR	STD. READING AFTER	TOLERANCE	RESULT
0.5000	0.4997	NO ADJUST	0.4987 - 0.5013	PASS
0.8000	0.9995	"	0.7984 - 0.8016	PASS
----------	----------	----------	----------	----------
1.0000	0.9975	NO ADJUST	0.991 - 1.009	PASS
5.0000	4.9860	"	4.987 - 5.013	PASS
8.0000	7.9860	"	7.912 - 8.088	PASS
----------	----------	----------	----------	----------
1.000	0.9850	NO ADJUST	0.9190 - 1.0810	PASS
10.000	9.9850	"	9.9100 - 10.0900	PASS
30.000	29.970	"	29.8900 - 30.110	PASS
50.000	49.965	NO ADJUST	49.8700 - 50.130	PASS

รูปที่ 4.15 System Report

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทวิจารณ์และสรุปผลการดำเนินงาน

ผลจากการดำเนินงานตามขั้นตอน ผลของโครงงานที่ได้คือ ระบบการสอบเทียบอัจฉริยะช่วยลดเวลาการดำเนินงาน ปฏิบัติงานอย่างอัตโนมัติได้และอย่างมีมาตรฐาน การอบรมผู้มีส่วนเกี่ยวข้องให้สามารถเข้าใจ ปฏิบัติงานได้ และประยุกต์ต่อยอดให้เกิดประโยชน์ได้อีก เนื่องจากระบบไม่ซับซ้อน วิศวกรจึงเข้าได้ง่ายและรวดเร็ว ร่วมถึงการศึกษาและหาข้อมูลต่างๆด้วยความช่วยเหลือของบุคลากร ณ บริษัทแห่งนี้ ตลอดจนอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาซึ่งได้ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี ทำให้ปัญหาต่างๆสามารถผ่านไปได้ด้วยดี

การเรียนรู้ทำความเข้าใจหลักการสอบเทียบเพื่อสร้างระบบอัตโนมัติแทนที่การสอบเทียบโดยมนุษย์เป็นพัฒนาระบบขององค์กรอย่างหนึ่งเพื่อให้ระบบการทำงานมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลโดยรวมดีขึ้น การดำเนินงานด้าน Hardware นั้นมีอุปกรณ์และเครื่องมือวัดหลายอย่างที่ต้องทำความเข้าใจ เพื่อใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด และในส่วนของ Software เป็นการดำเนินงานที่ใช้เวลาไม่นานแต่ค่อนข้างยากในการสร้าง Algorithm ที่ใช้งานได้ดี ร่วมถึงหลักพื้นฐานอย่างการควบคุมและการหาค่าที่เหมาะสม (Control and Optimization) สำหรับระบบคืออุปกรณ์และเครื่องมือวัดเหล่านี้ เพื่อให้ทุกอย่างทำงานด้วยกันอย่างสมบูรณ์แบบที่สุด

ระบบการสอบเทียบอัจฉริยะสามารถทำให้การสอบเทียบนั้นมีเป็นระบบที่มีมาตรฐานด้วยความแม่นยำและเที่ยงตรง รวดเร็วและเชื่อถือได้ และด้วยความยืดหยุ่นจึงสามารถนำไปใช้งานได้ง่ายทั้งยังมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดีกว่าการสอบเทียบแบบทั่วไป

ระบบการสอบเทียบอัจฉริยะเป็นโครงงานที่ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ได้ถูกวางแผนไว้ การดำเนินงานตามขั้นตอนดำเนินการเป็นไปตามตารางเวลาการดำเนินงานที่ได้วางแผนไว้ เป็นงานที่มีความท้าทายสูงเพราะ นอกจากต้องใช้ความรู้ความสามารถทางวิศวกรรมแล้ว ยังต้องใช้ทักษะเข้าสังคมและการสื่อสารที่ดี เนื่องจากต้องปฏิบัติงานกับบุคลากรจากหลายฝ่ายที่แตกต่างกันทั้งในหลายด้าน สิ่งเหล่านี้เป็นองค์ประกอบในการทำงานที่สำคัญ เพื่อสิ่งที่ได้รับมอบหมายมาสำเร็จจึงต้องใช้ความขยัน อดทน ซื่อสัตย์และสติปัญญาในการดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

