การสอบเทียบ อุณหภูมิอัตโนมัติ

AUTOMATIC TEMPERATURE CALIBRATION

นายนวเรศ สุวรรณมงคล
นายพชิช นิ่มคำ
นายฉมภพ ดารุแสงฤทธิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสอบเทียบ อุณหภูมิอัตโนมัติ

AUTOMATIC TEMPERATURE CALIBRATION

นายนวเรศ สุวรรณมงคล
นายพชิช นิ่มคำ
นายสมภพ จารุแสงฤทธิ์

ปพ.
ท 2997
2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50230
วัน,เดือน,ปี 28 พ.ย. 2547

.b 00166388
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC TEMPERATURE CALIBRATION

NAVAREST SUWANNAMONGKOL

PACHIT NIMCOME

SOMPOP CHARUSAENGRIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FUCULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การสอบเทียบ อุณหภูมิอัตโนมัติ

AUTOMATIC TEMPERATURE CALIBRATION

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายนวเรศ	สุวรรณมงคล	รหัสประจำตัว	42010166
นายพชิช	นิ่มคำ	รหัสประจำตัว	42010216
นายสมภพ	จารุแสงฤทธิ์	รหัสประจำตัว	42010361

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2545

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ. ประสิทธ์ จุลเสรีวงศ์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2546

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(ผศ. ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การสอบเทียบ อุณหภูมิอัตโนมัติ	
	AUTOMATIC TEMPERATURE CALIBRATION	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายนวเรศ	สุวรรณมงคล
	นายพชิช	นิ่มคำ
	นายสมภพ	จารุแสงฤทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ประสิทธิ์	จุลเสรีวงศ์
ปีการศึกษา	2546	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษา และออกแบบโปรแกรมการสอบเทียบอุณหภูมิอัตโนมัติ โดยในห้องสอบเทียบทั่ว ๆ ไปมักใช้คนทำการสอบเทียบทำให้ค่าที่อ่านมีค่าผิดพลาด มากกว่าการใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความผิดพลาดน้อยมากเมื่อเทียบกับคน โดยปริญญานิพนธ์นี้เป็นการเพิ่มประสิทธิรูปของการสอบเทียบที่เป็นกรณีซ้ำซ้อนที่เป็นคนเดียวกันได้ โดยใช้คอมพิวเตอร์มาเป็นการจัดเอกสารในการสอบเทียบ และสามารถออกรายงานการสอบเทียบ โดยโปรแกรมแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับฮาร์ดแวร์ ส่วนที่สองเป็นส่วนในการคำนวณผลของการสอบเทียบอุณหภูมิ และส่วนของฐานข้อมูล โดยโปรแกรมจะแสดงผลทางคอมพิวเตอร์และพิมพ์ใบรับรองผลการสอบเทียบได้ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic ในการเขียนโปรแกรมการสอบเทียบอัตโนมัติ โดยไม่ต้องใช้คนมาทำการสอบเทียบอุณหภูมิได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic Temperature Calibration
Authors	Mr.Navarest Suwannamongkol
	Mr.Pachit Nincome
	Mr.Sompop Charusaengrit
Thesis Advisor	Asst.Porf.Prasit Julsereewong
Year	2002

ABSTRACT

This Thesis presents the study and design of Temperature Calibration. General Calibration room. Use a person to calibrate. So that have more error than use the computer program. This Thesis have increase the efficiency of Calibration using the computer for collect all Calibration data and Certification of Calibration. It has 3 part, First is the interface between computer and hardware. Second is calculator of temperature calibration and the last is the database of program to use to print Certificate and Visual Basic program to use to Automatic Temperature Calibration.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การสอบเทียบ อุณหภูมิอัตโนมัติ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน พี่ธีรวัฒน์ เทพมณี และพี่ วาทการ มูลไชยสุข ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และที่ลืมเสียมิได้คือ กราบขอบพระคุณของบิดา มารดา อันเป็นที่รักยิ่ง ที่สนับสนุน และเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขั้นตอนการศึกษา	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้งาน	2
2.1.1 การสอบเทียบเครื่องมือวัดอัตโนมัติ	2
2.1.2 การวัด	2
2.1.3 ความมุ่งหมายของการวัด	2
2.2 การสอบกลับได้ของเครื่องมือวัด (Test Equipment Tracebillity)	2
2.3 องค์ประกอบของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด	4
2.4 ความไม่แน่นอนของการวัดในงานสอบเทียบทางอุณหภูมิ	5
2.4.1 นิยามความผิดพลาดของการวัด	5
2.4.2 ชนิดของความผิดพลาด	5
2.4.2.1 ความผิดพลาดสุ่ม (Random Error)	5
2.4.2.2 ความผิดพลาดของระบบ (Systematic)	6
2.4.3 ความไม่แน่นอนของการวัด	6
2.4.3.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอน “Type A”	7
2.4.3.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอน “Type B”	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบส่วนการรับส่งข้อมูล	13
3.1 มาตรฐานการติดต่อที่ใช้รับส่งข้อมูล	13
3.2 มาตรฐานการอินเตอร์เฟส RS-232	13
3.3 มาตรฐานการอินเตอร์เฟส IEEE-488	15
3.3.1 โครงสร้างของ IEEE-488	15
3.3.2 มาตรฐานของ IEEE-488	15
3.3.3 รายละเอียดของ IEEE-488	15
3.3.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ IEEE-488 BUS	18
บทที่ 4 การออกแบบในส่วนระบบฐานข้อมูล	20
4.1 ส่วนประกอบของโปรแกรม	20
4.2 การทำงานของโปรกรม	20
บทที่ 5 การใช้โปรแกรมการสอบเทียบ	26
บทที่ 6 การทดลอง และผลการทดลอง	36
6.1 อุปกรณ์การทดลอง	37
6.2 วิธีการทดลอง	37
6.3 ข้อมูลส่วน Customer	37
6.4 ข้อมูลส่วน Employee	38
6.5 ข้อมูลส่วน UUT	38
6.6 ข้อมูลส่วน UUT Detail	38
6.7 สรุปผลการทดลอง	41
6.8 รูปอุปกรณ์การทดลองการสอบเทียบ	42
เอกสารอ้างอิง	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงหน่วย SI UNIT ทั้ง 7 หน่วย	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการตรวจสอบย้อนกลับได้ของเครื่องมือวัด	3
2.2 การแจกแจงปกติ	5
2.3 กราฟ Rectangular	8
2.4 กราฟ Triangular	9
2.5 กราฟ U-Shape	10
2.6 กราฟ Gaussian	11
2.7 กราฟ T-Distribution	12
3.1 แผนรูปคอนเนกเตอร์ DB-25 และ DB-9	14
3.2 ข้อมูลต่าง ๆ ของ IEEE-488	17
3.3 การเชื่อมต่อแบบเรียงต่อเนื่องกัน	18
3.4 การเชื่อมต่อแบบกระจาย	19
4.1 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของการเพิ่ม และการเปลี่ยนแปลงข้อมูล	21
4.2 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของการลบข้อมูล	22
4.3 การสอบเทียบอัตโนมัติ (Calibration) ซึ่งจะมี Procedure การทำงานดังรูป	23
4.4 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของการสอบเทียบ	24
4.5 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของการพิมพ์ใบรับรองการสอบเทียบ	25
5.1 แสดงถึงการป้อนรหัสผ่านก่อนเข้าสู่กระบวนการต่อไป	26
5.2 แสดงหน้าของหน้าแรกที่จะทำการสอบเทียบ	27
5.3 แสดงถึงหน้าจอในการรับข้อมูลของ Customer	27
5.4 แสดงถึงหน้าจอในการรับข้อมูลของ Employee	28
5.5 แสดงถึงหน้าจอในการรับข้อมูลของ Position	28
5.6 แสดงถึงหน้าจอ Total UUT	29
5.7 แสดงหน้าจอของ UUT	30
5.8 แสดงหน้าจอของ UUTDETAIL	30
5.9 แสดงหน้าจอของ STD	31
5.10 แสดงหน้าจอของ Calibration	31
5.11 แสดงหน้าจอของ Report	32
5.12 รูปแสดง Flow Chart ของคำสั่งในโปรแกรมการสอบเทียบอุณหภูมิ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
6.1	การต่ออุปกรณ์ทั้งหมด	36
6.2	การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องมือวัดอุณหภูมิ และเครื่องให้อุณหภูมิ	37
6.3	ป้อนรหัสผ่านก่อนทำการสอบเทียบ	37
6.4	แสดงถึงเข้ามาในส่วนของ FrontPage	39
6.5	แสดงหน้าจอของการสอบเทียบ	39
6.6	แสดงกล่องรับค่า Sock Time	40
6.7	แสดงถึงการทำการสอบเทียบอัตโนมัติ	40
6.8	แสดงกราฟในการสอบเทียบแต่ละจุด	41
6.9	สายการเชื่อมต่อระหว่าง RTD, TC กับ Digital Thermometer, Digital Multimeter	42
6.10	Platinum Resistance Thermometer	45
6.11	Thermocouple type K	43
6.12	Thermocouple type K	43
6.13	Dry-well, Digital Thermometer, Digital Multimeter, Computer	44
6.14	Printer	44
6.15	แสดงการนำ SRTD & UUT ลงไปจุ่มที่ Dry-well	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

เนื่องจากมนุษย์เรามีประสาทสัมผัสที่รับรู้ปริมาณของสิ่งต่าง ๆ รอบตัวเราจำกัดมาก เราจึงจำเป็นต้องสร้างเครื่องมือวัดขึ้นมาเพื่อช่วยให้เราสามารถใช้ประสาทสัมผัสที่รับรู้ได้จำกัดนี้ สามารถบอกค่าต่าง ๆ ได้อย่างแน่นอน และมีความหมายที่ทุกคนเข้าใจถูกต้อง เมื่อเป็นเช่นนี้เราจึงต้องเชื่อถือผลของการวัดจากเครื่องมือวัดว่าปริมาณที่วัดได้นั้นถูกต้อง การที่เราเชื่อว่าผลการวัดที่ได้จากเครื่องมือวัดจะมีความถูกต้อง ทั้งนี้เพราะเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นนั้นไม่สามารถคงสภาพทำงานได้เหมือนเดิมตลอดไปเพราะปัจจัยภายนอกหลายอย่าง

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทางกลุ่มจึงได้พัฒนาการสอบเทียบด้วยการทำ Soft ware การสอบเทียบอัตโนมัติขึ้น เพื่อให้ได้การสอบเทียบของเครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรง (Accuracy) ความแม่นยำ (Precision) และมีการจัดการกับข้อมูลที่ได้มาอย่างถูกต้องความสะดวก และลดความผิดพลาดต่างๆที่จะมีความเป็นไปได้ที่เกิดจากผู้ปฏิบัติการ

1.1 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาและออกแบบโปรแกรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางอุณหภูมิเพื่อนำไปใช้ในการสอบเทียบแบบอัตโนมัติ ที่จะให้ประโยชน์ในด้านความเที่ยงตรง ความแม่นยำ และมีการจัดการข้อมูลด้วยระบบฐานข้อมูลที่ถูกต้อง และสมบูรณ์ อีกทั้งลดความผิดพลาดส่วนของบุคคลที่ทำการสอบเทียบ

1.2 ขั้นตอนการศึกษา

การทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการศึกษาคำสั่งในการติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องสร้างอุณหภูมิ (DRY WELL) ด้วย RS 232 และการออกแบบโปรแกรมการสอบเทียบโดยให้เครื่องสร้างอุณหภูมิ (DRY WELL) เป็นตัวมาตรฐานของการสอบเทียบ จากนั้นก็พัฒนาต่อโดยใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ RTD แบบมาตรฐานมาใช้เป็นมาตรฐานในการสอบเทียบโดยเพิ่มการติดต่อด้วย GPIB Card และออกแบบในส่วนของระบบฐานข้อมูลเพื่อนำมาจัดการกับข้อมูลต่างๆที่จะได้จากการสอบเทียบและข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการออกใบ Certificate

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการทำปริญญานิพนธ์ทำให้สามารถออกแบบโปรแกรมในการสอบเทียบอุณหภูมิแบบอัตโนมัติได้ และมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาต่อเพื่อใช้ได้อย่างสมบูรณ์กับกิจการการสอบเทียบอุณหภูมิ และเป็นแนวทางในการสอบเทียบเครื่องมือวัดต่าง ๆ ให้มีการพัฒนาได้อย่างต่อเนื่องต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และหลักการ

2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้งาน

2.1.1 การสอบเทียบเครื่องมือวัดอัตโนมัติ

การที่เราจะใช้เครื่องมือวัดเพื่อที่จะอ่านที่เราต้องการ เช่นเราต้องการที่จะทราบอุณหภูมิตอนนี้ของห้อง ดังนั้นเราจะต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีความถูกต้องเพื่อที่เราจะได้นำข้อมูลไปใช้ได้ถูกต้อง เพราะฉะนั้นเราจะต้องมีการดูค่าความคลาดเคลื่อน ความถูกต้อง และความแม่นยำของเครื่องมือวัดนั้นเพื่อที่จะนำข้อมูลนั้นไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

2.1.2 การวัด

การวัด (Measurement) มีประวัติความเป็นมาที่จะพบหลักฐานที่ได้บันทึกไว้ไม่น้อยกว่า 3000 ปีก่อนคริสต์ศักราช และได้มีวิวัฒนาการควบคู่กับความเจริญทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มาอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการวัดถือว่าเป็นพื้นฐานของศิลปวิทยาทั้งปวง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแล้ว วิทยาศาสตร์ก็ไม่อาจเจริญเติบโตขึ้นได้เลย

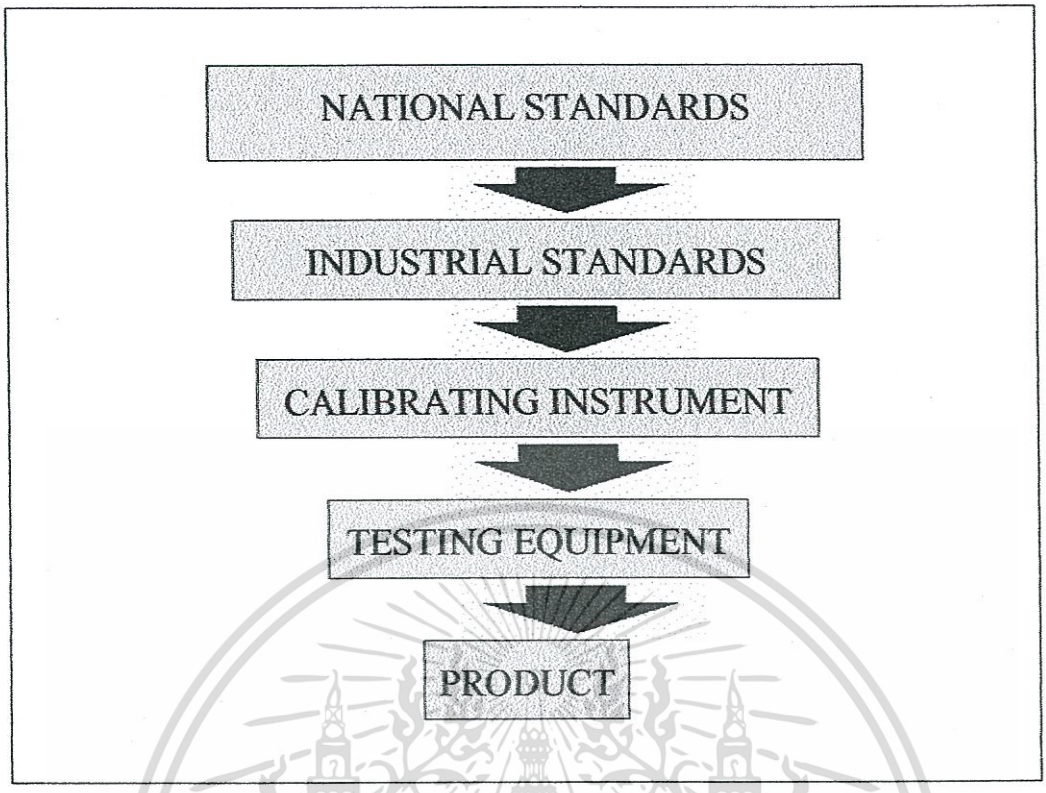
2.1.3 ความมุ่งหมายของการวัด

ความมุ่งหมายของการวัด คือ กระบวนการปฏิบัติเพื่อการตัดสินปริมาณต่าง ๆ อย่างแม่นยำ(Precision)และมีความเที่ยงตรง (Accuracy) โดยปราศจากความผิดพลาด(Error)แต่โดยธรรมชาติของการวัดนั้น การขจัดความผิดพลาดในการวัดออกไปโดยสิ้นเชิงนั้นย่อมเป็นไปไม่ได้เพราะ ไม่มีอุปกรณ์วัดใดที่มีประสิทธิภาพ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น มาตรวิทยา (Metrology) หรือศาสตร์แห่งการวัดจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการวัดที่หวังผลของความถูกต้องสูงสุดในปัจจุบัน ดังนั้นจึงมีคำกล่าวไว้ว่า "ปราศจากการวัด" คุณไม่สามารถกล่าวถึง "คุณภาพสินค้า หรือ "คุณภาพการบริการ" ได้

2.2 การสอบกลับได้ของเครื่องมือวัด (Test Equipment Tracebillity)

- การสอบกลับได้ของเครื่องมือวัด หมายถึงการบอกได้ของผลการวัดแต่ละครั้งที่เราทำการวัดห่างจากค่ามาตรฐานแห่งชาติหรือนานาชาติเท่าใด โดยสอบกลับไปยังมาตรฐานโดยไม่ขาดช่วง จากรูปที่ 2.1แสดงให้เห็นถึงความสามระสอบกลับได้ของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการผลิตว่าสามารถสอบย้อนกลับได้ถึงมาตรฐานแห่งชาติซึ่งอธิบายได้ดังนั้นคือส่วนล่างสุดคือสินค้าที่ผลิตเป็นส่วนที่ถูกวัดโดยใช้เครื่องมือวัดหรือทดสอบในการวัดจะเห็นได้ว่าสินค้าจะดีหรือไม่ดีเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงการตรวจสอบย้อนกลับได้ของเครื่องมือวัด

ก็อยู่ที่เครื่องมือวัด และทดสอบเป็นปัจจัยสำคัญ และเครื่องวัดที่ใช้ในการทดสอบก็จะต้องมีการรับการสอบเทียบเพื่อยืนยันค่าความถูกต้องเมื่อใช้ไปได้ระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งจะต้องสอบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานการวัดที่มีความถูกต้องดีกว่าและรู้ว่าความถูกต้อง เครื่องมือที่ใช้ในการสอบเทียบนี้เราเรียกว่า Calibrating Instrument และเครื่องมือที่ใช้เป็นตัวอ้างอิงในการสอบเทียบก็ยังต้องการเทียบมาตรฐานตามเวลา โดยจะสอบเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐานที่ดีกว่าเราเรียกอุปกรณ์มาตรฐานนี้ว่า Industrial Standards และก็เป็นในแนวทางเดิมก็คือ Industrial Standard จะต้องรับการสอบเทียบมาตรฐานกับเครื่องมือที่ดีกว่าซึ่งในระดับนี้ก็คือมาตรฐานแห่งชาติของประเทศต่าง ๆ นั้นเอง เป็นที่น่าสังเกตว่าการสอบย้อนนี้มิได้หมายถึงการส่งเครื่องมือวัดของเราไปยังห้องปฏิบัติการสอบเทียบระดับสูงเลยทีเดียวแท้จริงแล้วมีการสอบเทียบถ่ายทอดกันมาเป็นชั้น ๆ แต่ขบวนการนี้จะต้องทำกันอย่างต่อเนื่องจะขาดช่วงใดช่วงหนึ่งมิได้เลย

