

ระบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ  
ชนิดแยกส่วน ผ่านสมาร์ตดีไวซ์  
Automatic Efficiency Evaluation System  
For Split-type Air- conditioner via Smart Device

|         |               |
|---------|---------------|
| พรหมศील | ผ่องจิตต์     |
| รณพีร์  | สุทธิประภา    |
| สมิชนัน | จันทร์คง      |
| อลงกรณ์ | ศรกาญจน์อัมพร |

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2557

ระบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ  
ชนิดแยกส่วน ผ่านสมาร์ตดีไวซ์

Automatic Efficiency Evaluation System  
For Split-type Air- conditioner via Smart Device

พรหมศิล ผ่องจิตต์  
รณพีร์ สุทธิประภา  
สมิขฉน์ จันทรคัง  
อลงกรณ์ ศรกาญจนอัมพร

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2557

Automatic Efficiency Evaluation System  
For Split-type Air – conditioner via Smart Device

PROMSIL PHONGJIT  
RONNAPEE SUTTIPRAPA  
SMITT CHANKHONG  
ALONGKRN SONGKANJANAUMPHO

THE THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2014

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ระบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ  
ชนิดแยกส่วนผ่านสมาร์ตดีไวซ์  
Automatic Efficiency Evaluation System  
For Split-type Air- conditioner via Smart Device

นักศึกษาผู้จัดทำ นายพรหมศิล ผ่องจิตต์ รหัสนักศึกษา 54010884  
นายรณพีร์ สุทธิประภา รหัสนักศึกษา 54011057  
นายสมิขมน์ จันทร์คง รหัสนักศึกษา 54011324  
นายอลงกรณ์ ศรกาญจนอัมพร รหัสนักศึกษา 54011529

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม  
ปีการศึกษา 2557

| อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์ | ลายมือชื่อ   |
|-------------------------------|--|
| รศ.ดร.ทวีพล ชื้อสัตย์         |  |

|                                |   |               |              |          |
|--------------------------------|---|---------------|--------------|----------|
| หัวข้อปริญญานิพนธ์             | ระบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ<br>ชนิดแยกส่วนผ่านสมาร์ตดีไวซ์<br>Automatic Efficiency Evaluation System<br>For Split-type Air- conditioner via Smart Device |               |              |          |
| นักศึกษาผู้จัดทำ               | นายพรหมศิล  | ผ่องจิตต์     | รหัสนักศึกษา | 54010884 |
|                                | นายรณพีร์   | สุทธิประภา    | รหัสนักศึกษา | 54011057 |
|                                | นายสมิชนัน  | จันทร์คง      | รหัสนักศึกษา | 54011324 |
|                                | นายอลงกรณ์  | ศรกาญจน์อัมพร | รหัสนักศึกษา | 54011529 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา<br>ปีการศึกษา | รศ.ดร.ทวีพล   | ชื่อสัตย์     |              |          |
|                                | 2557  |               |              |          |

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการจัดทำระบบประเมินประสิทธิภาพอัตโนมัติ สำหรับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนผ่านอุปกรณ์อัจฉริยะ ได้ประยุกต์ใช้เป็นหน้าจอแสดงผลของระบบประเมินประสิทธิภาพสำหรับเครื่องปรับอากาศ ทำให้สามารถติดตามผลการประเมินของระบบได้ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินค่าประสิทธิภาพในปัจจุบัน โดยลดลงตามอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งพร้อมแสดงผลในทุกสถานการณ์ ก่อทำให้เกิดความสะดวกรวดสบาย แก่การใช้งาน เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์การวิจัยนี้ ในการประเมินค่าประสิทธิภาพ สำหรับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน ซึ่งมีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าจึงมีความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ตรวจวัด เข้ามามีบทบาทในการตรวจวัดตัวแปร เช่น อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมและวัตต์มิเตอร์ เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ จนกระทั่งสามารถตรวจวัดค่าต่าง ๆ จากอุปกรณ์ตรวจวัดได้ ตัวแปรทั้งหมดจะถูกส่งไปยังตัวพีแอลซีซึ่งมีฟังก์ชันเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ในการคำนวณค่าประสิทธิภาพตามหลักทฤษฎี แล้วนำมาเปรียบเทียบกับตารางฉลากประหยัดพลังงานตามมาตรฐาน มอก. 1155-2536 และ มอก. 2134 - 2545 นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันอินเทอร์เน็ตพอร์ตให้กับพีแอลซี ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการติดต่อสื่อสารกับเครือข่ายภายนอกตามคุณสมบัติพิเศษ สำหรับพีแอลซีรวมไปถึงสถิติการใช้งานของผู้ใช้อุปกรณ์อัจฉริยะ ที่มีจำนวนมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงได้มีการพัฒนาระบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศโดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกและสามารถนำผลการประเมินมาศึกษาสำหรับประชาชนทุกคนที่มีสนใจในการประหยัดพลังงาน

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Thesis Title</b> | Automatic Efficiency Evaluation System<br>For Split-type Air- conditioner via Smart Device |
| <b>Authors</b>      | PROMSIL PHONGJIT<br>RONNAPEE SUTTIPRAPA<br>SMITT CHANKHONG<br>ALONGKRN SONGKANJANAUMPHO    |
| <b>Advisor</b>      | Assoc. Prof. Dr. Taweepol Suesut   |
| <b>Year</b>         | 2014   |

## ABSTRACT

This thesis presents an automatic efficiency evaluation system for split – type air conditioner via a smart device, in order to estimate a presently decreased efficiency of the air conditioner in a real-time situation as well as ultra - convenient including precise usability. To achieve our research objectives, some unknown variables are essential to be measured with temperature and relative humidity sensors, wind velocity sensor and watt meter. After installation and utilization the sensors, all recovered variables should be transferred to the extraordinary controller came with a math function that use to calculate efficiency. Then, contrasted it with an energy saving label table based on Thai industrial Standard (TIS) 1155 – 2536 and 2134 – 2545. Moreover, Ethernet port function, provided with the controller, plays a major role of communication with mobile application via the web server. It was found that efficient calculation program for spilt-type air conditioner and refrigerator able to calculate cooling capacity (Q), energy efficiency ratio (EER), coefficient of performance (COP), energy-saving label, used-electrical power, electrical cost per year correctly; trace data in every period and obtain in the table, furthermore, add additional function in the program and export an obtained data to Microsoft excel which leads to a result immediately.

## กิตติกรรมประกาศ

งานปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ทวีพล ชื้อสัตย์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม และคุณบรรลือ ศรีคุ้มที่ให้คำชี้แนะเกี่ยวกับการทำงาน คำปรึกษาต่าง ๆ ที่ให้ความความรู้และประสบการณ์

ขอขอบคุณ ผศ.เชื้อ นกอยู่ และ รศ.วิริยะ กองรัตน์ กรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ เกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม ภาควิชาวิศวกรรมอาคาร ห้องสมุดกลาง ห้องสมุด วิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็น แหล่งค้นคว้าหาข้อมูล และให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ อุปกรณ์ทดลอง และเครื่องมือวัดในการทำงาน วิจัย ขอขอบคุณพี่ๆนักศึกษาปริญญาโทและเอกในห้องปฏิบัติการ Factory Automation ทุกคน ที่ทำให้ งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณงามความดีและประโยชน์อันใดที่เกิดจากปริญญาานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบให้บิดา มารดา ผู้ซึ่งเป็น ที่รักและเคารพยิ่ง รวมทั้งเป็นผู้สนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษา และให้กำลังใจตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จสม ความตั้งใจ และคณะอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตลอดมา

คณะผู้จัดทำ

# สารบัญ

|   | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....  | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....   | II   |
| กิตติกรรมประกาศ.....  | III  |
| สารบัญ.....   | IV   |
| สารบัญตาราง.....  | X    |
| สารบัญรูป.....  | XI   |
| <br>  |      |
| บทที่ 1 บทนำ.....   | 1    |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....                     | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์.....   | 2    |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                                  | 2    |
| 1.4 เป้าหมายและขอบเขตของโครงการ.....                                | 2    |
| <br>  |      |
| บทที่ 2 ทฤษฎี.....  | 3    |
| 2.1 ตัวแปรที่มีผลต่อระบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ.....     | 3    |
| 2.2 มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน.....    | 22   |
| 2.2.1 วิธีการบันทึกข้อมูลเพื่อทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ..... | 22   |
| 2.2.2 ข้อมูลที่ต้องการบันทึก.....                                   | 22   |
| 2.3 ชนิดของเครื่องปรับอากาศ.....                                    | 24   |
| 2.3.1 แบบติดตั้งหน้าต่าง (Window Type).....                         | 24   |
| 2.3.2 แบบเครื่องแยกส่วน (Split Type).....                           | 25   |
| 2.3.3 แบบเครื่องชนิดทำน้ำเย็น (Water Chiller).....                  | 29   |
| 2.4 HMI Touchscreen.....  | 29   |
| 2.4.1 คุณสมบัติของ HMI ในส่วนของ Hardware.....                      | 29   |
| 2.5 พอร์ตอนุกรม RS-232, RS-422 และ RS-485.....                      | 30   |
| 2.5.1 มาตรฐาน RS-232.....   | 30   |
| 2.5.2 มาตรฐาน RS-422 หรือ RS-422-A.....                             | 31   |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า      |
|--|-----------|
| 2.5.3 มาตรฐาน RS-485.....  | 31        |
| 2.6 Modbus protocol.....   | 32        |
| 2.6.1 Modbus โหมด RTU.....   | 32        |
| 2.7 แอปพลิเคชันบนมือถือ (Mobile application).....                    | 33        |
| 2.7.1 ประเภทของแอปพลิเคชันบนมือถือ.....                              | 33        |
| 2.8 แอนดรอยด์ (Android).....   | 33        |
| 2.8.1 โครงสร้างของแอนดรอยด์.....                                     | 33        |
| 2.9 ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5.....  | 36        |
| 2.9.1 รูปแบบฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพ.....                            | 36        |
| <b>บทที่ 3 อุปกรณ์ตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ HM 006.....</b> | <b>38</b> |
| 3.1 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับ HM 006.....                                | 38        |
| 3.1.1 คุณสมบัติสำหรับ HM 006 – Primus HM Series.....                 | 38        |
| 3.1.2 ขนาดและการต่อใช้งานสำหรับ HM 006 – Primus HM Series.....       | 39        |
| 3.2 การติดต่อสื่อสารสำหรับ HM 006 – Primus HM Series.....            | 40        |
| 3.2.1 การตั้งค่า Address และ Baud Rate.....                          | 40        |
| 3.2.2 การเข้าถึงข้อมูล.....  | 40        |
| 3.2 ตัวอย่างการใช้งาน.....   | 42        |
| <b>บทที่ 4 อุปกรณ์ตรวจสอบความเร็วลม C 310 – KIMO INSTRUMENT.....</b> | <b>44</b> |
| 4.1 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับ C 310 – KIMO INSTRUMENT.....               | 44        |
| 4.1.1 คุณสมบัติสำหรับ C 310 – KIMO INSTRUMENT.....                   | 44        |
| 4.1.2 ขนาดและการต่อใช้งานสำหรับ C 310 – KIMO INSTRUMENT.....         | 45        |
| 4.2 หัววัด (Probe) C 310 – KIMO INSTRUMENT.....                      | 46        |
| 4.2.1 หลักการทำงานของ SVS : Hot wire.....                            | 46        |
| 4.2.2 คุณสมบัติทั่วไปของหัววัด SVS: HOT WIRE.....                    | 46        |

## สารบัญ (ต่อ)

|   | หน้า      |
|---|-----------|
| 4.3 การติดต่อสื่อสารสำหรับ C 310 – KIMO INSTRUMENT.....               | 47        |
| 4.3.1 การตั้งค่าหมายเลขประจำเครื่อง และ Baud Rate.....                | 47        |
| 4.3.2 การตั้งค่าช่องทางการวัด และหน่วยการวัด.....                     | 47        |
| 4.3.3 โครงสร้างของข้อมูลแต่ละชนิด.....                                | 48        |
| 4.3.4 หมายเลขสำหรับการเข้าถึงข้อมูล.....                              | 48        |
| 4.4 ตัวอย่างการใช้งาน.....  | 49        |
| <b>บทที่ 5 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า และอุปกรณ์เชื่อมต่อไร้สาย.....</b> | <b>52</b> |
| 5.1 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับ AC1 – B74 Multifunction Power Meter.....    | 52        |
| 5.2 ความแตกต่างระหว่างเครื่องมือวัดที่ได้ค่าแบบ RMS กับ True RMS..... | 52        |
| 5.2.1 ปัญหาที่พบเจออยู่บ่อยครั้ง.....                                 | 52        |
| 5.2.2 ค่า RMS.....  | 53        |
| 5.2.3 ความสำคัญของการวัดค่าได้แบบ True RMS.....                       | 54        |
| 5.3 คุณสมบัติสำหรับ AC1 – B74 Multifunction Power Meter.....          | 54        |
| 5.3.1 ข้อมูลทางไฟฟ้า.....   | 54        |
| 5.3.2 Input current sensing.....                                      | 55        |
| 5.3.3 Option: Communication.....                                      | 55        |
| 5.4 Split Core Current Transformer 50A/333mV.....                     | 56        |
| 5.5 การติดต่อสื่อสารสำหรับ AC1 – B74 Multifunction Power Meter.....   | 56        |
| 5.5.1 การตั้งค่าหมายเลขประจำเครื่อง และ Baud Rate.....                | 56        |
| 5.5.2 การเข้าถึงข้อมูล.....   | 58        |
| 5.6 RC35 Wireless RC232/485/422.....                                  | 59        |
| 5.6.1 คุณสมบัติ.....  | 59        |
| 5.6.1.1 Wireless Interface.....                                       | 59        |
| 5.6.1.2 Serial Interface.....   | 60        |
| 5.6.1.3 Serial Parameter.....   | 60        |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า      |
|--|-----------|
| 5.6.1.4 Power Requirements.....  | 60        |
| 5.6.1.5 Environmental Limits.....                                      | 60        |
| 5.6.2 ตัวอย่างการต่อใช้งาน.....  | 61        |
| 5.6.3 โหมดการทำงาน.....  | 61        |
| 5.6.4 การเริ่มต้นใช้งาน.....   | 62        |
| 5.6.4.1 วิธีการติดตั้งโปรแกรม Wisco Wireless Serial Utility.....       | 63        |
| 5.6.4.2 วิธีการเปิดใช้งานโปรแกรม.....                                  | 64        |
| 5.6.4.3 การสื่อสารระหว่างโมดูลกับโปรแกรม.....                          | 65        |
| 5.6.4.4 การใช้งาน Setup Wizard.....                                    | 65        |
| 5.7 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน.....                                     | 70        |
| <b>บทที่ 6 การออกแบบโปรแกรมการคำนวณ และการแสดงผล.....</b>              | <b>72</b> |
| 6.1 ขอบเขตการออกแบบโปรแกรมคำนวณ.....                                   | 73        |
| 6.2 ฟังก์ชันเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรมคำนวณ.....        | 73        |
| 6.2.1 การตั้งค่าอุปกรณ์สำหรับพีแอลซี.....                              | 74        |
| 6.2.2 ฟังก์ชันการติดต่อสื่อสารประเภท RS - 485.....                     | 75        |
| 6.2.3 การตั้งค่าการใช้ MODBUS TCP.....                                 | 76        |
| 6.2.4 การเรียกใช้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์.....                               | 78        |
| 6.2.5 การเรียกใช้ฟังก์ชันบันทึกค่าตัวแปรลงในหน่วยความจำหน่วยภายนอก.... | 81        |
| 6.3 ฟังก์ชันเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการแบบหน้าจอสัมผัส.....            | 82        |
| 6.3.1 การสร้างเฟรมข้อมูล.....  | 82        |
| 6.3.2 การสร้างกล่องข้อความเพื่อป้อนตัวเลข.....                         | 83        |
| 6.3.3 การเปลี่ยนหน้าจอแสดงผลไปยังหน้าถัดไป.....                        | 84        |
| 6.4 การออกแบบการแสดงผลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์.....                      | 85        |
| 6.4.1 แบล็คบ็อกซ์สำหรับการเชื่อมต่อพีแอลซี และ HTML ภายนอก.....        | 86        |
| 6.4.2 หลักการเขียนตัวแปรอ้างอิงสำหรับการแสดงผลบนเว็บเพจ.....           | 88        |
| 6.4.3 การนำไฟล์ HTML เข้าสู่พีแอลซี.....                               | 90        |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า       |
|--|------------|
| 6.5 การออกแบบและพัฒนาแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน (Android application).....                     | 92         |
| 6.5.1 วิธีการติดตั้งและตั้งค่าเบื้องต้นของแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน.....                      | 92         |
| 6.5.1.1 การดาวน์โหลดโปรแกรม.....   | 92         |
| 6.5.2 การติดตั้งโปรแกรม.....   | 93         |
| 6.5.3 การสร้าง Emulator.....   | 96         |
| 6.5.4 การสร้างโปรเจค.....  | 98         |
| 6.5.5 การ Export and Import.....   | 101        |
| 6.5.6 แสดงตัวอย่างการเขียนโค้ดที่ใช้กับโปรแกรม.....                                      | 102        |
| 6.5.6.1 Code MainActivity.java.....  | 102        |
| 6.5.6.2 Code activity_main.xml .....   | 104        |
| <b>บทที่ 7 ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือวัดและการคำนวณค่าโดยโปรแกรมวัดประสิทธิภาพ.....</b> | <b>110</b> |
| 7.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ.....                            | 110        |
| 7.2 วิธีการวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....                              | 114        |
| 7.2.1 ขั้นตอนในการเตรียมการวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ.....                           | 114        |
| 7.2.2 ขั้นตอนการตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ.....                                  | 114        |
| 7.2.3 ขั้นตอนการใช้ระบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ.....                           | 120        |
| <b>บทที่ 8 ผลการทดลอง.....</b>   | <b>125</b> |
| 8.1 ข้อมูลที่ต้องทำการบันทึก.....  | 125        |
| 8.2 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองการประเมินประสิทธิภาพ.....                        | 127        |
| เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน ณ ห้อง Factory Automation                                    |            |
| 8.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองการประเมินประสิทธิภาพ.....                        | 139        |
| เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน ณ ห้อง Machine   |            |

## สารบัญ (ต่อ)

|   | หน้า |
|---|------|
| บทที่ 9 สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....           | 151  |
| 9.1 สรุปผล.....                                   | 151  |
| 9.2 ข้อเสนอแนะ.....                               | 153  |
| <br>  |      |
| บรรณานุกรม.....                                   | 154  |
| ภาคผนวก.....                                      | 156  |
| ภาคผนวก ก โปรแกรมแลตเตอร์ที่ใช้ในระบบประเมิน..... | 157  |
| ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน            |      |
| ภาคผนวก ข PLC Unitronics data sheet.....          | 170  |
| ภาคผนวก ค มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....         | 187  |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| 2.1 แสดงข้อมูลมาตรฐานของชั้นบรรยากาศ (Atmosphere) ที่ระดับความสูงต่างๆ.....      | 4    |
| 2.2 แสดงระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ.....                                 | 36   |
| 3.1 แสดงตำแหน่งของข้อมูลที่ถูกจัดเก็บใน HM 006 - PRIMUS.....                     | 41   |
| 3.2 แสดงฟังก์ชันที่กำหนดให้ใช้สำหรับมอสบัส.....                                  | 41   |
| 3.3 แสดงโครงสร้างของมอสบัสโปรโตคอล (Modbus protocol).....                        | 41   |
| 4.1 แสดงประเภทของข้อมูล.....   | 48   |
| 4.2 แสดงการตั้งค่าหมายเลขสำหรับการสื่อสารมอสบัสโปรโตคอล.....                     | 48   |
| 5.1 แสดงตำแหน่งของข้อมูลที่ถูกจัดเก็บใน AC1 – B74 Multifunction Power Meter..... | 58   |
| 5.2 แสดงฟังก์ชันที่กำหนดให้ใช้สำหรับมอสบัส.....                                  | 58   |
| 5.3 แสดงคุณสมบัติสำหรับ Wireless Interface.....                                  | 59   |
| 5.4 แสดงคุณสมบัติสำหรับ Serial Interface .....                                   | 60   |
| 5.5 แสดงคุณสมบัติสำหรับ Serial Interface.....                                    | 60   |
| 5.6 แสดงคุณสมบัติสำหรับ Power Requirements.....                                  | 60   |
| 5.7 แสดงคุณสมบัติสำหรับ Environmental Limits.....                                | 60   |
| 5.8 แสดงไฟสถานะของแต่ละโหมด.....   | 62   |

# สารบัญรูป

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 2.1 แสดงจักรทำความเย็นทางทฤษฎีที่เขียนลงบนแผ่นภาพมอลเลียร์.....                           | 12   |
| 2.2 แสดงการวัดพื้นที่หน้าากกช่องลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศ.....                            | 23   |
| 2.3 แสดงการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้านลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศ.....               | 23   |
| 2.4 แสดงการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้านลมกลับของเครื่องปรับอากาศ.....               | 23   |
| 2.5 แสดงการวัดความเร็วลมด้านช่องลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศ.....                            | 24   |
| 2.6 แสดงเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง.....   | 24   |
| 2.7 แสดงส่วนประกอบภายในเครื่องปรับอากาศภายในชนิดแยกส่วนและ<br>ทิศทางการไหลเวียนของอากาศ   | 25   |
| 2.8 แสดงใบพัดแบบครอสโฟลว์.....  | 27   |
| 2.9 แสดงใบพัดแบบธรรมดา.....   | 28   |
| 2.10 แสดงเครื่องปรับอากาศชนิดต่างๆ.....   | 28   |
| 2.11 แสดงสถาปัตยกรรมของแอนดรอยด์.....   | 34   |
| 2.12 แสดงฉลากเบอร์ 5.....   | 36   |
| 3.1 แสดงลักษณะรูปร่างของ HM 006 - PRIMUS.....   | 38   |
| 3.2 แสดงขนาดของ HM 006 - PRIMUS.....  | 39   |
| 3.3 แสดงวงจรไฟฟ้าภายในของ HM 006 - PRIMUS.....  | 39   |
| 3.4 แสดงการตั้งค่า Address และ Baud rate.....   | 40   |
| 3.5 แสดงการต่อสายสัญญาณระหว่างอุปกรณ์และพีแอลซี.....                                      | 42   |
| 3.6 แสดงการเลือกฟังก์ชัน RS485.....   | 42   |
| 3.7 แสดงการกำหนดการตั้งการการใช้มอสบัสโปรโตคอล.....                                       | 43   |
| 3.8 แสดงการใช้ฟังก์ชัน R.I.R สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์หมายเลข 3.....                      | 43   |
| 4.1 แสดงขนาดของอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม C 310 – KIMO INSTRUMENT.....                      | 45   |
| 4.2 แสดงชนิดของการส่งสัญญาณขาออกสำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม<br>C 310 – KIMO INSTRUMENT | 45   |
| 4.3 แสดงขนาดของหัววัดสำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม C 310 – KIMO.....                     | 46   |
| 4.4 แสดงรูปของหัววัดสำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม C 310 – KIMO.....                      | 46   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 4.5 แสดงหน้าจออุปกรณ์ตรวจวัดที่เลือกใช้ 2 ช่องทาง.....                     | 47   |
| 4.6 แสดงการเลือกฟังก์ชัน RS485.....  | 49   |
| 4.7 แสดงการกำหนดการตั้งการการเชื่อมต่อสับโปรโตคอล.....                     | 50   |
| 4.8 แสดงการใช้ฟังก์ชัน R.F.R สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์หมายเลข 6.....       | 50   |
| 4.9 แสดงแลตเตอร์สำหรับการแปลงข้อมูล.....                                   | 51   |
| 5.1 แสดงสัญญาณคลื่นแบบไซน์ (Sine wave).....                                | 53   |
| 5.2 แสดงสัญญาณที่เกิดจากเพาเวอร์ซัพพลายคอมพิวเตอร์ (ไม่ใช่ pure sine)..... | 54   |
| 5.3 แสดงลักษณะรูปร่างของอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้า.....                          | 55   |
| 5.4 แสดงลักษณะรูปร่างของ Current Transformer.....                          | 56   |
| 5.5 แสดงการตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ.....  | 57   |
| 5.6 แสดงรูปร่างลักษณะของอุปกรณ์เชื่อมต่อไร้สาย.....                        | 59   |
| 5.7 แสดงการต่อใช้งานอุปกรณ์เชื่อมต่อไร้สาย.....                            | 61   |
| 5.8 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม Wisco Wireless Serial Utility.....              | 62   |
| 5.9 แสดงหน้าต่างก่อนทำการติดตั้งโปรแกรม.....                               | 63   |
| 5.10 แสดงหน้าต่างการติดตั้งโปรแกรม.....                                    | 63   |
| 5.11 แสดงวิธีการเข้าโปรแกรม.....   | 64   |
| 5.12 แสดงหน้าต่างโปรแกรม.....  | 64   |
| 5.13 แสดงสถานะปุ่มเริ่มการเชื่อมต่อ.....                                   | 65   |
| 5.14 แสดงสถานะปุ่มยกเลิกการเชื่อมต่อ.....                                  | 65   |
| 5.15 แสดงหน้าต่างการเลือก Coordinator Module.....                          | 66   |
| 5.16 แสดงหน้าต่าง Wizard Config Coordinator.....                           | 66   |
| 5.17 แสดงหน้าต่างยืนยันการบันทึก.....                                      | 66   |
| 5.18 แสดงหน้าต่างการเลือก Router Module.....                               | 67   |
| 5.19 แสดงหน้าต่าง Wizard Config Router.....                                | 67   |
| 5.20 แสดงหน้าต่างยืนยันการบันทึก.....                                      | 68   |
| 5.21 แสดงหน้าต่าง Connection.....  | 68   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 5.22 แสดงหน้าต่าง Wizard Config Coordinator.....                               | 69   |
| 5.23 แสดงหน้าต่างยืนยันการบันทึก.....  | 69   |
| 5.24 แสดงหน้าต่างยืนยันการบันทึก.....  | 69   |
| 5.25 แสดงการเลือกฟังก์ชัน RS485.....   | 70   |
| 5.26 แสดงการกำหนดการตั้งค่าการใช้มอดัสโปรโตคอล.....                            | 71   |
| 5.27 แสดงการใช้ฟังก์ชัน R.I.R สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์หมายเลข 5.....          | 71   |
| 6.1 แสดงไอคอนโปรแกรมสำหรับออกแบบแลตเตอร์.....                                  | 72   |
| 6.2 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบหน้าจอสัมผัส.....                               | 74   |
| 6.3 แสดงหน้าต่างสำหรับการเขียนแลตเตอร์.....                                    | 74   |
| 6.4 แสดงการตั้งค่าอุปกรณ์พีแอลซี.....  | 75   |
| 6.5 แสดงการตั้งค่าฟังก์ชันการติดต่อสื่อสารประเภท RS485.....                    | 76   |
| 6.6 แสดงการตั้งค่า RS485 ทางด้านหลังวงจรพีแอลซี.....                           | 76   |
| 6.7 แสดงการตั้งค่าการใช้ MODBUS TCP.....                                       | 77   |
| 6.8 แสดงการเรียกใช้ฟังก์ชัน Read Float Registers.....                          | 77   |
| 6.9 แสดงการเรียกใช้ฟังก์ชัน Read input Registers.....                          | 78   |
| 6.10 แสดงการสร้างฟังก์ชันสูตรการคำนวณ.....                                     | 79   |
| 6.11 แสดงการใช้คำสั่งการเปรียบเทียบ.....                                       | 80   |
| 6.12 แสดงการบันทึกค่าตัวแปรลงในหน่วยความจำภายนอก.....                          | 81   |
| 6.13 แสดงการบันทึกค่าตัวแปรลงในหน่วยความจำภายนอก (ต่อ).....                    | 82   |
| 6.14 แสดงการสร้างเฟรมข้อมูล.....   | 83   |
| 6.15 แสดงกล่องข้อความที่สามารถป้อนข้อมูลตัวเองได้.....                         | 84   |
| 6.16 แสดงวิธีการตั้งค่าของการเปลี่ยนหน้าจอโดยการสัมผัสปุ่มที่หน้าจอ.....       | 84   |
| 6.17 แสดงวิธีการตั้งค่าของการเปลี่ยนหน้าจอโดยการสัมผัสปุ่มที่หน้าจอ (ต่อ)..... | 84   |
| 6.18 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม Microsoft Expression Web 4.....                    | 85   |
| 6.19 แสดงที่มาของแบบคีย์บอร์ดสำหรับการเชื่อมต่อเว็บเพจกับพีแอลซี.....          | 86   |
| 6.20 แสดงหน้าต่างสำหรับโปรแกรมมีแบบคีย์บอร์ด และไม่มีแบบคีย์บอร์ด.....         | 87   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 6.21 แสดงการอ้างอิงตัวแปรที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ทางเว็บเพจ.....       | 89   |
| 6.22 แสดงการทำ SD card Formatting.....                                | 90   |
| 6.23 แสดงการตรวจทาน HTML.....   | 91   |
| 6.24 แสดงการนำไฟล์ HTML เข้าสู่หน่วยความจำภายนอก.....                 | 91   |
| 6.25 แสดงหน้าดาวน์โหลดโปรแกรม SDK.....                                | 92   |
| 6.26 แสดงหน้า Java Version.....                                       | 92   |
| 6.27 แสดงหน้าดาวน์โหลด JDK .....                                      | 93   |
| 6.28 แสดงหน้า Workspace Launcher.....                                 | 93   |
| 6.29 แสดงหน้า New Project.....  | 93   |
| 6.30 แสดงหน้า New Java Project .....                                  | 94   |
| 6.31 แสดงหน้า Java-ADT.....   | 94   |
| 6.32 แสดงหน้า Java Class.....   | 95   |
| 6.33 แสดงหน้าการเขียนโค้ด.....  | 95   |
| 6.34 แสดงหน้าที่ทำการรันโปรแกรมสมบูรณ์.....                           | 96   |
| 6.35 แสดงหน้า Android Virtual Device Manager.....                     | 96   |
| 6.36 แสดงหน้าที่กำหนดแรมและชนิดของโทรศัพท์และเวอร์ชันที่ใช้.....      | 97   |
| 6.37 แสดงหน้า Android Virtual Device Manager ที่มีกำหนดค่ามาแล้ว..... | 97   |
| 6.38 แสดงหน้าของมือถือและการปลดล๊อค.....                              | 98   |
| 6.39 แสดงหน้าแอปพลิเคชันหลังจากทำการปลดล๊อคแล้ว.....                  | 98   |
| 6.40 แสดงหน้าที่แสดงการสร้างโปรเจค.....                               | 99   |
| 6.41 แสดงหน้าโปรแกรมที่รันแล้วมีชื่อโปรเจคว่า Hello.....              | 99   |
| 6.42 แสดงหน้า MainActivity.java.....                                  | 100  |
| 6.43 แสดงหน้า activity_main.xml.....                                  | 100  |
| 6.44 แสดงหน้า Export.....   | 101  |
| 6.45 แสดงไฟล์ที่ได้ Export เข้ามา.....                                | 101  |
| 6.46 แสดงหน้า Import.....   | 102  |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 6.47 แสดงหน้า Layout ของแอนดรอยแอปพลิเคชัน.....   | 105  |
| 6.48 แสดง TextView.....   | 105  |
| 6.49 แสดง Button.....   | 106  |
| 6.50 แสดงไอคอน.....   | 107  |
| 6.51 แสดงไฟล์ภาพ bbb.png.....   | 107  |
| 6.52 แสดงการเปลี่ยนชื่อไอคอน.....   | 108  |
| 6.53 แสดงรูปไอคอนที่ res->layout->activity_main.xml.....  | 108  |
| 6.54 แสดงหน้าไอคอน.....   | 109  |
| 6.55 แสดงหน้าแอปพลิเคชัน.....   | 109  |
| 7.1 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์.....   | 110  |
| HM 006 – Primus HM Series ณ ช่องลมจ่าย  |      |
| 7.2 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์.....   | 111  |
| HM 006 – Primus HM Series ณ ช่องลมกลับ  |      |
| 7.3 แสดงหน้าจอแสดงผลของ Multifunction transmitter C 310 .....<br>ที่ถูกติดตั้งไว้ในกล่องอุปกรณ์ไฟฟ้า                          | 111  |
| 7.4 แสดงหัววัด (Probe) รุ่น SVS ของ Multifunction transmitter C 310.....  | 112  |
| 7.5 แสดงเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (WATT METER) 1AC B74 – LEOS.....   | 112  |
| 7.6 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ Wireless RS-485 RC36-WISCO.....   | 113  |
| 7.7 แสดงตลับเมตรที่ใช้ในการวัดระยะห่าง.....   | 113  |
| 7.8 แสดงอุปกรณ์เราเตอร์.....  | 114  |
| 7.9 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์ ทั้ง 3 ตัว ที่ด้านหน้าช่องลมจ่าย (Air supply grille).....<br>และด้านช่องลมกลับ (Return air grille) | 115  |
| 7.10 แสดงการติดตั้งโดยรวมที่ตัวเครื่องปรับอากาศจากด้านข้าง.....   | 115  |
| 7.11 แสดงการติดตั้งโดยรวมที่ตัวเครื่องปรับอากาศจากด้านหน้า.....   | 116  |
| 7.12 แสดงภาพรวมของการเชื่อมต่อสายระหว่างเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว.....<br>จากเครื่องปรับอากาศไปยัง PLC                               | 116  |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 7.13 แสดงทำการเช็คไฟด้วยไขควงเช็คไฟ.....                                       | 117  |
| 7.14 แสดงทำการเช็คค่าความคึกด้วย Multimeter.....                               | 117  |
| 7.15 แสดงวิธีการจิ้มสายไฟจากคอมเพรสเซอร์ เพื่อสอดเข้า Current Transformer..... | 118  |
| 7.16 แสดงหน้าจอฟีแอลซีซึ่งพร้อมทำการประเมินประสิทธิภาพ.....                    | 119  |
| 7.17 แสดงหน้าจอฟีแอลซีซึ่งได้รับค่าจากอุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ.....               | 119  |
| 7.18 แสดงหน้าจอฟีแอลซีซึ่งได้คำนวณค่าต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบระบบ.....           | 119  |
| 7.19 แสดงหน้าต่างเว็บเพจ (Webpage) ซึ่งแสดงค่าจากการประเมินของระบบ.....        | 120  |
| 7.20 แสดงหน้าจอแรกของฟีแอลซี.....  | 121  |
| 7.21 แสดงการป้อนข้อมูล Model.....  | 121  |
| 7.22 แสดงการป้อนค่าความกว้าง (cm) ของช่องลมจ่าย.....                           | 121  |
| 7.23 แสดงการป้อนค่าความยาว (cm) ของช่องลมจ่าย.....                             | 122  |
| 7.24 แสดงการป้อนค่าจำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน.....                                  | 122  |
| 7.25 แสดงการป้อนอัตราค่าไฟฟ้ายูนิท.....  | 122  |
| 7.26 แสดงหน้าต่างพร้อมใช้งานของระบบ.....                                       | 123  |
| 7.27 แสดงการกดปุ่ม Start เพื่อเริ่มระบบประเมินประสิทธิภาพ.....                 | 123  |
| 7.28 แสดงการป้อนช่วงระยะเวลาสำหรับบันทึกข้อมูล.....                            | 123  |
| 7.29 แสดงการกดปุ่ม Stop เพื่อหยุดระบบประเมินประสิทธิภาพ.....                   | 124  |
| 7.30 แสดงการกดปุ่ม Reset เพื่อกลับสู่ค่าเดิม.....                              | 124  |
| 7.31 แสดงหน้าต่างผลการคำนวณของระบบประเมินประสิทธิภาพ.....                      | 124  |
| 8.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิ ณ ช่องลมจ่าย.....                        | 127  |
| 8.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิ ณ ช่องลมกลับ.....                        | 128  |
| 8.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมจ่าย.....             | 129  |
| 8.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมกลับ.....             | 130  |
| 8.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าความเร็วลม ณ ช่องลมจ่าย.....                   | 131  |
| 8.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่ากำลังไฟฟ้า.....                                | 132  |
| 8.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าความสามารถทำความเย็น.....                      | 133  |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 8.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ.....            | 134  |
| 8.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน.....    | 135  |
| 8.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของหมายเลขระดับแสดงประสิทธิภาพ.....      | 136  |
| 8.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของจำนวนหน่วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน..... | 137  |
| 8.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี.....              | 138  |
| 8.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิ ณ ช่องลมจ่าย.....            | 139  |
| 8.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิ ณ ช่องลมกลับ.....            | 141  |
| 8.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมจ่าย.....    | 142  |
| 8.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมกลับ.....    | 143  |
| 8.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของความเร็วลม ณ ช่องลมจ่าย.....          | 144  |
| 8.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกำลังไฟฟ้า.....                       | 145  |
| 8.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าความสามารถทำความเย็น.....          | 146  |
| 8.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ.....           | 146  |
| 8.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน.....   | 147  |
| 8.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของหมายเลขระดับแสดงประสิทธิภาพ.....      | 148  |
| 8.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของจำนวนหน่วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี.....  | 149  |
| 8.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี.....              | 150  |

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

พลังงานไฟฟ้า จัดเป็นพลังงานแปรรูป กล่าวคือ เป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ และนับวันยิ่งลดน้อยลง (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2554) โดยกระทรวงพลังงานได้รายงานข้อมูลว่าพลังงานสำรองของโลก ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน จะสามารถใช้ได้อีก 40 62 และ 220 ปี ตามลำดับ (กระทรวงพลังงาน, 2548) ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยเริ่มประสบภาวะขาดแคลนพลังงาน โดยพลังงานที่ผลิตได้ในแต่ละปีไม่เพียงพอกับความต้องการ รัฐบาลจึงมีนโยบายให้ช่วยกันอนุรักษ์พลังงาน ดังจะเห็นได้จากการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งจากหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน เช่น การรณรงค์ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการปิดไฟคนละดวง เป็นต้น และส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานขยะ เป็นต้น

ภาคธุรกิจและที่อยู่อาศัยเป็นส่วนที่มีการใช้พลังงานอย่างมาก โดยพลังงานส่วนใหญ่ใช้เพื่อการให้แสงสว่าง และการใช้เพื่อขับเคลื่อนอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น เครื่องปรับอากาศ โทรทัศน์ เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น โดยเครื่องปรับอากาศ และตู้แช่ เป็นกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงถึงร้อยละ 60-70 ของการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งไม่เพียงแต่ประเทศไทยเท่านั้นที่ให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์พลังงาน ประเทศอื่นอีกหลายประเทศทั่วโลกก็ให้ความสนใจกับเรื่องนี้ด้วยเช่นกัน โดยประเทศจีนให้ความสำคัญต่อการศึกษาด้านการประหยัดพลังงานตู้เย็นที่ใช้ในครัวเรือน ด้วยการกำหนดมาตรฐานด้านสมรรถนะของตู้เย็น (GB12021.2-2003) ขึ้น ซึ่ง Lu et al. (2006) ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และทำนายผลการประหยัดพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต จากการใช้มาตรฐานดังกล่าว ผลการทำนายแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงการประหยัดพลังงานอย่างมาก รวมถึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ลดลง นอกจากนี้ที่ประเทศเม็กซิโก ได้ศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยการทดแทนตู้เย็นเก่าที่มีสมรรถนะต่ำด้วยตู้เย็นใหม่ที่มีสมรรถนะสูงกว่า โดยพบว่า การทดแทนตู้เย็นเก่าด้วยตู้เย็นใหม่สามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 4.7 ตันวัตต์ชั่วโมงต่อปี ซึ่งคิดเป็น 33 เปอร์เซ็นต์ จากการใช้พลังงานทั้งหมด 14.1 ตันวัตต์ชั่วโมงต่อปี

ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงาน โดยระบบทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงหรือผ่านการรับรองมาตรฐานประหยัดไฟ จะใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าหรือมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าระบบทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพต่ำ โดยในประเทศไทย สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม มอบหมายให้สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่

ทดสอบและรับรองมาตรฐาน ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน เพื่อให้เป็นไปตามหลักมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) 1155-2536 ซึ่งแบ่งระดับประสิทธิภาพออกเป็น 5 ระดับ

เครื่องปรับอากาศที่ได้รับมาตรฐานประหยัดไฟเบอร์ 5 แสดงถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต่ำหรือมีความสามารถในการประหยัดไฟสูง ตัวอย่างเช่นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9000-12000 บีทียูที่ได้รับมาตรฐานประหยัดไฟเบอร์ 5 จะใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 680 วัตต์ต่อชั่วโมง หรือคิดเป็นรายจ่ายประมาณ 1.88-3.13 บาทต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตามเมื่อใช้เครื่องทำความเย็นไประยะเวลาหนึ่งแล้ว ประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นจะลดลงตามอายุการใช้งาน เนื่องจากสาเหตุหลายประการ อาทิเช่น การใช้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม การดูแลรักษาและการใช้งานที่ไม่ถูกวิธี ส่งผลทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานหนัก การใช้ไฟฟ้าจึงมากขึ้น ผู้ใช้จึงควรศึกษาวิธีการใช้และการดูแลรักษาอย่างถูกต้อง รวมไปถึงการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นอยู่เสมอ ซึ่งจัดเป็นหนึ่งในมาตรการอนุรักษ์พลังงานด้วยเช่นกัน

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคำนวณประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนบนอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งสามารถแสดงผลผ่านทางโมบายแอปพลิเคชัน

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การสร้างระบบประเมินประสิทธิภาพ ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน ซึ่งทำให้ทราบถึงค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่ลดลงไปตามระยะเวลาการใช้งาน รวมไปถึงการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ในระบบ ซึ่งเป็นมาตรฐานของอุตสาหกรรมชั้นนำ

## 1.4 เป้าหมายและขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาการเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบประเมินประสิทธิภาพสำหรับเครื่องปรับอากาศ ชนิดแยกส่วน และ 1 เฟส
2. เชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจวัดและอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ ผ่านโปรโตคอลมอสส์มาตรฐาน
3. สร้างและพัฒนาเว็บเพจซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ
4. ออกแบบและพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับเว็บเพจได้

## บทที่ 2

### ทฤษฎี

#### 2.1 ตัวแปรที่มีผลต่อระบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

- 1) ส่วนประกอบของอากาศแห้งและความชื้นอากาศ (Composition of Dry and Moist Air) ในชั้นบรรยากาศประกอบด้วยส่วนประกอบของก๊าซมากมาย ไอ้ น้ำ และสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น คาร์บอนและฝุ่น ซึ่งสิ่งเจือปนมีปริมาณน้อยกว่าอากาศมากจึงไม่พิจารณาสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในสมการอากาศแห้ง เมื่อตั้งไอ้ น้ำ และสิ่งเจือปนออกไปหมด จะมีส่วนประกอบหลัก โดย Harrison ได้บันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบโดยประมาณของอากาศแห้ง เป็นปริมาตร เช่น Nitrogen 78.084%, Oxygen 20.9476%, Argon 0.934%, Carbon dioxide 0.0314%, Neon 0.001818%, Helium 0.000524%, Methane 0.00015%, Sulfur dioxide 0 ถึง 0.0001%, Hydrogen 0 ถึง 0.0005% ความสัมพันธ์ของมวลโมเลกุล (Relative Molecular Mass) ของส่วนประกอบทั้งหมดของอากาศแห้งขนาด 28.9645 อ้างอิงกับ Carbon 12 scale [1] ดังนั้นค่าคงที่ของก๊าซสำหรับอากาศแห้งเมื่ออ้างอิงกับ Carbon 12 scale คือ

$$R_a = \frac{8314.41}{28.9645} = 287.055 \quad \text{J/(kg}\times\text{K)} \quad (1)$$