1. ข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับอุปกรณ์ เครื่องมือและซอฟต์แวร์ ส่วนใหญ่เป็นความลับและยากจะเข้าถึงข้อมูลเหล่านั้น
2. ข้อมูลบางอย่างยากแก่การทำความเข้าใจในระยะเวลาอันสั้น
3. อุปกรณ์และเครื่องมือวัดมักมีปัญหาบ้างระหว่างการดำเนินงาน อย่างเครื่องมือวัดทำงานค้าง, มีความร้อนสูงเกินอุณหภูมิเกินค่าที่ออกแบบมา หรือทำงานไม่ได้ตามเป้าหมาย ซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุ
4. การเชื่อมต่ออินเตอร์จำเป็นต้องไปขอรหัส Wi-Fi ทุกวันเป็นเรื่องลำบากในการทำงาน
5. การเข้าถึงพื้นที่การทำงานบางอย่างไม่ได้ เพราะอุปกรณ์ เสื้อ หมวก และอื่นๆ
6. ระบบขององค์กรยังจัดการได้ไม่ดีพอในหลายๆเรื่อง อย่างห้องน้ำ การเดินทางหรือที่พักสวัสดิการต่างๆ

5.3 แนวทางการแก้ไข

1. ขอความช่วยเหลือจากบุคลากรในองค์กรเพื่อให้จัดหาข้อมูลเหล่านั้น
2. ขอความอนุเคราะห์จากบุคลากรในองค์กรให้สอนวิธีทำความเข้าใจข้อมูลเหล่านั้น
3. พึ่งประสบการณ์ของบุคลากรในองค์กร เพราะหลายอย่างเราไม่สามารถทำให้ผ่านไปได้ด้วยประสบการณ์ของตนเองอย่างเดียว
4. ปรับปรุงระบบองค์กรเผื่อสนับสนุนการทำงานสำหรับนักศึกษาฝึกงาน
5. ควรมอบให้หรือให้ยืมอุปกรณ์สำหรับการเข้าถึงทุกพื้นที่ในการทำงาน
6. ปรับปรุงระบบให้ทันสมัยหรือว่าจ้างบริษัทจัดการมาช่วยในการบริหารจัดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] "**ข้อมูลน่ารู้ด้านการสอบเทียบ**" เข้าถึงได้จาก : http://www.mit.in.th/htmlthai/knowledge /detail /index.php?kn=39 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 7 กันยายน 2559)

[2] "**Power Supply**" เข้าถึงได้จาก : http://pcconsole-knowledge.blogspot.com/2013/06/ power-supply.html (วันที่สืบค้นข้อมูล : 10 กันยายน 2559)

[3] "**ประวัติภาษา C++**" เข้าถึงได้จาก : http://champlevelmm.blogspot.com/2014 /05/c.html (วันที่สืบค้นข้อมูล : 10 กันยายน 2559)

[4] "**Electronic Load**" เข้าถึงได้จาก : http://www.technotestsystem.com/14952232/โหลดอิเล็กทรอนิกส์ (วันที่สืบค้นข้อมูล : 11 กันยายน 2559)

[5] "**มัลติมิเตอร์**" เข้าถึงได้จาก : https://krumontrikhongdej.wordpress.com/มัลติมิเตอร์-multi-meter/ (วันที่สืบค้นข้อมูล : 11 กันยายน 2559)

[6] "**GPIB Interface**" เข้าถึงได้จาก : http://www.mechatronics4u.com/index.php?lite=article&qid =341360 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 11 กันยายน 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Hardware Information

