การควบคุมระบบปรับอากาศที่มีความเที่ยงตรง ด้วยคอมพิวเตอร์

MULTIVARIABLE CONTROL SYSTEM OF PRECISION AIR CONDITIONING UNIT

ยุพาภรณ์ นวลเพ็ง
YUPAPORN NUALPENG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-495-8

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมระบบปรับอากาศที่มีความเที่ยงตรง ด้วยคอมพิวเตอร์

MULTIVARIABLE CONTROL SYSTEM OF PRECISION AIR CONDITIONING UNIT

T041483

ยุพาภรณ์ นวลเพ็ง

YUPAPORN NUALPENG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 41483
วัน, เดือน, ปี 19 ก.พ. 2545

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2544

ISBN 947-648-495-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MULTIVARIABLE CONTROL SYSTEM
OF PRECISION AIR CONDITIONING UNIT

YUPAPORN NUALPENG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2001

ISBN 974-648-495-8

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2001

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การควบคุมระบบปรับอากาศที่มีความเที่ยงตรงด้วยคอมพิวเตอร์
MULTIVARIABLE CONTROL SYSTEM OF PRECISION AIR CONDITIONING UNIT

ชื่อนักศึกษา นางสาวยุพาภรณ์ นวลเพ็ง

รหัสประจำตัว 37061204

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.มงคล มงคลวงศ์โรจน์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.จารุวัตร	เจริญสุข	
ดร.จินดา	เจริญพรพาณิชย์	
รศ.ดร.พงษ์เจต	พรหมวงศ์	
รศ.ดร.จงกล	งามวิวิทย์	
รศ.ดร.มงคล	มงคลวงศ์โรจน์	

วัน/เดือนปี ที่สอบ 24 ตุลาคม 2544 เวลา 12.00-13.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร 12 ชั้น ชั้น 4 (ห้อง E12-404)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัศชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 26 **เดือน** ตุลาคม **พ.ศ.** 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การควบคุมระบบปรับอากาศที่มีความเที่ยงตรง ด้วยคอมพิวเตอร์
นักศึกษา	นางสาวยุพาภรณ์ นวลเพ็ง
รหัสประจำตัว	37061204
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
พ.ศ.	2544
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.มงคล มงคลวงศ์โรจน์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมระบบปรับอากาศที่มีความเที่ยงตรงด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการควบคุมแบบหลายตัวแปรคือจะทำการควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องปรับอากาศด้วยคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยหลักการเพิ่มการทำความเย็นของระบบปรับอากาศจึงทำการออกแบบชุดคอยล์เย็นจำนวน 8 ชั้น ให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ห้องปรับอากาศในช่วง 18-25 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 45-55 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบระบบปรับอากาศ เพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแบบจำลองที่ได้จะไม่เป็นระบบเชิงเส้น จะทำให้เป็นระบบเชิงเส้น แล้วทำการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วย MATLAB โดยเลือกใช้ตัวควบคุมแบบ PI และ PID งานวิจัยนี้ได้ใช้คอมพิวเตอร์ไปควบคุมระบบปรับอากาศเพื่อให้ได้ความเที่ยงตรง โดยการควบคุมอัตราการไหลของลมเย็นและเปิดปิดคอมเพรสเซอร์เป็นการควบคุมชนิด ON-OFF ผลที่ได้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้เป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Multivariable Control System of Precision Air Conditioning unit
Student	Ms. Yupaporn Nualpeng
Student ID.	37061204
Degree	Master of Engineering
Programme	Mechanical Engineering
Year	2001
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Mongkol Mongkolwongrojn

ABSTRACT

This thesis describes the research analysis deal with the experimental investigation on the multivariable control system of the precision air conditioning unit with programmable control. Temperature and humidity control of air-conditioning system relying on high cooling capacity of the system. Eight layers of evaporators are designed and installed for experiment. The range of temperature and humidity in control are 18-25°C and 45-55% respectively. From the experiment the nonlinear mathematical models are obtained with thermal load and without thermal load and linearized model is approximated by using least square method. The air conditioning system is modeled using MATLAB. System simulation was obtained for PI control and PID control are step input. Microcomputer was implemented to control air temperature and humidity by ON-OFF the air supply flow rate, the heater and the compressor of the air conditioning unit. The results for control is also satisfactory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการควบคุมระบบปรับอากาศที่มีความเที่ยงตรงสูงด้วยคอมพิวเตอร์ รวมทั้งได้ทดสอบการควบคุมระบบจาก รศ.ดร.มงคล มงคลวงศ์โรจน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.จงกล งามวิวิทย์ ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม ที่ช่วยเหลือแก้ไขและให้คำแนะนำในบางจุดที่ผู้วิจัยติดปัญหาบางอย่างทางด้านการออกแบบตัวควบคุม ซึ่งมีส่วนทำให้ผู้วิจัยเข้าใจในปัญหานั้น

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์คณะกรรมการที่มีความอนุเคราะห์ให้การสอบดำเนินไปด้วยดี

ขอขอบคุณปัญญา มาลีวัตร ที่คอยช่วยเหลือทุกเรื่องรวมถึงคำแนะนำที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆ พร้อมทั้งช่วยตรวจเทียบและแก้ไขทฤษฎีและอื่นๆที่ผิดพลาด จนสำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและยังให้กำลังใจอย่างใกล้ชิดเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ยุพาภรณ์ นวลเพ็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....V

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของปัญหา.....1

1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....2

1.4 แนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย.....2

1.5 ขอบเขตงานวิจัย.....2

1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....2

บทที่ 2 หลักการควบคุมระบบปรับอากาศ.....3

2.1 หลักการควบคุมอุณหภูมิของระบบปรับอากาศ.....3

2.2 หลักการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศ.....3

2.3 สรุปหลักการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศ.....4

2.3.1 นิยามของการควบคุมอัตโนมัติ.....4

2.3.2 ทฤษฎีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศ.....4

2.3.3 การจูนตัวควบคุมแบบ PID.....6

2.3.4 การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศ.....8

2.3.4.1 อุปกรณ์ในการอินเตอร์เฟส.....11

2.3.4.2 ตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor).....12

2.3.4.3 การ์ดอินเตอร์เฟส.....13

2.3.4.4 ไอซี 8255.....14

2.3.4.5 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล(Analog to Digital Converter: ADC).....21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.4.6 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Theory) 22
2.3.4.7 การประมาณค่าแบบต่อเนื่อง (Successive Approximation Technique) 22
2.3.4.8 ไอซี ADC0804 (Analog to Digital Converter IC) 24
2.3.4.9 ไอซี DAC0832 (Digital to Analog Converter IC) 25
2.3.4.10 ไอซี HEF 4051B 26

บทที่ 3 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบปรับอากาศ 29
3.1 กระบวนการปรับสภาพอากาศ 29
3.1.1 กระบวนการทำให้อากาศเย็นลงด้วยความร้อนสัมผัสอย่างเดียว 29
3.1.2 กระบวนการทำให้อากาศเย็นลงและลดความชื้น.....30
3.2 การสร้างระบบปรับอากาศเพื่อการทดลองหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....31
3.2.1 ภาระของเครื่องปรับอากาศ.....32
3.2.2 การคำนวณหาโหลดการทำความเย็นของห้อง.....32
3.2.2.1 การถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านนอก.....33
3.2.2.2 ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านใน.....33
3.2.2.3 ความร้อนของรังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านกระจก.....34
3.2.2.4 ความร้อนจากแสงสว่างไฟฟ้า.....34
3.2.2.5 ความร้อนจากผู้อยู่อาศัย.....34
3.2.2.6 ความร้อนจากเครื่องมือเครื่องใช้.....35
3.2.2.7 ความร้อนอากาศรั่วเข้าห้องและจากอากาศระบาย.....35
3.2.3 การออกแบบคอยล์เย็น (Evaporator).....35
3.2.4 การเลือกคอมเพรสเซอร์ (Compressor) และคอนเดนเซอร์ (Condenser).....36
3.3 การทดลองหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....39
3.3.1 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง.....40
3.3.2 ขั้นตอนการทดลอง.....40

บทที่ 4 การควบคุมระบบปรับอากาศด้วยคอมพิวเตอร์.....43
4.1 การจำลองการควบคุมระบบปรับอากาศด้วย MATLAB.....43
4.1.1 การเลือกตัวควบคุม 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.1.1.1 กรณีไม่มีภาระ.....43
4.1.1.2 กรณีมีภาระ.....44
4.2 การควบคุมระบบปรับอากาศด้วยคอมพิวเตอร์.....45
4.2.1 การต่อชุดอินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ.....45
4.2.2 ลักษณะการเขียนโปรแกรมส่งสัญญาณออกไปควบคุม.....46
4.2.3 ลักษณะการเขียนโปรแกรมรับสัญญาณภายนอกเพื่อไปประมวลผล.....48

บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง.....50
5.1 ผลการจำลองการควบคุมระบบปรับอากาศด้วย MATLAB.....50
5.2 ผลการควบคุมระบบปรับอากาศ.....52
5.2.1 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ทั่วไป.....52
5.2.2 เงื่อนไขในการทดลอง.....53
5.2.3 ขั้นตอนในการทดลอง.....53
5.2.4 ผลการควบคุมระบบปรับอากาศ.....54
5.2.4.1 กรณีมีภาระ.....55
5.2.4.2 กรณีไม่มีภาระ.....58

บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.....60
6.1 สรุปผลงานวิจัย.....60
6.2 ข้อเสนอแนะประเด็นที่ควรศึกษาต่อ.....60

เอกสารอ้างอิง.....61
ภาคผนวก.....62
ก. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....62
ข. ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม(Flow chart).....70
ค. ซอร์สโค้ดของโปรแกรม.....72

ประวัติผู้เขียน.....97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ประเภทของตัวควบคุมเมื่อการตอบสนองของระบบเป็นฟังก์ชันขั้น [1].....7
2.2 แสดงการเลือกพอร์ตของไอซี8255.....16
2.3 แสดงหน้าที่ของพอร์ตต่างๆ ตามรหัสควบคุม (Control Word).....17
2.4 แสดงขาสัญญาณต่างๆ ในโหมด 1.....19
2.5 แสดงขาสัญญาณต่างๆ ในโหมด 2 20
2.6 แสดงความหมายของบิตควบคุม.....21
2.7 แสดงรหัสสัญญาณสั่งการ ของไอซี HEF4051B.....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมระบบปรับอากาศ.....4

2.2 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมของระบบปรับอากาศ.....4

2.3 แสดงการตอบสนองของระบบ.....6

2.4 กราฟแสดงรูปร่างของการตอบสนองของระบบ(ก),(ข)และ(ค).....7

2.5 โครงสร้างภายในชุดคอยล์เย็นจัด.....9

2.6 ใบพัดแบบครอสโฟลว์.....9

2.7 ชุดคอนเดนซิ่งยูนิต.....10

2.8 วงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....11

2.9 รูปร่างและขาต่างๆ ของไอซี LM35.....12

2.10 การต่อใช้งานตัวตรวจจับความชื้น HU1015N.....13

2.11 ส่วนประกอบต่างๆ ของการ์ด ETT-DIO.....14

2.12 โครงสร้างและขาต่างๆของไอซี8255.....15

2.13 การทำงานของโหมด 1 อินพุต.....18

2.14 ไดอะแกรมเวลาในโหมด 1 อินพุต.....18

2.15 การทำงานของโหมด 1 เอาท์พุต.....19

2.16 โครงสร้างของ A/D แบบ ซัคเซสซีฟ แอพพรอคซิเมชั่น.....23

2.17 การทำงานของซัคเซสซีฟ แอพพร็อคซิเมชั่น รีจีสเตอร์.....24

2.18 โครงสร้างและขาต่างๆ ของไอซีADC0804.....25

2.19 โครงสร้างและขาต่างๆ ของไอซี DAC0832.....26

2.20 โครงสร้างและขาต่างๆของไอซีHEF 4051B.....27

3.1 กระบวนการปรับสภาพอากาศขั้นพื้นฐาน.....29

3.2 กระบวนการทำให้อากาศเย็นลงด้วยความร้อนสัมผัสอย่างเดียว.....30

3.3 กระบวนการลดความชื้นและทำให้อากาศเย็นลง.....31

3.4 แผนผังการควบคุมระบบปรับอากาศที่มีความเที่ยงตรงสูงด้วยคอมพิวเตอร์.....31

3.5 แผนผังแสดงการไหลของความร้อน.....33

3.6 อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator).....37

3.7 คอมเพรสเซอร์ (Compressor).....38

3.8 คอนเดนซิ่งยูนิต (Condensing Unit).....38

3.9 ขดลวดทำความร้อน (Heater).....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.10 ผลการตอบสนองของอุณหภูมิเมื่อเปิดพัดลมความเร็วรอบต่ำ (g11).....40
3.11 ผลการตอบสนองของความชื้นเมื่อเปิดพัดลมความเร็วต่ำ (g21).....41
3.12 ผลการตอบสนองของอุณหภูมิเมื่อเปิดพัดลมความเร็วสูง (g12).....41
3.13 ผลการตอบสนองของความชื้นเมื่อเปิดพัดลมความเร็วสูง (g22).....41
4.1 บล็อกไดอะแกรมระบบปรับอากาศที่ควบคุมด้วย PI และ PID กรณีไม่มีภาระ.....44
4.2 บล็อกไดอะแกรมระบบปรับอากาศที่ควบคุมด้วย PI และPID กรณีมีภาระ.....44
4.3 แผนผังการควบคุมอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ.....45
4.4 การต่อชุดอินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ปรับอากาศ.....46
4.5 ผังลักษณะการส่งสัญญาณออกไปควบคุมระบบ.....47
4.6 ผังลักษณะการรับสัญญาณภายนอกไปประมวลผล.....48
5.1 ผลการตอบสนองของอุณหภูมิ.....50
5.2 ผลการตอบสนองของความชื้น.....51
5.3 ผลการตอบสนองของอุณหภูมิ.....51
5.4 ผลการตอบสนองของความชื้น.....52
5.5 หน้าจอการควบคุมระบบปรับอากาศ.....54
5.6 แสดงหน้าจอการควบคุมระบบปรับอากาศ(ต่อ).....55
5.7 ที่สภาวะสมดุลย์อุณหภูมิ 25 °C และความชื้น 55 %RH เวลาที่ใช้ 300 วินาที.....56
5.8 ที่สภาวะสมดุลย์อุณหภูมิ 25 °C และความชื้น 46 %RH เวลาที่ใช้ 280 วินาที.....56
5.9 ที่สภาวะสมดุลย์อุณหภูมิ 29.4 °C และความชื้น 50 %RH เวลาที่ใช้ 60 วินาที.....57
5.10 ที่สภาวะสมดุลย์อุณหภูมิ 29.4 °C และความชื้น 45 %RH เวลาที่ใช้ 60 วินาที.....57
5.11 ที่สภาวะสมดุลย์อุณหภูมิ 25 °C และความชื้น 45 %RH เวลาที่ใช้ 300 วินาที.....58
5.12 ที่สภาวะสมดุลย์อุณหภูมิ 25 °C และความชื้น 52 %RH เวลาที่ใช้ 120 วินาที.....59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของห้องปรับอากาศในปัจจุบันจะเป็นการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์ [5] จะไม่สนใจถึงการออกแบบอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นมาก ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงทำการออกแบบชุดคอยล์เย็น ให้มีจำนวนชั้นมากๆ [3] เพื่อเพิ่มการทำความเย็น ให้สามารถควบคุมได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น แล้วทำการเก็บข้อมูลจากการทดลองเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในรูปของฟังก์ชันถ่ายโอน ซึ่งได้มาจากเงื่อนไขการทำงานของระบบ โดยใช้วิธีการประมาณค่าแบบกำลังสองน้อยที่สุด จะทำการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อดูพฤติกรรมของตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิและความชื้น เช่น การปรับความเร็วของพัดลม ความร้อนความชื้น ส่วนสารทำความเย็นจะใช้คุณสมบัติของน้ำยาแอร์ R-22

วิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอ การควบคุมระบบปรับอากาศที่มีความเที่ยงตรงสูงด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำการควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้น โดยอาศัยหลักการเพิ่มการทำความเย็นของระบบปรับอากาศจึงทำการออกแบบชุดคอยล์เย็น ให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ห้องปรับอากาศในช่วง 18 – 25 องศาเซลเซียส และ 45 – 55 เปอร์เซ็นต์ความชื้นซึ่งต่อไปจะเรียกว่าชุดคอยล์เย็นจัด

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของปัญหา

วิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นความสนใจไปที่

1. การออกแบบชุดคอยล์เย็นจัด (Evaporator) ให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ห้องปรับอากาศ แล้วทำการทดสอบระบบปรับอากาศที่ได้ออกแบบ เพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model)

2. ทำการจำลองการควบคุมระบบปรับอากาศด้วยโปรแกรม MATLAB โดยเลือกใช้ตัวควบคุมแบบ PI และ PID เพื่อต้องการทราบว่าสามารถควบคุมได้หรือไม่

3. เพื่อให้ได้ความเที่ยงตรงจึงทำการควบคุมระบบปรับอากาศด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำการควบคุมอัตราการไหลของลมเย็นและการเปิดปิดคอมเพรสเซอร์เป็นการควบคุมแบบ ON-OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ปัญหาในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเป็นที่น่าสนใจ โดยเฉพาะการควบคุมความชื้นไม่ให้สูงเกินไป จะทำการเพิ่มการทำความเย็นของระบบปรับอากาศโดยการออกแบบชุดคอยล์เย็นจัด 8 ชั้น เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสมกับการใช้งาน อาศัยการทำงานของขดลวดนำความร้อน (Heater) และการเปิดพัดลมที่ความเร็วรอบต่ำและสูง แล้วดูการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นว่าสามารถควบคุมได้หรือไม่

วิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยการออกแบบชุดคอยล์เย็นจัดและทำการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ความถูกต้องแม่นยำสูง

1.4 แนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยด้านการปรับอากาศที่ว่าด้วยการควบคุมสภาวะอากาศแบบอัตโนมัติ ในปัจจุบันมีสองแนวทางด้วยกันคือ

1. การควบคุมอุณหภูมิ
2. การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้จะนำเสนอในแบบที่สอง โดยทำการออกแบบชุดคอยล์เย็นจัดก่อนแล้วจึงทำการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจริง

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ทำการออกแบบชุดคอยล์เย็นจัด 8 ชั้น ให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสมกับการใช้งาน จำลองการควบคุมด้วยโปรแกรม MATLAB แล้วเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานแบบ ON-OFF ผ่านการ์ดอินเตอร์เฟส ETT-DIO ที่พอร์ตอินพุต เอาท์พุตเบอร์ 8255 กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา Visual Basic 6.0 ผลการทดลองแสดงไว้ในบทที่ 6

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาและออกแบบชุดคอยล์เย็นจัด ทั้งหมด 8 ชั้น
2. เก็บผลการทดลองของอุณหภูมิและความชื้น เพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
3. ออกแบบตัวควบคุมแบบ PI และ PID โดยอาศัยทฤษฎีของ Ziegler-Nichols [4]
4. จำลองการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นระบบปรับอากาศโดยใช้ MATLAB
5. ทำการควบคุมระบบปรับอากาศด้วยคอมพิวเตอร์ชนิด ON-OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการควบคุมระบบปรับอากาศ

ปัญหาและการควบคุมระบบต่าง ๆ มีความสำคัญเพิ่มขึ้นมากในปัจจุบัน เนื่องจากการทำความเข้าใจในรูปแบบโครงสร้างของระบบ ที่มีหลายมิติเป็นเรื่องยากและซับซ้อน รวมถึงการเก็บข้อมูล การส่งผ่านข้อมูล และการประมวลผล มีความยุ่งยากมาก

จากเหตุผลข้างต้นจึงเกิดงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมระบบปรับอากาศ เพื่อจำลองปัญหาด้วยลักษณะต่าง ๆ ให้เข้าถึงหรือมองปัญหาออก ช่วยในการวิเคราะห์ออกแบบ เป็นหัวใจของการวิเคราะห์ระบบอยู่ 3 แนวทางด้วยกันคือ

1. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนด้วยสมการ ดิฟเฟอเรนเชียล สมการสถานะ สมการถ่ายโอน เมตริกซ์ทรานเฟอร์ฟังก์ชัน

2. ใช้แบบจำลองด้วยกราฟ เช่น บล็อกไดอะแกรม การไหลของสัญญาณ

3. ใช้รูปจำลอง คือ จำลองรูปให้เหมือนของจริง เช่น ศึกษารูปลักษณ์ของเครื่องบินในอุโมงค์

2.1 หลักการควบคุมอุณหภูมิของระบบปรับอากาศ

การควบคุมอุณหภูมิของระบบปรับอากาศสามารถทำได้ โดยการควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ คือเมื่ออุณหภูมิต่ำสุด 18 องศาเซลเซียส จะให้คอมพิวเตอร์สั่งหยุดการทำงาน ซึ่งการควบคุมเป็นแบบ ON-OFF

2.2 หลักการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศ

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศ จะใช้การควบคุมการทำงานของความเร็วรอบพัดลม ที่ความเร็วรอบสูงและต่ำ ร่วมกับการทำงานของขดลวดนำความร้อน โดยมี 2 เงื่อนไข คือ ถ้าความชื้นปกติ พัดลมทำงานที่ความเร็วรอบต่ำและขดลวดนำความร้อนหยุดทำงาน ถ้าความชื้นสูง ขดลวดนำความร้อนทำงานและพัดลมทำงานที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

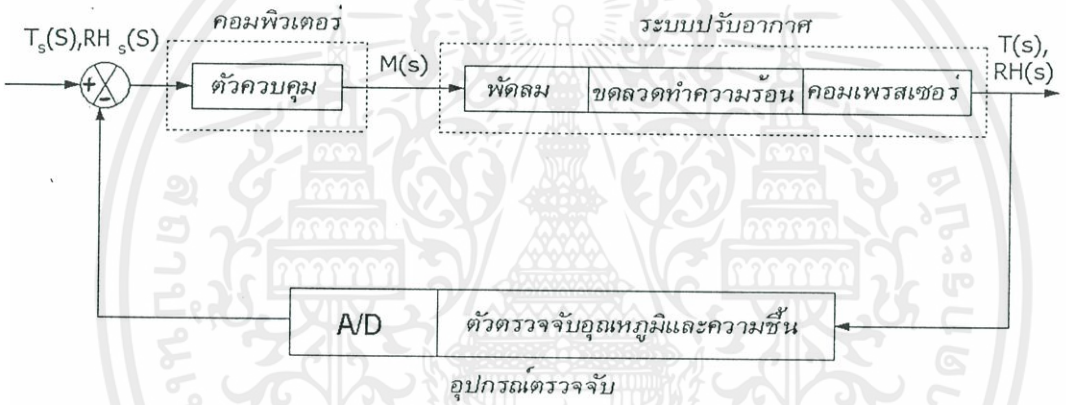
2.3 สรุปหลักการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศ

2.3.1 นิยามของการควบคุมอัตโนมัติ

การควบคุมอัตโนมัติ คือ การกระทำใดๆก็ตาม เพื่อให้เกิดสภาวะทางฟิสิกส์ตามที่เราต้องการอาจจะแสดงอยู่ในรูปสถานะหรืออยู่ในรูปที่เป็นจำนวนตัวเลข เช่น การควบคุมอุปกรณ์ทางระบบไฟฟ้า ทางอิเลคทรอนิกส์ หรือจะควบคุมด้วยการเขียนโปรแกรม

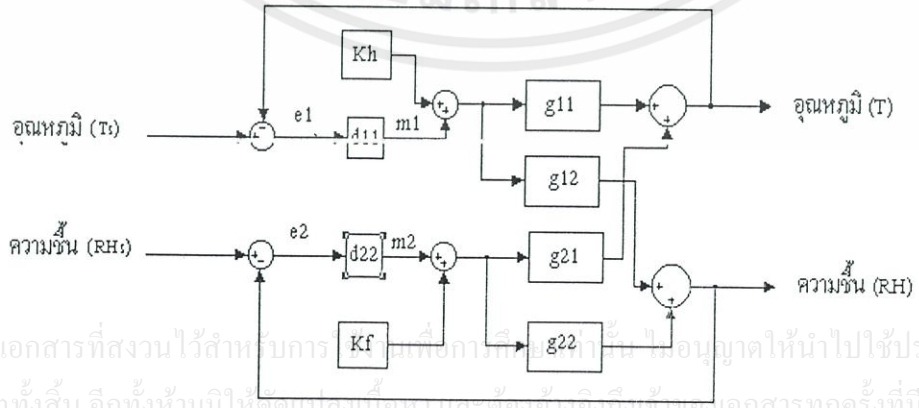
2.3.2 ทฤษฎีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศ

การควบคุมระบบปรับอากาศสามารถจำลองในรูปของบล็อกไดอะแกรมการควบคุม ได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมระบบปรับอากาศ

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศเป็นการควบคุมแบบหลายตัวแปร [1] (Multivariable interacting system) ดังรูปที่ 2.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมของระบบปรับอากาศ

จากรูปที่ 2.2 Kh คือ ค่าคงที่ในการเปิดขดลวดทำความร้อนและKf คือ ค่าคงที่ของความชื้นต่ออัตราการไหลของลม ซึ่งทั้ง 2 ค่านี้เป็นสัญญาณรบกวน ดังนั้นจะได้สมการในรูปเมตริกซ์ทรานเฟอร์ฟังก์ชั่นของระบบการควบคุมหลายตัวแปร

$$\begin{bmatrix} T \\ RH \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \end{bmatrix} \tag{2.1}$$

T คือ อุณหภูมิ (Output)

RH คือ ความชื้น (Output)

$g_{11}, g_{12}, g_{21}, g_{22}$ คือ ทรานเฟอร์ฟังก์ชันของระบบปรับอากาศ

สมการอินพุทของระบบ

$$\begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & 0 \\ 0 & d_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_{n1} \\ d_{n2} \end{bmatrix} \tag{2.2}$$

m_1, m_2 คือ สัญญาณอินพุท

d_{11}, d_{22} คือ ตัวควบคุมแบบ PID

d_{n1}, d_{n2} คือ สัญญาณรบกวน

สมการผลต่าง (error)

$$\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_S \\ RH_S \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} T \\ RH \end{bmatrix} \tag{2.3}$$

e_1, e_2 คือ ผลต่าง

T_S คือ อุณหภูมิ (set point)

RH_S คือ ความชื้น (set point)

สมการ (2.3) และ (2.2) แทนลงใน (2.1) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = (I + GD)^{-1} (GDT_S + Gd_{n1}) \tag{2.4}$$

$$RH = (I + GD)^{-1} (GDRH_S + Gd_{n2}) \tag{2.5}$$

รูปทั่วไปของทรานเฟอร์ฟังก์ชันของระบบ

$$\begin{bmatrix} T \\ RH \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_S \\ RH_S \end{bmatrix} \tag{2.6}$$

ในรูปเมตริกซ์ทรานเฟอร์ฟังก์ชัน

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix} \tag{2.7}$$

Q คือ ทรานเฟอร์ฟังก์ชันระบบป้อนกลับ

เปรียบเทียบสมการ (2.6) และ (2.4),(2.5) ในรูปเวกเตอร์จะได้

$$Q = (I + GD)^{-1} GD \tag{2.8}$$

ตัวควบคุมในรูปทรานเฟอร์ฟังก์ชัน

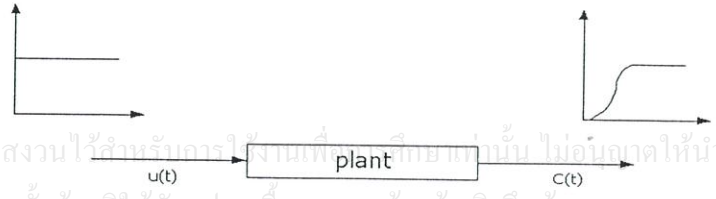
$$D = G^{-1}Q(I-Q)^{-1} \tag{2.9}$$

2.3.3 การจูนตัวควบคุมแบบ PID

ระบบการควบคุมในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะใช้ตัวควบคุมแบบ PID ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ตัวควบคุมประเภทนี้โดยใช้วิธีของ Ziegler&Nichol [4] สามารถแบ่งวิธีการจูน เป็น 2 วิธี

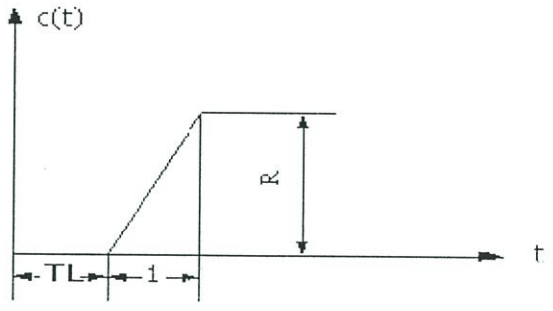
สำหรับงานวิจัยนี้จะนำเสนอในวิธีแรก เนื่องจากทำการป้อนอินพุทเป็นฟังก์ชันขั้น (Unit step) แก่ระบบ แล้วนำผลการตอบสนองของเอาท์พุทที่ได้มาพิจารณา โดยจากผลการตอบสนองเราจะสามารถหาค่า R และ T_L แล้วนำไปเทียบในตารางที่ 2.1 เพื่อหาค่า PID ซึ่งวิธีนี้จะได้ผลดีจะต้องมีรูปร่างคล้ายในรูปที่ 2.4 เท่านั้น

$$\frac{c(s)}{u(s)} = \frac{Ke^{-T_L s}}{Ts+1}$$

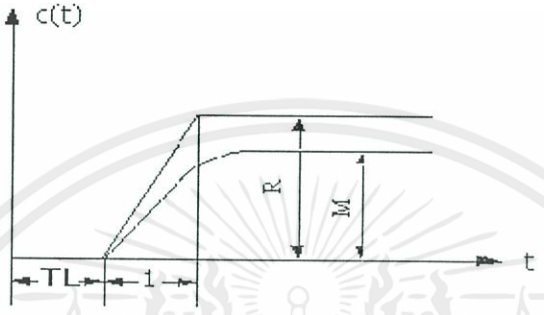


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

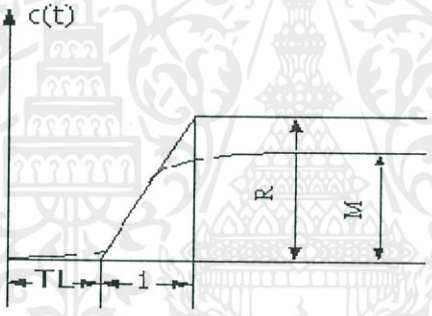
รูปที่ 2.3 แสดงการตอบสนองของระบบ



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2.4 กราฟแสดงรูปร่างของการตอบสนองของระบบ(ก),(ข)และ(ค)

ตารางที่ 2.1 ประเภทของตัวควบคุมเมื่อการตอบสนองของระบบเป็นฟังก์ชันขั้น [1]

ประเภทตัวควบคุม	Kp	Ti	Td
P	1/(RTl)	∝	0
PI	0.9/(RTl)	3.3Tl	0
PID	1.2/(RTl)	2Tl	0.5Tl

เมื่อเลือกประเภทของตัวควบคุมในตารางที่ 2.1 ได้แล้ว ให้นำไปแทนค่าในสมการถ่ายโอนของตัวควบคุมแบบ PID

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right) \quad (2.10)$$

Kp คือ Proportional gain

Ti คือ Integral time

Td คือ Derivative time

2.3.4 การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศ

ในการควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นแบบที่นิยมใช้กันมากตามบ้านพักอาศัยและสำนักงานในปัจจุบันเพราะเสียงเงียบกว่าและการติดตั้งสะดวกกว่าเนื่องจากไม่ต้องรื้อหน้าต่างออกเช่นเดียวกับแบบติดหน้าต่างเพียงแต่เจาะรูสำหรับร้อยท่อซักซั่น ท่อของเหลวและสายไฟเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้จะแบ่งระบบวงจรน้ำยาของเครื่องออกเป็น 2 ส่วน คือ

ก. ชุดคอยล์เย็นหรือชุดอีวาพอเรเตอร์

ข. ชุดคอนเดนซิ่งยูนิต

ชุดคอยล์เย็นเป็นส่วนที่ติดตั้งอยู่ในห้องปรับอากาศซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการติดตั้งได้เป็น 3 แบบ คือ

ก. แบบติดผนัง

ข. แบบตั้งพื้น

ค. แบบแขวนเพดาน

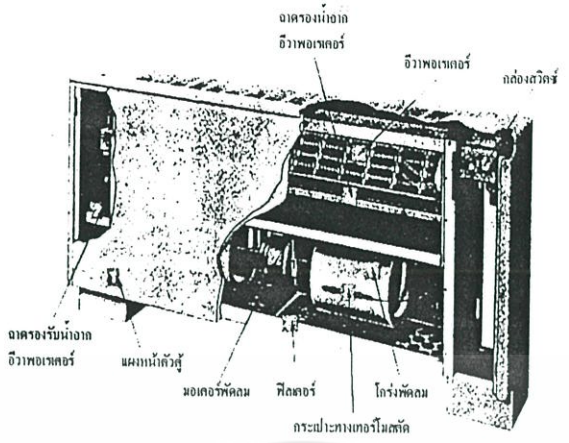
โครงสร้างภายในของชุดคอยล์เย็นไม่ว่าจะเป็นแบบตั้งพื้น แบบแขวนเพดาน หรือติดผนังจะมีโครงสร้างหลักใหญ่ ๆ เหมือนกัน