เมื่อ  $R_a$  คือ ค่าคงที่ของก๊าซสำหรับอากาศแห้ง

ความชื้นอากาศมี 2 องค์ประกอบคือ อากาศแห้ง (Dry air) และไอ้ น้ำ (Water vapor) ไอ้ น้ำ ในความชื้นอากาศเริ่มจากศูนย์ (Dry air) ถึงค่าสูงสุดเป็นจุดสูงสุดที่ขึ้นกับอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ จุดสูงสุดของความชื้นอากาศเรียกว่าจุดอิ่มตัว จุดอิ่มตัวอ้างอิงที่สภาวะสมดุล ระหว่างสถานะความชื้นอากาศ กับสถานะการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ กรณีอื่น อ้างอิงที่พื้นผิวรอยต่อของสถานะความชื้นอากาศ กับสถานะการกลั่นตัวความสัมพันธ์ของมวลโมเลกุลของน้ำ (Relative molecular of water) ขนาด 18.01528 อ้างอิงกับ Carbon 12 scale ดังนั้นค่าคงที่ของก๊าซสำหรับไอ้ น้ำคือ

$$R_w = \frac{8314.41}{18.01528} = 461.52 \quad \text{J/(kg}\times\text{K)} \quad (2)$$

เมื่อ  $R_w$  คือ ค่าคงที่ของก๊าซสำหรับไอ้ น้ำ

อุณหภูมิและความดันบาโรเมตริกของอากาศในชั้นบรรยากาศ ตามทฤษฎีจะเปลี่ยนแปลงตามความสูงของพื้นที่ทางภูมิศาสตร์และสรูปร่างอากาศ ในชั้นบรรยากาศมาตรฐานจะอ้างอิงค่าอุณหภูมิและความดันตามระดับความสูงที่เปลี่ยนแปลง ที่ระดับน้ำทะเล อุณหภูมิมาตรฐาน 15 °C ที่ความดันบาโรเมตริกมาตรฐาน 101.325 kPa อุณหภูมิจะลดลงแบบเชิงเส้น ขณะเพิ่มระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล จนทะลุผ่านชั้นบรรยากาศโทรโปสเฟียร์ (Troposphere ซึ่งเป็นชั้นบรรยากาศต่ำที่สุด) และจะเป็นค่าคงที่ ณ ขอบเขตรอยต่อโทรโปพอส (Tropopause) ก่อนถึงชั้นบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ (Stratosphere) ในชั้นบรรยากาศโทรโปสเฟียร์ (Troposphere) ประกอบด้วยอากาศแห้งทางปฏิบัติ เรียกว่าก๊าซสมบูรณ์ มีแรงดึงดูดโลกเป็นค่าคงที่ขนาด  $9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$  [2] ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลมาตรฐานของชั้นบรรยากาศ (Atmosphere) ที่ระดับความสูงต่างๆ

| Altitude (m) | Temperature (°C) | Pressure (kPa) |
|--------------|------------------|----------------|
| -500         | 18.2             | 107.478        |
| 0            | 15.0             | 101.325        |
| 500          | 11.8             | 95.461         |
| 1,000        | 8.5              | 89.874         |
| 2,000        | 2.0              | 79.495         |
| 3,000        | -4.5             | 70.108         |
| 4,000        | -11.0            | 61.640         |
| 5,000        | -17.5            | 54.020         |
| 6,000        | -24.0            | 47.181         |
| 7,000        | -30.5            | 41.061         |
| 8,000        | -37.0            | 35.600         |
| 9,000        | -43.5            | 30.742         |
| 10,000       | -50.0            | 26.436         |

Data adapted from NASA (1976)

- 2) เทอร์โมไดนามิกของน้ำอิมตัว (Thermodynamic Properties of Moist Air) ค่าเอนทัลปีและเอนโทรปีของน้ำอิมตัว กำหนดให้มีค่าเป็น 0 ที่จุด Triple point (0.01°C) ที่อุณหภูมิของน้ำระหว่างจุด Triple point กับจุด Critical point สถานะทั้งสอง (ของเหลวหรือไอน้ำ) จะปรากฏร่วมกันอย่างสมดุล เรียกสถานะทั้งสองนี้ว่าของเหลวอิมตัวและไอน้ำอิมตัว ในการหาคุณสมบัติของค่าความชื้นอากาศทางปฏิบัติ ต้องการใช้ความดันไอน้ำอิมตัว และอัตราส่วนความชื้นอิมตัวค่าดังกล่าวหาได้จาก ตารางเทอร์โมไดนามิกส์ของน้ำอิมตัว หรือคำนวณจากสมการของ Hyland and Wexler (1983b) [3]

ความดันไออิ่มตัวของน้ำ (ของเหลว) สำหรับอุณหภูมิย่าน 0 ถึง 200°C คือ

$$\ln(p_{ws}) = \frac{C_1}{T} + C_2 + C_3 + T + C_4 \times T^2 + C_5 \times T^3 + C_6 \times \ln(T) \quad (3)$$

เมื่อ  $C_1 = -5.800\ 220\ 6\ E + 03$

$$C_2 = -5.516\ 256\ 0\ E + 00$$

$$C_3 = -4.864\ 023\ 9\ E - 02$$

$$C_4 = 4.176\ 476\ 8\ E - 05$$

$$C_5 = -1.445\ 209\ 3\ E - 08$$

$$C_6 = 6.545\ 967\ 3$$

$\ln$  คือ ล็อกธรรมชาติ (natural logarithm)

$p_{ws}$  คือ ความดันไออิ่มตัว, Pa

$T$  คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์,  $T = t + 273.15$

Coefficients ของสมการ (3) คือ ( $C_1$  ถึง  $C_6$ ) วิเคราะห์ที่ได้มาโดย Hyland and Wexler 1983b [3]

- 3) ตัวแปรความชื้น (Humidity parameters) อัตราส่วนความชื้น (Humidity ratio) คือ ความชื้นที่อยู่หรือผสมอยู่ กำหนดให้  $W$  แทนความชื้นอากาศที่สู่มมา เท่ากับ อัตราส่วนของมวลของไอน้ำต่อมวลของอากาศแห้ง ที่บรรจุในตัวอย่างที่สู่มมา จะได้

$$W = \frac{M_w}{M_a} \quad (4)$$

อัตราส่วนความชื้น  $W$  เท่ากับอัตราส่วนโมล (Mole fraction ratio) คือ  $X_w/X_a$  คูณด้วย อัตราส่วนมวลโมเลกุล (Molecular masses) คือ  $18.01528/28.9645 = 0.62198$  จะได้

$$W = 0.62198 \frac{X_w}{X_a} \quad (5)$$

ความชื้นจำเพาะ  $q$  (Specific humidity) คือ อัตราส่วนของมวลของไอน้ำ ต่อมวลทั้งหมดของอากาศชื้นที่สู่มมา จะได้

$$q = \frac{M_w}{(M_w + M_a)} \quad (6a)$$

เมื่อคูณด้วย  $\frac{(1/M_a)}{(1/M_a)}$  จะได้

$$q = \frac{M_w}{(M_w + M_a)} \times \frac{(1/M_a)}{(1/M_a)}$$

เมื่อ  $W = \frac{M_w}{M_a}$  จึงเขียนในเทอมของอัตราส่วนความชื้นได้ดังนี้

$$q = \frac{W}{(1+W)} \quad (6b)$$

- 4) ตัวแปรความชื้นที่นำไปสู่การอิ่มตัว (Humidity parameter involving saturation) จากนิยามของตัวแปรความชื้น ซึ่งจะนำไปสู่แนวความคิดของอากาศชื้นอิ่มตัวจะได้ อัตราส่วนความชื้นอิ่มตัว  $M_s(t,p)$  เป็นอัตราส่วนความชื้นของอากาศชื้นอิ่มตัวซึ่งพร้อมจะเป็นหยดน้ำ (หรือลูกเห็บ) ที่อุณหภูมิ  $t$  และความดัน  $p$  เดียวกัน ดังนั้น ระดับขั้นการอิ่มตัว (Degree of saturation:  $\mu$ ) คือ อัตราส่วนของ อัตราส่วนอากาศชื้น  $W$  ต่ออัตราส่วนอากาศชื้นที่อิ่มตัว  $W_s$  ที่อุณหภูมิ  $t$  และความดัน  $p$  เดียวกัน

$$\mu = \frac{W}{W_s} \quad (7)$$

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)  $\phi$  คืออัตราส่วนโมล (Mole fraction) ของไอน้ำ  $X_w$  ในอากาศที่สุ่มมาต่อโมล (Mole fraction) ของไอน้ำอิ่มตัว ( $X_{ws}$ ) ในอากาศที่สุ่มมา ที่อุณหภูมิ  $t$  และความดัน  $p$  เดียวกัน

$$\phi = \frac{X_w}{X_{ws}} \quad (8)$$

- 5) ความสัมพันธ์ของก๊าซสมบูรณ์สำหรับอากาศแห้งและอากาศชื้น (Perfect Gas Relationships for Dry and Moist Air) เมื่อพิจารณาอากาศชื้นจากส่วนประกอบของก๊าซสมบูรณ์คืออากาศแห้งและไอน้ำ แต่ละส่วนประกอบมีสมมุติฐานตามสมการก๊าซสมบูรณ์ดังนี้

Dry air  $p_a \times V = n_a RT \quad (9)$

Water vapor  $p_w \times V = n_w RT \quad (10)$

เมื่อ  $p_a$  คือ ความดันบางส่วนของอากาศแห้ง (Partial pressure of dry air), Pa

$p_w$  คือ ความดันบางส่วนของไอน้ำในอากาศ (Partial pressure of water vapor), Pa

$V$  คือ ปริมาตรรวมของส่วนประกอบทั้งหมด,  $m^3$

$n_a$  คือ จำนวนของโมลของอากาศแห้ง

$n_w$  คือ จำนวนของโมลของไอน้ำ

$R$  คือ ค่าคงที่ของก๊าซ,  $8314.41 \text{ J}/(\text{kg mol K})$

$T$  คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์, K

รวมสมการ (9) และ (10) เป็นสมการก๊าซสมบูรณ์

$$pV = nRT \quad (11)$$

หรือ  $(p_a + p_w) \times V = (n_a + n_w) \times RT \quad (12)$

เมื่อ  $p = p_a + p_w$  คือ ความดันของส่วนประกอบทั้งหมด

$n = n_a + n_w$  คือ จำนวนทั้งหมดของโมลของส่วนประกอบ

จากสมการ (9) ถึง (12) Mole fractions ของอากาศแห้งและไอน้ำกำหนดไว้ดังนี้

Dry air 
$$X_a = \frac{p_a}{p_a + p_w} = \frac{p_a}{p} \quad (13)$$

Water vapor 
$$X_w = \frac{p_w}{p_a + p_w} = \frac{p_w}{p} \quad (14)$$

จากสมการ (5), (13) และ (14) จะได้อัตราส่วนความชื้น  $W$  ที่ (15)

สมการ (5) 
$$W = 0.62198 \frac{X_w}{X_a}$$

นำสมการ (13), (14) แทนค่า 
$$W = 0.62198 \frac{(p_w/p)}{(p_a/p)}$$

$$W = 0.62198 \frac{p_w(1/p)}{p_a(1/p)}$$

เมื่อ  $p = p_a + p_w$  จะได้ 
$$W = 0.62198 \frac{p_w}{p - p_w} \quad (15)$$

เมื่อระดับชั้นอิมิตัว Degree of saturation ( $\mu$ ) คือ  $\mu = \frac{W}{W_s} = 1$  จากนิยามสมการที่ (7) เมื่อ  $p_w$  เพิ่มขึ้นเท่ากับ  $p_{ws}$  จะได้

$$W_s = 0.62198 \frac{p_w}{p - p_w} \quad (16)$$

ในเทอมของ  $p_{ws}$  ความดันอิมิตัวของไอน้ำที่ไม่เกิดในอากาศ ณ อุณหภูมิที่ให้ ( $t$ ) ความดัน  $p_{ws}$  เป็นเพียงฟังก์ชันของอุณหภูมิเท่านั้น และแตกต่างเพียงเล็กน้อยจากความดันไอน้ำของน้ำใน ความชื้นอากาศอิมิตัว

ความชื้นสัมพัทธ์  $\phi$  จากนิยามในสมการ (8)

$$\phi = \frac{X_w}{X_{ws}}$$

แทนค่าสมการ (14) ด้วย  $X_w$  และ  $X_{ws}$  คือ

$$X_w = \frac{p_w}{p}$$

$$X_{ws} = \frac{p_{ws}}{p}$$

ดังนั้น

$$\phi = \frac{p_w/p}{p_{ws}/p}$$

$$\phi = \frac{p_w}{p_{ws}}$$

เมื่อแปลงเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์

$$\phi = \frac{p_w}{p_{ws}} \times 100 \quad \% \quad (17)$$

ปริมาตรจำเพาะ  $v$  ของส่วนประกอบความชื้นอากาศที่แสดงในเทอมหน่วยของมวลของอากาศแห้ง

$$v = \frac{V}{M_a} = \frac{V}{28.96n_a} \quad m^3/kg \quad (18)$$

เมื่อ  $V$  คือ ปริมาตรทั้งหมดของส่วนประกอบ,  $m^3$   
 $M_a$  คือ มวลทั้งหมดของอากาศแห้ง, kg  
 $n_a$  คือ จำนวนของโมลของอากาศแห้ง

จากสมการ (9) และ (18) ซึ่งสัมพันธ์กับ  $p = p_a + p_w$

$$\text{สมการ (9)} \quad p_a \times V = n_a RT$$

$$\frac{p_a \times V}{RT} = n_a$$

$$\text{สมการ (18)} \quad v = \frac{V}{28.96 n_a}$$

$$\text{แทนค่า } n_a \text{ ในสมการ (18)} \quad v = \frac{V}{28.96 \frac{p_a \times V}{RT}}$$

$$v = \frac{RT}{28.96 p_a}$$

$$v = \frac{RT}{28.96(p - p_w)}$$

เมื่อ  $R = 8314.41$  universal gas constant, (J/(kg mol K))

$$R_a = 8314.41/28.9645 = 287.055, \text{ (J/(kg mol K))}$$

$$v = \frac{RT}{28.96(p - p_w)} = \frac{R_a T}{(p - p_w)} \quad m^3/\text{kg} \quad (19)$$

ใช้สมการที่ (15)

$$W = 0.62198 \frac{p_w}{p - p_w}$$

$$W(p - p_w) = 0.62198 p_w$$

$$Wp = (0.62198 + W)p_w$$

$$\frac{Wp}{(0.62198 + W)} = p_w$$

นำ  $p_w$  แทนสมการ (19) จะได้

$$v = \frac{RT}{28.9645 \left( p - \frac{Wp}{(0.62198 + W)} \right)}$$

$$v = \frac{RT(0.62198 + W)}{28.9645((0.62198 + W)p - Wp)}$$

$$v = \frac{RT(0.62198 + W)}{28.9645(0.62198p)}$$

$$v = \frac{RT \left( 1 + \frac{W}{0.62198} \right) 0.62198}{28.9645(0.62198p)}$$

$$v = \frac{RT(1+1.6078W)}{28.9645p}$$

ดังนั้น 
$$v = \frac{RT(1+1.6078W)}{28.9645p} = \frac{R_a T(1+1.6078W)}{p} \quad \text{m}^3/\text{kg} \quad (20)$$

เมื่อ  $v$  คือ ปริมาตรจำเพาะ, เมื่อ  $v$  คือ ปริมาตรจำเพาะ,  $\text{m}^3/\text{kg}$

$R$  คือ ค่าคงที่ของก๊าซสมบูรณ์ 8314.41 Universal gas constant, (J/(kg mol K))

$R_a$  คือ ค่าคงที่ของก๊าซสำหรับอากาศแห้ง  $8314.41/28.9645 = 287.055$ , (J/(kg mol K))

$T$  คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์, K

$p$  คือ ความดันรวม, 101.325 kPa

$W$  คือ อัตราส่วนความชื้น

เอนทัลปีของส่วนประกอบของก๊าซสมบูรณ์เท่ากับผลรวมของแต่ละส่วนของเอนทัลปีของส่วนประกอบนั้น ดังนั้นเอนทัลปีของความชื้นอากาศสามารถเขียนได้ดังนี้

$$h = h_a + Wh_g \quad (21)$$

เมื่อ  $h$  คือ เอนทัลปีของความชื้นอากาศ, kJ/kg

$h_a$  คือ เอนทัลปีจำเพาะสำหรับอากาศแห้ง, kJ/kg

$h_g$  คือ เอนทัลปีจำเพาะสำหรับไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิของส่วนประกอบ, kJ/kg

$W$  คือ อัตราส่วนความชื้น

ค่าโดยประมาณของ  $h_a$  และ  $h_g$  เป็นดังนี้

$$h_a = 1.006t \quad \text{kJ/kg} \quad (22)$$

$$h_g = 2501 + 1.805t \quad \text{kJ/kg} \quad (23)$$

เมื่อ  $t$  คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งหน่วยองศา, °C

ค่าเอนทัลปีของความชื้นอากาศจากสมการ (21) เมื่อนำ สมการ (22) และ (23) แทนค่าสมการ (21) จะได้

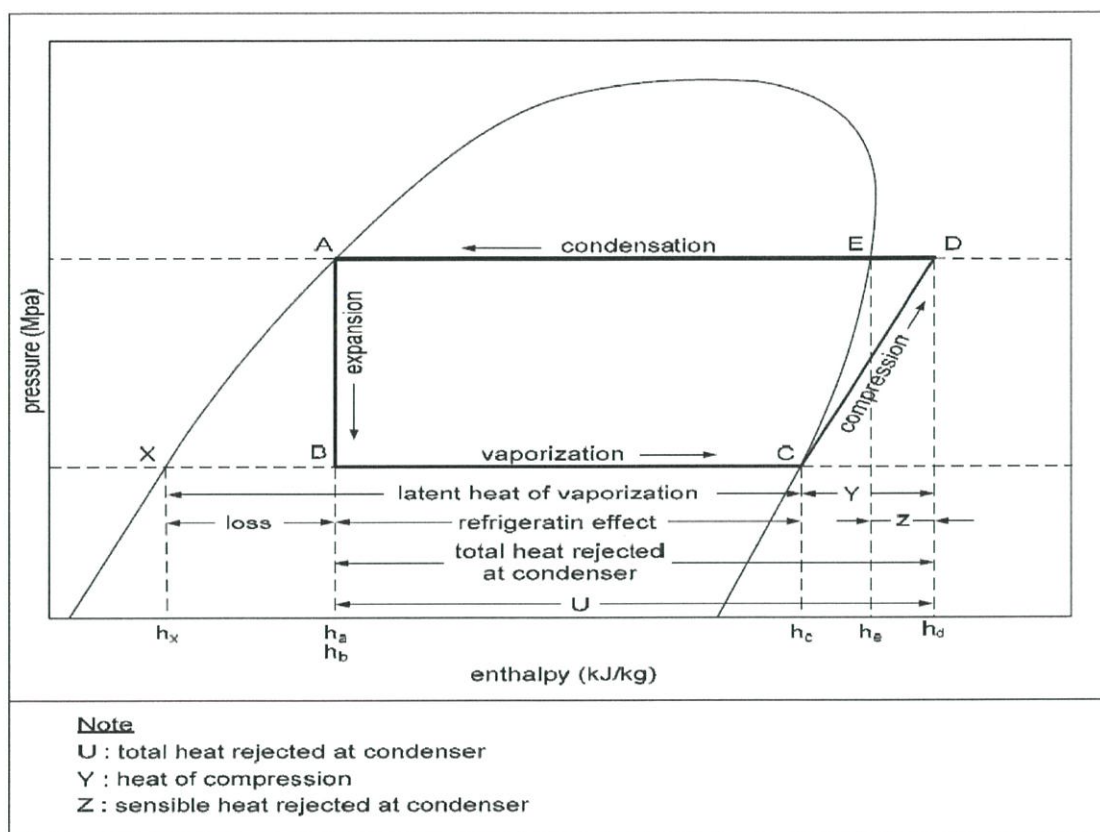
$$h = 1.006t + W(2501 + 1.805t) \quad \text{kJ/kg} \quad (24)$$

เมื่อ  $h$  คือ เอนทัลปีของความชื้นอากาศ, kJ/kg

$T$  คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง, °C

$W$  คือ อัตราส่วนความชื้น

- 6) วัฏจักรทำความเย็น วัฏจักรทำความเย็นสำหรับศึกษาระบบทำความเย็น กำหนดให้สารทำความเย็นที่ไหลผ่านอุปกรณ์หลักในระบบทำความเย็นอยู่ในสภาวะอิ่มตัวและอธิบายโดยแผนรูปมอลเลียร์รูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงวัฏจักรทำความเย็นทางทฤษฎีที่เขียนลงบนแผนรูปมอลเลียร์

- ขบวนการขยายตัว (Expansion process) เกิดขึ้นจากการทำงานของลิ้นลดความดัน (ช่วง A-B) โดยเริ่มจากสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นของเหลวอิ่มตัวจากคอนเดนเซอร์ ไหลผ่านลิ้นลดความดันเกิดการขยายตัวแบบ Adiabatic expansion (ไม่มีการเพิ่มหรือลดความร้อนให้กับสารทำความเย็นและค่าเอนทัลปีคงที่) แต่ผลของการลดความดันจะทำให้สารทำความเย็นส่วนหนึ่งเปลี่ยนสถานะเป็นไอโดยยังไม่เกิดความเย็นขึ้น (พิจารณารูปที่ 2.1) [4]
- ขบวนการกลายเป็นไอ (Vaporizing process) เกิดขึ้นเมื่อสารทำความเย็นผ่านคอยล์เย็น (ช่วง B-C) ซึ่งจะมีการดูดความร้อนเข้าระบบทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะเป็นไอตามขบวนการกลายเป็นไอ อุดมภูมิและความดันคงที่ (Isothermal and Isobaric process) สารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์เย็นจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำอิ่มตัว (พิจารณารูปที่ 2.1) [4]
- ขบวนการของการอัดตัว (Compression process) เกิดจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (ช่วง C-D) ซึ่งไอน้ำอิ่มตัวจากคอยล์เย็นจะถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้น ตามขบวนการไอเซนทรอปิก (Constant entropy) หรือแอดิยาติกแบบไม่มีความเสียด (Frictionless

adiabatic process) ผลจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์จะทำให้ความดันของสารทำความเย็นเพิ่มสูงขึ้นและค่าเอนทัลปีเพิ่มขึ้นเท่ากับปริมาณความร้อนที่เทียบเท่ากับพลังงานกลที่ทำการอัดไอ (พิจารณารูปที่ 2.1) [4]

- ขบวนการควบแน่น (Condensing process) เกิดขึ้นเมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านคอนเดนเซอร์ โดยในช่วงแรกสารทำความเย็นจะระบายความร้อนออกเพื่อลดอุณหภูมิจากสถานะไอร้อนยิ่งยวดเปลี่ยนเป็นไออิ่มตัวก่อน (ช่วง D-E) เป็นการลดความร้อนแฝง (Latent heat) ที่จุด E สารทำความเย็นเป็นไออิ่มตัว คอนเดนเซอร์ทำหน้าที่ลดความร้อนสัมผัส (Sensible heat) ใน (ช่วง E-A) จากนั้นสารทำความเย็นจะควบแน่นจนเป็นของเหลวอิ่มตัวที่จุด (พิจารณารูปที่ 2.1) [4]
- 7) ความสามารถทำความเย็น ( $Q$ ) คือความเย็นได้ที่คอยล์เย็นต่อชั่วโมงโดยเป็นค่าเปรียบเทียบระหว่างผลของพลังงานความร้อนของอากาศที่เปลี่ยนแปลง ระหว่างอากาศเย็นจากช่องลมจ่าย (ลมเย็นไหลออกจากระบบทำความเย็น) กับอากาศร้อนจากช่องลมกลับ (ลมร้อนไหลเข้าระบบทำความเย็น) ต่อชั่วโมง มีสมการดังนี้

$$Q = \frac{V}{v} (h_r - h_s) \quad (25)$$

เมื่อ ค่าคงที่ 3.968 Btu = 4.187 kJ [4]

แปลงหน่วยเป็น Btu/hr จะได้

$$Q = \frac{3.968V}{4.18v} (h_r - h_s) \quad (26)$$

เมื่อ  $Q$  คือ ความสามารถทำความเย็น, Btu/hr

$V$  คือ ปริมาตรลมไหลผ่านแฟนคอยล์,  $m^3$ /hr

$v$  คือ ปริมาตรจำเพาะสำหรับความชื้นอากาศ,  $m^3$ /kg

$h_r$  คือ ค่าเอนทัลปีของอากาศด้านช่องลมกลับ, kJ/kg

$h_s$  คือ ค่าเอนทัลปีของอากาศด้านช่องลมจ่าย, kJ/kg

3.968 Btu = 4.187 kJ เป็นค่าคงที่ที่ใช้แปลงหน่วย kJ เป็น Btu

- 8) สัมประสิทธิ์สมรรถนะ  $COP$  (Coefficient of performance) คือค่าใช้แสดงประสิทธิภาพของการทำความเย็น โดยเป็นค่าเปรียบเทียบระหว่างผลของความเย็นที่ได้ต่อกำลังงานที่ให้กับระบบ

$$COP = \frac{\text{ความเย็นที่ได้ที่คอยล์เย็น}}{\text{กำลังงานในรูปของความร้อนที่ให้อุปกรณ์ทำความเย็น}} = \frac{\text{Refrigerating effect}}{\text{Compression work}}$$

จากแผ่นรูปมอลเลียร์ รูปที่ 2.1 จะได้

$$COP = \frac{h_c - h_b}{h_d - h_c}$$

ในขบวนการอัดตัว (Compression process) ค่าเอนทัลปีของสารทำความเย็นเพิ่มขึ้นเท่ากับปริมาณความร้อนที่เทียบเท่ากับพลังงานกลที่ทำการอัดไอนี้ จะได้

$$COP = \frac{h_c - h_b}{3.41266 P_e} = \frac{Q}{3.41266 P_e}$$

$$COP = \frac{Q}{3.41266 P_e}$$

เมื่อ  $h_c - h_b$  คือ พลังงานความร้อนที่ถูกดึงเข้าระบบทำความเย็นหรือเป็นความเย็นที่ได้จากระบบทำความเย็น (Refrigerating effect), (kJ/kg)  
 $P_e$  คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ, (W)  
 $Q$  คือ ความสามารถทำความเย็น, Btu/hr  
 ค่าคงที่ 3.14266 Btu = 1 Watt [6]

- 9) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน  $EER$  (Energy Efficiency Ratio) ใช้อ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศตามมาตรฐาน มอก. 1155-2536 มีการกำหนดระดับแสดงประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศออกเป็น 5 ระดับตามมาตรฐาน มอก. 1155-2536 [5]

สมการหาค่า EER คือ

$$EER = \frac{\text{ความเย็นที่ได้ที่คอยล์เย็น}}{\text{กำลังงานที่ให้คอมเพรสเซอร์}}$$

จากแผ่นรูปมอลเลียร์จะได้

$$EER = \frac{h_c - h_b}{P_e} = \frac{Q}{P_e}$$

$$EER = \frac{Q}{P_e} \quad (28)$$

- เมื่อ  $h_c - h_b$  คือ พลังงานความร้อนที่ถูกดึงเข้าระบบทำความเย็นหรือเป็นความเย็นที่ได้จากระบบทำความเย็น, (kJ/kg)
- $P_e$  คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ, (W)
- $Q$  คือ ความสามารถทำความเย็น, (Btu/hr)

10) ตัวอย่างประยุกต์ใช้ทฤษฎีเพื่อหาอัตราส่วนประสิทธิภาพรูปเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ณ ห้อง FA ตึกภาคการวัดคุมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังซึ่งมีเครื่องหมายการค้า Central Air แรงดันไฟฟ้า 230 โวลต์ 1 เฟส ดำเนินการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเบื้องต้นได้ดังนี้

- กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ  $P_e = 2119$  W
- อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศด้านลมจ่าย  $t_s = 12.93$  °C
- ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศด้านลมจ่าย  $RH_s = 70.89$  %
- ความเร็วลมของอากาศด้านลมจ่าย  $S = 5.77$  m/s
- พื้นที่หน้าตัดช่องลมด้านลมจ่าย  $0.07 \times 0.90$  m<sup>2</sup>
- อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศด้านลมกลับ  $t_r = 24.88$  °C
- ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศด้านลมกลับ  $RH_r = 43.32$  %

### วิธีการคำนวณ

คำนวณหาค่าตัวแปรด้านลมจ่าย

แปลงค่า  $t_s = 10.738$  °C เป็นอุณหภูมิองศาเคลวิน K จากสมการ (29)

$$T = t + 273.15 \quad K \quad (29)$$

แทนค่า  $t_s$  ใน  $t$

$$T = 12.93 + 273.15$$

อุณหภูมิด้านลมจ่าย  $T = 286.08 \text{ K}$

คำนวณหาค่าความดันไอน้ำอิ่มตัว  $P_{ws}$  จากสมการ (3)

$$\ln(p_{ws}) = \frac{C_1}{T} + C_2 + C_3 \times T + C_4 \times T^2 + C_5 \times T^3 + C_6 \times \ln(T) \quad (3)$$

$$\ln(p_{ws}) = \frac{C_1}{286.08} + C_2 + C_3 \times 286.08 + C_4 \times 286.08^2 + C_5 \times 286.08^3 + C_6 \times \ln(286.08)$$

$$\ln(p_{ws}) = 0.3994236287$$

$$p_{ws} = e^{0.3994236287}$$

ความดันไอน้ำอิ่มตัว  $p_{ws} = 1.4909651 \text{ kPa}$

คำนวณหาค่าความดันบางส่วนของไอน้ำ  $p_w$  จากสมการ (17)

$$\phi = \frac{p_w}{p_{ws}} \times 100 \quad \% \quad (17)$$

แทนค่า  $\phi$  ด้วย  $RH_s = 70.89 \%$  และ  $p_{ws} = 1.4909651 \text{ kPa}$

$$\frac{70.89}{100} = \frac{p_w}{1.4909651}$$

$$1.05694516 = p_w$$

ความดันบางส่วนของไอน้ำ

$$p_w = 1.05694516$$

คำนวณหาค่าอัตราส่วนความชื้น  $W$  จากสมการ (15)

$$W = 0.62198 \frac{p_w}{p - p_w} \quad (15)$$

$p$  กำหนดให้เท่ากับความดันชั้นบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลคือ 101.325 kPa และ

$$p_w = 1.05694516 \text{ kPa} \text{ จะได้}$$

$$W = 0.62198 \frac{1.05694516}{101.325 - 1.05694516}$$

อัตราส่วนความชื้น

$$W = 6.556412725 \times 10^{-3}$$

คำนวณหาค่าเอนทัลปีด้านลมจ่ายจากสมการ (24)

$$h = 1.006t + W(2501 + 1.805t) \quad (24)$$

แทนค่า  $t$  ด้วย  $t_s = 12.93$  °C และ  $W = 6.556412725 \times 10^{-3}$  kPa จะได้

$$h_s = 1.006 \times 12.93 + 6.556412725 \times 10^{-3} (2501 + 1.805 \times 12.93)$$

ค่าเอนทัลปีด้านลมจ่าย  $h_s = 29.55818605$  kJ/kg

คำนวณหาปริมาตรจำเพาะ  $v$  จากสมการ (20)

$$v = \frac{RT(1+1.6078W)}{28.9645p} \quad m^3/kg \quad (20)$$

แทนค่า  $T$  ด้วย  $T = 888.283$  K และ  $W = 6.2020584 \times 10^{-3}$  จะได้

$$v = \frac{8314.41 \times 286.08 (1 + 1.6078 \times 6.556412725 \times 10^{-3})}{28.9645 \times 101.325 \times 10^3}$$

ปริมาตรจำเพาะ  $v = 819.0122471 \times 10^{-3} \text{ m}^3/kg$

คำนวณหาปริมาตรลมไหลผ่านช่องลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศ  $V$  จากสมการ (29)

$$V = 3600 \times S \times A \quad m^3/kg \quad (29)$$

แทนค่า  $S$  ด้วย  $S = 5.77 \text{ m/s}$ , และ  $A = 0.07 \times 0.90 \text{ m}^2$  จะได้

$$V = 3600 \times 5.77 \times 0.07 \times 0.90$$

ปริมาตรลมไหล  $V = 1.308636 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$

คำนวณหาค่าตัวแปรด้านลมกลับ

แปลงค่า  $t_r = 24.88 \text{ }^\circ\text{C}$  เป็นอุณหภูมิองศาเคลวิน K จากสมการ (29)

จากสมการ  $T = t + 273.15 \text{ K}$  (29)

แทนค่า  $t_r$  ใน  $t$   $T = 24.88 + 273.15$

อุณหภูมิด้านลมกลับ  $T = 298.03 \text{ K}$

คำนวณหาค่าความดันไอน้ำอิ่มตัว  $p_{ws}$  จากสมการ (3)

$$\ln(p_{ws}) = \frac{C_1}{T} + C_2 + C_3 T + C_4 \times T^2 + C_5 \times T^3 + C_6 \times \ln(T) \quad (3)$$

$$\ln(p_{ws}) = \frac{C_1}{298.03} + C_2 + C_3 298.03 + C_4 \times 298.03^2 + C_5 \times 298.03^3 + C_6 \times \ln(298.03)$$

$$\ln(p_{ws}) = 1.146327366$$

$$p_{ws} = e^{1.146327366}$$

ความดันไอน้ำอิ่มตัว  $p_{ws} = 3.146615296 \text{ kPa}$

คำนวณหาค่าความดันบางส่วนของไอน้ำ  $p_w$  จากสมการ (17)

$$\phi = \frac{p_w}{p_{ws}} \times 100 \quad \% \quad (17)$$

แทนค่า  $\phi$  ด้วย  $RH_s = 43.32\%$  และ  $p_{ws} = 3.146615296$  kPa

$$\frac{43.32}{100} = \frac{p_w}{3.146615296}$$

$$1.363113746 = p_w$$

ความดันบางส่วนของไอน้ำ  $p_w = 1.363113746$

คำนวณหาค่าอัตราส่วนความชื้น  $W$  จากสมการ (15)

$$W = 0.62198 \frac{p_w}{p - p_w} \quad (15)$$

$p$  กำหนดให้เท่ากับความดันชั้นบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลคือ 101.325 kPa

และ  $p_w = 1.363113746$  kPa จะได้

$$W = 0.62198 \frac{1.363113746}{101.325 - 1.363113746}$$

อัตราส่วนความชื้น

$$W = 8.481527505 \times 10^{-3}$$

คำนวณหาค่าเอนทัลปีด้านลมจ่ายจากสมการ (24)

$$h = 1.006t + W(2501 + 1.805t) \quad (24)$$

แทนค่า  $t$  ด้วย  $t_r = 24.88$  °C และ  $W = 8.481527505 \times 10^{-3}$  kPa จะได้

$$h_r = 1.006 \times 24.88 + 8.481527505 \times 10^{-3} (2501 + 1.805 \times 24.88)$$

ค่าเอนทัลปีด้านลมจ่าย  $h_r = 46.62247212$  kJ/kg

คำนวณหาความสามารถทำความเย็น  $Q$  จากสมการ (26)

$$Q = \frac{3.968V}{4.18v} (h_r - h_s) \quad \text{Btu/hr} \quad (26)$$

แทนค่า  $V$  ด้วย  $V = 1.308636 \times 10^3 \text{ (m}^3/\text{hr)}$  และ  $v = 819.0122471 \times 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{kg)}$   
และ  $h_s = 29.55818605 \text{ (kJ/kg)}$  และ  $h_r = 46.62247212 \text{ (kJ/kg)}$  จะได้

$$Q = \frac{3.968 \times 1.308636 \times 10^3}{4.18 \times 819.0122471 \times 10^{-3}} (46.62247212 - 29.55818605)$$

$$Q = 25.88284265 \times 10^3$$

คำนวณหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะ  $COP$  (Coefficient of performance)

จากสมการ (27)

$$COP = \frac{Q}{3.41266P_e}$$

แทนค่า  $Q = 25.88284265 \times 10^3 \text{ Btu/hr}$  และ  $P_e = 2119\text{W}$

$$COP = \frac{25.88284265 \times 10^3}{3.41266 \times 2119}$$

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

$$COP = 3.579216702$$

คำนวณหาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน  $EER$  (Energy efficiency ratio)

จากสมการ (28)

$$EER = \frac{Q}{P_e} \quad (28)$$

แทนค่า  $Q = 25.88284265 \times 10^3 \text{ Btu/hr}$  และ  $P_e = 2119\text{W}$

$$EER = \frac{25.88284265 \times 10^3}{2119}$$

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

$$EER = 12.21464967$$

### เปรียบเทียบหาระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

พิจารณาจากตารางที่ 2.2 ตามมาตรฐาน มอก. 1155-2536. ได้ระดับอัตราส่วนประสิทธิภาพ พลังงาน  
 $EER = 12.21464967 \text{ ((Btu/hr)/W)}$  เทียบเท่าหมายเลขฉลากประหยัดพลังงานเบอร์ 5

11) สรุปสมการที่ใช้หาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

- สมการ (29) ใช้แปลงค่าอุณหภูมิ  $^{\circ}\text{C}$  เป็นอุณหภูมิ K

$$T = t + 273.15 \quad \text{K} \quad (29)$$

- สมการ (3) ใช้คำนวณหาค่าความดันไออิ่มตัว  $p_{ws}$  (หน่วย kPa)

$$\ln(p_{ws}) = \frac{C_1}{T} + C_2 + C_3 + T + C_4 \times T^2 + C_5 \times T^3 + C_6 \times \ln(T) \quad (3)$$

- สมการ (17) ใช้คำนวณหาค่าความดันบางส่วนของไอน้ำ  $p_w$  (หน่วย kPa)

$$\phi = \frac{p_w}{p_{ws}} \times 100 \quad \% \quad (17)$$

- สมการ (15) ใช้คำนวณหาอัตราส่วนความชื้น  $W$  (หน่วย ไม่มี)

$$W = 0.62198 \frac{p_w}{p - p_w} \quad (15)$$

- สมการ (24) ใช้คำนวณหาค่าเอนทัลปี  $h$  (หน่วย kJ/kg)

$$h = 1.006t + W(2501 + 1.805t) \quad (24)$$

- สมการ (20) ใช้คำนวณหาปริมาตรจำเพาะ  $v$  (หน่วย  $\text{m}^3/\text{kg}$ )

$$v = \frac{RT(1+1.6078W)}{28.9645p}$$

- สมการ (29) ใช้คำนวณหาปริมาตรลมไหลผ่านช่องลมจ่าย  $V$  (หน่วย  $m^3/hr$ )

$$V = 3600 \times S \times A$$

- สมการ (26) ใช้คำนวณหาความสามารถทำความเย็น  $Q$  (หน่วย Btu/hr)

$$Q = \frac{3.968V}{4.18v} (h_r - h_s) \quad \text{Btu/hr}$$

- สมการ (27) ใช้คำนวณหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะ  $COP$  (หน่วย ไม่มี)

$$COP = \frac{Q}{3.41266P_e}$$

- สมการ (28) ใช้คำนวณหาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน  $EER$  (หน่วย (W) Btu/hr)

$$EER = \frac{Q}{P_e}$$

- นำค่า  $EER$  ไปเทียบตารางที่ 2-2 เพื่อหาระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศหรือหมายเลขฉลากประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

## 2.2 มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน

มอก. ได้มีการทดสอบและรับรองประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน ให้เป็นไปตาม มอก. 1155 – 2536 ซึ่งใช้วิธีการคำนวณตามสถาบัน ASHRAE [5,6,7,8] โดยวิธีการวัดดังนี้

### 2.2.1 วิธีการบันทึกข้อมูลเพื่อทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

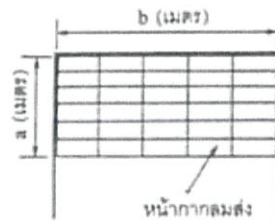
ให้เครื่องปรับอากาศทำงานที่ภาระสูงสุดภายใต้สภาวะดังนี้

- 1) ปรับตั้งระดับความแรงของพัดลมไปที่ตำแหน่งแรงสุด (High speed)
- 2) ปรับตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัทไว้ที่ตำแหน่ง  $24^\circ\text{C}$  ถึง  $25^\circ\text{C}$
- 3) ตรวจสอบไม่ให้มีสิ่งกีดขวางช่องทางลมทางด้านช่องลมจ่าย
- 4) คอยให้อุณหภูมิห้องอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสมดุลที่  $24^\circ\text{C}$  ถึง  $25^\circ\text{C}$  ใช้เวลาประมาณ 15 นาที

### 2.2.2 ข้อมูลที่ต้องการบันทึก

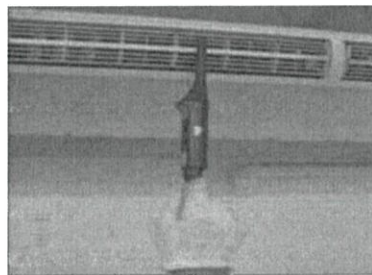
- 1) ขนาดความกว้างและความยาวของช่องลมจ่าย วัดขนาดความกว้างและความยาวของช่องลมจ่ายด้วยตลับเมตร เพื่อใช้คำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัด  $A$  ( $m^2$ ) ของช่องลมจ่ายของ

เครื่องปรับอากาศโดยใช้ตลับเมตรวัดความกว้างและความยาวของหน้ากากช่องลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศ จากนั้นคำนวณหาพื้นที่ของหน้ากากลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการวัดพื้นที่หน้ากากช่องลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศ

- 2) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง  $t_s$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) และความชื้นสัมพัทธ์  $RH_s$  (%) ของอากาศด้านลมจ่าย ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้านลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศ

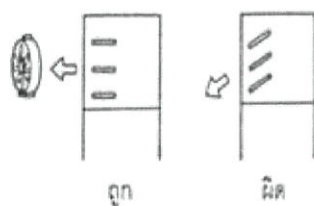
- 3) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง  $t_r$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) และความชื้นสัมพัทธ์  $RH_r$  (%) ของอากาศด้านลมกลับดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้านลมกลับของเครื่องปรับอากาศ

- 4) ความเร็วลม  $v$  (m/s) ของอากาศที่ออกจากช่องลมจ่าย วัดความเร็วลมของอากาศที่ออกจากช่องลมจ่าย โดยนำเครื่องวัดความเร็วลมไปกั้นทางลมที่พัดออกจากเครื่องปรับอากาศ

และให้หัววัดความเร็วลมตั้งฉากกับทิศทางลมที่ไหลผ่านหน้ากากช่องลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 2.5 แสดงการวัดความเร็วลมด้านช่องลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศ

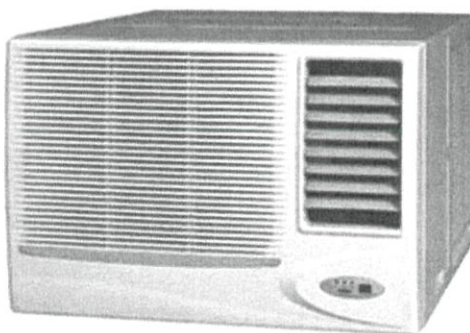
เนื่องจากกระแสลมที่ไหลผ่านหน้ากากช่องลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศไม่เท่ากันตลอดทั้งพื้นที่ของหน้ากากช่องลมจ่าย ดังนั้นจะต้องทำการวัดหลายๆ แห่งตลอดทั้งแนวหน้ากากช่องลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศอย่างน้อย 3 ตำแหน่ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยความเร็วลมของช่องลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศ

- 5) วัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศในช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน (ส่วนของคอมเพรสเซอร์รวมกับส่วนของพัดลม)