ก.1 Electronic Load

เป็นเครื่องที่ทำงานเป็นเสมือนภาระหรือ Load แบบทางอิเล็กทรอนิกส์ ในรูปแบบโหลดกระแสตรง (DC) และกระแสสลับ (AC) ที่สามารถปรับเปลี่ยนขนาดแรงดัน (voltage) และ กระแสไฟ (Current) ของโหลดได้ตามที่ต้องการ

ส่วนโหมด (mode) การตั้งค่าของโหลดอิเล็กทรอนิกส์มีดังนี้

1. Constant Current; CC
2. Constant Voltage; CV
3. Constant Power; CP
4. Constant Resistance; CR

ทั้งนี้การเลือกโหมดใช้งานนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของการทดสอบนั้น โหลดอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากใช้งานกับการทดสอบคุณสมบัติ-คุณภาพของเครื่องมือ/อุปกรณ์ต่างๆ เช่น แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply), แบตเตอรี่, LED driver เป็นต้น และโหลดที่ใช้ในโครงงานนี้คือ

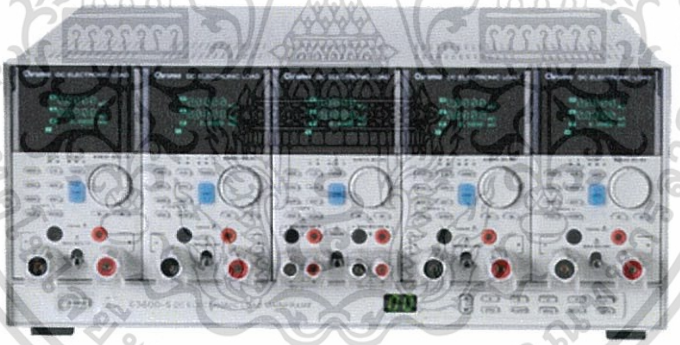
Chroma DC Electronic Load

36300-5 (Mainframe)

- Max. power : 100W×2(Dual), 300W & 400W
- Voltage range : up to 600V
- 5 module mainframe Max. 2000W, load modules up to 400W/ea
- Up to 10 channels in one mainframe, fit for testing multiple output SMPS
- 0.4V @ 80A (Typical) low voltage operating characteristics
- Flexible CC, CR, CV and CP operation modes
- CZ mode for turn on capacitive load simulation
- Parallel mode for high current and power application up to 2kW
- Multi channel synchronous control
- Auto frequency sweep up to 50kHz
- Real time power supply load transient response simulation and Vpk+ / - measurement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- User defined waveform
- Max. Power Point Tracking
- User programmable 100 sequential front panel input status for user- friendly operation
- Precision voltage and current measurement
- Precision high speed digitizing measurement/ data capture
- Voltage, current and Pmax measurement for OCP/OLP testing
- Timing measurement for batteries
- Short circuit simulation
- Self-test at power-on
- Full protection : OC, OP, OT protection and OV alarm
- Ethernet, USB and GPIB interfaces



รูปที่ ก.1 Chroma DC Electronic Load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 Multimeter

เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งของช่างไฟฟ้า – วิทยุโทรทัศน์ และช่างอิเล็กทรอนิกส์ ใช้สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้าหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า วัดกระแสไฟฟ้าและวัดค่าความต้านทานเป็นต้น แต่เดิมเครื่องมือวัดพวกนี้จะแยกชุดออกจากกัน เช่น สำหรับไฟ AC หรือไฟสลับก็เรียกว่า เอซี โวลท์มิเตอร์ (AC volt meter) หรือใช้วัดค่าความต้านทานก็เรียกว่า โอห์มมิเตอร์ (ohm meter) เป็นต้น ซึ่งเป็นการยุ่งยากสำหรับช่างที่จะต้องพกเครื่องมือประเภทนี้ไปหลายๆ อย่าง เพื่อเป็นการประหยัดและให้เกิดความคล่องตัวในการใช้งาน จึงได้มีการพัฒนานำเอาเครื่องมือแต่ละชิ้นมารวมอยู่ในตัวเดียว เพื่อความสะดวกสบายเราจึงเรียกเครื่องมือชิ้นนั้นว่า มัลติมิเตอร์ (multi meter) หมายถึงเอา มิเตอร์หลายๆ ชนิดมารวมอยู่ในตัวเดียวกันโดยทั่วๆไปแล้วช่างทั่วๆไปเรียกกันว่า มิเตอร์ คือ มัลติมิเตอร์ นั่นเอง