- ระบบหน่วยพื้นฐาน ระบบหน่วยสากล SI UNIT คือพื้นฐานการวัดในยุคปัจจุบันบางครั้งเราเรียกว่าระบบเมตริกสมัยใหม่ด้วยเหตุที่ว่าชื่อหลายหน่วยได้นำมาจากระบบเมตริกของฝรั่งเศส ดังจะเห็นได้ว่าคำย่อของ SI คือ System International D ' Unit ซึ่งก่อตั้งขึ้นในปี 1960 โดยการประชุมทั่วไปของการชั่ง และวัดซึ่งประเทศใหญ่ ๆ ต่างยอมรับการประชุมนี้ และใช้หน่วยนี้ในแง่ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากมายเช่น ในแง่กฎหมาย วิทยาศาสตร์ และ ทางวิชาการต่าง ๆ หน่วย SI ได้รับการยอมรับให้เป็นหน่วยพื้นฐานสากลในการวัดสมัยใหม่ทั้งหมด และ ยอมรับเป็นสากล หน่วย SI เป็น ชุดคำจำกัดความ ซึ่งห้องปฏิบัติการต่าง ๆ จะนำคำจำกัดความนั้นไปทำการทดลองให้เกิดค่านั้นขึ้นมาในการใช้งาน และ ค่าดังกล่าวจัดว่ามีความเป็นมาตรฐานที่ทุกคนยอมรับ และใช้อ้างอิงค่าการวัดต่าง ๆ อนึ่งในการสอบย้อนของเครื่องมือวัดจะสามารถสอบย้อนกลับมาถึงหน่วย SI Unit ได้ และหน่วยพื้นฐานในการวัดปัจจุบันมีอยู่ 7 หน่วยได้แก่

ตารางที่2.1 แสดงหน่วย SI UNIT ทั้ง 7 หน่วย

	Base Quantity	Name	Symbol
1.	ความยาว (Length)	เมตร (meter)	m
2.	มวล (Mass)	กิโลกรัม (kilogram)	kg
3.	เวลา (Time)	วินาที (second)	s
4.	กระแสไฟฟ้า (Electric current)	แอมแปร์ (ampere)	A
5.	อุณหภูมิ (Thermodynamic temperature)	เคลวิน (kelvin)	K
6.	ความเข้มของแสง (Luminous intensity)	แคนเดลลา (candela)	cd
7.	ปริมาณมวลสาร (Amount of substance)	โมล (mole)	mol

นอกจากหน่วยพื้นฐานทั้ง 7 แล้วยังมีหน่วยเสริม และหน่วยอนุพันธ์อีกมากมาย

2.3 องค์ประกอบของการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด

การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดจะต้องประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

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

และการวัดจะต้องทำด้วยวิธีที่เหมาะสม ข้อมูลต่อไปนี้ต้องชัดเจน คือ

1. คุณสมบัติจำเพาะที่เราจะทำการวัด
2. หน่วยที่จะทำการวัด
3. วิธีการวัดที่จะใช้สิ่งที่สัมพันธ์กับกระบวนการวัด การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน
4. การดำเนินการวัดจะต้องประกอบด้วยมาตรฐานอุปกรณ์การวัดและสิ่งที่จะไปเกี่ยวข้อง

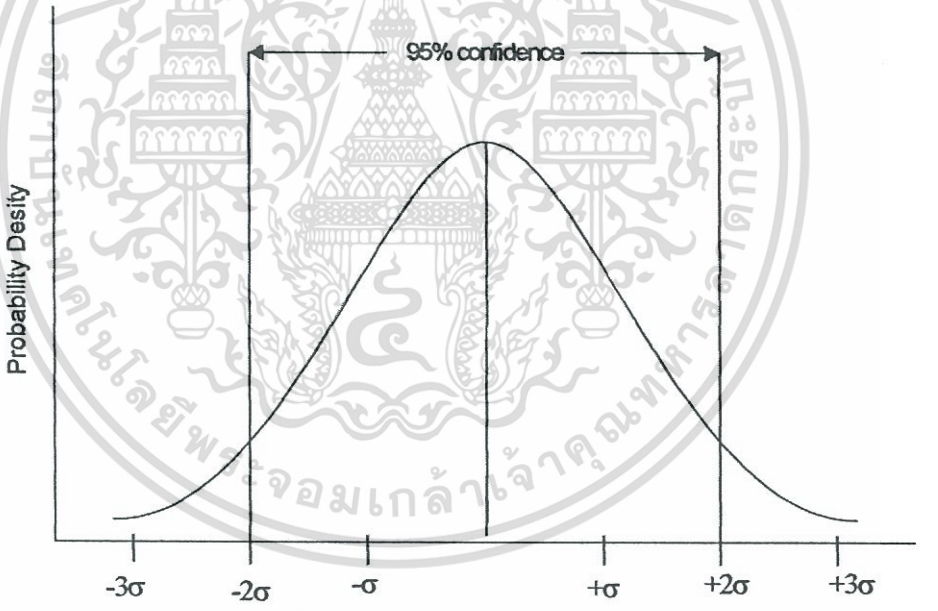
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความไม่แน่นอนของการวัด (Uncertainty of Measurement) ของงานสอบเทียบทางอุณหภูมิ

จากมาตรฐาน ISO-9000 , ISO/IEC 17025 กำหนดในเรื่องการวัด การสอบเทียบ ว่าจะต้องรู้ค่าความไม่แน่นอนของการวัดจึงจะทำให้รู้ว่า ผลการวัดใดๆที่ได้นั้นมีคุณภาพดีพอกับความต้องการของงานแต่ละงานหรือไม่ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานในด้านนี้จึงต้องรู้วิธีประเมินองค์ประกอบต่างๆ ด้วย

2.4.1 นิยามความผิดพลาดของการวัด

ความผิดพลาด (Error) คือ ความแตกต่างระหว่างผลของการวัดกับค่าจริงของปริมาณที่ทำการวัด หลังจากการแก้ไขค่า (Correction) แล้วในที่นี้เราขอใช้กราฟการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution Curve) ในการแสดงให้เห็นความหมาย คือเราต้องการให้ค่าจริงอยู่ในตำแหน่งตรงกลางของเส้นโค้ง แม้ว่าค่าจริงจะสามารถที่จะเป็นค่าใดๆก็ได้ภายใต้เส้นโค้งของกราฟ



รูปที่2.2 การแจกแจงปกติ

2.4.2 ชนิดของความผิดพลาด

โดยทั่วไปเราแบ่งความผิดพลาด (Error) เป็น 2 ชนิด

2.4.2.1 ความผิดพลาดสุ่ม (Random Error)

คือ ความแตกต่างระหว่างผลการวัดที่เกิดแบบคาดเดาไม่ได้ เกิดแบบไม่มีระเบียบแบบแผนแน่นอน มักจะมองเป็น "สิ่งรบกวนที่ไม่มีระเบียบแน่นอน" ในกระบวนการวัดความผิดพลาดสุ่มนี้จะถูกประเมินค่าโดยวิธีทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.2 ความผิดพลาดของระบบ (Systematic)

คือ ความแตกต่างจากค่าจริง ซึ่งเกิดจากความไม่สมบูรณ์ในระบบการวัดตามที่เรียกชื่อ ความผิดพลาดจากระบบเหล่านี้เป็นผลมาจากสิ่งที่วัดได้ (อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน) และมีผลกระทบสัมพันธ์กับค่าของปริมาณที่ทำการวัดสิ่งอื่นๆ เช่น การผิดพลาดจากตัวมาตรฐาน เป็นต้น การเกิดความผิดพลาดสุ่มในเวลาหนึ่ง อาจเป็นความผิดพลาดของระบบในอีกด้านหนึ่งได้

2.4.3 ความไม่แน่นอนของการวัด

คือผลการประเมินที่เจาะจงไปที่คุณสมบัติเฉพาะในช่วงที่คาดว่าค่าจริงของสิ่งที่จะวัดนั้นเป็นอยู่โดยทั่วไปจะระบุพร้อมด้วยค่าความน่าจะเป็นไปได้ด้วยค่าระดับความมั่นใจ(Confidence Level) กี่เปอร์เซ็นต์ แหล่งความไม่แน่นอนของการสอบเทียบเครื่องวัดอุณหภูมิ

ค่าความไม่แน่นอนจะมีมาจาก

- ค่าที่มาจากตัวเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่ใช้
- ค่าเสถียรภาพของเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่ใช้
- เครื่องวัดความต้านทาน หรือแรงดันไฟฟ้าที่ใช้
- ผลจากความร้อนในตัวเองของ PRT
- ผลจากสายวัดแรงดันที่รอยต่อ
- ผลจากการสอด หรือจุ่มตัววัดไม่ได้ตามมาตรฐาน
- ผิดพลาดจากการคำนวณค่าจากตารางค่ามาตรฐาน ohm หรือ mv กับอุณหภูมิ เป็นต้น
- อื่นๆ

วิธีประเมินค่าความไม่แน่นอน

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

แบบ A : ประเมินโดยการคำนวณจากชุดข้อมูลการวัดซ้ำๆกันหลายครั้งด้วยวิธีทางสถิติ

แบบ B : คือการประเมินโดยวิธีอื่นๆที่ไม่ใช่ "แบบ A"

ทั้งแบบ A และ B สามารถบอกความไม่แน่นอนด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยการใช้องค์ประกอบที่เหมาะสม โดยขึ้นอยู่กับการสมมุติความน่าจะเป็นของการกระจายค่า สำหรับโครงงานนี้เราเลือกทั้งแบบ A และ B มาใช้งานร่วมกัน โดยในส่วนของ Software ใช้ Type A ส่วน Hardware ใช้ Type B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอน "Type A"

1. เป็นการประเมินโดยใช้วิธีทางสถิติ ในการวิเคราะห์ชุดข้อมูลผลการวัดซ้ำๆ กันหลายๆครั้ง และพิจารณาความถี่ของการวัดได้ค่าซ้ำๆกัน จะได้ค่า n ครั้ง

2. จะได้ผลการวัดเป็น $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, \ldots, q_n$

3. คำนวณค่าเฉลี่ย

$$\bar{q} = \frac{\sum_{k=1}^{n} q_k}{n}$$

4. คำนวณค่า Standard deviation ของผลการวัด n ค่า

$$s(q_k) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n} (q_k - \bar{q}^2)}{(n-1)}}$$

5. คำนวณค่า Standard Deviation ของค่าเฉลี่ย

$$s(\bar{q}) = \frac{s(q_k)}{\sqrt{n}}$$

6. กำหนดค่า Type A Standard Uncertainty

$$u(x_i) = s(\bar{q})$$

7. คำนวณค่า The Degrees of Freedom

$$V_i = n - 1$$

2.4.3.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอน "Type B"

การพิจารณา Type B Uncertainty นั้น เราจะต้องคำนวณการเปลี่ยนข้อมูลที่ได้มาให้เป็น 1 Standard Uncertainty โดยการหารด้วยค่าๆหนึ่งที่ขึ้นอยู่กับลักษณะความเป็นไปได้ของการกระจายค่าความไม่แน่นอน (The Probability of the Uncertainty) ว่าเป็นแบบใดโดยมีองค์ประกอบในการประเมินดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

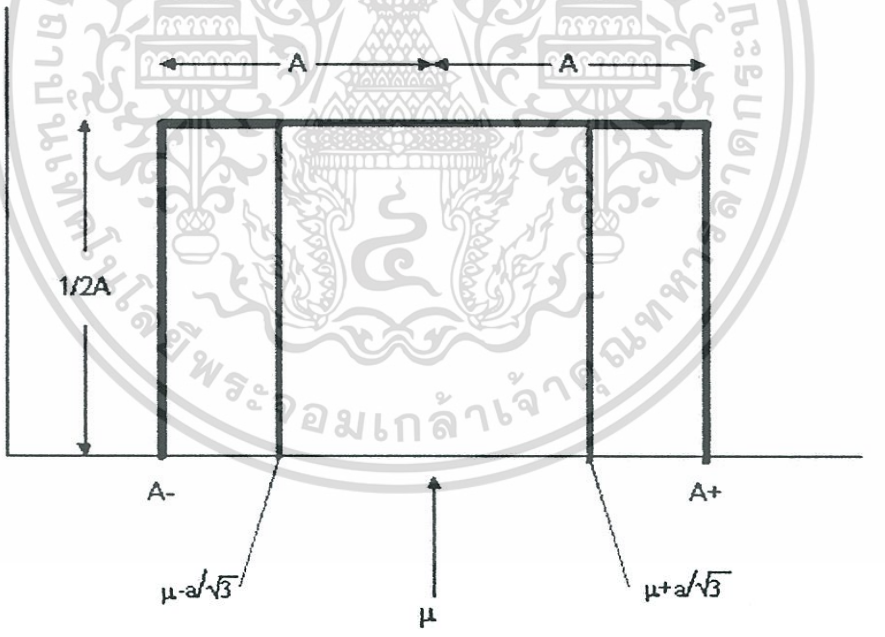
- ข้อมูลจาก Calibration Certificate
- ข้อมูลจากการวัดในอดีต
- ค่าคงที่ที่ยอมรับ
- ข้อมูลจากข้อกำหนดจำเพาะของผู้ผลิต
- ข้อมูลจากประสบการณ์ หรือความรู้
- ข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

1. Rectangular Probability Distribution

ค่าความไม่แน่นอนแบบนี้ใช้กับกรณีที่ให้ค่ามาเป็นสูงสุด และมีโอกาสเป็นค่าใดๆเท่ากันทุกค่า คำนวณได้โดย

1.1 หาค่าครึ่งหนึ่งของช่วงสูงสุด-ต่ำสุดเป็น "a"

1.2 หารด้วยค่า $\sqrt{3}$



รูปที่ 2.3 กราฟ Rectangular

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง Type B Uncertainty ที่มี Rectangular Probability Distribution มีดังนี้

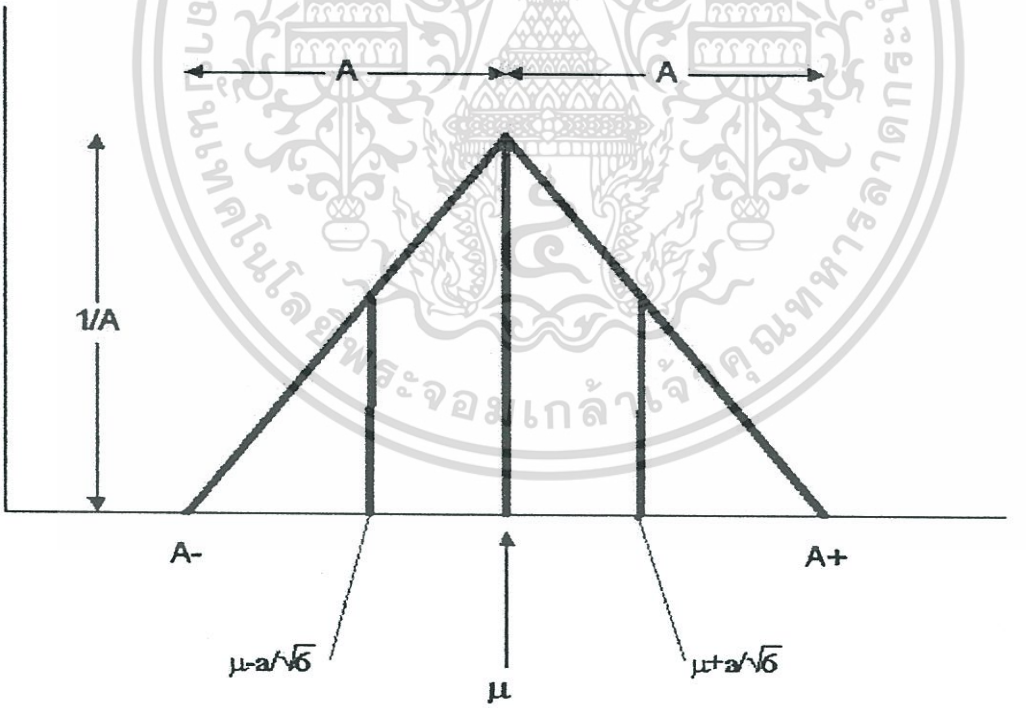
ชื่อ	ค่าที่บอก	ค่าครึ่งช่วง(a)	$(a)\sqrt{3}$	ย่อ
a) Accuracy	$\pm 0.05\%$	0.05	$\frac{0.05}{\sqrt{3}}$	U(A)
b) Resolution	$1\ ^{o}C$	$0.5\ ^{o}C$	$\frac{0.5}{\sqrt{3}}$	U(B)
c) Drift	$\pm 0.01\ ^{o}C$	$0.01\ ^{o}C$	$\frac{0.01}{\sqrt{3}}$	U(C)

2. Triangular Probability Distribution

ค่าความไม่แน่นอนแบบนี้ คือ กรณีที่เรารู้ว่าส่วนใหญ่ค่าของมันมักจะอยู่ใกล้ค่ากลางของการกระจาย นั่นคือโอกาสที่ค่าความไม่แน่นอนจะเป็นค่ากลางเป็นส่วนใหญ่ คำนวณได้โดย

2.1 หาค่าครึ่งหนึ่งของช่วงสูงสุด-ต่ำสุดเป็น "a"