## 2.3 ชนิดของเครื่องปรับอากาศ

### 2.3.1 แบบติดหน้าต่าง (Window Type) [9]

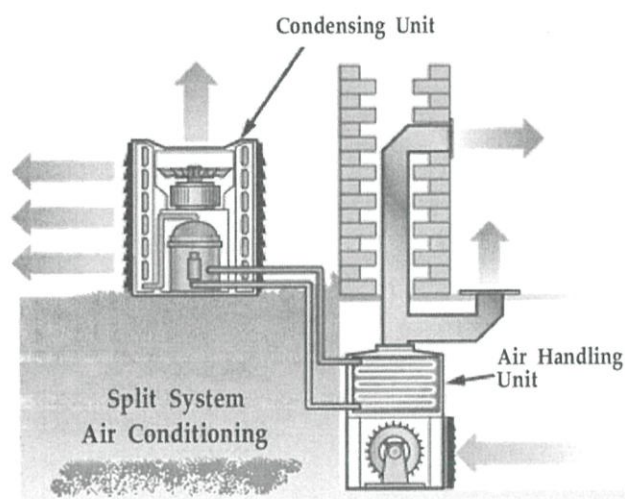
เป็นแบบที่รวมทุกสิ่งทุกอย่างไว้ในกล่อง ๆ เดียว และติดแขวนไว้ที่ ช่องหน้าต่าง หรือผนังห้อง เป่าลมเย็นเข้าห้อง โผล่กัน ออกมาระบายความร้อน มีขนาด 8,000 - 30,000 BTU. หรือ 7-25 ตัน กินไฟค่อนข้างมาก และมีเสียงดังกว่าทุกระบบ แต่สะดวกในการติดตั้ง สะดวกในการเคลื่อนย้าย ติดตั้งรวดเร็ว มีความสะดวกในการใช้งานและสามารถตรวจสอบแก้ไขการทำงานได้ง่าย เพราะชิ้นส่วนต่างๆถูกครอบไว้ภายใต้โครงสร้างเดียวกันภายในโครงของเครื่องปรับอากาศจะประกอบด้วยอุปกรณ์การทำงานหลัก 2 ส่วนคืออุปกรณ์หลักทางวงจรสารทำความเย็นและอุปกรณ์หลักทางวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 2.6 แสดงเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง

### 2.3.2 แบบแยกส่วน (Split Type) [9]

เป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากที่สุด แยกส่วนที่เป่าลมเย็น ออกจาก ตัวเครื่องระบายความร้อน ขนาดตั้งแต่ 1-50 ตัน (ขนาด 1-3 ตัน มักไม่มีการ ต่อท่อลม ไปจ่ายหลาย ๆ จุด แต่หากมากกว่านั้นอาจมีการต่อท่อลมออกจากส่วนเป่าลม ไปจ่ายหลาย ๆ จุด) แอร์ระบบแยกส่วนนี้ ดีตรงที่ไม่ค่อยมีเสียงดัง (เพราะเครื่องระบายความร้อน โดนแยกออกไปวางไว้ที่อื่น) แต่จะยุ่งยาก ในการติดตั้งมากกว่า ระบบติดหน้าต่าง เพราะต้องคำนึงถึง การเดินท่อระหว่างเครื่องที่แยกส่วนเครื่องปรับอากาศ ชนิดแยกส่วนกับชนิดหน้าต่างมีอุปกรณ์และการทำงานเหมือนกันทุกอย่างเพียงแต่ชนิดแยกส่วนจะมีการแยกระบบออกจากกันเป็นสองชุดคือหน่วยทำควบแน่น (Condensing Unit)และหน่วยจ่ายลม (Air Handling Unit) ดังรูป 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงส่วนประกอบภายในเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน และทิศทางการไหลเวียนของอากาศ

หน่วยจ่ายลมจะประกอบไปด้วยคอยล์เย็นและลิ้นขยายตัวโดยทั่วไปจะถูกวางอยู่ในโครงกล่องพัดลมที่อยู่ในหน่วยจ่ายลมจะเป่าอากาศให้ผ่านคอยล์เย็นออกไปสู่ห้องโดยตรงหรืออาจจะผ่านท่อลม (Ducts) เพื่อให้กระจายลมไปสู่ส่วนอื่น ๆ ก็ได้หน่วยจ่ายลมอาจจะติดตั้งอยู่ที่พื้นห้องแขวนไว้กับผนังหรือฝังอยู่ที่พื้นห้องก็ได้

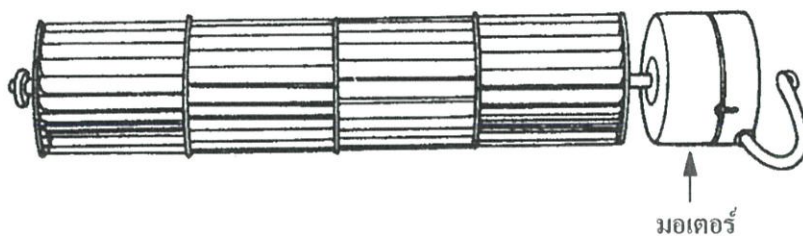
หน่วยทำควบแน่นจะประกอบไปด้วยคอยล์ร้อนและคอมเพรสเซอร์รวมทั้งอุปกรณ์ควบคุมที่เหลืออื่นๆบรรจุอยู่ในโครงกล่องซึ่งจะติดตั้งไว้บริเวณด้านนอกของห้อง ในที่โล่งเพื่อช่วยให้ระบายความร้อน ไปสู่อากาศได้ดีรูปร่างของหน่วยทำควบแน่นอาจจะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมหรือทรงกระบอกดังรูปที่ 2.7 ก็ได้ภายในจะมีพัดลมทำหน้าที่เป่าระบายความร้อนออกจากคอยล์ร้อนเนื่องจากหน่วยทำควบแน่นเป็นส่วนที่ต้องตั้งอยู่ภายนอกห้องซึ่ง มีสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นชิ้นส่วน

และอุปกรณ์ที่ใช้สร้างต้องมีความทนทานสูง ด้วยเหตุนี้ เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน จึงค่อนข้างทนทาน ราคาไม่สูงมาก และมีเสียงค่อนข้างเงียบ (เนื่องจากอุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนไหวถูกนำไปไว้ในห้องหมด) เพราะเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน มีการแยกระบบ ออกเป็นสองส่วนจึงสามารถเพิ่มขนาดของคอยล์และคอมเพรสเซอร์อันจะเป็นการขยายขนาดของการทำความเย็นให้สูงขึ้นได้เนื่องด้วยไม่ถูกจำกัดด้วยพื้นที่ติดตั้งเหมือนกับเครื่องปรับอากาศชนิดหน้าต่าง

#### 1) ส่วนประกอบหลักของหน่วยจำหน่ายลม

- คอยล์เย็น (Evaporator) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการให้สารทำความเย็นไหลผ่านแล้วดูดความร้อนจากอากาศภายในห้องผ่านผิวของคอยล์เย็นเพื่อเปลี่ยนสถานะกลับไปเป็นไอเหมือนเดิมทำให้อุณหภูมิรอบๆ คอยล์เย็นลดต่ำลง
- เทอร์โมสแตติกเอกซ์แพนชันวาล์ว (Thermostatic Expansion Valve) หรือลิ้นลดความดันแบบอุณหภูมิ สถิตทำหน้าที่ลดความดันและควบคุมการไหลของสารทำความเย็นแบบเทอร์โมสแตติกนี้นิยมใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเพราะควบคุมอัตราการไหลได้ดี
- ท่อลิควิดเป็นท่อที่ไปต่อเข้ากับหน่วยทำความเย็นที่ เป็นของเหลวเดินทางผ่านเข้าไปยังลิ้นลดความดัน
- ท่อซัคชั่นเป็นอีกท่อหนึ่งที่ไปต่อเข้ากับหน่วยทำความเย็นตรงทางดูดของคอมเพรสเซอร์ให้ไอสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำเดินทางผ่านเข้าคอมเพรสเซอร์
- มอเตอร์พัดลมสำหรับหน่วยจำหน่ายลมไม่ว่าจะเป็นแบบใดจะใช้มอเตอร์พัดลมแบบ 2 แกนหมุนใบพัดหว่านเพื่อดูดเอาอากาศภายในห้องมาเป่าผ่านคอยล์เย็นกลับไปหมุนเวียนภายในห้อง
- ใบพัดมีหน้าที่ดูดเอาอากาศหมุนเวียนกระจายความเย็นภายในห้องอาจจะเป็นแบบกรงกระรอกหรือแบบเซอร์รอกโก (แบบที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศชนิดหน้าต่างก็ได้) สำหรับหน่วยจำหน่ายลมของเครื่องปรับอากาศแบบติดผนังรุ่นใหม่ๆจะถูกออกแบบให้มีลักษณะบางดั่งนั้นใบพัดจึงต้องมีขนาดเล็กลงแต่เพื่อให้ได้ปริมาณลมที่ดูดผ่านคอยล์เย็นเท่าเดิมจึงออก

แบบให้ยาวขึ้นเรียกใบพัดแบบนี้ว่าแบบครอสโฟลว์ (Cross-flow Fan) ดังรูปที่ 2.8 โดยใช้มอเตอร์แบบแกนเดียวในการหมุน



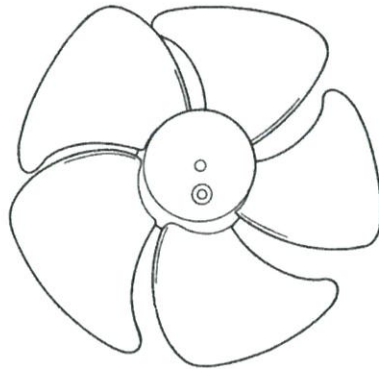
รูปที่ 2.8 แสดงใบพัดแบบครอสโฟลว์

- ภาตรองน้ำหยด จะแขวนอยู่บริเวณด้านล่างของหน่วยจำหน่ายลม เมื่อไอน้ำในอากาศควบแน่นเป็นหยดน้ำรอบ ๆ คอยล์เย็น เมื่อมีจำนวนมากขึ้นก็หยดลงสู่ภาตรองและไหลออกไปตามรูของท่อเข้าไปทิ้งภายนอก ซึ่งเป็นการลดความชื้นในอากาศภายในห้องให้อยู่ในสภาวะพอเหมาะ
- ฟิลเตอร์กรองอากาศติดตั้งอยู่ที่ทางลมกลับ สำหรับกรองฝุ่นละอองของอากาศในห้องไม่ให้เข้าไปอุดตันในครีบบของคอยล์เย็น มีลักษณะเป็นตะแกรงกรองโลหะ หรือใยสังเคราะห์ ก็ได้
- สวิตช์ควบคุมการทำงานของเครื่อง เช่น ควบคุมความเร็วของพัดลม ตั้งอุณหภูมิที่ต้องการ เป็นต้น

## 2) ส่วนประกอบหลักของหน่วยทำความเย็น

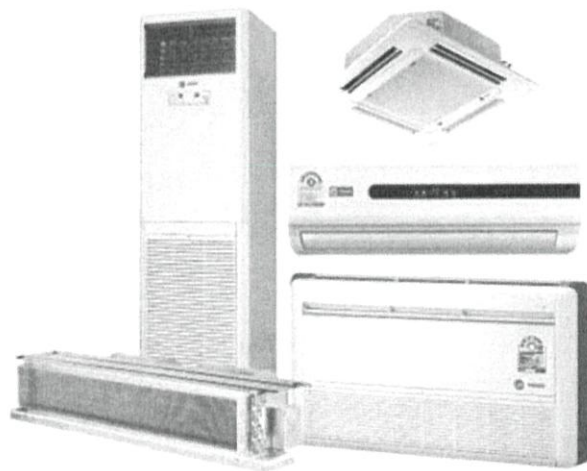
- คอมเพรสเซอร์ สำหรับเครื่องปรับอากาศชนิดหน้าต่างจะเป็นแบบ เฮอร์มาติก ซึ่งส่วนของมอเตอร์และอุปกรณ์ที่อัดไอจะอยู่ในตัวเรือนเดียวกันที่เชื่อมปิดมิดชิด โดยจะมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบลูกสูบและแบบโรตารี เหมือนเครื่องปรับอากาศชนิดหน้าต่าง
- คอยล์ร้อน ขดท่อทองแดงสอดสลัดด้วยครีบบเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยมีพัดลมพัดผ่านเพื่อช่วยในการระบาย
- มอเตอร์พัดลม ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากคอยล์ร้อน ดังนั้นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจึงมีมอเตอร์พัดลม 2 ตัว อยู่ในหน่วยจำหน่ายลมและหน่วยทำความเย็นอย่างละตัว ต่างจากเครื่องปรับอากาศชนิดหน้าต่างซึ่งมีเพียง 1 ตัว

- ใบพัดลม จะเป็นใบพัดลมแบบธรรมดา ดังรูปที่ 4 เหมือนกับใบพัดลมระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง



รูปที่ 2.9 ใบพัดแบบธรรมดา

- วาล์วบริการ (Service Valve) ในหน่วยทำความเย็นจะมีวาล์วบริการอยู่ 2 ตัวอยู่ที่ท่อลิควิดและท่อซัคชั่นท่อละตัว
- กล่องควบคุมไฟฟ้า (Electric Control Unit, ECU) ภายในบรรจุด้วยอุปกรณ์ควบคุมการทำงานทางไฟฟ้าเช่นแม่กเนติกคอนแทกเตอร์โอเวอร์โวลต์รีเลย์คาปาซิเตอร์สตาร์ทคาปาซิเตอร์รันเป็นต้น



รูปที่ 2.10 แสดงเครื่องปรับอากาศชนิดต่าง ๆ

### 2.3.3 แบบเครื่องชนิดทำน้ำเย็น (Water Chiller) [9]

ซึ่งใช้น้ำเป็นตัวกลางในการผลิตความเย็น ใช้สำหรับ อาคารใหญ่ ๆ มีขนาดตั้งแต่ 100 ตันขึ้นไป มีความยุ่งยากในการติดตั้ง แต่จะกินไฟ น้อยกว่าชนิดอื่น สำหรับแอร์ระบบ ที่เรียกกันว่า Central Air นั้น ส่วนใหญ่ จะหมายถึงแอร์ระบบสุดท้าย เพราะมี จุดเครื่องระบายความร้อนจุดเดียว แต่ส่งผ่านไปหลายจุด ทั่วทั้งอาคาร แต่บางครั้งแอร์ระบบ Split Type ใหญ่ ๆ ที่ส่งลมเย็นไปได้หลาย ๆ จุด ก็อาจจะเรียกว่าเป็น Central Air ได้เหมือนกัน การเดินท่อระหว่างหน่วยทาควบแน่นและหน่วย ปลายทาง จะซับซ้อนและมีระยะมากขึ้น จนเกินขอบเขตที่ระบบจะทำงานได้สมบูรณ์ (เนื่องจากท่อที่มี ขนาดยาวเกินไป เป็นสาเหตุให้การหล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์กระทำได้อย่างมาก) อีกทั้งต้องใช้สารทาควบ ความเย็นจำนวนมากในการที่จะสร้างความเย็นให้ได้ทั่วทั้งอาคารจากข้อจำกัดนี้จึงได้นำระบบน้ำ หล่อเย็นเข้ามาใช้ร่วมกับเครื่องปรับอากาศ

### 2.4 HMI Touchscreen [9]

HMI Touchscreen คือ การใช้งานร่วมกันระหว่างPLC Programming กับเครื่อง คอมพิวเตอร์ จึง เรียกว่า HMI (Human Machine Interface) โดยนำคอมพิวเตอร์มาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ ในการติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับเครื่องจักร เพื่อควบคุมและเป็นจอแสดงผล HMI รวมไปถึง SCADA เกิดจากความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องการเข้าไปควบคุมระบบที่ PLC เป็นตัวควบคุมอยู่โดย HMIนั้น จะเป็นการนำข้อมูลจาก PLC ส่งผ่านโครงข่ายของการสื่อสารแบบต่างๆ และทำการรวบรวม ข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เข้าด้วยกัน และสามารถสั่งการได้โดยผู้เชี่ยวชาญ

งานอุตสาหกรรมในปัจจุบันเกือบทุกประเภทจะมีระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ PLC เป็นตัว ควบคุมและจะต้องใช้งานร่วมกัน กับ HMI โดยใช้HMI เป็นตัวสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ Module PLC หรือจอแสดงผลต่างๆ โดยให้ PLC สั่งงาน ไปที่เครื่องจักรอีกที เพื่อนำไปใช้งานกับ เครื่องจักรต่างๆใน Line ผลิต โดยที่ทาง Energy Scope เลือกใช้ HMI ที่เชื่อมต่อกับ PLC ต่างๆได้ ทุกยี่ห้อผ่านทางCommunication Port(RS485,RS232,MODBUS,PROFIBUS,ETHERNET) และยังสามารถเชื่อมต่อกับพอร์ต USB ได้โดยตรง ทำให้มีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น

#### 2.4.1 คุณสมบัติของ HMI ในส่วนของ Hardware

1. Communicate (การสื่อสาร) สามารถสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์อื่นๆ ในลักษณะ แบบดิจิทัล โดยมีรูปแบบของสัญญาณให้เลือกหลายแบบ และสามารถสื่อสาร ข้อมูลกับอุปกรณ์ต่างๆ ทุกยี่ห้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถต่อได้ทั้งอุปกรณ์ PLC, Meter, Controller และอีกมากมายตามการใช้งานประเภทต่างๆ โดย อุปกรณ์HMI เพียงตัวเดียวก็สามารถควบคุม หรืออ่านค่าตัวอุปกรณ์ตรวจวัดอื่น ๆ

ที่ต่อเชื่อมอยู่ได้อย่างง่ายดาย ผ่านการเชื่อมต่อทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต, Lan หรือ Wireless

2. Collect (การเก็บค่า) สามารถเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตต่างๆใน รูปแบบไฟล์ Excel รวมไปถึงการเข้าถึงข้อมูล (Data logger) ผ่านทาง Web Browserได้อย่างง่ายดาย ทำให้สะดวกในการทราบข้อมูล แม้ไม่ได้อยู่ที่หน้างานไลน์ผลิต
3. Connect (การเชื่อมต่อ)สามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานในการดูค่าหรือควบคุมกระบวนการผลิตจากระยะไกล โดยการเชื่อมต่อผ่านมือถือ หรือแท็บเล็ต
  - ใช้เว็บเบราว์เซอร์มาตรฐานตัวใดก็ได้ในการดูค่าหรือควบคุมโดยหน้าจอแสดงผลโชว์หน้าตาเสมือนว่าอยู่ตรงหน้า
  - สามารถส่งข้อความ SMS หรือ email แจ้งเตือนให้กับบุคคลที่เกี่ยวข้อง
  - สามารถดูค่าที่หน้าจอ, ค่าที่บันทึกไว้ในMemory Card หรือควบคุมแก้ไขเปลี่ยนค่าได้แม้ไม่ได้อยู่ที่หน้างาน

## 2.5 พอร์ตอนุกรม RS-232, RS-422 และ RS-485 [10]

### 2.5.1 มาตรฐานRS-232

เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมที่มีคนนิยมใช้มากที่สุด กำหนดโดย EIA (Electronics Industry Association) หรือสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ของอเมริกา ตั้งแต่ปี 1969 โดยมีจุดเริ่มต้นจากความต้องการที่จะกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็มในสมัยนั้น ตัวมาตรฐานจะกำหนดสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อนี้ด้วยกันทั้งหมด 4 หัวข้อหลักๆ ด้วยกันคือ

1. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณ
2. คุณสมบัติทางกลของการเชื่อมต่อ ซึ่งหมายถึงตัวคอนเน็กเตอร์นั่นเอง
3. หน้าทีการทำงานของวงจรสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูล
4. มาตรฐานการเชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารเฉพาะอย่าง

มาตรฐาน RS-232-C เป็นมาตรฐาน RS-232 ที่มีการปรับปรุงแก้ไขจากมาตรฐานเดิม ซึ่งเราอาจคุ้นเคยกับชื่อนี้มากกว่า RS-232-A หรือ RS-232-B อันที่จริงแล้วยังมีมาตรฐาน RS-232-D ที่ใหม่กว่า RS-232-C โดยที่มีการเพิ่มข้อกำหนดของคอนเน็กเตอร์แบบ DB เข้าไปด้วย เช่น DB-25 ซึ่งในขณะนั้นสิทธิบัตรของตัวคอนเน็กเตอร์แบบนี้ได้หมดอายุลงพอดี จึงสามารถรวมข้อกำหนดเข้าไว้ได้

ลักษณะโดยทั่วไปของการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 คือเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบจุดต่อจุด ซึ่งเดิมทีเป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็ม ซึ่งจริงๆแล้ว

ทั้งสองฝั่งจะเป็นอะไรก็ได้ การสื่อสารเป็นแบบสองทางพร้อมกัน (Full-duplex) โดยอาจใช้สายสัญญาณอื่นร่วมเพื่อทำแฮนด์เชค (Hand-shake) หรือไม่ได้ มาตรฐาน RS-232 จำกัดความยาวสายไว้ที่ 50 ฟุต (หรือประมาณ 15 เมตร) สำหรับการส่งสัญญาณที่ความเร็ว 19,200 บิตต่อวินาที โดยที่ความยาวสายจะต้องสั้นลงถ้าต้องการสื่อสารที่ความเร็วสูงขึ้น และถ้ามีสัญญาณรบกวนมากๆ เช่นในโรงงาน หรือบริเวณใกล้เครื่องจักรที่เป็นแบบมีการสวิตซ์สัญญาณไฟฟ้าที่กระแสวิกๆ ก็จะทำให้ต้องมีการลดความเร็วในการส่งสัญญาณลงหรือใช้สายที่สั้นลง

### 2.5.2 มาตรฐาน RS-422 หรือ RS-422-A

ถูกกำหนดขึ้นโดยสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์หรือEIA เช่นเดียวกันกับมาตรฐาน RS-232 โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะแก้ปัญหาเรื่องความยาวของสายสื่อสารโดยใช้การส่งสัญญาณแบบผลต่าง (Differential) แทนที่จะใช้การส่งสัญญาณแบบอ้างอิงกับจุดกราวด์ (หรือสายดิน) เช่นเดียวกันกับ RS-232 การส่งสัญญาณแบบ Differential นี้ช่วยลดปัญหาสัญญาณรบกวนจาก 2 ปัจจัยด้วยกัน ได้แก่ ปัญหาแรงดันกราวด์ 2 ฝั่งสายไม่เท่ากัน อันเกิดจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายกราวด์ที่ยาวมากๆ ก่อให้เกิดความต่างศักย์ และปัญหาสัญญาณรบกวนที่เกิดจากแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำในสาย

โดยหากสายไฟฟ้าใช้ถูกตีเกลียวและวางไว้ใกล้กัน เมื่อมีแรงดันเหนี่ยวนำจะปรากฏแรงดันรบกวนบนสายทั้งสองเท่าๆ กันเป็นผลให้ ตัวรับที่อ่านความต่างศักย์ระหว่างสายอ่านข้อมูลได้เช่นเดิม ทั้งสองปัจจัยนี้เองเป็นสาเหตุที่ทำให้ความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนของการสื่อสารแบบ RS-232 ต่ำกว่า RS-422) ตามมาตรฐาน RS-422 นี้จะใช้สายสัญญาณทั้งหมด 4 เส้น (2 เส้นสำหรับการส่งสัญญาณ และอีก 2 เส้นสำหรับรับสัญญาณ) และสามารถใช้ความยาวสายสัญญาณได้ถึง 4,000 ฟุต (หรือ 1.2 กม.) ที่ความเร็ว 100,000 บิตต่อวินาที และการสื่อสารเป็นแบบ 2 ทางพร้อมกัน (Full Duplex)

### 2.5.3 มาตรฐาน RS-485

กำหนดโดยสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์หรือEIA เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อสัญญาณแบบอนุกรม (Serial Communication) มีลักษณะการเชื่อมต่อเป็นแบบหลายจุด (Multi-point) หรือ Multi-drop สายสัญญาณที่ใช้มีทั้งแบบที่เป็น 2 สายและแบบที่เป็น 4 สาย การต่อแบบหลายจุดนี้ทำให้สามารถมองสายสัญญาณเป็นบัสนำสัญญาณได้ (Signal Bus) จำนวนคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่สามารถอยู่บน RS-485 บัสหนึ่งถูกกำหนดไว้ที่ 32 ตัว

ในกรณีที่ต้องการเพิ่มจะต้องมีตัวทวนสัญญาณ (Signal Repeater) หรือใช้ตัวส่ง - รับสัญญาณที่มีอิมพีแดนซ์ (ความต้านทานเสมือน) สูงขึ้น ซึ่งเราอาจเพิ่มจำนวนจุดเชื่อมต่อขึ้นได้ถึง 128 จุด ความยาวของสายสัญญาณตามมาตรฐาน RS-485 นี้สามารถยาวได้ถึง 1.2 กม เช่นเดียวกับมาตรฐาน RS-422 แต่การสื่อสารจะเป็นแบบสองทางไม่พร้อมกัน (Half Duplex) มีเพียงคอมพิวเตอร์

หรืออุปกรณ์ตัวเดียวเท่านั้น ที่สามารถส่งสัญญาณออกได้ ณ เวลาหนึ่ง ๆ ส่วนที่เหลือจะเป็นผู้รับสัญญาณ หรือผู้ฟัง

## 2.6 Modbus protocol [11]

เป็นการสื่อสารโดยการส่งข้อมูลไปตามสายสัญญาณ Serial ระหว่างอุปกรณ์ โดยวิธีการสื่อสารที่ง่ายที่สุดคือการต่อสายสัญญาณ Serial ระหว่าง Master หนึ่งตัวกับ Slave หนึ่งตัว ข้อมูลจะถูกส่งต่อเนื่องกันไปด้วยสัญญาณ 0 หรือ 1 ซึ่งเราเรียกว่า Bit โดยแต่ละบิตจะอยู่ในรูปแบบแรงดัน (Voltage) โดย 0 จะแทนด้วยแรงดันด้านบวกและ 1 แทนด้วยแรงดันด้านลบ ทำให้สัญญาณ Bit ถูกส่งไปด้วยความเร็ว ความเร็วที่ใช้งานโดยทั่วไปคือ 9600 bps (bits per second)

โปรโตคอลมอดบัส เป็นการสื่อสารข้อมูลในลักษณะ Master/Slave ซึ่งเป็นการสื่อสารจากอุปกรณ์แม่ (Master) เครื่องเดียว โดยส่วนใหญ่มักเป็นซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์แสดงผล HMI ไปยังอุปกรณ์ลูก (Slave) ได้หลาย ๆ เครื่อง โดยสามารถกำหนดหมายเลขอุปกรณ์ได้สูงสุด 255 เครื่อง โดยมีลักษณะการส่งข้อมูล 2 แบบ คือ ข้อมูลแบบแอสกี (ASCII) และ ข้อมูลแบบเลขฐาน 2 (Binary) ในโปรโตคอล MODBUS ที่สื่อสารข้อมูลแบบ ASCII จะเรียกว่า MODBUS ASCII และโปรโตคอล MODBUS ที่สื่อสารข้อมูลแบบเลขฐาน 2 จะเรียกว่า MODBUS RTU ทำให้มีความแตกต่างในการกำหนดค่าพอร์ตสื่อสาร

### 2.6.1 Modbus โหมด RTU

เฟรมข้อมูลในโหมด RTU ประกอบด้วยข้อมูลแสดงตำแหน่งแอดเดรส 1 ไบต์, หมายเลขฟังก์ชัน 1 ไบต์, ข้อมูลที่ทำการรับส่งจำนวนมากสุดไม่เกิน 252 ไบต์ และรหัสตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแบบ CRC (Cyclical Redundancy Checking) ขนาด 2 ไบต์ ค่า CRC นี้เป็นค่าที่คำนวณมาจากข้อมูลทุกไบต์ ไม่รวมบิต Start, Stop และ Parity Check โดยที่ตัว Slave ตัวที่ส่งข้อมูลออกมาจะสร้างรหัส CRC แล้วส่งตามท้ายไบต์ข้อมูลออกมา หลังจากนั้นเมื่อ Master ได้รับเฟรมข้อมูลและถอดข้อมูลออกจากเฟรมแล้วจะทำการคำนวณค่า CRC ตามสูตรเดียวกับ Slave เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า CRC ทั้ง 2 ค่าว่าตรงกันหรือไม่ หากไม่ตรงกันแสดงว่าเกิดความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล

ในโหมด RTU การรับส่งข้อมูล 1 ไบต์ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลส่วนใดภายในเฟรมจะต้องทำการส่งบิตข้อมูลรวม 11 บิต คือ บิตเริ่มต้น (Start) 1 บิต, บิตข้อมูล 8 บิต, บิตตรวจสอบ Parity ของข้อมูล 1 บิตและบิตหยุด 1 บิต (Stop) 1 บิต หรือหากเลือกแบบไม่มีบิต Parity ก็จะเป็นแบบ Stop แทน 2 บิต สำหรับการกำหนดให้มีบิต Parity นั้น สามารถเลือกเป็นแบบคู่ (Even Parity) หรือคี่ (Odd Parity) ก็ได้ และหากต้องการออกแบบให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ที่มีใช้กันทั่วไปมากที่สุด ควรเลือกแบบคู่โดยที่สามารถปรับเปลี่ยนเป็นแบบคี่หรือไม่มีการตรวจสอบ Parity (No Parity)

## 2.7 แอปพลิเคชันบนมือถือ (Mobile application) [12]

### 2.7.1 ประเภทของแอปพลิเคชันบนมือถือ

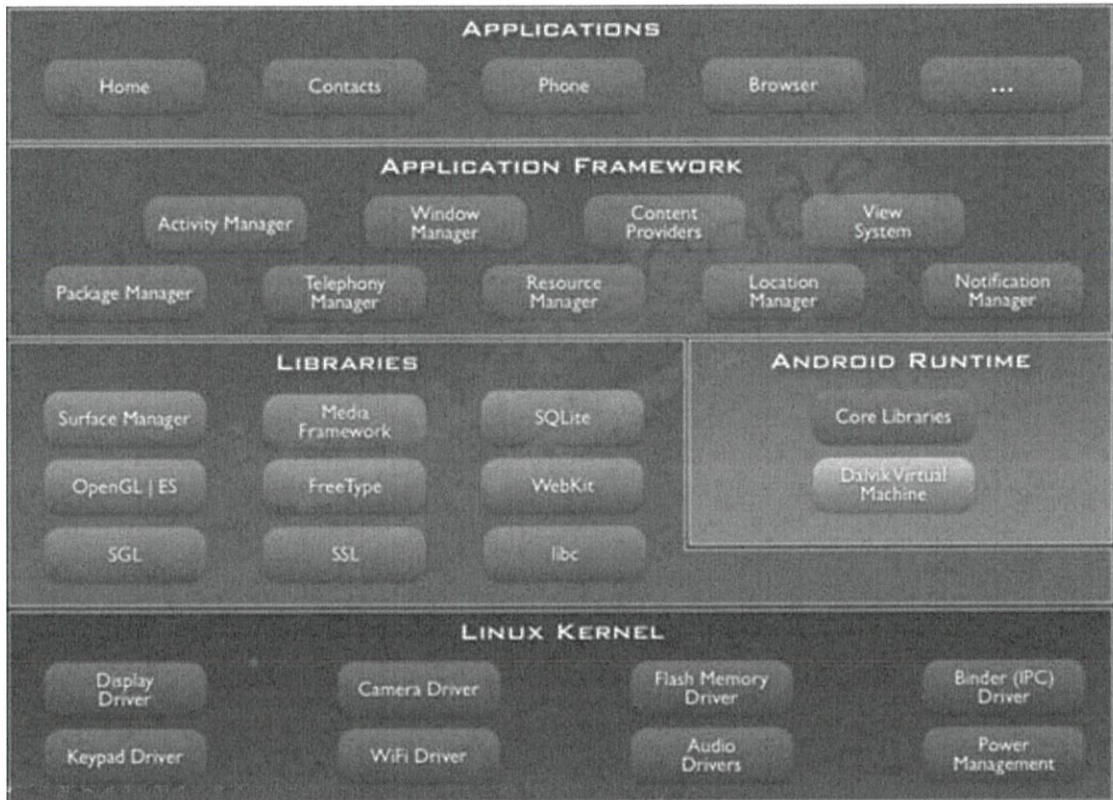
1. Native App คือ Application ที่ถูกพัฒนามาด้วย Library (ชุดคำสั่ง) หรือ SDK (เครื่องมือที่เอาไว้สำหรับพัฒนาโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน) ของ OS Mobile นั้นๆ โดยเฉพาะ อาทิ Android ใช้ Android SDK, iOS ใช้ Objective c, Windows Phone ใช้ C# เป็นต้น
2. Hybrid Application คือ Application ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยจุดประสงค์ ที่ต้องการให้สามารถ รันบนระบบปฏิบัติการการได้ทุก OS โดยใช้ Framework (ชุดคำสั่ง) เข้าช่วย เพื่อให้สามารถทำงานได้ทุกระบบปฏิบัติการ
3. Web Application คือ Application ที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อเป็น Browser สำหรับการใช้งานเว็บเพจต่าง ๆ ซึ่งถูกปรับแต่งให้แสดงผลแต่ส่วนที่จำเป็น เพื่อเป็นการลดทรัพยากรในการประมวลผล ของตัวเครื่องสมาร์ตโฟน หรือ แท็บเล็ต ทำให้โหลดหน้าเว็บไซต์ได้เร็วขึ้น อีกทั้งผู้ใช้งานยังสามารถใช้งานผ่าน อินเทอร์เน็ตและ อินทราเน็ต ในความเร็วต่ำได้

## 2.8 แอนดรอยด์ (Android)

แอนดรอยด์ (Android) คือระบบปฏิบัติการแบบเปิดเผยซอร์ฟแวร์ต้นฉบับ (Open Source) โดยบริษัท กูเกิ้ล (Google Inc.) ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีจำนวนมาก อุปกรณ์มีหลากหลายระดับ หลายราคา รวมทั้งสามารถทำงานบนอุปกรณ์ที่มีขนาดหน้าจอ และความละเอียดแตกต่างกันได้ ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกได้ตามต้องการ และหากมองในทิศทางสำหรับนักพัฒนาโปรแกรม (Programmer) แล้วนั้น การพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ไม่ใช่เรื่องที่ยาก เพราะมีข้อมูลในการพัฒนา รวมทั้ง Android SDK (Software Development Kit) เตรียมไว้ให้กับนักพัฒนาได้เรียนรู้ และเมื่อนักพัฒนาต้องการจะเผยแพร่หรือจำหน่ายโปรแกรมที่พัฒนาแล้วเสร็จ แอนดรอยด์ก็ยังมีตลาดในการเผยแพร่โปรแกรม ผ่าน Android Market

### 2.8.1 โครงสร้างของแอนดรอยด์

การทำความเข้าใจโครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญเพราะ ถ้านักพัฒนาโปรแกรม สามารถมองภาพโดยรวมของระบบได้ทั้งหมด จะให้สามารถเข้าใจถึงกระบวนการทำงานได้ดียิ่งขึ้น และสามารถนำไปช่วยในการออกแบบโปรแกรมที่ต้องการพัฒนา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน



รูปที่ 2.11 แสดงสถาปัตยกรรมของแอนดรอยด์

จากโครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จะสังเกตได้ว่า มีการแบ่งออกมาเป็นส่วน ๆ ที่มีความเกี่ยวเนื่องกัน โดยส่วนบนสุดจะเป็นส่วนที่ผู้ใช้งานทำการติดต่อโดยตรง ซึ่งก็คือส่วนของ (Applications) จากนั้นก็จะลำดับลงมาเป็นองค์ประกอบอื่น ๆ ตามลำดับ และสุดท้ายจะเป็นส่วนที่ติดต่อกับอุปกรณ์โดยผ่านทาง Linux Kernel โครงสร้างของแอนดรอยด์ พอที่จะอธิบายเป็นส่วนๆได้ดังนี้

- 1) Applications ส่วน Application หรือส่วนของโปรแกรมที่มีมากับระบบปฏิบัติการ หรือเป็นกลุ่มของโปรแกรมที่ผู้ใช้งานได้ทำการติดตั้งไว้ โดยผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้โปรแกรมต่างๆได้โดยตรงซึ่งการทำงานของแต่ละโปรแกรมจะเป็นไปตามที่ผู้พัฒนา โปรแกรมได้ออกแบบและเขียนโค้ดโปรแกรมเอาไว้
- 2) Application Framework เป็นส่วนที่มีการพัฒนาขึ้น เพื่อให้ให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาโปรแกรมได้สะดวก และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยนักพัฒนาไม่จำเป็นต้องพัฒนาในส่วนที่มีความยุ่งยากมากๆ เพียงแค่ทำการศึกษาถึงวิธีการเรียกใช้งาน Application Framework ในส่วนที่ต้องการใช้งาน แล้วนำมาใช้งาน ซึ่งมีหลายกลุ่มด้วยกัน ตัวอย่างเช่น
  - Activities Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่ง ที่จัดการเกี่ยวกับวงจรการทำงานของ หน้าต่างโปรแกรม (Activity)

- Content Providers เป็นกลุ่มของชุดคำสั่ง ที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลของโปรแกรมอื่น และสามารถแบ่งปันข้อมูลให้โปรแกรมอื่นเข้าถึงได้
  - View System เป็นกลุ่มของชุดคำสั่ง ที่เกี่ยวกับการจัดการโครงสร้างของหน้าจอที่แสดงผลในส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface)
  - Telephony Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่ง ที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลด้านโทรศัพท์ เช่น หมายเลขโทรศัพท์ เป็นต้น
  - Resource Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่ง ในการเข้าถึงข้อมูลที่เป็น ข้อความ, รูปภาพ
  - Location Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่ง ที่เกี่ยวกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ที่ระบบปฏิบัติการได้รับค่าจากอุปกรณ์
  - Notification Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่ง ที่จะถูกเรียกใช้เมื่อโปรแกรม ต้องการแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน ผ่านทางแถบสถานะ(Status Bar) ของหน้าจอ
- 3) Libraries เป็นส่วนของชุดคำสั่งที่พัฒนาด้วย C/C++ โดยแบ่งชุดคำสั่งออกเป็นกลุ่มตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น Surface Manage จัดการเกี่ยวกับการแสดงผล, Media Framework จัดการเกี่ยวกับการการแสดงผลภาพและเสียง, Open GL | ES และ SGL จัดการเกี่ยวกับภาพ 3มิติ และ 2มิติ, SQLite จัดการเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล เป็นต้น
- 4) Android Runtime จะมี Dalvik Virtual Machine ที่ถูกออกแบบมา เพื่อให้ทำงานบนอุปกรณ์ที่มี หน่วยความจำ (Memory), หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และพลังงาน (Battery)ที่จำกัด ซึ่งการทำงานของ Dalvik Virtual Machine จะทำการแปลงไฟล์ที่ต้องการทำงาน ไปเป็นไฟล์ .DEX ก่อนการทำงาน เหตุผลก็เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อใช้งานกับ หน่วยประมวลผลกลางที่มีความเร็วไม่มาก ส่วนต่อมาก็คือ Core Libraries ที่เป็น ส่วนรวบรวมคำสั่งและชุดคำสั่งสำคัญ โดยถูกเขียนด้วยภาษาจาวา (Java Language)
- 5) Linux Kernel เป็นส่วนที่ทำหน้าที่หัวใจสำคัญ ในจัดการกับบริการหลักของระบบปฏิบัติการ เช่น เรื่องหน่วยความจำ พลังงาน ติดต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ความปลอดภัย เครือข่าย โดยแอนดรอยด์ได้นำเอาส่วนนี้มาจากระบบปฏิบัติการลินุกซ์ รุ่น 2.6 (Linux 2.6 Kernel) ซึ่งได้มีการออกแบบมาเป็นอย่างดี

## 2.9 ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 [13]

ฉลากประหยัดไฟ คือฉลากที่บ่งบอกระดับการใช้ไฟฟ้าและข้อมูลเบื้องต้นต่าง ๆ ของเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ประสิทธิภาพ ค่าใช้จ่ายต่อปี เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมและประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาว ฉลากประหยัดไฟจะมีระดับความประหยัดตั้งแต่เบอร์ 1 ถึงเบอร์ 5 โดยที่เบอร์ 5 หมายถึงประหยัดไฟมากที่สุด คือมีอัตราการประหยัดพลังงาน (Energy Efficiency Ratio : EER) มากกว่า 11.0 หน่วย ผู้ออกฉลากประหยัดไฟในปัจจุบันคือกระทรวงพลังงาน ซึ่งจะมีตราของกระทรวงซ้อนอยู่บนฉลาก เริ่มใช้ตั้งแต่ พ.ศ. 2549 (ค.ศ. 2006) โดยเกณฑ์ที่ใช้กำหนดระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเป็นดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

| ฉลากเบอร์ | คำอธิบาย            | อัตราส่วนประสิทธิภาพ(EER) |
|-----------|---------------------|---------------------------|
| 5         | ประสิทธิภาพ ดีมาก   | $EER \geq 10.6$           |
| 4         | ประสิทธิภาพ ดี      | $9.6 \leq EER < 10.6$     |
| 3         | ประสิทธิภาพ ปานกลาง | $8.6 \leq EER < 9.6$      |
| 2         | ประสิทธิภาพ พอใช้   | $7.6 \leq EER < 8.6$      |
| 1         | ประสิทธิภาพ ต่ำ     | $EER < 7.6$               |

### 2.9.1 รูปแบบฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.12 แสดงฉลากเบอร์ 5

ฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทเครื่องปรับอากาศ เกณฑ์พลังงาน ปี 2011 ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่

- ส่วนที่ 1 เป็นแถบโค้งครึ่งวงกลมพื้นสีเขียว แสดงตัวเลขบอกระดับประสิทธิภาพตั้งแต่ระดับที่ 1 (ต่ำ) ถึง 5 (ดีมาก) หากเครื่องปรับอากาศได้ระดับประสิทธิภาพใด ตัวเลขและช่องที่ระบุระดับนั้นจะเป็นสีแดง โดยตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแถบโค้งครึ่งวงกลมนี้จะมีตัวเลข”5” สีขาวอยู่ภายในวงกลมสีแดงขอบดำ เพื่อย้ำระดับประสิทธิภาพอย่างชัดเจน และ ระบุเกณฑ์พลังงานปี 2011 ได้แถบโค้งครึ่งวงกลมด้านขวา
- ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของข้อมูลตัวเลขและตัวอักษรสีดำนบนพื้นสีเหลืองพร้อมสัญลักษณ์ กระทบวงพลังงาน ซึ่งระบุถึงรายละเอียดต่างๆ ดังนี้
1. ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วย/ปี)
  2. ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)
  3. ประสิทธิภาพ (ปีทียู/ชั่วโมง/วัตต์)
  4. เครื่องปรับอากาศ รุ่น
  5. ขนาด ปีทียู/ชั่วโมง
  6. ชุดแฟนคอยล์รุ่น ชุดคอนเดนซิ่งคอยล์รุ่น
- ส่วนที่ 3 เป็นส่วนที่ แสดงถึงหน่วยงานที่กำกับดูแล ด้วยสัญลักษณ์ “การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย” อักษรย่อ กฟผ. และ กระทบวงพลังงาน ด้วยตัวอักษรขาวบนพื้นสีเขียว

## บทที่ 3

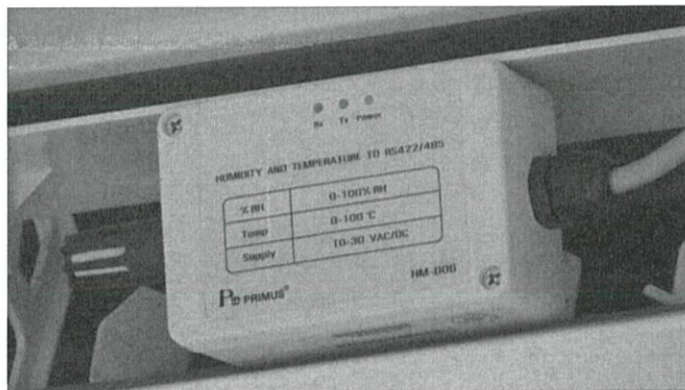
# อุปกรณ์ตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

## HM 006

อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นส่วนหนึ่งของการวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งอย่างมากที่จะต้องค้นหาอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสม มีการใช้งานง่าย ความแม่นยำ (Accuracy) สูง ขนาดเหมาะสม และมีราคาถูก เซนเซอร์ที่มีความเหมาะสมคือ HM 006 – Primus HM Series

### 3.1 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับ HM 006

HM006 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในตัวเดียวกัน เหมาะสำหรับติดตั้งตามผนังหรือเพดาน ภายในห้องเพื่อแปลงอุณหภูมิ 0–100°C และความชื้นสัมพัทธ์ 0–100%RH ให้เป็นสัญญาณ Communication RS-485/RS-422 สามารถติดตั้งในพื้นที่ที่มีฝุ่น, ละอองน้ำ หรือไอน้ำในปริมาณสูงได้