มัลติมิเตอร์ ประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1. Ohm meter เครื่องวัดค่าความต้านทาน
2. Volt meter เครื่องวัดค่าแรงเคลื่อนหรือแรงดันไฟฟ้า
3. Amp meter เครื่องวัดค่ากระแสไฟตรง

ทั้งหมดนี้รวมเรียกว่า multimeter หรือ (V.O.M. meter)

หลักการทั่วๆไปเครื่องมือวัดชนิดนี้มีการพัฒนามาจากเครื่องมือวัดสมัยโบราณที่เรียกว่า กัลวาโนมิเตอร์ (galvanometer) ซึ่งประกอบด้วยขดลวด แม่เหล็ก และเข็มสำหรับชี้ค่า เมื่อเราป้อนกระแสไฟเข้าไปที่ขดลวดก็จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะผลักดันกับอำนาจของสนามแม่เหล็กแม่เหล็กถาวรทำให้เข็มชี้งยึดติดอยู่เกิดการเคลื่อนที่ หลังจากนั้นมนุษย์ก็พัฒนามาเรื่อยๆ จนกระทั่งเป็นผลสำเร็จที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้มีหลายแบบหลายรุ่น ซึ่งในปัจจุบันแบ่งเป็น

1. V.O.M. (meter- ohm- miliamp meter)
2. V.T.V.M. (vacuum tube volt meter)
3. T.V.M. (transistor volt meter)
4. D.M.M. (digital multi meter)

ในที่นี้จะพูดเฉพาะ V.O.M. meter เท่านั้นและก็จะชี้ชัดไปที่มิเตอร์ ยี่ห้อ sanwa รุ่น YX – 360 TR เพราะว่ารุ่นนี้ใช้แพร่หลายมากราคาถูก ถ้าศึกษาให้เข้าใจดีแล้วไม่ว่ายี่ฮ้อใดก็ใช้ได้เหมือนกันเพราะหลักการต่างๆ เหมือนกันแต่ประสิทธิภาพในการวัดนั้นก็อาจคลาดเคลื่อนกันบ้าง ทั้งนี้และทั้งนั้นขึ้นอยู่กับราคา ถ้าราคาแพง ก็วัดได้ละเอียดขึ้นไป แต่ก็ใกล้เคียงกันทั้งวิธีใช้และการบำรุงรักษา ก่อนที่จะใช้เครื่องมือชนิดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องศึกษาดูว่าปุ่มปรับต่างๆ นั้นมีหน้าที่อย่างไร จะใช้อย่างไรตั้งตรงไหนเพื่อใช้ได้ไม่ผิดพลาด อุปกรณ์ก็ไม่ชำรุดมีอายุการใช้งานทนทาน และมัลติมิเตอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้คือ

Agilent 6½ Digital Multimeter

34401A

- Power Supply : 100 V/120 V/220 V/240 V ±10%.
- Power Line Frequency : 45 Hz to 66 Hz and 360 Hz to 440 Hz, Automatically sensed at power-on.
- Power Consumption : 25 VA peak (10 W average).
- LO to ground : 500 Vpk.
- HI to LO : 1000 VDC or 750 VAC (1000 Vpk).
- HI to ground : 1500 Vpk.
- Input Protection : Externally accessible 3 A 250 V fuse and Internal 7 A 250 V fuse.
- Relative to calibration standards.
- 750 V range limited to 100 kHz or 8 x 107 Volt-Hz.
- Specifications are for 4-wire ohms function or 2-wire ohms using Math Null. Without Math Null, add 0.2 additional error in 2-wire ohms function.