2.2 หารด้วยค่า $\sqrt{6}$



รูปที่2.4 กราฟ Triangular

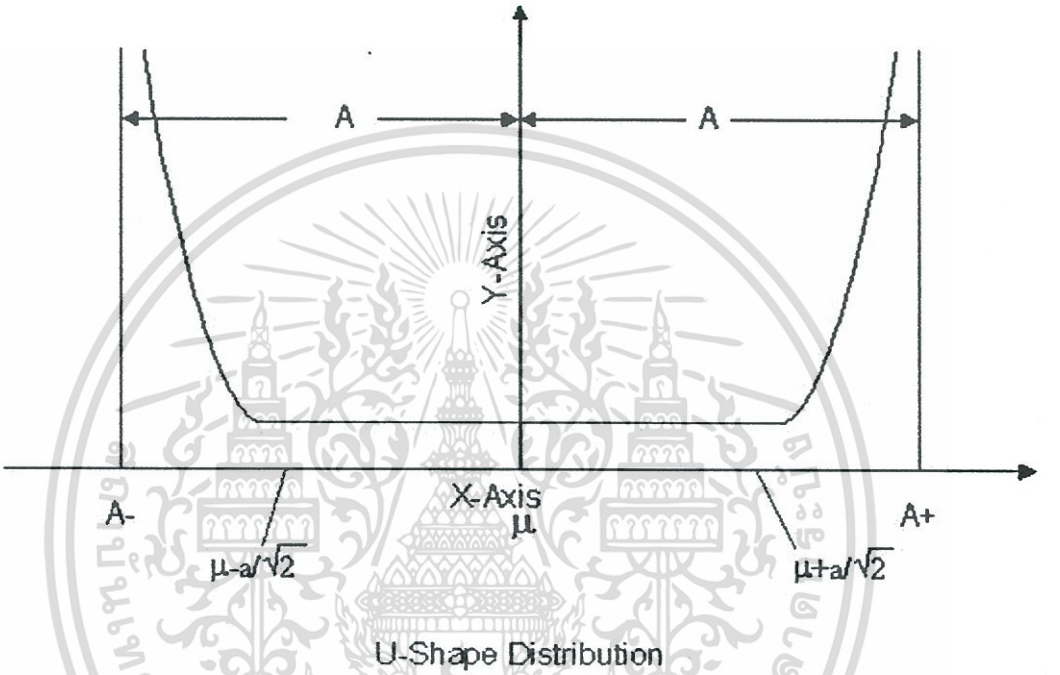
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. U-Shape Probability Distribution

คือค่าความไม่แน่นอนแบบนี้ คือ กรณีเกิดความไม่เข้ากัน หรือไม่สอดคล้องกัน(mismatch) ของตัวส่ง กับ ตัวรับใดๆ

3.1 ถ้าให้ค่าความไม่แน่นอนของตัวส่ง เป็น U_s

3.2 ถ้าให้ค่าความไม่แน่นอนของตัวรับ เป็น U_L



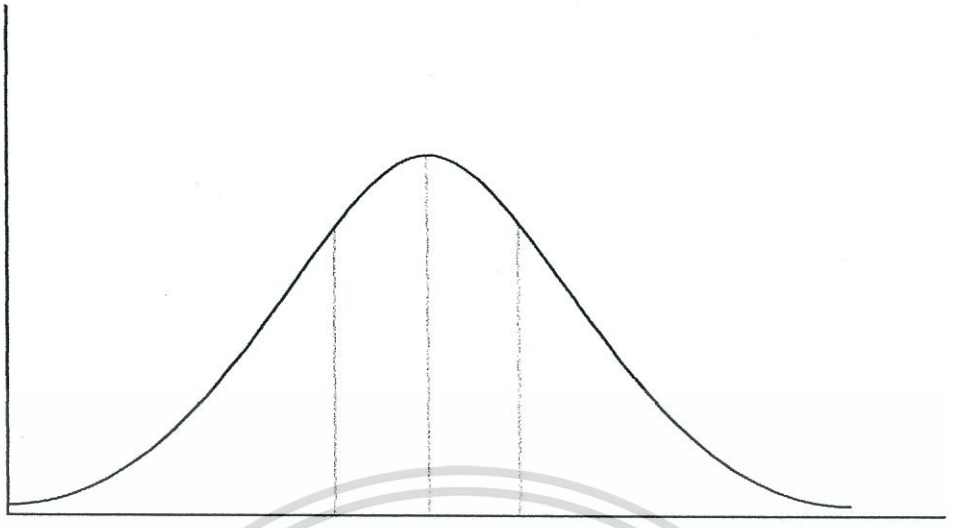
รูปที่ 2.5 กราฟ U-Shape

4. Normal or Gaussian Probability Distribution

คือความไม่แน่นอนที่บอกมาพร้อมค่าระดับความมั่นใจ เช่น 95% หรือ 99% การหาค่า 1 Standard Uncertainty ได้โดยหารด้วยค่าต่อไปนี้

Confidence Level	หารด้วย
95%	2
99%	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Gaussian Distribution

รูปที่ 2.6 กราฟ Gaussian

5. Combined Standard Uncertainty

เมื่อแจกแจงความไม่แน่นอนชนิดต่างๆทั้ง Type A และ Type B ($B_1, B_2, \ldots B_n$) และเป็นชนิด Uncorrelated Type เราจะนำมาคำนวณรวมกัน ดังนี้

$$U_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} c_i^2 u(x_i)^2}$$
$$= \sqrt{A_1^2 + B_1^2 + B_2^2 + \ldots + B_n^2}$$

โดยมี C_i คือ Sensitive Coefficient เช่น Temperature Coefficient Of Expansion เป็นต้น

ถ้าเป็นชนิด Correlated Type เราจะนำมาคำนวณรวมกัน ดังนี้

$$U_c = \pm(A_1 + B_1 + B_2 + \ldots + B_n)$$

6. Expanded Uncertainty

ค่า Combined Uncertainty ที่ได้นั้น ยังไม่มีค่าความมั่นใจพอสำหรับงานทางพาณิชย์ เพื่อเพิ่มความมั่นใจ เราจึงใช้วิธีเพิ่มความไม่แน่นอน (Expanded Uncertainty) ใช้สัญลักษณ์ U ที่ได้จากการคูณ $u_c(y)$ ด้วยค่า Coverage factor K

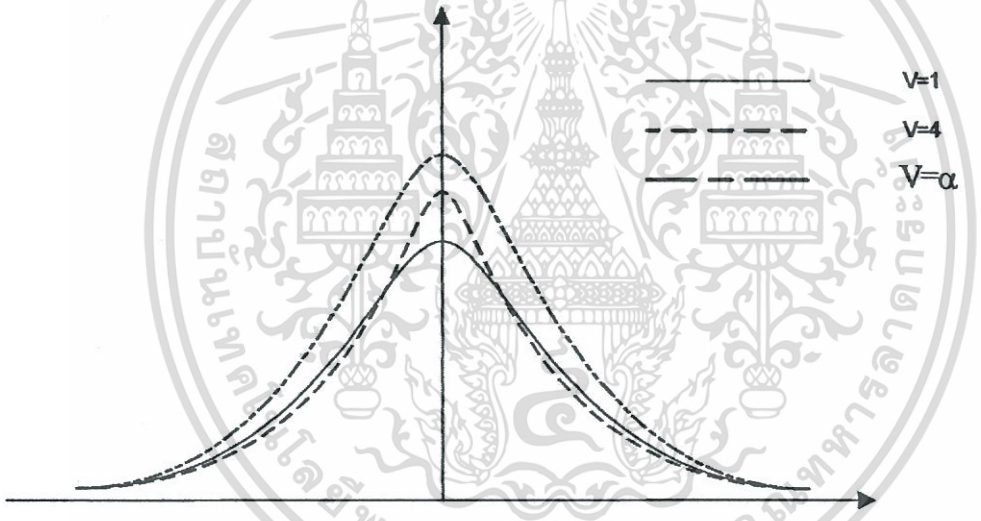
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่า Coverage factor K จะเป็นค่าเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับความต้องการระดับความมั่นใจ(p) ว่าเป็นกี่เปอร์เซ็น ซึ่งคำนวณได้จากตาราง Student T-Distribution

7. การหาค่า Coverage factor K

ใช้ 4 ขั้นตอนในการคำนวณหาค่า k

1. ได้ค่า y และ $u_c(y)$
2. ประมาณค่า v_{eff} ของ $u_c(y)$ จาก The Welch-Satterthwaite formular
3. หาค่า t-factor $t_p\ (v_{eff})$ ที่ตรงกับระดับความมั่นใจที่ต้องการเช่น 95% จากตาราง Student T-Distribution
4. ใช้ $k = t_p\ (v_{eff})$ และคำนวณ $U = ku_c(y)$



Student's t-distribution for different values of v_i

รูปที่ 2.7 กราฟ T-Distribution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบส่วนการรับส่งข้อมูล

3.1 มาตรฐานการติดต่อที่ใช้รับส่งข้อมูล

ในการทำ Project นี้ได้ใช้มาตรฐานการรับส่งข้อมูล 2 ส่วนคือ RS-232 ระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องสร้างอุณหภูมิ Dry Well 9122 และ IEEE-488 ติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 7563 และ 7562

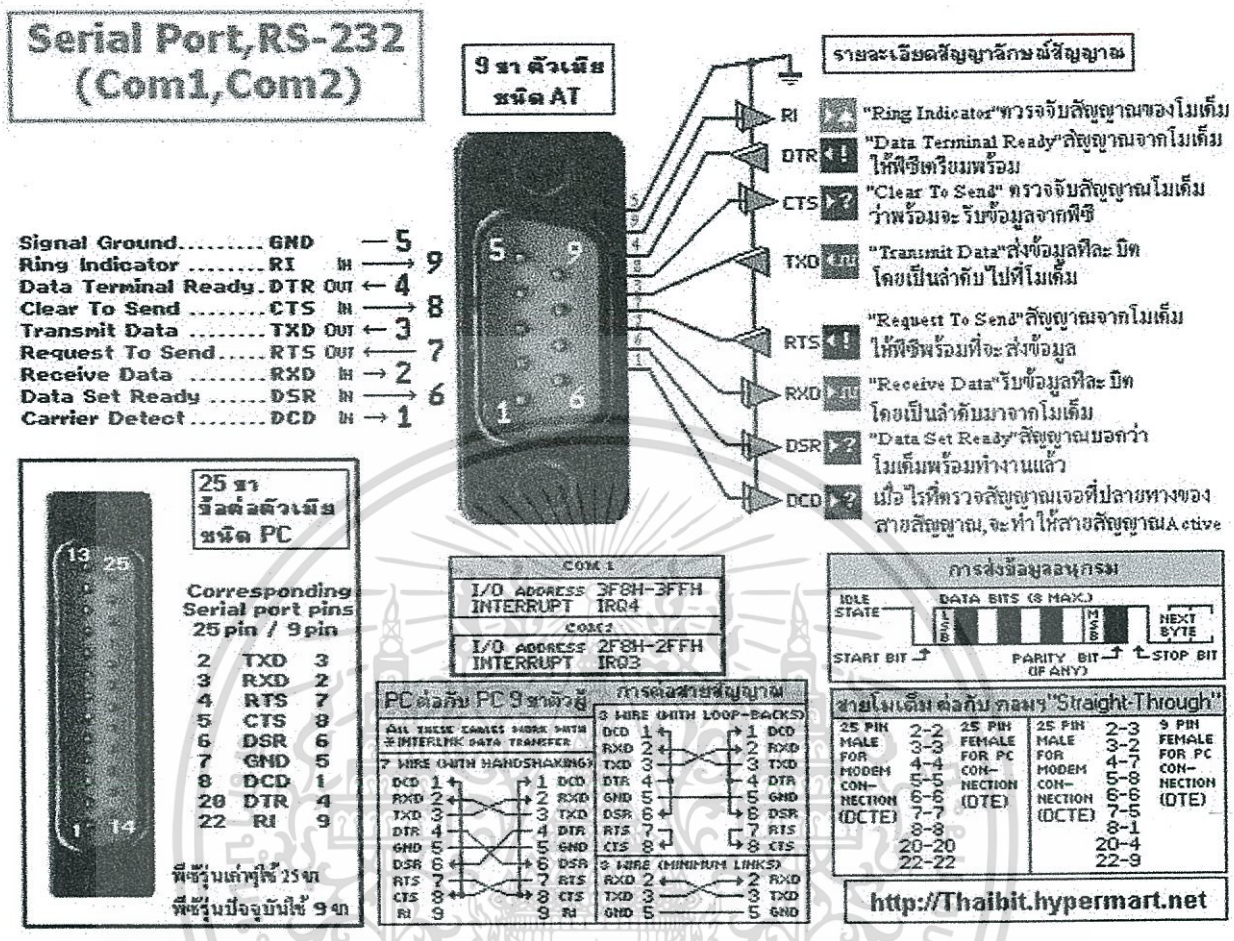
3.2 มาตรฐานการอินเตอร์เฟส RS-232

จากเหตุผลที่ได้อธิบายจะเห็นได้ว่า เรามีความจำเป็นที่จะต้องมีมาตรฐานการรับส่งข้อมูลในปี 1966 EIA (Electronic Industries Association) ห้องวิจัย Bell และบรรดาผู้ผลิตอุปกรณ์สื่อสารได้ร่วมกันจัดตั้งมาตรฐาน EIA RS-232 ซึ่งต่อมาไม่นานนัก ก็ได้มีการปรับปรุงแก้ไขอีกเล็กน้อยกลายเป็น RS-232 และเมื่อไม่นานนี้ก็ได้มาตรฐาน RS-232 และยังมีมาตรฐานคล้ายกันซึ่งออกโดยองค์กรระหว่างประเทศคือ Consultative Committee on International and Telephony (CCITT) เพื่อให้เราสามารถเข้าใจกับการอินเตอร์เฟส RS-232 ได้ดียิ่งขึ้น เราควรทำความเข้าใจกับวัตถุประสงค์หลักของ RS-232 ก่อนซึ่งแสดงไว้อย่างชัดเจนในหัวข้อของเอกสารคือ Interface Between Data Terminal Equipment and data Communication Equipment Employing Serial Binary Data Interface (การ-อินเตอร์เฟสระหว่างอุปกรณ์เทอร์มินัลลอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลที่ใช้วิธีการแลกเปลี่ยนข้อมูลไบนารีแบบอนุกรม) ในเอกสารนี้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ 4 ส่วนได้แก่

1. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณ (Electrical Signal Characteristics) ในส่วนนี้อธิบายถึงรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าที่แสดงถึงตรรกะ 0 และ 1 ก็จะมีกำหนดไว้ในส่วนนี้ด้วย

2. คุณสมบัติทางกลไกทางอินเตอร์เฟส : คอนเนกเตอร์ (Interface Mechanical Characteristics : Connecter) ในหัวข้อที่กำหนดว่าตัวอินเตอร์เฟสประกอบด้วยส่วนที่เป็นปลั๊ก (plug) และเต้าเสียบ (receptacle) และมีการเพิ่มข้อกำหนดคอนเนกเตอร์ DB-25 และ DB-9 เข้าไว้ในมาตรฐานด้วยรายละเอียดของคอนเนกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนภาพคอนเนกเตอร์ DB-25 และ DB-9

3. หน้าที่การทำงานของวงจรแลกเปลี่ยน (Functional Description of Interchange Circuit)ใน ส่วนนี้กำหนดหน้าที่ และตั้งชื่อให้กับสัญญาณ ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่นำมาใช้ตัวอย่างเช่น TRANSMITTED DATA (ข้อมูลส่งออก) ได้ถูกกำหนดไว้ให้กับขา 2 ซึ่งข้อกำหนดนี้มีมากถึง 21 ข้อ แต่มีเพียงไม่กี่ข้อที่เกี่ยวกับไมโครคอมพิวเตอร์

4. มาตรฐานการอินเตอร์เฟสสำหรับระบบการสื่อสารเฉพาะอย่าง (Standard Interface for Selected Communication System Configuration) ในส่วนนี้เป็นรายละเอียดต่าง ๆ สำหรับการติดต่อระหว่างโมเด็มกับเทอร์มินัลทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 มาตรฐานการอินเตอร์เฟส IEEE-488

IEEE-488 BUS ถูกพัฒนาเพื่อติดต่อและควบคุมเครื่องมือทางการวัดที่สามารถโปรแกรมได้ และเพื่อหามาตรฐานของการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องมือวัดจากหลายๆแหล่ง และ HEWLETT-PACK เป็นผู้พัฒนาของการเชื่อมต่อขึ้นมาเรียกว่า HP-IB ซึ่งระบบการเชื่อมต่อนี้ได้รับความนิยมในวงการอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากและอย่างรวดเร็ว เพราะระบบมีความสามรถที่หลากหลาย ดังนั้น คณะกรรมการของ IEEE จึงตั้งชื่อว่า GPIB (General Purpose Interface Bus)

3.3.1 โครงสร้างของ IEEE-488

ในระบบพื้นฐานของ GPIB จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์คือ TALKER,LISTENER และ CONTROLLER

-TALKER ทำหน้าที่ส่งข้อมูล โดยในระบบสามารถมี TALKER ได้หลายตัวแต่จะมีเพียงตัวเดียวที่ทำงานอยู่

-LISTENER ทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลโดยในระบบเดียวกันสามารถมี LISTENER ได้หลายตัว เช่นเดียวกัน แต่ LISTENER สามารถทำงานได้ครั้งละหลายๆตัว

-CONTROLLER ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆในระบบ โดยจะกำหนดให้ TALKER ทำการส่งข้อมูล หรือ กำหนดให้ LISTENER ทำการรับข้อมูล และมีความเป็นไปได้ที่จะมี CONTROLLER ตัวอื่นๆในบัส แต่จะมีเพียงตัวเดียวที่ทำงานอยู่ในเวลานั้นๆ และตัว CONTROLLER นี้จะทำการควบคุมตัว CONTROLLER อื่นๆนั้นด้วยส่วนการรับและส่งข้อมูลจากบัสเมื่อถูกสั่งงานจากตัว CONTROLLER นั้น ตัว CONTROLLER จะสั่งให้ TALKER และกลุ่มของ LISTENER ส่งข้อมูลระหว่างกลุ่มได้ดี

3.3.2 มาตรฐานของ IEEE-488

1.จำนวนอุปกรณ์ในระบบ (TALKER , LISTENER และ CONTROLLER) ที่ต่อกับสายสัญญาณ 1 เส้น จะต้องมีไม่เกิน 15 เครื่อง

2. สายเคเบิลที่ต่อระหว่างอุปกรณ์ จะต้องยาวไม่เกิน 2 เมตร และความยาวรวมของสายในระบบต้องไม่เกิน 20 เมตร

3. ความเร็วในการส่งข้อมูลจะต้องไม่เกิน 1Mb/Sec (1 ล้านไบต์ต่อวินาที) ต้องมีการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์มากกว่าครึ่งหนึ่งของระบบ

5. ระบบต้องประกอบด้วย 1 CONTROLLERและ 1 TALKER หรือ 1 LISTENERเป็นอย่างน้อย

3.3.3 รายละเอียดของ IEEE-488

เครื่องมือทางการวัดส่วนมากจะสามารถใช้กับ IEEE-488 ได้เพราะไม่ได้ขึ้นกับ Function ของตัวเครื่องมือวัด หรือ จากรูปแบบข้อมูลของเครื่องมือวัด โดยสัญญาณจะส่งผ่านไปสู่ส่วนของการอินเตอร์เฟสจาก IEEE-488 และเครื่องมือวัดที่ถูกกำหนดอยู่ในมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพของ IEEE-488 นั้นคือ เป็นสายสัญญาณแบบ 24 เส้นขนานกันและมีขั้วต่ออยู่ทางปลายทั้งสองของสาย เพื่อต่อกับอุปกรณ์หรือต่อกันเพื่อให้สายสัญญาณมีความยาวเพิ่มขึ้น ในจำนวนสายสัญญาณ 24 เส้น มีเพียง 16 เส้นเท่านั้นที่ทำหน้าที่นำสัญญาณ ส่วนที่เหลือทำหน้าที่กราวนด์และชีลด์