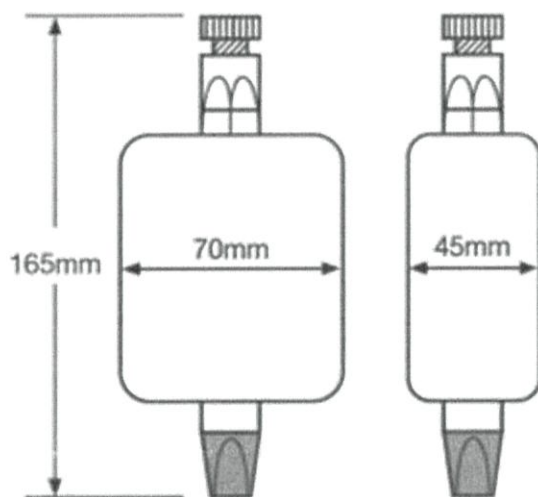
รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะรูปร่างของ HM 006 – PRIMUS

#### 3.1.1 คุณสมบัติสำหรับ HM 006 – Primus HM Series

- 1) สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 – 100 °C และมีความละเอียดในการวัด  $\pm 0.3$  °C
- 2) สามารถวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100% RH และมีความละเอียดในการวัด  $\pm 2$  % RH ที่ 30 - 80 % RH
- 3) มีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ 0.05% RH / 50 C
- 4) สามารถติดต่อสื่อสารได้ผ่าน RS-485/RS-422
- 5) รองรับโปรโตคอล MODBUS RTU

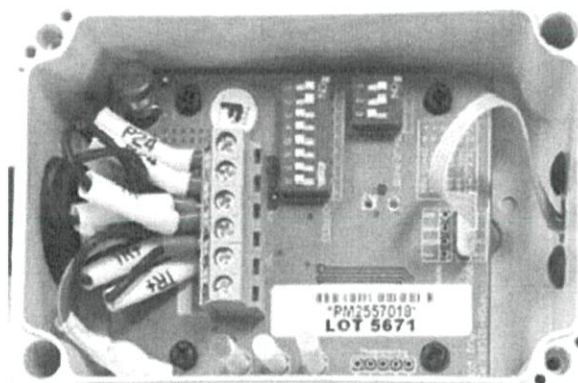
### 3.1.2 ขนาดและการต่อใช้งานสำหรับ HM 006 – Primus HM Series

การต่อสายไฟและสายสัญญาณ สำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ จะใช้ไฟกระแสตรงขนาด 24 Vdc โดยต้องต่อร่วมกับกราวด์ ส่วนสายสัญญาณเนื่องจากใช้การสื่อสารชนิด RS485 ดังนั้นสายสัญญาณจะใช้เพียง 2 สาย คือ สายสัญญาณบวก (Tr+) และสายสัญญาณลบ (Tr-)



รูปที่ 3.2 แสดงขนาดของ HM 006 – PRIMUS

- |   |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| 1 |  | + Supply<br>10-30 VDC |
| 2 |  | Ground                |
| 3 |  | Rx-/RxB               |
| 4 |  | Rx+/RxA               |
| 5 |  | TX-                   |
| 6 |  | TX+                   |



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรไฟฟ้าภายในของ HM 006 – PRIMUS

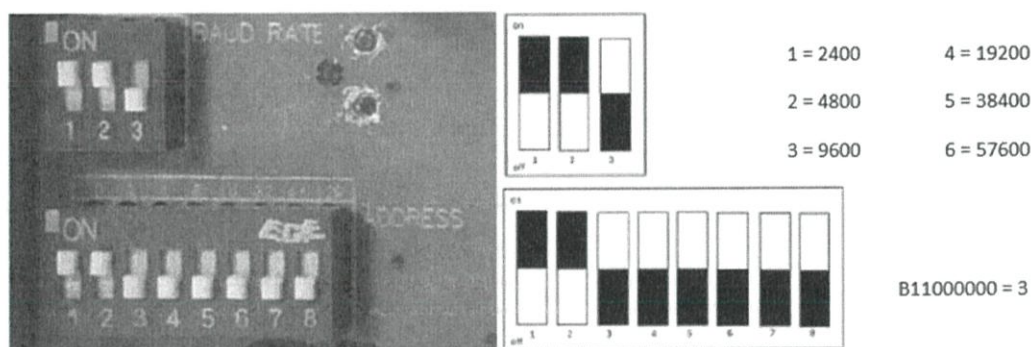
หมายเหตุ

- สำหรับการติดต่อสื่อสารแบบ RS 485 ใช้ RxA และ RxB
- สำหรับการติดต่อสื่อสารแบบ RS 232 ใช้Rx-, Rx+, TX- และ TX+

## 3.2 การติดต่อสื่อสารสำหรับ HM 006 – Primus HM Series

### 3.2.1 การตั้งค่าหมายเลขประจำเครื่อง และ Baud Rate

การตั้งค่าหมายเลขประจำเครื่อง (Slave ID) และ Baud rate มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับอุปกรณ์ เนื่องจากเปรียบเสมือนชื่อที่ถูกใช้เรียกโดยตัวควบคุม เมื่อตัวควบคุมต้องการที่จะติดต่อสื่อสารด้วยผ่านทางโปรโตคอลมอสบัส (Modbus) ซึ่งจะมีตัวควบคุมเป็นมาสเตอร์ (Master) และมีอุปกรณ์ตรวจวัดเป็นสลาฟ (Slave) โดยที่ในเครือข่ายหนึ่งสามารถมีอุปกรณ์ได้ทั้งหมด 256 หมายเลข คือ 0 – 255 โดย หมายเลข 0 เป็นอุปกรณ์ควบคุมทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ นอกเหนือจากนั้นเป็นสลาฟ เมื่ออุปกรณ์ควบคุมต้องการที่จะเรียกถึงข้อมูลที่อุปกรณ์ตรวจวัดสามารถวัดได้ จะเรียกอุปกรณ์ตรวจวัดแทนหมายเลขที่ถูกตั้งค่าไป ในกรณีของ Baud rate คืออัตราความเร็วที่จะสื่อสารถึงกัน โดยทั้งเครือข่ายต้องตั้งค่าให้เท่ากันทุกอุปกรณ์ ซึ่งในรูปที่ 3.4 ได้ตั้ง 3 เป็นหมายเลขประจำเครื่อง



รูปที่ 3.4 แสดงการตั้งค่า Address และ Baud rate

### 3.2.2 การเข้าถึงข้อมูล

เมื่ออุปกรณ์ควบคุมหลักซึ่งทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ (Master) ต้องการใช้ข้อมูลที่ HM 006 – PRIMUS สามารถตรวจวัดได้ ข้อมูลจะถูกจัดเก็บอยู่ภายในตำแหน่งข้อมูล (Data register) ดังนั้น เมื่อทราบถึงข้อมูลที่จะนำไปใช้ จำเป็นต้องทราบถึงตำแหน่งข้อมูลอีกด้วยดังตารางที่ 3.1 ในส่วนของการเลือกใช้ฟังก์ชันสำหรับมอสบัสนั้น ต้องเลือกใช้ให้ตรงกับทางผู้ผลิตระบุมา ดังตารางที่ 3.2 และโครงสร้างสำหรับการรับ - ส่งข้อมูล โดยการใช้มอสบัสโปรโตคอล (Modbus protocol) ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.1 แสดงตำแหน่งของข้อมูลที่ถูกจัดเก็บใน HM 006 – PRIMUS

| Data             | Data Register | Number of Byte |
|------------------|---------------|----------------|
| 0 – 100 %RH      | 0             | 2              |
| K1 SCALE         | 1             | 2              |
| 0 – 100°C        | 2             | 2              |
| K2 SCALE         | 3             | 2              |
| DEW POINT        | 4             | 2              |
| K3 SCALE         | 5             | 2              |
| Software version | 6             | 2              |

ตารางที่ 3.2 แสดงฟังก์ชันที่กำหนดให้ใช้สำหรับมอสบัส

| Function | Operate                | Broadcast |
|----------|------------------------|-----------|
| 04       | Read Multiple Register | NO        |

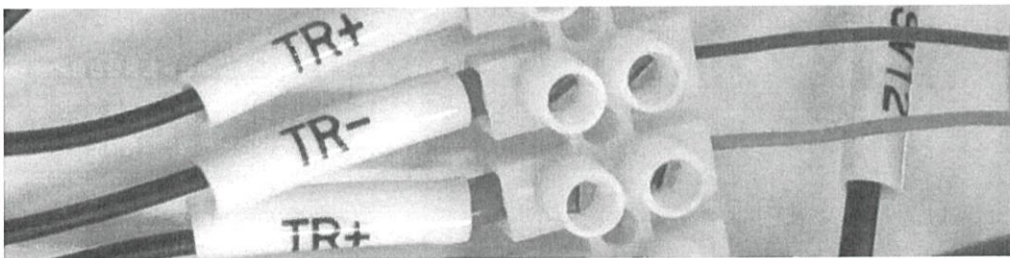
ตารางที่ 3.3 แสดงโครงสร้างของมอสบัสโปรโตคอล (Modbus protocol)

| START    | ADDRESS | FUNCTION | DATA       | CRC     | END      |
|----------|---------|----------|------------|---------|----------|
| S.Period | 8 bits  | 8 bits   | n x 8 bits | 16 bits | S.Period |

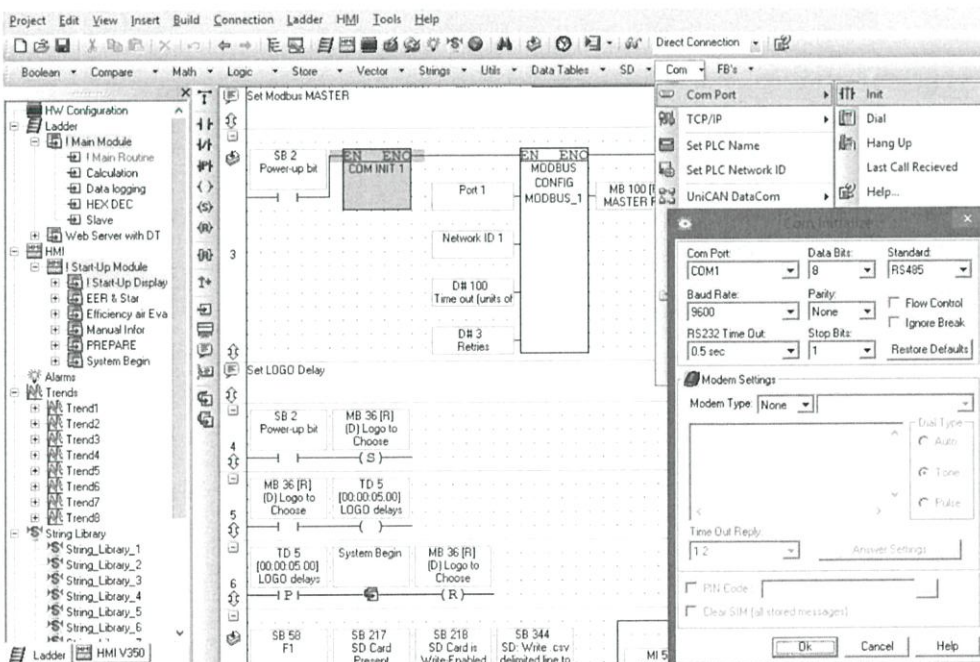
### 3.3 ตัวอย่างการใช้งาน

การใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ HM006 – Primus ร่วมกับพีแอลซี ในระบบประเมินประสิทธิภาพ โดยการใช้โปรโตคอลมอดบัส (Modbus protocol) โดยมีพีแอลซี เป็นอุปกรณ์ควบคุมหลัก หรือเรียกว่า “มาสเตอร์” เป็นตัวกำหนดว่าอุปกรณ์ใด จะถูกเรียกใช้เมื่อใด เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ ต่อชนิด RS485 ซึ่งได้ตั้งค่าหมายเลขประจำเครื่องเป็นหมายเลข 3 และตั้งค่า Baud rate เป็น 9,600 bps ดังรูปที่ 3.4 ดังนั้นการเขียนแลตเตอร์ให้สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ ตรวจวัดนี้สามารถใช้ฟังก์ชันที่ 4 ซึ่งสำหรับโปรแกรมเขียนแลตเตอร์นั้น ใช้ชื่อว่า “Read Input Registers” โดยมีหลักขั้นตอนการเขียนดังต่อไปนี้

- 1) เปิดฟังก์ชันการใช้ติดต่อสื่อสารชนิด RS485 ดังรูปที่ 3.6 เนื่องจากโดยปกติแล้ว พีแอลซีจะ ตั้งค่าการติดต่อสื่อสารชนิด RS232 ซึ่งมีประสิทธิภาพน้อยกว่า RS485 ไว้เป็นอันดับแรก ดังนั้นเมื่อได้ใช้อุปกรณ์โดยใช้การติดต่อสื่อสารชนิด RS 485 จะต้องมีการตั้งค่างก่อนเสมอ สำหรับการต่อสายสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ต่อชนิดหลายจุด (Multidrop) ดังรูปที่ 3.5

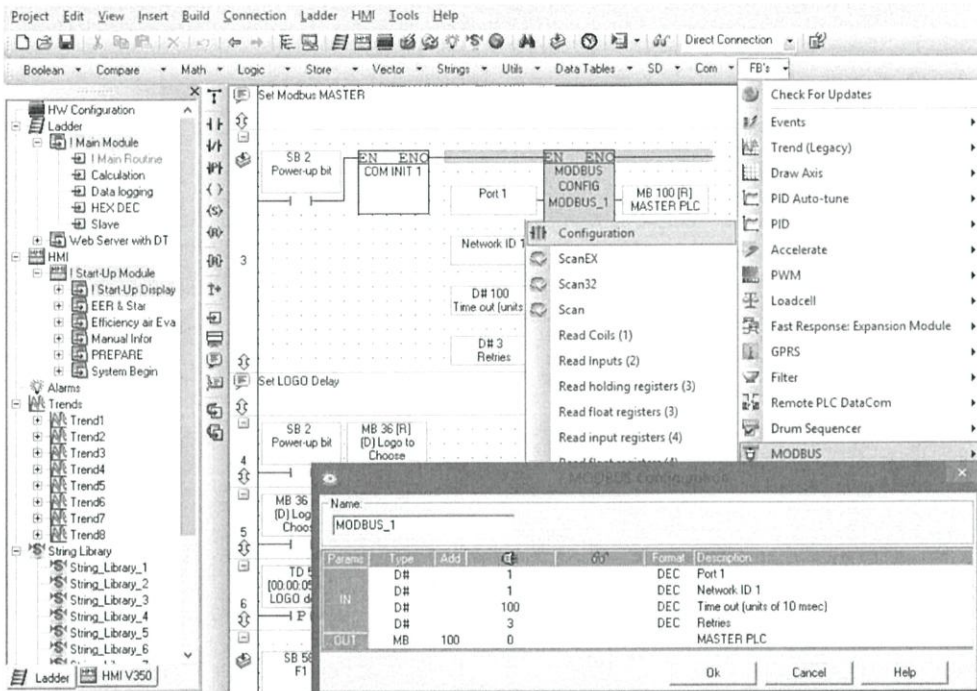


รูปที่ 3.5 แสดงการต่อสายสัญญาณระหว่างอุปกรณ์และพีแอลซี



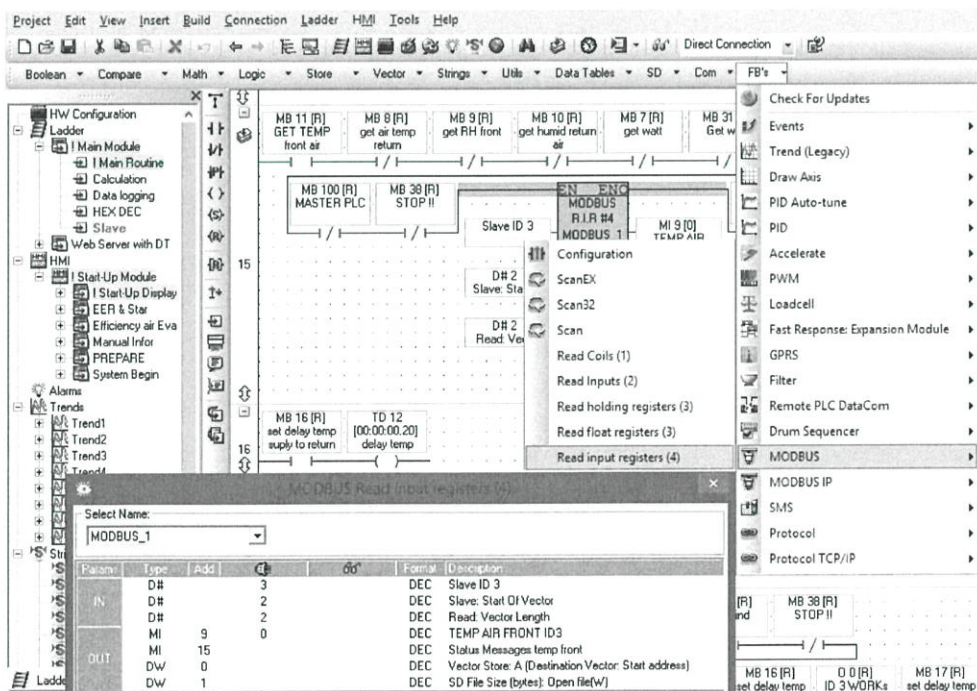
รูปที่ 3.6 แสดงการเลือกฟังก์ชัน RS485

2) เปิดการใช้ฟังก์ชันมอดบัสโปรโตคอลโดยการกำหนดมาสเตอร์และตั้งค่าเบื้องต้น ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.7 แสดงการกำหนดการตั้งการการใช้มอดบัสโปรโตคอล

3) เรียกใช้ฟังก์ชัน Read Input Registers (R.I.R) เพื่อเป็นกำหนดอุปกรณ์เชื่อมต่อหมายเลข 3 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.8 แสดงการใช้ฟังก์ชัน R.I.R สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์หมายเลข 3

## บทที่ 4

# อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม C 310 – KIMO INSTRUMENT

อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม เป็นหนึ่งในอุปกรณ์หลักของระบบการประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องค้นหาอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เหมาะสมกับการใช้งาน มีความละเอียดและความแม่นยำสูง (High accuracy) เซนเซอร์ที่มีความเหมาะสมคือ C 310 – KIMO INSTRUMENT

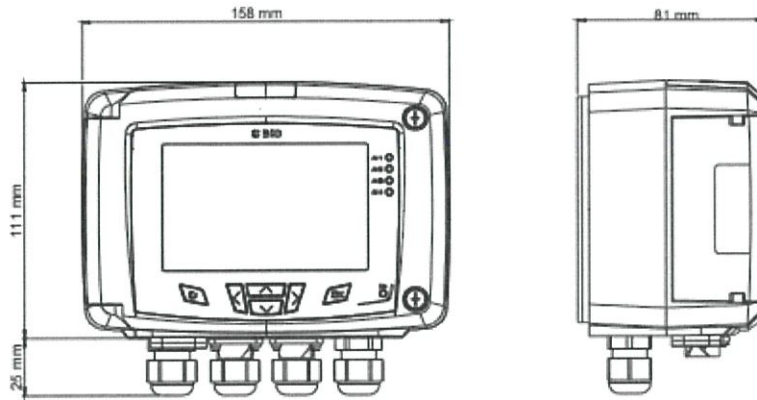
### 4.1 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับ C 310 – KIMO INSTRUMENT [14]

อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม โดยใช้ Multifunction transmitter C 310 – KIMO INSTRUMENT เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดความเร็วลมของอากาศตั้งแต่ 0 - 30 m/s ซึ่งเหมาะสำหรับติดตั้งบนผนัง เพดานภายในห้อง หรือ ในกล่องไฟฟ้าที่รวบรวมอุปกรณ์ตรวจวัด และอุปกรณ์ควบคุม โดยอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม Multifunction transmitter C 310 สามารถเลือกชนิดที่มีหน้าจอแสดงผลหรือไม่มี ตามความเหมาะสมของกระบวนการ เมื่อทำการติดตั้งและตรวจวัดความเร็วลม จะทำการแปลงให้เป็นสัญญาณแอนะล็อก (Analog signal) DC 4-20 mA, 0-10 VDC หรือแม้กระทั่งสัญญาณชนิดดิจิทัล (Digital signal) หรือ ข้อมูลบิต (Bit data) ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารและส่งข้อมูลออกผ่านทางสายสัญญาณอนุกรมชนิด RS-485/RS-422

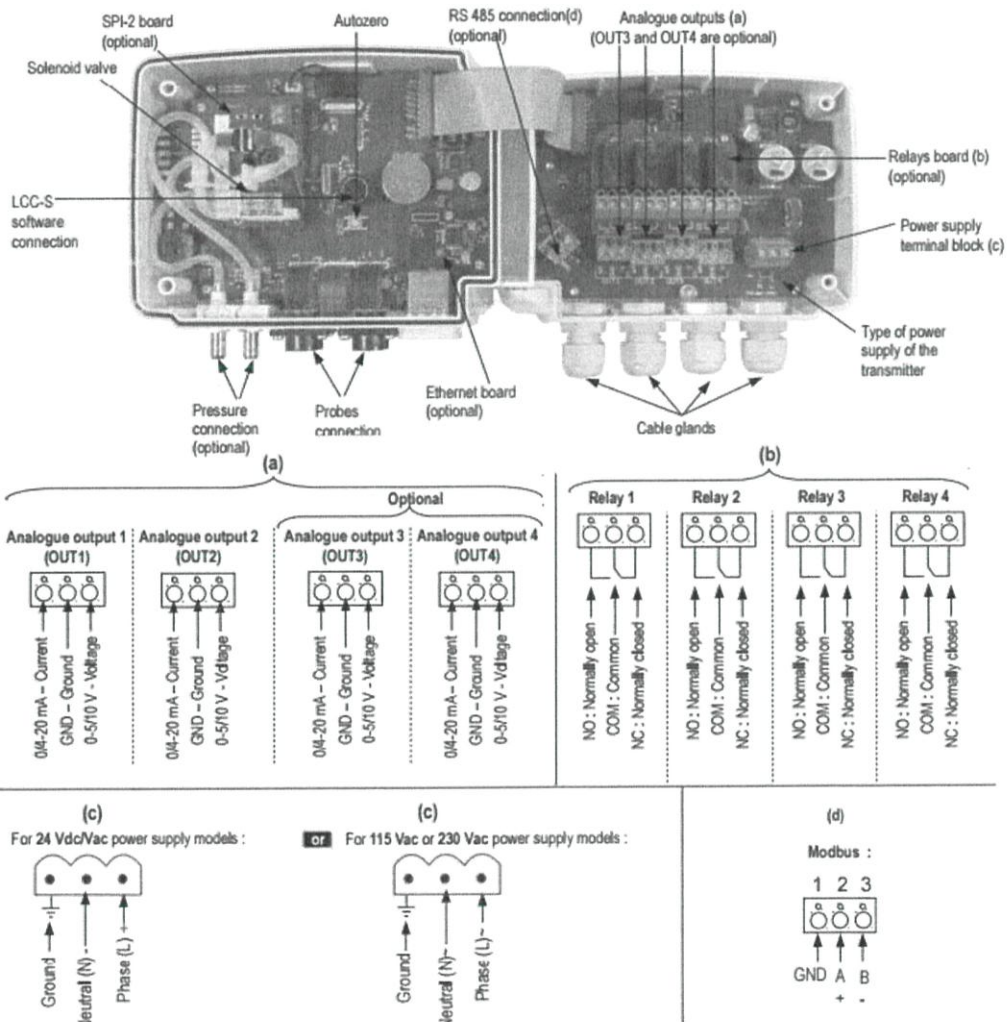
#### 4.1.1 คุณสมบัติสำหรับ C 310 – KIMO INSTRUMENT

- 1) ย่านการวัด 0 - 30 m/s
- 2) ความแม่นยำ 0 – 3 m/s ( $\pm 3\%$  of reading  $\pm 0.03$  m/s) 1–30 m/s ( $\pm 3\%$  of reading  $\pm 0.1$  m/s)
- 3) หน่วยการวัด m/s และ fpm
- 4) ความละเอียด 0.1m/s 0.1 °C 0.1m<sup>3</sup>/h
- 5) แรงดันไฟเลี้ยง 0 – 10 V หรือ 4 – 20 mA
- 6) ชนิดของเอาต์พุต 0 – 10 V หรือ 4 – 20 mA
- 7) ย่านอุณหภูมิขณะเก็บ -10 ถึง 70 °C
- 8) ย่านอุณหภูมิขณะใช้งาน -0 ถึง +50 °c

4.1.2 ขนาดและการต่อการใช้งานสำหรับ C 310 – KIMO INSTRUMENT



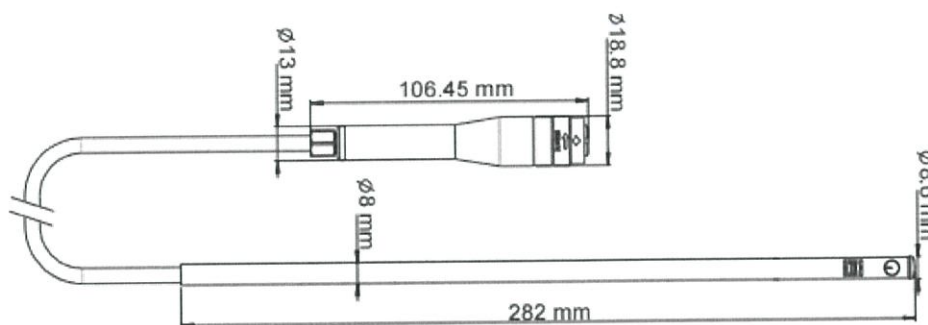
รูปที่ 4.1 แสดงขนาดของอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม C 310 – KIMO INSTRUMENT



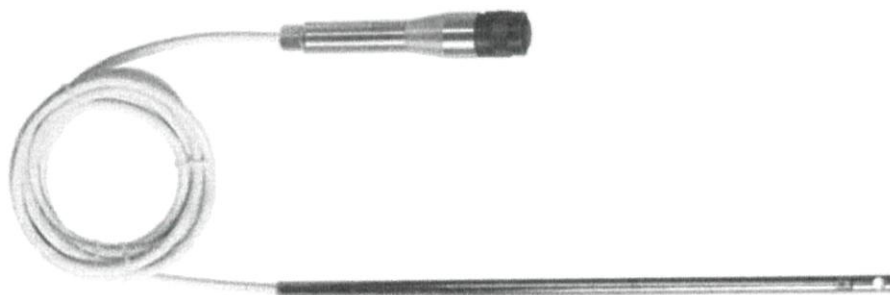
รูปที่ 4.2 แสดงชนิดของการส่งสัญญาณขาออกสำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม C 310 – KIMO INSTRUMENT

## 4.2 หัววัด (Probe) สำหรับ C 310 – KIMO INSTRUMENT

อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม C 310 – KIMO INSTRUMENT มีความสามารถหลากหลาย ซึ่งสามารถตรวจวัดสิ่งต่าง ๆ ได้หลากหลาย เช่น อุณหภูมิ ความเร็วลม เป็นต้น ดังนั้นการเลือกหัววัดให้เหมาะสมแก่สิ่งที่จะตรวจวัด เพื่อให้เกิดความถูกต้อง



รูปที่ 4.3 แสดงขนาดของหัววัดสำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม C 310 – KIMO



รูปที่ 4.4 แสดงรูปของของหัววัดสำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม C 310 – KIMO

### 4.2.1 หลักการทำงานของ SVS : Hot wire

หลักการทำงานของหัววัด ใช้หลักการแบบ Hot Wire มาประยุกต์ใช้ ซึ่ง Hot Wire เป็นการนำหลักการวัดความสูญเสียความร้อนของลวดที่ถูกทำให้ร้อน ซึ่งลวดนี้จะเย็นลงก็ต่อเมื่อมีกระแสลมพัดผ่าน อัตราการเย็นลงของลวดจะเป็นสัดส่วนกับอัตราการเคลื่อนที่ของกระแสลมที่พัดผ่านเซนเซอร์ ซึ่งหลักการชนิดนี้สามารถตอบสนองการวัดได้อย่างรวดเร็ว ใช้วัดได้ค่าที่ละเอียดมาก

### 4.2.2 คุณสมบัติทั่วไปของหัววัด SVS: HOT WIRE

- มีย่านในการวัด ความเร็ว 0-30 m/s , อุณหภูมิ -20-80 °C
- ความแม่นยำ 0 – 3 m/s ( $\pm 3\%$  of reading  $\pm 0.03$  m/s) 1 – 30 m/s ( $\pm 3\%$  of reading  $\pm 0.1$  m/s)
- ความละเอียด 0.1 m/s 0.1 °C 0.1 m<sup>3</sup>/h

### 4.3 การติดต่อสื่อสารสำหรับ C 310 – KIMO INSTRUMENT

#### 4.3.1 การตั้งค่าหมายเลขประจำเครื่อง และ Baud Rate

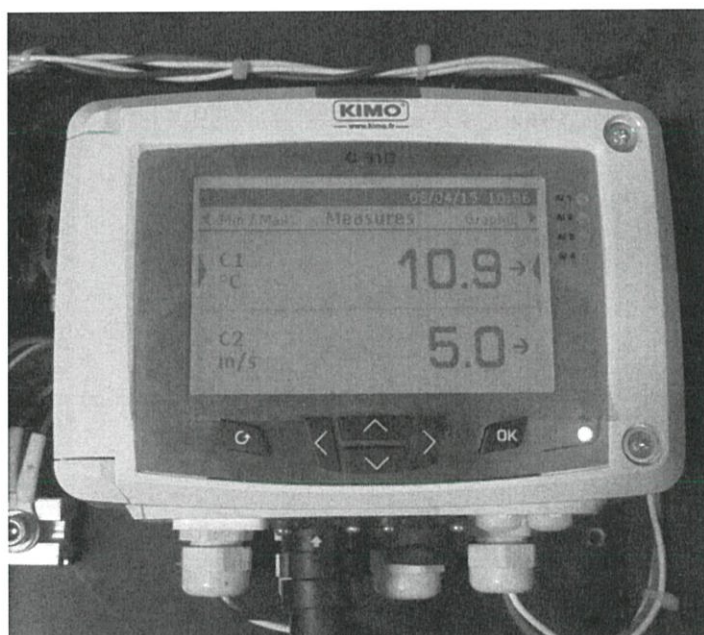
การตั้งค่าหมายเลขประจำเครื่อง (Slave ID) และ Baud rate มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับอุปกรณ์ ซึ่งได้ตั้ง 6 เป็นหมายเลขประจำเครื่อง และ Baud rate คือ 9,600 bps ซึ่งมีวิธีตั้ง คือ

- 1) กดปุ่ม OK และกรอกรหัส 0101 เพื่อเข้าสู่การตั้งค่า (รหัสทางผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนดมาให้เพื่อความปลอดภัยและความเป็นมาตรฐาน)
- 2) เมื่อเข้าสู่โหมดการตั้งค่า ให้เข้าสู่หน้า Transmitter ต่อไป
- 3) เข้าสู่หัวข้อ Modbus และกำหนดหมายเลขประจำเครื่อง (Slave ID) ที่หัวข้อ “Slave num” กำหนด Baud rate ที่หัวข้อ “Communication speed”

#### 4.3.2 การตั้งค่าช่องทางการวัด และหน่วยการวัด

เนื่องจากอุปกรณ์วัดความเร็วลม สามารถวัดหลากหลายตัวแปร พร้อมกันได้สูงสุดถึง 4 ตัวแปร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการตั้งค่าช่องทางการวัด และหน่วยการวัดของแต่ละช่องทางการวัด ซึ่งมีวิธีดังนี้

- 1) กดปุ่ม OK และกรอกรหัส 0101 เพื่อเข้าสู่การตั้งค่า (รหัสทางผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนดมาให้เพื่อความปลอดภัยและความเป็นมาตรฐาน)
- 2) เมื่อเข้าสู่โหมดการตั้งค่า ให้เข้าสู่หน้า Channel ต่อไปและเลือกช่องทางที่จำใช้ ซึ่งจะมีให้เลือก 4 ช่องทาง โดยการกด OK เพื่อเลือกช่องทาง
- 3) เมื่อเลือกช่องทางแล้ว ให้เลือก Probe – unit ต่อไป



รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจออุปกรณ์ตรวจวัดที่เลือกใช้ 2 ช่องทาง

### 4.3.3 โครงสร้างของข้อมูลแต่ละชนิด

อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม มีความสามารถในการตรวจวัดตัวแปรได้หลากหลาย ดังนั้นโครงสร้างของข้อมูลจึงมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับตัวแปรที่ตรวจวัดและการบันทึกข้อมูล ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงประเภทของข้อมูล

| ชนิด                                 | ขนาด   | คำอธิบาย         | โครงสร้าง |        |        |        |
|--------------------------------------|--------|------------------|-----------|--------|--------|--------|
| U8                                   | 1 ไบต์ | จำนวนเต็ม 8 บิต  | ไบต์ 1    |        |        |        |
| ตัวอย่าง: 24 (0x18)                  |        |                  | 0x18      |        |        |        |
| U16                                  | 2 ไบต์ | จำนวนเต็ม 16 บิต | ไบต์ 2    |        | ไบต์ 1 |        |
| ตัวอย่าง: 300 (0x012C)               |        |                  | 0x01      |        | 0x2C   |        |
| U32                                  | 4 ไบต์ | จำนวนเต็ม 32 บิต | ไบต์ 2    | ไบต์ 1 | ไบต์ 4 | ไบต์ 3 |
| ตัวอย่าง: 1 096 861 217 (0x4160C621) |        |                  | 0x6C      | 0x21   | 0x41   | 0x60   |
| REAL                                 | 4 ไบต์ | ทศนิยม 32 บิต    | ไบต์ 2    | ไบต์ 1 | ไบต์ 4 | ไบต์ 3 |
| ตัวอย่าง: 153.5 (0x43198000)         |        |                  | 0x80      | 0x00   | 0x43   | 0x19   |

### 4.3.4 หมายเลขสำหรับการเข้าถึงข้อมูล

เมื่อได้ทำการตั้งค่าการติดต่อสื่อสาร โดยใช้โปรโตคอลมอสบัส ดังนั้นการเข้าถึงข้อมูลสำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมต้องมีการตั้งค่าที่ถูกต้องด้วย เนื่องจากตัวแปรที่อุปกรณ์สามารถตรวจวัดนั้นมีหลายตัวแปร แต่ใช้เพียงไม่กี่ตัวแปร และช่องทาง (Channels) สำหรับการวัดนั้นสามารถมีได้หลากหลายช่องทาง ซึ่งมากที่สุดคือ 4 ช่องทางในขณะการวัดเวลาเดียวกัน ดังนั้นตารางที่ 4.2 จึงแสดงหมายเลขสำหรับการดึงข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจวัด ซึ่งแบ่งตามช่องทาง (Channels) และชนิดของข้อมูลเป็นแบบทศนิยม (Real)

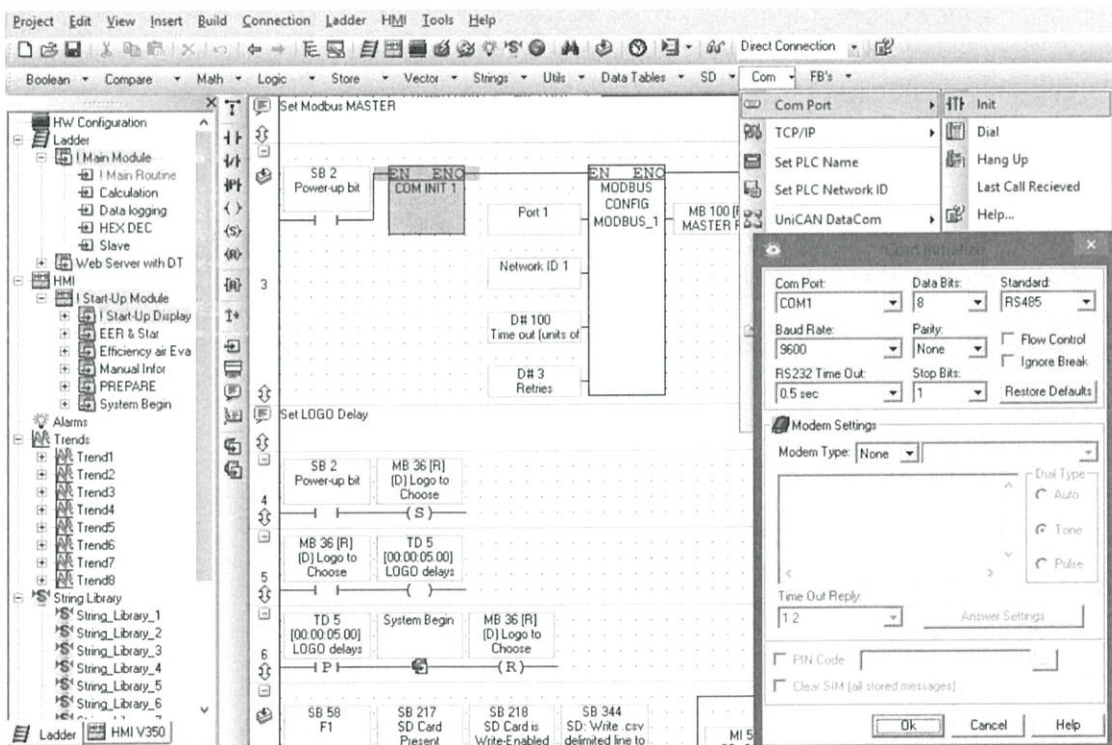
ตารางที่ 4.2 แสดงการตั้งค่าหมายเลขสำหรับการสื่อสารมอสบัสโปรโตคอล

| ข้อมูลที่วัดได้, Values (ชนิดข้อมูล: ทศนิยม, Real) |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| ช่องทาง 1  | ช่องทาง 2 | ช่องทาง 3 | ช่องทาง 4 |
| 7010   | 7040      | 7070      | 7100      |

#### 4.4 ตัวอย่างการใช้งาน

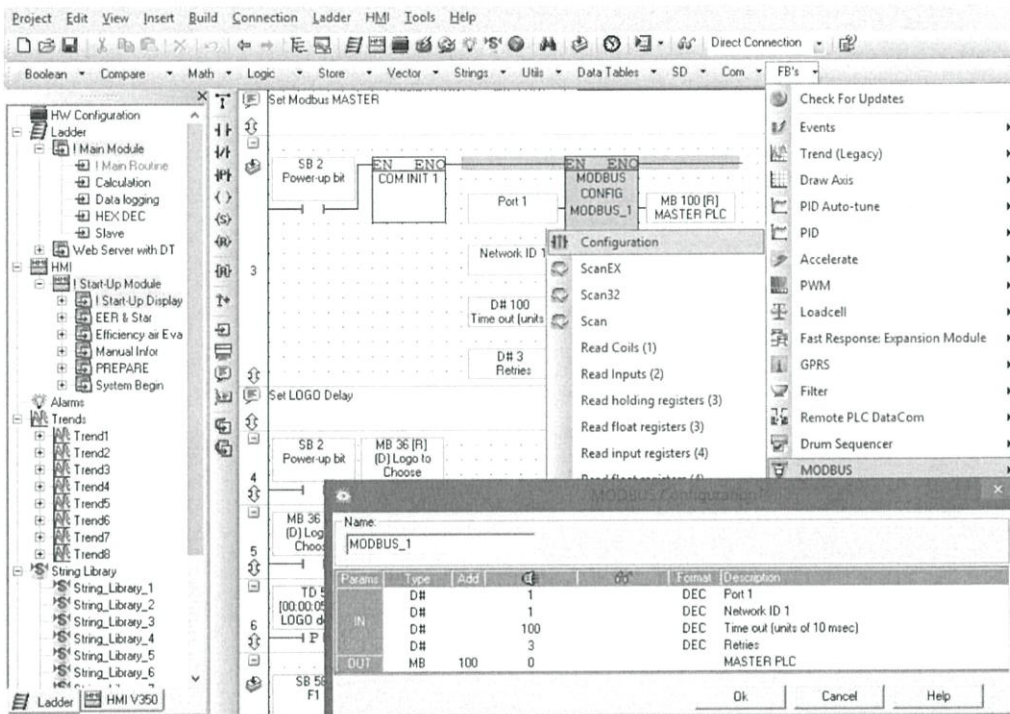
การใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม C 310 – KIMO INSTRUMENT ร่วมกับพีแอลซี ในระบบประเมินประสิทธิภาพ โดยการใช้โปรโตคอลมอดบัส (Modbus protocol) โดยมีพีแอลซีเป็นอุปกรณ์ควบคุมหลัก หรือเรียกว่า “มาสเตอร์” เป็นตัวกำหนดว่าอุปกรณ์ใด จะถูกเรียกใช้เมื่อใด เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ ต่อชนิด RS485 ซึ่งได้ตั้งค่าหมายเลขประจำเครื่องเป็นหมายเลข 6 และตั้งค่า Baud rate เป็น 9,600 ดังนั้นการเขียนแลตเตอร์ให้สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ตรวจวัดนี้สามารถใช้ฟังก์ชันที่ 3 ซึ่งสำหรับโปรแกรมเขียนแลตเตอร์นั้น ใช้ชื่อว่า “Read Float Registers” โดยมีหลักขั้นตอนการเขียนดังต่อไปนี้

- 1) เปิดฟังก์ชันการใช้ติดต่อสื่อสารชนิด RS485 ดังรูปที่ 4.6 เนื่องจากโดยปกติแล้ว พีแอลซีจะตั้งค่าการติดต่อสื่อสารชนิด RS232 ซึ่งมีประสิทธิภาพน้อยกว่า RS485 ไว้เป็นอันดับแรก ดังนั้นเมื่อได้ใช้อุปกรณ์โดยใช้การติดต่อสื่อสารชนิด RS 485 จะต้องมีกรตั้งค่าก่อนเสมอ



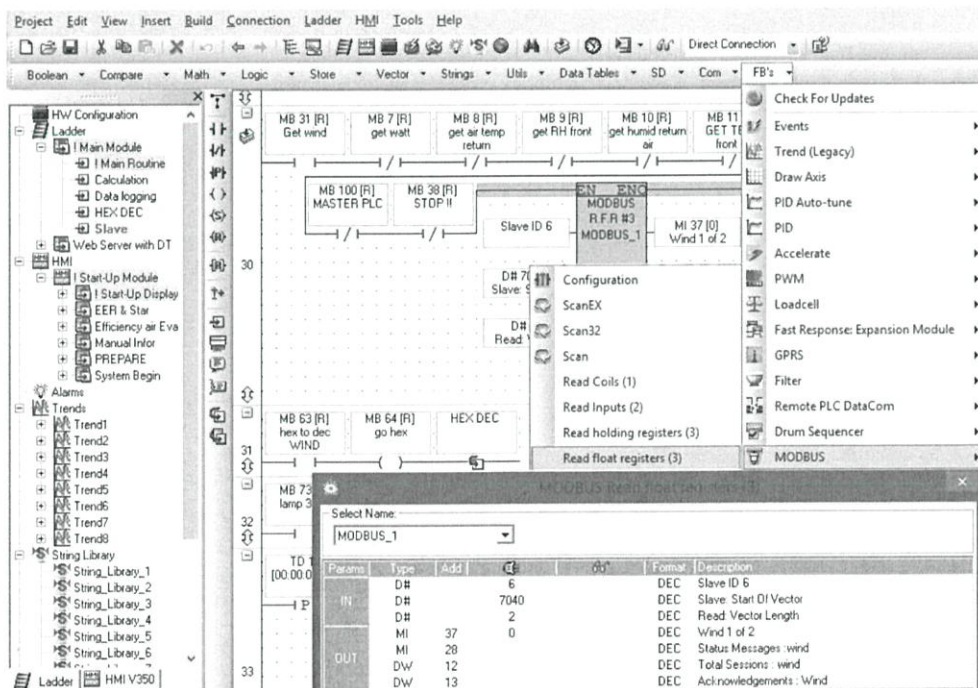
รูปที่ 4.6 แสดงการเลือกฟังก์ชัน RS485

2) เปิดการใช้ฟังก์ชันมอดบัสโปรโตคอลโดยการกำหนดมาสเตอร์และตั้งค่าเบื้องต้น ดังรูปที่ 4.7