จากรูปที่ 2.5 โครงสร้างภายในของคอยล์เย็นประกอบด้วย

ก. คอยล์เย็นหรืออีวาพอเรเตอร์เป็นขดท่อทองแดงและมีครีบอะลูมิเนียมช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดรับปริมาณความร้อนจากอากาศในห้องขณะที่น้ำยา R-22 ภายในระบบตรงบริเวณนี้ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สจะดูดรับปริมาณความร้อนผ่านท่อทางเดินน้ำยาเข้าไปยังน้ำยาภายในระบบทำให้อุณหภูมิโดยรอบคอยล์เย็นลดต่ำลง

ข. เทอร์โมสแตติกเอกซ์แพนชันวาล์ว ส่วนใหญ่ชุดควบคุมการไหลของน้ำยาที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมักจะใช้เทอร์โมสแตติกเอกซ์แพนชันวาล์วซึ่งเป็นแบบที่มีหลักการปรับควบคุมการไหลของน้ำยาได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



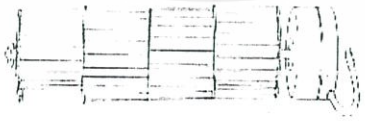
รูปที่ 2.5 โครงสร้างภายในชุดคอยล์เย็นจัด

ค. ท่อของเหลว เป็นท่อที่ต่อเข้ากับชุดคอนเดนซิ่งยูนิตเพื่อให้น้ำยาเหลวที่กลั่นตัวเรียบร้อยแล้วจากคอนเดนเซอร์ ส่งผ่านท่อนี้เข้ายังเอกซ์แพนชั่นวาล์ว

ง.ท่อทางดูด เป็นอีกท่อหนึ่งที่ไปต่อเข้ากับชุดคอนเดนซิ่งยูนิตตรงทางดูดของตัวคอมเพรสเซอร์ให้น้ำยาสถานะแก๊สที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำจากคอยล์เย็นถูกดูดผ่านท่อทางดูดเข้ายังคอมเพรสเซอร์

จ .มอเตอร์พัดลม สำหรับชุดคอยล์เย็นแบบตั้งพื้นแขวนเพดานหรือซ่อนในผ้า มอเตอร์พัดลมจะเป็นแบบ2 แกนหมุนใบพัดหัวท้าย เพื่อดูดอากาศจากภายในห้องมาเป่าผ่านคอยล์เย็น กลับเข้าไปหมุนเวียนภายในห้อง

ฉ.ใบพัด ที่ใช้สำหรับดูดเป่าอากาศหมุนเวียนให้กระจายความเย็นภายในห้องจะเป็นใบพัดแบบกรงกระรอกหรือแบบเซอรอกโค เช่นเดียวกับที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง แต่สำหรับชุดคอยล์เย็นแบบติดผนังรุ่นใหม่ ๆ เนื่องจากการออกแบบต้องการให้มีความบางมาก ๆ ดังนั้นใบพัดจึงต้องมีขนาดเล็ก แต่เพื่อให้ปริมาณลมที่ดูดเป่าผ่านคอยล์เย็นเท่าเดิม จึงออกแบบใบพัดให้ยาวขึ้นเรียกใบพัดแบบครอสโฟลว์(Cross-flow fan) แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ใบพัดแบบครอสโฟลว์

ช. ถาดรองน้ำหยดจะติดตั้งอยู่ด้านล่างของชุดคอยล์เย็น เมื่อไอน้ำในอากาศในห้องปรับอากาศกระทบความเย็นจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำรอบ ๆ คอยล์เย็น เมื่อน้ำเหล่านี้มีมากขึ้นจะไหลลงสู่

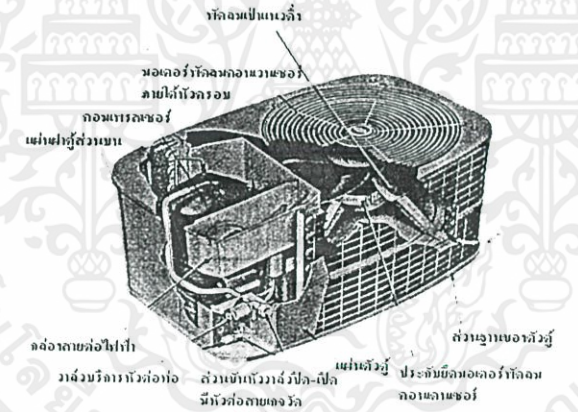
เอกสารนี้เป็นกรรมสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถาดรองน้ำหยดและท่อน้ำทิ้งออกทิ้งภายนอกทางรูน้ำทิ้งอีกทีหนึ่งซึ่งจะเป็นการลดความชื้นของอากาศภายในห้องให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม

ฌ. ฟิลเตอร์กรองอากาศ จะติดตั้งอยู่ที่ทางลมกลับสำหรับกรองฝุ่นละอองของอากาศภายในห้องไม่ให้เข้าไปอุดตันในครีบของคอยล์เย็น

นอกจากนี้ในส่วนของชุดคอยล์เย็นยังมีอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าติดอยู่ทางด้านบน หรือด้านหน้าของเครื่อง ประกอบด้วยสวิตซ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลม ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็น 3 ระดับคือH-M-L(high-medium-low)ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์พัดลมให้อยู่ตำแหน่งหนึ่งตำแหน่งใดได้ตามต้องการ และสวิตซ์อีกตัวหนึ่งคือสวิตซ์ควบคุมอุณหภูมิหรือเทอร์โมสตัต ผู้ใช้สามารถตั้งอุณหภูมิภายในห้องให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้ โดยการปรับที่สวิตซ์เทอร์โมสตัตนี้

ชุดคอนเดนเซอร์ เป็นส่วนที่ติดตั้งอยู่นอกห้องปรับอากาศ ระบายความร้อนจากน้ำยาเพื่อให้น้ำยาในสภาวะแก๊สกลั่นตัวกลับเป็นน้ำยาเหลวอีกครั้งหนึ่งโดยรูปแบบของคอนเดนเซอร์จะออกแบบแตกต่างกันไปตามแต่ละบริษัทผู้ผลิตอย่างไรก็ตาม โครงสร้างอุปกรณ์หลักใหญ่ของชุดคอนเดนเซอร์ไม่ว่าจะมีรูปแบบเช่นใดก็เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ชุดคอนเดนเซอร์

อุปกรณ์หลักของชุดคอนเดนเซอร์ประกอบด้วย

ก. มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้จะเป็นแบบเฮอร์เมติกซึ่งมีส่วนของมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์อยู่ในตัวเรือนเดียวกัน เชื่อมมิดชิด ส่วนของคอมเพรสเซอร์มีอยู่2แบบคือแบบลูกสูบและแบบโรตารีเหมือนกันกับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง

ข. คอนเดนเซอร์เป็นขดทองแดงและมีครีบช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการระบายความร้อนออกจากน้ำยา เพื่อให้น้ำยาในสถานะแก๊สกลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลว

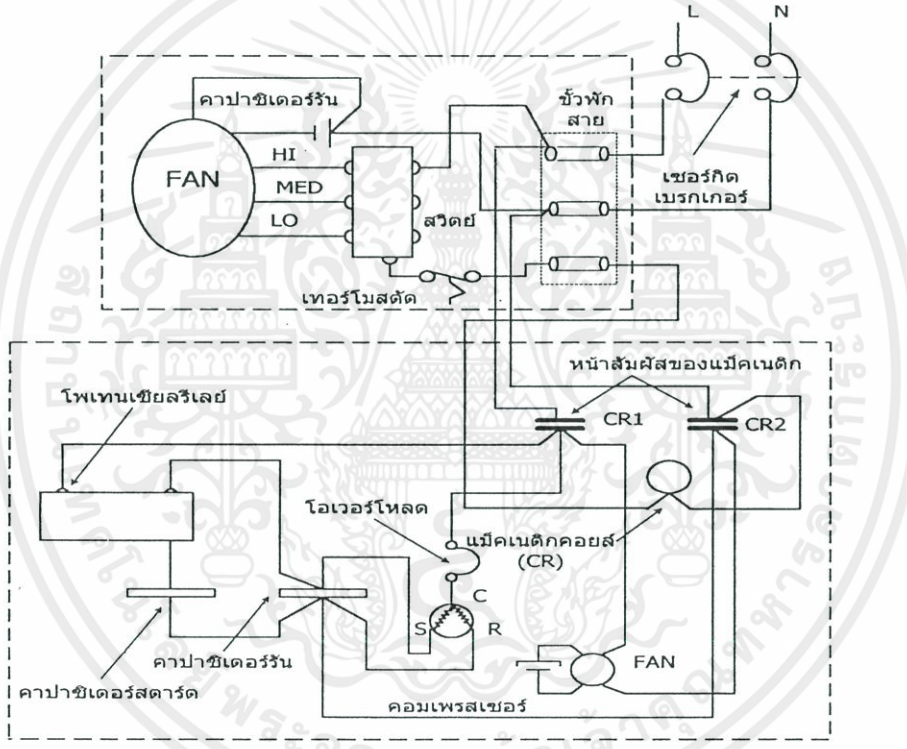
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. มอเตอร์พัดลมจะช่วยในการระบายความร้อนออกจากน้ำยาในคอนเดนเซอร์ จะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีมอเตอร์พัดลมแยกจากกันเป็น 2 ตัวคือ อยู่ในชุดคอยล์เย็น 1 ตัว และอยู่ที่ชุดคอนเดนซิ่งยูนิตอีก 1 ตัว

ง. ใบพัดลม ใบพัดลมสำหรับระบายความร้อนออกที่คอนเดนเซอร์จะเป็นใบพัดแบบธรรมดาเช่นเดียวกับใบพัดระบายความร้อนคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง

จ. วาล์วบริการ ในชุดคอนเดนซิ่งยูนิตจะมีวาล์วบริการอยู่2 ตัวคือวาล์วบริการทางท่อของเหลวและวาล์วบริการทางด้านดูด

ฉ. กล่องอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ภายในจะบรรจุแม็กเนติกคอนแทกเตอร์ โอเวอร์โหลด รีเลย์ (ส่วนใหญ่เป็นชนิดโพเทนเชียลรีเลย์)คาพาซิเตอร์รัน ติดอยู่ภายในชุดคอนเดนซิ่งยูนิต



รูปที่ 2.8 วงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.3.4.1 อุปกรณ์ในการอินเตอร์เฟส

การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบปรับอากาศ (Air Condition Control Program)เป็นการเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรม Visual Basic 6.0 ในการควบคุมระบบปรับอากาศผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยข้อมูลจากตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor) ที่ใช้วัดค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้น หลังจากนั้นตัวตรวจจับสัญญาณจะส่งสัญญาณออกมาเป็นค่าแรงดันทางไฟฟ้าเพื่อส่งต่อไปยังการ์ดอินเตอร์เฟสที่จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับออกมายังการ์ดอินเตอร์เฟสอีกครั้งเพื่อทำการแปลงสัญญาณกลับอีกครั้งให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อไปใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศต่อไป

โครงสร้างของโครงงาน จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนด้วยกันคือ

ก. ตัวตรวจจับสัญญาณ

ข. การ์ดอินเตอร์เฟส (Interface Card)

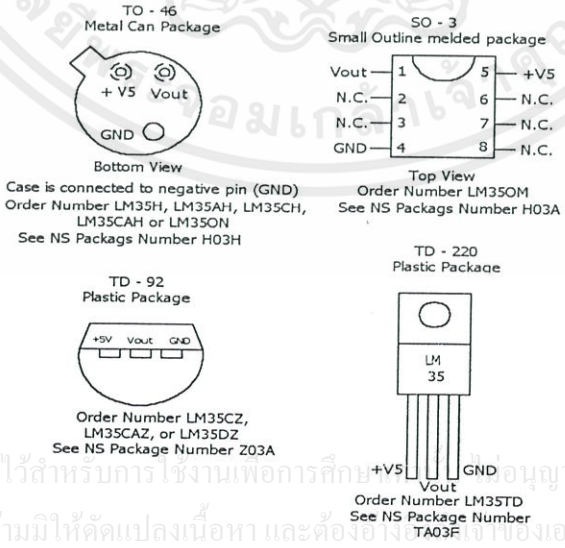
ค. การเขียนโปรแกรมรับค่าข้อมูลจากการ์ดอินเตอร์เฟสเพื่อแสดงผลการวัดสัญญาณและควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศ

2.3.4.2 ตัวตรวจจับสัญญาณ

ในงานวิจัยนี้ตัวตรวจจับสัญญาณที่ใช้จะมี 2 ชนิด คือตัวตรวจจับสัญญาณที่เป็นอุณหภูมิและตัวตรวจจับความชื้น เพื่อใช้เป็นตัววัดและส่งชุดข้อมูลในการนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ก. ตัวตรวจจับอุณหภูมิ

ตัวตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้จะเป็นไอซีLM35 เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิเมื่อนำมาต่อเข้ากับวงจรอิเล็กทรอนิคที่ประกอบไปด้วยตัวความต้านทานขนาด 100 K ตัวเก็บประจุขนาด47μFจะทำให้ได้ค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าป้อนออกที่ราบเรียบขึ้นโดยตัวไอซีLM35 ต้องการแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าใช้งาน (Input) 5 โวลต์ โดยสามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ –55 องศาเซลเซียส ไปจนถึง 150 องศาเซลเซียส ซึ่งจะได้ค่าอุณหภูมิที่ตรวจจับได้เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ 0 มิลลิโวลต์ +10.0 มิลลิโวลต์ต่อ องศาเซลเซียส มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ 0.5 องศาเซลเซียส ที่ +25 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถแสดงภาพการต่อวงจรการใช้งานอุปกรณ์ดังรูปที่2.9

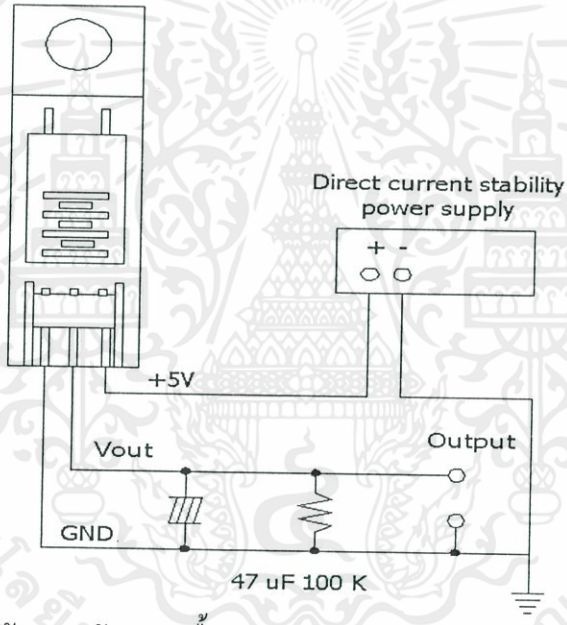


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 รูปร่างและขาต่างๆ ของไอซี LM35

ข. ตัวตรวจจับความชื้น

ตัวตรวจจับความชื้นที่ใช้ในโครงงานนี้คือ HU1015N เป็นตัวตรวจจับความชื้นที่มี คุณภาพสูงทนทานต่อความร้อน (Heat Residence) และทนทานต่อน้ำ (Water Residence) มีความสามารถวัดค่าความชื้นในอากาศได้ตั้งแต่ 10 % RH ถึง 100 % RH ที่สภาพอากาศตั้งแต่ – 40 องศาเซลเซียส ไปจนถึง 85 องศาเซลเซียส โดยค่าความชื้นที่ได้จะถูกส่งออกมาในรูปของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ 1.0 โวลต์ ถึง 3.0 โวลต์โดยเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกมา 0.2 โวลต์ต่อค่าความชื้น 10 % RH ในการนำตัวตรวจวัดความชื้น HU1015N ไปใช้งานจะต้องใช้แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้า 5 โวลต์และนำตัวความต้านทานขนาด 100 K ตัวเก็บประจุขนาด 47 μF มาต่อขนานกันระหว่างขาสัญญาณป้อนออกกับขาลงกราวด์ (GND) เพื่อช่วยในการเรียงค่าแรงดันป้อนออกให้ราบเรียบยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถแสดงภาพการต่ออุปกรณ์นำไปใช้งานได้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การต่อใช้งานตัวตรวจจับความชื้น HU1015N

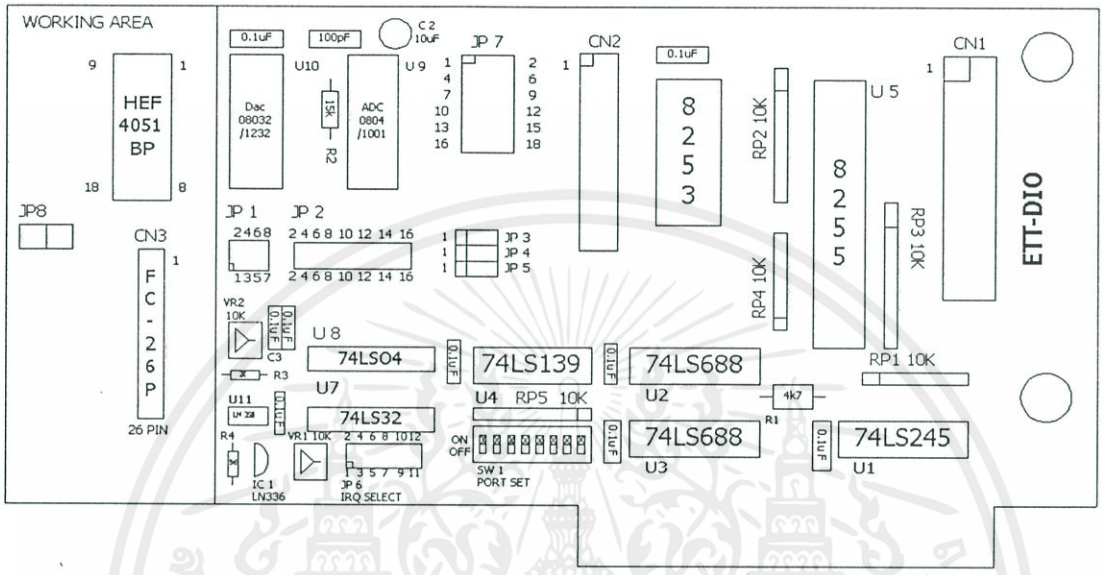
2.3.4.3 การ์ดอินเตอร์เฟส

การเชื่อมต่อข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ (Interface) ในโครงงานนี้จะใช้การ์ดอินเตอร์เฟสสำเร็จรูป ที่ชื่อว่า ET-DIGITAL INPUT/OUTPUT CARD โดยมีลักษณะที่เป็น PC CARD เพื่อขยายระบบป้อนข้อมูลเข้าและป้อนข้อมูลออก ให้ใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยตัวการ์ดจะประกอบไปด้วยไอซีADC0804 ที่ทำหน้าที่รับค่าสัญญาณที่เป็นแรงดันไฟฟ้าหรือสัญญาณอนาลอกแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล(Analog to Digital Converter: ADC) ไอซีDAC0832ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกและมีหน่วยประมวลผลข้อมูลกลางที่ทำหน้าที่ติดต่อกับพอร์ทอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และพอร์ตเอาท์พุตของคอมพิวเตอร์หรือที่เรียกว่าไมโครโปรเซสเซอร์ ในที่นี้จะใช้ ไอซี8255 ภาพแสดงลักษณะการ์ดแสดงไว้ดังรูปที่ 2.11

นอกจากนี้ในโครงงานยังใช้ไอซีมัลติเพ็ค (8-Channel Analogue Multiplexes) เพื่อทำหน้าที่ช่วยเพิ่มช่องสัญญาณในการใช้งานและเป็นตัวสับเปลี่ยนช่องสัญญาณในการใช้งาน



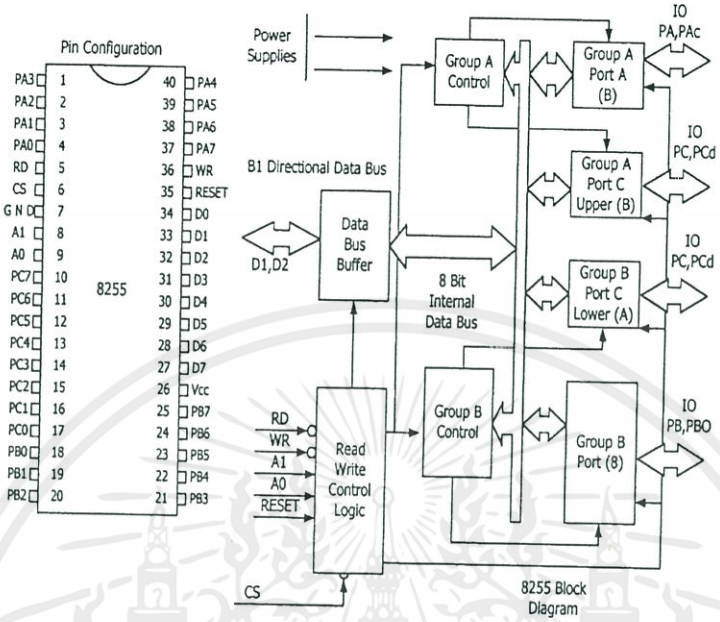
รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบต่างๆ ของการ์ด ETT-DIO

2.3.4.4 ไอซี8255

ไอซี8255 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทำการอินพุตและเอาท์พุตพอร์ตให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ โดยในโครงงานนี้จะทำงานให้กับหน่วยประมวลผลกลางของคอมพิวเตอร์ (CPU) โดยจะประกอบไปด้วยพอร์ตใช้งาน 3 พอร์ต และ พอร์ตควบคุม (Control Port) อีก 1พอร์ต รวมเป็น 4 พอร์ต ซึ่งไอซี8255 สามารถที่จะเขียนโปรแกรมให้เป็นได้ทั้ง อินพุตและเอาท์พุตได้ทั้ง 3 พอร์ต หรือ 24 บิต อินพุตและเอาท์พุต (มีขาสำหรับอินพุตและเอาท์พุตทั้งหมด 24 ขา) และสามารถเลือกโปรแกรมการทำงานได้ 3 โหมด ซึ่งในโหมด 0 ของแต่ละกลุ่มขาทั้ง 12 สามารถโปรแกรมให้เป็นอินพุตหรือเอาท์พุตก็ได้ส่วนโหมด 1 ขา 8 ขาในจำนวน 12 ขาของ แต่ละกลุ่มสามารถโปรแกรมให้อินพุตหรือเอาท์พุตก็ได้ ส่วนที่เหลือ4ขา ในแต่ละกลุ่มจะให้เป็นสัญญาณการตรวจสอบ (Hand Shaking) และสัญญาณควบคุมอินเทอร์รัพท์ (Interrupt) และในโหมด 2 จะให้เป็นบัส 2 ทิศทาง (Bidirectional Bus) โดยจะใช้ขาจำนวน 8 ขาในกลุ่มหนึ่งเป็นบัส 2 ทิศทางและอีก 5 ขาโดยนำจากกลุ่มอื่นอีก 5 ขามาเป็นสัญญาณการตรวจสอบ ในทั้งนี้ 8255 ยังสามารถใช้ในการเซตบิต (Set Bit) หรือรีเซตบิต (Reset Bit) ได้ด้วย การเรียกพอร์ตของไอซี 8255 จะเรียกว่าพอร์ต A B และ C โดยแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละพอร์ตจะมีขนาด 8 บิตและพอร์ต C จะแบ่งแยกออกเป็น สองส่วนด้วยกันคือ PC0 ถึง PC3 เรียกว่า พอร์ต C ล่าง จำนวน 4 บิตและพอร์ต C บนคือ PC4-PC7 ลักษณะของไอซี 8255 ได้ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 โครงสร้างและขาต่างๆของไอซี 8255

ก. ขาต่างๆของไอซี 8255

D0 ถึง D7 จะเป็นขาข้อมูลอินพุตและเอาท์พุตที่จะต้องผ่านเข้าออกจากส่วนนี้ D0 ถึง D7 จึงเป็นส่วนที่จะต่อเข้ากับระบบบัสของไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถอ่านค่าหรือเขียนข้อมูลจากพอร์ตผ่านทางบัสนี้ได้

CS (Chip Select) ขานี้จะเป็นขาอินพุตที่จะรับสัญญาณจากภายนอกเพื่อเลือกชิพไอซี 8255 โดยเมื่อขานี้มีลอจิกเป็น 0 จะทำให้ 8255 ต่อเข้ากับระบบบัสของไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อให้ ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถอ่านค่าหรือเขียนข้อมูลจากพอร์ตได้

RD (Read) ขาสัญญาณการอ่านเป็นสัญญาณอินพุตที่ส่งมาจากหน่วยประมวลผลกลางของระบบคอมพิวเตอร์โดยเมื่อสัญญาณลอจิกเป็น 0 และ CS เป็น 0 ด้วยตัว 8255 จะทำให้ CPU อ่านข้อมูลจากบัสในขณะที่เป็น พคร์ตอินพุต

WR (Write) เป็นขาสัญญาณการเขียน จะแอคทีฟเมื่อสัญญา WR เป็น 0 และ CS เป็น 0 สัญญาณนี้มาจาก CPU เมื่อต้องการเขียนข้อมูลลงบนพอร์ตที่กำหนด

A0 ถึง A1 (Port Select 0,1) ขาแอดเดรส ลอจิกของทั้งสองขานี้จะถอดรหัสออกมาได้4ค่า เพื่อกำหนดค่ารีจีสเตอร์ภายในที่เชื่อมต่อกับพอร์ทอินพุตและเอาท์พุตของไอซี 8255 เพื่อเลือกใช้พอร์ต A B และ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RESET ขารีเซต เป็นขาสัญญาณที่ส่งมาจากภายนอกเพื่อทำการรีเซต 8255 เพื่อเคลียร์สถานะต่าง ๆ ของ 8255 เมื่อไอซี 8255 ได้รับรีเซต มันจะกลับเข้าสู่โหมดอินพุตหรือทุกพอร์ตเป็นพอร์ตอินพุต

PA0 ถึง PA7 เป็นสายสัญญาณที่เป็นพอร์ตของ 8255 ชื่อพอร์ต A การเลือกพอร์ตจะต้องเลือกโดยขา A0 ถึงA1

PB0 ถึง PB7 เป็นสายสัญญาณที่เป็นพอร์ตของ 8255 ชื่อพอร์ต B การเลือกพอร์ตจะต้องเลือกโดยขา A0 ถึง A1

PC0 ถึง PC7 เป็นสายสัญญาณที่เป็นพอร์ตของไอซี 8255 ในการจะกำหนดพอร์ตนี้จะได้รับการกำหนดโดยขาแอดเดรส A0 ถึงA1 พอร์ต C นี้แบ่งออกได้สองกลุ่มคือ PC0 ถึง PC3 (พอร์ต C บน) และกลุ่ม PC4 – PC7

ถ้าต้องการให้ไอซี 8255 ทำงานจะต้องทำให้ขา CS แอคทีฟจากนั้นเลือกพอร์ตที่จะติดต่อโดย A0 ถึง A7 รีจีสเตอร์แต่ละตัวในไอซี 8255 จะได้รับการกำหนดค่าควบคู่กับสัญญาณ RD และ WR เพื่อแสดงการทำงานต่าง ๆ ดังนั้นสัญญาณต่าง ๆ ของขาควบคุมที่นำมาประกอบมีความหมายดังในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงการเลือกพอร์ตของไอซี 8255

RD	WR	A0	A1	ความหมาย
1	0	0	0	ส่งข้อมูลไปยังพอร์ต A
0	1	0	0	อ่านข้อมูลจากพอร์ต A
1	0	0	1	ส่งข้อมูลไปยังพอร์ต B
0	1	0	1	อ่านข้อมูลจากพอร์ต B
1	0	1	0	ส่งข้อมูลไ ปยังพอร์ต C
0	1	1	0	อ่านข้อมูลจากพอร์ต C
1	0	1	1	เขียนข้อมูลซึ่งเป็นรหัสควบคุม
0	1	1	1	ไม่ใช้

ก. การเลือกโหมดการทำงานของไอซี8255 (Mode Select)

1. Mode 0 : Basic Input / Output

การทำงานในโหมด 0 จะเป็นการทำงานแบบอินพุตและเอาท์พุตพื้นฐานจะประกอบไปด้วยพอร์ต8บิต2พอร์ตคือพอร์ตAและพอร์ตBส่วนขนาด4บิต2พอร์ตคือพอร์ต C บน และพอร์ต C ล่าง โดยทุกๆ พอร์ตสามารถโปรแกรมให้เป็นอินพุตหรือเอาท์พุตได้ซึ่งจะมีอยู่ทั้งหมด16รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ด้วยกันโดยจะเรียกรหัสควบคุมโหมดต่างๆว่า รหัสควบคุม(Control Word) โดยในการเขียนโปรแกรมเราจะส่งรหัสควบคุมไปที่รีจิสเตอร์ควบคุม ก่อนและแต่ละบิตของ รหัสควบคุมจะมีความหมายในการตั้งรหัสควบคุมต่างๆกัน โดยเราสามารถเขียนแสดงหน้าที่ของพอร์ตต่างๆ ของรหัสควบคุมได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงหน้าที่ของพอร์ตต่างๆ ตามรหัสควบคุม

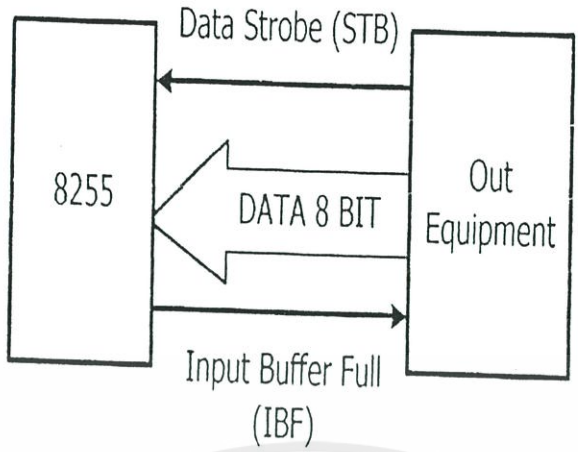
Control Word	Port A	Port C บน	Port B	Port C ล่าง
80H	Output	Output	Output	Output
81H	Output	Output	Output	Input
82H	Output	Output	Input	Output
83H	Output	Output	Input	Input
88H	Output	Input	Output	Output
89H	Output	Input	Output	Input
8AH	Output	Input	Input	Output
8BH	Output	Input	Input	Input
90H	Input	Output	Output	Output
91H	Input	Output	Output	Input
92H	Input	Output	Input	Output
93H	Input	Output	Input	Input
98H	Input	Input	Output	Output
99H	Input	Input	Output	Input
9AH	Input	Input	Input	Output
9BH	Input	Input	Input	Input

2. Mode 1 : Strobed Input / Output

การทำงานในโหมด 1 จะประกอบไปด้วยพอร์ตขนาด 8 บิต 2 พอร์ต คือพอร์ต A และพอร์ต B โดยจะสามารถโปรแกรมให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตได้ (พอร์ตข้อมูล 8 บิต) ส่วนพอร์ต 4 บิตอีก 2 พอร์ต (C บน และ C ล่าง) จะใช้ทำ Handshaking ของพอร์ต A และพอร์ต B

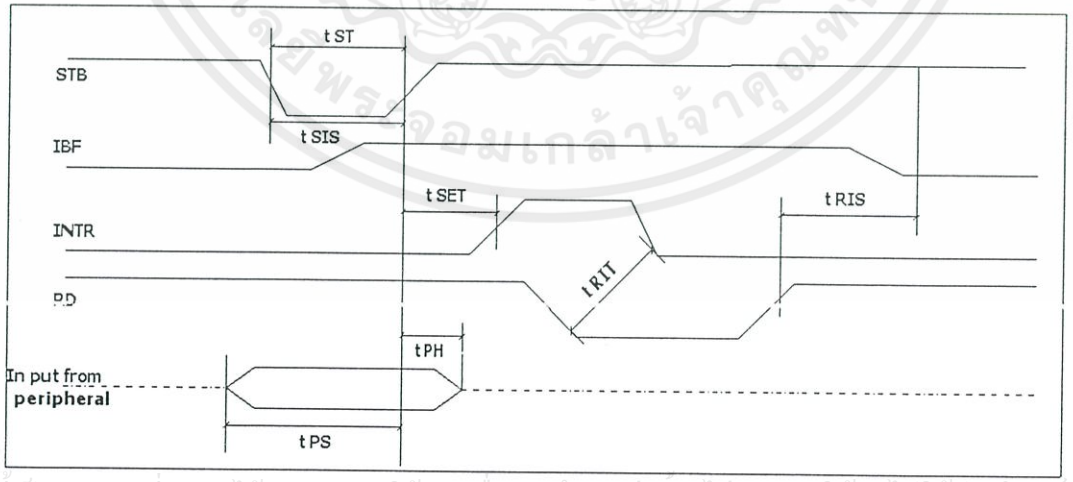
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