รูปที่ ก.2 Agilent 6½ Digital Multimeter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 GPIB (IEEE 488)

รูปที่ ก.3 GPIB (IEEE 488)

General Purpose Interface Bus เป็นการขนถ่ายข้อมูลระบบใหม่ที่พึ่งได้รับความนิยม แม้ว่าจะได้รับการพัฒนาโดยบริษัท Hewlett-Packard ตั้งแต่ปลายทศวรรษ 1960 และได้พัฒนาจนกระทั่งได้รับมาตรฐานจาก Institute of Electrical and Electronic Engineer (IEEE) ในปี 1975 ซึ่งต่อมารู้จักกันในชื่อ IEEE 488 standard

จุดประสงค์แรกของ GPIB คือใช้ในการควบคุมเครื่องมือวัดโดยคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตาม จุดประสงค์ได้เปลี่ยนแปลงไปบ้างแล้ว โดยการนำ GPIB มาใช้ควบคุมและติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยกันหรือระหว่างคอมพิวเตอร์ กับ scanner หรือเครื่องมือวัดอื่นๆ ในระยะหลายปีที่ผ่านมาเราจะพบว่าเครื่องคอมพิวเตอร์บางรุ่นเริ่มมี GPIB ติดมาเป็นอุปกรณ์มาตรฐานของเครื่องแล้ว

GPIB เป็นการติดต่อแบบใหม่ที่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์หลายชิ้นเข้ากับ GPIB Port ตัวเดียวได้ โดยสามารถต่ออุปกรณ์ได้สูงถึง 15 ชั้น โดยใช้ bus เพียงตัวเดียว ทำให้ประหยัด (และป้องกันเรื่องปวดหัวในการ set อุปกรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนข้อดีอื่นๆ มีดังนี้

1. ส่งผ่านข้อมูลด้วยวิธีแบบขนาน ครั้งละ 1 byte (8-bits)
2. Hardware จะเป็นผู้จัดการเรื่อง Handshaking, timing และอื่นๆ
3. อัตราการส่งผ่านข้อมูล 800 Kbytes/sec หรือมากกว่า ซึ่งนับว่าเร็วมากเมื่อเทียบกับ port แบบเก่า
4. ใช้คำสั่ง ASCII ในการติดต่อ และอื่นๆ อีกหลายประการ

ถึงตรงนี้อาจสงสัยว่า ถ้าหากว่าเรามี GPIB Port ซึ่งมีประสิทธิภาพตามที่กล่าวมาแล้วและมีราคาถูกมากหรืออาจติดตั้งมาพร้อมกับคอมพิวเตอร์แล้ว ทำไมเราจะต้องซื้อ DAQ Card มาใช้อีก สิ่งที่เราต้องเข้าใจในอันดับแรกคือ GPIB Port ไม่สามารถทำให้คอมพิวเตอร์ติดต่อโดยตรงกับ Transducer ได้ GPIB Port จะเป็นการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ที่มี GPIB Port เท่านั้น ซึ่งอุปกรณ์ที่มี GPIB Port ติดตั้งอยู่ก็มักจะเป็นอุปกรณ์ประเภทเครื่องมือวัดเช่น Oscilloscope, Multimeter ซึ่งเป็น Actual Instrument อยู่แล้ว ดังนั้นการส่งผ่านข้อมูลจึงเป็นข้อมูลที่อ่านค่าได้เรียบร้อยแล้ว เพราะบนเครื่องมือเหล่านั้นจะมีระบบ Signal Processing อยู่ในตัวเองเรียบร้อยแล้ว

อย่างไรก็ตาม สำหรับการใช้งานร่วมกับโปแกรม LabVIEW ติดต่อกับอุปกรณ์อื่นโดยผ่านทาง GPIB Port นั้น สามารถที่จะทำให้เราสามารถเพิ่มศักย์ภาพของเครื่องมือ และสามารถนำค่าที่ได้จากเครื่องมือไปใช้ควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 Power Supply