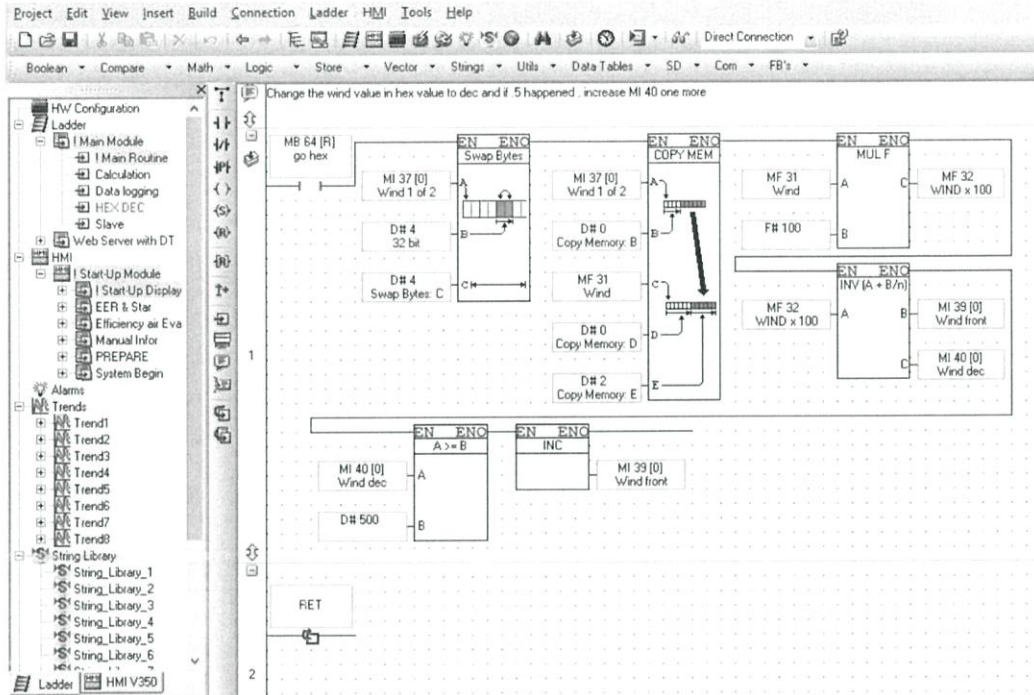
รูปที่ 4.7 แสดงการกำหนดการตั้งการการใช้มอดบัสโปรโตคอล

3) เรียกใช้ฟังก์ชัน Read Float Registers (R.F.R) เพื่อเป็นกำหนดอุปกรณ์เชื่อมต่อหมายเลข 6 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงการใช้ฟังก์ชัน R.F.R สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์หมายเลข 6

- 4) เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมใช้มอดัสโปรโตคอล ฟังก์ชันที่ 3 เป็นการบันทึกข้อมูลเป็นเลขฐาน 16 และโครงสร้างของข้อมูลอาจจะเปลี่ยนไปเมื่อแปลงเลขฐาน ดังนั้นเพื่อให้พีแอลซีสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ จึงมีความจำเป็นต้องใช้ฟังก์ชันการแปลงเลขฐาน และการสลับโครงสร้างดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงแลตเตอร์สำหรับการแปลงข้อมูล

## บทที่ 5

# อุปกรณ์ตรวจวัดกำลังไฟฟ้า และอุปกรณ์เชื่อมต่อไร้สาย

การเลือกเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า หรือวัตต์มิเตอร์ เพื่อนำมาใช้วัดกำลังไฟฟ้า ของระบบ ประเมินประสิทธิภาพสำหรับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน ในงานวิจัยนี้จะต้องเลือกให้เหมาะกับ แบบมอเตอร์เฟสเดียว และค่าที่วัดได้จะต้องเป็นแบบ True Rms. เพื่อความแม่นยำในการคำนวณหา ค่าประสิทธิภาพมากที่สุด จึงได้เลือก AC1 – B74 Multifunction Power Meter จากบริษัท SME INTERNATIONAL CO.,LTD มาใช้

### 5.1 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับ AC1 – B74 Multifunction Power Meter [15]

วัตต์มิเตอร์ ส่วนใหญ่เป็นเครื่องวัดที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อวัด ปริมาณกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ทั้งในบ้านเรือน และในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีหน่วยวัดพลังงาน ไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง (KWH) สามารถแยกประเภทตามระบบไฟฟ้าได้ 2 ประเภท ดังนี้

- 1) วัตต์มิเตอร์ 1 เฟส (Single Phase Watt-Hour Meter) ที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้
- 2) วัตต์มิเตอร์ 3 เฟส (Three Phase Watt-Hour Meter)

จะพิจารณาที่เป็น เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า 1 เฟส (เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 2 สาย นั่นก็คือ ไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไปตามบ้านเรือน) เท่านั้น แต่ถ้าเป็นระดับโรงงาน อุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ ใช้กำลังไฟสูง จะต้องใช้ เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า 3 เฟส (เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 380/220 โวลต์ 4 สาย) ซึ่งจะเกินขอบเขตการศึกษาของงานวิจัยนี้

### 5.2 ความแตกต่างระหว่างเครื่องมือวัดที่ได้ค่าแบบ RMS กับ True Rms

#### 5.2.1 ปัญหาที่พบเจออยู่บ่อยครั้ง

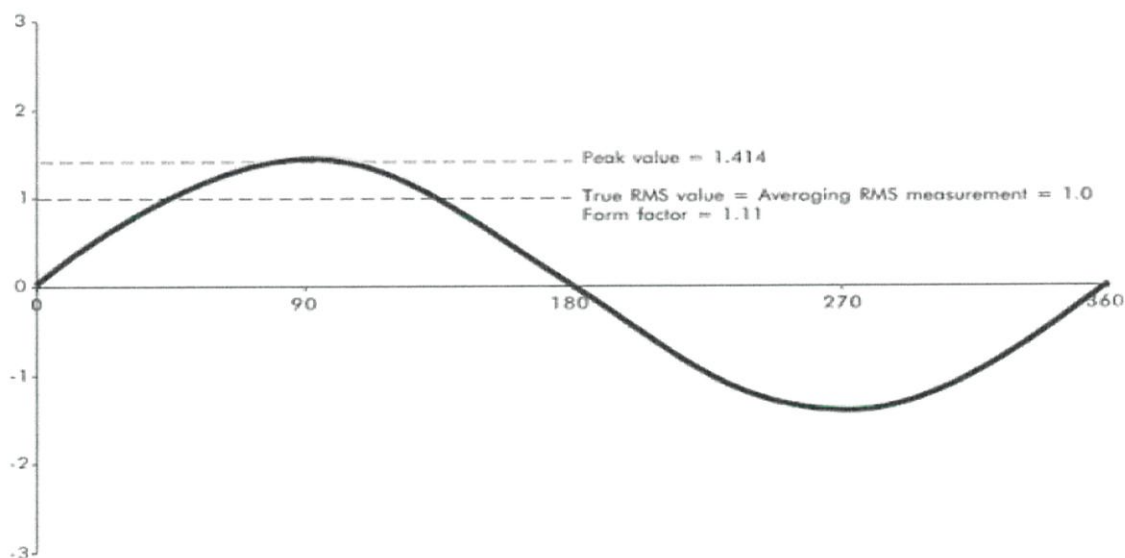
สำหรับการทำงานด้านวิศวกรรมไฟฟ้าในโอกาสต่าง ๆ อุปกรณ์กลุ่มหนึ่งที่ไม่สามารถ ขาดได้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ นั่นก็คือเครื่องมือวัด instrument เช่น volt meter หรือ Amp meter เป็นต้น แต่ปัญหาที่บุคลากรทางไฟฟ้ามักประสบอยู่บ่อยครั้ง นั่นคือ ค่าที่ได้จากการวัดไม่สมเหตุสมผล กับความเป็นจริง เช่น พบว่าสายไฟร้อนผิดปกติทั้งๆที่เมื่อตรวจวัดกระแสด้วย Amp Meter แล้วไม่ พบว่ามีการใช้กระแสเกินพิกัดใช้งานของสายไฟ หรืออาจจะพบว่าเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้าวัดแรงดัน ได้ต่ำกว่าที่ควรจะเป็นอยู่ถึง 40% โดยไม่ทราบสาเหตุ ซึ่งปัญหาเหล่านี้อาจจะเกิดจากความผิดพลาด ของเครื่องมือวัด ที่ไม่ได้ใช้การวัดแบบ True Rms.

### 5.2.2 ค่า Rms

เนื่องจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันตลอดเวลาตามคาบของเวลา ในการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจึงต้องมีการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้สมการ RMS (Root Mean Square) เพื่อให้มีค่าที่สัมพันธ์กับปริมาณความร้อนหรือค่าพลังงานที่กระทำต่อภาระทางไฟฟ้า (Load) ชนิดตัวต้านทาน โดยทั่วแล้วสำหรับสัญญาณแบบคลื่น Sine แท้ (Pure Sine) จะมีค่าของ RMS เป็น 0.707 เท่าของแรงดันสูงสุดของคลื่น Sine (Peak) หรือแรงดันสูงสุดของคลื่น Sine จะมีค่าเป็น 1.414 ของแรงดัน RMS เช่น คลื่น Sine วัดค่ากระแสสูงสุดได้ 1 Amp ก็จะมีกระแส RMS เท่ากับ 0.71 Amp โดยสามารถศึกษาความสัมพันธ์ได้จากสมการนี้

$$\text{Peak factor} = \frac{\text{Peak value}}{\text{RMS value}} = 1.414$$

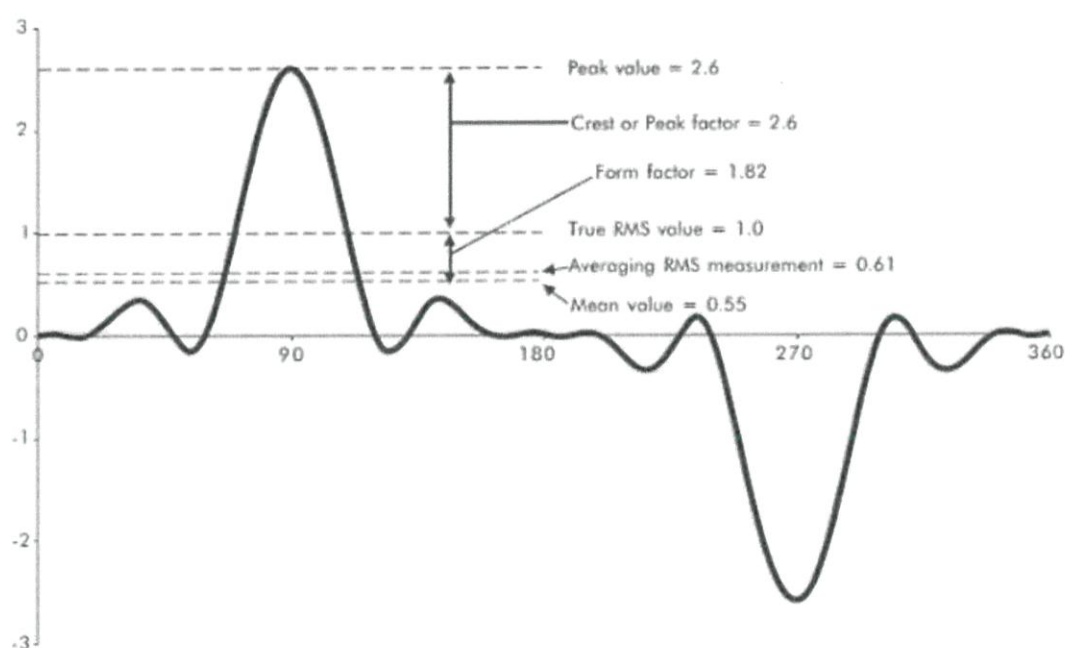
$$\text{Form factor} = \frac{\text{RMS value}}{\text{Mean value}} = 1.111$$



รูปที่ 5.1 แสดงสัญญาณคลื่นแบบไซน์ (Sine wave)

### 5.2.3 ความสำคัญของการวัดค่าได้แบบ True RMS

อย่างที่ทราบแล้วว่าในการวัดแบบ RMS นั้นในกรณีของสัญญาณแบบ Sine สามารถที่จะวัดระดับแรงดันบริเวณจุดที่สูงสุดของแรงดันแล้วนำมาคูณเข้ากับ 0.707 เพื่อให้ได้ค่าของ RMS ออกมาได้อย่างถูกต้อง ซึ่งค่าที่ถูกต้องนี้จะสัมพันธ์ถึงพลังงานที่แท้จริงของสิ่งนั้นๆ เช่น สัมพันธ์กับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น สัมพันธ์กับกำลังงานที่เกิดขึ้น เป็นต้น แต่ในโลกแห่งความจริงแล้วสัญญาณที่เป็นคลื่น Sine แท้ (Pure Sine) นั้นจะพบได้เพียงในภาระไฟฟ้าบางประเภทเท่านั้น เช่น หลอดไฟแบบไส้ หรือภาระทางไฟฟ้าอื่นๆที่เป็นชนิดตัวต้านทานในกรณีของภาระทางไฟฟ้าชนิดอื่นๆเช่น ขดลวดไฟฟ้า พัดลม หม้อแปลง และอื่นๆ สัญญาณที่ได้จะไม่เกิดเป็นรูป Sine แต่จะเกิดเป็นสัญญาณรูปอื่นๆที่ยากจะคาดเดาขึ้น ทำให้ไม่สามารถนำเอาแรงดันสูงสุดของคลื่นมาคูณด้วย 0.707 เพื่อหาค่า RMS ได้



รูปที่ 5.2 แสดงสัญญาณที่เกิดจากเพาเวอร์ซัพพลายคอมพิวเตอร์ (ไม่ใช่ Pure sine)

## 5.3 คุณสมบัติสำหรับ AC1 – B74 Multifunction Power Meter

### 5.3.1 ข้อมูลทางไฟฟ้า

|                          |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|
| แรงดันไฟเลี้ยงของมิเตอร์ | Transformer 200-240Vac 45-65 Hz     |
| กินไฟสูงสุด              | 3.0 VA                              |
| Input Protection         | Varistor 275Vac 7kA , Fuse 1Amp     |
| Terminal                 | SCREW TYPE                          |
| Output Relay 1, 2        | Contact 250Vac 3Amp Max. + Varistor |
| ย่านอุณหภูมิใช้งาน       | 0-55 องศาเซลเซียส                   |

### 5.3.2 Input current sensing

|                          |   |
|--------------------------|---|
| ชนิด                     | Current Transformer                     |
| ย่านกระแสไฟฟ้าปกติที่วัด | 0.020 - XXX AMP 12KHz (Base on CT Type) |
| ภาระโหลดสูงสุด           | 0.1 VA                                  |

### 5.3.3 Option: Communication

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| ชนิด                              | RS 485   |
| รูปแบบข้อมูล                      | 1 Start bit, 8 Data bit<br>1 หรือ 2 stop bit<br>Parity none, odd, even |
| อัตราความเร็ว                     | 1200, 2400, 480, 9600 และ 19200 bit/sec                                |
| Protocol                          | Modbus RTU   |
| ISOLATE                           | Isolate 2.5KV  |
| #Node                             | 32 unit 2 Network  |
| Option: Analog output 6 Type in 1 | 0/4-20mA, 0-10V, 2-10V, 0-5V, 1-5V                                     |
| Resolution                        | DAC 16BIT  |
| 0-2- mA-DC                        | Max300 ohm 22 mA Max.  |
| 0-10 Volt-DC                      | Min. 1K ohm 20 mA  |
| Isolate From Input                | Isolate 2.5KV  |

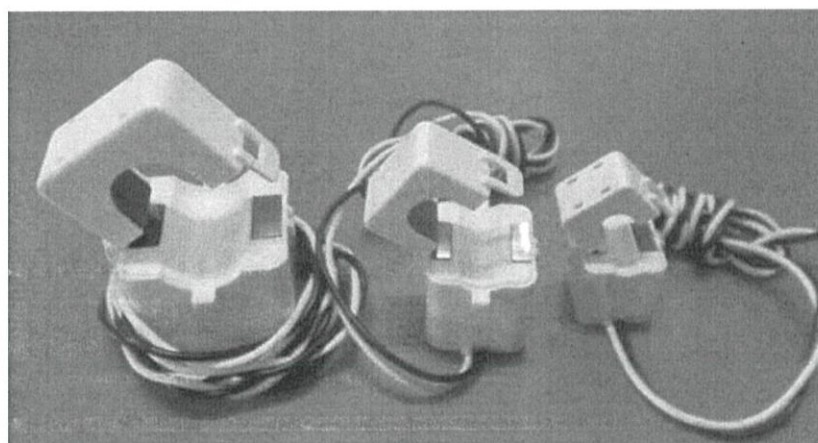


รูปที่ 5.3 แสดงลักรูปร่างของอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้า

## 5.4 Split Core Current Transformer 50A/333mV

เหมาะกับ Digital Power Meter ที่ต้องการความละเอียดและความเชิงเส้นสูง (CT แบบ /50A เหมาะกับมิเตอร์เข็ม ยิ่ง Amp Rate ต่ำๆจะมีความเพี้ยน ทั้งตัว Amplitude และ Phase Shift มาก มีผลทำให้ KW, KVAR, pF, Kwh และ ตัวแปรอื่น ๆ ผิดพลาดตามไปด้วย)

- Split Core Current Transformer 50 Amp Max400 HZ
- Output 333 mV (AC)
- Class 0.5 Ratio 3000:1
- ความยาวสาย 90 cm
- รู้อยู่ขนาด 1 มม.

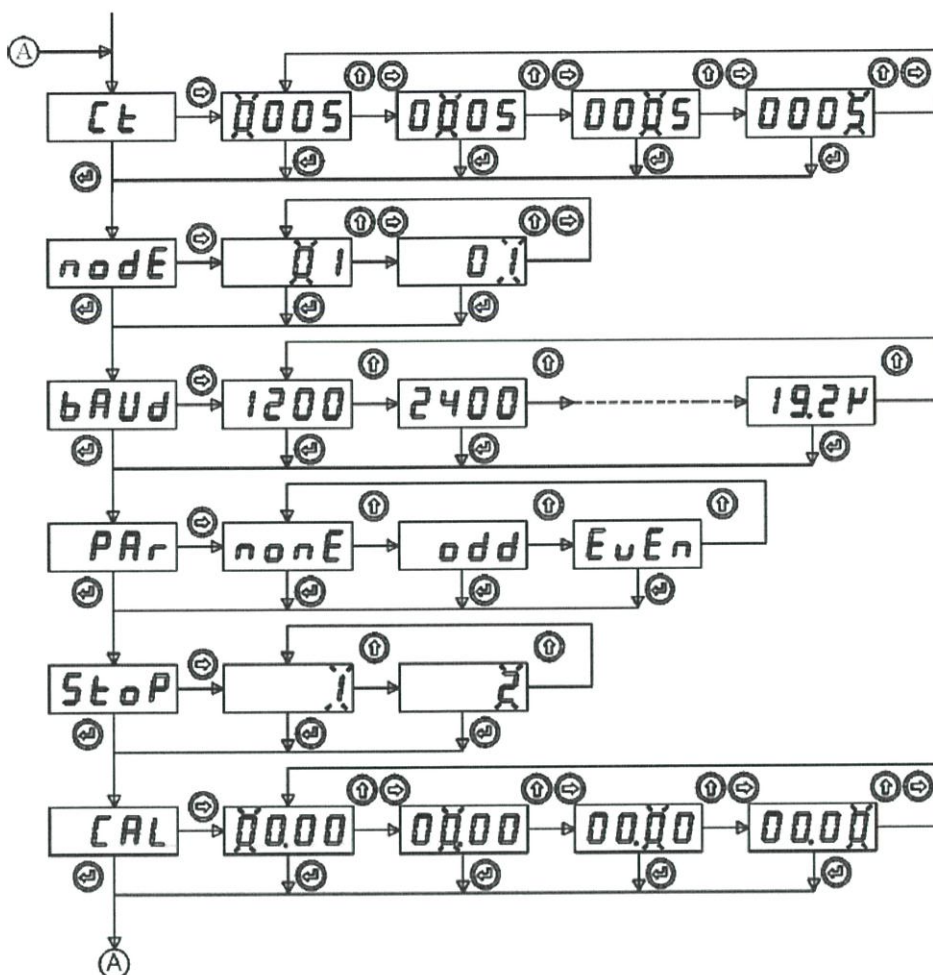


รูปที่ 5.4 แสดงลักษณะรูปร่างของ Current Transformer

## 5.5 การติดต่อสื่อสารสำหรับ AC1 – B74 Multifunction Power Meter

### 5.5.1 การตั้งค่าหมายเลขประจำเครื่อง และ Baud Rate

การตั้งค่าหมายเลขประจำเครื่อง (Slave ID) และ Baud rate มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับอุปกรณ์ เนื่องจากเปรียบเสมือนชื่อที่ถูกใช้เรียกโดยตัวควบคุม เมื่อตัวควบคุมต้องการที่จะติดต่อสื่อสารด้วยผ่านทางโปรโตคอลมอดบัส (Modbus) ซึ่งจะมีตัวควบคุมเป็นมาสเตอร์ (Master) และมีอุปกรณ์ตรวจวัดเป็นสลาฟ (Slave) โดยที่ในเครือข่ายหนึ่งสามารถมีอุปกรณ์ได้ทั้งหมด 256 หมายเลข คือ 0 – 255 โดย หมายเลข 0 เป็นอุปกรณ์ควบคุมทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ นอกเหนือจากนั้นเป็นสลาฟ เมื่ออุปกรณ์ควบคุมต้องการที่จะเรียกถึงข้อมูลที่อุปกรณ์ตรวจวัดสามารถวัดได้ จะเรียกอุปกรณ์ตรวจวัดแทนหมายเลขที่ถูกตั้งค่าไป ในกรณีของ Baud rate คืออัตราความเร็วที่จะสื่อสารถึงกัน โดยทั้งเครือข่ายต้องตั้งค่าให้เท่ากันทุกอุปกรณ์ การตั้งค่า ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 แสดงการตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ

หมายเหตุ: การกำหนดค่าพารามิเตอร์

- CT (CURRENT TRANSFORMER SETTING) กำหนดขนาดที่ใช้

- 1) กรณีใช้ CT xxx/5A ภายนอก--> ให้ใส่ค่ากระแสด้าน Primary เข้าไป เช่นใช้ CT 500/5A ให้ป้อนค่า 500, ถ้าใช้ 1500/5A ป้อนค่า 1500
- 2) กรณีใช้ CT xxx/mA 2500 Turn ภายนอก --> ให้ใส่ค่า CT= 5 ในรุ่นนี้ทาง LEOS มี CT ประเภทนี้อยู่ 3 ขนาดให้เลือกใช้ คือ ขนาด 20A , 50A , 100A Accuracy 0.2 ทั้ง 3 รุ่นพัน 2500 รอบด้าน Secondary อยู่ภายใน ดังนั้น รุ่น 20A/2500--> I<sub>2</sub> = 8mA, รุ่น 50A/2500--> I<sub>2</sub> = 20mA, รุ่น 100A/2500--> I<sub>2</sub> = 40mA ดังนั้นถ้าต้องการวัดค่าที่มีความแม่นยำสูง ไม่เกิน 100 A ให้เลือกรุ่นนี้
- 3) กรณีใช้ CT xxx/333mV 2500 Turn ภายนอก --> ให้ใส่ค่ากระแสด้าน Primary เข้าไป เช่นใช้ CT 50/333mV ให้ป้อนค่า 50, ถ้าใช้ 400/333mV ป้อนค่า CT= 400

ในรุ่นนี้มี CT SPLIT CORE 5 ขนาดให้เลือกใช้ คือ 50/333 mV , 100/333 mV, 200/333 mV, 400/333 mV , 600/333 mV โดยที่เลือกใช้คือ 50/333 mV

- node (NODE ADDRESS) กำหนดค่า NODE ADDRESS ให้กับการติดต่อสื่อสารแบบ RS485 สามารถต่อพ่วงได้สูงสุด 31 NODE
- baud (BAUDRATE) BIT/SECOND กำหนดค่า BAUDRATE ให้กับการติดต่อสื่อสารแบบ RS485 สามารถ กำหนดได้เป็น 1200 , 2400 , 4800 , 9600 , 19200 BIT/SEC
- par (Parity bit ) กำหนดค่า PARITY BIT CHECK ให้กับการติดต่อสื่อสารแบบ RS485 สามารถ กำหนดได้เป็น NONE , EVEN , ODD
- Stop (STOP BIT) กำหนดค่า STOP BIT ให้กับการติดต่อสื่อสารแบบ RS485 สามารถ กำหนดได้เป็น 1 หรือ 2

### 5.5.2 การเข้าถึงข้อมูล

เมื่ออุปกรณ์ควบคุมหลักซึ่งทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ (Master) ต้องการข้อมูลที่ใช้ 1AC B74 Watt meter สามารถตรวจวัดได้ ข้อมูลจะถูกจัดเก็บอยู่ภายในตำแหน่งข้อมูล (Data register) ดังนั้น เมื่อทราบถึงข้อมูลที่จะนำไปใช้ จำเป็นต้องทราบถึงตำแหน่งข้อมูลอีกด้วยดังตารางที่ 5.1 ในส่วนของการเลือกใช้ฟังก์ชันสำหรับมอสบัสนั้น ต้องเลือกใช้ให้ตรงกับทางผู้ผลิตรายมา ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 แสดงตำแหน่งของข้อมูลที่ถูกจัดเก็บใน AC1 – B74 Multifunction Power Meter

| ตำแหน่ง | ชนิดข้อมูล  | จำนวนไบต์ | ตัวแปร       | หน่วย       |
|---------|-------------|-----------|--------------|-------------|
| 0 – 1   | Double Word | 4         | โวลต์        | x 0.01 Volt |
| 2 – 3   | Double Word | 4         | กระแสไฟฟ้า   | milli – Amp |
| 4 – 5   | Double Word | 4         | กำลัง        | Watt        |
| 6 – 7   | Double Word | 4         | พลังงาน      | x 0.1 KWH.  |
| 8 – 9   | Double Word | 4         | ชั่วโมงทำงาน | x 0.1 x Hr. |
| 10 – 11 | Double Word | 4         | Power Factor | 0.01        |
| 12 – 13 | Double Word | 4         | ความถี่      | x 0.1 Hz.   |

ตารางที่ 5.2 แสดงฟังก์ชันที่กำหนดให้ใช้สำหรับมอสบัส

| Function | Operate              | Broadcast |
|----------|----------------------|-----------|
| 04       | Read Input Registers | NO        |

## 5.6 RC35 Wireless RS232/485/422 [16]

Wireless RS232/485/422 RC35 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณ RS232/485/422 ผ่านทางสัญญาณวิทยุ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งโดยไม่ต้องเดินสายสัญญาณ



รูปที่ 5.6 แสดงรูปร่างลักษณะของอุปกรณ์เชื่อมต่อไร้สาย

### 5.6.1 คุณสมบัติ

#### 5.6.1.1 Wireless Interface

ตารางที่ 5.3 แสดงคุณสมบัติสำหรับ Wireless Interface

|                       |   |
|-----------------------|---|
| RF Stand              | 802.15/ZigBee Compliant   |
| Frequency Band        | 2.4 GHz   |
| Max.RF Data Rate      | 250 Kb  |
| RX Sensitivity        | (-) 102 dB. m   |
| TX Power              | (+)10 dB (Max)  |
| Transmission Distance | Up to 90 m. Indoor/Urban<br>Up to 700 m. Outdoor RF line-of-sight |
| Antenna Connector     | RP-SMA JACK/Female  |
| RF Channel            | 12 Channel  |
| Network Topology      | Point-to-Point  |

### 5.6.1.2 Serial Interface

ตารางที่ 5.4 แสดงคุณสมบัติสำหรับ Serial Interface

|                  |                                     |
|------------------|-------------------------------------|
| Serial Standards | RS-232 RJ12 6 pin connector         |
|                  | RS-485/422 (Isolated) 11 pin socket |
| Loading          | RS485/422 Max 32 Unit               |
| Distance         | RS232 Length 15 m.                  |
|                  | RS485/422 Length 1 Km.              |

### 5.6.1.3 Serial Parameter

ตารางที่ 5.5 แสดงคุณสมบัติสำหรับ Serial Interface

|           |   |
|-----------|---|
| Baud Rate | 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 |
| Data Bit  | 7, 8                                    |
| Stop Bit  | 1, 2                                    |
| Parity    | None, Odd, Even                         |

### 5.6.1.4 Power Requirements

ตารางที่ 5.6 แสดงคุณสมบัติสำหรับ Power Requirements

|              |                           |
|--------------|---------------------------|
| Power Supply | 220 VAC                   |
|              | 12 VDC, 24 VDC (Optional) |

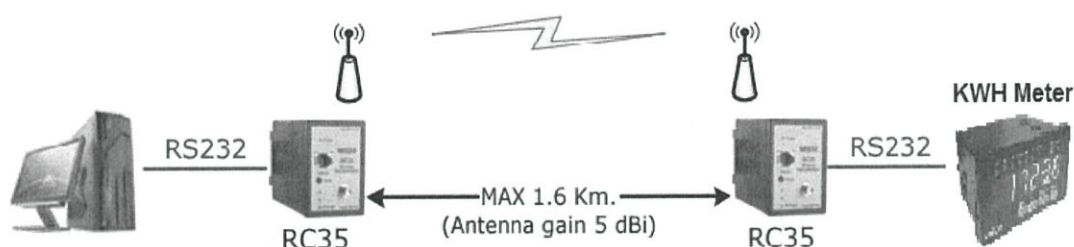
### 5.6.1.5 Environmental Limits

ตารางที่ 5.7 แสดงคุณสมบัติสำหรับ Environmental Limits

|                       |             |
|-----------------------|-------------|
| Operating Temperature | 0 to 55 °C  |
| Operating Humidity    | 5 to 95 %RH |
| Storage Temperature   | 0 to 70 °C  |

### 5.6.2 ตัวอย่างการต่อใช้งาน

การต่อ RC35 Wireless RS485 กับ เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า จะมีเสาวิทยุ 2 อัน เสาวิทยุรับข้อมูลกับเสาวิทยุส่งข้อมูล ในการส่งสัญญาณข้อมูลระหว่างกัน ซึ่งเสาวิทยุส่งข้อมูลจะเชื่อมต่อกับเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า 1AC B74 Multifunction watt meter โดยสาย RS232 และเสารับสัญญาณข้อมูลจะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์



รูปที่ 5.7 แสดงการต่อใช้งานอุปกรณ์เชื่อมต่อไร้สาย

### 5.6.3 โหมดการทำงาน

โมดูลจะมีโหมดการทำงานอยู่ 3 โหมด มีรายละเอียดดังนี้

- 1) Running Mode เป็นโหมดการทำงานปกติของโมดูล โดยโมดูลจะเข้าสู่ Running Mode ได้ต่อเมื่อโมดูลต้นทางสามารถติดต่อกับโมดูลปลายทางได้เท่านั้น หลังจากนั้นโมดูลจะทำการส่งข้อมูลที่เข้ามาทาง RS232, RS485/422 ไปยังโมดูลปลายทาง
- 2) Discovery Mode เมื่อโมดูลเข้าสู่ Discovery Mode แล้ว โมดูลต้นทางจะทำการสแกนหาโมดูลปลายทาง เมื่อโมดูลต้นทางสามารถติดต่อกับโมดูลปลายทางได้แล้ว โมดูลจะสลับการทำงานเป็น Running Mode อัตโนมัติ แต่ถ้าโมดูลต้นทางไม่สามารถสแกนหาโมดูลปลายทางได้ โมดูลจะคงอยู่ใน Discovery Mode จนกว่าจะสแกนเจอโมดูลปลายทาง กรณีที่มีข้อมูลถูกส่งเข้ามาทาง RS232/485/422 ในขณะที่อยู่ใน Discovery Mode ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ที่ Buffer แต่ถ้าข้อมูลมีจำนวนมากกว่าขนาดของ Buffer ข้อมูลที่เข้ามาก่อนจะถูกทับด้วยข้อมูลที่เข้ามาใหม่ Discovery Mode จะทำงานเมื่อโมดูลเปิดเครื่อง (Power ON), หลังจากโมดูลรีเซทหรือเข้าโหมดนี้โดยการกดปุ่ม Mode ที่โมดูล 1 ครั้ง
- 3) Configuration Mode เป็นโหมดการทำงานที่ใช้สำหรับตั้งค่าให้กับโมดูล โดยใช้โปรแกรม Wisco Wireless Serial Utility โมดูลสามารถเข้าสู่ Configuration Mode โดยการกดปุ่ม Mode ค้างไว้ประมาณ 5 วินาที สามารถออกจากโหมดการทำงานนี้โดยการหยุดจ่ายไฟให้กับโมดูล (Power OFF), รีเซทโมดูล หรือไม่มีการ

เชื่อมต่อกับ Utility เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นโมดูลจะทำการรีเซทและเริ่มทำงานใหม่ เมื่อโมดูลเข้าสู่ Configuration Mode ข้อมูลที่ถูกส่งเข้ามายังโมดูลจะถือว่าเป็นข้อมูลที่ใช้ในการตั้งค่า ข้อมูลจะไม่ถูกส่งไปยังโมดูลปลายทาง

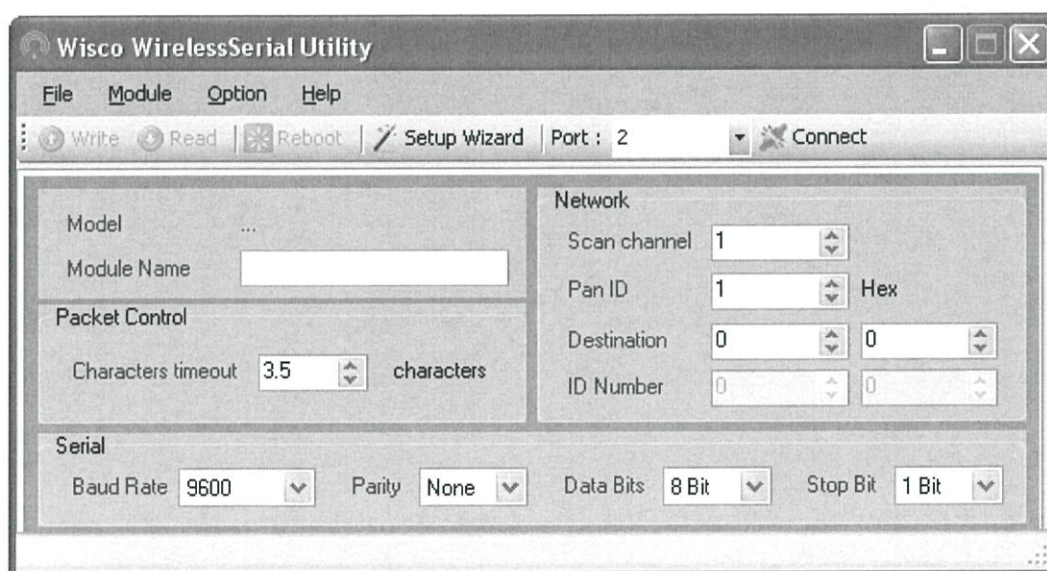
- 4) การทำงานของหลอดไฟ อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณไร้สาย RC35 มีหลอดไฟแสดงสถานะของแต่ละโหมด ดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.8 แสดงไฟสถานะของแต่ละโหมด

| โหมดการทำงาน       | สถานะหลอดไฟ LED [ON/OFF] (ms) |
|--------------------|-------------------------------|
| Running Mode       | 1000/1000                     |
| Discovery Mode     | 100/4000                      |
| Configuration Mode | 100/100                       |

#### 5.6.4 การเริ่มต้นใช้งาน

ก่อนเริ่มต้นใช้งานนั้น จำเป็นต้องทำการตั้งค่าอุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณไร้สาย RC35 โดยใช้โปรแกรมที่ชื่อว่า “Wisco Wireless Serial Utility” ดังรูปที่ 5.8 ซึ่ง Wisco Wireless Serial Utility ใช้สำหรับการอ่านค่า/การตั้งค่าให้กับโมดูล เช่น Serial, Network, Packet Control การเชื่อมต่อกับโมดูลสามารถเชื่อมต่อผ่านทาง RS232 หรือ RS485/RS422 (โดยการเลือกจากจัมเปอร์)

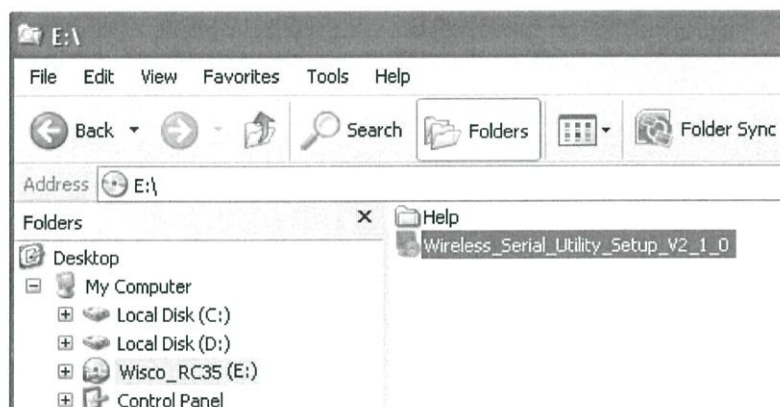


รูปที่ 5.8 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม Wisco Wireless Serial Utility

#### 5.6.4.1 วิธีการติดตั้งโปรแกรม Wisco Wireless Serial Utility

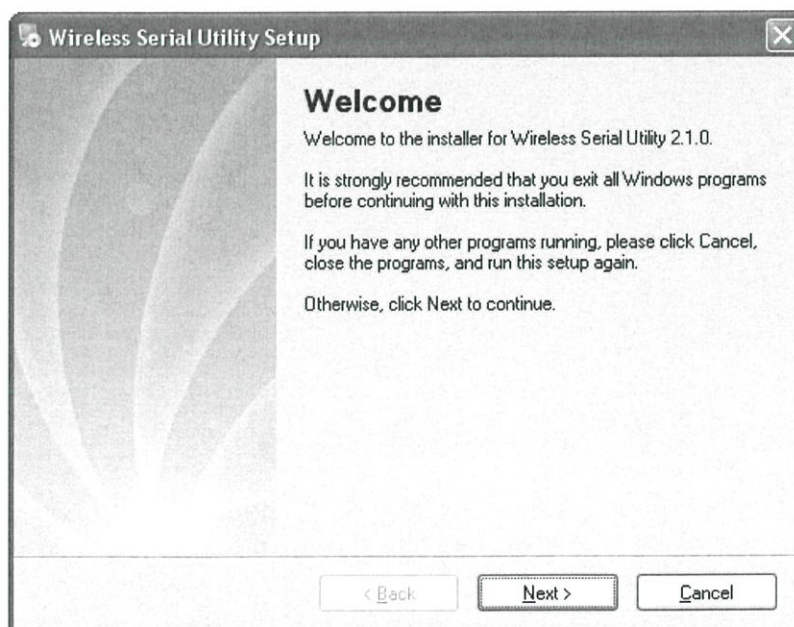
สามารถหาได้จาก 2 แหล่ง ดังนี้

- 1) เว็บไซต์ของทางบริษัท [www.wisco.co.th/main/downloads](http://www.wisco.co.th/main/downloads)  
(Wireless\_Serial\_Utility\_Setup\_v2\_1.exe)
- 2) ใน CD ที่มากับโมดูล การลงโปรแกรมมีขั้นตอนดังนี้
  - ใส่ CD ลงใน CD/DVD-ROM
  - เปิดไฟล์ชื่อ Wireless\_Serial\_Utility\_Setup\_V2\_1\_Full.exe



รูปที่ 5.9 แสดงหน้าต่างก่อนทำการติดตั้งโปรแกรม

- จะปรากฏหน้าต่างการติดตั้งโปรแกรม Wisco Wireless Serial Utility ขึ้นมา ให้คลิกปุ่ม  ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการติดตั้ง

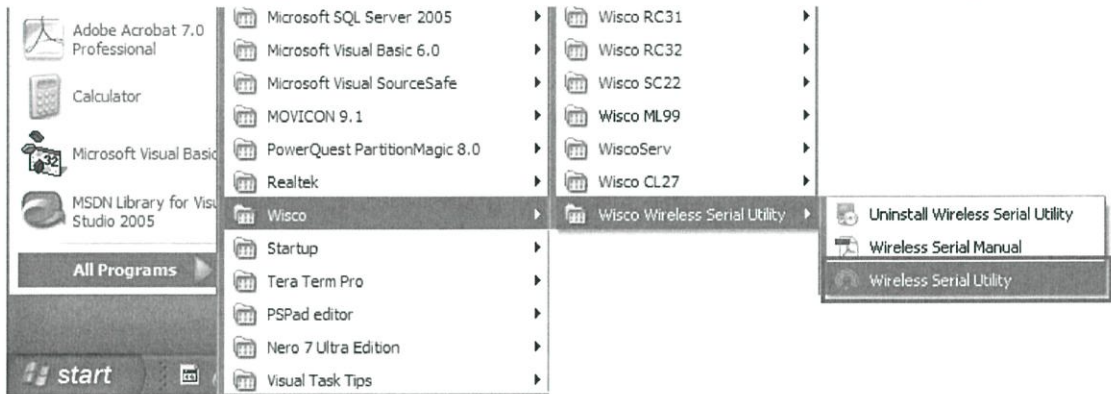


รูปที่ 5.10 แสดงหน้าต่างการติดตั้งโปรแกรม

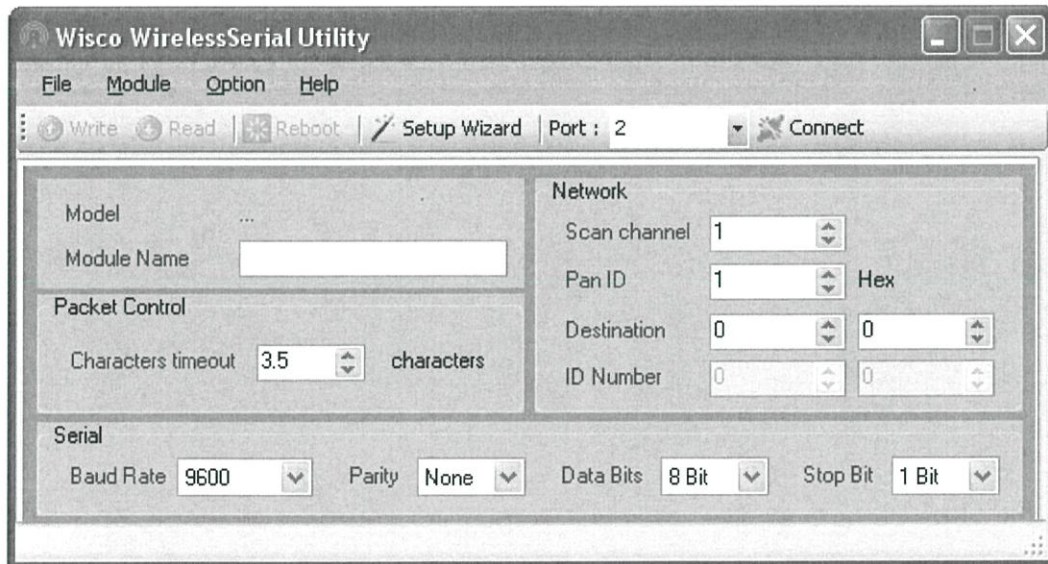
โปรแกรมที่ติดตั้งแล้วโดยปกติจะอยู่ในกลุ่มของ Program Files ดังนี้  
 [Windows Drive] > Program Files > Wisco > Wisco Utility >  
 WirelessSerial Utility 2.1

#### 5.6.4.2 วิธีการเปิดใช้งานโปรแกรม

เปิดโปรแกรมโดยเลือกที่ start -> All Programs -> Wisco -> Wisco Wireless Serial -> Wireless Serial Utility 2.1 จะปรากฏหน้าต่างของโปรแกรม Wisco Wireless Serial Utility ดังรูปที่ 5.11 และเมื่อเข้าโปรแกรมจะแสดงหน้าต่าง ดังรูปที่ 5.12