โดยจำนวนสายสัญญาณที่ใช้นำสัญญาณ 16 เส้นนั้นจะแบ่งเป็น 3 ประเภทตามรูปที่ 3.2

1.บัสข้อมูล(Data Bus) จำนวน 8 สาย คือ DIO1 – DIO8

2.สายสัญญาณควบคุม (Control Line) จำนวน 5 สาย คือ

-IFC (Interface Clear) เป็นสัญญาณรีเซต หรือ เคลียร์ระบบ กำเนิดโดยตัว CONTROLLER

-ATN (Attention) เป็นสัญญาณที่สั่งให้อุปกรณ์ทุกตัวในระบบเตรียมพร้อมที่จะรอรับคำสั่งต่อไป

-SRQ (Service Request) เป็นสัญญาณที่ถูกส่งจากอุปกรณ์ต่างๆเพื่อบอกแก่ระบบว่าขณะนี้อุปกรณ์ดังกล่าวต้องการติดต่อจากตัวควบคุม

-REN (Remote Enable) สัญญาณจะถูกส่งมาจากตัวควบคุมเพียงตัวเดียวเท่านั้น เพื่อสั่งให้อุปกรณ์ต่างๆเปลี่ยนโหมดจากการใช้งานปกติ มาเป็นการควบคุมโดยตัวควบคุมแทน

-EOI (End or Identify) เป็นสัญญาณที่ถูกส่งได้จาก 2 แหล่ง คือ CONTROLLER หรือ TALKER ก็ได้ ใช้แสดงว่าการส่งข้อมูลสิ้นสุดแล้ว

3.กลุ่มควบคุมสัญญาณควบคุมการ รับ-ส่ง ข้อมูล

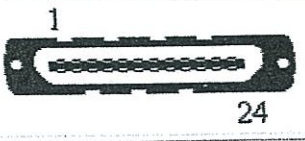
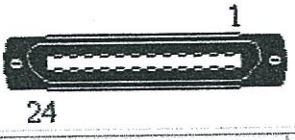
-DAV (Data Valid) เมื่อลอจิกเป็น “LOW” โดยการดึงจากอุปกรณ์ TALKER เป็นการแจ้งให้ระบบบัสว่า ขณะนี้ตัวส่งได้ทำการส่งข้อมูลลงไปที่สายสัญญาณข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

-NRFD (Not Ready For Data) เมื่อสัญญาณนี้มีลอจิกเป็น LOW จะแสดงว่าในขณะนั้นระบบยังไม่พร้อมรับข้อมูล มีประโยชน์ในกรณีที่อุปกรณ์ในระบบมีความเร็วต่างกัน

-NDAC (Not Data Accepted) สัญญาณนี้ถูกควบคุมด้วย ตัว LISTENER โดยขณะเก็บข้อมูลจากสายข้อมูลจะมีลอจิกเป็น LOW เมื่อทำการอ่านข้อมูลเสร็จแล้วจะมีลอจิกเป็น HI โดยสัญญาณที่ใช้ใน DATA BUS ของ IEE-488 จะมีลักษณะเป็นคอมพลีเมนต์ทั้งหมด คือ “1” เท่ากับ ลอจิก LOW และ “0” เท่ากับ ลอจิก HI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

Male	Female
	

Pin	Signal	Abbr.	Source
1	Data Bit 1	DIO1	Talker
2	Data Bit 2	DIO2	Talker
3	Data Bit 3	DIO3	Talker
4	Data Bit 4	DIO4	Talker
5	End Or Identity	EOI	Talker/Controller
6	Data Valid	DAV	Controller
7	Not Ready For Data	NRFD	Listener
8	No Data Accepted	NDAC	Listener
9	Interface Clear	IFC	Controller
10	Service Request	SRQ	Talker
11	Attention	ATN	Controller
12	Shield		-
13	Data Bit 5	DIO5	Talker
14	Data Bit 6	DIO6	Talker
15	Data Bit 7	DIO7	Talker
16	Data Bit 8	DIO8	Talker
17	Remote Enabled	REN	Controller
18	Ground DAV		-
19	Ground NRFD		-
20	Ground NDAC		-
21	Ground IFC		-
22	Ground SRQ		-
23	Ground ATN		-
24	Logical Ground		-

รูปที่ 3.2 ข้อมูลขาต่างๆของ IEEE-488

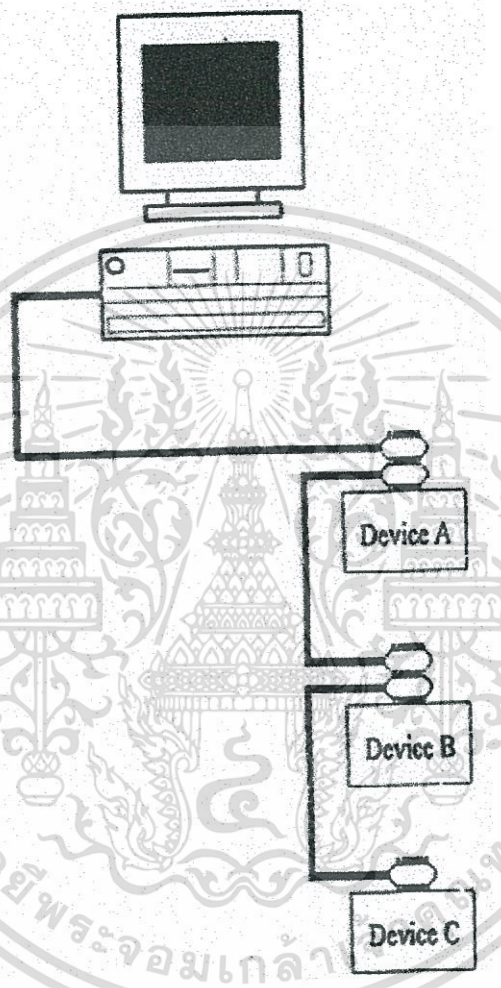
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50230

3.3.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆในระบบ IEEE-488 BUS

มีอยู่ 2 วิธี คือ

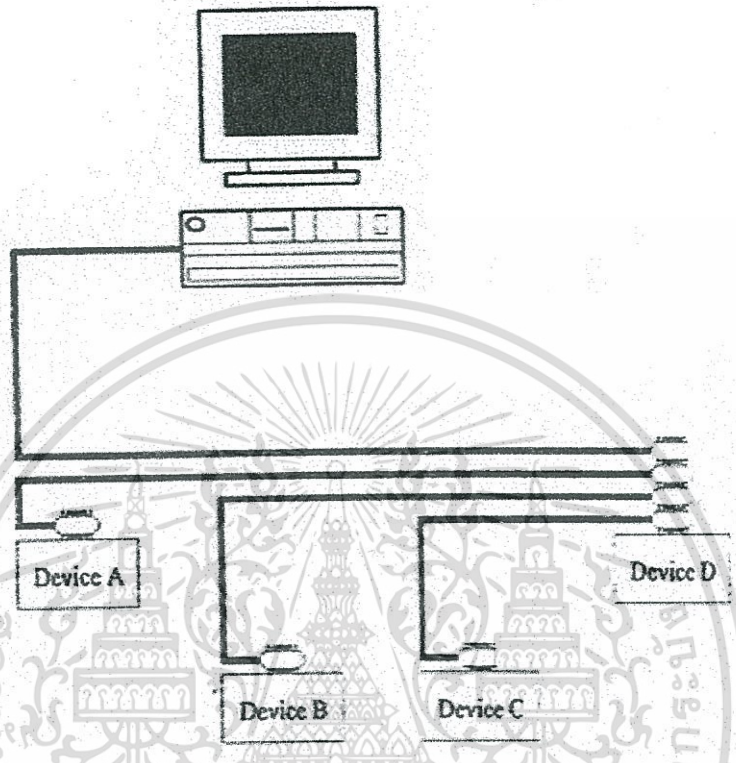
1. การเชื่อมต่อแบบเรียงต่อเนื่องกัน (Daisy Chain Configuration)
   ในโครงงานนี้เราได้ใช้การเชื่อมต่อแบบนี้



รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อแบบเรียงต่อเนื่องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเชื่อมต่อแบบกระจาย (Star Configuration)



รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อแบบกระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบในส่วนระบบฐานข้อมูล

4.1 ส่วนประกอบของโปรแกรม

ในโครงงานนี้ระบบฐานข้อมูลเป็นส่วนสำคัญอย่างมากต่อระบบ เพราะเป็นส่วนในการส่ง รับ คำนวณ ของข้อมูล ทางกลุ่มได้ใช้โปรแกรม Visual Basic ในการออกแบบโปรแกรมเพื่อความสะดวกในการใช้งานของผู้ใช้งาน โดยจะประกอบไปด้วย 4 ส่วนคือ

4.1.1 ข้อมูลทั่วไป(General Data) จะประกอบไปด้วยส่วนย่อย 3 ส่วนคือ

4.1.1.1 ข้อมูลของลูกค้า (Customer)

4.1.1.2 ข้อมูลของพนักงาน (Employee)

4.1.1.3 ข้อมูลตำแหน่งพนักงาน (Position)

4.1.2 ข้อมูลของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ (UUT และ STD) จะประกอบด้วยส่วนย่อย 2 ส่วนคือ

4.1.2.1 ข้อมูลของ UUT

4.1.2.2 ข้อมูลของ STD

4.1.3 การสอบเทียบ (Calibration)

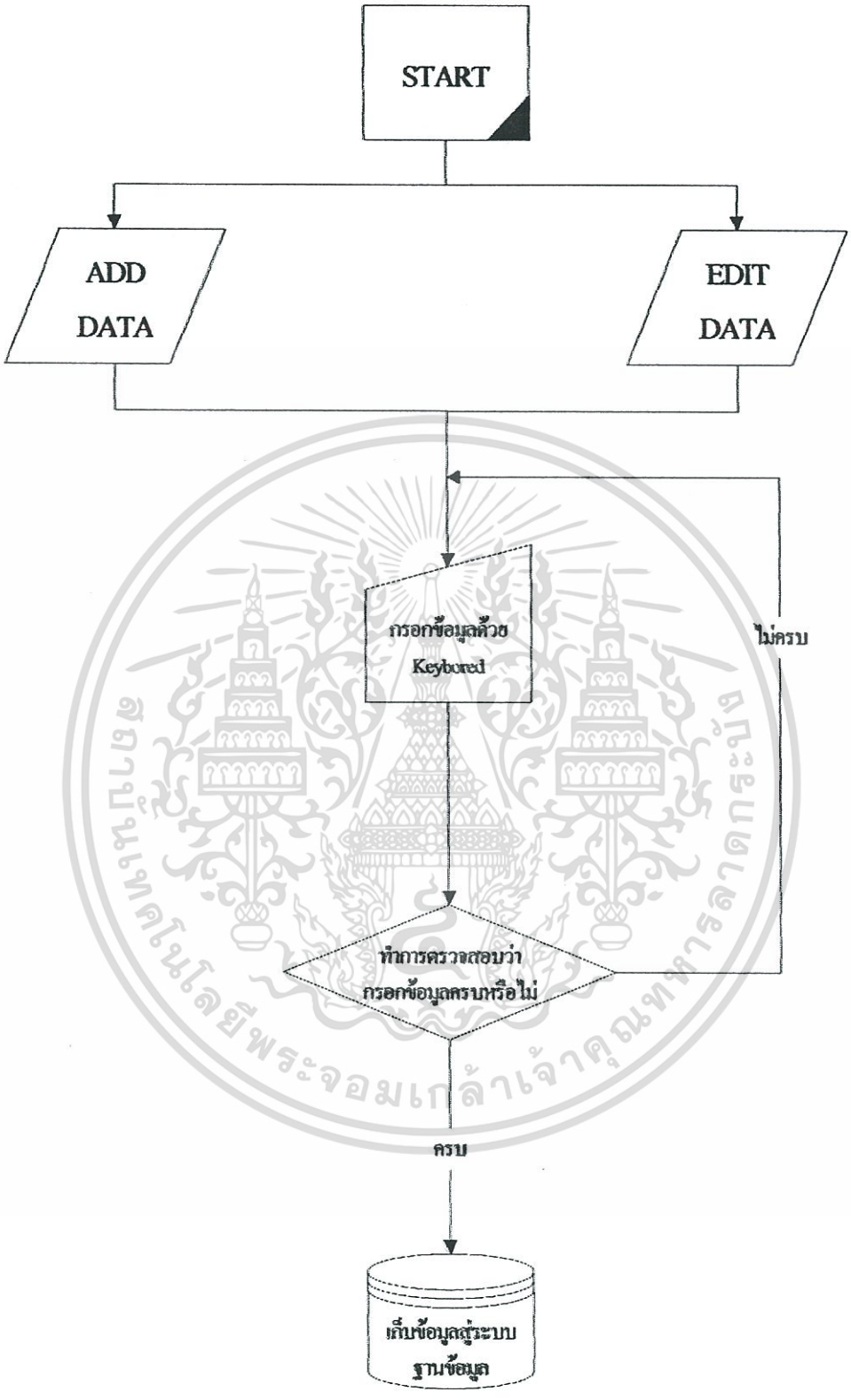
4.1.4 การออกใบรับรองการสอบเทียบ (Certificate)

4.2 การทำงานของโปรแกรม

ในการทำงานหลักๆของในส่วน ข้อมูลทั่วไป (General Data) และข้อมูลของเครื่องมือวัด (UUT และ STD) อุณหภูมิ จะมีขั้นตอนการทำงานหลักๆคือ

1. การเพิ่มข้อมูลและการเปลี่ยนแปลงข้อมูล (Add and Edit) ซึ่งจะมี Procedure การทำงานดังรูปที่ 4.1

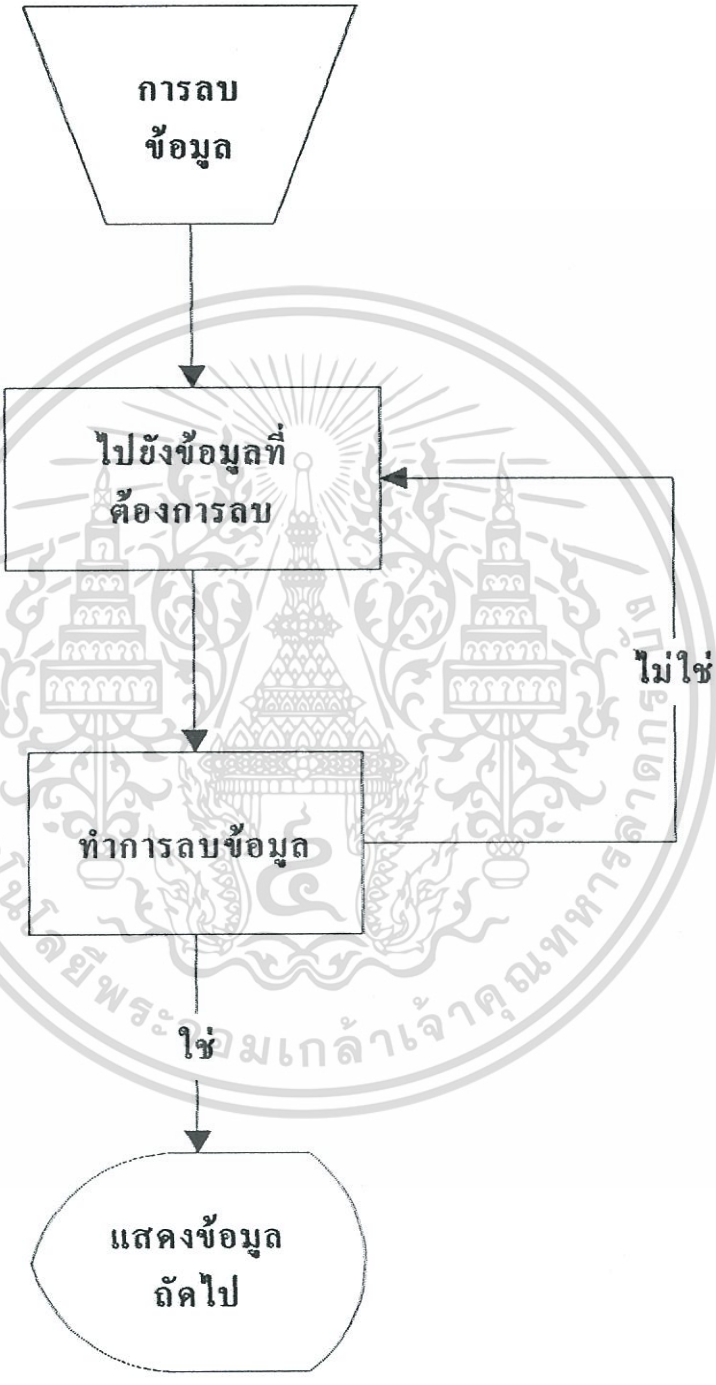
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของการเพิ่มและการเปลี่ยนแปลงข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

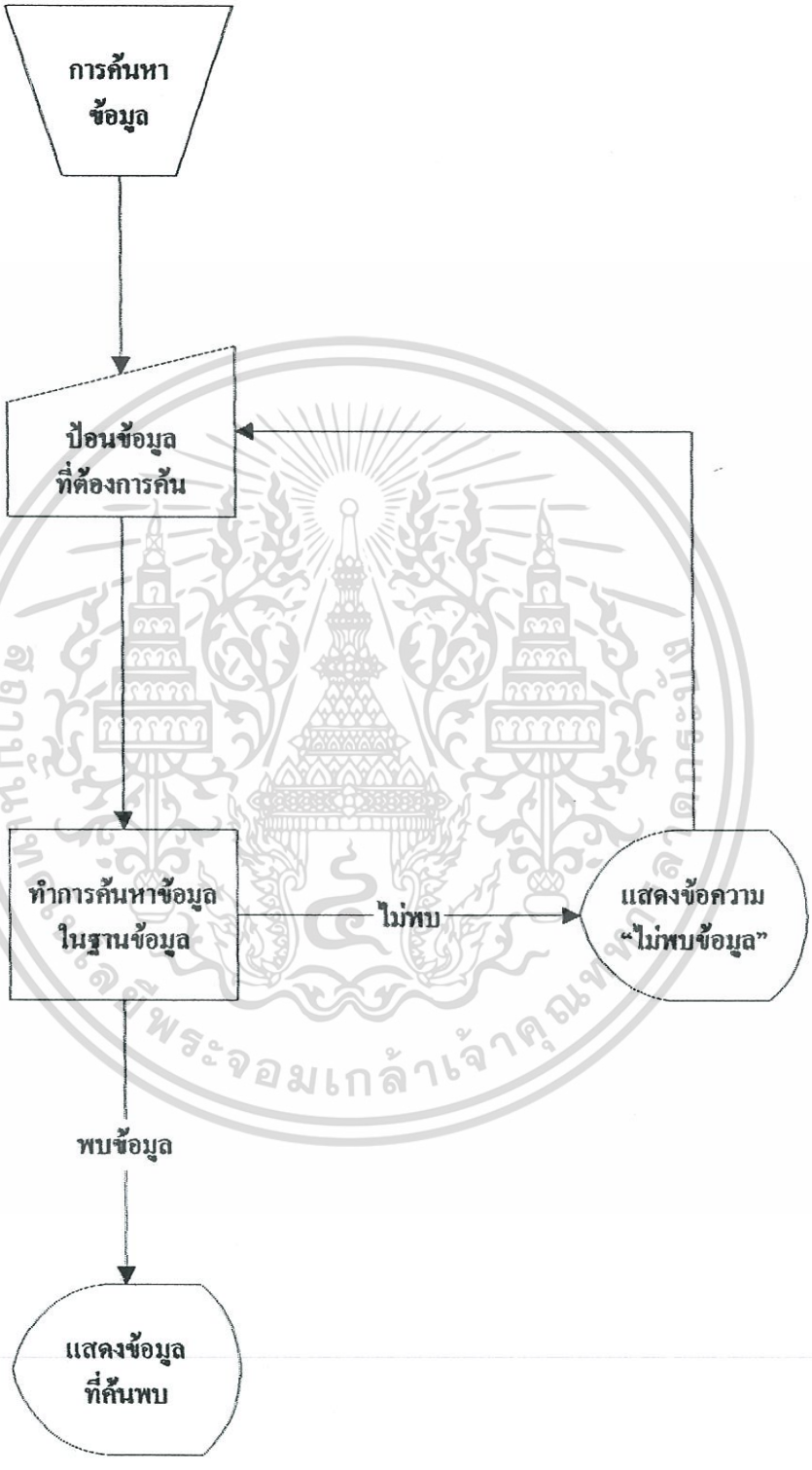
2. การลบข้อมูลออกจากฐานข้อมูล (Delete) ซึ่งจะมี Procedure การทำงานดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของการลบข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