เป็นอุปกรณ์หลักที่คอยจ่ายไฟให้กับชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆทั้งหมดภายในเครื่อง มีรูปร่างเป็นกล่องสี่เหลี่ยมติดตั้งอยู่ภายในตัวเคส (สามารถถอดเปลี่ยนได้) ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ตามบ้านจาก 220 โวลต์ให้เหลือเพียงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) 3 ชุดคือ 3.3 และ 5 โวลต์ เพื่อจ่ายไฟให้กับวงจรชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ และ 12 โวลต์ เพื่อจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ของอุปกรณ์ดิสก์ไดรว์ต่างๆรวมถึงพัดลมระบายอากาศด้วย

ปัจจุบันเพาเวอร์ซัพพลายที่จะนำมาใช้ควรมีกำลังไฟตั้งแต่ 400 วัตต์ขึ้นไป ทั้งนี้ก็เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆทั้งหมดที่อยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์นั่นเอง สำหรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ตามบ้าน (ประเทศไทย) โดยทั่วไปจะอยู่ที่ 200-250 VAC พร้อมกระแสไฟประมาณ 3.0-6.0 A และความถี่ที่ 50Hz ดังนั้นเพื่อให้ชิ้นส่วนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้ เพาเวอซัพพลายจะต้องแปลงแรงดันไฟ AC ให้เป็น DC แรงดันต่ำในระดับต่างๆ รวมถึงปริมาณความต้องการของกระแสไฟฟ้าที่จะต้องจ่ายให้กับชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆด้วย โดยระดับของแรงดันไฟ (DC Output) ที่ถูกจ่ายออกมาจากเพาเวอร์ซัพพลายแต่ละรุ่น/ยี่ห้อจะใกล้เคียงกัน แต่ปริมารสูงสุดของกระแสไฟ (Max Current Output) ที่ถูกจ่ายออกมานั้นอาจไม่เท่ากัน (แล้วแต่รุ่น/ยี่ห้อ) ซึ่งมีผลต่อการนำไปคำนวลค่าไฟโดยรวม (Total Power) ที่เพาเวอร์ซัพพลายตัวนั้น จะสามารถจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆได้ด้วย โดยในที่นี้จะยกตัวอย่างรายละเอียดจากเพาเวอร์ซัพพลายยี่ห้อ Enermax ตะกูล Coolergiant รุ่น EG701AX-VH(W) ที่ให้กำลังไฟโดยรวมประมาณ 600 วัตต์ (Watt)

ประเภทของ Power Supply แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่คือ

1. AT เป็นแหล่งจ่ายไฟที่นิยมใช้กันในประมาณ 4-5 ปีก่อน (พ.ศ. 2539) โดยปุ่มเปิด - ปิด การทำงานเป็นการต่อตรงกับแหล่งจ่ายไฟ ทำให้เกิดปัญหากับอุปกรณ์บางตัว เช่น ฮาร์ดดิสก์ หรือซีพียู ที่ต้องอาศัยไฟในชั่วขณะหนึ่ง ก่อนที่จะเปิดเครื่อง (วิธีดูง่ายๆ จะมีสวิตช์ปิดเปิด จากพาวเวอร์ซัพพลายติดมาด้วย)

2. ATX เป็นแหล่งจ่ายไฟที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยมีการพัฒนาจาก AT โดยเปลี่ยนปุ่มปิด - เปิดต่อตรงกับส่วนเมนบอร์ดก่อน เพื่อให้ยังคงมีกระแสไฟหล่อเลี้ยงอุปกรณ์ก่อนที่จะปิดเครื่อง ทำให้ลดอัตราเสียของอุปกรณ์ลง โดยมีรุ่นต่างๆ ดังนี้