41483



รูปที่ 2.13 การทำงานของโหมด 1 อินพุต

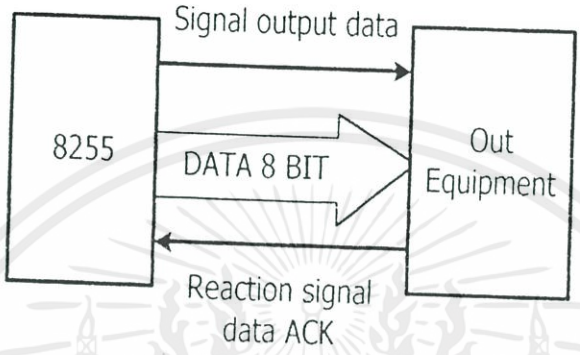
กรณีอินพุตโหมด 1 : PC3 PC4 และ PC5 จะใช้ Handshaking สำหรับพอร์ต A ส่วน PC0 PC1 และ PC2 จะใช้กับพอร์ต B ส่วน PC6 และ PC7 สามารถเขียนโปรแกรมให้เป็นอินพุตหรือเอาท์พุตก็ได้ โดยปกติอุปกรณ์ภายนอกจะส่งข้อมูลเข้าทาง PA0 ถึง PA7 (หรือ PB0 ถึง PB7) เมื่อมีสัญญาณแอคทีฟถึงต่ำสุดจากสัญญาณ Strobe STB มาที่ PC4 สำหรับพอร์ต A หรือมาที่ PC2 สำหรับพอร์ต B สัญญาณ Strobe จะอ่านข้อมูลเข้ามาทางอินพุตเมื่อข้อมูลเข้ามาเต็มอินพุตบัฟเฟอร์จะให้กำเนิดสัญญาณ Active ถึง High IBFบนPC5สำหรับพอร์ตAหรือPC1 สำหรับพอร์ต B ถ้า IBF เป็น 1 ไมโครโปรเซสเซอร์ จะอ่านข้อมูลจากพอร์ต A หรือ B เมื่ออ่านค่าข้อมูลเรียบร้อยแล้วสัญญาณจะกลับเป็น 0 กรณีที่ 8255 จะบอกซีพียูให้อ่านข้อมูลจากพอร์ตอาจใช้สัญญาณอินเทอร์รัพท์ ไปกระตุ้นซีพียูซึ่งได้ดังไดอะแกรมเวลาดังรูปที่ 2.14



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.14 ไดอะแกรมเวลาในโหมด 1 อินพุต

กรณีเอาท์พุตโหมด 1: PC7 PC6 และPC3 จะใช้ Handshaking กับพอร์ต Bส่วน PC4และ PC5สามารถโปรแกรมเป็นอินพุตหรือเอาท์พุตก็ได้เมื่อซีพียูเขียนข้อมูลไปที่ พอร์ต A หรือพอร์ต B เมื่อเอาท์พุตเต็มแล้ว สัญญาณ OFF (PC7 สำหรับพอร์ต A หรือ PC1 สำหรับพอร์ต B) จะกลายเป็น 0 เพื่อบอกอุปกรณ์ภายนอกว่ามีข้อมูลแล้ว เมื่อข้อมูลเอาท์พุตถูกส่งไปแล้ว จะมีสัญญาณตอบรับเพื่อที่จะรับข้อมูลใหม่จากภายนอกหรือ ACK (PC6 สำหรับพอร์ต A หรือ PC2 สำหรับพอร์ต B) จะแอคทีฟต่ำสุด ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การทำงานของโหมด 1 เอาท์พุต

การทำงานของโหมด1ทั้งอินพุตหรือเอาท์พุตของไอซี 8255 จะใช้สัญญาณอินเทอร์รัพท์ไปบอกหน่วยประมวลผลกลางด้วยซึ่งจะเกิดขึ้นที่ขาPC0 และ PC3 สัญญาณต่างๆ ในโหมด 1 จะแสดงไว้ดังในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงขาสัญญาณต่างๆ ในโหมด 1

ขา	กรณีที่เป็นอินพุต	กรณีที่เป็นเอาท์พุต
PC0	INTRB	INTRB
PC1	IBFB	OBF
PC2	STBB	ACKB
PC3	INTRA	INTRA
PC4	STBA	I/O
PC5	IBFA	I/O
PC6	I/O	ACKA
PC7	I/O	OBFA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Mode 2 : Bidirectional Bus

การทำงานในโหมดนี้จะใช้พอร์ต 8 บิต ของพอร์ต A เป็นแบบสองทิศทางทั้งอินพุตและเอาท์พุต โดยมีพอร์ตCเป็นสัญญาณบอกStatusและControlกับพอร์ตA โดยมีการทำ Handshaking ดังเช่นโหมด 1

ตารางที่ 2.5 แสดงขาสัญญาณต่างๆ ในโหมด 2

พอร์ต C	ความหมาย
PC0	I/O
PC1	I/O
PC2	I/O
PC3	INTRA
PC4	STBA
PC5	IBFA
PC6	ACKA
PC7	OBFA

การให้ไอซี 8255 ทำงานแต่ละโหมดจะเลือกได้โดยการโปรแกรมให้กับ 8255 คำสั่งที่โปรแกรมจะมี 8 บิตโดยแต่ละบิตมีความหมายดังนี้

บิต D7 เป็นบิตแสดงรหัสคำสั่งควบคุม ถ้าบิตนี้เป็น 1 จะหมายถึงรหัสควบคุมนี้มีผลต่อการเซตโหมดต่างๆ ของ 8255

บิต D6 และ D5 เป็นโหมดของพอร์ต A มีการทำงาน 3 โหมด คือโหมด0 1 และ 2

บิต D4 ถ้ามีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงการกำหนดพอร์ต A เป็นเอาท์พุต ถ้ามีค่าเป็น 1 จะกำหนดให้พอร์ต A เป็นพอร์ตอินพุต

บิต D3 เป็นบิตที่บอกการเซตพอร์ต C บนถ้าเป็น 0 จะทำให้พอร์ต C บนเป็นเอาท์พุต

บิต D2 เป็นบิตที่บอกการเซตโหมดของพอร์ต B ถ้าเป็น 0 หมายถึงเลือกพอร์ต B เป็นโหมด 0 และถ้าเป็น 1 คือการเลือกโหมด 1

บิต D1 เป็นการกำหนดอินพุตและเอาท์พุตของพอร์ต B ถ้าเป็น 0 คือพอร์ตเอาท์พุต และถ้าเป็น 1 คือการเลือกโหมด 1

บิต D0 เป็นบิตที่บอกการเซตพอร์ต C ล่าง ถ้าเป็น 0 จะทำให้พอร์ต C ล่างเป็นเอาท์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงความหมายของบิตควบคุม

บิตที่	กลุ่ม	ความหมาย
D0	A	พอร์ต C ล่าง 1 = อินพุต 0 = เอาท์พุต
D1	B	พอร์ต B 1 = อินพุต 0 = เอาท์พุต
D2	B	เลือกโหมด 1 = โหมด 0 0 = โหมด 1
3	A	พอร์ต C บน 1 = อินพุต 0 = เอาท์พุต
D4	A	พอร์ต A 1 = อินพุต 0 = เอาท์พุต
D5	A	เลือกโหมด0 0 = โหมด 0
D6	A	เลือกโหมด0 0 = โหมด 0 1 = โหมด 0 1X = โหมด 2
D7		โหมดเซตแอคทีฟ 1 = แอคทีฟ

2.3.4.5 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter : ADC)

ในโลกที่เราอาศัยอยู่ทุกวันนี้ สัญญาณต่าง ที่เราคุ้นเคยมักเป็นสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง หรือที่เรียกว่า สัญญาณอนาลอก (Analog Signal) ซึ่งเป็นสัญญาณที่เห็นหรือ รู้สึกสัมผัสได้ในชีวิตประจำวัน เช่น แสงสี เสียง อุณหภูมิ ความชื้นตลอดจนแรงเคลื่อนไฟฟ้า หรือกระแสไฟฟ้า โดยมากแล้วพารามิเตอร์ของปริมาณทางฟิสิกส์และไฟฟ้านั่น จะเห็นและเข้าใจว่าอยู่ในรูปแบบของฟังก์ชั่นที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องไม่มีที่สิ้นสุด จึงเป็นการยากที่จะควบคุมสัญญาณอนาลอกให้ทำงานให้เป็นไปตามที่ต้องการ แต่ในทางตรงกันข้ามจะพบว่ามีสัญญาณอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งไม่เป็นฟังก์ชันของเวลา หรือที่เรียกว่า สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) ซึ่งเป็นสัญญาณที่สามารถควบคุมและทำความเข้าใจได้ง่ายกว่าสัญญาณอนาลอกโดยจะใช้วงจรลอจิกอย่างง่ายๆ หรือใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมได้โดยตรง แต่หากเป็นสัญญาณอนาลอกแล้ว จะไม่สามารถใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวงจรดิจิตอลต้องการรับสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณอนาลอกในทางปฏิบัติ จะนำสัญญาณหรือวงจรทั้งสองมาเชื่อมต่อโดยตรงไม่ได้ จึงจำเป็นต้องนำเอาสัญญาณเชื่อมต่อผ่านตัวแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลหรือเรียกว่า A/D คอนเวอร์เตอร์โดย A/D คอนเวอร์เตอร์จะเป็นหัวใจสำคัญในการเชื่อมต่อสัญญาณอนาลอกเข้ากับสัญญาณดิจิตอล สัญญาณอนาลอกที่ได้รับการแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณดิจิตอลนั้นจะมีระดับความละเอียดตามขนาดของเอาท์พุตบิต เช่น A/D มีขนาด 8 บิต ก็จะสามารถแปลงสัญญาณอนาลอกเข้าออกมาเป็นสัญญาณดิจิตอลได้ 2 หรือ 256 ระดับ

ค่าเวลาการแปรผันเป็นเกณฑ์ที่สำคัญของ A/D การแปลงสัญญาณอนาลอกให้กลายเป็นสัญญาณดิจิตอลไม่ได้เกิดขึ้นโดยทันทีทันใดแต่ต้องมีการผ่านกระบวนการต่างๆ ด้วยเหตุที่ผลลัพธ์ต้องใช้เวลาขณะหนึ่งที่จะต้องทำการสุ่มสัญญาณอินพุตและให้สัญญาณดิจิตอลที่เป็นรหัสไบนารี่ออกมาที่เอาท์พุตดังนั้นค่าเวลาการแปรผันคือ ช่วงเวลาที่ต้องการกระบวนการให้เสร็จสิ้นซึ่งมีค่าอยู่ประมาณ μS สำหรับ A/D ความเร็วสูงและเป็น mS สำหรับ A/D แบบธรรมดา

2.3.4.6 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Theory)

เนื่องจาก A/D ต้องการค่าเวลาขณะหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาลอกไปเป็นสัญญาณดิจิตอลช่วงเวลาช่วงหนึ่งจะใช้สำหรับการสุ่มตัวอย่าง ของสัญญาณอินพุต เช่นA/D สามารถเปลี่ยนสัญญาณเสร็จสมบูรณ์ได้ภายในเวลา 1 mS ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนสัญญาณได้1000ครั้งใน 1 วินาที (Conversion Rate = 1/Conversion Time)

A/D จะสุ่มตัวอย่างของสัญญาณอินพุต ด้วยอัตราต่ำสุดเป็น 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณอินพุตที่เข้ามาด้วย อัตราการสุ่มนี้เรียกว่า “Nyquist Rate”

ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ทางอินพุตเวลาในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ และอัตราการสุ่มสัญญาณอินพุตเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญของA/Dดั้งนั้นจึงมีการพัฒนาเพื่อที่จะทำการแปลงสัญญาณอนาลอกให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลอยู่หลายวิธี โดยในวิทยานิพนธ์นี้จะเลือกการใช้ทฤษฎีแบบเทคนิคแบบการประมาณค่าหลายครั้ง (Successive Approximation Technique)

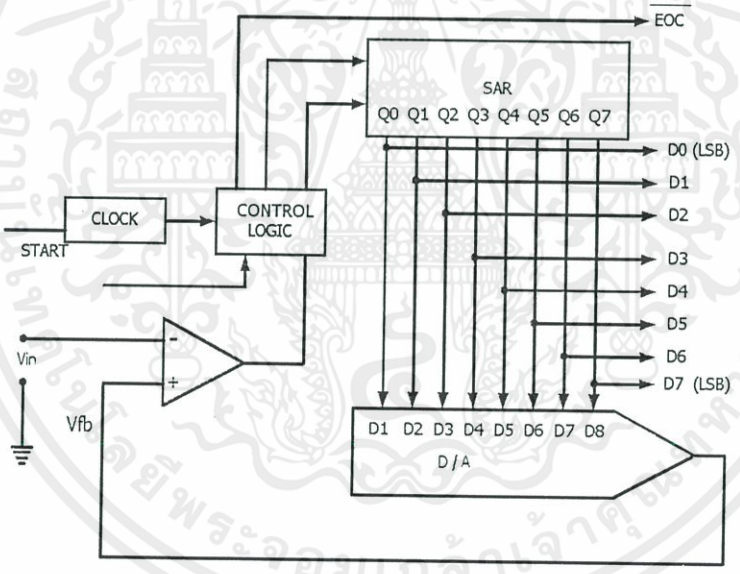
2.3.4.7 การประมาณค่าแบบต่อเนื่อง

วิธีการประมาณค่าแบบต่อเนื่องเป็นเทคนิคที่น่าเลือกใช้เพราะว่ามีราคาถูกมีความละเอียดพอสมควร และเป็น A/D ที่มีความเร็วสูง ซึ่งสามารถใช้แปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะไม่เกิดการออสซิลเลตขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งสำคัญของซัคเซสซีฟแอพพร็อคซิเมชั่น A/D คืออุปกรณ์ที่เรียกว่า ซัคเซสซีฟแอพ-พร็อคซิเมชั่นรีจีสเตอร์ (Successive Approximation Register, SAR) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีจุดประสงค์แตกต่างจากวงจรนับทั่ว ๆ ไป ดังแสดงในรูปที่ 2.16

วัฏจักรการแปรผันเริ่มต้นเมื่อสัญญาณอนาลอกถูกป้อนเข้าทางอินพุตและพัลส์การเริ่มต้น (Start) ถูกป้อนเข้าให้กับ คอนโทรลลอจิก พัลส์สัญญาณนาฬิกาลูกแรกที่ป้อนตัว SAR จะ ON เอาท์พุตของบิตนัยสำคัญสูงสุด ดังนั้นจึงเป็นการปรับให้เอาท์พุตของ A/D เป็น 50% ของแรงดันเอาท์พุตฟูลสเกล SAR จะมองไปยังเอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบว่า เอาท์พุตของ A/D มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าสัญญาณอนาลอกทางอินพุต ถ้าแรงดันของ A/D มีค่ามากกว่าวงจรเปรียบเทียบจะยังคงอยู่ในสภาวะ OFF ดังนั้น SAR จะ OFF บิตนัยสำคัญสูงสุด และให้ชื่อว่าสภาวะ 0 ถ้าแรงดัน A/D มีค่าน้อยกว่าสัญญาณอนาลอกทางอินพุต วงจรเปรียบเทียบจะยังคงทำงานอยู่ดังนั้น SAR จะยังปล่อยบิตนัยสำคัญสูงสุด ON อยู่และเราเรียกสภาวะนี้ว่า 1 ซึ่งสภาวะ 1 หรือ 0 นี้จะกระทำภายใต้พัลส์ของสัญญาณนาฬิกาเพียงพัลส์เดี่ยว บนสัญญาณนาฬิกาถัดไป SAR จะ ON บิตนัยสำคัญสูงสุดอันดับ 2 และทำการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้อีกครั้งหนึ่งจากวงจรเปรียบเทียบ ถ้าสัญญาณ A/D ครั้งใหม่นี้ มีค่ามากกว่าแรงดันอินพุต เอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบยังจะไม่มี ดังนั้น SAR จะ OFF บิตนัยสำคัญสูงสุดอันดับ2 ทิ้งและเรียกสภาวะนี้ว่า 0 แต่ถ้าสัญญาณจากA/Dมีค่าน้อยกว่าวงจรเปรียบเทียบจะยังคงทำงานและSARจะปล่อยให้บิตนัยสำคัญสูงสุดอันดับ 2 นี้ ON



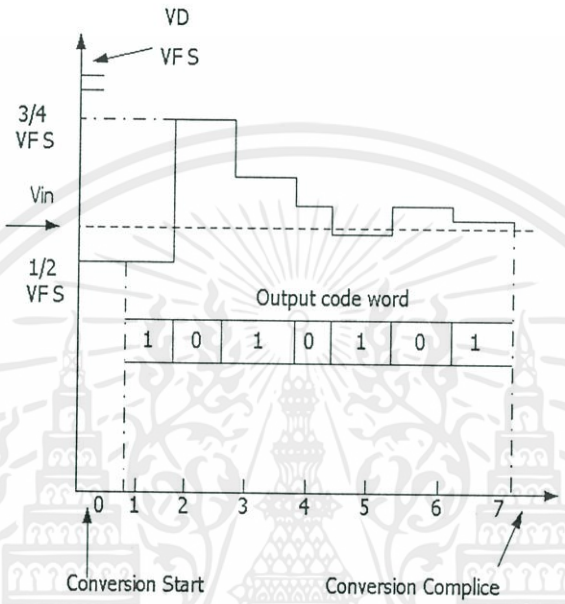
รูปที่ 2.16 โครงสร้างของ A/D แบบซัคเซสซีฟแอพพร็อคซิเมชั่น

SAR จะพิจารณาแต่ละบิตด้วยวิธีเดียวกัน (บิตนัยสำคัญสูงสุดถึงบิตนัยสำคัญต่ำสุด) จนกระทั่งทุก ๆ บิตถูกพิจารณาหมด เนื่องจาก 1 บิตถูกหาค่าภายใน 1 พัลส์ A/D ขนาด 8 บิต จึงใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 8 พัลส์ ก็จะสามารถทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณได้จนครบกระบวนการเมื่อบิตนัยสำคัญต่ำสุดถูกพิจารณาเสร็จสิ้น คอนโทรลลอจิกส่งสัญญาณสิ้นสุดการแปรผัน (End of Conversion: EOC) และทำการค้างผลลัพธ์ที่ได้เป็นเลขฐานสองที่เอาท์พุตไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.8 ไอซีADC0804

ไอซี ADC0804 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตในรูปของสัญญาณอนาลอก แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งไปยัง หน่วยประมวลผลกลางเพื่อประมวลผล ซึ่งเราจะนำมาใช้ในการเชื่อมต่ออินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ภายนอกโดยอุปกรณ์ภายนอกในวิทยานิพนธ์นี้ได้แก่ ตัวตรวจจับสัญญาณอุณหภูมิและตัวตรวจจับสัญญาณความชื้น



รูปที่ 2.17 การทำงานของซัคเซสซีฟแอพพร็อคซิเมชั่นรีจีสเตอร์

ไอซี ADC0804 นี้จะมีอยู่ในตัวการ์ด ET- DIO เป็นไอซีขนาด 8 บิต สามารถรับสัญญาณอนาลอก ที่สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ แรงดัน 5 โวลต์ โดยสามารถกำหนดแถบความกว้างของสัญญาณได้โดยการควบคุมขนาดของ VI– และ $\frac{V_{ref}}{2}$ ซึ่ง VI– จะเป็นตัวกำหนดจุดเริ่มต้นหรือค่าต่ำสุดของสัญญาณอนาลอกที่เข้ามาผู้ใช้การ์ด ET-DIO จะสามารถเลือกโดยให้ JP4 คือถ้าต่อ JP4 ที่ตำแหน่ง 1- 2 (กราวด์) จะทำให้สัญญาณเริ่มต้นจาก 0 โวลต์จนถึง มากที่สุด (ไม่ควรเกิน 5 โวลต์) แต่ถ้าผู้ใช้ Short JP4 ที่ตำแหน่ง 2-3 จุดเริ่มต้นของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณ VI– จากภายนอกที่มาต่อจากตัวต่อ (CN2) ซึ่งผู้ใช้ต้องกำหนดเองโดยปกติแล้วต้องมีค่ามากกว่า 0 โวลต์ แต่ต่ำกว่า $\frac{V_{ref}}{2}$ เสมอ ส่วนสัญญาณ $\frac{V_{ref}}{2}$ จะเป็นตัวกำหนดขนาดสูงสุดของสัญญาณที่รับเข้ามานั่นคือ

ถ้าสัญญาณ อนาลอก ที่เข้ามามีค่าเป็น2เท่าของ $\frac{V_{ref}}{2}$ จะได้ DATA = FFH

ถ้าสัญญาณ อนาลอก ที่เข้ามามีค่าเป็น1เท่าของ $\frac{V_{ref}}{2}$ จะได้ DATA = 7FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสัญญาณ อนาลอก ที่เข้ามามีค่าเท่ากับ VI – จะได้ DATA = FFH

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้เลือกปรับการ์ด ET-DIO ให้ VI– เท่ากับ 0 โวลต์โดยการต่อขา JP4 ที่ตำแหน่ง 1-2 และ เลือก $\frac{V_{ref}}{2}$ เท่ากับ 2.50 โวลต์ โดยการต่อขา JP 5 ที่ตำแหน่ง 1ถึง2ซึ่งจะทำให้ได้ช่วงของสัญญาณอนาลอกป้อนเข้าอยู่ระหว่าง 0โวลต์ ถึง 5.0 โวลต์ และจะได้ความละเอียดของแต่ละช่วงสัญญาณที่รับเข้ามามีความละเอียดถึง 255 ระดับ กล่าวคือ

ถ้าสัญญาณอนาลอกที่ป้อนเข้ามามีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ จะได้ DATA = FFH

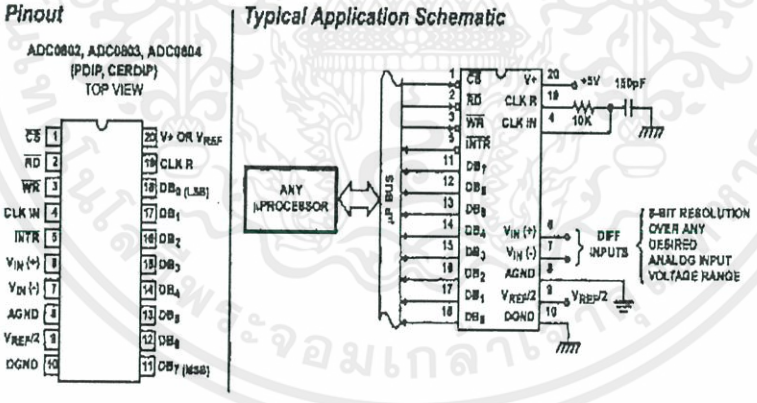
ถ้าสัญญาณอนาลอก ที่ป้อนเข้ามามีค่าเท่ากับ 2.50 โวลต์จะได้ DATA =7FH

ถ้าสัญญาณ อนาลอก ที่ป้อนเข้ามามีค่าเท่ากับ 5.0 โวลต์ จะได้ DATA = FFH

สามารถคำนวณค่าความละเอียดของสัญญาณได้จากสูตร

$$\text{ค่าความละเอียดของสัญญาณ} = \frac{5V - 0V}{256} = 0.0195V \qquad (2.11)$$

จากสมการที่ (2.11) นั่นหมายความว่าสามารถรับสัญญาณได้ตั้งแต่ 0 โวลต์ถึง 5.0 โวลต์ โดยมีความแตกต่างของแต่ละช่วงเป็น 0.0195 โวลต์ โครงสร้างและขาต่างๆ ของไอซี ADC0804 ดูได้จากรูปที่ 2.18



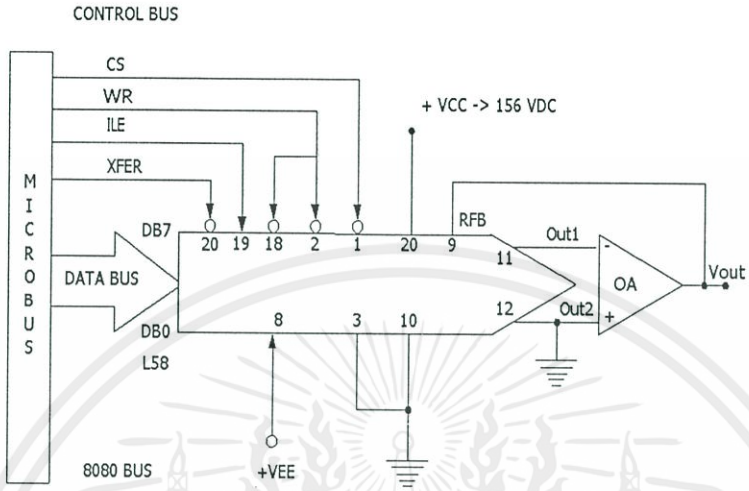
รูปที่ 2.18 โครงสร้างและขาต่างๆ ของไอซี ADC0804

2.3.4.9 ไอซี DAC0832 (Digital to Analog Converter IC)

ไอซี DAC0832 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาลอก หรือมีลักษณะการทำงานตรงกันข้ามกับ ไอซี ADC โดยเราจะนำไอซีตัวนี้มาใช้ในการสั่งงานควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายนอกหลังจากที่รับสัญญาณคำสั่งมาจากไมโครโปรเซสเซอร์ หรือหน่วยประมวลผลกลางของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ส่งสัญญาณออกมาในรูปสัญญาณดิจิตอล หลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้น ไอซี DAC จะทำการเปลี่ยนสัญญาณให้อยู่ในรูปของสัญญาณแรงดันไฟฟ้า เพื่อไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น รีเลย์ หลอดไฟ LED โซลินอยล์ ฯ โครงสร้างของขาไอซี DAC0832 เป็นไปดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 โครงสร้างและขาต่างๆ ของไอซี DAC0832

บนการ์ด ET-DIO ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้จะมี ไอซี DAC0832 อยู่หนึ่งตัวเป็นแบบใช้งาน 8 บิต และ ไอซีเบอร์ DAC1232 เป็นแบบใช้งาน 12 บิต อยู่ด้วยอีกหนึ่งตัว ในการเลือกใช้งานจะใช้ขา JP1 เป็นตัวเลือก ซึ่งการควบคุมขนาดของสัญญาณอนาลอกเอาท์พุต นั่นทำได้โดยการส่งค่าชุดข้อมูลออกไปยังพอร์ตควบคุมของไอซี DAC (พอร์ตควบคุม DAC) โดยขนาดของอัตราส่วนสัญญาณอนาลอกเอาท์พุต ที่ได้นั้นจะเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นเชิงเส้น นั่นคือ

ถ้าส่งค่า DATA ค่า FFH จะได้ขนาดสัญญาณออกสูงสุด

ถ้าส่งค่า DATA ค่า 7FH จะได้ขนาดสัญญาณออกครึ่งหนึ่ง

ถ้าส่งค่า DATA ค่า 00H จะได้ขนาดสัญญาณออกต่ำสุด

โดยขนาดของสัญญาณอนาลอกเอาท์พุต นั่นจะมีความละเอียดถึง 256 ค่าจากย่านความกว้างของสัญญาณทั้งหมดหรือคำนวณได้จากสูตร

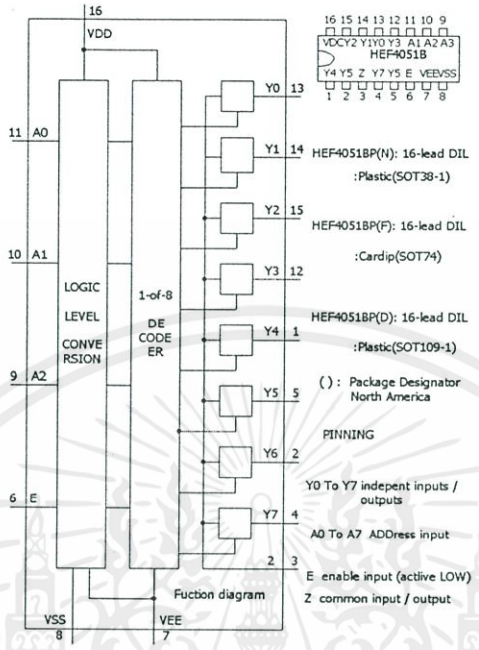
$$\text{ความละเอียดของช่วงสัญญาณ} = (V_{max} - V_{min}) / 256 \qquad (2.12)$$

2.3.4.10 ไอซี HEF 4051B

ไอซี HEF4051B เป็นไอซีที่ใช้ในการเพิ่มช่องสัญญาณในการรับข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาลอกจากอุปกรณ์ภายนอกที่ต่อกับ ไอซี A/D โดยหน้าที่ของไอซี HEF4051B ตัวนี้คล้ายกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ตู้สาขาของโทรศัพท์โดยจะทำหน้าที่รับสัญญาณต่างๆเข้ามารอไว้จนกว่า จะมีการตัดหรือเรียกสายไปใช้งาน โครงสร้างและขาต่างๆของ อซีHEF 4051B มีลักษณะดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 โครงสร้างและขาต่างๆของไอซีHEF 4051B

ในวิทยานิพนธ์เขียนโปรแกรมควบคุมระบบปรับอากาศนี้ต้องนำไอซี HEF4051B เข้ามาต่อใช้งานบนการ์ด ETT-DIO ด้วยเนื่องจากไอซีADC0804ที่มีบนการ์ด ETT-DIO นั้นมีความสามารถรับสัญญาณอนาลอก ได้เพียง 1 ช่องสัญญาณ ซึ่งไม่เพียงพอเพราะในวิทยานิพนธ์นี้ใช้ตัวตรวจจับสัญญาณที่ให้สัญญาณอนาลอกถึง 2 ตัว ทำให้ ไอซี ADC0804 ไม่สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ ดังนั้นเมื่อต่อไอซี HEF4051B เข้าไปกับไอซี ADC0804 แล้วจะทำให้ได้ช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นเป็น8ช่องสัญญาณพอเพียงต่อการใช้งานโดยให้ตัวไอซี ADC0804 เป็นตัวกลางคอยส่งสัญญาณสับเปลี่ยนการรับสัญญาณจาก ไอซี HEF4051B ว่าจะรับสัญญาณจากช่องสัญญาณใดบ้างและระยะเวลาในการรับสัญญาณห่างกันเพียงใด โดยรหัสควบคุมสัญญาณการสั่งการ ของไอซี HEF4051B ดูได้จากตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 รหัสสัญญาณสั่งการ ของไอซี HEF4051B

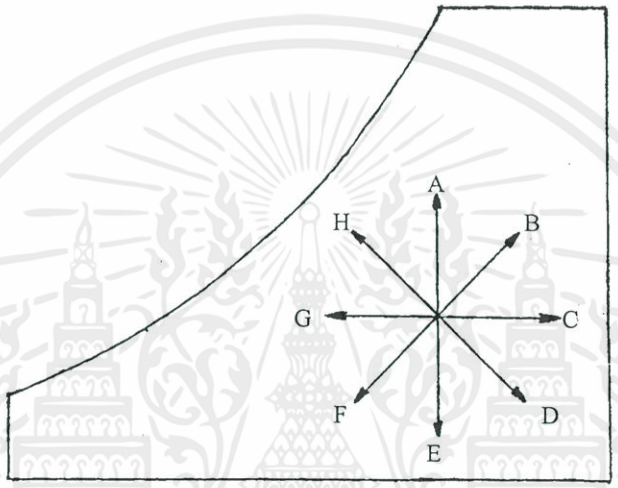
Input states				On channels
Inhibit	C	B	A	4051
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	*	*	*	none

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบปรับอากาศ

3.1 กระบวนการปรับสภาพอากาศ

แผนภูมิแสดงกระบวนการปรับสภาพอากาศ ดังรูปที่ 3.1 โดยสมมติว่ากระบวนการเริ่มต้นที่จุดตัดของเส้นทั้งหมด (จุด 0) กระบวนการทั้งหมดมีทิศทางตามที่ระบุในรูป ซึ่งประกอบด้วย



รูปที่ 3.1 กระบวนการปรับสภาพอากาศขั้นพื้นฐาน

OA เป็นกระบวนการเพิ่มความชื้นของอากาศอย่างเดียว

OB เป็นกระบวนการเพิ่มความชื้นแล้วให้ความร้อนกับอากาศ

OC เป็นกระบวนการให้ความร้อนสัมผัสกับอากาศอย่างเดียว

OD เป็นกระบวนการลดความชื้นทางเคมี

OE เป็นกระบวนการลดความชื้นของอากาศอย่างเดียว

OF เป็นกระบวนการลดความชื้นและทำให้อากาศเย็นลง

OG เป็นกระบวนการทำให้อากาศเย็นลงด้วยความร้อนสัมผัสอย่างเดียว

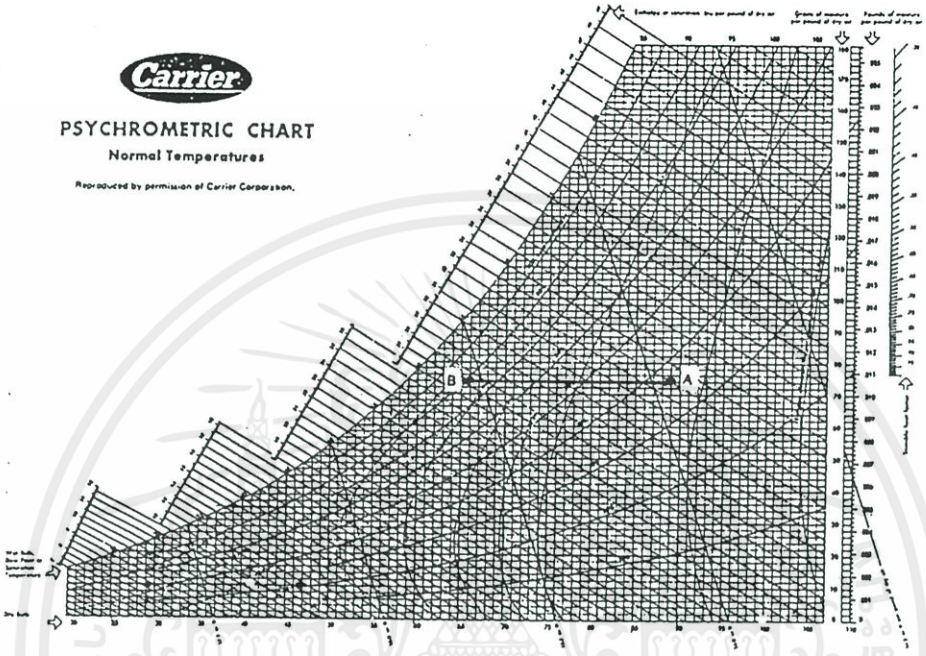
OH เป็นกระบวนการเพิ่มความชื้นและทำให้อากาศเย็นลง