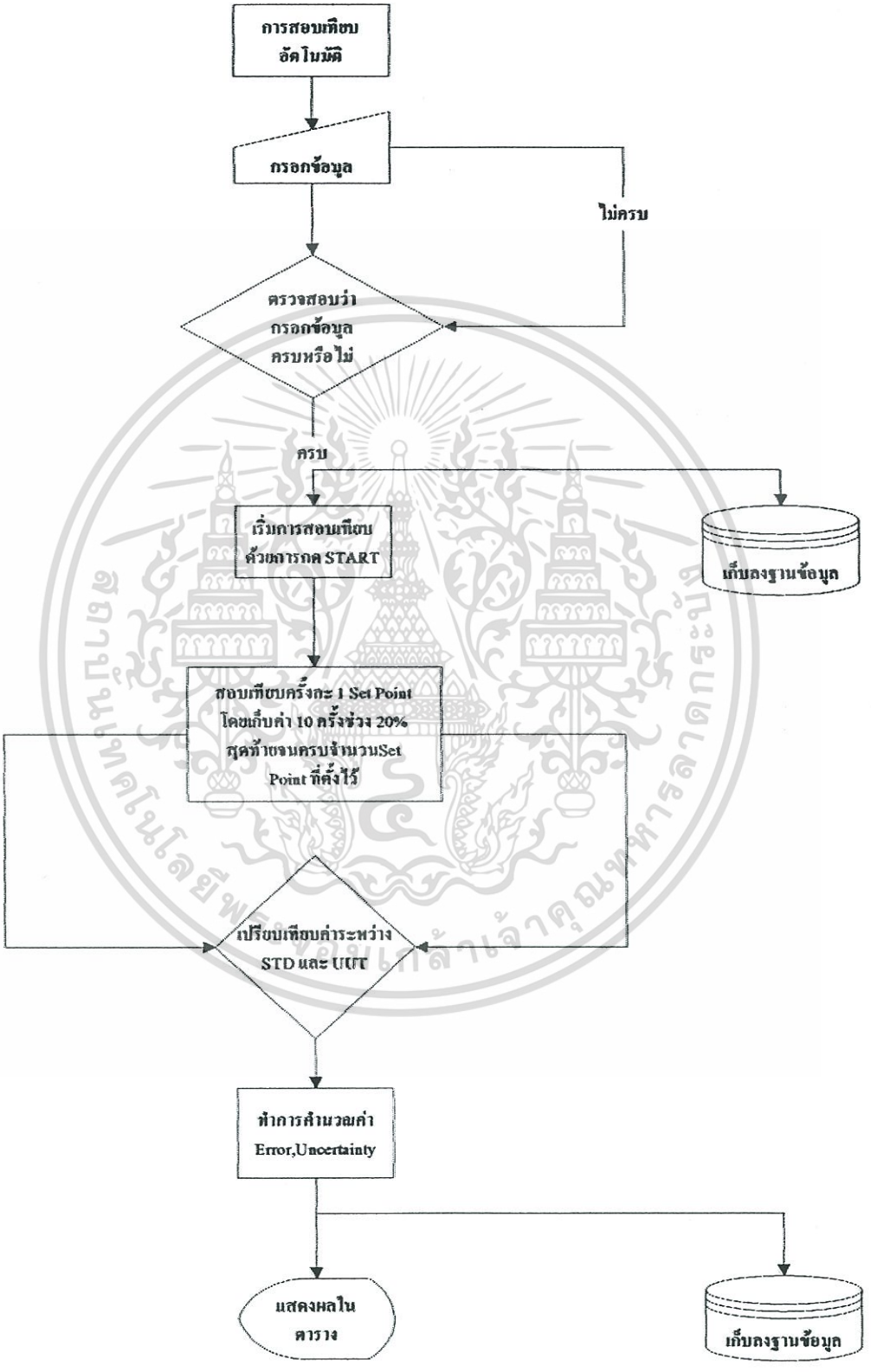
3. การค้นหาข้อมูลจากฐานข้อมูล (Search) ซึ่งจะมี Procedure การทำงานดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของการค้นหาข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

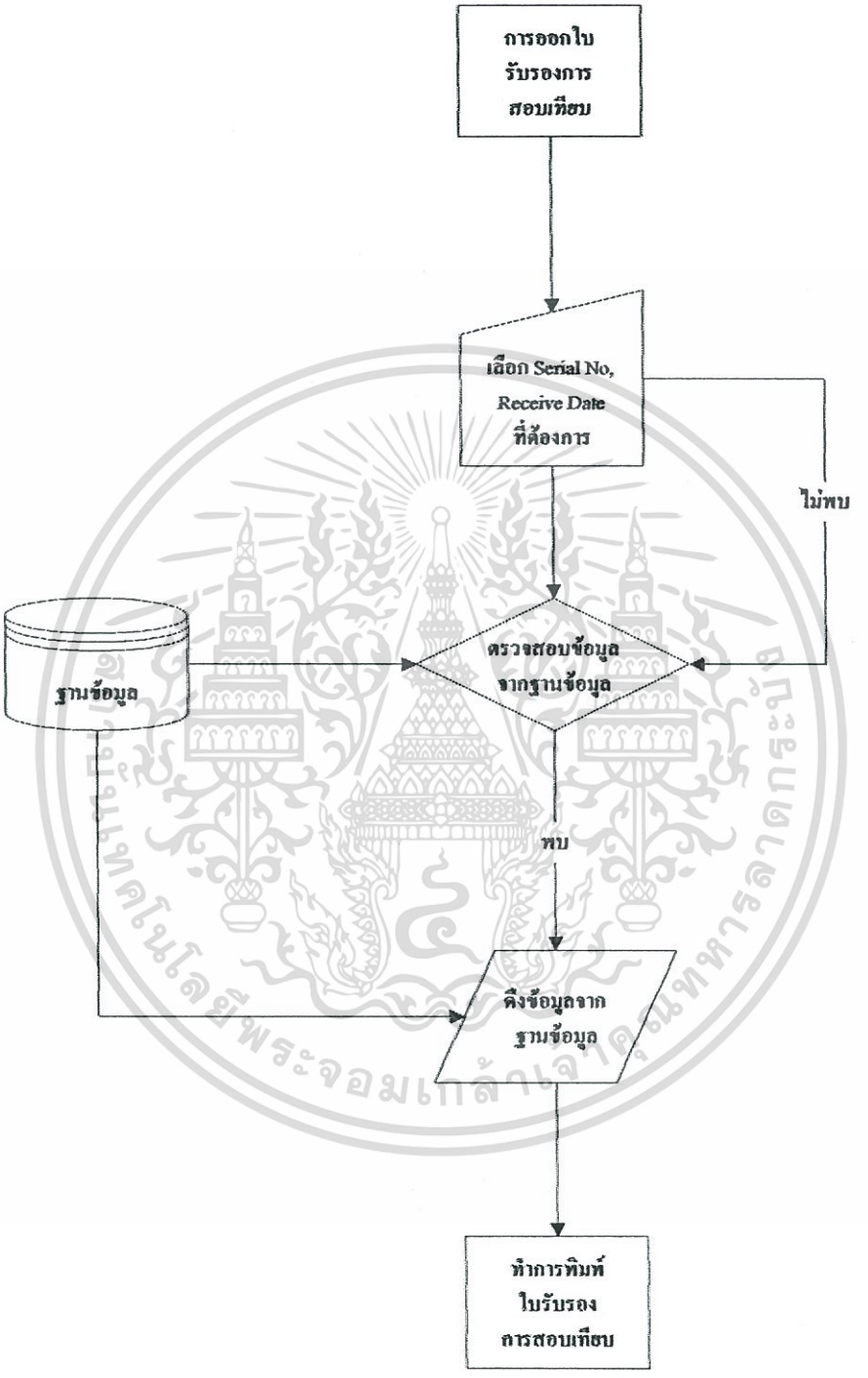
4. การสอบเทียบอัตโนมัติ(Calibration) ซึ่งจะมี Procedure การทำงานดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของการสอบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การออกใบรับรองการสอบเทียบ (Certificate) ซึ่งจะมี Procedure การทำงานดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของการพิมพ์ใบรับรองการสอบเทียบ

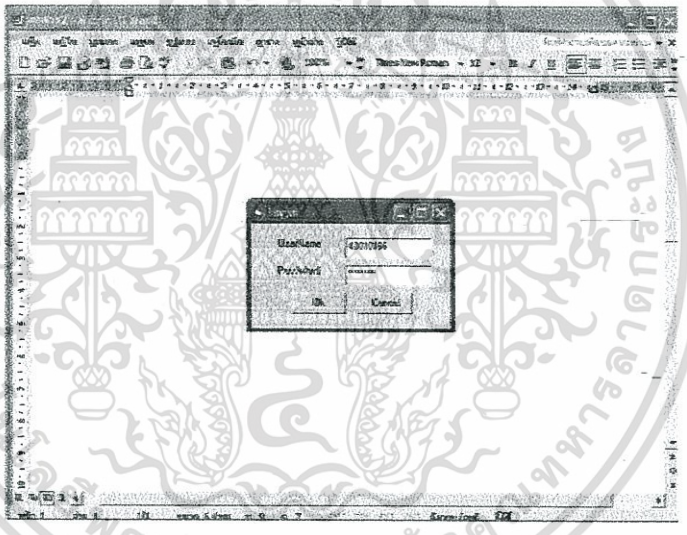
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การใช้โปรแกรมการสอบเทียบ

ในบทนี้จะเป็นการสรุปการใช้โปรแกรมของการสอบเทียบอัตโนมัติ โดยจะเริ่มตั้งแต่ผู้ที่จะทำการสอบเทียบได้รับเครื่องมือวัดอุณหภูมิมาจากลูกค้า การป้อนข้อมูลต่างๆลงไปในฐานข้อมูล การเริ่มการสอบเทียบ และจนถึงขั้นตอนสุดท้ายคือการออกใบ Certificate ซึ่งในขั้นตอนนี้เราจะนำข้อมูลจากการทดลองจริงมาเป็นตัวอย่างตามขั้นตอนตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

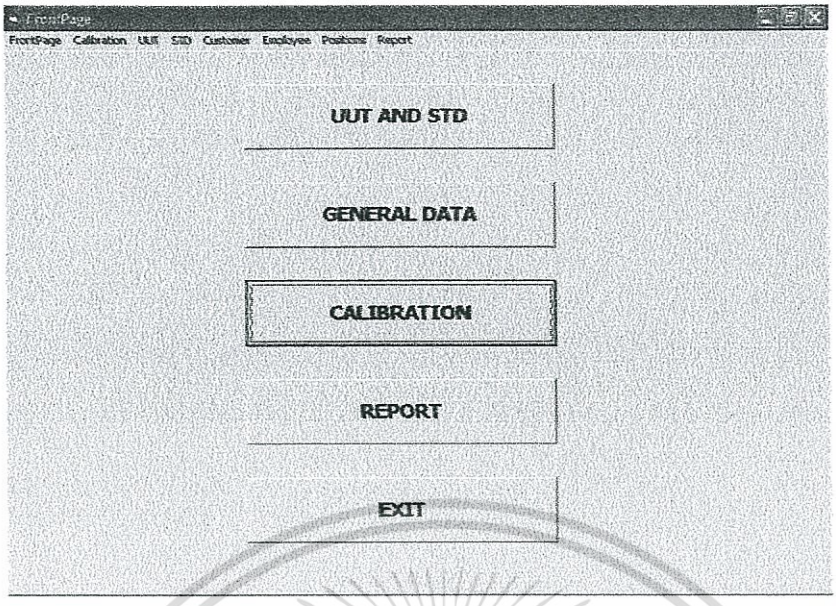
1. เมื่อทางผู้ที่จะทำการสอบเทียบมีความประสงค์ที่จะต้องการใช้โปรแกรมนี้ จะต้องมี user name และ password โดยจะขอผ่านจากผู้ที่กรอกข้อมูลส่วน Employee กับผู้ที่มี user name และ password ก่อนอยู่แล้ว (UserName: 42010166, 42010216 และ42010361 PassWord: 42010166, 42010216 และ42010316) ตามรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงถึงการป้อนรหัสผ่านก่อนเข้าสู่กระบวนการต่อไป

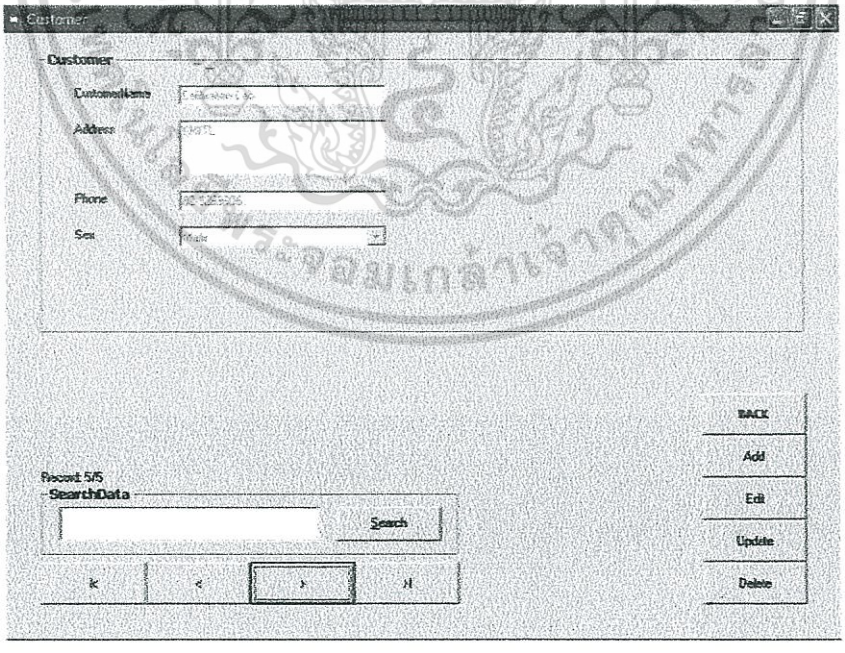
2. จากนั้นโปรแกรมจะปรากฏหน้าจอหลักขึ้นมาดังรูปที่ 5.2 ให้เลือกที่ General Data เพื่อเข้าสู่หน้าจอของ Customer, Employee และ Position ต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



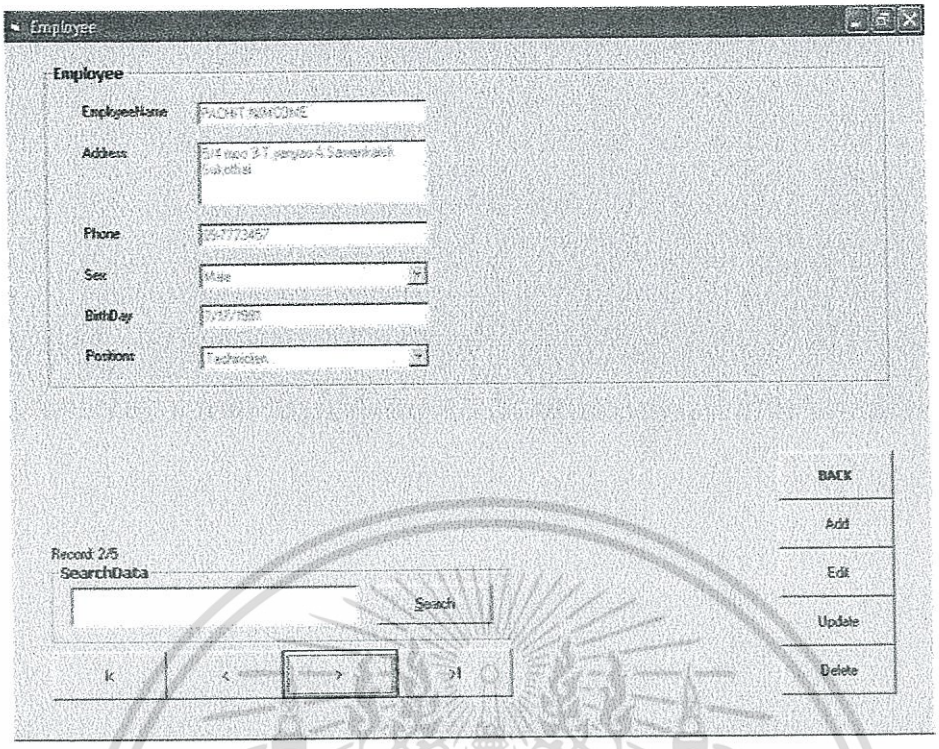
รูปที่ 5.2 แสดงหน้าของหน้าแรกที่จะทำการสอบเทียบ

3. จากนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่หน้าจอของส่วน General Data ซึ่งเราจะต้องกรอกข้อมูลทั้งส่วนที่ประกอบไปด้วย ส่วนของลูกค้า (Customer) ส่วนของผู้ปฏิบัติงาน (Employee) และส่วนของตำแหน่งของผู้ปฏิบัติงาน (Position) ตามรูปที่ 5.3 ,รูปที่ 5.4 และรูปที่ 5.5 ตามลำดับ