3. ATX 2.01 แบบ PS/2 ใช้กับคอมพิวเตอร์ทั่วๆไปที่ใช้ตัวถังแบบ ATX สามารถใช้ได้กับเมนบอร์ดแบบ ATX และ Micro ATX

4. ATX 2.03 แบบ PS/2 ใช้กับคอมพิวเตอร์แบบ Server หรือ Workstation ที่ใช้ตัวถังแบบ ATX (สังเกตว่าจะมีสายไฟเพิ่มอีกหนึ่งเส้น ที่เรียกว่า AUX connector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ATX 2.01 แบบ PS/3 ใช้กับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ตัวถังแบบ Micro ATX และเมนบอร์ดแบบ Micro ATX เท่านั้น

และ Power Supply ที่ใช้ในโครงงงานนี้คือ

Chroma Programmable DC Power Supply

Model 62006P-100-25

- Voltage range : 0 ~ 100V.
- Current range : 0 ~ 25A.
- Power range : 600W, 1200W, 2400W, 5000W.
- Power Factor Correction (0.95).
- High-speed Programming.
- Precision V&I Measurements.
- Current sharing for parallel operation with Master/Slave Control.
- Auto Sequencing Programming: 10.
- Programs / 100 Sequences / 8 bit TTL.
- Voltage & Current Slew Rate Control.
- OVP, Current Limit, Thermal protection.
- Remote sense, 5V line loss compensation.
- APG (Analog Programmable Interface) with Isolated Analog Interface Card.
- Optional GPIB control with SCPI, Standard RS-232 and Standard USB interface.

รูปที่ ก.4 Chroma Programmable DC Power Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

Software Information

ข.1 Smart1

เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดน TTDD ของ Delta เพื่อใช้ในการดำเนินการต่างๆเกี่ยวกับเครื่องจักร, เครื่องมือวัด และอื่นๆ สามรถออกแบบโปรแกรม เก็บข้อมูลและรายงานผลได้ทั้งหมด

Management : สำหรับการการทุกอย่าง อาทิ Import, Export, Delete, Release เป็นต้น

H/W Configuration : จัดการ Hardware ที่ถูกใช้ในระบบ

Item Editor : สร้างโปรแกรม

Program Editor : จัดการโปรแกรมที่สร้าง

Program Runner : ใช้โปรแกรม

Text Reporter Editor : จัดการรายงาน

Text Reporter : รายงานผล

Chart Reporter : รายงานเป็นกราฟ

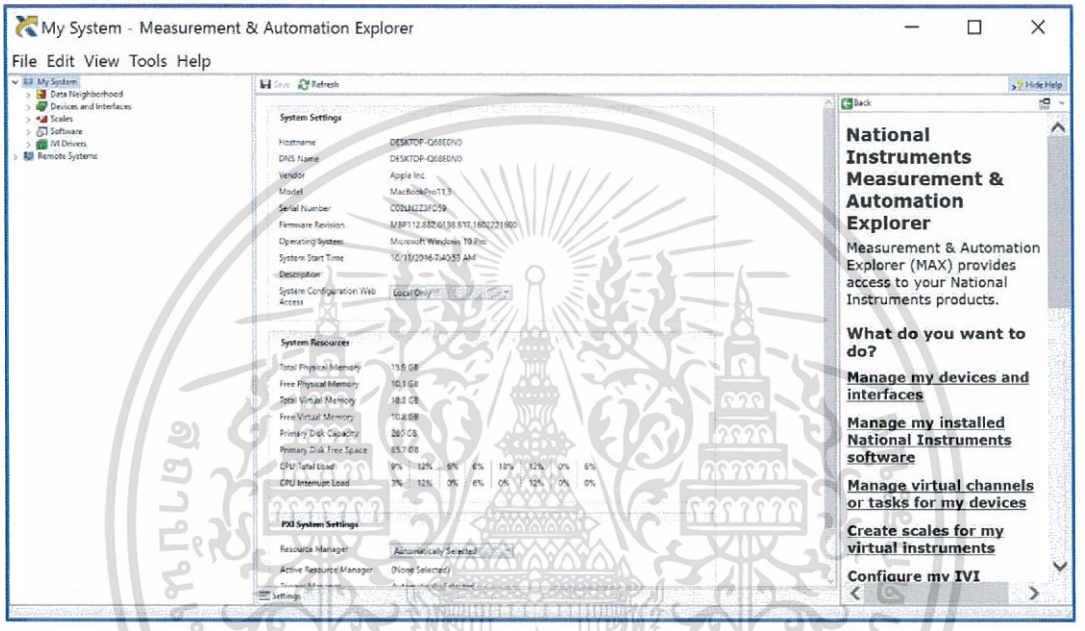
Help : สำหรับดูข้อมูลต่างๆที่ไม่เข้าใจสำหรับการใช้งาน