3.1.1 กระบวนการทำให้อากาศเย็นลงด้วยความร้อนสัมผัสอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทำนองเดียวกันกับกระบวนการให้ความร้อนในที่นี้จะพบว่าอากาศถูกทำให้เย็นลงขณะไหลผ่านคอยล์ทำความเย็นโดยที่อุณหภูมิ DP ของอากาศคงที่ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ อากาศถูกทำ

ให้เย็นลงโดยดึงความร้อนสัมผัสออกจากอากาศและปราศจากการควบแน่นของไอน้ำในอากาศ ในรูปที่ 3.2 A เป็นสภาวะเริ่มต้นของอากาศที่ทางเข้าของคอยล์ทำความเย็น (89°F DB, 59°F DP) และ B เป็นสภาวะสุดท้ายของอากาศที่ทางออกของคอยล์ทำความเย็น (64.5°F DB, 59°F DP) เส้นระดับ AB ก็คือกระบวนการทำให้อากาศเย็นลงด้วยความร้อนสัมผัสอย่างเดียว



รูปที่ 3.2 กระบวนการทำให้อากาศเย็นลงด้วยความร้อนสัมผัสอย่างเดียว

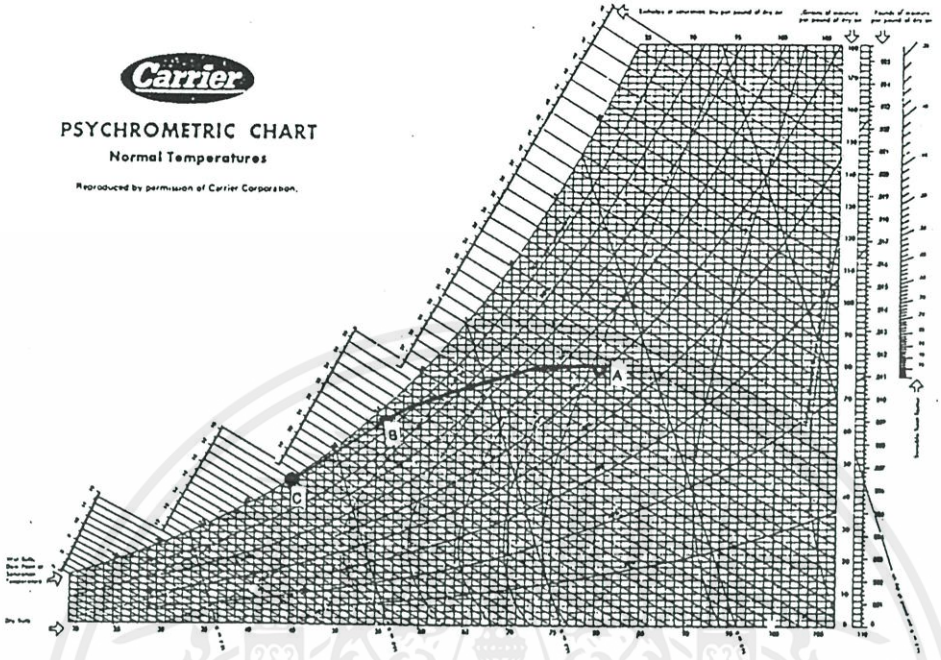
3.1.2 กระบวนการทำให้อากาศเย็นลงและลดความชื้น

กระบวนการทำให้อากาศเย็นลงและลดความชื้นไปพร้อมๆกันขณะอากาศไหลผ่านคอยล์เย็นหรืออาจกระทำโดยให้อากาศไหลผ่านห้องฉีดฝอยน้ำเย็น น้ำเย็นส่วนนี้จะไหลเวียนผ่านคูลเลอร์แทนฮีตเตอร์ อุณหภูมิของน้ำเย็นขณะถูกฉีดฝอยสัมผัสกับอากาศจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเย็น จะดึงเอาความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงออกจากอากาศ ในเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างหรือแบบแยกส่วนที่ใช้ในบ้าน ในส่วนของอีวาพอเรเตอร์นั้นจะเป็นคอยล์ทำความเย็น ขณะอากาศไหลผ่านคอยล์เย็นนั้นอุณหภูมิของอากาศจะลดลง (ทั้ง DB, WB และ DP) ซึ่งแทนด้วยเส้นโค้ง AC ในรูปที่ 3.3 โดยที่ A เป็นสภาวะเริ่มต้นของอากาศก่อนเข้าคอยล์ทำความเย็น B เป็นสภาวะสุดท้ายของอากาศหลังออกจากคอยล์เย็น ตำแหน่งของ B ขึ้นอยู่กับการออกแบบพื้นผิวสัมผัสของคอยล์ทำความเย็นนั้นอากาศที่จุด B อยู่ในลักษณะของอากาศเย็นและมีความชื้นน้อยกว่าเดิม (จุดA)

อาจมีคำถามว่าทำไม AC จึงเป็นเส้นโค้งวกลงข้างล่าง (ในรูปที่ 3.3) ยกตัวอย่างคอยล์เย็นชนิดแผงท่อติดครีบซ้อน อุณหภูมิผิวครีบที่ตำแหน่งซึ่งอยู่ลึกเข้าไปในคอยล์ทำความเย็นตามแนว

เอกสารนี้เป็นเ... ไม่ว่า...

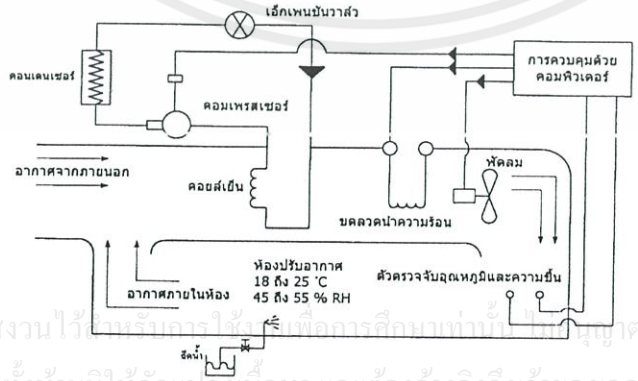
ทิศทางการไหลผ่านของอากาศนั้นจะต่ำกว่าทำให้อุณหภูมิของอากาศขณะผ่านคอยล์เย็นลดลงอย่างต่อเนื่องเป็นเส้นโค้งวกลง



รูปที่ 3.3 กระบวนการลดความชื้นและทำให้อากาศเย็นลง

3.2 การสร้างระบบปรับอากาศเพื่อการทดลองหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศความร้อนมีอิทธิพลต่อระบบปรับอากาศซึ่งจะได้มาจากแหล่งต่างๆ จะมีผลทำให้อุณหภูมิและความชื้นเพิ่มขึ้น ในการคำนวณหาการทำความเย็นของห้องปรับอากาศหรือห้องทดลองเราจะแยกแหล่งความร้อนสัมผัสและแหล่งความร้อนแฝงเพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้เลือกเครื่องปรับอากาศสามารถเขียนแผนผังการควบคุมระบบปรับอากาศที่มีความเที่ยงตรงสูงด้วยคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 แผนผังการควบคุมระบบปรับอากาศที่มีความเที่ยงตรงสูงด้วยคอมพิวเตอร์

3.2.1 ภาระของเครื่องปรับอากาศ

ภาระของการปรับอากาศ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทจากบริเวณปรับอากาศ โดยการทำงานของเครื่องทำความเย็นการปรับอากาศคือการทำให้สภาวะอากาศภายในห้องปรับอากาศมีอุณหภูมิพอเหมาะและควบคุมความชื้นให้ผู้ที่อยู่ในห้องสบายการปรับสภาวะอากาศในประเทศไทยเป็นการทำให้อากาศภายในห้องเย็นกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกห้อง ดังนั้น ความร้อนจากภายนอกห้องจึงพยายามถ่ายเทผ่านพื้น ฝาผนังและเพดาน เข้ามาในห้องปรับอากาศอยู่ตลอดเวลา จึงต้องใช้เครื่องปรับอากาศดึงความร้อนออกไป การกำหนดเครื่องปรับอากาศที่จะใช้ติดตั้งนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะถ้าติดตั้งเครื่องปรับอากาศเล็กเกินไป ห้องปรับอากาศจะไม่เย็นเท่าที่ต้องการ และเครื่องจะต้องทำงานหนักมาก ในทางตรงข้ามถ้าติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่เกินไป เช่น ถ้าห้องที่ต้องการเครื่องอากาศขนาด 3 ตัน แต่นำเครื่องปรับอากาศขนาด 5 ตัน ไปติดตั้งก็จะทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในห้องลดลงอย่างรวดเร็วและเย็นเกินไป แม้ว่าจะมีเทอร์โมสตัดคอยควบคุมอุณหภูมิ ให้หยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่ออุณหภูมิของอากาศภายในห้องลดลงจนถึงจุดที่ปรับตั้งไว้แต่เนื่องจากขนาดของเครื่องใหญ่เกินไป เป็นเหตุให้มอเตอร์ของคอมเพรสเซอร์ เดิน ๆ หยุด ๆ ในเวลากระชั้นชิด ซึ่งจะทำให้การทำงานสั้นลง ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณหาค่าโหลดการทำความเย็นของห้อง เพื่อให้เลือกใช้ขนาดเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับขนาดของห้องที่กำหนด โดยจะต้องคำนึงถึงค่าความร้อนดังนี้

3.2.2 การคำนวณหาโหลดการทำความเย็นของห้อง

ห้องปรับอากาศโดยทั่วไปจะได้รับความร้อนจากแหล่งต่าง ๆ หลายแหล่งด้วยกันดังนี้

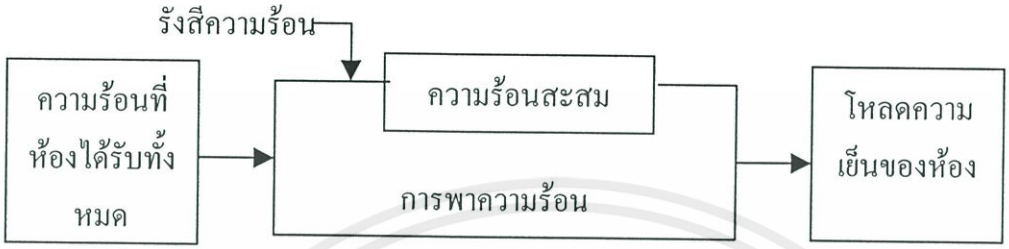
1. ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านนอก หลังคาและกระจก
2. ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านใน เพดานและพื้นห้อง
3. ความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านกระจก
4. ความร้อนจากแสงสว่าง
5. ความร้อนจากผู้อยู่อาศัย
6. ความร้อนจากเครื่องมือ เครื่องใช้
7. ความร้อนจากการรั่วของอากาศภายนอกผ่านช่องเปิดต่าง ๆ

ความร้อนจากหัวข้อ 1 ถึง 3 เป็นแหล่งความร้อนจากภายนอกส่วนความร้อนในหัวข้อ 4 ถึง 7 เป็นแหล่งความร้อนภายในห้อง โดยความร้อนจากหัวข้อ 1 ถึง 4 ผลของความร้อนจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงขึ้นแต่เพียงอย่างเดียวหรือเป็นแหล่งความร้อนสัมผัส ส่วนความร้อนในหัวข้อ 5 ถึง 7 จะเป็นทั้งแหล่งความร้อนสัมผัสและแหล่งความร้อนแฝง จะมีผลทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นและทำให้ความชื้นก็เพิ่มขึ้นด้วย ในการคำนวณหาโหลดความเย็นของห้องปรับอากาศเราควรจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องแยกแหล่งความร้อนสัมผัสและแหล่งความร้อนแฝง เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เลือกเครื่องปรับอากาศอีกต่อไป

ความร้อนที่ห้องปรับอากาศได้รับทั้งหมด คือ อัตราความร้อนที่ห้องได้รับจากแหล่งทุกแหล่งดังกล่าว



รูปที่ 3.5 แผนผังแสดงการไหลของความร้อน

3.2.2.1 การถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านนอก

สูตรการคำนวณ

$$Q_S = U\,A\,(TD) \qquad (3.1)$$

Q_S = ความร้อนสุทธิที่ไหลผ่าน หลังคาและกระจก (Btuh)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (Btu/hr- ft^2.^oF)

A = พื้นที่หลังคา ผนังและกระจก (ft^2)

TD = ความต่างอุณหภูมิโหลดความเย็น (^oF)

3.2.2.2 ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านใน

สูตรการคำนวณ

$$Q_S = U\,A\,(TD) \qquad (3.2)$$

Q_S = อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังด้านในหรือเพดาน (Btuh)

A = พื้นที่ผนัง (ft^2)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสำหรับผนังด้านใน (Btu/hr- ft^2.^oF)

TD = ความต่างอุณหภูมิระหว่างปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 ความร้อนของรังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านกระจก

สูตรการคำนวณ

$$Q_S = q_{sy} A F_s (CLF) \quad (3.3)$$

Q_S = ความร้อนสุทธิที่ได้รับจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านกระจก (Btuh)

q_{sy} = แฟคเตอร์ความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ (Btu/hr- ft^2)

A = พื้นที่กระจก (ft^2)

F_s = แฟคเตอร์เครื่องบังแสง

CLF = แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับกระจก

3.2.2.4 ความร้อนจากแสงสว่างไฟฟ้า

สูตรการคำนวณ

$$Q_S = 3.4 W F_B (CLF) \quad (3.4)$$

W = กระแสไฟฟ้ารวมของหลอดแสงสว่าง

F_B = แฟคเตอร์บัลลาสต์

CLF = แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับแสงสว่าง

3.2.2.5 ความร้อนจากผู้อยู่อาศัย

สูตรการคำนวณ

$$Q_S = q_s n (CLF) \quad (3.5)$$

$$Q_L = q_L n \quad (3.6)$$

Q_S, Q_L = ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่ได้รับ (Btuh)

q_s, q_L = ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่ได้รับต่อคน

n = จำนวนคน

CLF = แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.6 ความร้อนจากเครื่องมือเครื่องใช้

การหาความร้อนจากเครื่องมือเครื่องใช้อาจหาได้จากผู้ผลิตหรือแผ่นป้ายประจำเครื่อง โดยตรงจากเครื่องมือเครื่องใช้บางชนิด อาจมีทั้งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงออกมา ให้ค่าความร้อนสำหรับเครื่องมือเครื่องใช้บางชนิด

3.2.2.7 ความร้อนอากาศรั่วเข้าห้องและจากอากาศระบาย

สูตรการคำนวณ

$$Q_S = 1.08\ cfm\ (TD) \qquad (3.7)$$

Q_S = ความร้อนสัมผัสที่ได้รับจากอากาศรั่ว (Btuh)

cfm = อัตราการไหลของอากาศรั่วเข้าห้องหรืออากาศระบาย (ft^3/min)

TD = ความต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกห้องปรับอากาศ ($^{\circ}F$)

สำหรับความร้อนแฝงที่ห้องได้รับจากอากาศรั่วเข้าห้องอาจหาได้จาก สมการ

$$Q_L = 0.68\ cfm\ (W_o - W_i) \qquad (3.8)$$

Q_L = ความร้อนแฝงที่ได้รับจากอากาศรั่วเข้าห้องหรืออากาศระบาย (Btuh)

cfm = อัตราการไหลของอากาศที่รั่วเข้าห้องหรืออากาศระบาย (ft^3/min)

W_i, W_o = ความชันจำเพาะของอากาศภายในและภายนอกห้องปรับอากาศ(q_{rw}/lb_a)

3.2.3 การออกแบบคอยล์เย็น

ในการออกแบบ จะต้องทราบค่าต่างๆ ที่มีดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม
2. โหลดความเย็นทั้งหมด
3. ปริมาณลม
4. อุณหภูมิทางด้านดูด
5. ขนาดของคอยล์ (Finned Lengit × Finned Width)
6. ชนิดของสารทำความเย็น

โหลดความเย็นทั้งหมดคำนวณได้จากสมการ

$$Q_T = Q_S + Q_L \qquad (3.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ $Q_T = 4.5 \times cfm \times h_t$ (3.10)

เมื่อทราบค่าต่าง ๆ แล้วนำมาคำนวณหา

$$\text{พื้นที่ผิวหน้าคอยล์} = \frac{\text{ขนาดของคอยล์}}{144} (ft^2) \quad (3.11)$$

$$\text{ความเร็วลม} = \frac{\text{ปริมาณลม (cfm)}}{\text{พื้นที่ผิวหน้าคอยล์}} (ft/min) \quad (3.12)$$

$$\text{โหลดความเย็น} = \frac{\text{โหลดความเย็นทั้งหมด}(Q_T)}{1{,}000 \times \text{พื้นที่ผิวคอยล์}} (MBH/ft^2) \quad (3.13)$$

จากนั้นใช้ตารางที่ ฉ.4 Coil Capacities เพื่อไปหาอุณหภูมิคอยล์ทำความเย็นจากอุณหภูมิแวดล้อม อุณหภูมิสารทำความเย็นทางด้านดูด และใช้ตารางที่ ฉ.5 เพื่อหาจำนวนวงจรของคอยล์ทำความเย็นและตาราง ฉ.6 เพื่อหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของคอยล์ทางด้านจ่าย ส่วนการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของคอยล์ทางด้านดูดจะใช้ตารางที่ ฉ.7 ใช้ในการหาขนาด

3.2.4 การเลือกคอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์

การเลือก จะต้องทราบค่าดังต่อไปนี้

1. ค่าความเย็นทั้งหมด
2. อุณหภูมิทางด้านดูด
3. อุณหภูมิทางด้านจ่าย

ค่าความเย็นทั้งหมดคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ค่าความเย็นทั้งหมด} = \frac{\text{โหลดความเย็นทั้งหมด}(Q_T)}{12{,}000} (Tons) \quad (3.14)$$

เมื่อทราบค่าความเย็นทั้งหมด ค่าอุณหภูมิทางด้านดูด และอุณหภูมิทางด้านจ่าย โดยการสมมติฐาน จากนั้นใช้ตารางที่ ฉ.5 เพื่อเลือกคอมเพรสเซอร์ โดยใช้อุณหภูมิทางด้านจ่ายมาใช้ในการเลือก ส่วนตารางที่ ฉ.6 เพื่อหาค่า Heat Rejection Factor และตารางที่ ฉ.10 เพื่อหาค่า Correction

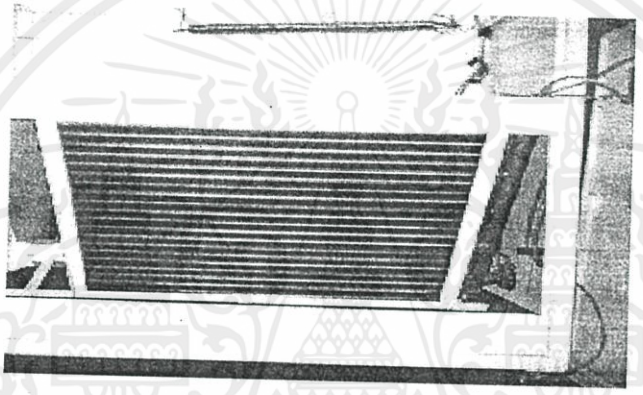
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Factor และนำไปหาค่าความร้อนถ่ายเทจากคอมเพรสเซอร์ จากนั้นใช้ตารางที่ ฉ.10 เพื่อหาค่า Total Unit MBH ในการเลือกคอนเดนเซอร์ การหาค่าความร้อนถ่ายเทจากคอมเพรสเซอร์จากสมการ

Q_C = ความจุของ Compressor × Heat Rejection Factor × Correction Factor (3.15)

จากรูปที่ 3.4 จะได้ขนาดของอุปกรณ์ต่างๆในระบบปรับอากาศ ที่อุณหภูมิ 18-25 °C และความชื้น 45-55 %RH ดังนี้

1. ภาระการทำความเย็น[3]ทั้งหมดของห้องปรับอากาศ เท่ากับ 38,552 Btu/hr
2. อีแวปพอเรเตอร์ [3]



รูปที่ 3.6 อีวาพอเรเตอร์

สมมติฐาน:

อุณหภูมิแวดล้อม 80 °F DB, 67 °F WB

ภาวะการทำความเย็นทั้งหมด 38, 552 Btu/hr

ปริมาณลม 1,586 CPM

อุณหภูมิของน้ำยาแอร์ที่ทางเข้า 45°F

ขนาดของคอยล์ 24" × 20"

สารทำความเย็น ฟรีออน 22 (R-22)

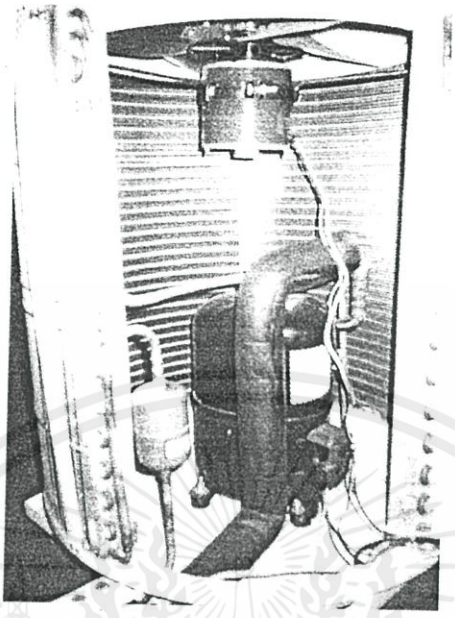
number of circuits = 3

rows = 8 rows

ภาระการทำความเย็น = 5 tons

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเลือกคอมเพรสเซอร์[2]



รูปที่ 3.7 คอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์ Model E036

ขนาด = 5 tons

ความเร็วรอบ = 1,260 rpm

4. การเลือกคอนเดนเซอร์ [2]

รูปที่ 3.8 คอนเดนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือก Total Unit MBH = 78×1,000 =78,000 Btu/hr

Tube circuit Total Unit MBH = 2

Unit Size = 5

5. การหาปริมาณและสภาวะของลมส่ง [2]

สมมติฐาน:

Q_s = 37,702 Btu/hr

Q = 850 Btu/hr

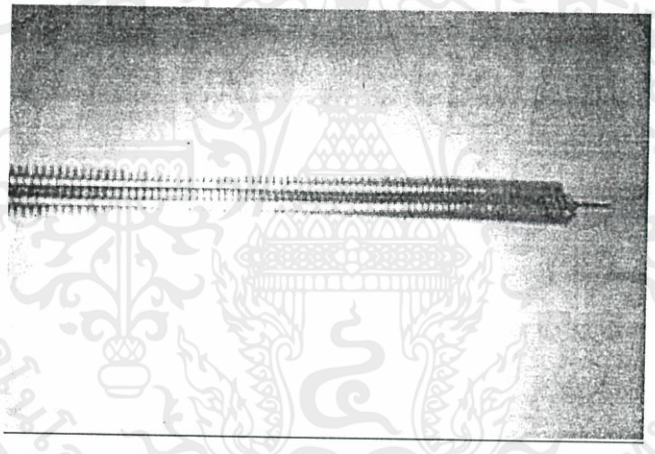
อุณหภูมิห้องควบคุมไว้ที่ 73.4 °F DB, 50% RH

ต้องการลมส่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 65°F

ลมเย็นที่ออกจากอุปกรณ์ปรับสภาพอากาศไว้ที่ 90% RH

ได้ปริมาณของลม = 1,586 cfm

6. ขดลวดทำความร้อน



รูปที่ 3.9 ขดลวดทำความร้อน

ขนาดของขดลวดนำความร้อน = 3 kW

3.3 การทดลองหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากรูปที่ 2.2ได้ทำการทดลองเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มี 2 เงื่อนไขคือ

1. ที่สภาวะมีภาระ (load)

จะทำการฉีดน้ำให้เป็นฝอยละอองประมาณ 50 ลูกบาก์ศเซนติเมตร ในห้องปรับอากาศ

2. ที่สภาวะไม่มีภาระ (No load)

จะไม่มีการฉีดน้ำ ในห้องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

การติดตั้งอุปกรณ์การทดลองเพื่อทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง จะดำเนินการดังนี้

1. จะประกอบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบปรับอากาศที่ได้จากการออกแบบ

2. เสียบปลั๊กไฟฟ้า 3 เฟส สำหรับคอมเพรสเซอร์ให้เรียบร้อยและเสียบปลั๊กไฟฟ้า 1 เฟส สำหรับพัดลมและขดลวดนำความร้อน

3. จะต้องทำการสอบเทียบตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้ผ้าชุบน้ำหุ้มไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง

4. ติดตั้ง ชุดตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นและเทอร์โมมิเตอร์กระเปราะเปียกกระเปราะแห้ง ทั้งหมด 3 ชุด ในบริเวณห้อง 3 จุด พร้อมทำการทดลองได้

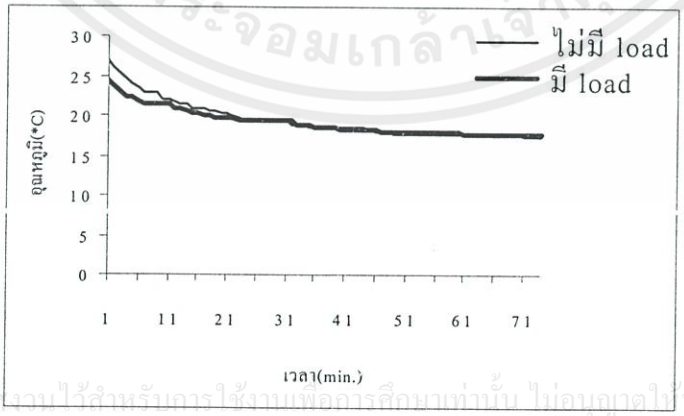
3.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

การทำการทดลองทั้งที่สภาวะมีภาระและไม่มีภาระจะทำการทดลองและเก็บผลคล้ายกัน โดยจะดำเนินการเป็นขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. โดยเริ่มจากการเปิดเครื่องปรับอากาศและเปิดพัดลมที่ความเร็วรอบต่ำ (Low speed) เริ่มทำการวัดอุณหภูมิกับความชื้นและบันทึกค่าทุกหนึ่งนาที จนอุณหภูมิ (g11) และความชื้น (g21) คงที่

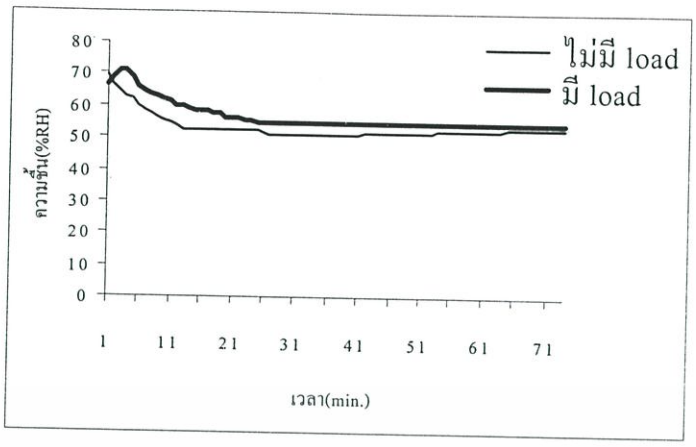
2. เครื่องปรับอากาศยังคงเปิดอยู่หลังจากนั้นจะทำการเปิดเครื่องทำความร้อนและเปิดพัดลมที่ความเร็วรอบสูง (High speed) เริ่มทำการวัดอุณหภูมิกับความชื้นและบันทึกค่าทุกหนึ่งนาทีจนอุณหภูมิ (g12) และความชื้น (g22) คงที่

3. เนื่องจากมีชุดตัวตรวจจับอุณหภูมิกับความชื้น 3 จุด จึงต้องนำค่าของอุณหภูมิและความชื้น มาเฉลี่ยเป็นค่าเดียวเพื่อความถูกต้อง จะได้ผลการตอบสนองของอุณหภูมิกับความชื้น ดังรูปที่ 3.10,3.11,3.12,3.13

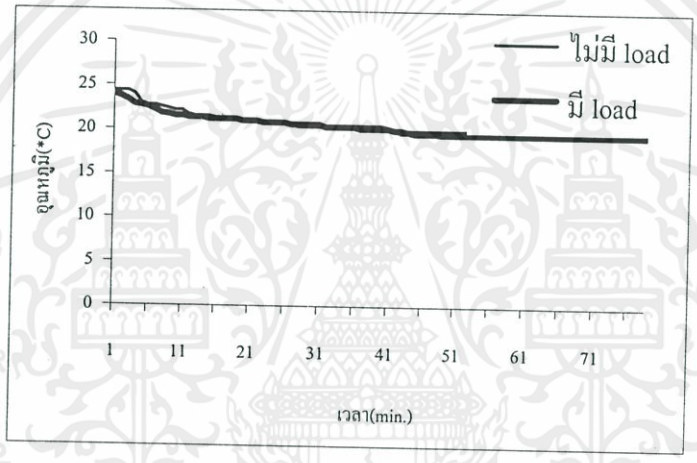


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

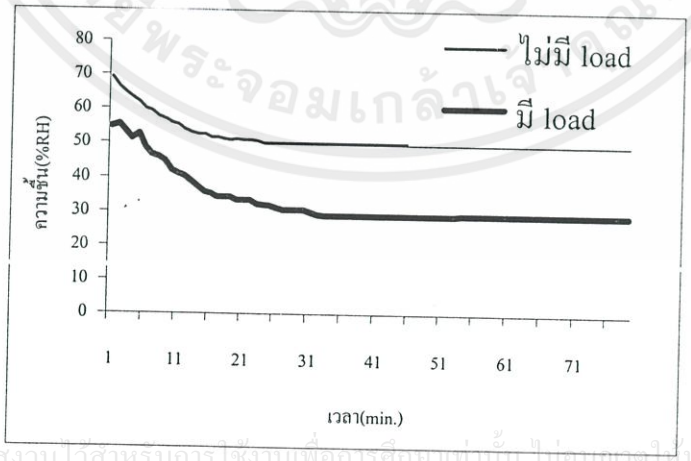
รูปที่ 3.10 ผลการตอบสนองของอุณหภูมิเมื่อเปิดพัดลมความเร็วรอบต่ำ (g11)



รูปที่ 3.11 ผลการตอบสนองของความชื้นเมื่อเปิดพัดลมความเร็วต่ำ (g21)



รูปที่ 3.12 ผลการตอบสนองของอุณหภูมิเมื่อเปิดพัดลมความเร็วสูง (g12)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 ผลการตอบสนองของความชื้นเมื่อเปิดพัดลมความเร็วสูง (g22)

จากผลการทดลองที่ได้จะไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinearized model) จะทำให้เป็นระบบเชิงเส้น(Linearized model) โดยใช้โปรแกรม MsExcell แบบวิธีการประมาณค่ากำลังสองน้อยที่สุด จากสมการ(2.1) และรูปที่ 3.10,3.11,3.12,3.13 จะได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในรูปเมตริกซ์-ทรานเฟอร์ฟังก์ชัน [1]

กรณี : ไม่มีภาระ

$$\begin{bmatrix} T(s) \\ RH(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{21.734}{s+0.0028} & \frac{22.036}{s+0.002} \\ \frac{54171}{s+0.0003} & \frac{57.66}{s+0.0021} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_S(s) \\ RH_S(s) \end{bmatrix} \tag{3.16}$$

กรณี : มีภาระ

$$\begin{bmatrix} T(s) \\ RH(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{20.821}{s+0.0026} & \frac{21.616}{s+0.0014} \\ \frac{581465}{s+0.0011} & \frac{38.091}{s+0.0038} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_S(s) \\ RH_S(s) \end{bmatrix} \tag{3.17}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การควบคุมระบบปรับอากาศด้วยคอมพิวเตอร์

4.1 การจำลองการควบคุมระบบปรับอากาศด้วย MATLAB

จากผลการทดลองจะได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังสมการ(3.16)และ(3.17) แล้วจะนำไปจำลองการควบคุมระบบปรับอากาศด้วย MATLAB โดยเลือกใช้ตัวควบคุมแบบ PI และ PID โดยอาศัยทฤษฎีของ Ziegler-Nichols [1]