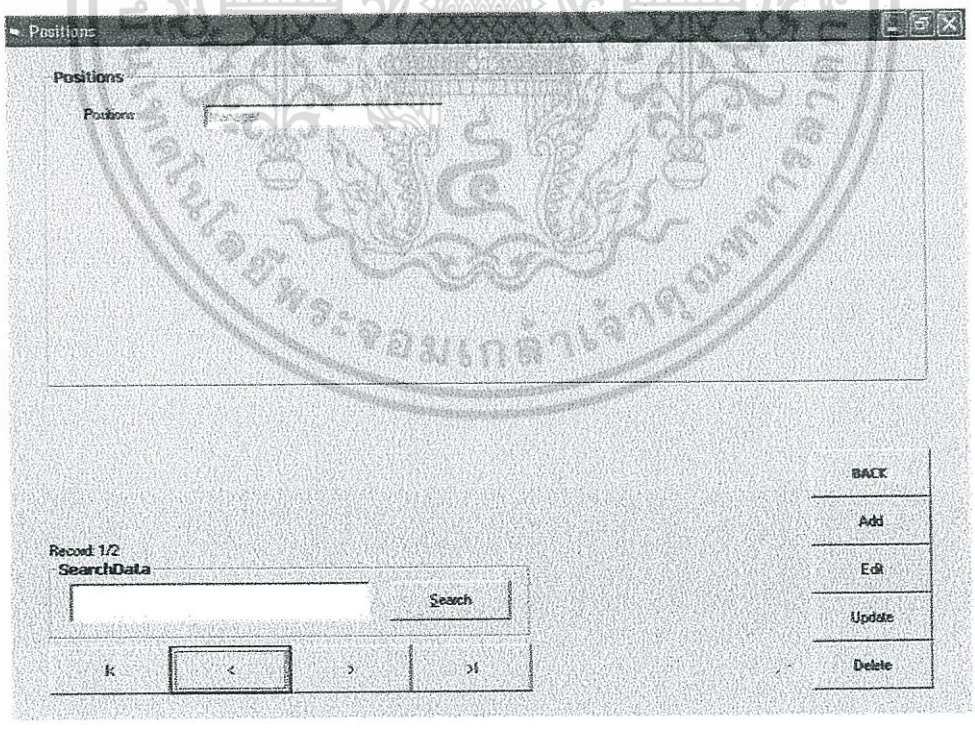


รูปที่ 5.3 แสดงถึงหน้าจอในการรับข้อมูลของ Customer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



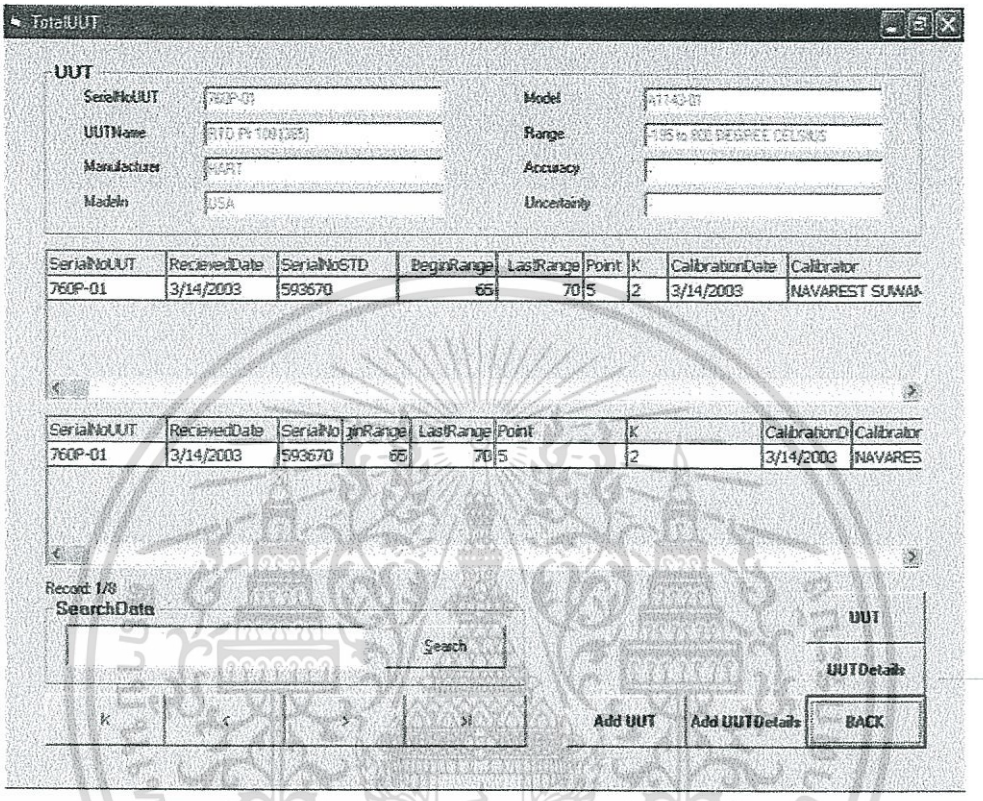
รูปที่ 5.4 แสดงถึงหน้าจอในการรับข้อมูลของ Employee



รูปที่ 5.5 แสดงถึงหน้าจอในการรับข้อมูลของ Position

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อกรอกข้อมูลทั้งหมดแล้วให้กลับไปสู่หน้าหลัก เพื่อทำการกรอกข้อมูลในส่วนของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่เราต้องการสอบเทียบ (UUT) และส่วนของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่เป็นมาตรฐาน (STD) ตามรูปที่ 5.6



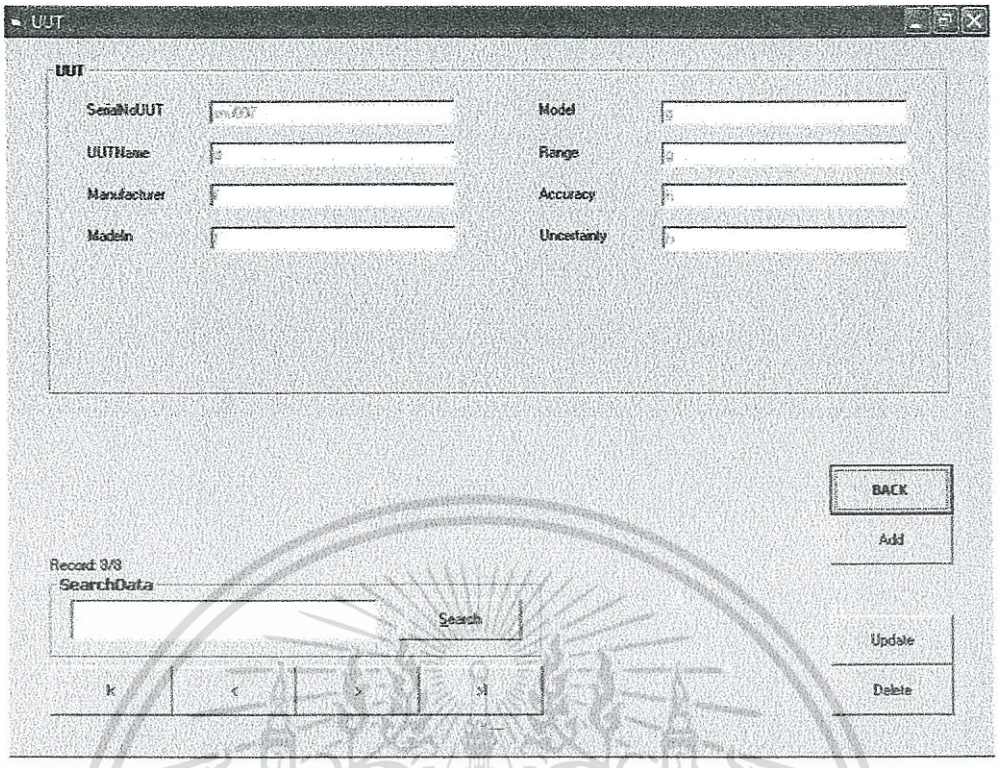
รูปที่ 5.6 แสดงถึงหน้าจอ Total UUT

โดยจากหน้าจอ Total UUT นั้นเราจะต้องกรอกข้อมูลเพิ่มใน 2 ส่วนคือ

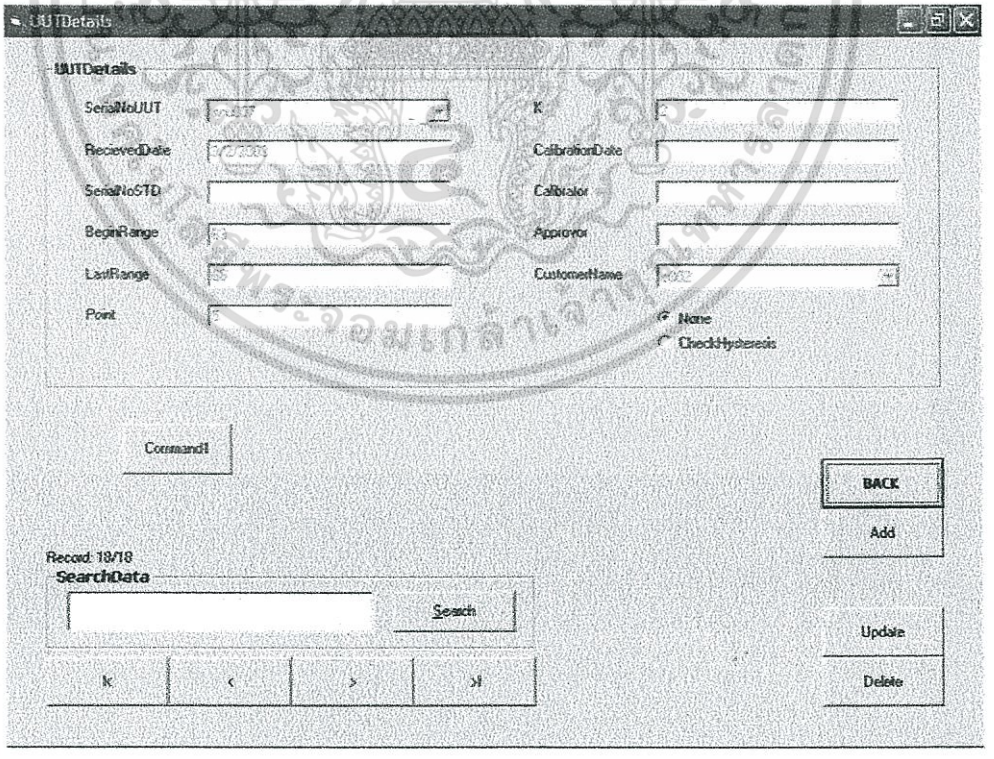
4.1 ส่วนของ UUT คือรายละเอียดของอุปกรณ์ที่มีตั้งแต่การผลิตออกมา ตามรูปที่ 5.7

4.2 ส่วนของ UUTDETAIL คือรายละเอียดอย่างคร่าวๆที่ผู้ทำการสอบเทียบต้องนำไปใช้ ตามรูปที่ 5.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



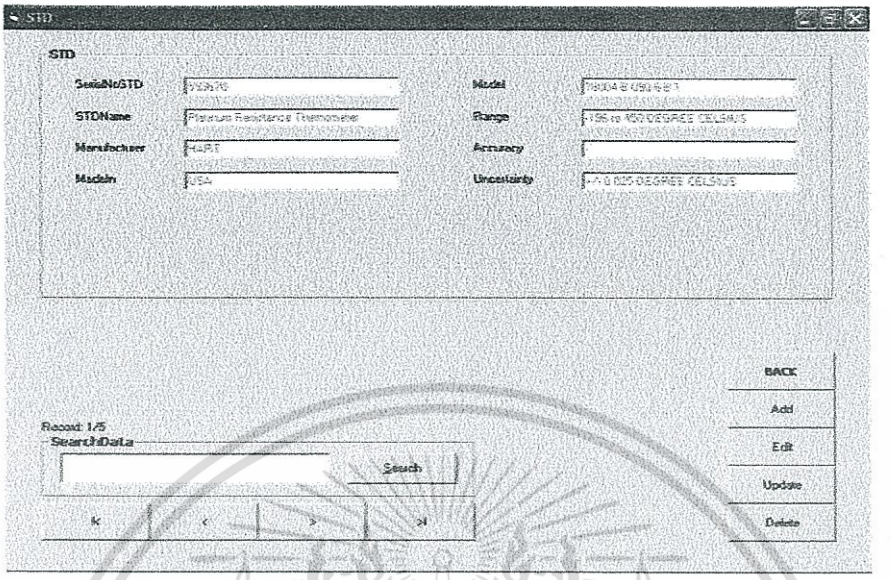
รูปที่ 5.7 แสดงหน้าจอของ UUT



รูปที่ 5.8 แสดงหน้าจอของ UUTDETAIL

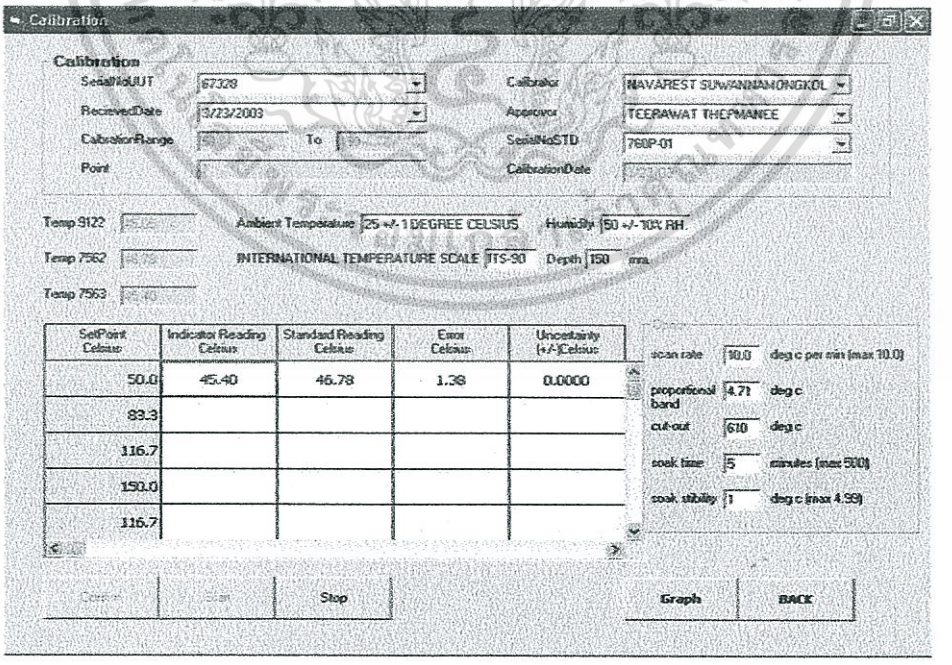
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นกลับมากรอกข้อมูลในส่วนของ อุปกรณ์สอบเทียบมาตรฐาน(STD)



รูปที่ 5.9 แสดงหน้าจอของ STD

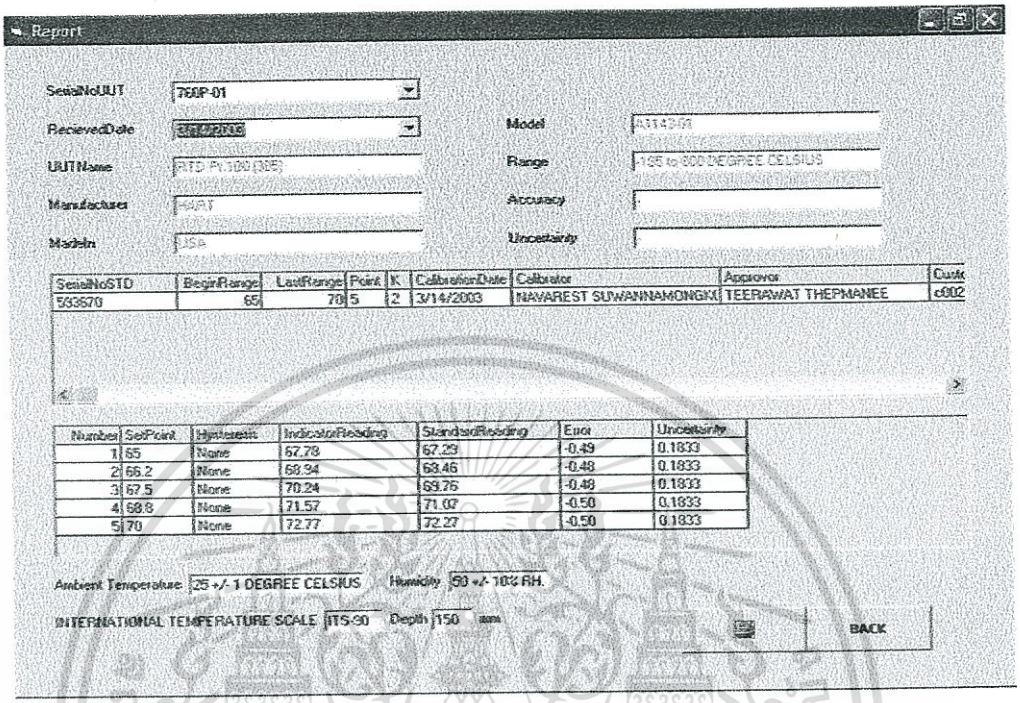
3. จากนั้นให้กลับมาที่หน้าหลักเพื่อที่จะเริ่มการสอบเทียบ(กด BACK และ MENU ตามลำดับ) โดยเลือกที่ (Calibration) จะได้ตามรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 แสดงหน้าจอของ Calibration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ในส่วนต่อไปจะเป็นส่วนของการออกใบ CERTIFICATE โดยต้องออกใบที่หน้าเมนูหลัก แล้วเข้าสู่เมนู REPORT ตามรูปที่ 5.11