รูปที่ 5.11 แสดงวิธีการเข้าโปรแกรม



รูปที่ 5.12 แสดงหน้าต่างโปรแกรม



### 5.6.4.3 การสื่อสารระหว่างโมดูลกับโปรแกรม

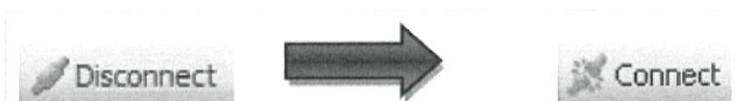
โปรแกรมสามารถเชื่อมต่อกับโมดูลผ่านทาง RS232/485/RS422 (โดยการเลือกจากจัมเปอร์) ก่อนเชื่อมต่อกับโปรแกรมจะต้องกดสวิทช์ค้างไว้ 5 วินาที จนกระทั่งไฟ Power กระทบริบร้าว เพื่อเข้าสู่ Configuration Mode หลังจากนั้นจึงทำการเชื่อมต่อกับโปรแกรม

- 1) การสั่งให้โปรแกรมเชื่อมต่อกับโมดูล กดปุ่ม Setup ที่โมดูลค้างไว้ 5 วินาที จนกระทั่งไฟ Power กระทบริบร้าว เพื่อให้โมดูลเข้าสู่โหมดการตั้งค่าคลิกที่ปุ่ม  แล้วรอสักครู่ หากเชื่อมต่อกับโมดูลได้แล้ว ปุ่มจะเปลี่ยนสถานะเป็น  ดังรูปที่ 5.13



รูปที่ 5.13 แสดงสถานะปุ่มเริ่มการเชื่อมต่อ


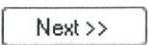
- 2) การสั่งให้โปรแกรมหกเลิกการติดต่อกับโมดูลคลิกที่ปุ่ม  แล้วรอสักครู่ หากยกเลิกการเชื่อมต่อกับโมดูลได้แล้ว ปุ่มจะเปลี่ยนสถานะเป็น  ดังรูปที่ 5.14

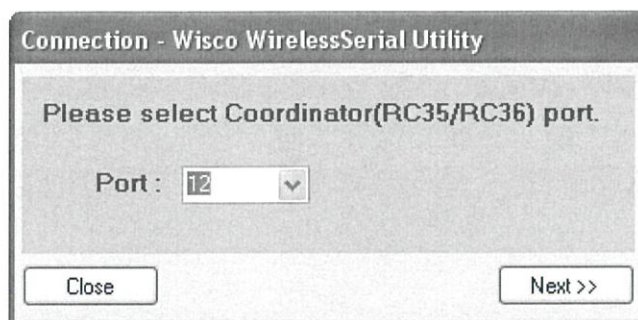


รูปที่ 5.14 แสดงสถานะปุ่มยกเลิกการเชื่อมต่อ

### 5.6.4.4 การใช้งาน Setup Wizard

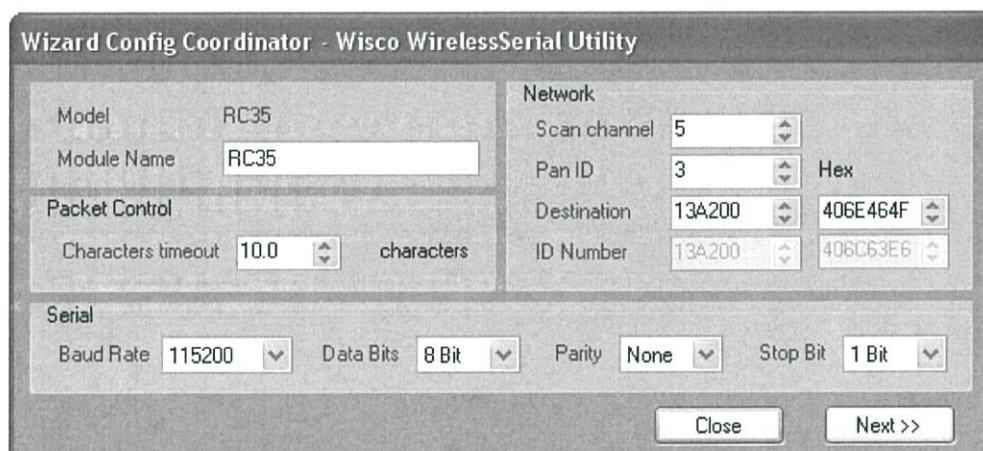
Setup Wizard ใช้สำหรับตั้งค่าให้กับโมดูลทั้งหมดที่จะต่ออยู่ในวง Network เดียวกัน ได้แก่ Coordinator Module, Router Module, Repeater Module (RP29) โดยตัวอย่างการตั้งค่าให้กับโมดูลด้วย Setup Wizard มีขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1) กดปุ่ม  จะปรากฏหน้าต่าง Connection ขึ้นมา ให้นำ Coordinator Module มาเชื่อมต่อกับโปรแกรมโดยกดปุ่ม setup ที่โมดูลค้างไว้ 5 วินาที จนกระทั่งไฟ Power กระทบริบร้าว เพื่อเข้าสู่ Configuration Mode และเลือกพอร์ตที่เชื่อมต่อกับโมดูลแล้วคลิกปุ่ม  ดังรูปที่ 5.15



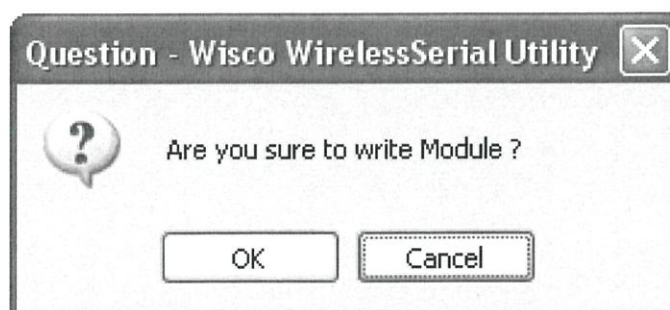
รูปที่ 5.15 แสดงหน้าต่างการเลือก Coordinator Module

ถ้าโปรแกรมสามารถเชื่อมต่อกับโมดูลได้ จะปรากฏหน้าต่าง Wizard Config Coordinator ขึ้น สามารถตั้งค่าให้กับ Coordinator Module ได้ ยกเว้นค่า Destination ซึ่งจะถูกนำมากำหนดให้กับ Router Module ในขั้นตอนต่อไป เมื่อตั้งค่าเสร็จแล้วให้คลิกปุ่ม  ดังรูปที่ 5.16



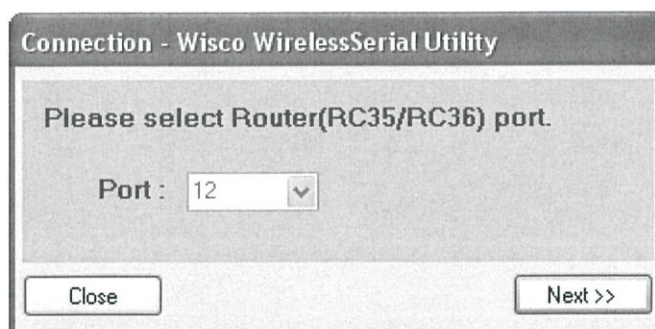
รูปที่ 5.16 แสดงหน้าต่าง Wizard Config Coordinator

ยืนยันการตั้งค่าโดยการกดปุ่ม  รอสักครู่ โปรแกรมจะทำการบันทึกการตั้งค่าและรีเซตโมดูล ดังรูปที่ 5.17



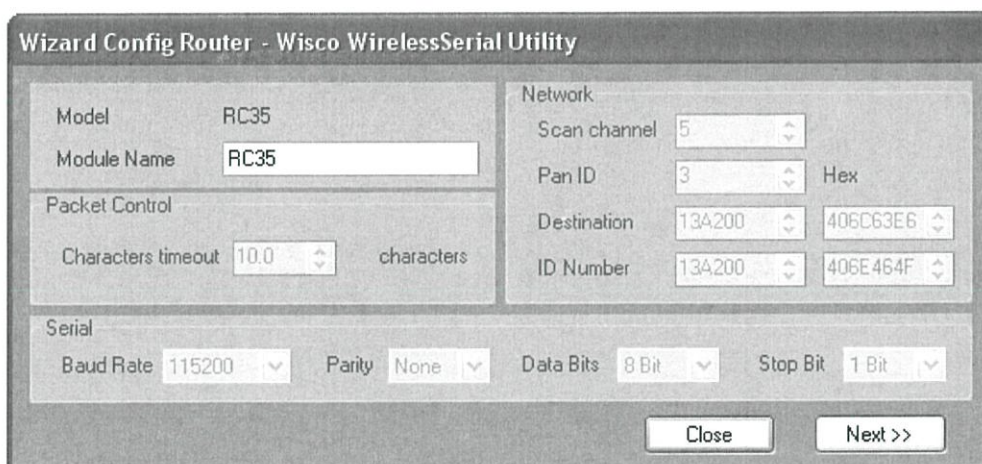
รูปที่ 5.17 แสดงหน้าต่างยืนยันการบันทึก

ขั้นตอนที่ 2) จะปรากฏหน้าต่าง Connection ขึ้นมา ให้นำ Router Module มาเชื่อมต่อกับโปรแกรมโดยกดปุ่ม setup ที่โมดูลค้างไว้ 5 วินาที จนกระทั่งไฟ Power กระทบริบร้ว เพื่อเข้าสู่ Configuration Mode และเลือกพอร์ตที่เชื่อมต่อกับโมดูลแล้วคลิกปุ่ม  ดังรูปที่ 5.18



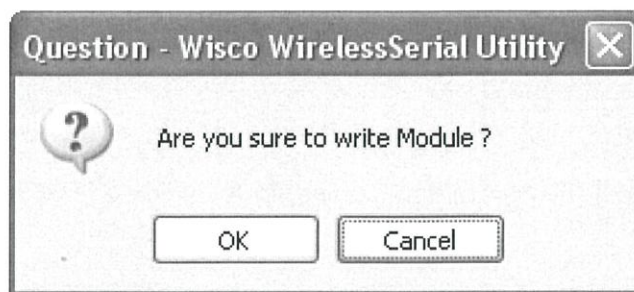
รูปที่ 5.18 แสดงหน้าต่างการเลือก Router Module

ถ้าโปรแกรมสามารถเชื่อมต่อกับโมดูลได้ จะปรากฏหน้าต่าง Wizard Config Router ขึ้นจะแสดงการตั้งค่าของ Coordinator ที่จะถูกบันทึกให้กับ Router Module โดยการคลิกปุ่ม  ดังรูปที่ 5.19



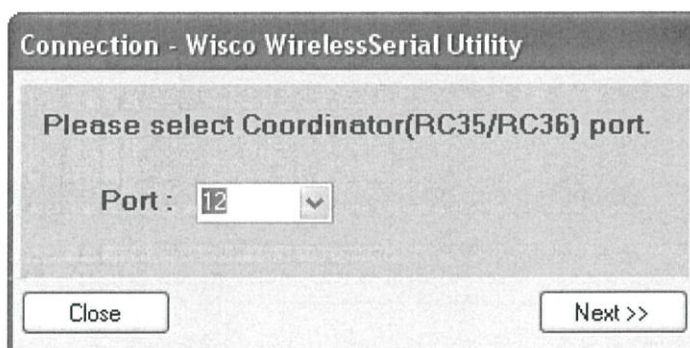
รูปที่ 5.19 แสดงหน้าต่าง Wizard Config Router

ยืนยันการตั้งค่าโดยการกดปุ่ม  รอสักครู่ โปรแกรมจะทำการบันทึกการตั้งค่าและรีเซตโมดูล ดังรูปที่ 5.20



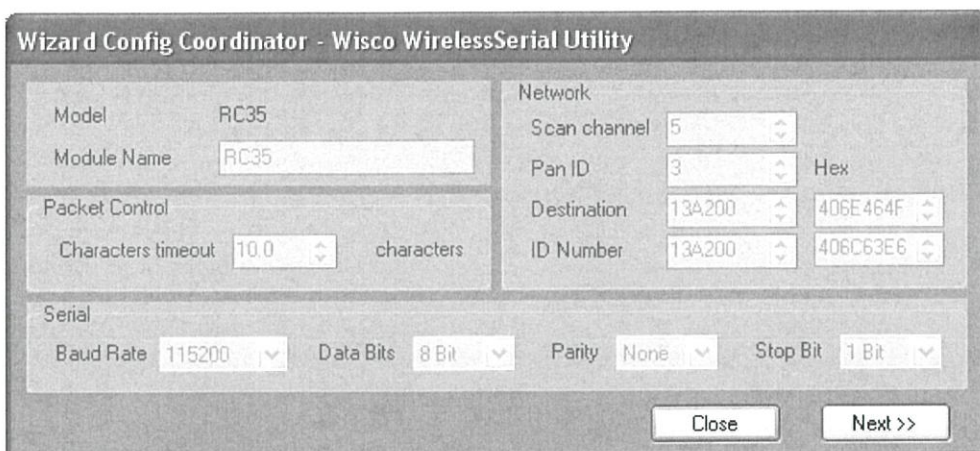
รูปที่ 5.20 แสดงหน้าต่างยืนยันการบันทึก

ขั้นตอนที่ 3) จะปรากฏหน้าต่าง Connection ขึ้นมา ให้นำ Coordinator Module ตัวเดิมมาเชื่อมต่อกับโปรแกรมอีกครั้ง โดยกดปุ่ม setup ที่โมดูลค้างไว้ 5 วินาที จนกระทั่งไฟ Power กะพริบเร็ว เพื่อเข้าสู่ Configuration Mode และเลือกพอร์ตที่เชื่อมต่อกับโมดูลแล้วคลิกปุ่ม  ดังรูปที่ 5.21



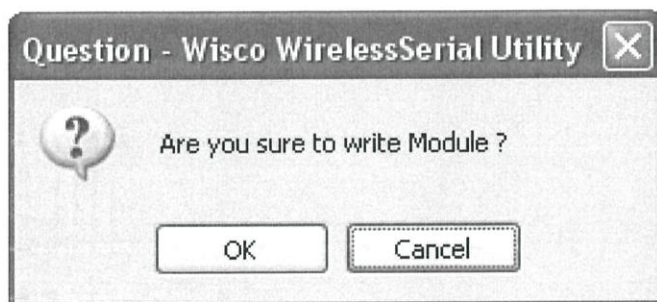
รูปที่ 5.21 แสดงหน้าต่าง Connection

ถ้าโปรแกรมสามารถเชื่อมต่อกับโมดูลได้ จะปรากฏหน้าต่าง Wizard Config Coordinator ขึ้น จะแสดงการตั้งค่าของ Router Module ที่จะถูกบันทึกให้กับ Coordinator Module ซึ่งโปรแกรมจะนำค่า ID Number ของ Router Module มากำหนดเป็นค่า Destination ให้กับ Coordinator Module โดยการคลิกปุ่ม  ดังรูปที่ 5.22



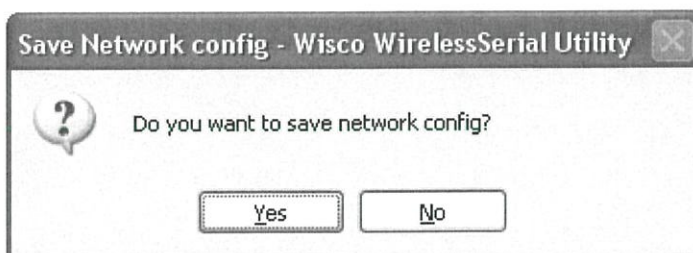
รูปที่ 5.22 แสดงหน้าต่าง Wizard Config Coordinator

ยืนยันการตั้งค่าโดยการกดปุ่ม  รอสักครู่ โปรแกรมจะทำการบันทึกการตั้งค่าและรีเซทโมดูล ดังรูปที่ 5.23



รูปที่ 5.23 แสดงหน้าต่างยืนยันการบันทึก

จะปรากฏหน้าต่าง Save Network Config ขึ้น สำหรับบันทึกการตั้งค่า Network เพื่อนำไปตั้งค่าให้กับ Repeater Module ที่อาจจะมีนำมาเชื่อมต่อเพิ่มในวง Network ได้ในอนาคต โดยจะบันทึกค่าของ Pan ID และ Channel ถ้าต้องการบันทึกให้กดปุ่ม  หรือถ้าไม่ต้องการบันทึกให้กดปุ่ม  ดังรูปที่ 5.24

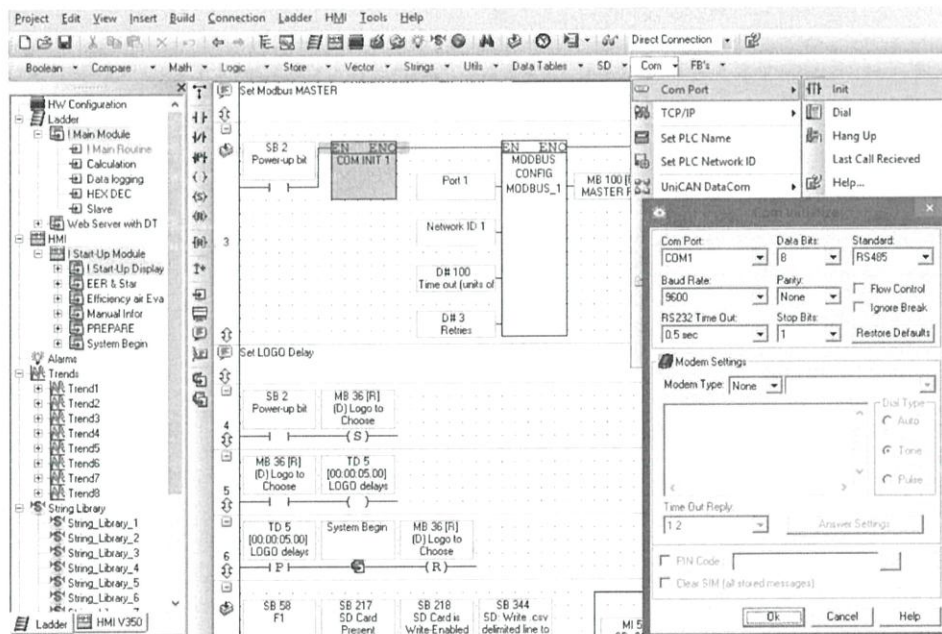


รูปที่ 5.24 แสดงหน้าต่างยืนยันการบันทึก

## 5.7 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน

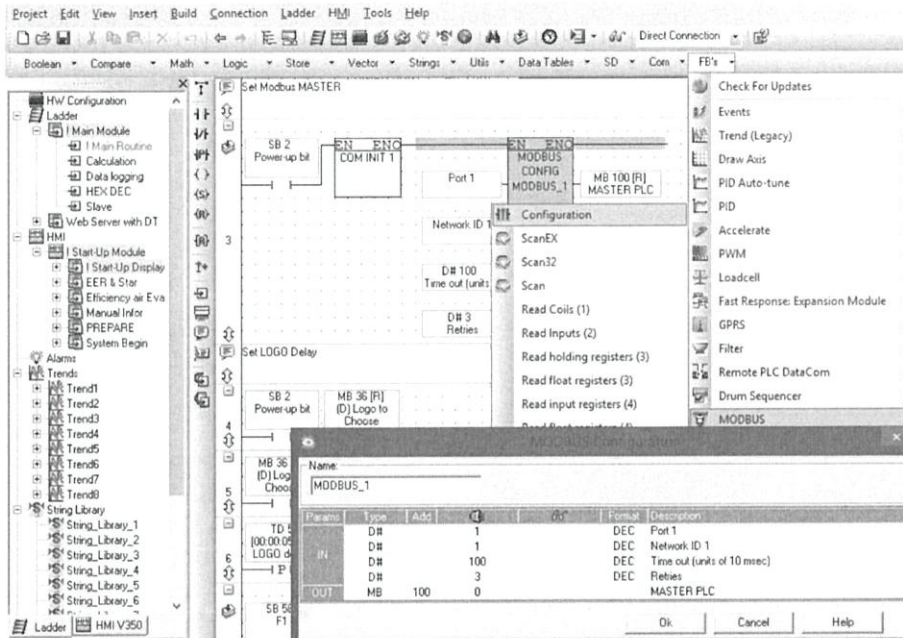
การใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ AC1 – B74 Multifunction Power Meter ร่วมกับพีแอลซี ในระบบประเมินประสิทธิภาพ โดยการใช้โปรโตคอลมอสบัส (Modbus protocol) โดยมีพีแอลซีเป็นอุปกรณ์ควบคุมหลัก หรือเรียกว่า “มาสเตอร์” เป็นตัวกำหนดว่าอุปกรณ์ใด จะถูกเรียกใช้เมื่อใด เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ ต่อชนิด RS485 ซึ่งได้ตั้งค่าหมายเลขประจำเครื่องเป็นหมายเลข 5 และตั้งค่า Baud rate เป็น 9,600 bps ดังรูปที่ 5.25 ดังนั้นการเขียนแลดเดอร์ให้สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ตรวจวัดนี้สามารถใช้ฟังก์ชันที่ 4 ซึ่งสำหรับโปรแกรมเขียนแลดเดอร์นั้น ใช้ชื่อว่า “Read Input Registers” โดยมีหลักขั้นตอนการเขียนดังต่อไปนี้

- 1) เปิดฟังก์ชันการใช้ติดต่อสื่อสารชนิด RS485 ดังรูปที่ 5.25 เนื่องจากโดยปกติแล้ว พีแอลซีจะตั้งค่าการติดต่อสื่อสารชนิด RS232 ซึ่งมีประสิทธิภาพน้อยกว่า RS485 ไว้เป็นอันดับแรก ดังนั้นเมื่อได้ใช้อุปกรณ์โดยใช้การติดต่อสื่อสารชนิด RS 485 จะต้องมีการตั้งค่าก่อนเสมอ



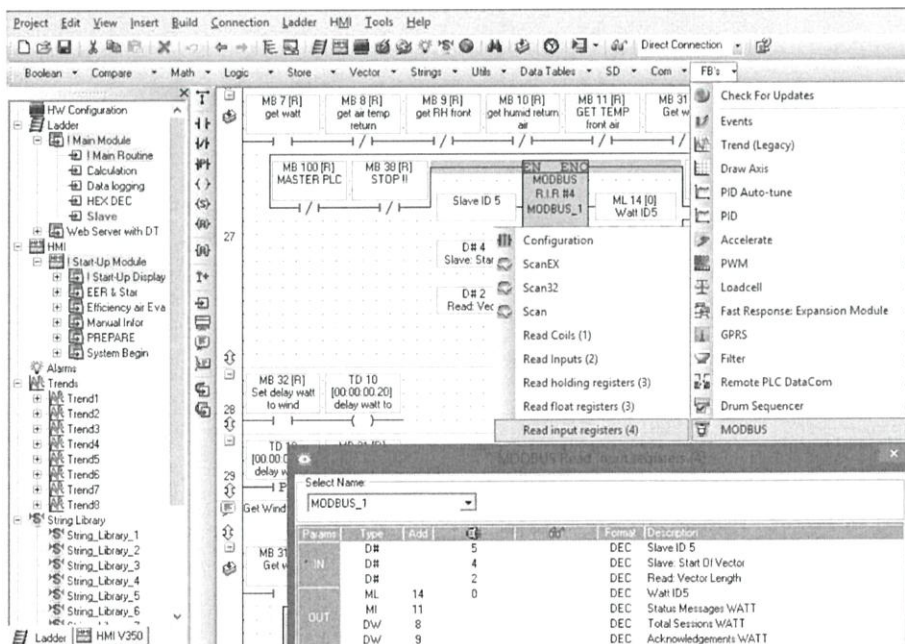
รูปที่ 5.25 แสดงการเลือกฟังก์ชัน RS485

- 2) เปิดการใช้ฟังก์ชันมอดบัสโปรโตคอลโดยการกำหนดมาสเตอร์และตั้งค่าเบื้องต้น ดังรูปที่ 5.26



รูปที่ 5.26 แสดงการกำหนดการตั้งค่าการใช้มอดบัสโปรโตคอล

- 3) เรียกใช้ฟังก์ชัน Read Input Registers (R.I.R) เพื่อเป็นกำหนดอุปกรณ์เชื่อมต่อหมายเลข 3 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ดังรูปที่ 5.27



รูปที่ 5.27 แสดงการใช้ฟังก์ชัน R.I.R สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์หมายเลข 5

## บทที่ 6

# การออกแบบโปรแกรมการคำนวณ และการแสดงผล

ในส่วนของการออกแบบโปรแกรมคำนวณค่าประสิทธิภาพของ เครื่องปรับอากาศแบบแยก ส่วน ทางผู้วิจัยสนใจประยุกต์ใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า “พีแอลซี” ซึ่งมีความนิยมใช้เป็นวงกว้าง ในด้านของอุตสาหกรรมต่าง ๆ (PLC ย่อมาจาก Programmable Logic Controller ซึ่งมีความหมายว่า เครื่องควบคุมเชิงตรรกะซึ่งสามารถควบคุมได้) โดยสาเหตุหลักที่พีแอลซีมีความเหมาะสมแก่งานทางด้านอุตสาหกรรม เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำพีแอลซีรวมไปถึงวงจรไฟฟ้าภายใน ที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมในแต่ละลักษณะการใช้งานจริง เช่น อุณหภูมิ, ความชื้นและ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น โดยปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อให้อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ได้มีการป้องกัน เกิดความเสียหายได้ รวมไปถึงความสามารถในการควบคุมอุปกรณ์ทางด้านเอาท์พุท (Output device) ซึ่งสามารถควบคุมและดำเนินการตามลำดับขั้นตามกระบวนการที่ได้ออกแบบได้อย่างเสถียรภาพ และมีประสิทธิผล โดยในการพัฒนาโปรแกรมนั้น จะพัฒนาโดยใช้ในรูปแบบแลดเดอร์ (Ladder diagram) ซึ่งมีความสะดวกและง่ายต่อการทำความเข้าใจ เนื่องจากมีลักษณะคล้ายรูปภาพซึ่งสามารถคิดได้ตามตรรกะ โดยพีแอลซีแต่ละบริษัทล้วนมีความยาก-ง่าย สำหรับการใช้งานที่แตกต่างกัน รวมไปถึงฟังก์ชันเครื่องมือการใช้งานต่าง ๆ และความสามารถพิเศษอื่น ๆ ที่อำนวยความสะดวกผู้ใช้ ซึ่งยังคงยึดหลักการพัฒนาไว้คงเดิม สำหรับพีแอลซีที่ได้เลือกใช้เป็นของบริษัท Unitronics รุ่น V350-35-T2 ซึ่งเป็นทั้งพีแอลซีและมีหน้าจอแสดงผลหรือ HMI (HMI ย่อมาจาก Human-machine interface ซึ่งมีความหมายว่าส่วนต่อประสานคนกับเครื่องจักร) โดยมีลักษณะเด่นคือ การใช้งานที่ไม่ซับซ้อนและสามารถออกแบบหน้าจอแสดงผลซึ่งเป็นจอแบบสัมผัสหรือทัชสกรีน (Touch screen) โดยโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาคำสั่งสำหรับพีแอลซีที่มีชื่อว่า “Visilogic” ดังรูปที่ 6.1 ซึ่งสามารถเขียนแลดเดอร์และออกแบบหน้าจอสัมผัสได้ตามความต้องการของผู้ใช้ อีกทั้งยังรองรับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกผ่านทาง RJ11 เพื่อการติดต่อสื่อสารแบบ RS485 หรือ RS232 และ RJ23 สำหรับ Ethernet port เพื่อสามารถแสดงผลไปยังเว็บเบราว์เซอร์ (Web browser) ทำให้สามารถติดตามข้อมูลต่าง ๆ ผ่านทางสมาร์ตดีไวซ์



รูปที่ 6.1 แสดงไอคอนโปรแกรมสำหรับออกแบบแลดเดอร์

## 6.1 ขอบเขตการออกแบบโปรแกรมคำนวณ

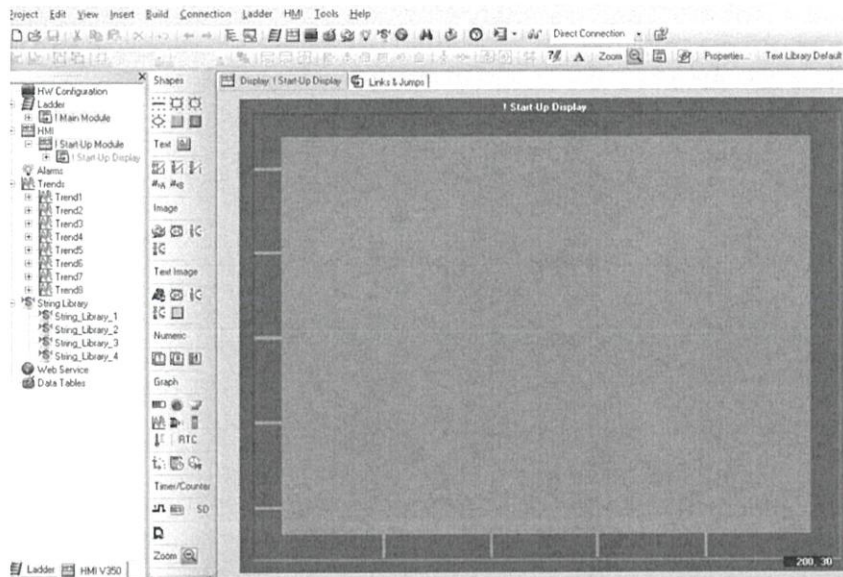
ก่อนการออกแบบโปรแกรม มีความจำเป็นต้องกำหนดหลักการและ ขอบเขตไว้ ดังนี้

- 1) จุดมุ่งหมายของระบบหรือผลลัพธ์ที่ต้องการให้เกิดขึ้น
- 2) ลักษณะของข้อมูลที่จะนำมาใช้ในโปรแกรม (Input specification) เช่น การติดต่อสื่อสาร ปริมาณของข้อมูล ชนิดของข้อมูล เป็นต้น
- 3) ลักษณะของผลลัพธ์ที่จะนำมาแสดงผล (Output specification) เช่น หน้าจอแสดงผลมีลักษณะเป็นอย่างไร และสามารถแสดงผลทางเว็บเบราว์เซอร์ (Web browser)
- 4) กำหนดวิธี หรือกระบวนการประมวลผล (Process specification) ซึ่งนำมาถึงผลลัพธ์โดยกระบวนการดังกล่าว มีความจำเป็นต้องทำตามลำดับขั้น (Sequential step) และถูกต้องตามหลักทฤษฎีที่ถูกกล่าวถึงในบทก่อนหน้า เพื่อให้ได้ผลลัพธ์อย่าง แม่นยำและรวดเร็ว

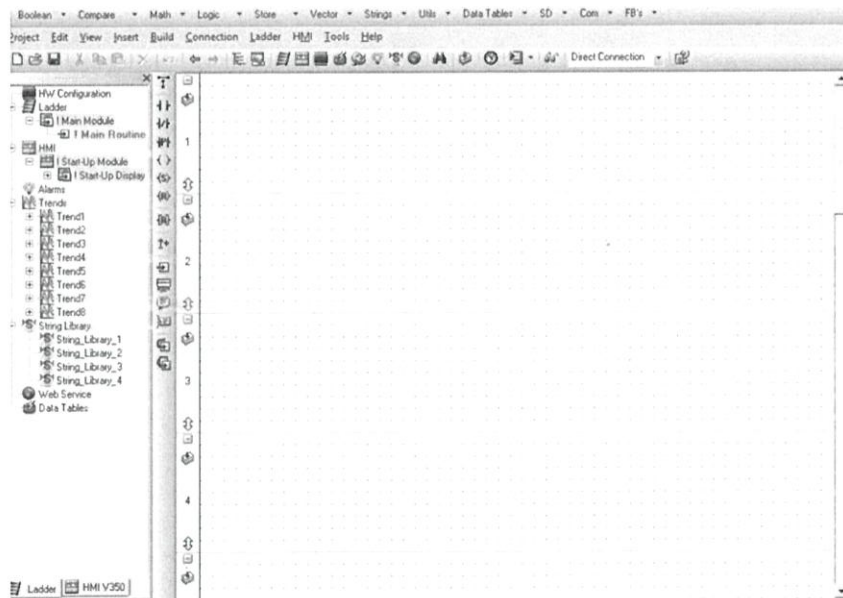
ในส่วนของการออกแบบโปรแกรม ทางผู้วิจัยได้พิจารณา และคำนึงถึงการพัฒนาโปรแกรมคำนวณ ค่าความสามารถทำความเย็น (Cooling capacity : Q), ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance : COP) , ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (Energy Efficiency Ratio : EER), ระดับ (เบอร์) แสดงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศตามมาตรฐาน มอก. 1155 - 2536, จำนวนหน่วยยูนิตที่ใช้ต่อปี และค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี ในส่วนของการแสดงผลได้ถูกออกแบบหน้าจอการแสดงผล ให้สะดวก และเข้าใจง่ายซึ่งเน้นง่ายต่อการใช้งานในสถานการณ์จริง รวมไปถึงการแสดงผลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ บนอุปกรณ์อัจฉริยะ

## 6.2 ฟังก์ชันเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรมคำนวณ

ในการออกแบบโปรแกรมการคำนวณบนพีแอลซีซึ่งมีฟังก์ชันเครื่องมือต่าง ๆ ให้ใช้มากมาย ซึ่งเมื่อศึกษาฟังก์ชันเครื่องมือพื้นฐานก่อนการใช้งานจริงจะช่วยให้เกิดความชำนาญ และสามารถทำงานได้อย่างราบรื่น อีกทั้งยังง่ายต่อการต่อยอดในการออกแบบโปรแกรมภายหลัง ซึ่งโดยปกติแล้ว การออกแบบแลตเตอร์สำหรับพีแอลซีที่มีหน้าจอสัมผัสในตัว จะมี 2 หน้าต่างหลัก ๆ คือ หน้าต่างสำหรับออกแบบหน้าจอสัมผัส และ หน้าต่างสำหรับการออกแบบแลตเตอร์ ซึ่งทั้งสองหน้าต่างล้วนทำงานควบคู่กันไป โดยใช้ตัวแปรอ้างอิงจากแหล่งเดียวกัน ดังนั้นการออกแบบหน้าจอสัมผัสและแลตเตอร์ จึงมีความจำเป็นต้องเรียงเรียงการออกแบบหน้าจอสัมผัส และการเขียนแลตเตอร์ไปที่ละขั้นตอน ไม่เช่นนั้นอาจเกิดความสับสนระหว่างตัวแปรได้ภายหลัง ซึ่งหน้าต่างสำหรับการออกแบบหน้าจอสัมผัสดังรูปที่ 6.2 สำหรับหน้าต่างสำหรับการออกแบบแลตเตอร์ดังรูปที่ 6.3



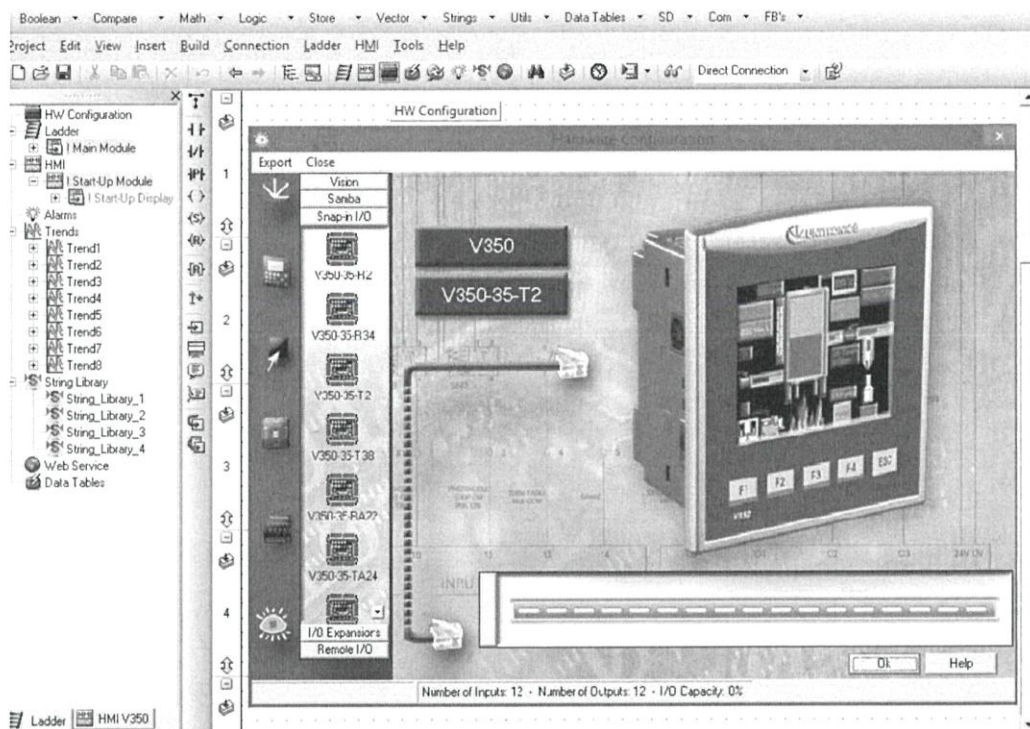
รูปที่ 6.2 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบหน้าจอสัมผัส



รูปที่ 6.3 แสดงหน้าต่างสำหรับการเขียนแลตเตอร์

### 6.2.1 การตั้งค่าอุปกรณ์สำหรับพีแอลซี

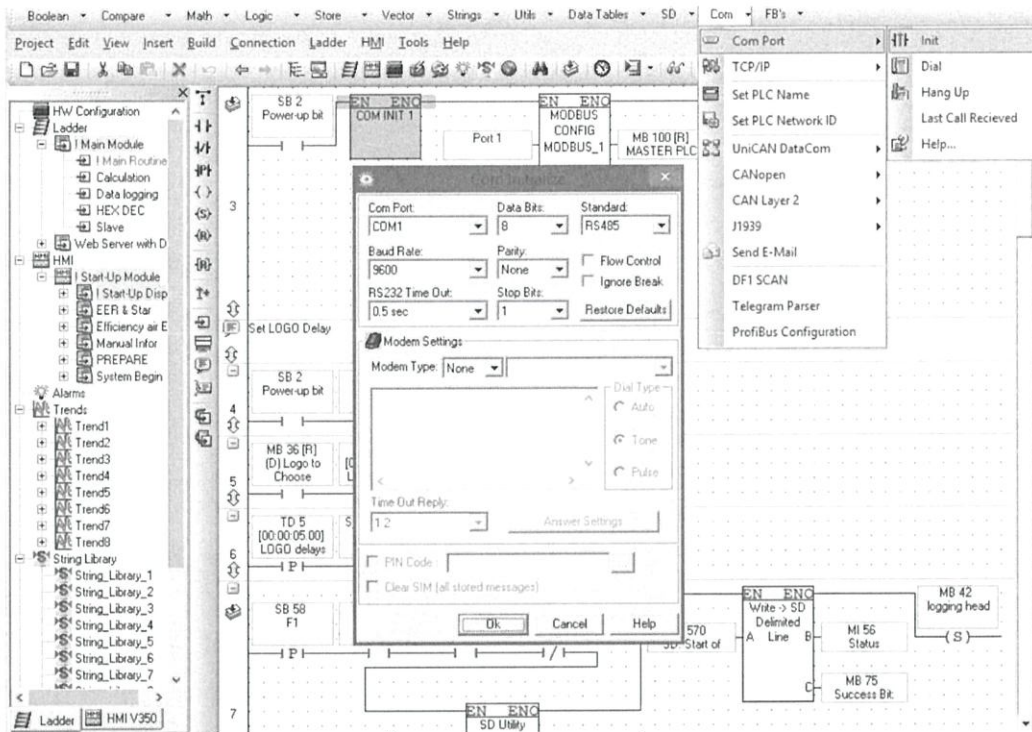
สำหรับการเริ่มต้นการออกแบบโปรแกรมสำหรับพีแอลซี จำเป็นต้องมีการตั้งค่าอุปกรณ์ทุกครั้ง ก่อนเริ่มต้นเขียนแลตเตอร์ เพื่อให้พีแอลซีรู้ว่ามี การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกอะไรบ้าง และแทนอุปกรณ์แต่ละชนิดเป็นตัวแปรชนิดใด เพื่อที่จะได้สามารถนำมาอ้างอิงได้ ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งสามารถตั้งค่าได้ดังรูปที่ 6.4 จะเห็นได้ว่ามีชื่อรุ่นของพีแอลซีอยู่หลายรุ่น โดยการตั้งค่านั้นต้องเลือกให้ตรงกับรุ่นที่ใช้งาน และหากมีอุปกรณ์หลักอื่น ๆ (I/O expansion) ต้องตั้งค่าง่อนเสมอโดยการคลิกที่รายชื่อเหลือง



รูปที่ 6.4 แสดงการตั้งค่าอุปกรณ์พีแอลซี

## 6.2.2 ฟังก์ชันการติดต่อสื่อสารประเภท RS 485

เมื่อมีการตั้งค่าเริ่มต้นให้กับพีแอลซี วิธีการติดต่อสื่อสาร กับอุปกรณ์ภายนอกยังคง มีหลากหลายวิธีเช่น RS232 และ RS485 เป็นต้น ซึ่งในทางอุตสาหกรรมแล้ว RS485 จะมีประสิทธิภาพมากกว่า RS232 โดยปกติแล้ว RS485 สายสื่อสารสัญญาณข้อมูลที่จะใช้ในการติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมไปถึงการรับ - ส่งข้อมูล สามารถมีระยะทางได้ไกล (ประมาณ 1 กิโลเมตร) อีกทั้งยังสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้มากกว่า 2 อุปกรณ์ (Multidrop) อีกทั้งยังสามารถป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดีในระดับหนึ่งอีกด้วย ในขณะที่ RS232 สามารถติดต่อสื่อสารได้ระหว่างอุปกรณ์เพียง 2 ตัวคือ ต้นทางและปลายทางโดยที่อาจจะมีสัญญาณรบกวน (Noise) เกิดขึ้นได้ โดยการตั้งค่าสำหรับ RS485 สามารถทำได้ดังรูปที่ 6.5 ซึ่งก่อนหน้านี้ หากไม่มีการตั้งค่า RS485 ที่อุปกรณ์พีแอลซี พีแอลซีจะติดต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ทาง RS232 เนื่องจากเป็นการตั้งค่าเบื้องต้น และหลังจากที่มีการตั้งค่าการใช้งาน RS485 ทางฟังก์ชันแล้ว ยังต้องมีการตั้งค่าทางด้านอุปกรณ์โดยการถอดฝาครอบอุปกรณ์พีแอลซี และเปลี่ยนพินที่ตั้งค่าที่ RS232 เป็นทางด้าน RS 485 แทน ดังรูปที่ 6.6



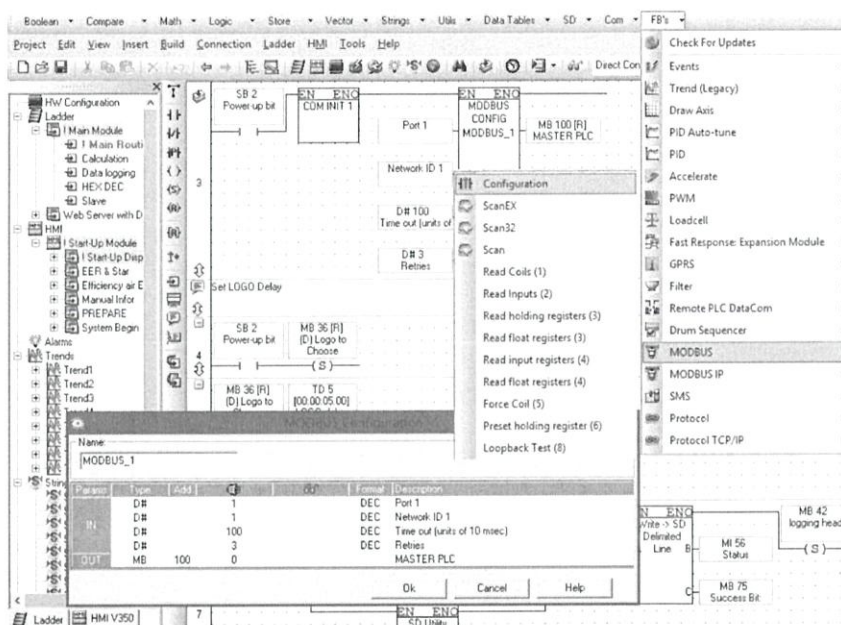
รูปที่ 6.5 แสดงการตั้งค่าฟังก์ชันการติดต่อสื่อสารประเภท RS485



รูปที่ 6.6 แสดงการตั้งค่า RS485 ทางด้านหลังวงจรมีแอลซี

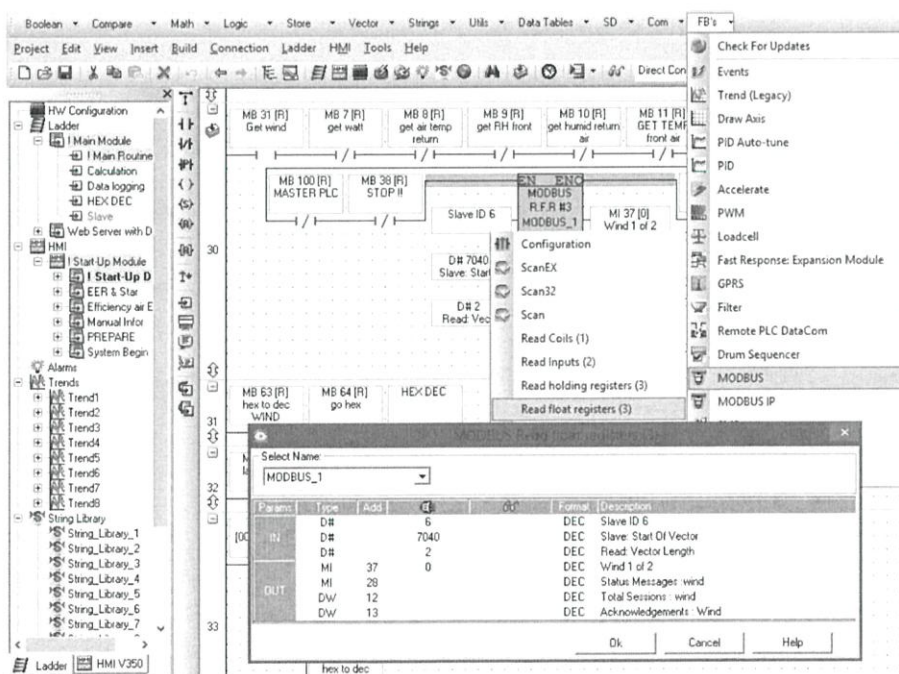
### 6.2.3 การตั้งค่าการใช้ MODBUS TCP

การรับส่งข้อมูลระหว่างพีแอลซีกับอุปกรณ์ตรวจรู้ต่าง ๆ นั้น มีให้เลือกใช้ได้หลากหลายโปรโตคอล (Protocols) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยการเลือกใช้โปรโตคอล ต้องมีความสอดคล้องกับเซนเซอร์ เพื่อความถูกต้องของข้อมูลที่จะถูกส่งระหว่างอุปกรณ์ โดยโปรโตคอลที่ถูกเลือกใช้ในระบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ คือ MODBUS TCP โดยให้พีแอลซี เป็นมาสเตอร์ (Master) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมหลัก และกำหนดให้เซนเซอร์ต่าง ๆ เป็นสลาฟ (Slave) ซึ่งหากศึกษาดูแล้วโปรโตคอล MODBUS ยังคงมีฟังก์ชันหลากหลายให้เลือกใช้งานโดยขึ้นอยู่กับประเภทของข้อมูลที่จะถูกรับ - ส่ง ระหว่างพีแอลซี และ เซนเซอร์ โดยสามารถกำหนดได้ดังรูปที่ 6.7



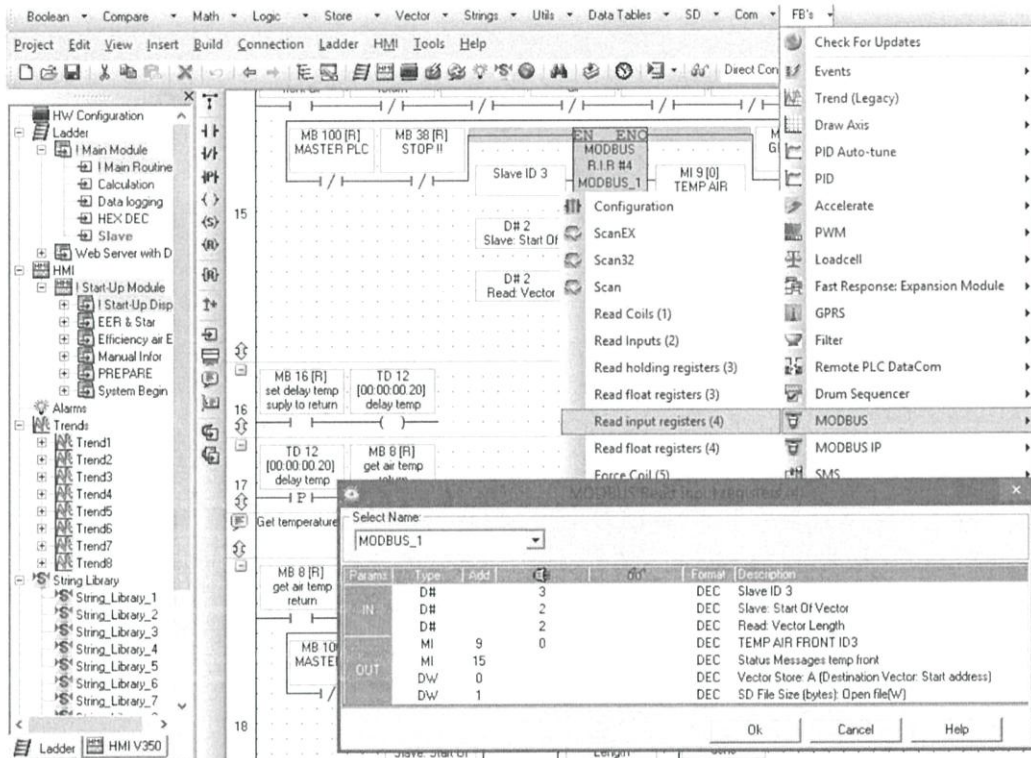
รูปที่ 6.7 แสดงการตั้งค่าการใช้ MODBUS TCP

- 1) การเรียกใช้ฟังก์ชัน Read Float Registers สำหรับ MODBUS ในการเรียกใช้ฟังก์ชัน Read Float Registers (R.F.R) ซึ่งต้องมีการตั้งค่าภายในฟังก์ชันให้ตรงกับอุปกรณ์ที่จะติดต่อสื่อสารด้วยดังรูปที่ 6.8 โดยรายละเอียดสำหรับอุปกรณ์สามารถดูได้จากคู่มือของอุปกรณ์นั้น ๆ แต่บางตัวแปรสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้เองตามความต้องการเช่น หมายเลขอุปกรณ์ (Slave ID.)