4.1.1 การเลือกตัวควบคุม

จากหัวข้อ 2.4.2 การเลือกตัวควบคุม เมื่อได้รูปร่างลักษณะตามรูปที่ 2.4 เราจะสามารถเลือกประเภทของตัวควบคุมจากตารางที่ 2.1 แล้วนำค่าคงที่ต่างๆไปแทนในสมการ(2.10)จะได้ตัวควบคุมสำหรับระบบปรับอากาศ ดังนี้

4.1.1.1 กรณีไม่มีภาระ

ตัวควบคุมแบบ PI :

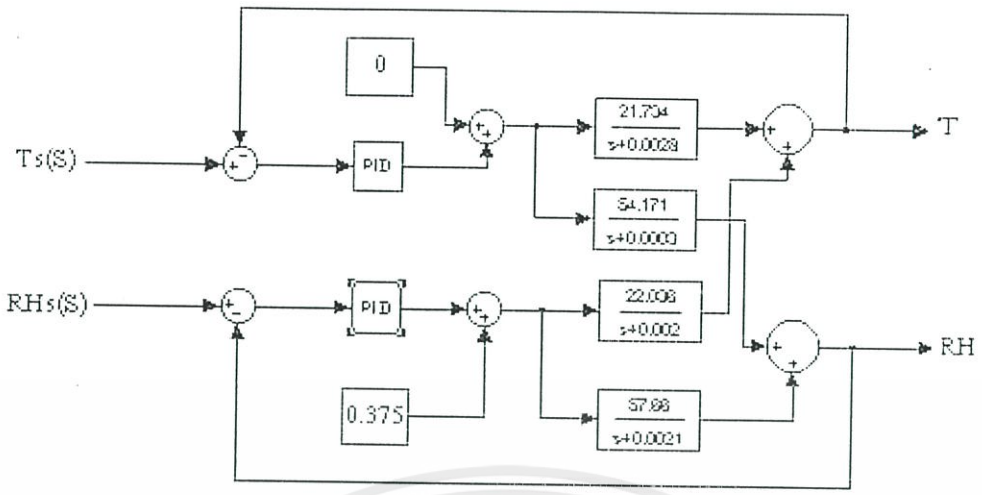
$$d_{11}(s), d_{22}(s) = \frac{0.0006(s + 0.3)}{s} \tag{4.1}$$

ตัวควบคุมแบบ PID :

$$d_{11}(s), d_{22}(s) = \frac{0.0004(s + 1)^2}{s} \tag{4.2}$$

ค่าคงที่ของการเปิดบดลวดทำความร้อนและความชื้นต่ออัตราการไหลของลม $K_h = 0$ และ $K_f = 0.375$ จากรูปที่ 2.2 แทนค่า d_{11},d_{22},K_hและK_f จะได้ ดังรูปที่ 4.1

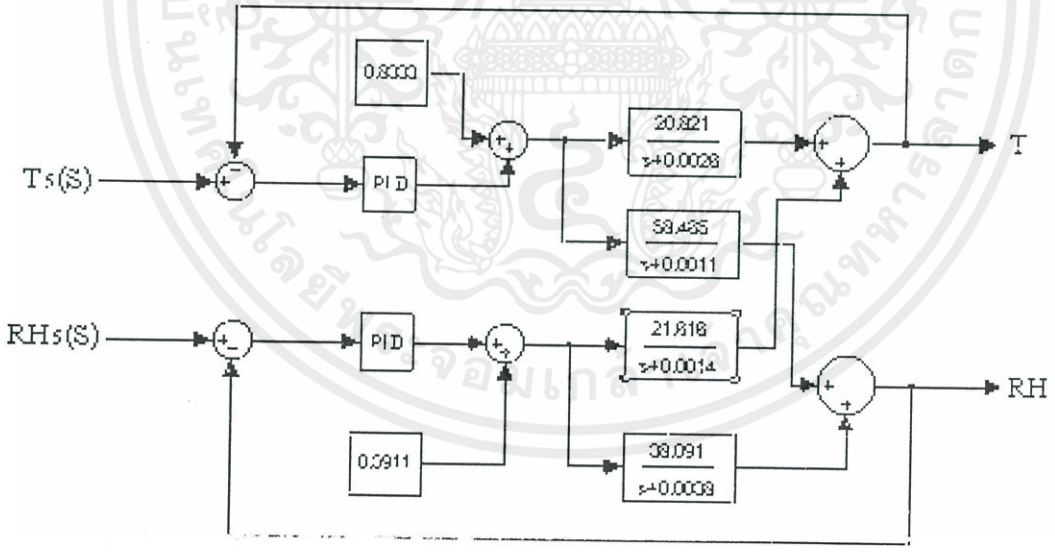
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมระบบปรับอากาศที่ควบคุมด้วย PI และ PID กรณีไม่มีภาระ

4.1.1.2 กรณีมีภาระ

สำหรับตัวควบคุมแบบ PIและตัวควบคุมแบบ PID จะเลือกใช้ค่าที่เหมือนกับกรณีไม่มีภาระ ส่วนค่าคงที่ Kh = 0.8333 และ Kf = 0.3911จากรูปที่ 2.2 แทนค่า d_{11},d_{22},Kh และ Kf จะได้ดังรูปที่ 4.2

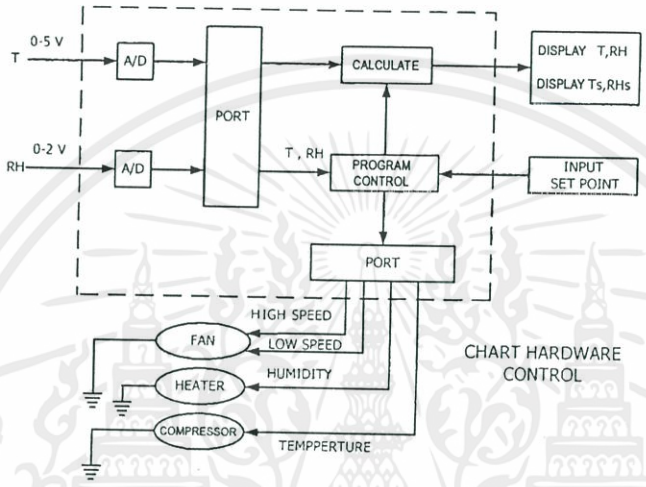


รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมระบบปรับอากาศที่ควบคุมด้วย PI และPID กรณีมีภาระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การควบคุมระบบปรับอากาศด้วยคอมพิวเตอร์

ในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบปรับอากาศ จำเป็นที่จะต้องมีการทดลองเพื่อเก็บผลการทำงานจริงว่าเป็นไปตามเงื่อนไขตามที่ต้องการหรือไม่ รวมทั้งวิเคราะห์หาข้อผิดพลาดจากการทำงานที่อาจเกิดขึ้น ที่ดีที่สุดในการที่จะให้ระบบปรับอากาศปรับสภาพการทำงานให้ตอบสนองได้รวดเร็วที่สุด หรือเกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จากรูปที่ 3.4 เราสามารถเขียนแผนผังการควบคุมเพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ต่างๆในระบบปรับอากาศ ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนผังการควบคุมอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ

จากรูปที่ 4.3 โปรแกรมจะสั่งให้รับข้อมูลจากตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น เพื่อทำการเชื่อมสัญญาณการส่งข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผลกลางกับไอซี 8255 ผ่านทางพอร์ตอินพุต เอ้าท์พุต จากนั้นโปรแกรมจะให้พอร์ตควบคุมกำหนดให้พอร์ต PC เป็นพอร์ตรับสัญญาณป้อนเข้าทั้งหมดและจะถูกแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล ผ่านทางไอซี ADC0804 เพื่อส่งข้อมูลไปประมวลผล ที่หน่วยประมวลผลกลางและจะทำการต่อสัญญาณ ระหว่างสายบัสสัญญาณของไอซี 8255 กับหน่วยประมวลผลกลาง เพื่อส่งข้อมูลที่ได้ออกมาไปยังพอร์ตที่ต้องการที่พอร์ต PA ของ ไอซี 8255 เพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ชุดขดลวดทำความร้อนและควบคุมความเร็วรอบของพัดลม

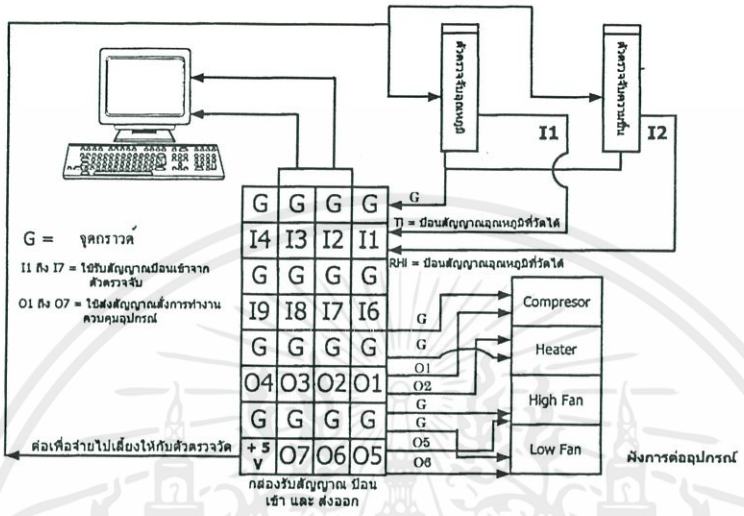
4.2.1 การต่อชุดอินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ

การต่อชุดอินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ปรับอากาศมีอุปกรณ์ดังนี้

1. ชุดเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มี ช่องเสียบ ISA 1 ช่อง
2. การ์ดอินเตอร์เฟส ETT-DIO 1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น เครื่องหมายน้ำนี้ได้รับการสร้างขึ้นโดยอัตโนมัติ และจะอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กล่องรับสัญญาณป้อนเข้าและส่งออก 1กล่อง
4. ตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นชนิดละ 1 ตัว
5. กล่องควบคุมอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ 1 กล่อง



รูปที่ 4.4 การต่อชุดอินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ปรับอากาศ

เมื่อมองจากรูปที่ 4.4 อธิบายได้ว่าตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นจะต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเลี้ยงในการทำงาน5โวลต์ตลอดเวลา โดยจะต่อไฟจากกล่องรับสัญญาณป้อนเข้าและส่งออก หลังจากนั้นตัวตรวจจับจะส่งค่าที่วัดได้มาในรูปของสัญญาณอนาลอก ไปยังช่องรับสัญญาณป้อนเข้าของกล่องรับสัญญาณอินพุต (I1ถึงI9) ซึ่งจะต่ออยู่กับการ์ดอินเตอร์เฟสที่เสียบอยู่ในชุดคอมพิวเตอร์โดยตัวตรวจจับอุณหภูมิ (Ti) จะต่อเข้ากับช่อง I1 และตัวตรวจจับความชื้น (RHi) จะต่อเข้ากับช่อง I2 และไฟฟ้าลงกราวด์ของตัวตรวจจับทั้ง2จะต่อเข้าที่ช่องGของกล่องรับสัญญาณ ส่วนช่องเสียบ O1 ถึง O7 ซึ่งจะทำหน้าที่จ่ายสัญญาณเอาท์พุต โดยเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างการ์ดอินเตอร์เฟสกับกล่องควบคุมอุปกรณ์ระบบปรับอากาศที่มีชุดแมกเนติกย์อยู่ภายในโดย ช่อง O1 จะต่อกับแมกเนติกย์ที่ควบคุมคอมเพรสเซอร์ ช่อง O2 จะต่อกับแมกเนติกย์ที่ควบคุมชุดขดลวดความร้อน ช่อง O5 จะต่อกับแมกเนติกย์ที่ควบคุมพัดลมความเร็วรอบสูง ช่อง O6 จะต่อกับแมกเนติกย์ที่ ควบคุมพัดลมความเร็วรอบต่ำ

4.2.2 ลักษณะการเขียนโปรแกรมส่งสัญญาณออกไปควบคุม

จากรูปที่ 4.5 ผังลักษณะการส่งสัญญาณออกไปควบคุมระบบ การไหลของสัญญาณจะเริ่มจากหน่วยประมวลผลกลางของเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่งสัญญาณลอจิก = 0 มาให้กับขา WR และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น พร้อมทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CS เพื่อให้ทำการต่อสัญญาณระหว่างสายบัสสัญญาณของ ไอซี 8255 กับหน่วยประมวลผลกลาง เพื่อที่จะให้ไอซี 8255 เตรียมเขียนสัญญาณข้อมูลที่ได้มาออกไปยังพอร์ตที่ต้องการโดยในวิทยานิพนธ์นี้ พอร์ตที่ใช้ในการส่งข้อมูลสัญญาณออกไปใช้พอร์ต PA ของไอซี 8255 ซึ่งมีทั้งหมด 8 ขาตั้งแต่ PA0 ถึง PA7 โดย PA0 จะใช้ในการส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ขา PA1 จะใช้สัญญาณไปควบคุมการทำงานของ ชุดขดลวดทำความร้อน ขา PA4 ใช้ต่อสัญญาณไปควบคุมการทำงานของพัดลมความเร็วรอบสูง และขา PA5 ใช้ต่อสัญญาณไปควบคุมการทำงานของพัดลมความเร็วรอบต่ำ สัญญาณไฟที่ออกจากขาของไอซี 8255 จะให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ โดยจะนำไปสั่งตัดต่อชุดแมกเนย์ติกสวิตย์ของอุปกรณ์ภายนอก

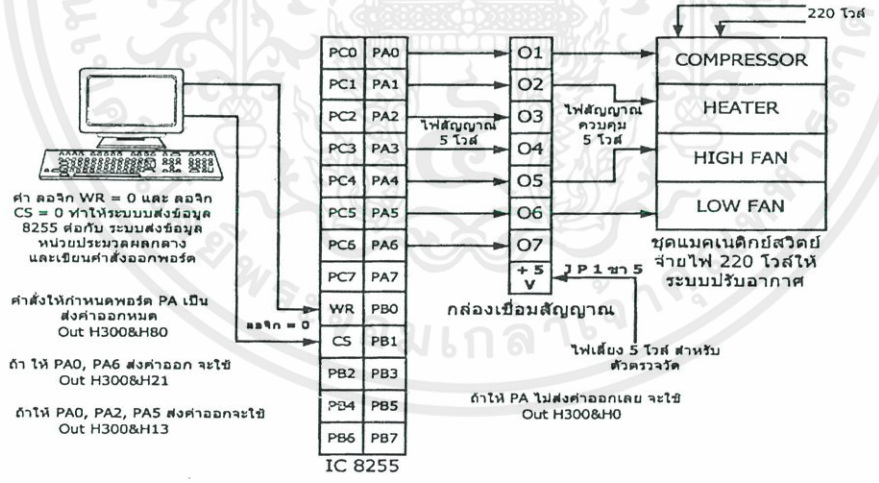
คำสั่งการเขียนโปรแกรมสั่งกำหนดพอร์ตให้อุปกรณ์ในระบบปรับอากาศทำงานคือ

Out H300&H80 คือ การสั่งที่พอร์ตควบคุม ให้สั่งให้ส่งข้อมูลออกทุกพอร์ตใช้งานของไอซี 8255

Out H300&21 คือ การสั่งที่พอร์ตควบคุม ให้สั่งให้พอร์ต PA0 และ PA6 ทำงานส่งสัญญาณออก

Out H300&H13 คือ การสั่งที่พอร์ตควบคุม ให้สั่งให้พอร์ต PA0 PA2 และ PA5 ทำงานส่งสัญญาณออก

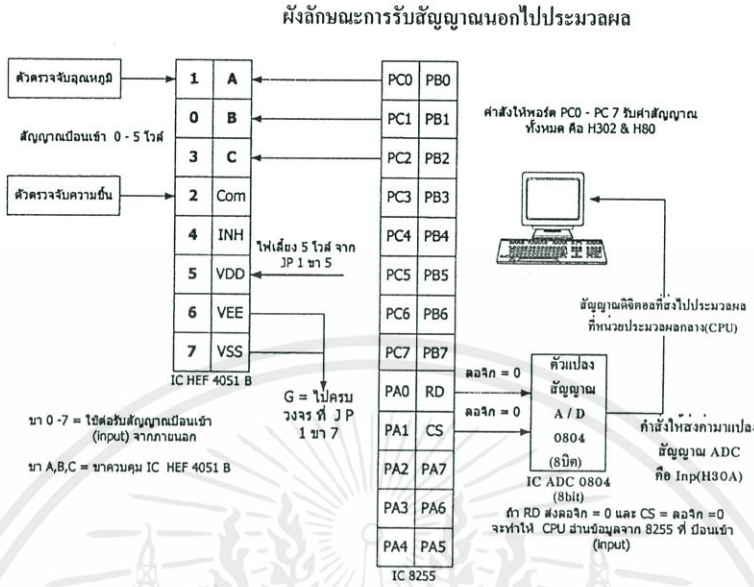
Out H300&H0 คือ การสั่งที่พอร์ตควบคุม ให้สั่งให้พอร์ตทุกพอร์ตไม่ส่งค่าออกเลย



รูปที่ 4.5 ผังลักษณะการส่งสัญญาณออกไปควบคุมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ลักษณะการเขียนโปรแกรมรับสัญญาณภายนอกเพื่อไปประมวลผล



รูปที่ 4.6 ผังลักษณะการรับสัญญาณภายนอกไปประมวลผล

จากรูปที่ 4.6 ผังลักษณะการรับสัญญาณจากภายนอกแล้วไปประมวลผล การไหลของสัญญาณจากการรับสัญญาณตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นในรูปของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 0 ถึง 5 โวลต์ ส่งผ่านมาที่ขาของไอซีมัลติเพ็ค (ไอซี HEF 4051 B) โดยจะทำหน้าที่เพิ่มขาในการรับสัญญาณอนาลอก ให้มากขึ้นเพราะการ์ด ETT-EDIO ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้สามารถรับสัญญาณอนาลอกเพียง 1 ช่องสัญญาณ แต่ต้องใช้ถึง 2 ช่องสัญญาณ โดยจะต่อสัญญาณจากตัวตรวจจับความชื้นเข้ากับขาที่2ของไอซีมัลติเพ็ก และต่อสัญญาณจากตัวตรวจจับอุณหภูมิเข้ากับขา 1 ของไอซีมัลติเพ็กซึ่งตัวไอซีมัลติเพ็กเองจะต้องมีขาที่ใช้ควบคุมการจ่ายสัญญาณไปยังขาที่ต้องการได้แก่ ขา A B C โดยวิทยานิพนธ์นี้จะต่อขาควบคุมของไอซีมัลติเพ็คไว้กับขา PC0 PC1 และ PC2 หลังจากนั้นสัญญาณทั้ง 2 จะรออยู่ที่ตัวไอซีมัลติเพ็ก เพื่อรอการเปิดรับสัญญาณจากซีพียูของเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อต้องสั่งให้โปรแกรมรับข้อมูลสัญญาณจากตัวตรวจจับ ทั้ง 2 ชนิดทำได้โดยสั่งให้หน่วยประมวลผลกลางส่ง ลอจิกเท่ากับ0ยังขาCS ของขาไอซี 8255 เพื่อทำการเชื่อมสัญญาณการส่งข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผลกลางกับไอซี 8255 และ ลอจิกเท่ากับ 0 ให้กับ ขา RD ของไอซี 8255 เพื่อให้เตรียมอ่านสัญญาณป้อนเข้าหลังจากนั้นโปรแกรมจะให้พอร์ตควบคุมกำหนดให้พอร์ต PC เป็นพอร์ตรับสัญญาณป้อนเข้าทั้งหมด ทำให้ข้อมูลจากตัวตรวจจับสามารถผ่านไปยังไอซี 8255 และจะถูกแปลงสัญญาณจากอนาลอก ไปเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยผ่านทางไอซี ADC เพื่อส่งข้อมูลไปประมวลผลที่หน่วยประมวลผลกลางต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งในการเขียนโปรแกรมสั่งกำหนดพอร์ตให้รับค่าจากตัวตรวจจับสัญญาณคือ

Out &302&H0 คือ เป็นการสั่งให้พอร์ต PC ทุกพอร์ตมีค่าเท่ากับ 0 เพื่อเตรียมรับค่า

Inp(H30A) คือ เป็นการสั่งให้รับข้อมูลเข้ามาแล้วมาแปลงสัญญาณที่ไอซี ADC เมื่อได้ค่าข้อมูลจากตัวตรวจจับที่อยู่ในรูปสัญญาณอนาลอกแล้วต้องนำไปคำนวณเพื่อแสดงเป็นค่าที่ถูกต้องเทียบเท่าอุณหภูมิและความชื้นที่เป็นจริง โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

อุณหภูมิที่อ่านได้จากตัวตรวจจับ = Inp(H30A) * 0.0196 * 100 (4.3)

ความชื้นที่อ่านได้จากตัวตรวจจับ = ((Inp(H30A)*0.0196)-1) / 0.02 (4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

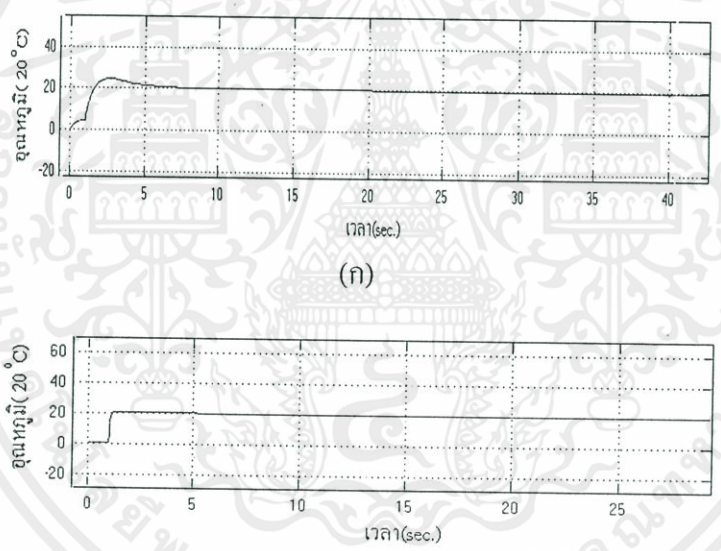
บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 ผลการจำลองการควบคุมระบบปรับอากาศด้วย MATLAB

จากรูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมระบบปรับอากาศที่ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบ PI และPID ผลการจำลองการควบคุมระบบปรับอากาศ จะได้การตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้น กรณีไม่มีภาระ ดังรูปที่ 5.1 และ 5.2

ผลการตอบสนองของอุณหภูมิเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบ PI จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์(set point) ที่เวลา 20 วินาที ที่ค่า Kp 2 ค่าคือ d_{11}= 0.45 ,d_{22}= 0.1575 และ Ki 2 ค่าคือ d_{11}= 0.129, d_{22}=0.04777 ส่วนตัวควบคุมแบบ PID จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ ที่เวลา 5 วินาที ที่ค่า Kp 2 ค่า คือ d_{11}= 0.104, d_{22} =0.039 Ki 2 ค่า คือ d_{11}= 0.052, d_{22} 0.0195 และ Kd 2 ค่า คือ d_{11}= 0.026, d_{22} =0.00975



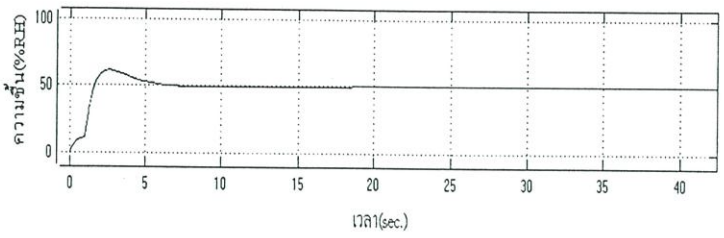
(ก)

(ข)

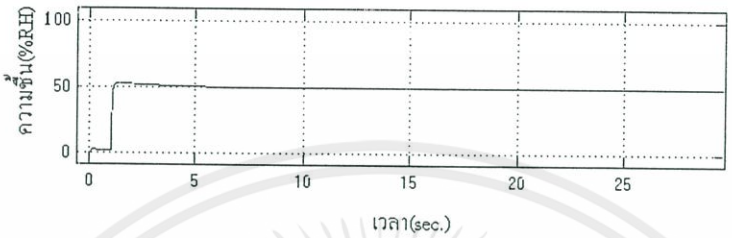
รูปที่ 5.1 ผลการตอบสนองของอุณหภูมิ (ก) ตัวควบคุมแบบ PI (ข) ตัวควบคุมแบบ PID

ผลการตอบสนองของความชื้นเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบ PI จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ ที่เวลา 18 วินาที ที่ค่า Kp 2 ค่า คือ d_{11} = 0.45,d_{22}=0.1575 และ Ki 2 ค่า คือ d_{11} = 0.129, d_{22}=0.04777 ส่วนตัวควบคุมแบบ PID จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ ที่เวลา 6 วินาที ที่ค่า Kp 2 ค่า คือ d_{11} = 0.104, d_{22}=0.039 Ki 2 ค่า คือ d_{11} = 0.052, d_{22}=0.0195 และ Kd 2 ค่า คือ d_{11} = 0.026, d_{22}=0.00975

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

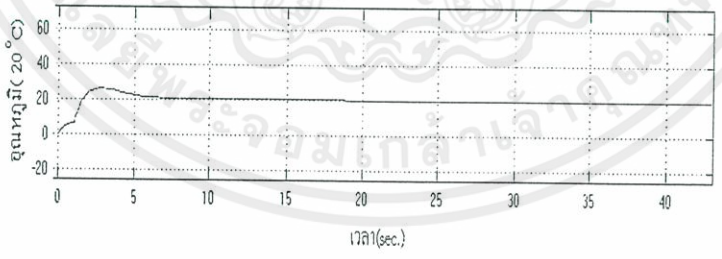


(ข)

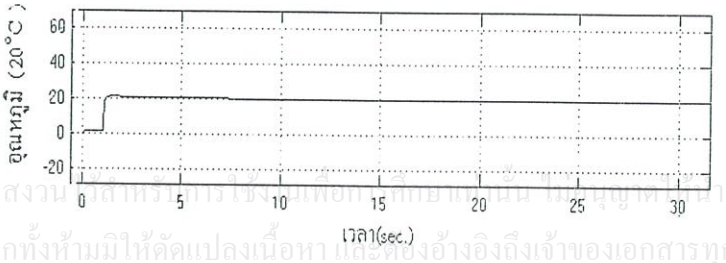
รูปที่ 5.2 ผลการตอบสนองของความชื้น (ก) ตัวควบคุมแบบ PI (ข) ตัวควบคุมแบบ PID

จากรูปที่ 4.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมระบบปรับอากาศที่ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบ PI และ PID ผลการจำลองการควบคุมระบบปรับอากาศ จะได้การตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีมีภาระ ดังรูปที่ 5.3 และ 5.4

ผลการตอบสนองของอุณหภูมิเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบ PI จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ ที่เวลา 19 วินาที ที่ค่า Kp 2 ค่า คือ d_{11} = 0.42, d_{22}=0.1572 และ Ki 2 ค่า คือ d_{11}= 0.126, d_{22}=0.04774 ส่วนตัวควบคุมแบบ PID จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ ที่เวลา 7.5 วินาที ที่ค่า Kp 2 ค่า คือ d_{11} = 0.072, d_{22}=0.027 Ki 2 ค่า คือ d_{11} = 0.036, d_{22}=0.0135 และ Kd 2 ค่า คือ d_{11} = 0.018, d_{22}=0.00675



(ก)

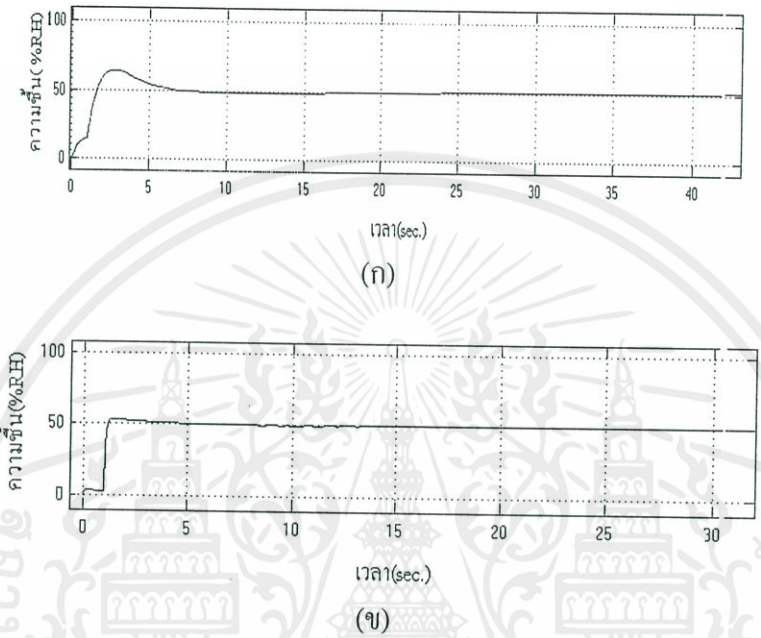


(ข)

รูปที่ 5.3 ผลการตอบสนองของอุณหภูมิ (ก) ตัวควบคุมแบบ PI (ข) ตัวควบคุมแบบ PID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการตอบสนองของความชื้นเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบ PI จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ที่เวลา 24 วินาที ที่ค่า Kp 2 ค่า คือ d_{11} = 0.42, d_{22}=0.1572 และ Ki = 0.126,0.04774 ส่วนตัวควบคุมแบบ PID จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ที่เวลา 14 วินาที ที่ค่า Kp 2 ค่า คือ d_{11}=0.072,d_{22}=0.027 Ki 2 ค่าคือ d_{11}= 0.036, d_{22}=0.0135 และ Kd 2 ค่า คือ d_{11} = 0.018, d_{22}=0.00675



รูปที่ 5.4 ผลการตอบสนองของความชื้น

(ก) ตัวควบคุมแบบ PI

(ข) ตัวควบคุมแบบ PID

5.2 ผลการควบคุมระบบปรับอากาศ

5.2.1 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ทั่วไป

จากรูปที่ 3.4 ,4.3และ4.4 จะนำมาใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์การทดลองเพื่อทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง จะดำเนินการดังนี้

1. จะประกอบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบปรับอากาศ
2. เสียบปลั๊กไฟฟ้า 3 เฟสสำหรับคอมเพรสเซอร์ให้เรียบร้อยและเสียบปลั๊กไฟฟ้า 1 เฟส สำหรับพัดลมและขดลวดนำความร้อน
3. จะต้องทำการสอบเทียบตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นโดยการวัดอุณหภูมิและความชื้น ให้อยู่ในช่วงที่เป็นเชิงเส้น จากระบบต่างๆ เช่น ในน้ำแข็ง หลังจอคอมพิวเตอร์ หรือจากเครื่องมือวัดเทียบ ในการทดลองนี้ใช้ เทอร์โมคัปเปิลและเทอร์โมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ติดตั้ง ชุดตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นและตัวสอบเทียบ

5. พร้อมทำการทดลองได้

5.2.2 เงื่อนไขในการทดลอง

1.เลือกช่วงอุณหภูมิและความชื้นในการทดลองโดยเลือกช่วงอุณหภูมิให้กับระบบปรับอากาศระหว่าง 18 ถึง 25 องศาเซลเซียส ส่วนช่วงความชื้นเลือกที่ 45 ถึง 55 เปอร์เซ็นต์ แต่ในบางช่วงของการทดสอบจะเลือกตั้งค่าอุณหภูมิให้กับระบบที่ 25 ถึง 30 องศาเซลเซียส เพราะผลของการทำงานของชุดขดลวดนำความร้อน และขีดความสามารถการทำงานของคอมเพรสเซอร์

2. ควบคุมโหลดภายในห้องที่ทำการทดสอบให้คงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

3.เงื่อนไขการทำงานที่กำหนดให้เครื่องปรับอากาศทำงานคือ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศอุปกรณ์ที่ทำงานคือ คอมเพรสเซอร์ กับพัดลมความเร็วรอบต่ำ ถ้าความชื้นมีค่าสูงกว่าค่าความชื้นที่ตั้งให้กับระบบเช่นถ้าตั้งค่าความชื้นไว้ที่ 45 % แต่ค่าความชื้นที่วัดได้จากตัวตรวจจับความชื้นสูงกว่า 45 % ให้คอมเพรสเซอร์ทำงานต่อไป ส่วนพัดลมความเร็วรอบต่ำให้หยุดทำงาน แล้วให้ชุดขดลวดนำความร้อนกับพัดลมความเร็วรอบสูงทำงาน แต่หากความชื้นที่วัดได้ยังต่ำหรือเท่ากับค่าที่ตั้งก็ให้คอมเพรสเซอร์กับพัดลมความเร็วรอบต่ำทำงานต่อไป แต่หากค่าอุณหภูมิที่วัดได้ต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส ให้อุปกรณ์ทุกชนิดของระบบปรับอากาศหยุดทำงานทันที

5.2.3 ขั้นตอนในการทดลอง

จากหัวข้อ 5.2.1 และ 5.2.2 เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้วจะเริ่มทำการทดลองตามเงื่อนไข ดังต่อไปนี้

1.ต่อคอมพิวเตอร์ชุดควบคุมเข้ากับระบบปรับอากาศตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการควบคุมที่โปรแกรมควบคุมระบบปรับอากาศ