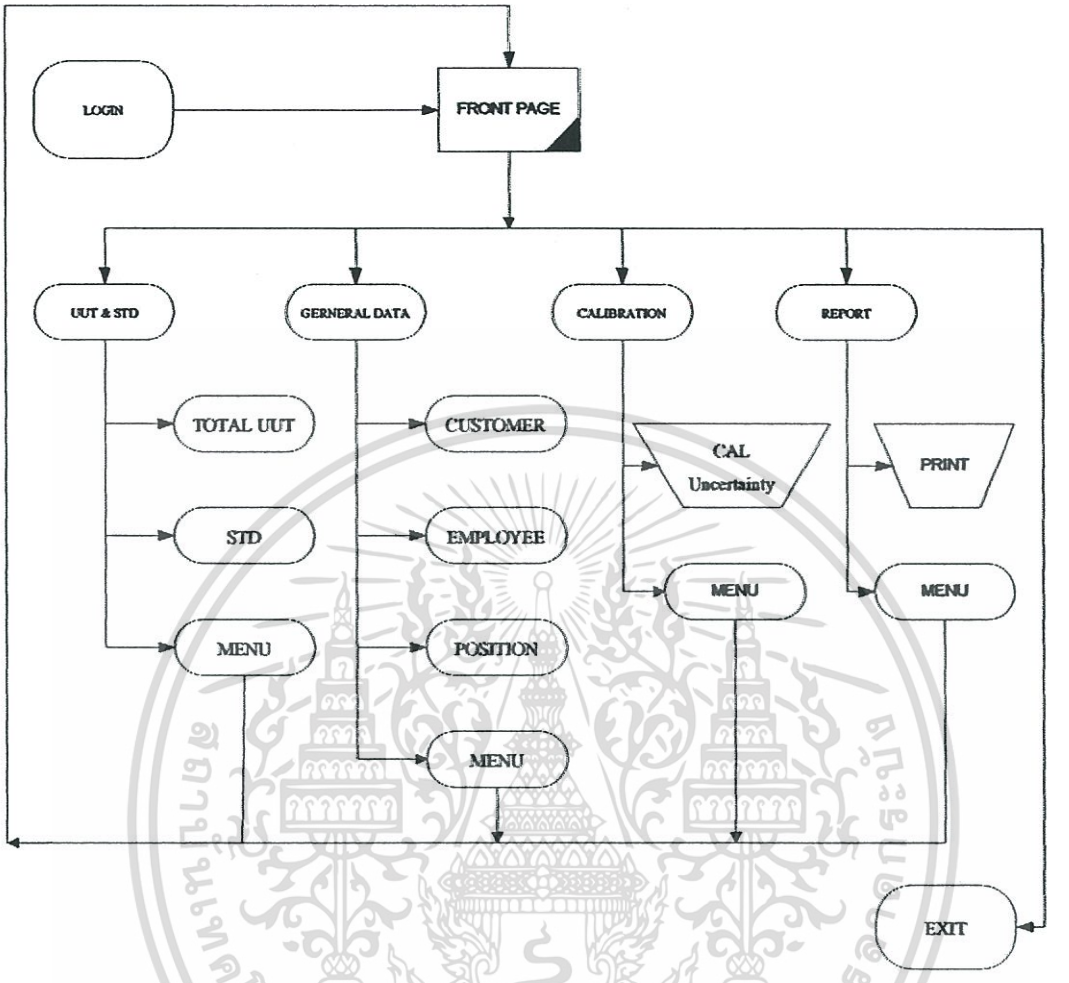


รูปที่ 5.11 แสดงหน้าจอของ Report

ในส่วนนี้จะ ไม่ต้องกรอกข้อมูลเพียงแต่เลือกข้อมูลจาก SerialNoUUT และ RecieveDate ข้อมูลก็จะปรากฏขึ้นมาพร้อมที่จะพิมพ์ (แสดงหน้าถัดไป)

คำสั่งของโปรแกรมจะสรุปได้ตาม Controller Function Flowchart ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 รูปแสดง Flowchart ของคำสั่งในโปรแกรมการสอบเทียบอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INSTRUMENT CALIBRATION LABORATORY

KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520 Tel. 662-326-7346 Fax. 662-326-7346

Certificate of Calibration

EQUIPMENT :	RTD Pt 100 (385)
MODEL :	A1143-01
SERIAL NO. :	760P-01
MANUFACTURER :	HART
MADE IN :	USA
SUBMITTED BY :	INSTRUMENT CALIBRATION LABORATORY KING'S MONGKUT INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG BANGKOK 10520
AMBIENT TEMPERATURE :	25 +/- 1 DEGREE CELSIUS
REL. HUMIDITY :	50 +/- 10% RH.
CALIBRATED BY :	SOMPOP CHARUSAENGRIT
APPROVED BY :	_____ APPROVED SIGNATORY
ISSUE DATE :	15 March 2003

This certificate may not be reproduced, except in full, unless permission for the publication of an approved abstract is obtained in writing from the Instrument Calibration Laboratory.

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RECIEVED DATE : 3/4/2003

CALIBRATION DATE : 3/15/2003

PROCEDURE USED :-

This instrument was calibrated by comparison with Standard Platinum Resistance Thermometer (SPRT) and immersion depth 150 mm.

The Temperature scale used was based on ITS-90

Condition of this result of calibration

1. Reference standard instrument:-

Instrument	Model	Serial No.	Cert No.	Due Date
1) HART	9122	66149	02T1897	29 Jun 2003
2) DIGITAL THERMOMETER	756201-C-7/F	12W814726 H	-	29 Jun 2003
3) DIGITAL THERMOMETER	756301-C-7/F/DA	12W731934 G	-	29 Jun 2003

2) This result of calibration was found accurate as shown on date and place of calibration only.

RESULT OF TEST:-

SET POINT (DEGREE C)	INDICATOR READING (DEGREE C)	STANDARD READING (DEGREE C)	ERROR (DEGREE C)	UNCERTAINTY OF MEASUREMENT (+ / - DEGREE C)
50.0	54.03	53.55	-0.48	0.1833
62.5	65.30	64.80	-0.50	0.1833
75.0	77.93	77.40	-0.53	0.1833
87.5	90.49	89.96	-0.53	0.1833
100.0	103.06	102.51	-0.55	0.1833

The reported uncertainty of measurementwas based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor k = 2.00, providing a level of confidence of approximately 95%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

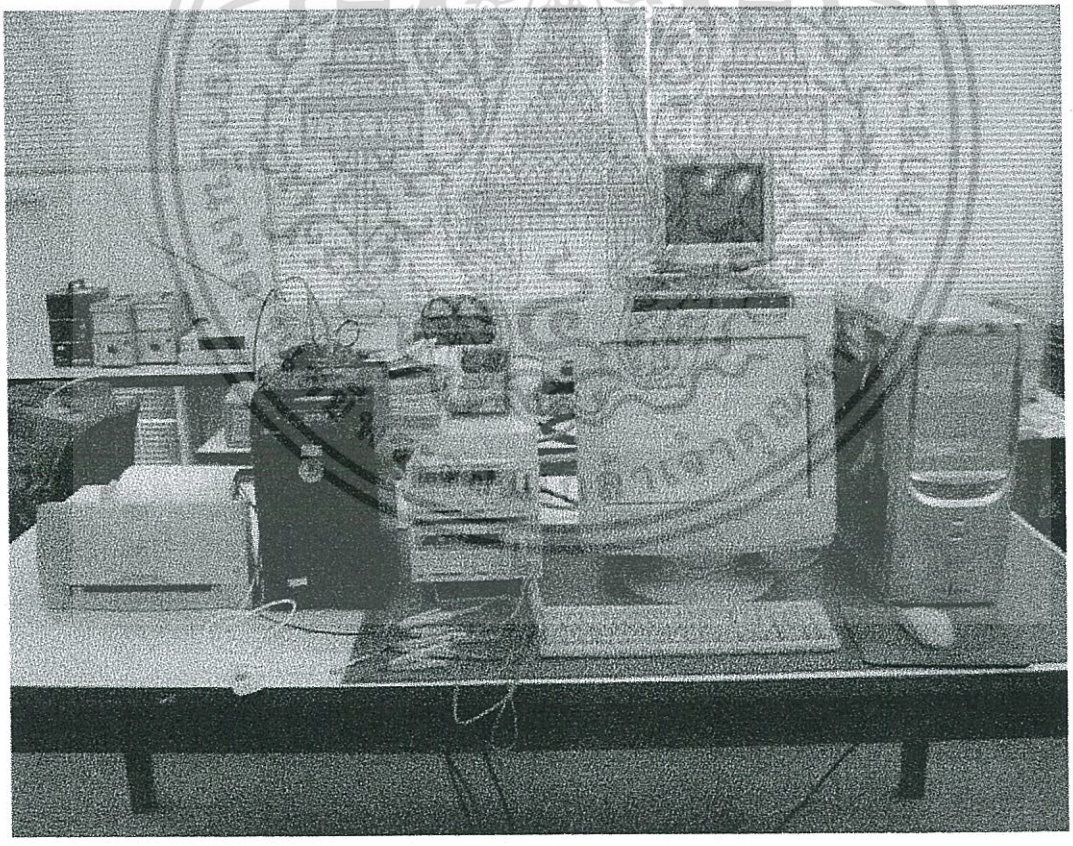
บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองครั้งนี้เราจะใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบ Thermocouple Type K มาเป็นตัว UUT และใช้ตัววัดอุณหภูมิแบบ RTD มาเป็น ตัวมาตรฐาน (STD)

6.1 อุปกรณ์การทดลอง

1. คอมพิวเตอร์ เครื่อง Printer พร้อมการ์ด GPIB
2. เครื่องสร้างอุณหภูมิ (Dry Well)
3. Digital Multimeter 7563 และ 7562
4. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ต้องการสอบเทียบ (UUT)
5. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่เป็นตัวมาตรฐาน (STD)

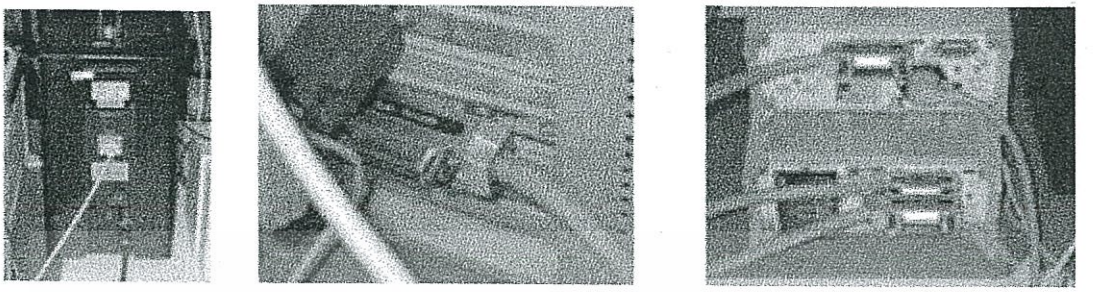


รูปที่ 6.1 การต่ออุปกรณ์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

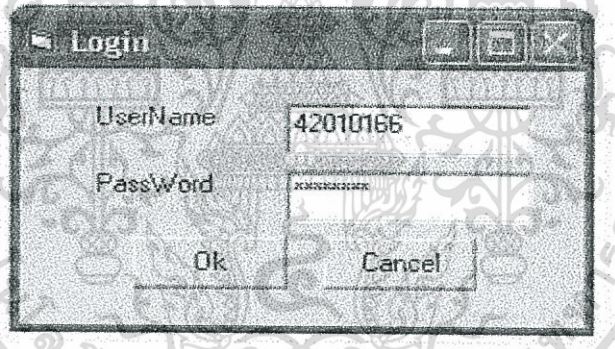
6.2 วิธีการทดลอง

1. ต่อสายเครื่องมือวัดกับคอมพิวเตอร์ดังจะแสดงดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องมือวัดอุณหภูมิและเครื่องให้อุณหภูมิ

2. การรันโปรแกรมการสอบเทียบอัตโนมัติ และป้อนรหัสผ่าน โดย UserName: 42010166, 42010216 และ42010361 PassWord: 42010166, 42010216 และ42010316 ตามลำดับ



รูปที่ 6.3 ป้อนรหัสผ่านก่อนทำการสอบเทียบ

โดยจะมีข้อมูลที่ต้องใช้ในการสอบเทียบอัตโนมัติดังนี้(เป็นข้อมูลที่สมมติขึ้นมา)

6.3 ข้อมูลของส่วน Customer

6.3.1 Customer Name : NARAN SRITANMA

6.3.2 Address : KMITL

6.3.3 Phone : 02-7392401-5 #123

6.3.4 Sex : MALE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 ข้อมูลของส่วน Employee

6.4.1 Employee Name : NAVAREST SUWANNAMONGKOL

6.4.2 Address : 9 M.1 T.PHAN A.PHAN CHAINGRAI 57120

6.4.3 Phone : 09-7847660

6.4.4 Sex : MALE

6.4.5 Birthday : 6/06/03

6.4.6 Position : TECHNICIAN

6.5 ข้อมูลของส่วน UUT

6.5.1 Serial No UUT : 760P-01

6.5.2 UUT Name : RTD Pt 100 (385)

6.5.3 Manufacturer : HART

6.5.4 Made In : USA

6.5.5 Model : A1143-01

6.5.6 Range : -195 to 800 DEGREE CELSIUS

6.5.7 Accuracy : -

6.5.8 Uncertainty : -

6.6 ส่วนของ UUT Detail

6.6.1 Receive Date : 3/5/2003

6.6.2 Serial No STD : 760P-01

6.6.3 Begin Range : 100

6.6.4 Last Range : 200

6.6.5 Point : 5

6.6.6 K value : 2

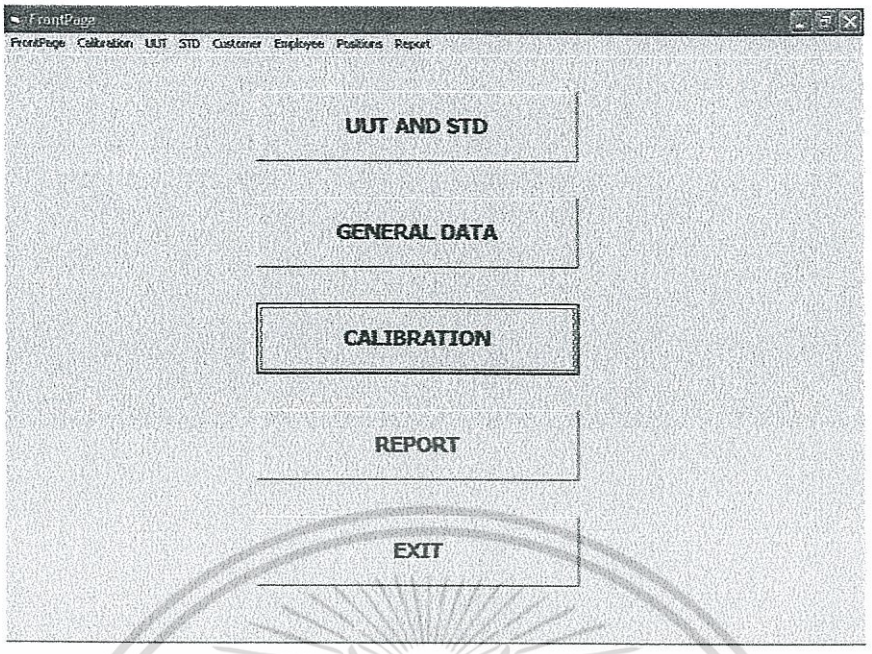
6.6.7 Calibration Date : 3/15/03

6.6.8 Calibrator : SOMPOP CHARUSAENGRT

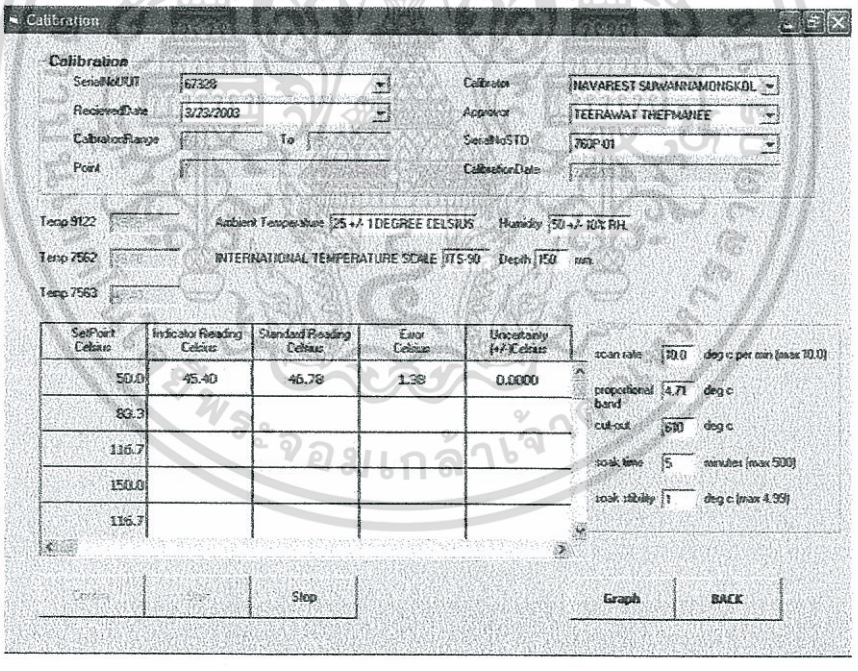
6.6.9 Approver : TEERAWAT THEPMANEE

เลือกกดปุ่ม CALIBRATION และเลือกข้อมูลที่จะทำการสอบเทียบ (มีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลอยู่แล้ว) ต่อจากนั้นกดปุ่ม Confirm และกดปุ่ม Start

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



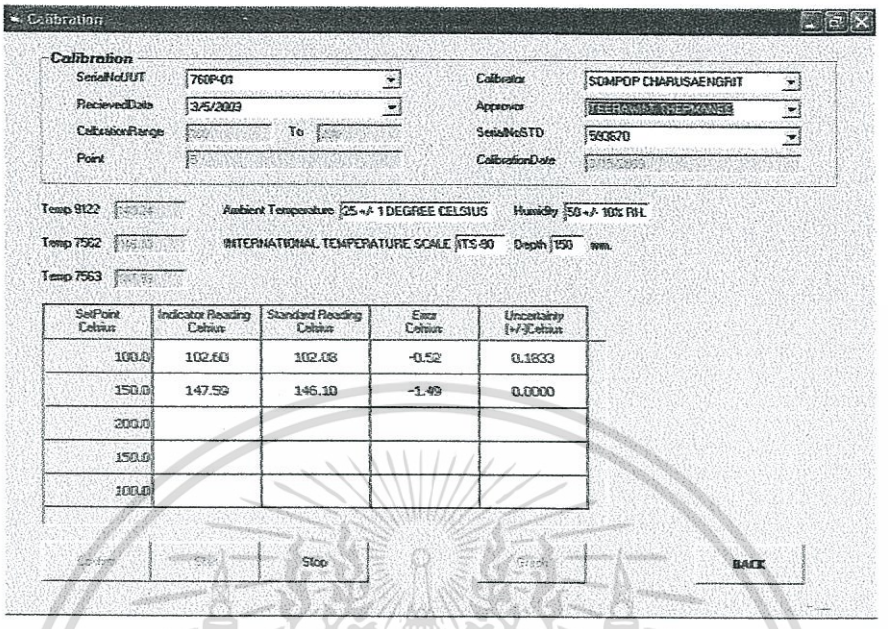
รูปที่ 6.4 แสดงถึงเข้ามาในส่วนของ FrontPage



รูปที่ 6.5 แสดงหน้าจอของการสอบเทียบ

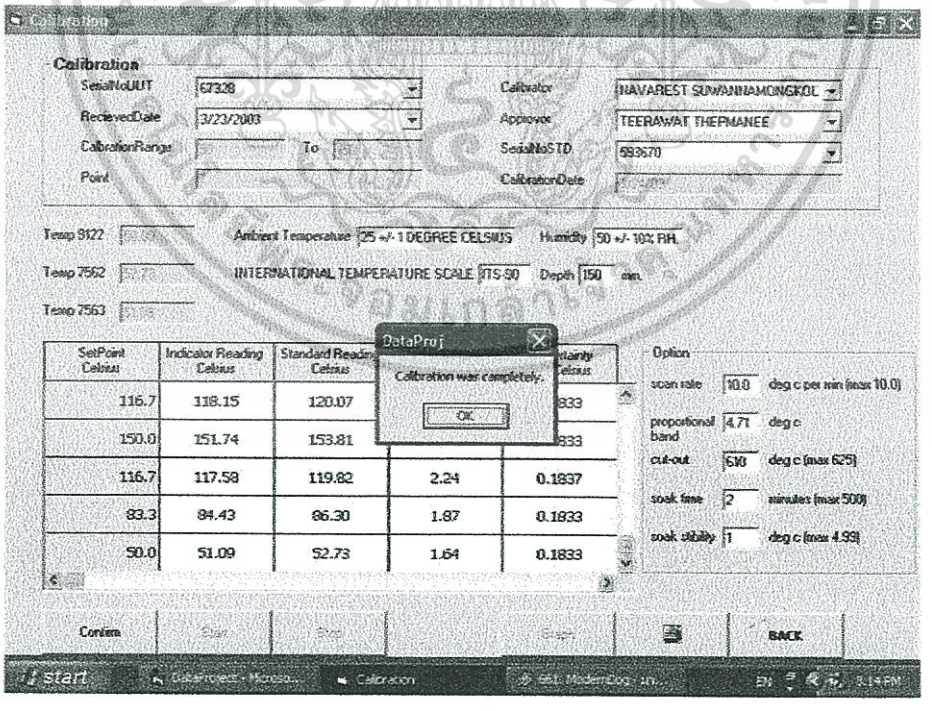
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมจะเริ่มการสอบเทียบโดยจะแสดงได้ดังรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 แสดงถึงการทำการสอบเทียบอัตโนมัติ