รูปที่ ข.1 Smart1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 NI MAX

National Instruments Measurement and Automation Explorer สำหรับการดูช่องทางการสื่อสารระหว่าง Hardware เป็นโปรแกรมที่ได้มากับ LabVIEW

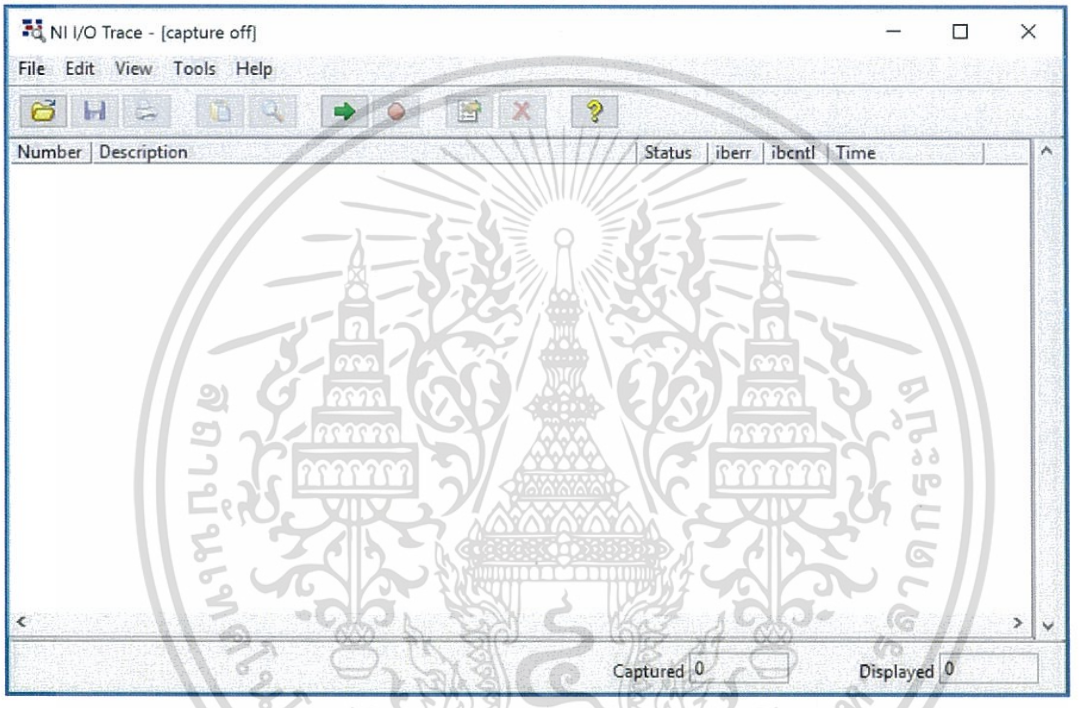


รูปที่ ข.2 NI MAX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 NI I/O Trace

National Instruments Inputs and Outputs Trace สำหรับดูข้อมูลเพื่อติดตามการสื่อสารระหว่าง Hardware



รูปที่ ข.3 NI I/O Trace

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

โปสเตอร์ (Poster)

รูปที่ ค.1 โปสเตอร์ (Poster)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้