2.เลือกสภาวะการทำงานมีภาระและไม่มีภาระ โดยทำการทดลองและเก็บผลทั้งหมด 2 ชุด ที่ความชื้น 2 สภาวะ

3.เริ่มทำการทดลองโดยพยายามควบคุมโหลดภายในห้องให้คงที่มากที่สุดเพราะถ้าไม่คงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้เวลาที่ได้มาไม่ถูกต้อง

4.สังเกตและตรวจดูกราฟค่าอุณหภูมิ และความชื้นจากตัวตรวจจับว่าค่าที่วัดได้เข้าสู่สภาวะสมดุลย์ที่ต้องการหรือไม่ และเมื่อเข้าสู่สภาวะที่ต้องการแล้ว ให้ทำการเก็บค่าเวลาที่ใช้การเข้าสู่สภาวะ และเก็บรูปกราฟและตารางข้อมูลแสดงค่าการเข้าสู่สภาวะไว้ทั้งกราฟอุณหภูมิและความชื้นเอาไว้ เพื่อนำไปวิเคราะห์เลือกใช้ ที่เหมาะสมกับระบบปรับอากาศนี้ต่อไป

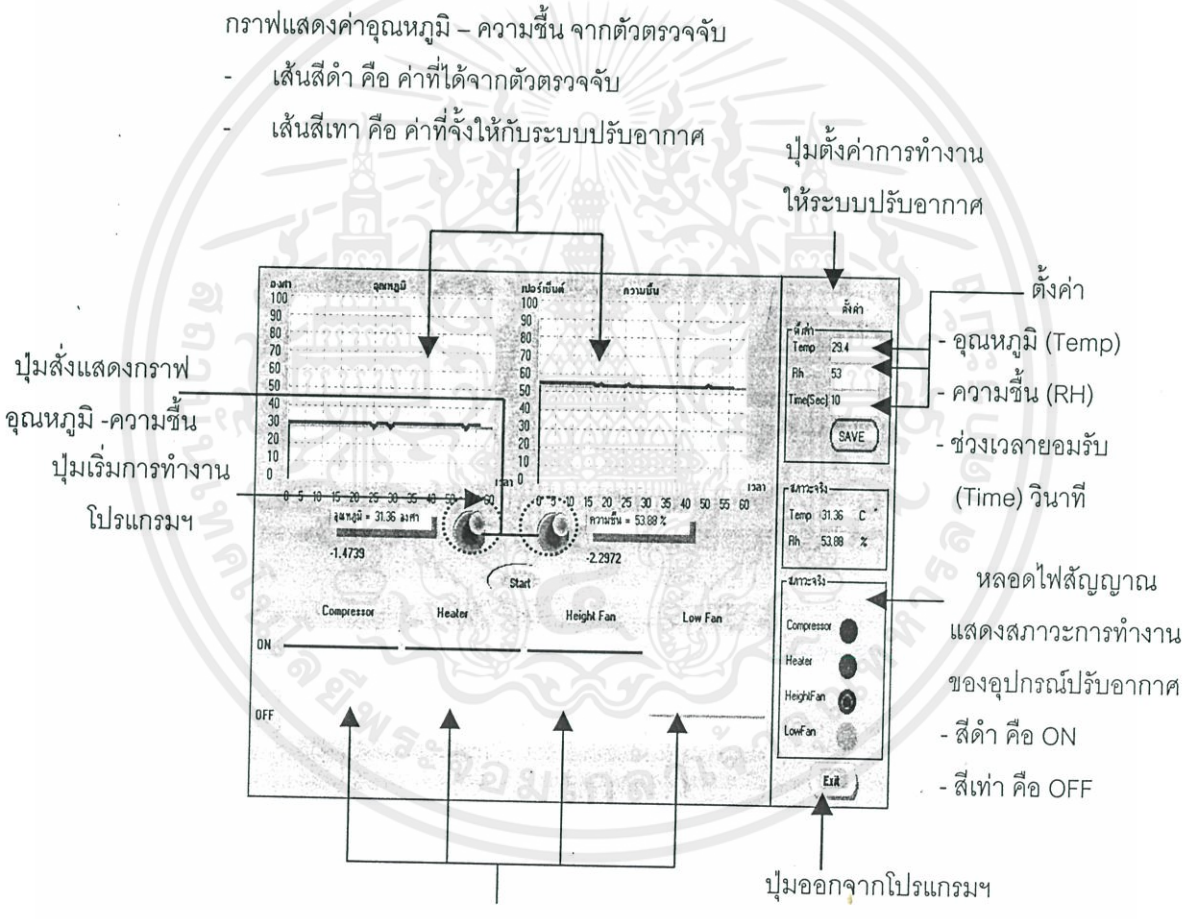
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองเก็บค่าการควบคุมระบบปรับอากาศนี้สิ่งที่ควรคำนึงถึงคือ ค่าความชื้น และอุณหภูมิที่จะให้ระบบทำงานนั้น ไม่ควรตั้งให้สูงหรือเกินความเป็นจริง ควรเลือกค่าที่อยู่ในช่วงที่

กำหนด เพราะจะทำให้ใช้เวลามากและอาจทำให้ได้ค่าที่ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ควรตั้งตัวตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิให้อยู่บริเวณกึ่งกลางห้องที่ใช้ทดสอบเก็บค่าหรือห่างจากตัวเครื่องปรับอากาศพอสมควรเพราะละอองไอน้ำจะไปสะสมที่ตัววัดความชื้นมากเกินไปจนไม่สามารถลดลงได้

5.2.4 ผลการควบคุมระบบปรับอากาศ

ในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบปรับอากาศ จำเป็นที่จะต้องมีการทดลองเพื่อเก็บผลการทำงานจริงว่าเป็นไปตามเงื่อนไขตามที่ต้องการหรือไม่ รวมทั้งวิเคราะห์หาข้อผิดพลาดการทำงานที่อาจเกิดขึ้น ที่ดีที่สุดในการที่จะให้ระบบปรับอากาศปรับสภาพการทำงานให้ตอบสนองได้รวดเร็วที่สุด หรือเกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

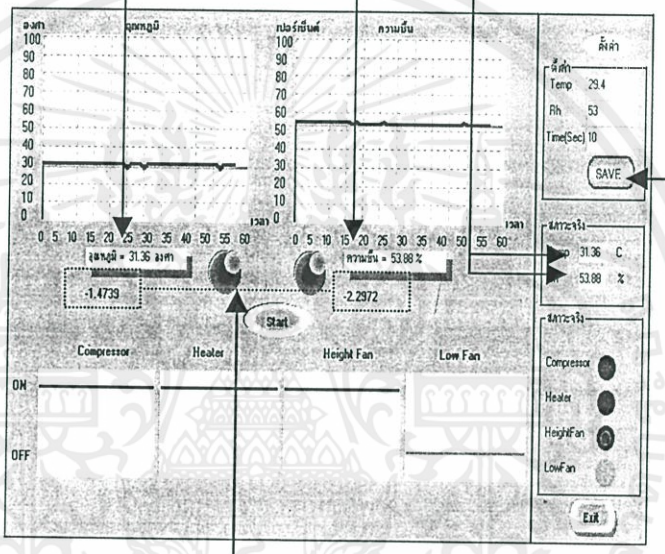


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.5 หน้าจอการควบคุมระบบปรับอากาศ

แสดงค่าอุณหภูมิ – ความชื้นที่ได้จากตัวตรวจจับในรูปของตัวเลข

- ค่าอุณหภูมิ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
- ค่าความชื้น มีหน่วยเป็น %RH



ปุ่มบันทึกการตั้งค่าให้กับระบบปรับอากาศ

แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของตัวควบคุม

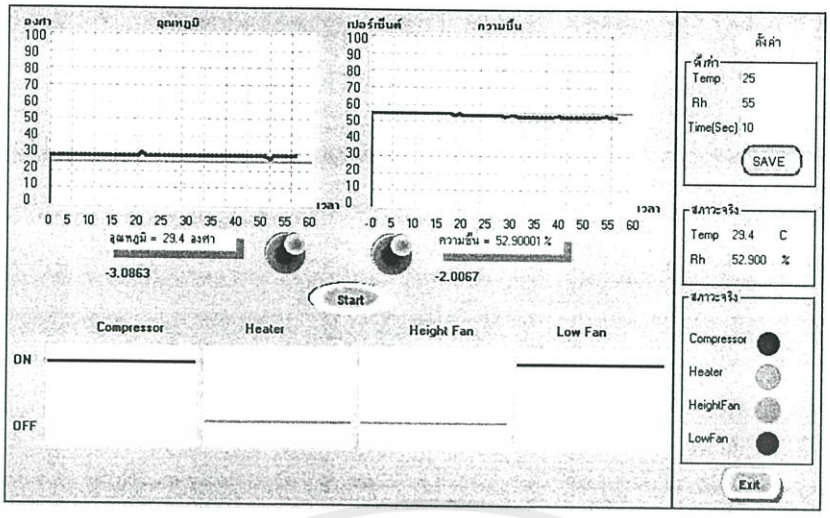
- ด้านซ้าย เป็นค่า อุณหภูมิ
- ด้านขวา เป็นค่า ความชื้น

รูปที่ 5.6 หน้าจอการควบคุมระบบปรับอากาศ(ต่อ)

5.2.4.1 กรณีมีภาระ

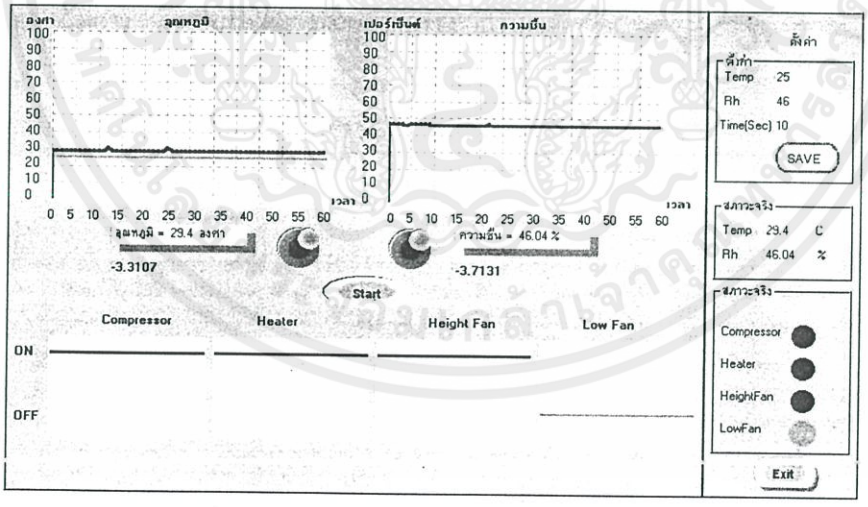
จากรูปที่ 5.5 และ 5.6 จะได้ผลการควบคุมระบบปรับอากาศแสดงทางหน้าจอ จะได้การตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีมีภาระ ดังรูปที่ 5.7 และ 5.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 ที่สภาวะสมดุลย์อุณหภูมิ 25 ˚C และความชื้น 55 %RH เวลาที่ใช้ 300 วินาที

ผลการตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีมีภาระดังรูปที่ 5.7 จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิควบคุม 25 ˚C สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 29.4 ˚C จะได้ผลต่างจากค่าที่ต้องการควบคุม 4.4 ˚C ที่ความชื้น 55 %RH สามารถควบคุมความชื้นได้ 57.90 %RH จะได้ผลต่างจากค่าที่ต้องการควบคุม 5.9 %RH จะใช้เวลา 300 วินาที ที่สภาวะการทำงานของการเปิดคอมเพรสเซอร์และพัดลมความเร็วรอบต่ำ



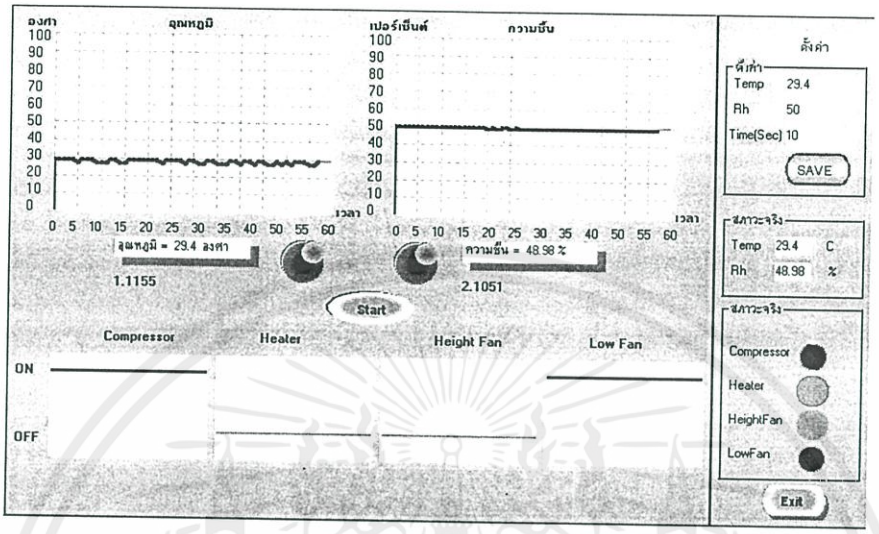
รูปที่ 5.8 ที่สภาวะสมดุลย์อุณหภูมิ 25 ˚C และความชื้น 46 %RH เวลาที่ใช้ 280 วินาที

ผลการตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีมีภาระดังรูปที่ 5.8 จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิควบคุม 25 ˚C สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 29.4 ˚C จะได้ผลต่างจากค่าที่ต้องการควบคุม 4.4 ˚C ที่ความชื้น 46 %RH สามารถควบคุมความชื้นได้ 46.06 %RH จะได้ผลต่างจากค่าที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

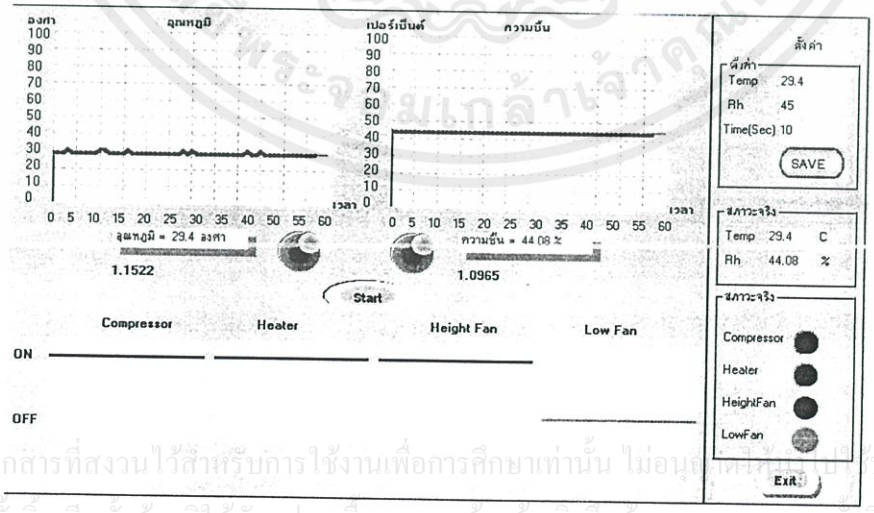
ควบคุม 0.06 %RH จะใช้เวลา 280 วินาที ที่สภาวะการทำงานของการเปิดคอมเพรสเซอร์ ขดลวดทำความร้อนและพัดลมความเร็วรอบสูง

ผลการควบคุมระบบปรับอากาศ จะได้การตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีมีภาระ ดังรูปที่ 5.9 และ 5.10



รูปที่ 5.9 ที่สภาวะสมดุลย์อุณหภูมิ 29.4 ˚C และความชื้น 50 %RH เวลาที่ใช้ 60 วินาที

ผลการตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีมีภาระดังรูปที่ 5.9 จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิควบคุม 29.4 ˚C สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 29.4 ˚C จะได้ผลต่างจากค่าที่ต้องการควบคุม 0 ˚C ที่ความชื้น 50 %RH สามารถควบคุมความชื้นได้ 48.98 %RH จะได้ผลต่างจากค่าที่ต้องการควบคุม 1.02 %RH จะใช้เวลา 60 วินาที ที่สภาวะการทำงานของการเปิดคอมเพรสเซอร์และพัดลมความเร็วรอบต่ำ



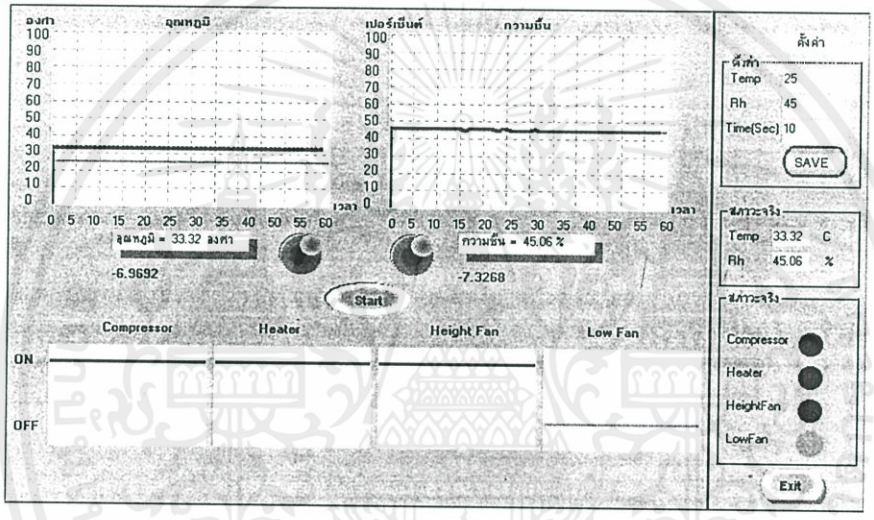
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.10 ที่สภาวะสมดุลย์อุณหภูมิ 29.4 ˚C และความชื้น 45 %RH เวลาที่ใช้ 60 วินาที

ผลการตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีมีภาระดังรูปที่ 5.10 จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิควบคุม 29.4 ˚C สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 29.4 ˚C จะได้ผลต่างจากค่าที่ต้องการควบคุม 0 ˚C ที่ความชื้น 45 %RH สามารถควบคุมความชื้นได้ 44.08 %RH จะได้ผลต่างจากค่าที่ต้องการควบคุม 0.92 %RH จะใช้เวลา 60 วินาที ที่สภาวะการทำงานของการเปิดคอมเพรสเซอร์ ขดลวดทำความร้อนและพัดลมความเร็วรอบสูง

5.2.4.2 กรณีไม่มีภาระ

ผลการควบคุมระบบปรับอากาศ จะได้การตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีไม่มีภาระ ดังรูปที่ 5.11 และ 5.12

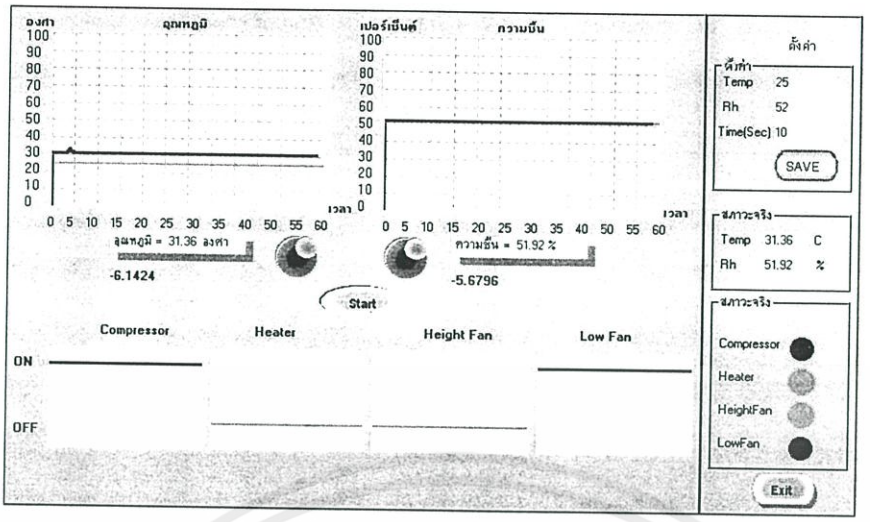


รูปที่ 5.11 ที่สภาวะสมดุลย์อุณหภูมิ 25 ˚C และความชื้น 45 %RH เวลาที่ใช้ 300 วินาที

ผลการตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีมีภาระดังรูปที่ 5.11 จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิควบคุม 25 ˚C สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 33.32 ˚C จะได้ผลต่างจากค่าที่ต้องการควบคุม 7.32 ˚C ที่ความชื้น 45 %RH สามารถควบคุมความชื้นได้ 45.06 %RH จะได้ผลต่างจากค่าที่ต้องการควบคุม 0.06 %RH จะใช้เวลา 300 วินาที ที่สภาวะการทำงานของการเปิดคอมเพรสเซอร์ ขดลวดทำความร้อนและพัดลมความเร็วรอบสูง

ผลการตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีมีภาระดังรูปที่ 5.12 จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิควบคุม 25 ˚C สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 31.36 ˚C จะได้ผลต่างจากค่าที่ต้องการควบคุม 6.36 ˚C ที่ความชื้น 52 %RH สามารถควบคุมความชื้นได้ 51.92 %RH จะได้ผลต่างจากค่าที่ต้องการควบคุม 0.014 %RH จะใช้เวลา 120 วินาที ที่สภาวะการทำงานของการเปิดคอมเพรสเซอร์และพัดลมความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่ว่าจะดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 ที่สภาวะสมดุลย์อุณหภูมิ 25 ˚C และความชื้น 52 %RH เวลาที่ใช้ 120 วินาที

จากการควบคุมระบบปรับอากาศในกรณีไม่มีภาระนั้น จะเลือกแสดงผลที่ค่าอุณหภูมิควบคุมเพียงค่าเดียว ที่ความชื้นควบคุม 2 ค่า เพราะกรณีไม่มีภาระไม่มีผลต่อการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศที่ศึกษาในงานวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศให้เหมาะสมในการนำไปใช้งานในห้องปรับอากาศ

1.จากการออกแบบชุดคอยล์เย็นให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ห้องปรับอากาศแล้วทำการทดสอบระบบปรับอากาศที่ได้ออกแบบ เพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะเห็นว่าสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้จะไม่เป็นระบบเชิงเส้นและระบบปรับอากาศสามารถทำงานในช่วงอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมตามที่ได้ออกแบบไว้

2.จากการจำลองการควบคุมระบบปรับอากาศด้วยโปรแกรม MATLAB โดยกำหนดให้อินพุตที่ป้อนเข้าสู่ระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงและเลือกใช้ตัวควบคุมแบบ PI และ PID เพื่อต้องการทราบว่าสามารถควบคุมได้หรือไม่ จะเห็นว่าผลจากการจำลองการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบ PID จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ได้เร็วกว่าตัวควบคุมแบบ PI ซึ่งผลจากการใช้ตัวควบคุมทั้ง 2 แบบนี้ สามารถบอกได้ว่าแบบจำลองทางคณิศาสตร์ของระบบปรับอากาศที่ได้สามารถนำไปควบคุมจริงได้

3. เพื่อให้ได้ความเที่ยงตรงจึงทำการควบคุมระบบปรับอากาศด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำการควบคุมอัตราการไหลของลมเย็น การเปิดปิดคอมเพรสเซอร์เป็นการควบคุมแบบและขดลวดทำความร้อน จะเห็นว่าการควบคุมอุณหภูมิคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส ส่วนการควบคุมความชื้นจะได้ผลถูกต้อง

6.2 ข้อเสนอแนะประเด็นที่ควรศึกษาต่อ

1.จากข้อสรุป 6.1 อุณหภูมิที่วัดได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง มีผลมาจากขดลวดทำความร้อนคือค่าที่ส่งมาจากตัวตรวจจับอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นไม่เกินร้อยละ 20 เมื่อผ่านชุดการ์ดอินเตอร์เฟส ทำให้ค่าที่แสดงบนกราฟที่ได้ไม่ถูกต้อง จึงควรเลือกตัวตรวจจับอุณหภูมิที่มีค่าคงที่ของเวลา(Time constant) น้อยกว่านี้ หรือไม่เกิดความผิดพลาดเลย

2.เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการควบคุมแบบ ON-OFF ซึ่งไม่มีผลต่อตัวควบคุมแบบ PI และPID ซึ่งในอนาคตเราควรใช้ตัวควบคุมทั้ง 2 แบบ นี้โดยตรงในการควบคุมอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ หรืออาจจะใช้อินเวอร์เตอร์(Invertor)ขับมอเตอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] J.G. Bollinger, N.A. Duffie. **Computer Control of Machines and Process**. Sydney. : Addison Wesley. 1989. pp. 155-161.

[2] R.J.Dossat. **Principles of Refrigeration**. New York. : Prentice-Hall. 1997.

[3] Bohn. **Heat transfer Division**. Reading. : Gulf & Western. 1976.

[4] K.Ogata. **Modern Control Engineering**. U.S.A. : Prentice-Hall. 1990. pp. 592-605.

[5] B.Arguello-serrano and M.Velez-Reyes, "Nonlinear Control of a Heating, Ventilating, and Air Conditioning System with Thermal Load Estimation." IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol.7,No.1,January 1999.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 15

การควบคุมระบบปรับอากาศที่มีความเที่ยงตรงสูงด้วยคอมพิวเตอร์

Multivariable Control System of Precision Air Conditioning units

มงคล มงคลวงศ์โรจน์ และ ยุพาภรณ์ นวลเพ็ง
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทร 02-3269987 ต่อ 103

Mongkol mongkolwongrojn and Yupaporn Nualpeng
Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok 10520,Thailand Tel:02-3269987 ext.103

บทคัดย่อ

บทความได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมระบบปรับอากาศที่มีความเที่ยงตรงสูงด้วยคอมพิวเตอร์ (Multivariable Control System of Precision Air Conditioning Units) ซึ่งเป็นการควบคุมแบบหลายตัวแปรคือจะทำการควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องปรับอากาศด้วยคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยหลักการเพิ่มการทำความเย็นของระบบปรับอากาศจึงทำการออกแบบชุดคอยล์เย็นจำนวน 8 ชั้น ให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ห้องปรับอากาศในช่วง 18-25 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพันธ์ 50-55 เปอร์เซ็นต์ความชื้น

จากการทดสอบระบบปรับอากาศ เพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์(Mathematical model) ซึ่งแบบจำลองที่ได้จะไม่เป็นระบบเชิงเส้น (Nonlinearized model) จะทำให้เป็นระบบเชิงเส้น (Linearized model) แล้วทำการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ความเที่ยงตรงสูง โดยเลือกใช้ตัวควบคุมแบบ PI และ PID งานวิจัยนี้ได้ใช้คอมพิวเตอร์ไปควบคุมระบบปรับอากาศ โดยการควบคุมอัตราการไหลของลมเย็นและเปิดปิดคอมเพรสเซอร์เป็นการควบคุมชนิดON-OFF control ผลที่ได้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้เป็นที่น่าพอใจ

Abstract

This paper describes the research analysis deal with the experimental investigation on the multivariable control system of the precision air conditioning units with programmable control. Temperature and humidity control of air-conditioning system relying on high cooling capacity of the system. Eight layers of evaporators are designed and installed for experiment. The range of temperature and humidity in control are 18-25°C and 50-55% respectively.

From the experiment the nonlinear mathematical models are obtained with thermal load and without thermal load and linearized model is approximated by using least square method. System simulation was obtained for PI control and PID control are step input. Microcomputer was implemented to control air temperature and humidity by ON-OFF the air supply flow rate, the heater and the compressor of the air conditioning unit. The results for control is also satisfactory.

1.บทนำ

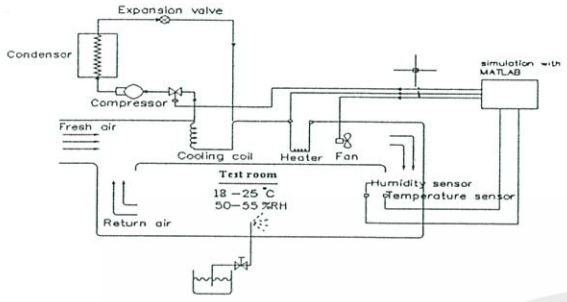
การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของห้องปรับอากาศในปัจจุบันจะเป็นการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์[5]จะไม่สนใจถึงอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นมาก ดังนั้นบทความนี้จึงทำการออกแบบชุดคอยล์เย็น ให้มีจำนวนชั้นมากๆ [3] เพื่อเพิ่มการทำความเย็น ให้สามารถควบคุมได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น แล้วทำการเก็บข้อมูลจากการทดลองเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในรูปของทรานเฟอร์ฟังก์ชัน ซึ่งได้มาจากเงื่อนไขการทำงานของระบบ โดยใช้วิธีการประมาณค่าแบบกำลังสองน้อยที่สุด จะทำการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อดูพฤติกรรมของตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิและความชื้น เช่น การปรับความเร็วของพัดลม ความร้อนความชื้น ส่วนสารทำความเย็นจะใช้คุณสมบัติของน้ำยาแอร์ R-22

โสตทัศนูปกรณ์กลางนำเสนอสารสนเทศเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น การใช้งานเอกสารนี้ต้องได้รับการยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของเอกสารก่อนเท่านั้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ทฤษฎีพื้นฐาน

การจำลองการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศ ความร้อนมีอิทธิพลต่อระบบปรับอากาศซึ่งจะได้มาจากแหล่งต่างๆ จะมี

ผลทำให้อุณหภูมิและความชื้นเพิ่มขึ้น ในการคำนวณหาการทำความเย็นของห้องปรับอากาศหรือห้องทดลองเราจะแยกแหล่งความร้อนสัมผัสและแหล่งความร้อนแฝงเพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้เลือกเครื่องปรับอากาศ ดังรูปที่ 1.



รูปที่ 1. ระบบปรับอากาศ

จากรูปที่ 1.จะได้ขนาดของอุปกรณ์ต่างๆในระบบปรับอากาศ ที่อุณหภูมิ 18-25 °C และความชื้น 50-55 %RHดังนี้

1. ภาระการทำความเย็น[3]ทั้งหมดของห้องปรับอากาศ (Cooling load) เท่ากับ 38,552 Btu/hr

2. อีแวปพอเรเตอร์ (Evaporator)[3]

สมมติฐาน:

อุณหภูมิแวดล้อม 80 °F DB, 67 °F WB

ภาวะการทำความเย็นทั้งหมด 38, 552 Btu/hr

ปริมาณลม 1,586 CPM

อุณหภูมิของน้ำยาแอร์ที่ทางเข้า 45°F

ขนาดของคอยล์ 24" × 20"

สารทำความเย็น ฟรีออน 22 (R-22)

number of circuits = 3

rows = 8 rows

ภาระการทำความเย็น = 5 tons

3.การเลือกคอมเพรสเซอร์(compressor)[2]

คอมเพรสเซอร์ Model E036

ขนาด = 5 tons

ความเร็วรอบ = 1,260 rpm

4. การเลือกคอนเดนเซอร์(condenser)[2]

เลือก Total Unit MBH =78×1,000 =78,000 Btu/hr

Tube circuit Total Unit MBH = 2

Unit Size = 5

5. การหาปริมาณและสภาวะของลมส่ง[2]

สมมติฐาน:

Q_S = 37,702 Btu/hr

Q_L = 850 Btu/hr

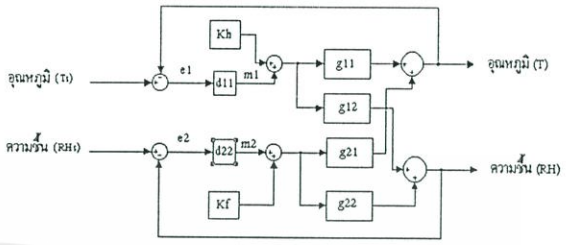
อุณหภูมิห้องควบคุมไว้ที่ 73.4 °F DB, 50% RH

ต้องการลมส่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 65°F

ลมเย็นที่ออกจากอุปกรณ์ปรับสภาพอากาศไว้ที่ 90% RH

ได้ปริมาณของลม = 1,586 cfm

แล้วนำระบบปรับอากาศที่ได้มาใช้จำลองการควบคุมกับระบบการควบคุมรวมแบบการควบคุมหลายตัวแปร[1] (Multivariable interacting system) ดังรูปที่ 2.