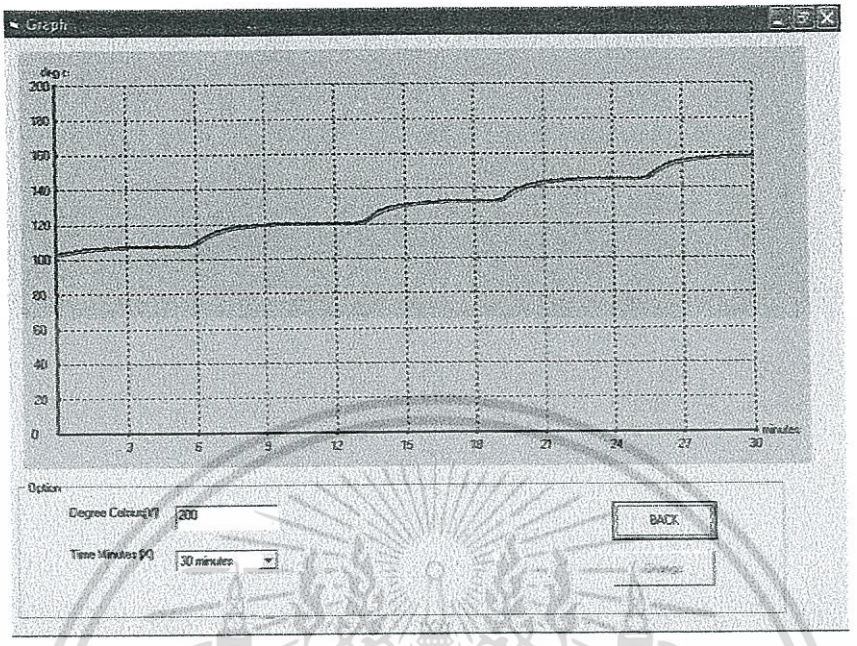
เมื่อเสร็จสิ้นการสอบเทียบจะได้หน้าจอดังรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 แสดงถึงการสอบเทียบเสร็จเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถที่จะดูกราฟในช่วงการสอบเทียบได้โดยกดปุ่ม Graph ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 แสดงกราฟในการสอบเทียบแต่ละจุด

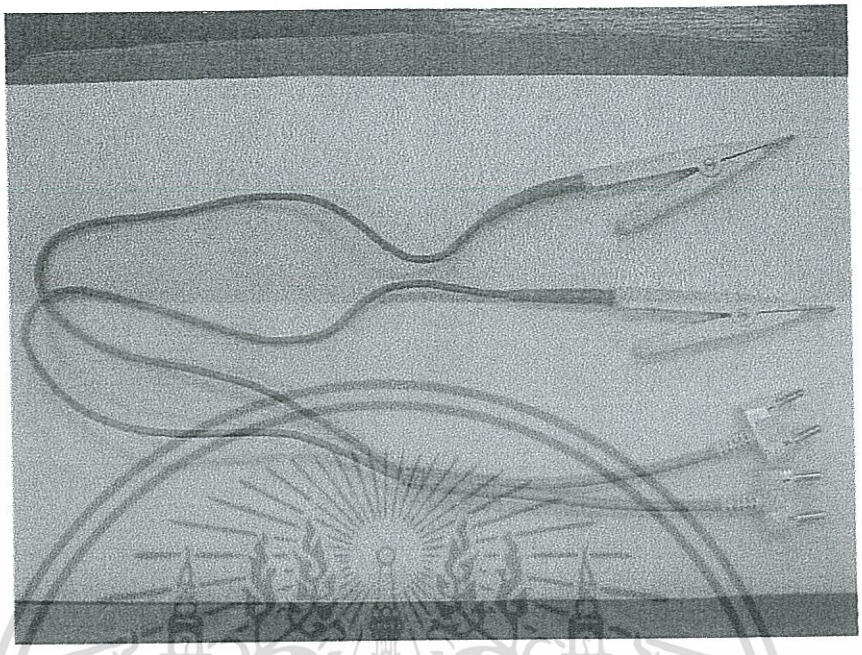
4. เลือกปุ่ม Print ก็จะได้ใบ Certificate of Calibration ดังที่จะแสดงในหน้าถัดไป

6.7 สรุปผลการทดลอง

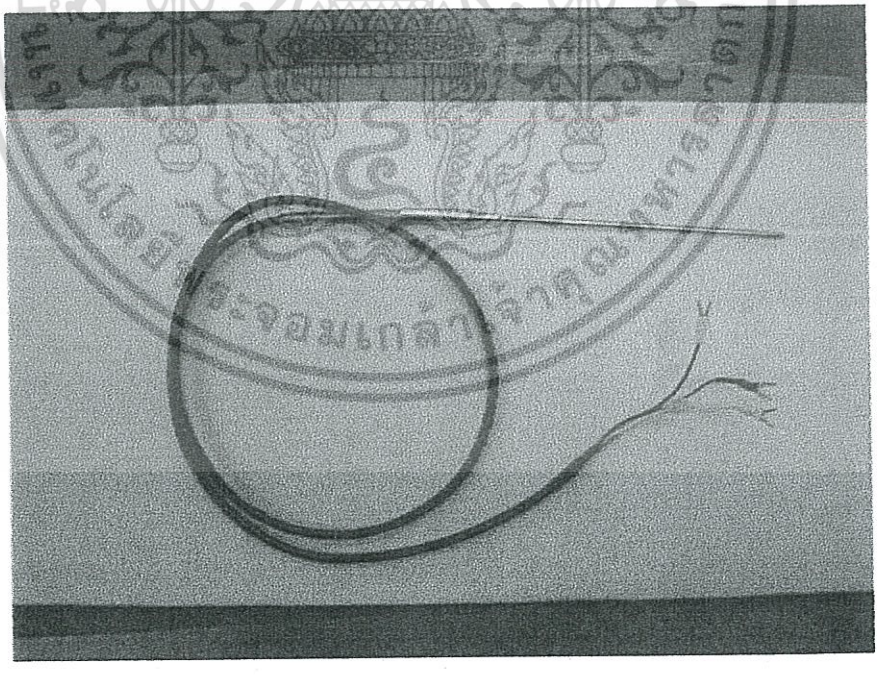
เมื่อเราได้นำตัว RTD หรือ TC นำมาสอบเทียบแล้วเราจะได้ค่า การอ่านอุณหภูมิของตัว STD, การอ่านค่าอุณหภูมิของ UUT, ค่า ERROR ของตัว UUT เทียบกับ STD และค่า Uncertainty ซึ่งสามารถแสดงผลได้ทางใบ Certificate of Calibration และจะสังเกตได้ว่าค่า Uncertainty นั้นมีค่าใกล้เคียงกันหรือมีค่าเท่ากันนั้นมีผลมาจากค่า Uncertainty ของ ตัวให้อุณหภูมิ(Dry-Well 9122) และตัวอ่านอุณหภูมิ (Digital Thermometer, Digital MultiMeter) มีค่ามากกว่าค่า Uncertainty ของตัว UUT ซึ่งในการใช้งานนั้นเราจะเอาค่าที่ได้จากการสอบเทียบนั้น มาเปรียบเทียบกับการใช้งานจริง เช่น เมื่อเทียบกับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส STD อ่านได้ 101.95 องศาเซลเซียส UUT อ่านได้ 105.9 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า ERROR อยู่ 4 องศาเซลเซียส เพราะฉะนั้น เมื่อเราเอาตัว UUT ไปใช้งาน ณ อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่เราไปสอบเทียบนั้น เราสามารถรู้ได้ว่า ณ อุณหภูมิของอุปกรณ์นั้นอยู่ที่ประมาณเท่าไหร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.8 รูปอุปกรณ์การทดลองการสอบเทียบอัตโนมัติ

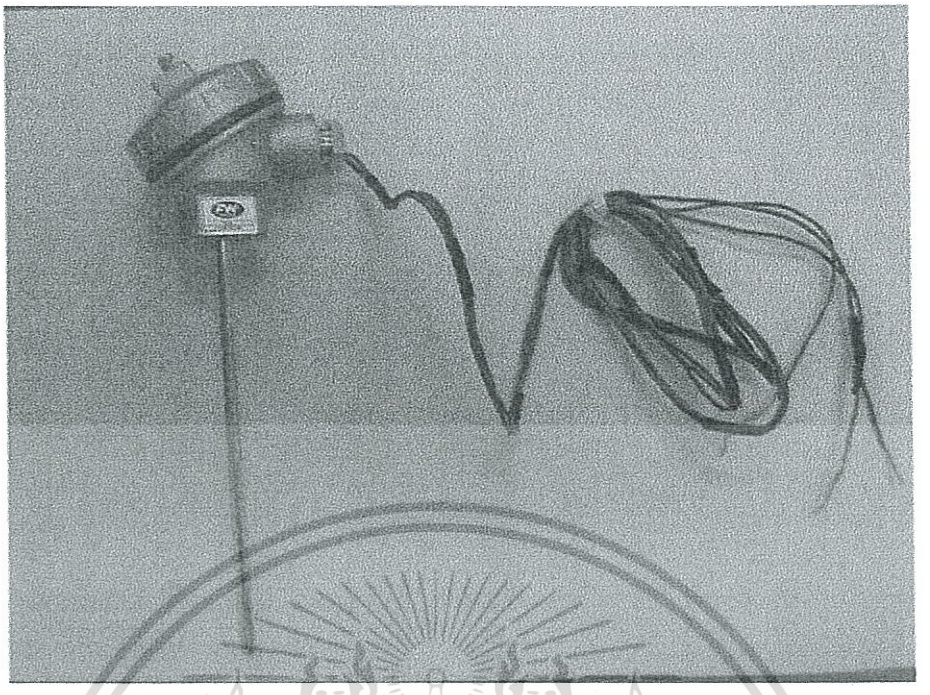


รูปที่ 6.9 สายการเชื่อมต่อระหว่าง RTD, TC กับ Digital Thermometer, Digital MultiMeter

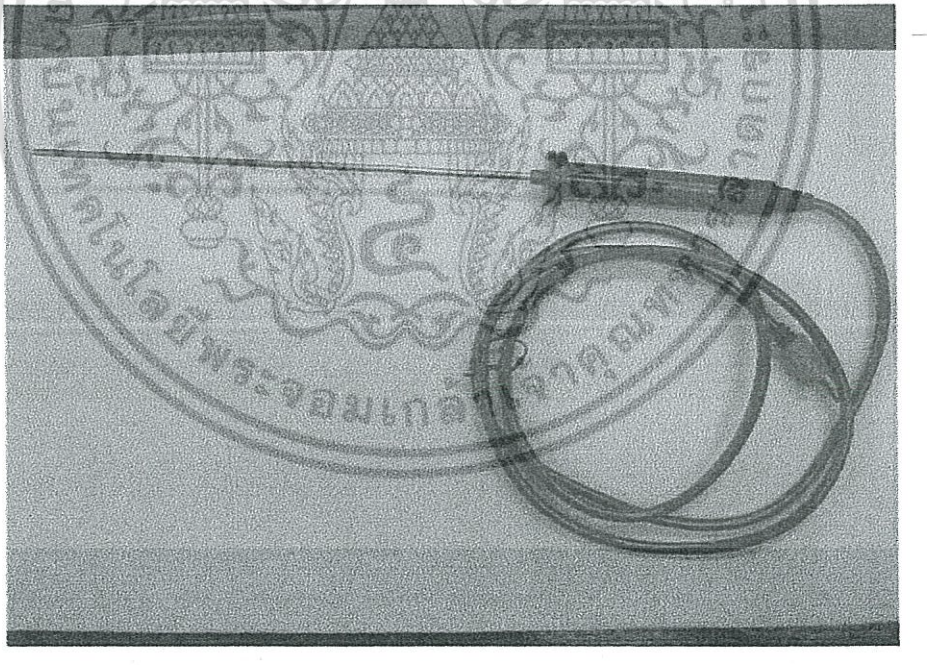


รูปที่ 6.10 Platinum Resistance Thermometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



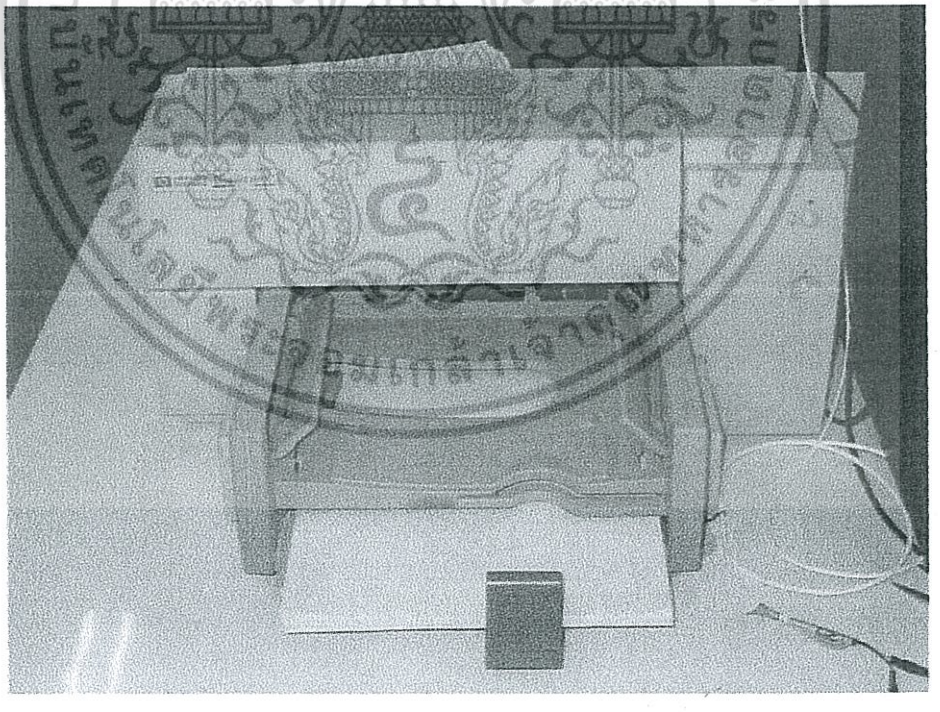
รูปที่ 6.11 Thermocouple type K



รูปที่ 6.12 Thermocouple type K

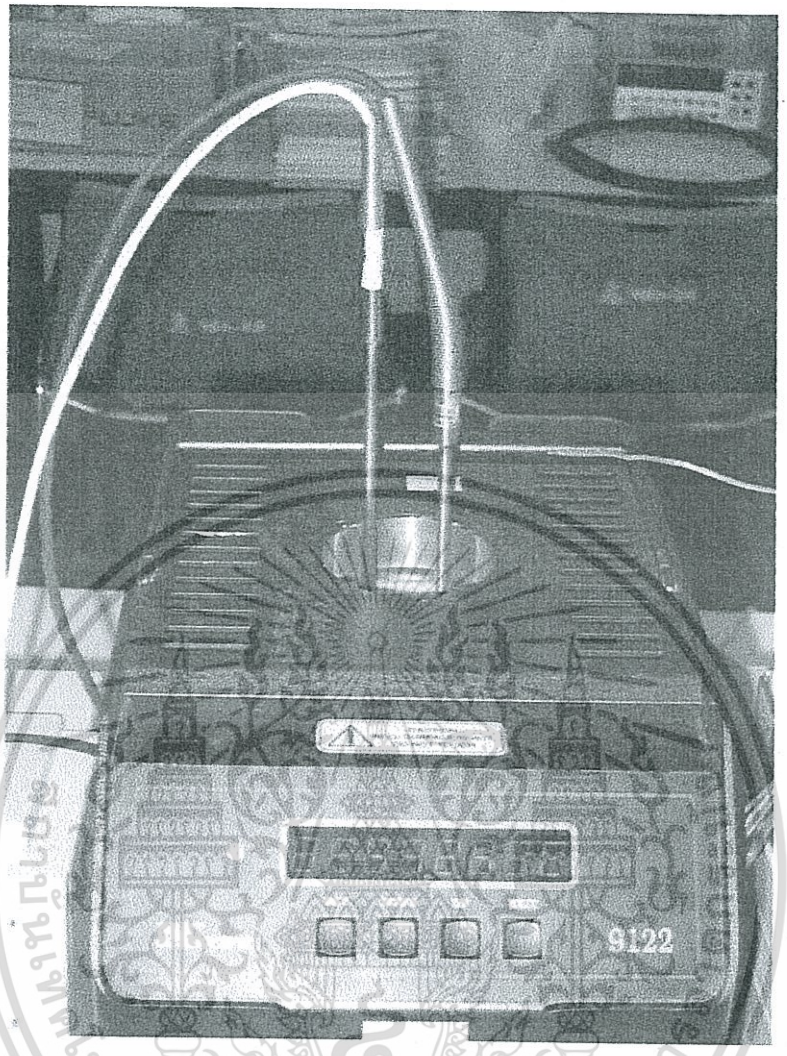
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.13 Dry-well, Digital Thermometer, Digital Multimeter, Computer



รูปที่ 6.14 Printer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.15 แสดงการนำ SRTD & UUT ลงไปจุ่มที่ Dry-well

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. " คู่มือการเขียนโปรแกรม และใช้งาน Visual Basic 6 " สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส 200 หมู่ 4 ห้อง 510 อาคารจัสมินอินเตอร์เนชันแนลทาวเวอร์ ชั้น5 ถ.แจ้งวัฒนะ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120 โทร 0-2962-1081-3 โทรสาร 0-2962-1084

2. " Database Programming ด้วย Visual Basic ฉบับมืออาชีพ " สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส 200 หมู่ 4 ห้อง 510 อาคารจัสมินอินเตอร์เนชันแนลทาวเวอร์ ชั้น5 ถ.แจ้งวัฒนะ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120 โทร 0-2962-1081-3 โทรสาร 0-2962-1084

3. "บทบาทมาตรวิทยาต่อการพัฒนาคุณภาพสู่สหัสวรรษใหม่ / ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)" อินทร พิชิตานนท์ สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้