รูปที่ 6.8 แสดงการเรียกใช้ฟังก์ชัน Read Float Registers

- 2) การเรียกใช้ฟังก์ชัน Read Input Registers สำหรับ MODBUS ในการเรียกใช้ฟังก์ชัน Read Input Registers (R.I.R) ซึ่งต้องมีการตั้งค่าภายในฟังก์ชันให้ตรงกับอุปกรณ์ที่จะติดต่อสื่อสารด้วยดังรูปที่ 6.9 โดยรายละเอียดสำหรับอุปกรณ์สามารถดูได้จากคู่มือของอุปกรณ์นั้น ๆ แต่บางตัวแปรสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้เองตามความต้องการเช่น หมายเลขอุปกรณ์ (Slave ID.)



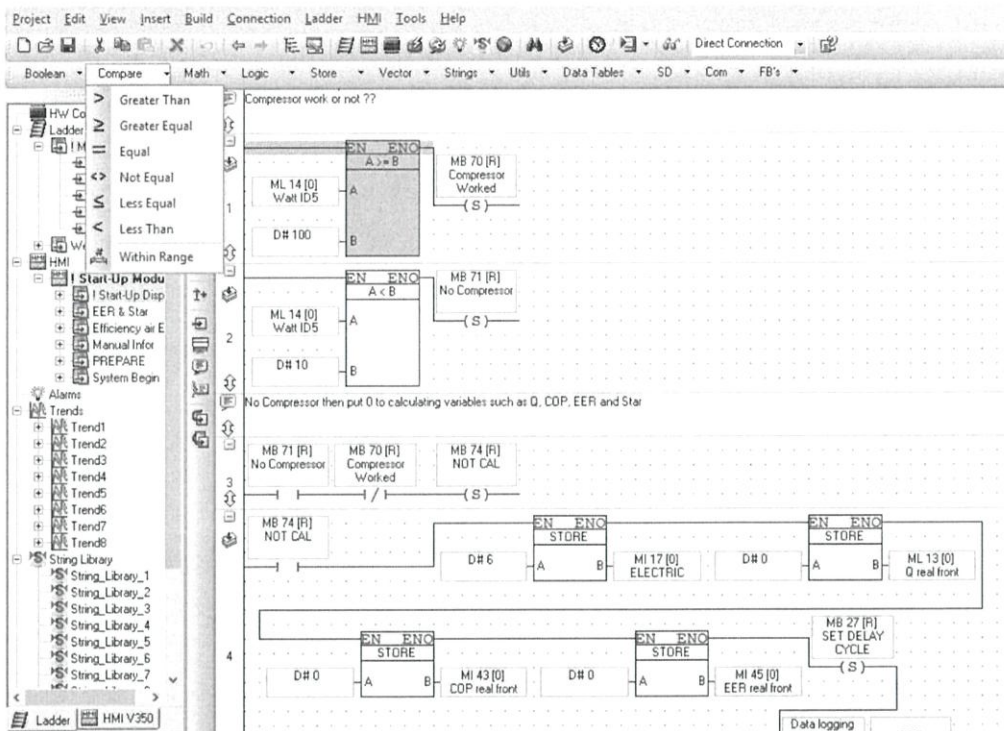
รูปที่ 6.9 แสดงการเรียกใช้ฟังก์ชัน Read Input Registers

#### 6.2.4 การเรียกใช้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์

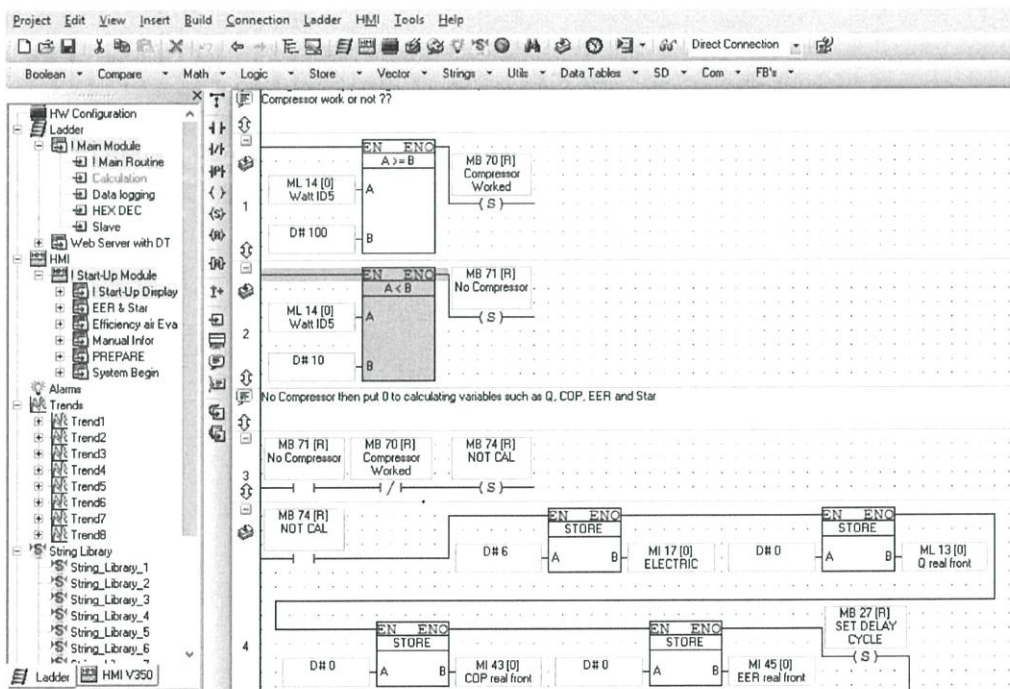
การเรียกใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในพีแอลซีทำให้ความสามารถของอุปกรณ์มีสูงมากขึ้น และสามารถทำการควบคุมอุปกรณ์ทางด้านเอาต์พุต (Output) ได้ละเอียดมากขึ้นโดยการตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ ตามข้อกำหนดของขอบเขต ซึ่งสามารถสร้างสูตรหรือฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาได้

- 1) การสร้างสูตรหรือฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณค่าต่าง ๆ การสร้างสูตรหรือฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ เพิ่มความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานในกรณีที่มีการคำนวณตัวแปรจากค่าต่าง ๆ โดยที่ไม่ได้มีเพียงการทำ บวก ลบ คูณ หาร เพียงแค่กระบวนการอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียวซึ่งสามารถทำได้ดังรูปที่ 6.10





(ก)



(ข)

รูปที่ 6.11 แสดงการใช้คำสั่งการเปรียบเทียบ

(ก) แสดงการใช้ฟังก์ชันมากกว่าหรือเท่ากับ

(ข) แสดงการใช้ฟังก์ชันน้อยกว่า

## 6.2.5 การเรียกใช้ฟังก์ชันบันทึกค่าตัวแปรลงในหน่วยความจำภายนอก

การเรียกใช้ฟังก์ชันบันทึกค่าตัวแปร ลงในหน่วยความจำภายนอก ทำให้สามารถเก็บข้อมูลในปริมาณที่มากขึ้น และสามารถคำนวณได้ด้วยว่าจะสามารถบันทึกได้อีกกี่นานเท่าไรจนกระทั่งความจุของหน่วยความจำภายนอกเต็ม ซึ่งสามารถบันทึกเป็นไฟล์ชนิด .CSV และ .TXT ได้ โดยที่ไฟล์ชนิด .CSV สามารถที่จะเรียกดูภายใต้โปรแกรมของ Microsoft excel ได้ ทำให้เกิดความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น หากจะนำข้อมูล ตัวแปร ผลลัพธ์ หรือค่าต่าง ๆ ออกมาวิเคราะห์ ซึ่งสามารถทำได้ดังรูปที่ 6.12 และ 6.13

The image shows a screenshot of the SIMATIC Manager software interface. The top part displays a ladder logic diagram with various components like timers (TD 8), status bits (SB 217, SB 218, SB 344), and SD card utility functions (MI 500, MI 499, MI 498). A context menu is open over the 'SD Utility Delimited Line' function, showing options like 'Create Excel Delimited Line' and 'Write Delimited Line'. Below the main window, a configuration dialog box is open, titled 'Source: Define Data for Line'. This dialog contains two tables: 'Source: Define Data for Line' and 'Target: Data Buffer'.

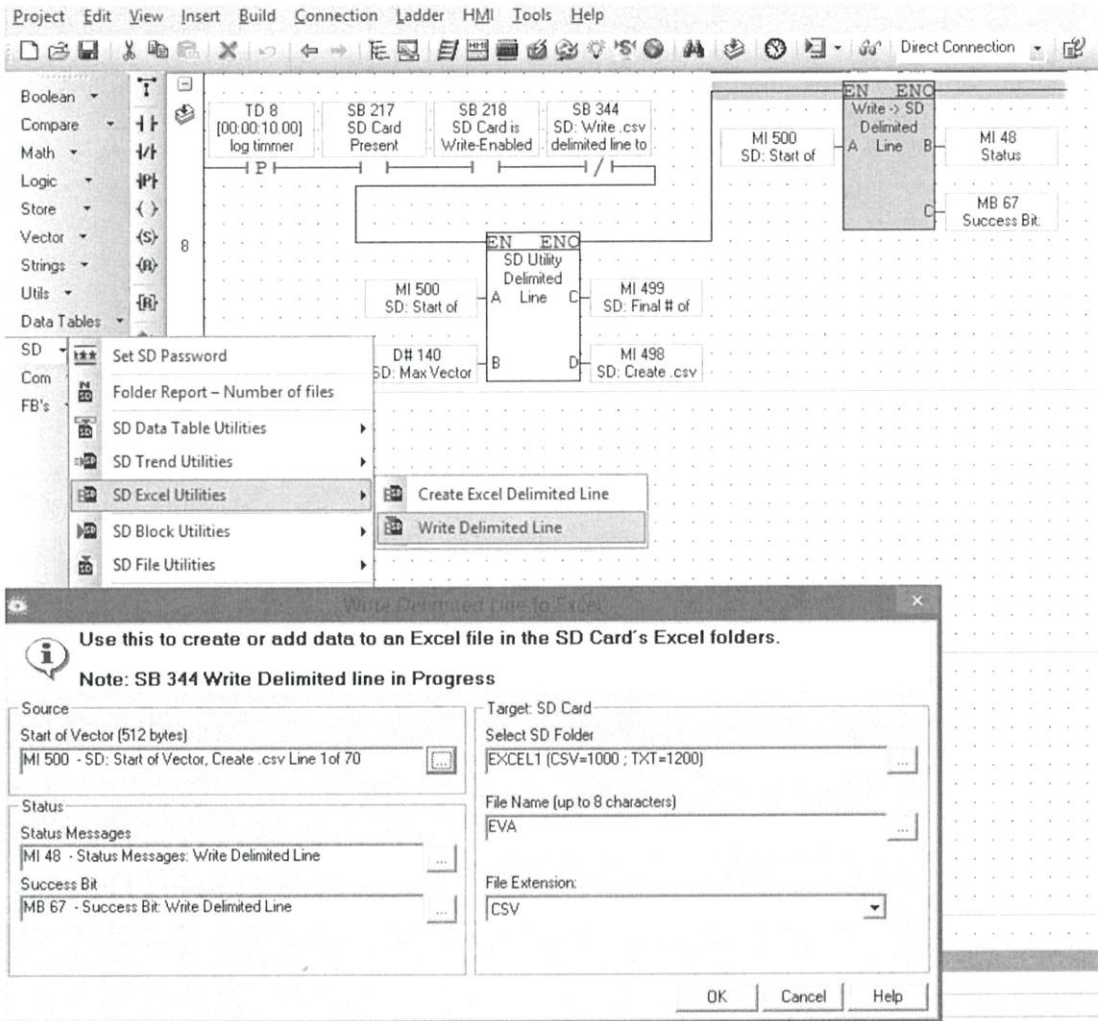
| #  | Field  | Delimiter1   | Delimiter2 | Size (in chars) | Total Size |
|----|--|--------------|------------|-----------------|------------|
| 1  | Numeric Field - MI 3 [0] - Counting            | 2C (.) - CSV | 0 (NULL)   | 4               | 4          |
| 2  | Indirect Text - MI 23 - Date1 of 5             | 2C (.) - CSV | 0 (NULL)   | *               | 4          |
| 3  | Indirect Text - MI 31 - Time 1 of 5            | 2C (.) - CSV | 0 (NULL)   | *               | 4          |
| 4  | Numeric Field - MI 9 [0] - TEMP AIR FRONT ID3  | 2C (.) - CSV | 0 (NULL)   | 6               | 10         |
| 5  | Numeric Field - MI 1 [0] - TEMP AIR RETURN ID4 | 2C (.) - CSV | 0 (NULL)   | 6               | 16         |
| 6  | Numeric Field - MI 52 [0] - Humid FRONT ID3    | 2C (.) - CSV | 0 (NULL)   | 6               | 22         |
| 7  | Numeric Field - MI 53 [0] - HUMID RETURN ID4   | 2C (.) - CSV | 0 (NULL)   | 6               | 28         |
| 8  | Numeric Field - MI 39 [0] - Wind front         | 2C (.) - CSV | 0 (NULL)   | 6               | 34         |
| 9  | Numeric Field - ML 14 [0] - Walt ID5           | 2C (.) - CSV | 0 (NULL)   | 5               | 39         |
| 10 | Numeric Field - ML 13 [0] - Q real front       | 2C (.) - CSV | 0 (NULL)   | 9               | 48         |
| 11 | Numeric Field - MI 43 [0] - COP real front     | 2C (.) - CSV | 0 (NULL)   | 6               | 54         |
| 12 | Numeric Field - MI 45 [0] - EER real front     | 2C (.) - CSV | 0 (NULL)   | 6               | 60         |
| 13 | Numeric Field - MI 17 [0] - ELECTRIC LABEL     | 2C (.) - CSV | 0 (NULL)   | 7               | 67         |

| Params | Type | Add | Comment | Format | Description                                     |
|--------|------|-----|---------|--------|---|
| IN     | MI   | 500 |         | DEC    | SD: Start of Vector, Create .csv Line 1 of 70   |
|        | D#   | 140 |         | DEC    | SD: Max Vector Length, Create .csv Line (bytes) |
| OUT    | MI   | 499 |         | DEC    | SD: Final # of bytes, Create .csv Line          |
|        | MI   | 498 |         | DEC    | SD: Create .csv Line Status Messages            |

Total: 70 Chars in Line  
Output: MI 500 - MI 535 (Includes NULL Terminator)

รูปที่ 6.12 แสดงการบันทึกค่าตัวแปรลงในหน่วยความจำภายนอก



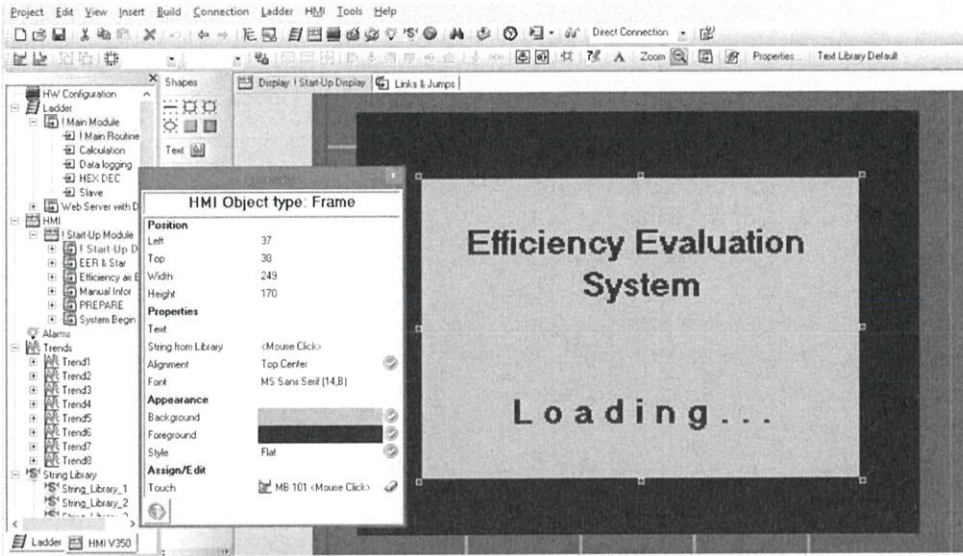
รูปที่ 6.13 แสดงการบันทึกค่าตัวแปรลงในหน่วยความจำภายนอก (ต่อ)

### 6.3 ฟังก์ชันเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบหน้าจอสัมผัส

การออกแบบหน้าจอสัมผัส ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งป้อนข้อมูลเข้าโดยผู้ใช้งาน และสามารถเป็นได้จอแสดงผลเพื่อแสดงผลลัพธ์ โดยมีวิธีการสร้างที่ไม่ซับซ้อน และมีเครื่องมือการใช้ที่หลากหลาย ดังนี้

#### 6.3.1 การสร้างเฟรมข้อมูล

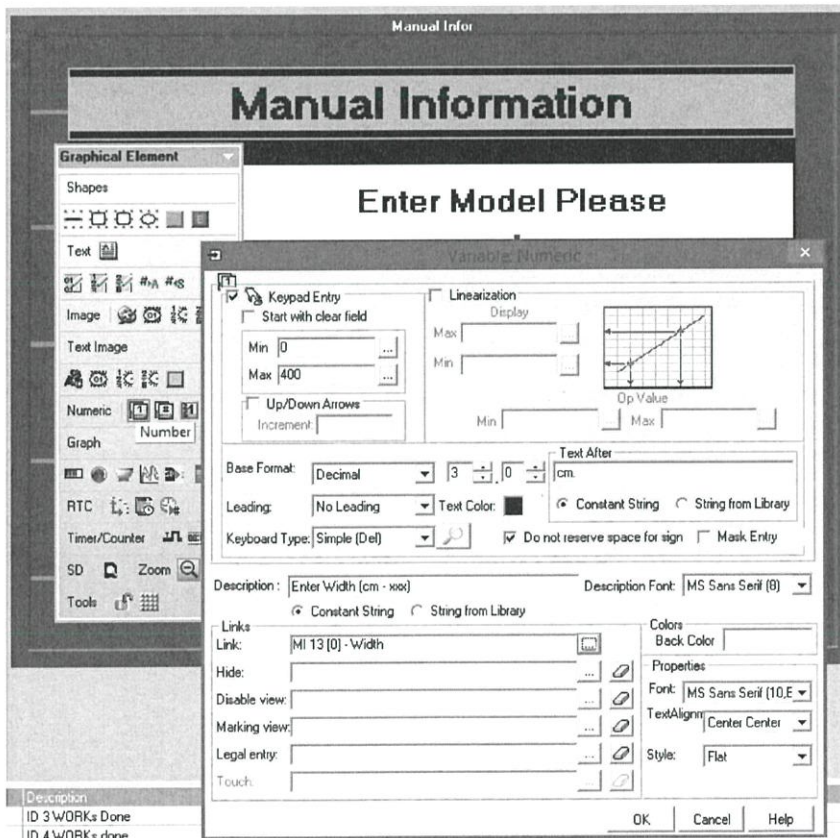
เฟรมข้อมูล มีไว้เพื่อแสดงข้อมูลตัวอักษร ซึ่งสามารถสร้างเป็นลักษณะกรอบสี่เหลี่ยมได้ และสามารถเปลี่ยนสีพื้นหลังของเฟรม ให้แตกต่างกับพื้นหลังของหน้าจอสัมผัสได้ ซึ่งสามารถสร้างได้ ดังรูปที่ 6.14



รูปที่ 6.14 แสดงการสร้างเฟรมข้อมูล

### 6.3.2 การสร้างกล่องข้อความเพื่อป้อนตัวเลข

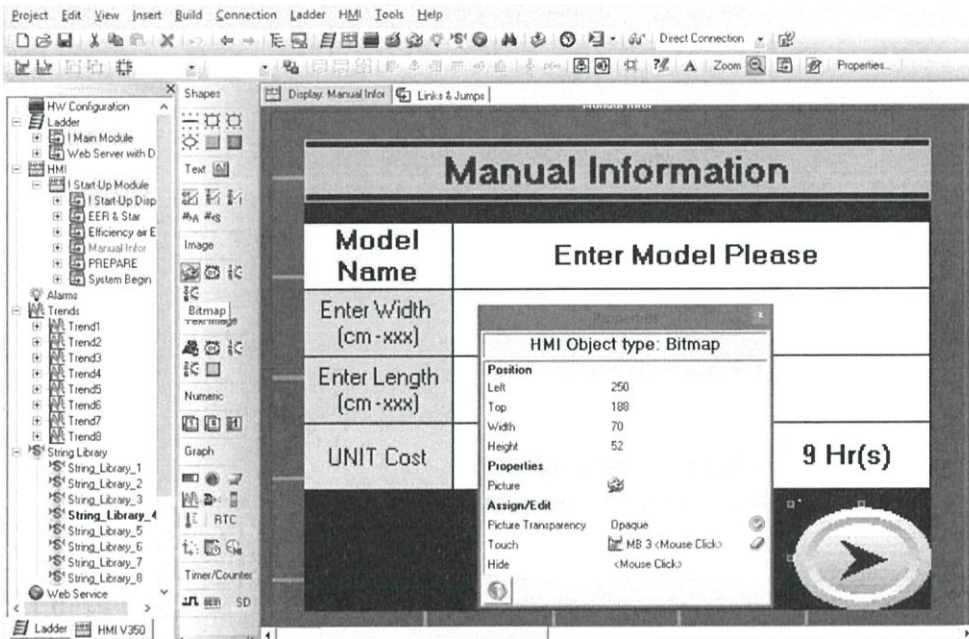
ในกรณีที่เป็นต้องใส่ข้อมูลที่เป็นชนิดตัวเลขเข้าไปในระบบ เนื่องจากเป็นตัวแปรหนึ่งที่ต้องใช้ในการคำนวณสมการ จะสามารถสร้างกล่องข้อความเพื่อที่จะป้อนข้อมูลที่เป็นตัวเลขเข้าไปในระบบได้ ดังในรูปที่ 6.15



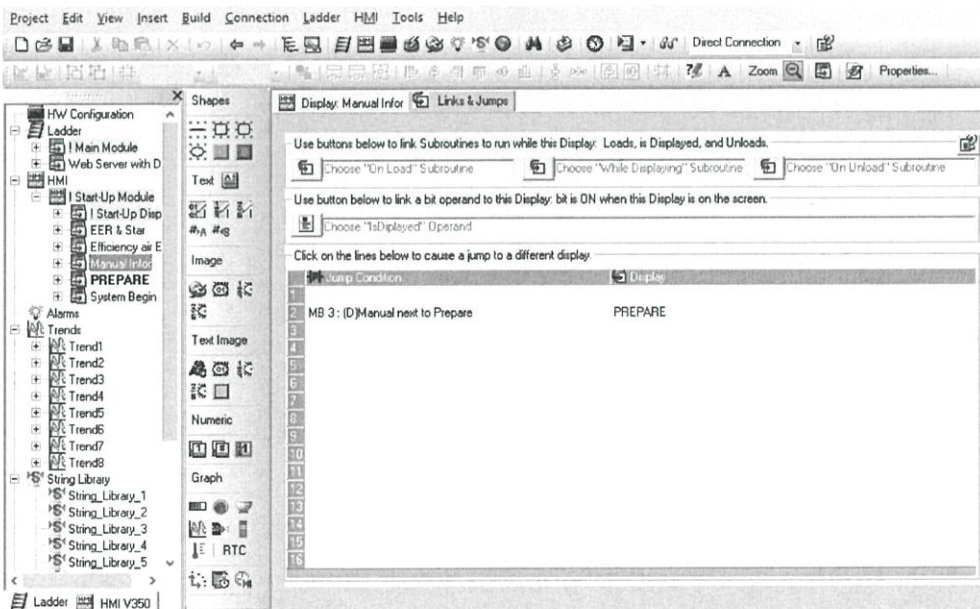
รูปที่ 6.15 แสดงกล่องข้อความที่สามารถป้อนข้อมูลตัวเองได้

### 6.3.3 การเปลี่ยนหน้าจอแสดงผลไปยังหน้าถัดไป

ในการออกแบบหน้าจอสัมผัสสำหรับระบบทั่ว ๆ ไปนั้น โดยปกติจะมีจำนวนหน้าจอกว่าหนึ่งหน้าจอ ซึ่งจะสามารถเปลี่ยนหน้าจอไปยังหน้าถัดได้ตามความต้องการ โดยการสัมผัสปุ่มที่หน้าจอ ซึ่งต้องมีขั้นตอนการตั้งค่าต่าง ๆ ดังรูปที่ 6.16 และ 6.17 ซึ่งเป็นการเรียกใช้คำสั่ง Bitmap ซึ่งจะใช้รูปภาพแทนตัวอักษร



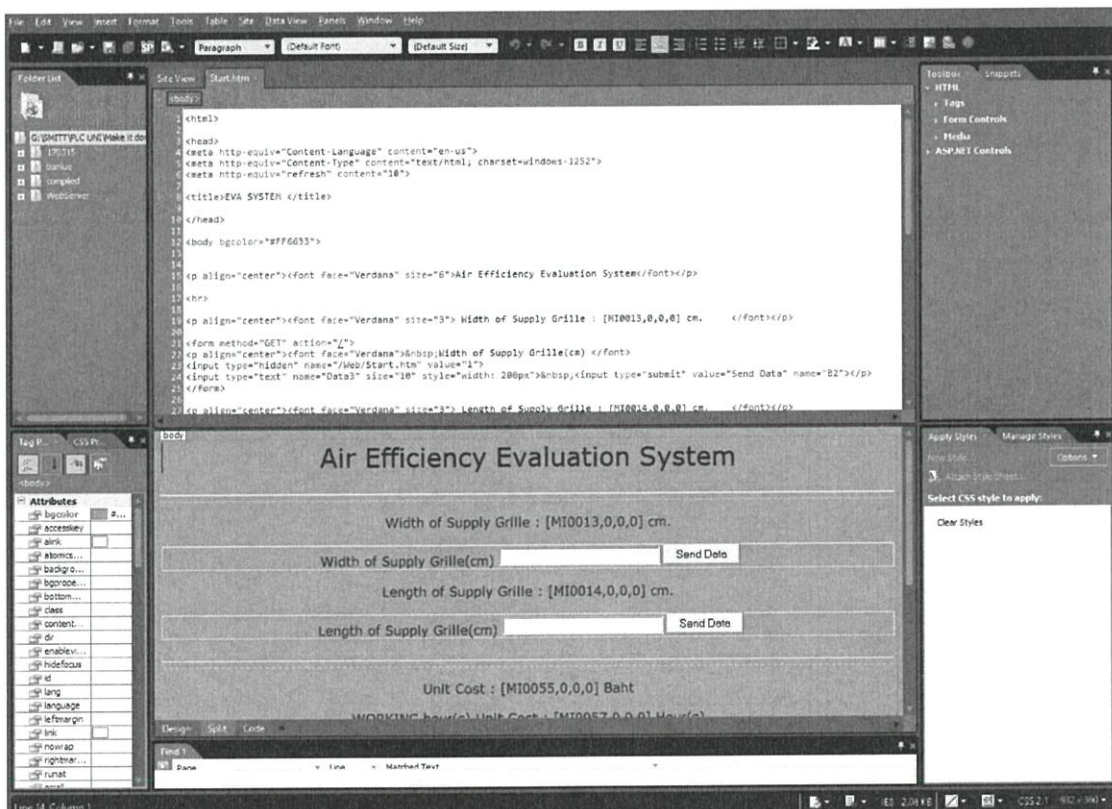
รูปที่ 6.16 แสดงวิธีการตั้งค่าของการเปลี่ยนหน้าจอโดยการสัมผัสปุ่มที่หน้าจอ



รูปที่ 6.17 แสดงวิธีการตั้งค่าของการเปลี่ยนหน้าจอโดยการสัมผัสปุ่มที่หน้าจอ (ต่อ)

## 6.4 การออกแบบการแสดงผลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์

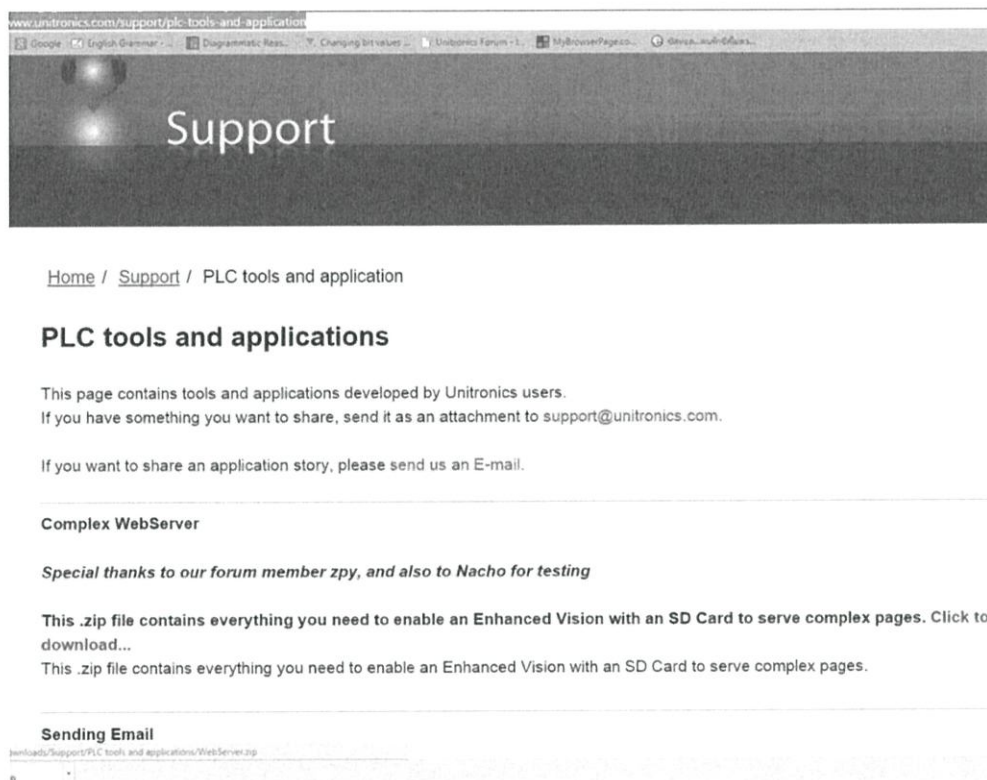
ในยุคของปัจจุบัน เทคโนโลยีด้านทางเครือข่าย ได้ก้าวพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว รวมไปถึงความสามารถของพีแอลซี ซึ่งมี Ethernet Port ทำให้สามารถประยุกต์การใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น เช่น การติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับพีแอลซีที่กำลังอยู่ในช่วงพัฒนาโปรแกรม ไม่จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณแต่ใช้สัญญาณ (Wireless) จากอุปกรณ์ปล่อยสัญญาณที่เรียกว่า “Router” รวมไปถึงการแสดงผลผ่านทางเว็บเพจ ที่สร้างขึ้นมาจากด้วยภาษา HTML (Hyper Text Markup Language) ทำให้สามารถติดตามได้ผลลัพธ์ที่อยู่บนฐานข้อมูลของพีแอลซี ได้ทันท่วงที โดยโปรแกรมที่ใช้พัฒนาภาษา HTML คือ Microsoft Expression Web 4 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนาต่อเนื่องมาจาก Microsoft Front Page ซึ่งมีลักษณะหน้าต่างรูปที่ 6.18 ซึ่งง่ายต่อการใช้งาน และใช้เวลาพัฒนาไม่นาน แต่เนื่องจากการแสดงผลของ HTML ต้องสามารถแสดงผลที่สอดคล้องกับพีแอลซี ทำให้การพัฒนาภาษา HTML ค่อนข้างมีข้อจำกัด ในด้านของ กราฟฟิก ความสวยงาม รวมไปถึงการเชื่อมโยงตัวแปรข้อมูล ที่มีฐานข้อมูลอยู่ในพีแอลซี แสดงผลออกมาทางเว็บเพจ ต้องทำภายใต้คู่มือของบริษัท Unitronics ซึ่งเป็นผู้ผลิตพีแอลซี



รูปที่ 6.18 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม Microsoft Expression Web 4

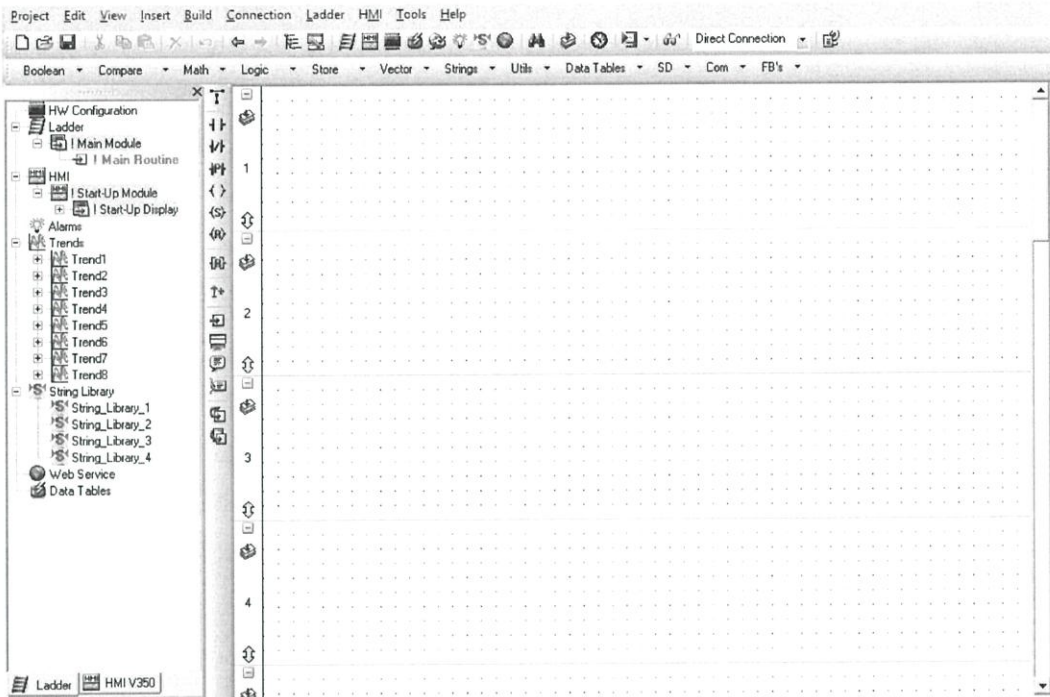
### 6.4.1 แบล็คบล็อกสำหรับการเชื่อมต่อพีแอลซี และ HTML ภายนอก

การเชื่อมโยงตัวแปรที่ใช้ในระบบประเมินประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถแสดงค่าผลลัพธ์ในเว็บเพจได้ จะต้องเขียนการอ้างอิงตัวแปรนั้นตามหลักของผู้ผลิตพีแอลซี โดยพีแอลซีจะสามารถเชื่อมต่อกับเว็บเพจได้ ต้องมีการนำแบล็คบล็อก (Black block) ของทางผู้ผลิตใส่ไว้โปรแกรมด้วย ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นฟังก์ชันที่เพิ่มขึ้นมา ซึ่งโดยปกติจะสามารถทำเว็บเพจสำหรับแสดงผลได้ แต่ไม่สามารถปรับแต่งได้แต่การใช้แบล็คบล็อกของทางผู้ผลิตจึงเพิ่มฟังก์ชันนี้ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก <http://www.unitronics.com/support/plc-tools-and-application> ดังรูปที่ 6.19

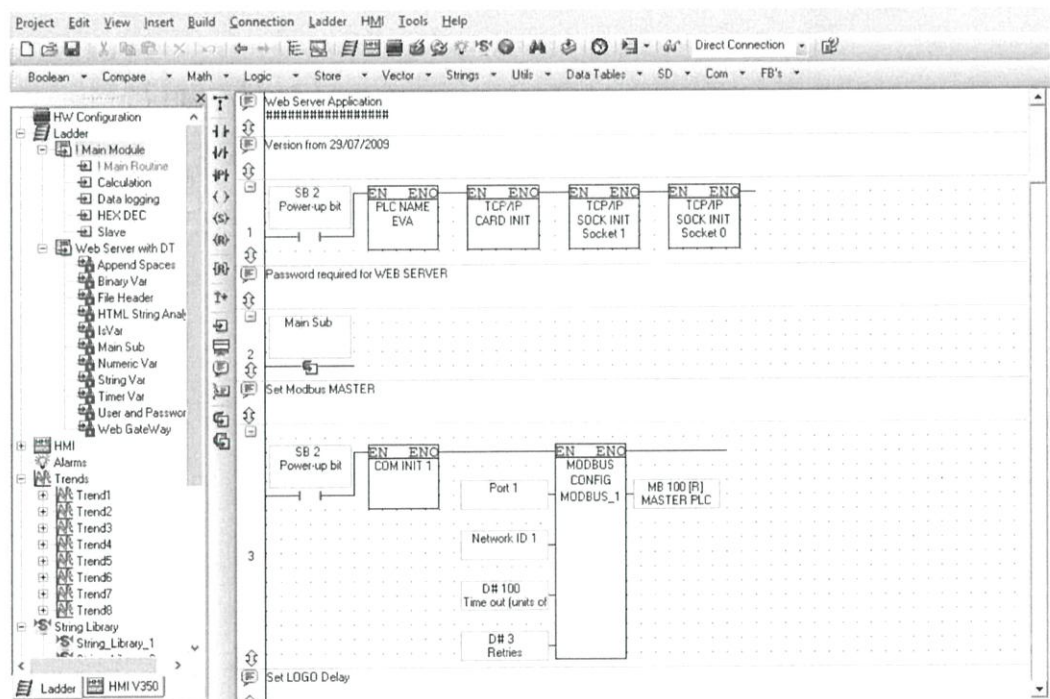


รูปที่ 6.19 แสดงที่มาของแบล็คบล็อกสำหรับการเชื่อมต่อเว็บเพจกับพีแอลซี

เมื่อทำการดาวน์โหลดแล้วให้นำแบล็คบล็อกดังกล่าวนำไปเป็นไฟล์สำหรับทำงานดังรูปที่ 6.20 เพื่อนำไปเป็นไฟล์สำหรับเขียนแลตเตอร์ต่อไป โดยมีวิธีการใช้งานต่าง ๆ คงเดิม เพียงแต่เพิ่มฟังก์ชันการเชื่อมต่อเว็บเพจภายนอกที่สามารถปรับแต่งได้