รูปที่ 2. บล็อกไดอะแกรมของระบบ

จากรูปที่ 2.จะได้สมการในรูปเมตริกซ์ทรานเฟอร์ฟังก์ชั่นของระบบการควบคุมหลายตัวแปร

$$\begin{bmatrix} T \\ RH \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

T คือ อุณหภูมิ (Output)

RH คือ ความชื้น (Output)

g_{11}, g_{12}, g_{21}, g_{22} คือ ทรานเฟอร์ฟังก์ชันของระบบ

สมการอินพุทของระบบ

$$\begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & 0 \\ 0 & d_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_{n1} \\ d_{n2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

m_1, m_2 คือ สัญญาณอินพุท

d_{11}, d_{22} คือ ตัวควบคุมแบบ PID

d_{n1} , d_{n2} คือ สัญญาณรบกวน

สมการผลต่าง (error)

$$\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_S \\ RH_S \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} T \\ RH \end{bmatrix} \quad (3)$$

e_1, e_2 คือ ค่า error

T_S คือ อุณหภูมิ (set point)

RH_S คือ ความชื้น (set point)

นำสมการ (3) และ (2) แทนลงใน (1) จะได้

$$T = (I + GD)^{-1} (GDT_S + Gd_{n1}) \quad (4.1)$$

$$RH = (I + GD)^{-1} (GDRH_S + Gd_{n2}) \quad (4.2)$$

รูปทั่วไปของทรานเฟอร์ฟังก์ชันของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{bmatrix} T \\ RH \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_S \\ RH_S \end{bmatrix} \quad (5)$$

ในรูปเมตริกซ์ทรานเฟอร์ฟังก์ชัน

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Q คือ ทรานเฟอร์ฟังก์ชันระบบป้อนกลับ

เปรียบเทียบสมการ (5) และ (4) ในรูปเวกเตอร์จะได้

$$Q = (I + GD)^{-1} GD \quad (7)$$

ตัวควบคุมในรูปทรานเฟอร์ฟังก์ชัน

$$D = G^{-1}Q(I-Q)^{-1} \quad (8)$$

2.1การทดลองหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากรูปที่1.ได้ทำการทดลองเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มี 2 เงื่อนไข คือที่สภาวะมีภาระ (load)และไม่มีภาระ(No load) โดยการเพิ่มความร้อน ความชื้น แล้วทำการปรับความเร็วของพัดลม ที่ความเร็วรอบต่ำ (Low speed) จะทำการบันทึกอุณหภูมิและความชื้น ส่วนที่ความเร็วรอบสูง(High speed) จะเปิดตัวทำความร้อน(Heater) แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้น จะได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปเมตริกซ์ทรานเฟอร์ฟังก์ชัน[1]

กรณี : ไม่มีภาระ

$$\begin{bmatrix} T(s) \\ RH(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{21.734}{s+0.0028} & \frac{22.036}{s+0.002} \\ \frac{54171}{s+0.0003} & \frac{57.66}{s+0.0021} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_S(s) \\ RH_S(s) \end{bmatrix} \quad (9)$$

กรณี : มีภาระ

$$\begin{bmatrix} T(s) \\ RH(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{20.821}{s+0.0026} & \frac{21.616}{s+0.0014} \\ \frac{581465}{s+0.0011} & \frac{38.091}{s+0.0038} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_S(s) \\ RH_S(s) \end{bmatrix} \quad (10)$$

2.2 การจำลองการควบคุมระบบปรับอากาศโดยใช้ MATLAB

จากรูปที่ 2.จะทำการจำลองการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยตัวควบคุมแบบ PI และ PID โดยอาศัยทฤษฎีของ Ziegler-Nichols [4]

กรณี : ไม่มีภาระ

ตัวควบคุมแบบ PI :

$$d_{11}(s), d_{22}(s) = \frac{0.0006(s+0.3)}{s}$$

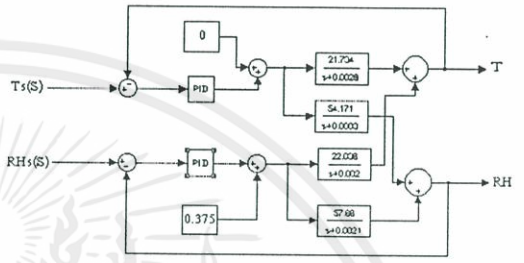
ตัวควบคุมแบบ PID :

$$d_{11}(s), d_{22}(s) = \frac{0.0004(s+1)^2}{s}$$

Kh = 0

Kf = 0.375

จากรูปที่ 2.แทนค่า d11,d22,Kh,Kf จะได้ ดังรูปที่ 3.



รูปที่ 3.บล็อกไดอะแกรมระบบปรับอากาศที่ควบคุมด้วย PI และ PID กรณีไม่มีภาระ

กรณี : มีภาระ

ตัวควบคุมแบบ PI :

$$d_{11}(s), d_{22}(s) = \frac{0.0006(s+0.3)}{s}$$

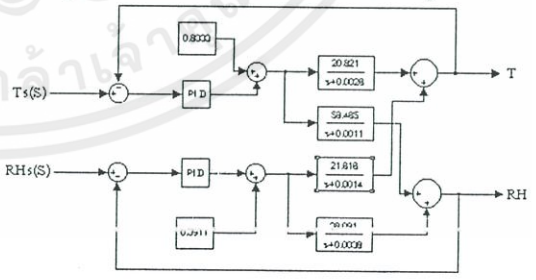
ตัวควบคุมแบบ PID :

$$d_{11}(s), d_{22}(s) = \frac{0.0004(s+1)^2}{s}$$

Kh = 0.8333

Kf = 0.3911

จากรูปที่ 2 แทนค่า d11,d22,Kh,Kf จะได้ ดังรูปที่ 4.



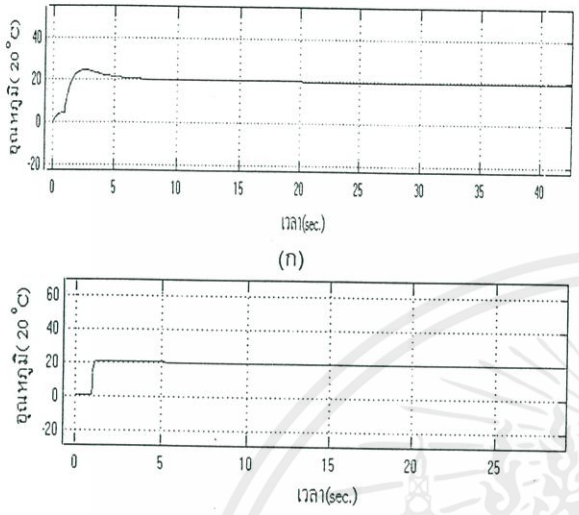
รูปที่ 4. บล็อกไดอะแกรมระบบปรับอากาศที่ควบคุมด้วย PI และPID กรณีมีภาระ

3.ผลการจำลองระบบด้วย MATLAB

ผลการจำลองการควบคุมระบบปรับอากาศ จะได้การตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีไม่มีภาระ ดังรูปที่ 5,6

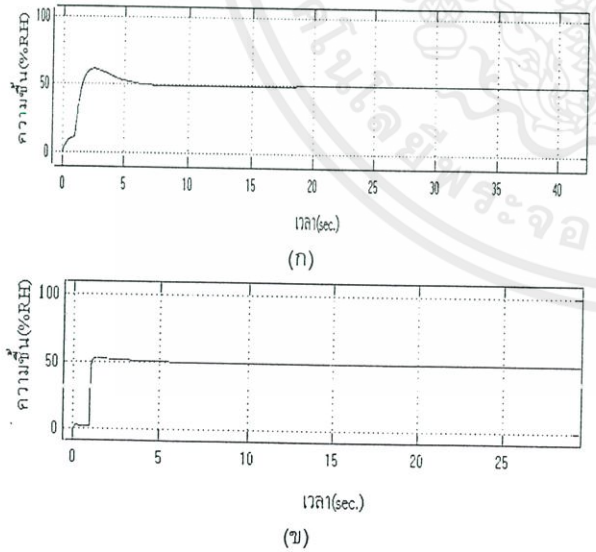
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้นำไปดัดแปลง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการตอบสนองของอุณหภูมิเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบ PI จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์(set point) ที่เวลา 20 วินาที ที่ค่า Kp = 0.45,0.1575 และ Ki = 0.129,0.04777 ส่วนตัวควบคุมแบบ PID จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ ที่เวลา 5 วินาที ที่ค่า Kp = 0.104,0.039 Ki = 0.052,0.0195 และ Kd = 0.026,0.00975



รูปที่ 5. แสดงผลการตอบสนองของอุณหภูมิ
(ก) ตัวควบคุมแบบ PI
(ข) ตัวควบคุมแบบ PID

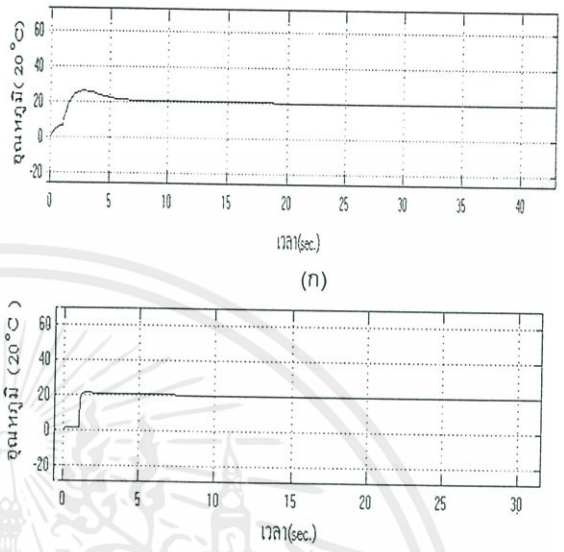
ผลการตอบสนองของความชื้นเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบ PI จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์(set point) ที่เวลา 18 วินาที ที่ค่า Kp = 0.45,0.1575 และ Ki = 0.129,0.04777 ส่วนตัวควบคุมแบบ PID จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ ที่เวลา 6 วินาที ที่ค่า Kp = 0.104,0.039 Ki = 0.052,0.0195 และ Kd = 0.026,0.00975



รูปที่ 6. แสดงผลการตอบสนองของความชื้น
(ก) ตัวควบคุมแบบ PI
(ข) ตัวควบคุมแบบ PID

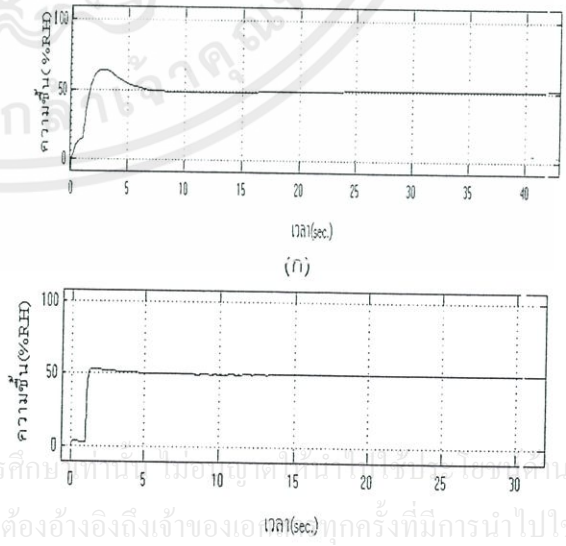
ผลการจำลองการควบคุมระบบปรับอากาศ จะได้การตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีมีภาระ ดังรูปที่7,8

ผลการตอบสนองของอุณหภูมิเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบ PI จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์(set point) ที่เวลา 19 วินาที ที่ค่า Kp = 0.42,0.1572 และ Ki = 0.126,0.04774 ส่วนตัวควบคุมแบบ PID จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ ที่เวลา 7.5 วินาที ที่ค่า Kp = 0.072,0.027 Ki = 0.036,0.0135 และ Kd = 0.018,0.00675



รูปที่ 7. แสดงผลการตอบสนองของอุณหภูมิ
(ก) ตัวควบคุมแบบ PI
(ข) ตัวควบคุมแบบ PID

ผลการตอบสนองของความชื้นเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบ PI จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์(set point) ที่เวลา 24 วินาที ที่ค่า Kp = 0.42,0.1572 และ Ki = 0.126,0.04774 ส่วนตัวควบคุมแบบ PID จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ ที่เวลา 14 วินาที ที่ค่า Kp = 0.072,0.027 Ki = 0.036,0.0135 และ Kd = 0.018,0.00675

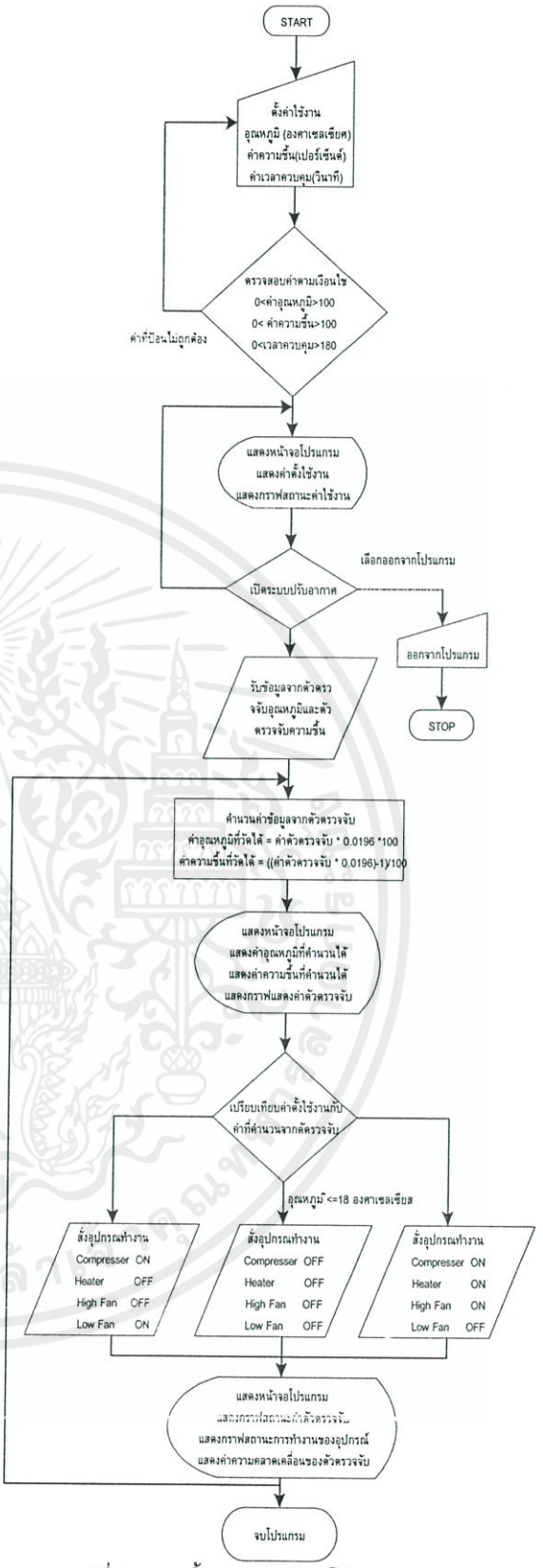


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 8. แสดงผลการตอบสนองของความชื้น
(ก) ตัวควบคุมแบบ PI
(ข) ตัวควบคุมแบบ PID

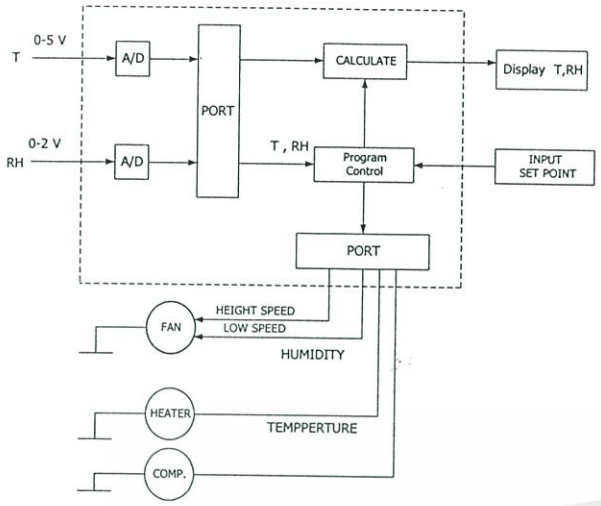
4.ผลการควบคุมระบบ

การควบคุมจริงจะทำการติดตั้งอุปกรณ์ ดังรูปที่ 10 ส่วนการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบปรับอากาศ ดังรูปที่ 9



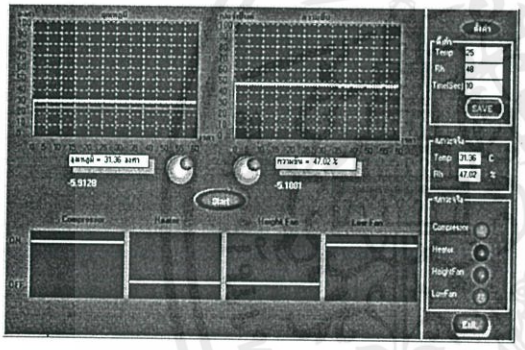
รูปที่ 9. แสดงขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10. แสดงการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

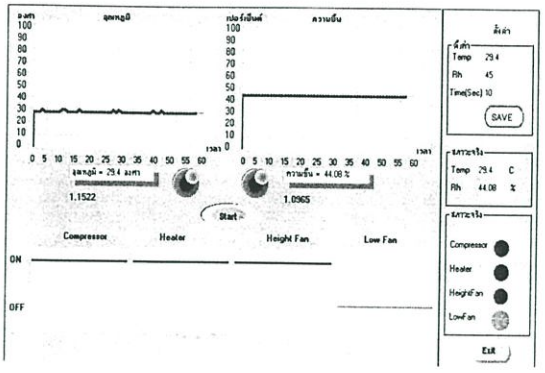
ผลการควบคุมระบบปรับอากาศด้วยคอมพิวเตอร์ จะได้การตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีมีภาระ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11. แสดงผลการตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้น

จากผลการควบคุม สามารถควบคุมให้ระบบปรับอากาศทำงานเข้าสู่ Set point ทั้งอุณหภูมิและความชื้น ใช้เวลา 160 วินาที ที่อุณหภูมิ 31.36 องศาเซลเซียส ค่าความคลาดเคลื่อนขณะนั้น –5.9128 และความชื้น 47.02 เปอร์เซ็นต์ โดยสถานะของอุปกรณ์ที่ทำงานในขณะนั้นคือ คอมเพรสเซอร์ ชุดขดลวดทำความร้อน และพัดลมความเร็วรอบต่ำ

ผลการควบคุมระบบปรับอากาศ จะได้การตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้นกรณีไม่มีภาระ ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12. แสดงผลการตอบสนองของอุณหภูมิและความชื้น

จากผลการควบคุมชนิดตัวควบคุมที่สามารถควบคุมให้ระบบปรับอากาศทำงานเข้าสู่ Set point ทั้งอุณหภูมิและความชื้น เวลาที่ใช้ 60 วินาที ที่อุณหภูมิ 29.4 องศาเซลเซียส และความชื้น 45 เปอร์เซ็นต์ โดยสถานะของอุปกรณ์ที่ทำงานในเวลานั้นคือ คอมเพรสเซอร์ ชุดขดลวดทำความร้อน และพัดลมความเร็วรอบสูง

5.สรุป

บทความนี้เป็นการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของระบบปรับอากาศให้เหมาะสมในการนำไปใช้งานในงานห้องปรับอากาศ โดยอาศัยการจำลองสมการทาคณิตศาสตร์ ที่หาได้จากการออกแบบคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศให้ทำงานในช่วงอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมตามที่ได้ออกแบบไว้

จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้นี้นำไปจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB โดยกำหนดให้อินพุทที่ป้อนเข้าสู่ระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลง และตัวควบคุมแบบ PI และ PID จะเห็นว่าผลจากการควบคุมด้วยตัวควบคุม PID จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์(set point)ได้เร็วกว่าตัวควบคุมแบบ PI กล่าวคือ ในกรณีมีภาระสำหรับการควบคุมด้วย PID จะใช้เวลา 5 วินาที และ PI ใช้เวลา 18 วินาที

จากการควบคุมจริง จะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์(set point) นั่นคือในกรณีมีภาระ จะใช้เวลา 1 นาที และ กรณีไม่มีภาระ ใช้เวลา 2 นาที 40 วินาที ซึ่งผลจากการจำลองและควบคุมจริงนั้นระบบปรับอากาศสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ เป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.เอกสารอ้างอิง

[1] J.G. Bollinger, N.A. Duffie, " Computer control of Machines and Process," Addison. Wesley,1989, pp. 155-161

[2] R.J.Dossat, " Principles of Refrigeration," Prentice-Hall,1997

[3] Bohn, " Heat transfer Division," Gulf & Western ,1976

[4] K.Ogata, " Modern Control Engineering," Prentice-Hall,1990, pp. 592-605

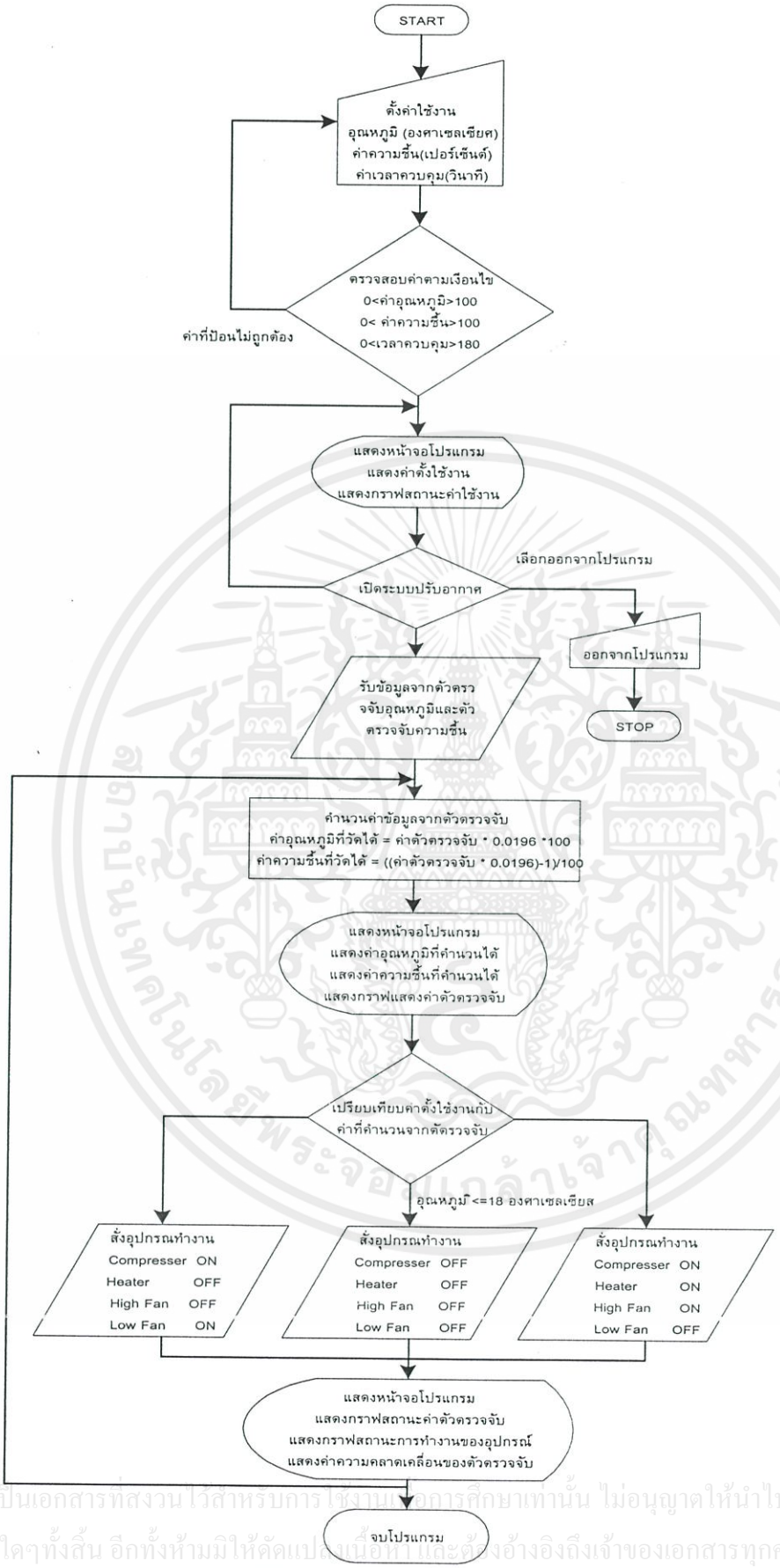
[5] B.Arguello-serrano and M.Velez-Reyes, "Nonlinear Control of a Heating, Ventilating, and Air Conditioning System with Thermal Load Estimation," IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol.7,No.1,January 1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม(Flow chart)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ซอร์สโค้ดของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim CH As Byte ',data As Byte
Dim CX(1 To 8) As Byte, CY(1 To 8) As Byte
Dim Tmp_store(60) As Single, Rh_store(60) As Single, Tmp_index As Byte, Rh_index As Byte '
สำหรับเก็บข้อมูล 60 ค่า หาค่าเฉลี่ย,index= เวลาที่กำลังเก็บ
Dim swing As Boolean, countSW As Byte, countNM As Byte      ' กราฟมีการสวิงหรือไม่,และนับใหม่หรือ
ไม่ ของ อุณหภูมิ
Dim time_left(4) As Byte
Dim status_L As Boolean, out_P(1 To 2) As Single
Dim TempH As Single, TempL As Single, TimeSet  As Single, RhL As Single   ' อุณหภูมิ , ความชื้น,
เวลาในการ close,open heater and coil
Dim ShTemp As Boolean, ShRh As Boolean      ' แสดงกราฟหรือไม่
Dim Status As Boolean ' On Off mode
Dim dataAir As Single, dataHeater As Single, Timeto As Byte    ' Demo chart
Dim Errs(1 To 2) As Single, Errstore(1 To 2) As Single          ' xxstore  จะเก็บข้อมูลชุดที่แล้วไว้      //
function of Pid or Pi  1=Tmp 2= Rh
Dim pidTst As Single, pidRst As Single
Dim GraphType As Boolean      ' ชนิดการโชว์กราฟ (โชว์  Error  กราฟ)
Dim Timetotal As Byte, Amp As Byte    ' เวลา และ ขนาด ที่ใช้ในแต่ละกราฟ  <กราฟธรรมดา กับกราฟ
Error>
Dim Dn1 As Single, Dn2 As Single          ' ค่า  dn
Const TsRs = 1, TnRn = 2, ThRl = 3, TlRh = 4       ' if T<15 then off all (ThRl)
Const AmpMax = 2.5        ' Error amplitude max
Const TLow = 15       ' อุณหภูมิ ต่ำสุด <Off All>
Const Rng = 1             ' ช่วงที่ยอมรับได้ของความชื้น
Const ErrorExept = 0.02         ' ค่า  Error  ที่ยอมรับได้

Sub ReadSetting()             ' อ่านค่า การตั้งค่าอุณหภูมิ ความชื้น เวลาในการควบคุม ไปเก็บไว้ในไฟล์
   On Error Resume Next     ' ถ้ามีสวนไหน error ให้ข้ามไป
   FF = FreeFile                  ' สั่งให้ FF เป็น ตัวแปลว่าง
   Open App.Path & "\AirSetting.ini" For Input As #FF ' สั่งให้เปิดไฟล์ AirSetting.ini เพื่อใช้รับค่า
      Do While Not EOF(FF)           ' ทำจนกว่าจะจบไฟล์
         Line Input #FF, Var
         TempL = Val(Var)          ' รับค่าอุณหภูมิ
         txt_tl = Val(Var)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            'Line Input #FF, Var
            '   TempH = Val(Var)
            '   txt_th = Val(Var)
            Line Input #FF, Var        'รับค่าความชื้น
               RhL = Val(Var)
               txt_rl = Val(Var)
            Line Input #FF, Var
               TimeSet = Val(Var)        ' รับค่าเวลา
               txt_time.Text = Val(Var)
               Exit Do
        Loop
    Close #FF
End Sub

Private Sub Form_Load()          ' โหลดหน้าจอหลัก เคลียร์ ค่าทั้งหมดตอนเริ่มต้น
Timetotal = 60                   ' ให้เวลาเท่ากับ 60
Amp = 100                        ' ช่องว่างระหว่างความสูงของกราฟอุณหภูมิ และ ความชื้น = 100
Out &H303, &H80 ' output all     ' สั่งพอร์ตควบคุมของ 8255 ให้ทุกพอร์ตใช้ในการส่งค่าออก
Out &H300, &H0                   ' สั่งให้พอร์ต PA ของ 8255 ส่งค่าออก เป็น 0 ทั้งหมด
    For i = 1 To 6               ' สั่งให้วาดขนาดกราฟเตรียมรับค่า ตามกำหนด
        pic_1(i).ScaleMode = vbUser
      '  pic_1(i).DrawWidth = 5
        pic_1(i).ScaleHeight = Amp
        pic_1(i).ScaleWidth = Timetotal
        CX(i) = 0
        CY(i) = Amp
    Next i
    ReadSetting 'อ่านค่าsetting
    For CH = 1 To 2              ' ช่องรับสัญญาณ CH 1 = อุณหภูมิ CH 2 = ความชื้น
        draw_line CH             ' สั่งวาดเส้นกราฟ โดยข้ามไปที่กระบวนการ    draw_line CH
    Next CH
    'DrawSetting     'ลากเส้นsetting
    CH = 1
  ' time_air.Enabled = True
```

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  ' status_L = False
  'Draw_OnOff (TsRs)
End Sub

Sub draw_line(PCH As Byte)                          ' กระบวนการในการวาดกราฟ
stepx = pic_1(PCH).ScaleWidth / 12                  ' ให้ความกว้าง แบ่งเป็น 12 ช่วง
stepy = pic_1(PCH).ScaleHeight / 10                 ' ให้ความสูงแบ่งเป็น 10 ช่วง

      pic_1(PCH).DrawStyle = 2                      ' ความกว้างของเส้นปะ ใช้ 2 ขีด
      pic_1(PCH).DrawWidth = 0.6
      For j = 0 To pic_1(PCH).ScaleHeight Step stepy    ' ทำการวาดรูปแบบกราฟตามที่กำหนด วน 10
          pic_1(PCH).Line (pic_1(PCH).ScaleLeft, j)-(pic_1(PCH).ScaleWidth, j)
      Next j
      For j = 0 To pic_1(PCH).ScaleWidth Step stepx     ' ทำการวาดรูปแบบกราฟตามที่กำหนด วน 12
          pic_1(PCH).Line (j, pic_1(PCH).ScaleTop)-(j, pic_1(PCH).ScaleHeight)
      Next j
      pic_1(PCH).DrawStyle = 0
      pic_1(PCH).DrawWidth = 3

      If PCH = 1 Then
          '  pic_1(1).Line (pic_1(1).ScaleLeft, 100 - TempH)-(pic_1(1).ScaleWidth, 100 - TempH),
QBColor(9)
            pic_1(1).Line (pic_1(1).ScaleLeft, 100 - TempL)-(pic_1(1).ScaleWidth, 100 - TempL),
QBColor(9)
      Else
          '  pic_1(2).Line (pic_1(2).ScaleLeft, 100 - RhH)-(pic_1(2).ScaleWidth, 100 - RhH),
QBColor(9)
            pic_1(2).Line (pic_1(2).ScaleLeft, 100 - RhL)-(pic_1(2).ScaleWidth, 100 - RhL), QBColor
(9)
      End If

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)          ' กระบวนการออกจากโปรแกรม
```

```
    Draw_OnOff (ThRl)          'ปิดหมด
End Sub

Private Sub img_End_Click()        ' เมื่อคลิ๊กปุ่ม Exit
    Unload Me
    End
End Sub

Private Sub img_End_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    If Button = vbLeftButton Then
        img_End.Picture = Img_Exoff.Picture
    End If
End Sub

Private Sub img_End_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    If Button = vbLeftButton Then
        img_End.Picture = img_EXon.Picture
    End If
End Sub

Private Sub Img_Rh_Click()        ' คลิ๊กปุ่มสั่งวัดความชื้น ปิด -เปิด
   If ShRh Then
        Img_Rh.Picture = img_GOff.Picture        'แสดงรูปปุ่มความชื้นปิด
        ShRh = False
    Else
        Img_Rh.Picture = img_GOn.Picture        'แสดงรูปปุ่มความชื้นเปิด
        ShRh = True
    End If
End Sub

Private Sub img_save_Click()          ' กระบวนการรับเก็บค่าเมื่อกดปุ่ม save ค่า
If Trim(txt_rl) = "" Or Trim(txt_th) = "" Or Trim(txt_tl) = "" Then    ' ตรวจเงื่อนไขค่าที่ใส่ ต้องมีครบทั้ง
อุณหภูมิ ความชื้น เวลา
    MsgBox "ตรวจสอบค่าที่ตั้งไว้อีกครั้ง.", vbCritical
```

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

```
    Exit Sub
End If
    FF = FreeFile
    Open App.Path & "\AirSetting.ini" For Output As #FF    'เปิดไปฟล์ airsetting.ini เพื่อเก็บค่า
        DoEvents
        Write #FF, Val(txt_tl)
        TempL = Val(txt_tl)
        'Write #FF, Val(txt_th)
        'TempH = Val(txt_th)
        Write #FF, Val(txt_rl)
        RhL = Val(txt_rl)
        Write #FF, Val(txt_time)
        TimeSet = Val(txt_time)
    Close #FF

    initpic (1)                    ' ส่งไปวาดกราฟอุณหภูมิ
    initpic (2)                    ' ส่งไปวาดกราฟความชื้น
    fra_set.Enabled = False

End Sub

Private Sub Image8_Click()                ' ออกจากตารางเก็บค่า
    fra_table.Visible = False
End Sub

Private Sub Image8_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
        Image11.Picture = Image8.Picture      ' เมื่อคลิ๊กปุ่มออกจากการดูตารางเก็บค่า
        Image8.Picture = Image10.Picture
        Image9.Visible = True
End Sub

Private Sub Image8_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
        Image10.Picture = Image8.Picture      'เมื่อคลิ๊กปุ่มออกจากการดูตารางเก็บค่า
        Image8.Picture = Image11.Picture
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Image9.Visible = False
    ' Image10.Picture=
End Sub

Private Sub img_Save_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
  If Button = vbLeftButton Then img_Save.Picture = img_saveD.Picture  ' ตลิ๊กปุ่ม save แสดงรูปปุ่ม
save
End Sub

Private Sub img_Save_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
  If Button = vbLeftButton Then img_Save.Picture = img_SaveU.Picture        ' ตลิ๊กปุ่ม save แสดงรูป
ปุ่ม save
End Sub

Private Sub img_set_Click()
  fra_set.Enabled = True
  txt_th = 10
  txt_rh = 10
End Sub

Private Sub img_set_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    If Button = vbLeftButton Then
    img_set.Picture = img_SD.Picture
  End If
End Sub

Private Sub img_set_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
  If Button = vbLeftButton Then
    img_set.Picture = img_SU.Picture
  End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub img_start_Click()    ' สั่งคลิ๊กปุ่ม start
```

```
    If Status Then
       Status = False
       img_start.Picture = img_startOff.Picture ' หยุดการทำงาน
       Timer1.Enabled = False                  ' กระบวนการ timer 1 หยุดทำงาน
       Draw_OnOff (ThRl)                  ' เส้นกราฟทุกเส้นเป็น 0 กลับสู่สภาวะเริ่มต้น off all
    Else
       Status = True
       img_start.Picture = img_starton.Picture   'กระบวนการส่งทำงาน
       Timer1.Enabled = True                     ' กระบวนการ timer 1 ทำงาน
       initpic (1)                  ' กำหนดค่าเร่มต้น
       initpic (2)
       Draw_OnOff (TsRs)       'เส้นกราฟทุกเส้นกลับสู่สภาวะเริ่มต้น compresser = on , lowfan = on

    End If
       'Check_Status

End Sub

Private Sub Img_Temp_Click()          ' เมื่อคลิ๊กปุ่มรับค่าอุณหภูมิ
   If ShTemp Then                     ' ถ้าไม่ต้องให้รับค่า
       Img_Temp.Picture = img_GOff.Picture
       ShTemp = False
    Else                              ' ถ้าให้รับค่า
       Img_Temp.Picture = img_GOn.Picture
       ShTemp = True
    End If
End Sub

Private Sub Label1_Click()
CH = Val(InputBox("xx", "yy", "1"))
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Function data_in(Num As Byte) As Single    ' ฟังชั่นการคำนวณ รับส่งค่า
        Dim data As Byte
```

```
            Dim data_tmp As Single
            On Error Resume Next
'Do
   Out &H302, Num 'TCH 'select input                    สั่งพอร์ต PC ทุกพอร์เคลียร์ค่า
   Out &H30A, 0          'สั่งพอร์ควบคุม ส่งค่าออก โดยเคลียร์ค่าเป็น 0
   Sleep (100)          ' หน่วงเวลา
   data = 0
   data = Inp(&H30A)        'ให้ตัวแปร data รับค่าจากพอร์ต DAC
   data_tmp = data * 0.0196   '* 100              ' 255 step to 5 V.      * 100 เพื่อแปลงเป็นอุณหภูมิ

   data_in = data_tmp  ' return data tmp input

'   lbl_volte(1) = "อุณหภูมิ =  " & out_P(1) & "  องศา"          'Format(out_P(CH), "0.00")
'   pic_1(1).PSet (CX(1), CY(1))
'    pic_1(1).Line -(time_left(1), 100 - out_P(1)), QBColor(12)          'data
'    CY(1) = 100 - out_P(1)
'    CX(1) = time_left(1)
'   time_left(1) = time_left(1) + 1
'    If time_left(1) > 60 Then
'          time_left(1) = 0
'          CX(1) = 0
'          CY(1) = 100
'           pic_1(1).Cls
'           draw_line 1 'ส่ง   Picture box ที่ 1 ไปวาด
'      End If
End Function

Private Sub data_out(port As Integer, data As Integer)
   Out port, data
End Sub

Function RhIn(Num As Byte) As Single   ' ฟังชั่นการคำนวณการรับค่าความชื้น
            Dim data As Byte
            Dim data_Rh As Single
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Out &H302, 1 'TCH 'select input โดยสั่งให้ พอร์ต PC ส่งค่าออกผ่าน ic มัติเพลก ขาที่ 1
    Out &H30A, 0        ' สั่งเคลียร์พอร์ต ควบคุมของ 8255 ให้มีค่าเป็น 0
'   Sleep (100)
    data = 0
    data = Inp(&H30A)     '    'ให้ตัวแปร data รับค่าจากพอร์ต DAC
    data_Rh = ((data * 0.0196) - 1) / 0.02                ' 255 step to 5 V. -1 เพราะเริ่มต้นที่ 1 โวลท์ หาร
0.02 เพราะ 20 มิลลิโวลท์ต่อ 1 เปอร์เซ็นต์
    If data_Rh < 0 Then data_Rh = 0      ' เงื่อนไขถ้า ข้อมูลที่เข้ามามีค่าน้อยกว่า 0 หรือเท่ากับ 0 ให้ข้อมูล
ชุดนั้นมีค่า = 0

    RhIn = data_Rh      ' return Input

'   lbl_volte(2) = "ความชื้น =  " & out_P(2) & " %"   'เปอร์เซ็นต์"            'Format(out_P(CH), "0.00")
'   pic_1(2).PSet (CX(2), CY(2))
'    pic_1(2).Line -(time_left(2), 100 - out_P(2)), QBColor(12)            'data
'    CY(2) = 100 - out_P(2)
'    CX(2) = time_left(2)
'    time_left(2) = time_left(2) + 1
'    If time_left(2) > 60 Then
'        time_left(2) = 0
'        CX(2) = 0
'        CY(2) = 100
'        pic_1(2).Cls
'        draw_line 2 'ส่ง    Picture box ที่ 1 ไปวาด
'     End If
End Function

Private Sub txt_rh_Change()    ' แสดงค่าเตือนถ้าค้า การตั้งค่าไม่ถูกต้อง
    If IsNumeric(txt_rh) = False And Trim(txt_rh) <> "" Then ' เงื่อนไข ค่าที่ป้อนต้องไม่มากหว่า หรือน้อย
กว่าค่าที่กำหนดคือ
        MsgBox "Not Numeric", vbCritical        ' อุณหภูมิที่ตั้งต้องไม่ มากกว่า 100 หรือน้อยกว่า 0
        txt_rh = ""                             ' ความชื้นตั้งต้องไม่มากกว่า 100 หรือน้อยกว่า 0
        Exit Sub                                ' เวลาควบคุมที่ตั้งต้องไม่มากกว่า 15*60 หรือน้อยกว่า
15*1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    End If
End Sub

Private Sub lbl_volte_Change(Index As Integer)
  ' lbl_temp.Caption = out_P(1)
  '  lbl_rh.Caption = out_P(2)
End Sub

Private Sub mnuAbout_Click()        ' เมื่อคลิ๊กเข้าเมนู Edit
    frmAbout.Show
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()       ' เมื่อคลิ๊กออกเมนู Edit
    End
End Sub

Private Sub mnuHeater_Click()
    mnuHeater.Checked = Not mnuHeater.Checked
    If mnuOpenAir.Checked Then mnuOpenAir.Checked = False
        If mnuHeater.Checked Then
       Timeto = 0
       Timer2.Enabled = True
       Status = False
        img_start.Picture = img_startOff.Picture
       Timer1.Enabled = False
    Else
       Timer2.Enabled = False
    End If
End Sub

Private Sub mnuPicontrolLoad_Click()
    If mnuPicontrolLoad.Checked = False Then
       mnuPidControlLoad.Checked = False
       mnuPidcontrolNoload.Checked = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mnuPicontrolLoad.Checked = True
        mnuPicontrolnoload.Checked = False
    initpic (1)
    initpic (2)
    End If

End Sub

Private Sub mnuPicontrolnoload_Click()
    If mnuPicontrolnoload.Checked = False Then
        mnuPidControlLoad.Checked = False
        mnuPidcontrolNoload.Checked = False
        mnuPicontrolLoad.Checked = False
        mnuPicontrolnoload.Checked = True
    initpic (1)
    initpic (2)
    End If
End Sub

Private Sub mnuPidControlLoad_Click()
    If mnuPidControlLoad.Checked = False Then
        mnuPidControlLoad.Checked = True
        mnuPidcontrolNoload.Checked = False
        mnuPicontrolLoad.Checked = False
        mnuPicontrolnoload.Checked = False
    initpic (1)
    initpic (2)
    End If
End Sub

Private Sub mnuPidcontrolNoload_Click()
    If mnuPidcontrolNoload.Checked = False Then
        mnuPidControlLoad.Checked = False
        mnuPidcontrolNoload.Checked = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mnuPicontrolLoad.Checked = False
        mnuPicontrolnoload.Checked = False
    initpic (1)
    initpic (2)
    End If
End Sub

Private Sub mnuSdl_Click()        ' เมื่อคลิ๊กเข้าเมนู File - - - -> Showdatalist - - - เข้าดูตาราง
On Error Resume Next
    fra_table.Visible = True
    fra_table.Left = fra_main.Left   ' แสดงตารางค่า
    fra_table.Top = fra_main.Top    ' แสดงตารางค่า
'   List_report.ListItems.Clear
'       For i = 1 To 60
'           List_report.ListItems.Add , , i
'           List_report.ListItems(i).SubItems(1) = i + 1
'           List_report.ListItems(i).SubItems(2) = i + 1
'           List_report.ListItems(i).SubItems(3) = i + 1
'           List_report.ListItems(i).SubItems(4) = i + 1
'           List_report.ListItems(i).SubItems(5) = i + 1

'       Next i
End Sub

Private Sub mnuShowgph_Click()
    If mnuShowgph.Checked Then
        mnuShowgph.Caption = "ShowErrorGraph"
        mnuShowgph.Checked = False
        GraphType = False

    Else
        mnuShowgph.Caption = "HideErrorGraph"
        mnuShowgph.Checked = True
        GraphType = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    End If
    initpic (1)
    initpic (2)
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()                  ' กระบวนการควบคุมด้านเวลา, การควบคุมความชื้น-อุณหภูมิ,
กำหนด RENG ทำงาน
Dim data_tmp As Single, data_Rh As Single
Dim DtT As Single, DtR As Single

'Do While Status = True 'เครื่อง  ON

  DoEvents
  If ShRh Then data_Rh = (data_in(2) - 1) / 0.02   'RhIn(1)   คำนวณค่าความชื้นจาก sensor , ความชื้น
100% ที่แรงดัน 2โวล์, ลบ 1 เพราะ เริ่มนับแรงดันที่ 1 โวล์
  If ShTemp Then data_tmp = data_in(1) * 100    'TempIn(1)  'Sensor 1 ตัว คำนวณค่าอุหภูมิจาก
sensor ที่คูณ 100 เพราะ 10 มิลลิโวล์ เท่ากับ 1 องศา

  '*-*****************************show in
list*********************************************************************************************
    DtT = DecodeValue(Val(txt_tI.Text) - data_tmp - pidTst) + Dn1          ' pidT(Val(txt_tI.Text) -
data_tmp - pidTst, True)  '+ Val(txt_tI.Text)
    DtR = DecodeValue(Val(txt_rI.Text) - data_Rh - pidRst) + Dn2          ' pidR(Val(txt_rI.Text) -
data_Rh - pidRst, True) '+ Val(txt_rI.Text)

    List_report.ListItems.Add , , Format(DtT + Val(txt_tI.Text), "#0.000#") & "  " & data_tmp & "  " & Val
(txt_tI.Text) ' แสดงค่า Error - อุณหภูมิจริง - setpoint ในตาราง
    list_test.ListItems.Add , , Format(DtR + Val(txt_rI.Text), "#0.000#") & "  " & data_Rh & "  " & Val
(txt_rI.Text) 'แสดงค่า Error - ความชื้นจริง - setpoint ในตาราง

    lbl_tmpid.Caption = Format(DtT + Val(txt_tI.Text), "#0.000#") ' แสดงค่า Errorที่รวมกับ setpoint แล้ว
แสดงไว้ที่ใต้อุณหภูมิจริง
    lbl_Rpid.Caption = Format(DtR + Val(txt_rI.Text), "#0.000#") ' แสดงค่า Errorที่รวมกับ setpoint แล้ว
แสดงไว้ที่ใต้ความชื้นจริง
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้

```
'*****************************************************************************************************************
**********************

 If data_tmp > 100 Then data_tmp = 100        ' สั่งให้ว่าถ้าค่าอุณหภูมิอ่านค่าได้เกิน 100 ให้แทนค่า
อุณหภูมินั้นด้วย 100 เพื่อไม่ให้เวลาเขียนกราฟแล้ว ERROR
 If data_Rh > 100 Then data_Rh = 100          ' สั่งให้ว่าถ้าค่าความชื้นอ่านค่าได้เกิน 100 ให้แทนค่า
ความชื้นนั้นด้วย 100 เพื่อไม่ให้เวลาเขียนกราฟแล้ว ERROR

   If ShTemp Then

'      If data_tmp > Val(txt_tl) + 5 Or data_tmp < Val(txt_tl) - 5 Then
'         countSW = countSW + 1
'         countNM = 0
'            If countSW >= Val(txt_time) Then        ' ค่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่
'               countSW = 0
''                  If data_tmp > Val(txt_tl) + 5 Then      'And data_Rh < Val(txt_rl) Then
''                     Draw_OnOff (ThRl)
''                  ElseIf data_tmp < Val(txt_tl) - 5 Then  ' And data_Rh > Val(txt_rl) Then
''                     Draw_OnOff (TlRh)
''                  End If
'                  If data_tmp < 15 Then                ' lower than TLow
'                     Draw_OnOff (ThRl)      ' off All
'                  End If
'            End If
'         swing = False
'      Else
'         swing = True
'         countSW = 0
'         countNM = countNM + 1
'         If countNM >= Val(txt_time) Then
'            countNM = 0
'            Draw_OnOff (TnRn)       'ค่าอุณหภูมิไม่มีการเปลี่ยนแปลง
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'          End If
'
'       End If


' data store for show list
      Tmp_index = Tmp_index + 1                                    ' เป็นการกำหนดเวลาในการนับและรับค่าว่าใหม่ เพิ่มที่ 1 วินาที
      If Tmp_index > (Timetotal - 1) Then Tmp_index = 0    ' ตรวจเช็คว่าเวลาที่นับเกินเวลาที่กำหนดหรือไม่ (60 วิ) ถ้าเกินให้กลับมานับ 0 ใหม่
      Tmp_store(Tmp_index) = data_tmp


  '*********************************************----******** Show graph type*************************************************************
   If GraphType Then       ' show error graph
      'DtT = (DtT * 100) / AmpMax       ' Zoom ดูค่า ERROR เทียบกับเส้น setpoint โดยจะให้ setpoint แทนเส้นที่ค่า 0
      Draw_Tmp 1, DtT + Val(txt_tl.Text)  ' สั่งวาดเส้นอุณหภูมิที่ ERROR เทียบกับ setpoint โดยได้จาก ค่า m+setpoint ของอุณหภูมิ
   Else
      Draw_Tmp 1, data_tmp              ' draw pic number 1 and data = data_tmp show normal graph
   End If

'*************************************************************************************************************************************
**********************
   lbl_volte(1) = "อุณหภูมิ =  " & data_tmp & "  องศา"              'Format(out_P(CH), "0.00") ค่าอุณหภูมิที่ได้จาก sensor
   End If


   If ShRh Then
      If (data_Rh > Val(txt_rl) + Rng) Or (data_Rh < Val(txt_rl) - Rng) Then      ' ***error checkความชื้นว่าเกินค่าช่วงที่กำหนดหรือไม่
         countSW = countSW + 1   ' ช่วงที่กำหนดคือ ค่าที่วัดได้ ต้องมีค่า มากกว่า setpoint+Rng หรือ ค่าที่วัดได้ ต้องมีค่า น้อยกว่า setpoint+Rng
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา หรือนำไปใช้

```
        countNM = 0                    ' ให้นับเวลาที่ค่าคงที่ จะดูว่าคงที่นานพอที่จะสั่งคงมคุม โดย นับเวลา
ไปเรื่อยๆ ต้องคงที่กับที่ตั้งเวลาไว้
            If countSW >= Val(txt_time) Then      ' ค่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ หากค่าอุณหูมิ
เปลี่ยนแปลงมากหว่าหรือเท่ากับค่าเวลาที่ตั้งไว้
                countSW = 0
'                   If data_tmp > Val(txt_tl) + 5 Then      'And data_Rh < Val(txt_rl) Then
'                      Draw_OnOff (ThRl)
'                   ElseIf data_tmp < Val(txt_tl) - 5 Then   ' And data_Rh > Val(txt_rl) Then
'                     Draw_OnOff (TlRh)
'                   End If
                   If (data_Rh > Val(txt_rl.Text)) And (data_tmp > TLow) Then ' สั่งควบคุม ความชื้นสูง
                      Draw_OnOff (TlRh) ' ถ้าความชื้นที่วัดมาสูงกว่าหรือเท่ากับ setpoint ให้วาดกราฟ Heater
on, Height Fan on, compress on
                   ElseIf (data_Rh < Val(txt_rl.Text)) And (data_tmp > TLow) Then ' สั่งควบคุมสภาวะปกติ
                      Draw_OnOff (TnRn) ' ถ้าความชื้นที่วัดมาสูงกว่าหรือเท่ากับ setpoint ให้วาดกราฟ ,
LowFan on, compress on
                   ElseIf data_tmp < TLow Then              ' lower than TLow  15
                      Draw_OnOff (ThRl)      ' off All
                   End If
            End If  ' ดูว่ามีการสวิงหรือไม่
         swing = False
      Else          ' ถ้ามีการสวิง
         swing = True
         countSW = 0
         countNM = countNM + 1    ' นับเวบาในการสวิง + ที่ละ1
         If countNM >= Val(txt_time) Then    ' ถ้าเวลาในการสวิงมากว่า เวลาที่ตั้ง
            countNM = 0                          ' นับเวลาสวิงเป็น0
           ' Draw_OnOff (TnRn)       'ค่าอุณหภูมิไม่มีการเปลี่ยนแปลง
         End If
      End If
' data store for show list
      Rh_index = Rh_index + 1      'ส่งเวลาในการเก็บค่าความชื้นแสดงในตาราง
      If Rh_index > (Timetotal - 1) Then Rh_index = 0     ' ถ้าเก็บค่าครบ 60 ครั้ง หรือมากว่า เวลาทั้งหมด
-1 ให้เริ่มนับใหม่
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Rh_store(Rh_index) = data_Rh

'*********************************************----******** Show graph
type*************************************************************
  If GraphType Then      ' show error graph
    'DtR = (DtR * 100) / AmpMax                    ' Zoom ดูค่า ERROR ความชื้น
    Draw_Rh 2, DtR + Val(txt_rl.Text)
  Else
    Draw_Rh 2, data_Rh          ' draw pic number 2 and data = data_rh
  End If

'*****************************************************************************************************************
**********************
  lbl_volte(2) = "ความชื้น =  " & data_Rh & " %"  'เปอร์เซ็นต์"          'Format(out_P(CH), "0.00")
  End If

'Loop
End Sub

Private Sub txt_rl_Change()          ' เงื่อนไขการตั้งค่าความชื้น ต้องไม่มากว่า 100
  If (IsNumeric(txt_rl) = False And Trim(txt_rl) <> "") Or Val(txt_rl) > 100 Then
    MsgBox "Not Numeric" + vbCrLf + "Or Value over than 100 ! ", vbCritical ' แสดงข้อความเมื่อป้อน
ค่าผิด
    txt_rl = ""
    Exit Sub
  End If
End Sub

Private Sub txt_th_Change()      ' เงื่อนไขการตั้งค่าอุณหภูมิ ต้องไม่มากว่า 100
  If IsNumeric(txt_th) = False And Trim(txt_th) <> "" Then
    MsgBox "Not Numeric", vbCritical
    txt_th = ""
    Exit Sub
  End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub txt_time_Change()          ' เงื่อนไขการตั้งค่าเวลา ต้องไม่มากว่า 15*60
    If (IsNumeric(txt_time) = False And Trim(txt_time) <> "") Or Val(txt_time) > (15 * 60) Then
      MsgBox "Not Numeric" + vbCrLf + "Or Value over than (15*60)  Sec ! ", vbCritical
      txt_time = ""
      Exit Sub
   End If
End Sub

Private Sub txt_tl_Change() ' เงื่อนไขการตั้งค่าความอุณหภูมิ ต้องไม่มากว่า 100
    If (IsNumeric(txt_tl) = False And Trim(txt_tl) <> "") Or Val(txt_tl) > 100 Then
      MsgBox "Not Numeric" + vbCrLf + "Or Value over than 100 ! ", vbCritical
      txt_tl = ""
      Exit Sub
   End If
End Sub

Private Sub Draw_OnOff(data As Byte)    ' draw graph status การแสดงการทากทำงานของอุปกรณ์ on-
off
Dim Y_On As Integer
Dim Y_Off As Integer, k As Byte

Y_On = pic_1(3).ScaleTop + 15
Y_Off = pic_1(3).ScaleTop + 75

For k = 3 To 6
      pic_1(k).DrawStyle = 0
      pic_1(k).DrawWidth = 3  ' ความหนาของเส้นที่แสดง
      pic_1(k).ForeColor = vbGreen
      pic_1(k).Cls
 Next k

   Select Case data    'เงื่อนไขการสั่งงาน
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Case 1:    ' start
                   pic_1(3).Line (pic_1(3).ScaleLeft, Y_On)-(pic_1(3).ScaleWidth, Y_On)    '
compressor
                   pic_1(4).Line (pic_1(4).ScaleLeft, Y_Off)-(pic_1(4).ScaleWidth, Y_Off), QBColor
(12)  ' heater
                   pic_1(5).Line (pic_1(5).ScaleLeft, Y_Off)-(pic_1(5).ScaleWidth, Y_Off), QBColor
(12)     ' hight Fan
                   pic_1(6).Line (pic_1(6).ScaleLeft, Y_On)-(pic_1(6).ScaleWidth, Y_On)    ' Low
Fan

                   Dn2 = 0 '.375
                   Dn1 = 0

                   img_Comp.Picture = img_sOn
                   img_Heat = img_sOff
                   img_NC = img_sOff
                   img_CC = img_sOn
                   data_out &H300, &H21              '00100001 สั่งควบคุมสวิตย์

        Case 2: ' Tmp normal R normal
                   pic_1(3).Line (pic_1(3).ScaleLeft, Y_On)-(pic_1(3).ScaleWidth, Y_On)
                   pic_1(4).Line (pic_1(4).ScaleLeft, Y_Off)-(pic_1(4).ScaleWidth, Y_Off), QBColor
(12)
                   pic_1(6).Line (pic_1(6).ScaleLeft, Y_On)-(pic_1(6).ScaleWidth, Y_On)
                   pic_1(5).Line (pic_1(5).ScaleLeft, Y_Off)-(pic_1(5).ScaleWidth, Y_Off), QBColor
(12)

                   Dn2 = 0 '.375
                   Dn1 = 0

                   img_Comp.Picture = img_sOn
                   img_Heat = img_sOff
                   img_NC = img_sOff
                   img_CC = img_sOn
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                data_out &H300, &H21            '00100001 สั่งควบคุมสวิตย์

        Case 3: ' T <15  C
                pic_1(3).Line (pic_1(3).ScaleLeft, Y_Off)-(pic_1(3).ScaleWidth, Y_Off), QBColor
(12)
                pic_1(4).Line (pic_1(4).ScaleLeft, Y_Off)-(pic_1(4).ScaleWidth, Y_Off), QBColor
(12)
                pic_1(5).Line (pic_1(5).ScaleLeft, Y_Off)-(pic_1(5).ScaleWidth, Y_Off), QBColor
(12)
                pic_1(6).Line (pic_1(6).ScaleLeft, Y_Off)-(pic_1(6).ScaleWidth, Y_Off), QBColor
(12)

                Dn2 = 0
                Dn1 = 0

                img_Comp.Picture = img_sOff
                img_Heat = img_sOff
                img_NC = img_sOff
                img_CC = img_sOff
                data_out &H300, &H0             '00000000 สั่งควบคุมสวิตย์

        Case 4: ' R >Rsetpoint
                pic_1(3).Line (pic_1(3).ScaleLeft, Y_On)-(pic_1(3).ScaleWidth, Y_On)
                pic_1(4).Line (pic_1(4).ScaleLeft, Y_On)-(pic_1(4).ScaleWidth, Y_On)
                pic_1(5).Line (pic_1(5).ScaleLeft, Y_On)-(pic_1(5).ScaleWidth, Y_On)
                pic_1(6).Line (pic_1(6).ScaleLeft, Y_Off)-(pic_1(6).ScaleWidth, Y_Off), QBColor
(12)

                Dn2 = 0 '.951
                Dn1 = 0 '.833

                img_Comp.Picture = img_sOn
                img_Heat = img_sOn
                img_NC = img_sOn
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                img_CC = img_sOff
                data_out &H300, &H13            '00010011 สั่งควบคุมสวิตย์

    End Select
End Sub

Private Sub Draw_Tmp(Num As Byte, data As Single) ' สั่งวาดกราฟอุณหภูมิ
    lbl_temp = data      ' แสดงค่าข้อมูลอุณหภูมิ เป็นตัวเลข
    pic_1(Num).PSet (CX(Num), CY(Num)) ' สั่ง พลอต ค่า
     pic_1(Num).Line -(time_left(Num), 100 - data), QBColor(12)              'data
     CY(Num) = 100 - data    'ลากจากแกน Y โดย บนสุด เท่ากับ 100 ,ล่างสุด เท่ากับ 0
     CX(Num) = time_left(Num)   ' ลากตามแกน x โดย เริ่มจากซ้านสุด เท่ากับ 0
    time_left(Num) = time_left(Num) + 1  ' เวลาในการวาดเพิ่มที่ละ 1
     If time_left(Num) > Timetotal Then     ' ถ้าเวลาที่วาดน้อยกว่าระยะเวลาทั้งหมดที่ให้วาด (60)
         initpic (Num)  'วาดกราฟ
       End If
End Sub

Private Sub Draw_Rh(Num As Byte, data As Single)     ' สั่งวาดกราฟความชื้น
    lbl_rh = data     ' แสดงค่าข้อมูลความชื้น เป็นตัวเลข
    pic_1(Num).PSet (CX(Num), CY(Num))   ' สั่ง พลอต ค่า
     pic_1(Num).Line -(time_left(Num), 100 - data), QBColor(12)              'data
     CY(Num) = 100 - data    'ลากจากแกน Y โดย บนสุด เท่ากับ 100 ,ล่างสุด เท่ากับ 0
     CX(Num) = time_left(Num)     ' ลากตามแกน x โดย เริ่มจากซ้านสุด เท่ากับ 0
     time_left(Num) = time_left(Num) + 1    ' เวลาในการวาดเพิ่มที่ละ 1
     If time_left(Num) > Timetotal Then      ' ถ้าเวลาที่วาดน้อยกว่าระยะเวลาทั้งหมดที่ให้วาด (60)
       initpic (Num)     'วาดกราฟ
    End If

End Sub

Private Sub initpic(Num) ' Num =  รูปที่จะเคลียร์ค่าเริ่มต้น
    countNM = 0    'เคลียร์เวลาในการนับ = 0
    countSW = 0    'เคลียร์เวลาในการสวิงของกราฟ = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Errs(Num) = 0   ' เคลียร์ค่า Error  = 0
    Errstore(Num) = 0     ' เคลียร์ค่า Error สะสมให้ = 0
    pidTst = 0      'เคลียร์ค่า m ของอุณหภูมิที่คำนวณจาก m = u + de ให้ = 0
    pidRst = 0      'เคลียร์ค่า m ของความชื้นที่คำนวณจาก m = u + de ให้ = 0
    List_report.ListItems.Clear     ' เคลียล์ค่าตารางทั้งหมด (อุณหภูมิ)
    list_test.ListItems.Clear           ' เคลียล์ค่าตารางทั้งหมด (ความชื้น)

    pic_1(Num).Cls     'เคลียร์รูปกราฟที่1
    CX(Num) = 0        'เคลียร์แกน x ให้เริ่มต้น ที่ 0
    CY(Num) = 100      'เคลียร์แกน Y ให้เริ่มต้น ที่ 100
    draw_line (Num) 'ส่ง   Picture box ที่ 1 ไปวาด
    time_left(Num) = 0   'เคลียร์เวลา
End Sub

Function pidT(pEt As Single, load As Boolean) As Single  ' Pid of Tmp คำนวณหาค่า u
    If load Then   ' PID อุณหภูมิ แบบ คิดโหลด
        Errs(1) = Errs(1) + pEt        'ค่าผิดพลาด = ค่าผิดพลาด + ค่าผิดพลาดตัวใหม่(ตัวที่ n)
        pidT = (0.0008 * pEt) + (0.0004 * Errs(1)) + (0.0004 * (pEt - Errstore(1)))
        Errstore(1) = pEt     'ค่าผิดพลาดสะสม = ค่าผิดพลาดที่เก็บไว้ + ตัวใหม่
    Else               'PID อุณหภูมิ แบบ ไม่คิดโหลด
        Errs(1) = Errs(1) + pEt        'ค่าผิดพลาด = ค่าผิดพลาด + ค่าผิดพลาดตัวใหม่(ตัวที่ n)
        pidT = (0.0008 * pEt) + (0.0004 * Errs(1)) + (0.0004 * (pEt - Errstore(1)))
        Errstore(1) = pEt                'ค่าผิดพลาดสะสม = ค่าผิดพลาดที่เก็บไว้ + ตัวใหม่
    End If
      pidTst = pidT    ' ค่า u ที่ได้
'return U1
End Function

Function pidR(pErh As Single, load As Boolean) As Single          ' pid of Rh
    If load Then     'PID ความชื้น แบบ คิดโหลด
        Errs(2) = Errs(2) + pErh                'ค่าผิดพลาด = ค่าผิดพลาด + ค่าผิดพลาดตัวใหม่(ตัวที่ n)
        pidR = (0.0004 * pErh) + (0.0002 * Errs(2)) + (0.0002 * (pErh - Errstore(2)))
        ' PidR = PidR + (0.0002 * Errs(2))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาผลประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        'PidR = PidR + (0.0002 * (pErh - Errstore(2)))
        Errstore(2) = pErh                    'ค่าผิดพลาดสะสม = ค่าผิดพลาดที่เก็บไว้ + ตัวใหม่
    Else            'PID ความชื้น แบบ ไม่คิดโหลด
        Errs(2) = Errs(2) + pErh              'ค่าผิดพลาด = ค่าผิดพลาด + ค่าผิดพลาดตัวใหม่(ตัวที่ n)
        pidR = (0.0003 * pErh) + (0.00015 * Errs(2)) + (0.00015 * (pErh - Errstore(2)))
        Errstore(2) = pErh                    'ค่าผิดพลาดสะสม = ค่าผิดพลาดที่เก็บไว้ + ตัวใหม่
    End If

    pidRst = pidR          ' ค่า u ที่ได้
'return U2
End Function

Function PiT(pEt As Single, load As Boolean) As Single    ' Pi of Tmp

    If load Then    ' PI อุณหภูมิ แบบ คิดโหลด
        Errs(1) = Errs(1) + pEt
        Errstore(1) = pEt
        PiT = (0.0006 * pEt) + (0.00018 * Errs(1))

    Else            ' PI อุณหภูมิ แบบ ไม่คิดโหลด
        Errs(1) = Errs(1) + pEt
        Errstore(1) = pEt
        PiT = (0.0006 * pEt) + (0.00018 * Errs(1))

    End If

'return U1
End Function

Private Function PiR(pErh As Single, load As Boolean) As Single          ' pi of Rh

    If load Then        'PI ความชื้น แบบ คิดโหลด
        Errs(2) = Errs(2) + pErh
        PiR = (0.0003 * pErh) + (0.000091 * Errs(2))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Errstore(2) = pErh
    Else        'PI ความชื้น แบบ ไม่คิดโหลด
        Errs(2) = Errs(2) + pErh
        PiR = (0.000225 * pErh) + (0.000068 * Errs(2))
        Errstore(2) = pErh
    End If

'return U2
End Function

Private Function DecodeValue(pValue As Single) As Single     'ฟังชั่นแปรงค่าใช้ในการ zoo Eerror

 If mnuPidControlLoad.Checked Then
    DecodeValue = pidT(pValue, True)
 ElseIf mnuPidcontrolNoload.Checked Then
    DecodeValue = pidT(pValue, False)
 ElseIf mnuPicontrolLoad.Checked Then
     DecodeValue = PiT(pValue, True)
 ElseIf mnuPicontrolnoload.Checked Then
    DecodeValue = PiR(pValue, False)
 End If

End Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล : ยุพาภรณ์ นวลเพ็ง

เกิด : 21 ตุลาคม 2512 ณ บ้านหัวหวาย ต.หัวหวาย อ. ตาคลี จ. นครสวรรค์ บุตรพ่อ ธงชัย แม่จอง นวลเพ็ง

การศึกษา : สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาที่ โรงเรียนชุมชนบ้านหัวหวาย จ.นครสวรรค์
สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาที่ โรงเรียนท่าตะโกพิทยาคม จ.นครสวรรค์
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ปี พ. ศ. 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้