(ก)



(ข)

รูปที่ 6.20 แสดงหน้าต่างสำหรับโปรแกรมมีแบล็คบล็อก และไม่มีแบล็คบล็อก

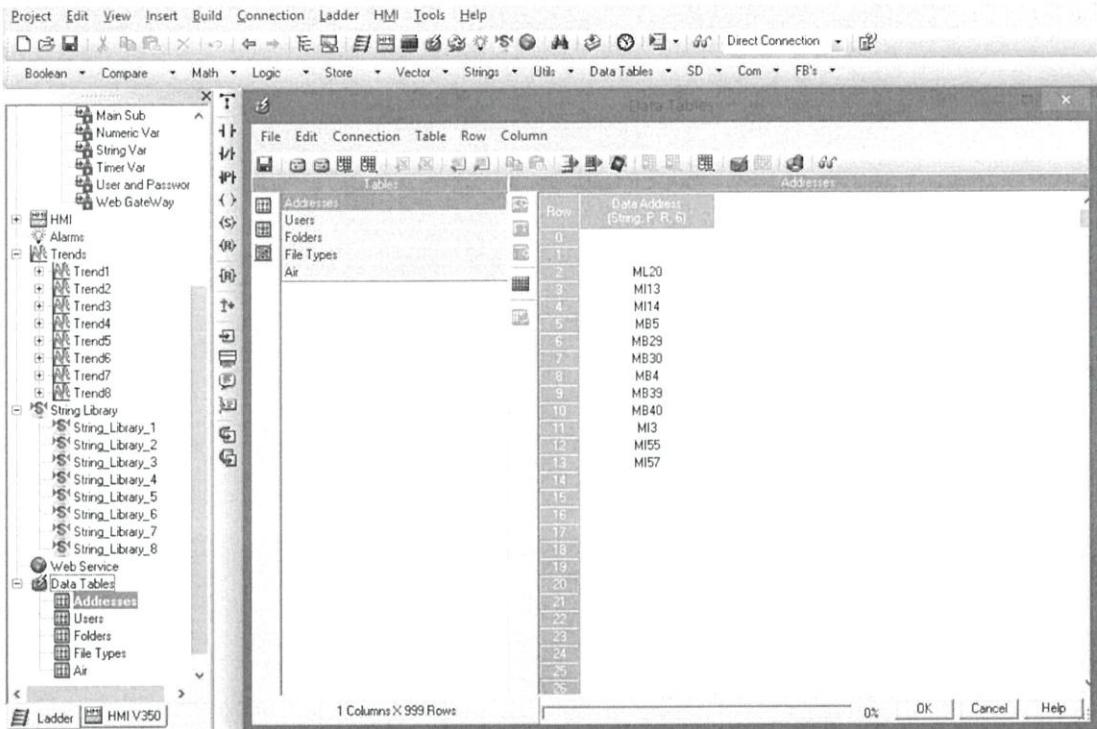
(ก) แสดงหน้าต่างโปรแกรมที่ไม่มีแบล็คบล็อก

(ข) แสดงหน้าต่างโปรแกรมที่มีแบล็คบล็อกสำหรับการเขียนแลตเตอร์

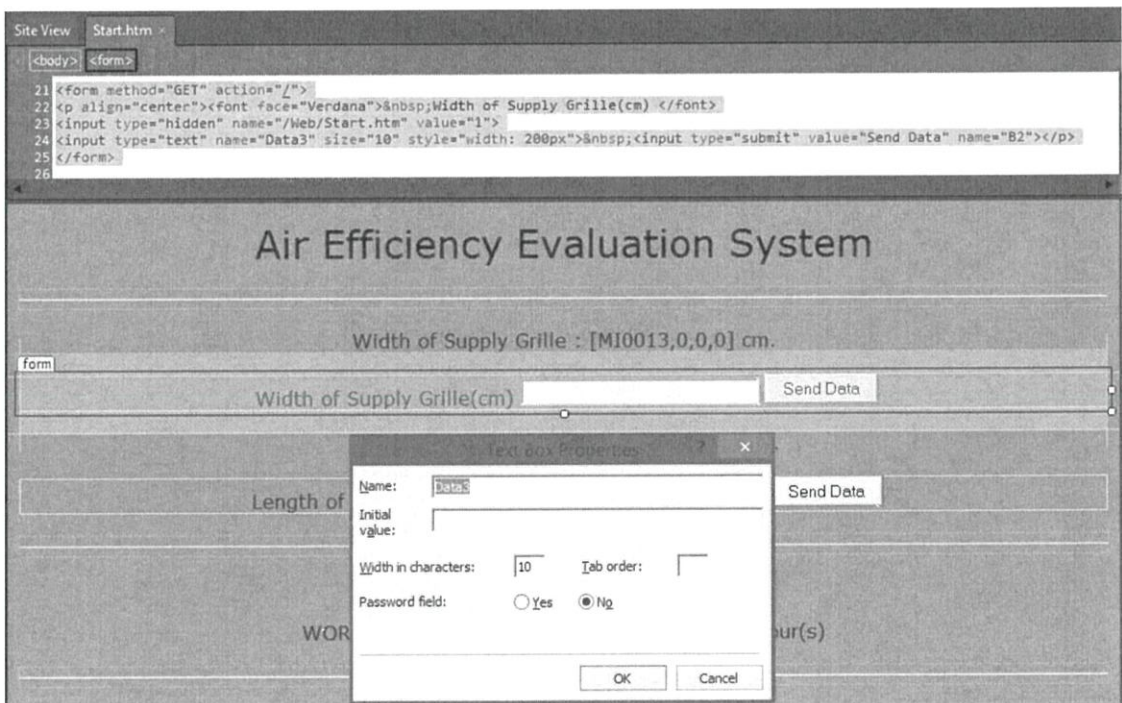
#### 6.4.2 หลักการเขียนตัวแปรอ้างอิงสำหรับการแสดงผลบนเว็บเพจ

การเขียนตัวแปรอ้างอิงสำหรับการแสดงผลบนเว็บเพจ เพื่อให้เชื่อมโยงกับพีแอลซี สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

- 1) อ้างอิงตัวแปรที่แสดงผลบนเว็บเพจอย่างเดียว การอ้างอิงตัวแปรชนิดนี้ เปรียบเสมือนเป็นการอ้างอิงตัวแปรให้ถูกต้องตามหลักของทางผู้ผลิตพีแอลซี โดยที่ภาษา HTML สามารถเข้าใจถึงตัวแปรนั้น ๆ ได้ทันทีที่อ้างอิง ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องหมาย “[ ]” สำหรับการอ้างอิงตัวแปรนั้น ๆ เช่นในกรณีที่จะแสดงผลของตัวแปร MI9 (Memory integer) ซึ่งเป็นจำนวนเต็ม สามารถทำได้โดยการเขียน [MI0009,2,0,0] โดยที่ 2 หมายถึง จำนวนจุดทศนิยม 0 ตัวถัดมาหมายถึงโครงสร้างของเลขจำนวนเต็ม เช่น เต็มบวก เต็มลบ เป็นต้น และ 0 ถัดไปสำหรับการปิดชั้น ปิดลง หรือไม่ปิด
- 2) อ้างอิงตัวแปรที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ทางเว็บเพจ การอ้างอิงตัวแปรชนิดนี้ มีความซับซ้อนมากขึ้นซึ่งแตกต่างจากการแสดงผลบนเว็บเพจอย่างเดียว เนื่องจากมีการส่งข้อมูลจากทางหน้าเว็บเพจเข้ามาถึงพีแอลซี และเปลี่ยนค่าตัวแปรที่เก็บค่าไว้ในหน่วยความจำของพีแอลซี โดยจำเป็นต้องมีการใช้แบล็คบล็อกเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะในส่วนของตาราง (Data tables) เพื่อเปรียบเสมือนเป็นบริเวณสำหรับกำหนดว่าตัวแปรใด จะถูกอ้างอิงว่าอะไร เช่น ตัวแปร MI13 ชั้นแรก ต้องทำการเข้าไปกำหนดในตาราง ในส่วนของ Address เสมอ ดังในรูปที่ 6.21 ซึ่งเห็นได้ว่า MI13 อยู่ในแถวหมายเลข 3 ดังนั้น เมื่อต้องการที่อ้างอิงตัวแปร MI13 ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ จะถูกอ้างอิงโดยใช้ “Data3” แทนเสมอ ส่วนด้านการเขียนภาษา HTML จะใช้คำสั่ง “Submit” ในการส่งข้อมูล เมื่อมีการกดปุ่ม Submit หมายเลขที่ป้อนลงไปจะส่งไปยังตัวแปรที่ถูกกำหนดใน Data3 ซึ่งคือ MI13



(ก)



(ข)

รูปที่ 6.21 แสดงการอ้างอิงตัวแปรที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ทางเว็บเพจ

(ก) แสดงการกำหนดตัวแปรลงในตาราง Address

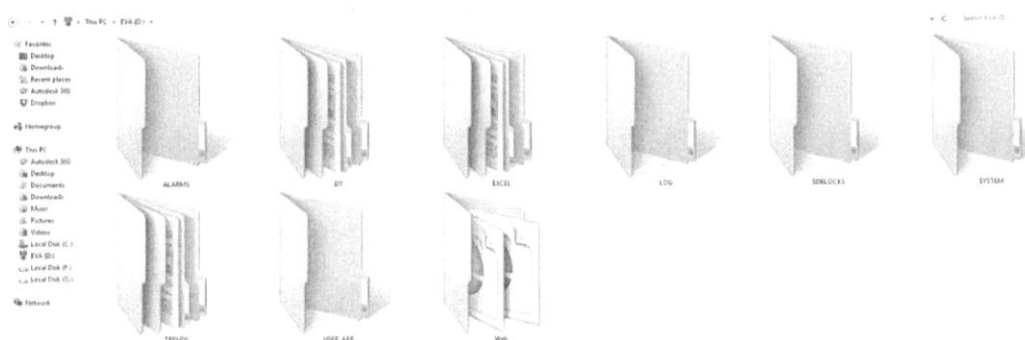
(ข) แสดงการอ้างอิงตัวแปรตามหมายเลขแถวของตาราง Address

### 6.4.3 การนำไฟล์ HTML เข้าสู่พีแอลซี

- 1) การทำ SD card Formatting เมื่อได้สร้างไฟล์ HTML สำหรับเว็บเพจ เพื่อที่จะนำไปเชื่อมโยงกับพีแอลซี การบันทึกไฟล์ดังกล่าวเข้าสู่หน่วยความจำภายนอก (SD card) โดยที่สามารถเลือกใช้ขนาดความจุตามความเหมาะสมของงาน เมื่อสามารถเลือกขนาดของหน่วยความจำภายนอกแล้วต้องทำการฟอร์แมต (Format) หน่วยความจำภายนอกก่อน เพื่อเป็นการปรับโครงสร้างของหน่วยความจำภายนอก ให้เป็นไปตามที่บริษัทพีแอลซีกำหนดไว้ ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องมือของทางผู้ผลิตพีแอลซี โดยการดาวน์โหลดโปรแกรม “SD Card suite” จาก <http://www.unitronics.com/support/downloads> และ ติดตั้งโปรแกรมดังกล่าว จากนั้น เข้าโปรแกรมและเลือก “tools” และ กด “SD Card Format” และ “Start” เพื่อเริ่ม ดังรูปที่ 6.22 (ก) และเมื่อทำการฟอร์แมตเสร็จ จะมีหน้าต่างขึ้นมา ดังรูปที่ 6.22 (ข)



(ก)

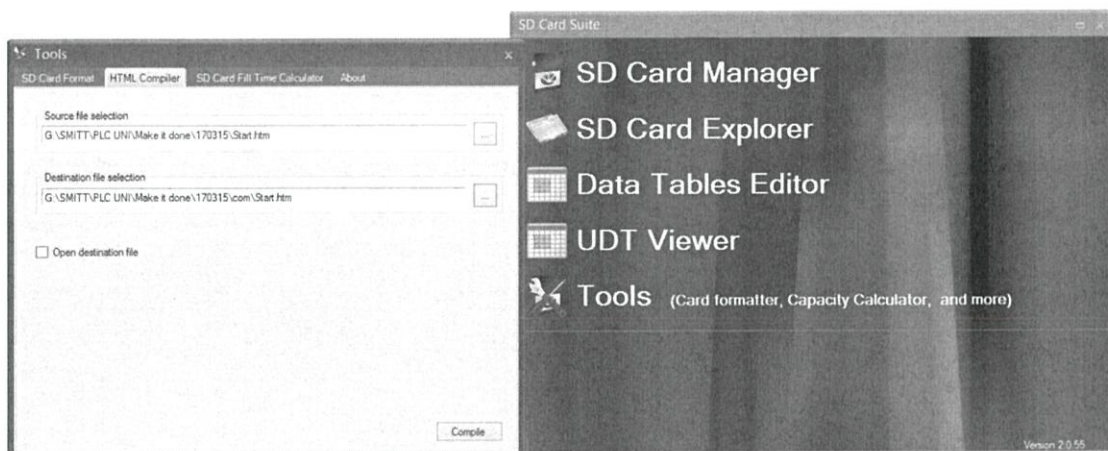


(ข)

รูปที่ 6.22 แสดงการทำ SD card Formatting

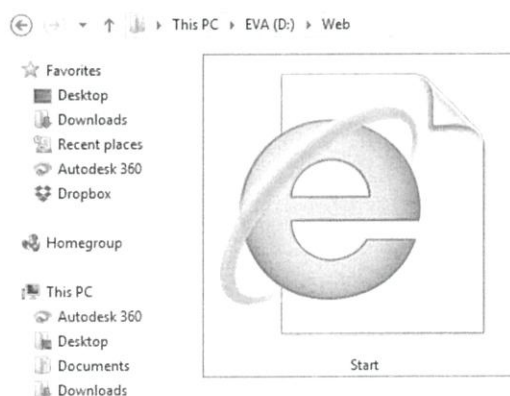
- 1) แสดงหน้าต่างโปรแกรม SD Card Suite
- 2) แสดงหน้าต่างเมื่อทำการฟอร์แมตเสร็จสิ้น

- 2) การตรวจทาน HTML เมื่อได้ทำการฟอร์แมตแล้ว การตรวจทานไฟล์ HTML ก่อนนำเข้าสู่พีแอลซีมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจาก การพัฒนาภาษา HTML นั้นอาจมีข้อผิดพลาด ในการอ้างอิงตัวแปรให้เป็นตามที่บริษัทผู้ผลิตพีแอลซีต้องการ ดังนั้นเพื่อความถูกต้องการตรวจทานจึงสามารถทำได้ดังรูปที่ 6.23 โดยการเข้าโปรแกรม “SD card suite” เลือก “Tools” และกดไปยัง “HTML Compiler” ทำการเลือกไฟล์ต้นทาง และปลายทาง จากนั้นกด “Compile”



รูปที่ 6.23 แสดงการตรวจทาน HTML

- 3) การนำไฟล์ HTML เข้าสู่หน่วยความจำภายนอก เมื่อทำการตรวจทานไฟล์ HTML แล้ว สามารถนำไฟล์ปลายทางที่ทำการตรวจทานแล้ว คัดลอก และนำไปวางไว้ในหน่วยความจำภายนอกของพีแอลซี (SD Card) ในไฟล์เดอร์ที่ชื่อ “WEB” โดยไฟล์ HTML ดังกล่าวต้องมีชื่อว่า Start.htm เนื่องจากทำให้พีแอลซีทราบว่า ไฟล์ไหนเป็นไฟล์แรกที่ต้องทำการอ่าน ดังรูปที่ 6.24



รูปที่ 6.24 แสดงการนำไฟล์ HTML เข้าสู่หน่วยความจำภายนอก

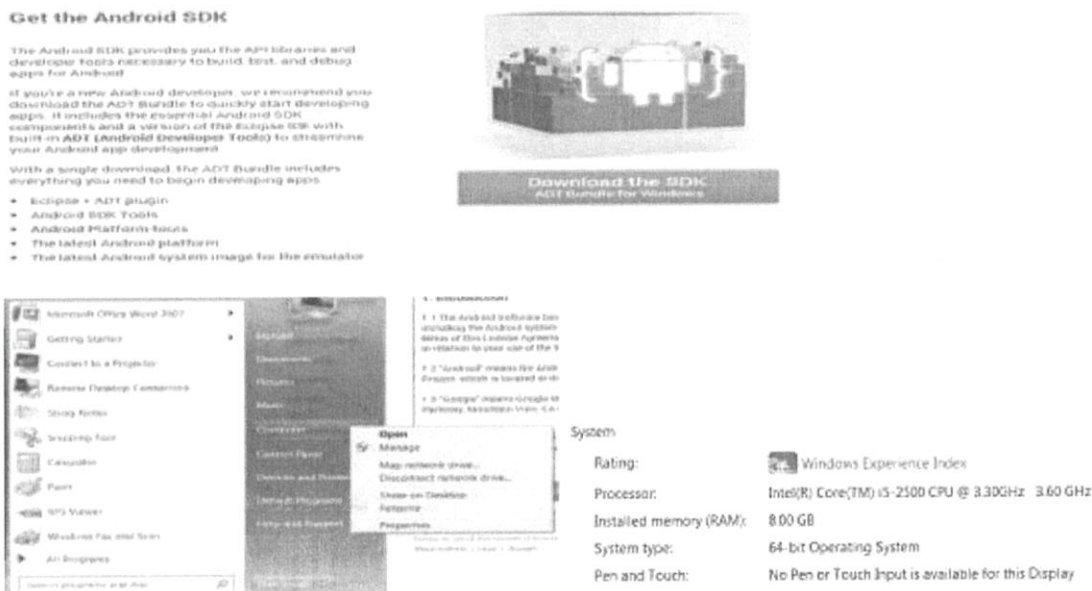
## 6.5 การออกแบบและพัฒนาแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน (Android application)

### 6.5.1 วิธีการติดตั้งและตั้งค่าเบื้องต้นของแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน

#### 6.5.1.1 การดาวน์โหลดโปรแกรม

1) ดาวน์โหลดโปรแกรม SDK จาก

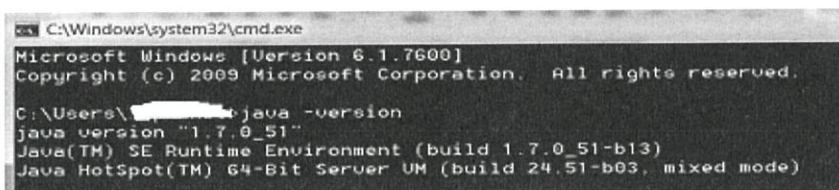
<http://developer.android.com/sdk/index.html>



รูปที่ 6.25 แสดงหน้าดาวน์โหลดโปรแกรม SDK

2) ดาวน์โหลดโปรแกรม JDK โดยเข้า cmd--> java-version เพื่อทำการตรวจสอบ java version ถ้าหากมี java version ที่ต้องการอยู่แล้ว ไม่ต้องโหลดถ้าเกิดยังไม่มีโปรแกรมให้ทำการดาวน์โหลดจาก

<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html>



รูปที่ 6.26 แสดงหน้า Java Version

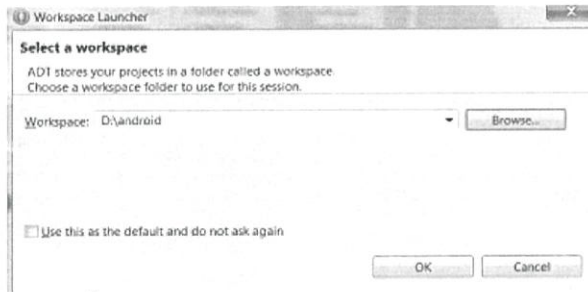


รูปที่ 6.27 แสดงหน้าดาวน์โหลด JDK

### 6.5.2 การติดตั้งโปรแกรม

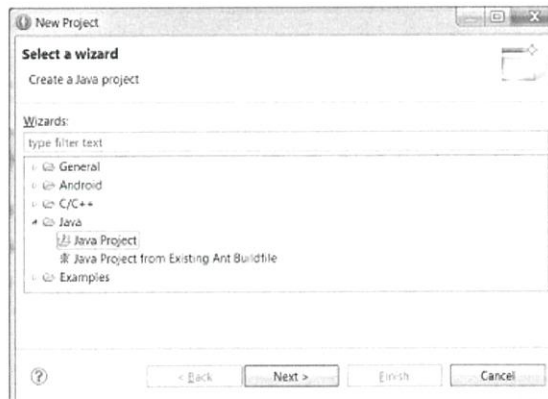
ให้ทำการลงโปรแกรม JDK แล้วเลือก unzip adt-bundle-windows-x86\_64-20131030.zip ลงไปที่ตำแหน่งที่ต้องการจะทำงาน เช่น D:/android และห้ามเคลื่อนย้ายโปรแกรมภายในโฟลเดอร์ใดๆ มิเช่นนั้นจะต้องทำการ set path ซึ่งยุ่งยากมาก ต่อมาจะทำการ Test eclipse โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) เปิด eclipse ถ้า double click ไม่ผ่านให้ คลิกขวา --> run as admin



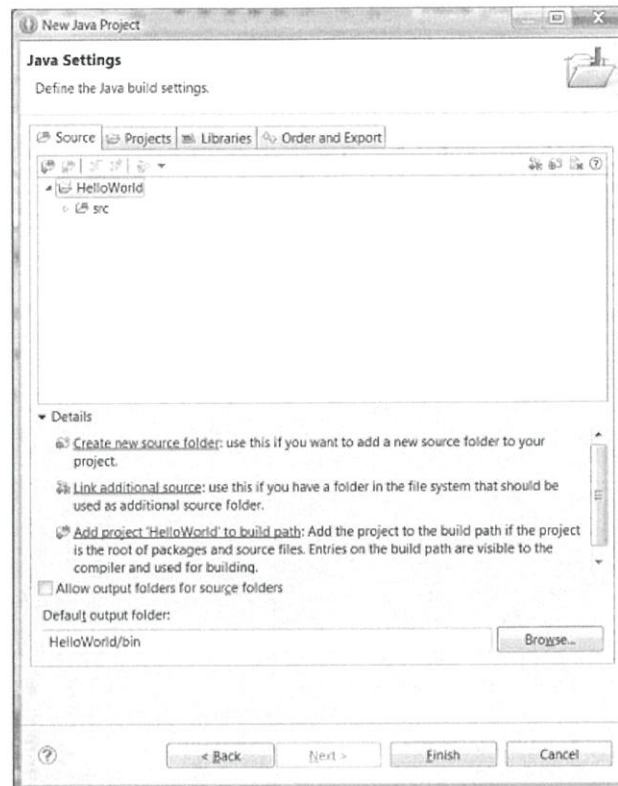
รูปที่ 6.28 แสดงหน้า Workspace Launcher

- 2) ให้ทำการคลิกตามขั้นตอนตามลำดับ file-->new-->project-->java-->java project



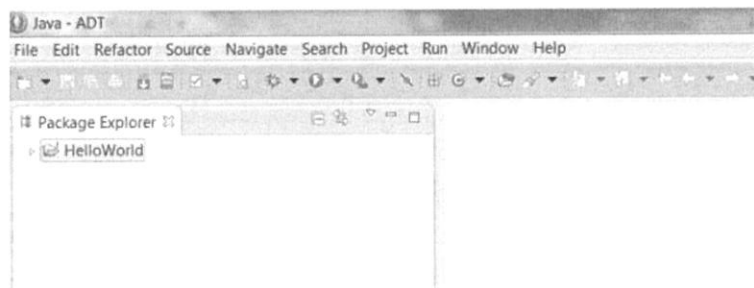
รูปที่ 6.29 แสดงหน้า New Project

3) ให้ตั้งชื่อโปรเจกต์ Project name: HelloWorld



รูปที่ 6.30 แสดงหน้า New Java Project

4) ให้ทำการ click ขวาที่ HelloWorld-->new-->class แล้วทำตามขั้นตอนตามลำดับ



รูปที่ 6.31 แสดงหน้า Java-ADT

**Java Class**

The use of the default package is discouraged.

Source folder: HelloWorld/src

Package: (default)

Enclosing type:

Name: HelloWorld

Modifiers:  public  default  private  protected  
 abstract  final  static

Superclass: java.lang.Object

Interfaces:

Which method stubs would you like to create?

public static void main(String[] args)  
 Constructors from superclass  
 Inherited abstract methods

Do you want to add comments? (Configure templates and default value [here](#))

Generate comments

รูปที่ 6.32 แสดงหน้า Java Class

- 5) กำหนดให้มีเลขบรรทัด โดยทำตามลำดับขั้นตอนดังนี้ window-->preference-->general-->editors-->text editor-->เลือกที่หน้า show line numbers-->OK
- 6) ให้ทำการเขียนโค้ดตามรูปที่ให้มาดังรูปที่ 6.33

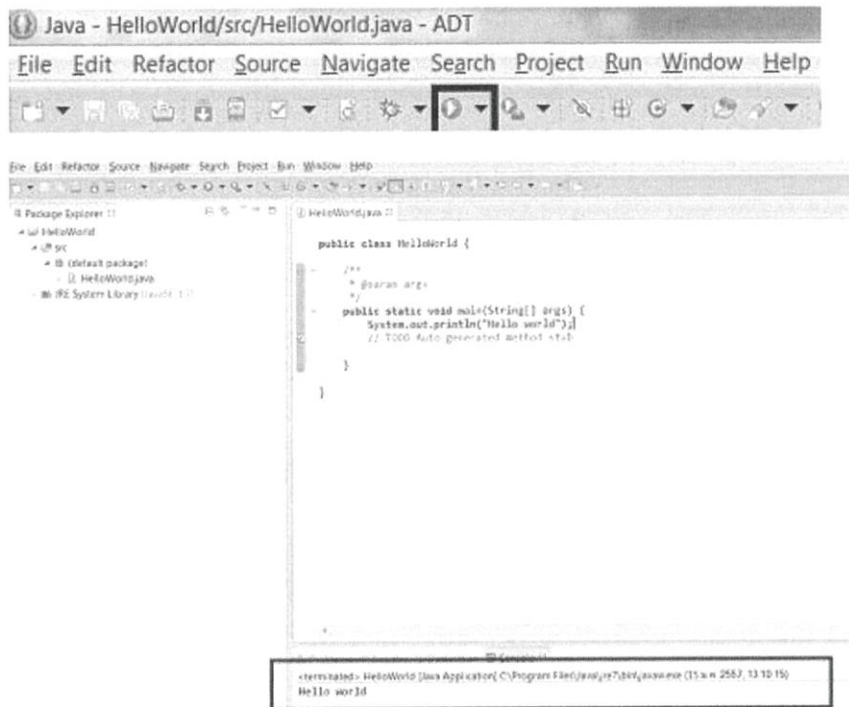
```

public class HelloWorld {
    /**
     * @param args
     */
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println("Hello world");
        // TODO Auto-generated method stub
    }
}

```

รูปที่ 6.33 แสดงหน้าการเขียนโค้ด

- 7) ทำการรันโปรแกรม หากรันออกแปลว่าติดตั้ง JDK และ Eclipse สมบูรณ์



รูปที่ 6.34 แสดงหน้าที่ทำการรันโปรแกรมสมบูรณ์

### 6.5.3 การสร้าง Emulator

- 1) ทำการคลิกไปที่ window--> android VDM manager--> new ตามลำดับ



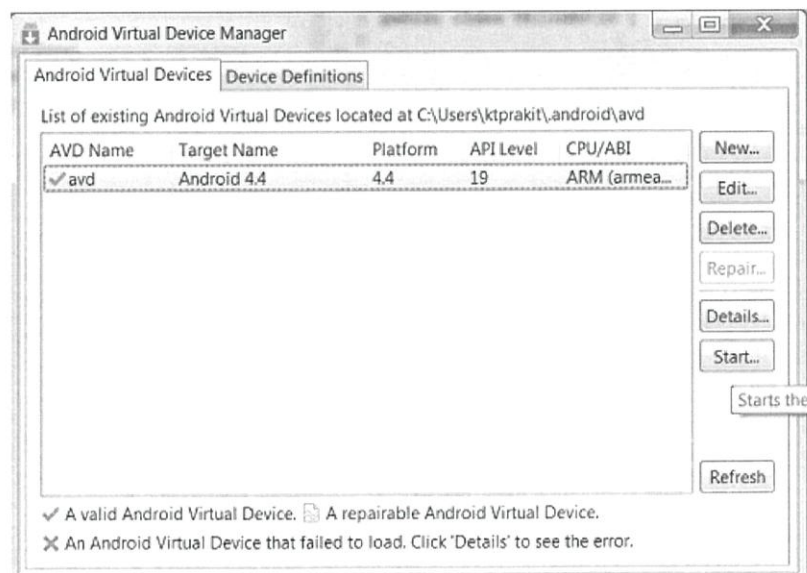
รูปที่ 6.35 แสดงหน้า Android Virtual Device Manager

2) ห้ามกำหนดแรมสูงกว่า 700 เพราะระบบ windows จะทำงานไม่ได้



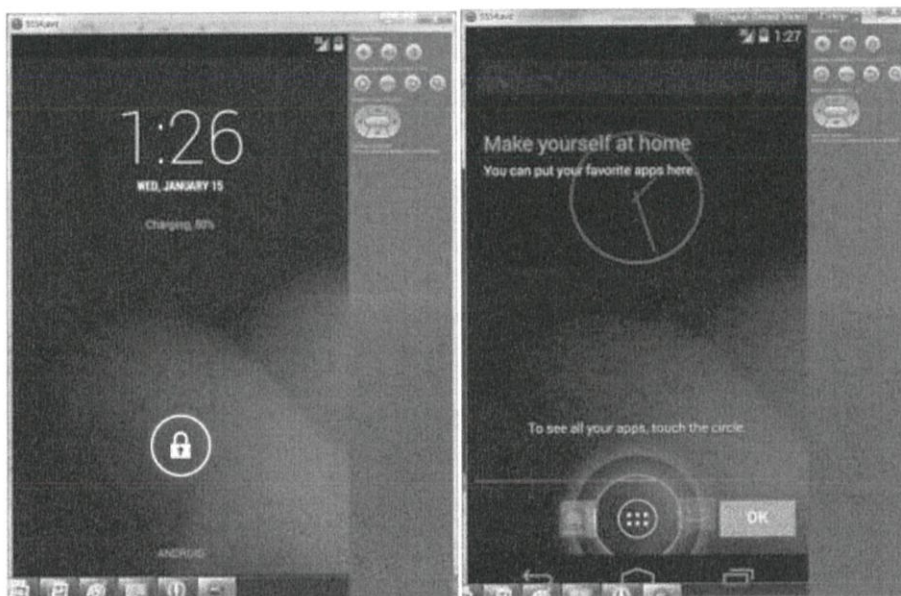
รูปที่ 6.36 แสดงหน้าที่กำหนดแรมและชนิดของโทรศัพท์และเวอร์ชันที่ใช้

3) ให้ทำการเลือก avd -->start-->lunch ตามลำดับ



รูปที่ 6.37 แสดงหน้า Android Virtual Device Manager ที่มีการกำหนดค่ามาแล้ว

- 4) รออีกสักพัก แล้วจะขึ้นหน้าของมือถือออกมา ให้ลองเล่นดูว่ามือถือแบบแอนดรอยด์ทำอะไรได้บ้าง ก่อนอื่นให้นำเมาส์วางตรงรูปกุญแจคลิกซ้ายแล้วลากออกมา เพื่อเป็นการปลดล็อคในการเปิดดู app. และ widget ต่างๆ



รูปที่ 6.38 แสดงหน้าของมือถือและการปลดล็อค



รูปที่ 6.39 แสดงหน้าแอปพลิเคชันหลังจากทำการปลดล็อคแล้ว

#### 6.5.4 การสร้างโปรเจค

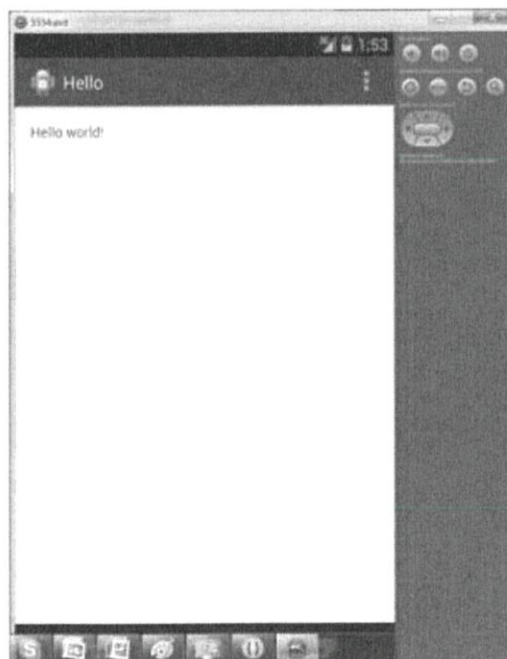
- 1) ให้ทำการคลิกไปที่ file-->new-->android app project ตามลำดับแล้ว ใส่ชื่อเป็น Hello แล้ว next ไปเรื่อยๆ ถ้าเกิด error ให้ไปที่ window-->preference-->build ตามลำดับ จากพาของ default debug keys tore แล้วออกไปลบ

ข้างนอกตามตำแหน่งที่จำไว้ จากนั้นเปิด Eclipse ไปที่ control panel-->Region and language-->format-->English (United states) -->location-->current location united states-->ok ตามลำดับ จากนั้นให้เปิด Eclipse -->project-->clean-->clean all project-->ok ตามลำดับ เพื่อทำการสร้างโปรเจค



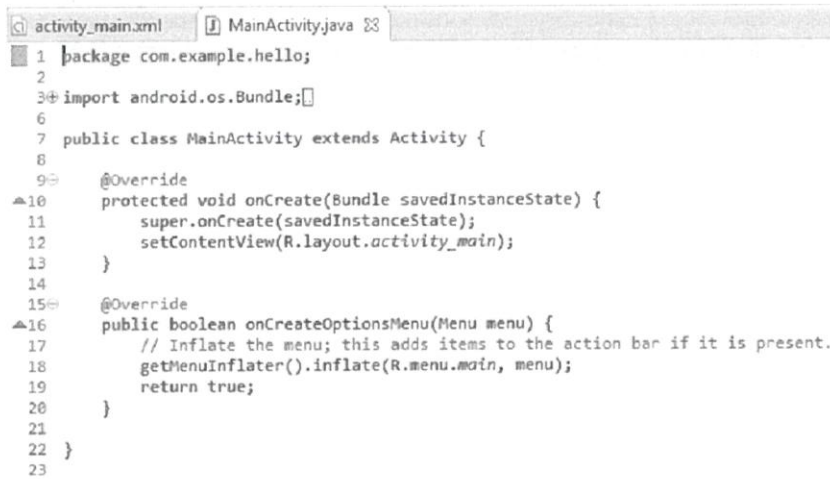
รูปที่ 6.40 แสดงหน้าที่แสดงการสร้างโปรเจค

2) ให้ทำการรันโปรแกรม



รูปที่ 6.41 แสดงหน้าโปรแกรมที่รันแล้วมีชื่อโปรเจคว่า Hello

- 3) ทำการคลิกดูหน้า MainActivity.java แสดงโค้ด กับ activity\_main.xml แสดงหน้าจอดีไซน์



```

activity_main.xml | MainActivity.java
1 package com.example.hello;
2
3 import android.os.Bundle;
4
5
6
7 public class MainActivity extends Activity {
8
9     @Override
10    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
11        super.onCreate(savedInstanceState);
12        setContentView(R.layout.activity_main);
13    }
14
15    @Override
16    public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {
17        // Inflate the menu; this adds items to the action bar if it is present.
18        getMenuInflater().inflate(R.menu.main, menu);
19        return true;
20    }
21
22 }
23

```

รูปที่ 6.42 แสดงหน้า MainActivity.java



```

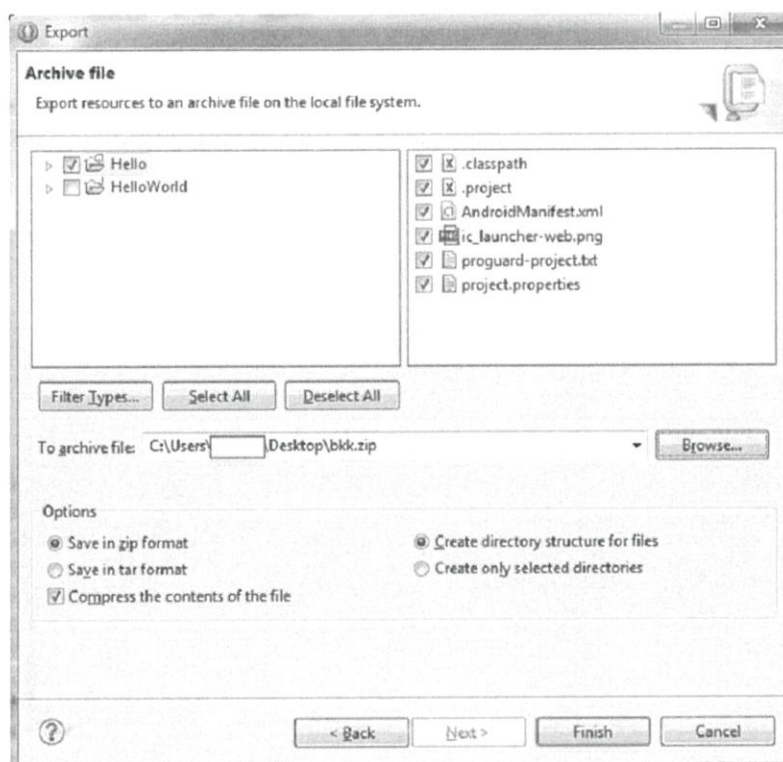
activity_main.xml | MainActivity.java
1 <RelativeLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
2     xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
3     android:layout_width="match_parent"
4     android:layout_height="match_parent"
5     android:paddingBottom="@dimen/activity_vertical_margin"
6     android:paddingLeft="@dimen/activity_horizontal_margin"
7     android:paddingRight="@dimen/activity_horizontal_margin"
8     android:paddingTop="@dimen/activity_vertical_margin"
9     tools:context=".MainActivity" >
10
11     <TextView
12         android:layout_width="wrap_content"
13         android:layout_height="wrap_content"
14         android:text="@string/hello_world" />
15
16 </RelativeLayout>
17

```

รูปที่ 6.43 แสดงหน้า activity\_main.xml

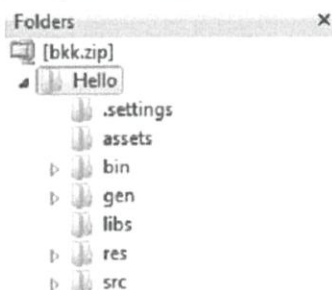
### 6.5.5 การ Export and Import

- 1) การ Export ให้คลิกไปที่ file-->export-->general-->archive file-->browse-->เลือกตำแหน่งเก็บ ตั้งชื่อไฟล์ เลือกที่โปรเจกที่จะ export ตามลำดับ



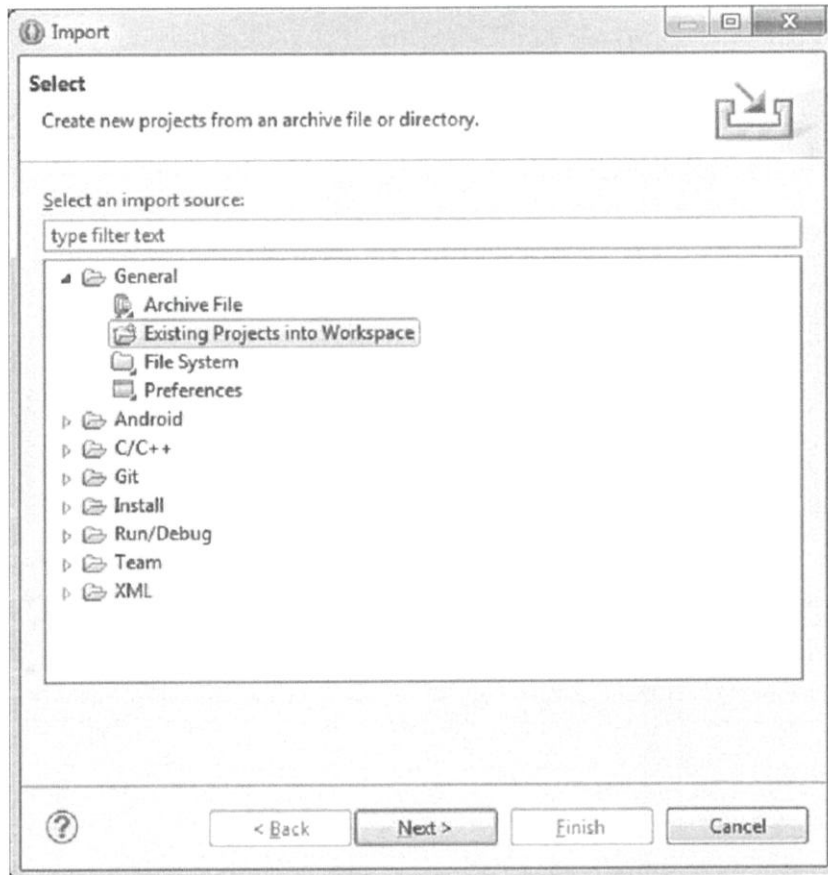
รูปที่ 6.44 แสดงหน้า Export

- 2) จะได้ไฟล์ที่ทำการ Export เข้ามา



รูปที่ 6.45 แสดงไฟล์ที่ได้ Export เข้ามา

- 3) การ Import ต้องทำการลบโปรเจคเดิมก่อน แล้วไปที่ file-->import-->General-->Existing project into workspace-->เลือก select archive file-->browse ตามลำดับ



รูปที่ 6.46 แสดงหน้า Import

## 6.5.6 แสดงตัวอย่างการการเขียนโค้ดที่ใช้กับโปรแกรม

### 6.5.6.1 Code MainActivity.java

```
package com.example.ppp;
import android.app.Activity;
import android.content.Intent;
import android.graphics.drawable.Drawable;
import android.net.Uri;
import android.os.Bundle;
import android.view.KeyEvent;
```

```

import android.view.Menu;
import android.view.View;
import android.view.View.OnClickListener;
import android.widget.Button;

public class MainActivity extends Activity {
//ไฟล์ Class Activity นี้ชื่อ MainActivity.java และถูกจัดเก็บใน Package com.example.ppp

protected static final Intent Intent = null;//การรับ-ส่งค่าเป็นnull

    @Override
    public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);//Auto-Generate Method
        setContentView(R.layout.activity_main);
//คำสั่ง setContentView เป็นคำสั่งเพื่อบอกกับ Activity ว่าจะแสดง layout ไหน ?
//ในกรณีนี้ ต้องการให้ MainActivity.java แสดง layout ที่อยู่ในไฟล์activity_main.xml ก็ให้เพิ่ม
คำสั่งนี้เข้าไป

        final Button button = (Button) findViewById(R.id.button1);
//ประกาศตัวแปรbutton และ ผูกตัวแปร buttonโดยอ้างอิงidในactivity_main.xml

        button.setOnClickListener(new OnClickListener() {
//กำหนด event ให้กับ button เพื่อให้กดปุ่มไปยังหน้าเว็บได้

            public void onClick(View v) {
//สร้าง function onClick เมื่อมีการกดปุ่ม button

                if(v==button)//ถ้า v มีค่าเท่ากับ button
                    button.setBackgroundResource(R.drawable.btn);
//เมื่อกดปุ่มbutton แล้วพื้นหลังปุ่มจะเปลี่ยน

                Intent myWebLink = new Intent(android.content.Intent.ACTION_VIEW);
//สร้างตัวแปร myWebLink เพื่อใช้ในการรับ-ส่งค่าIntent ไปยังหน้าweb

                myWebLink.setData(Uri.parse("http://192.168.1.75"));
//set URI ของwebที่ต้องการเข้าถึง

                startActivity(myWebLink);

```

```

//set ให้ myWebLink เริ่มทำงานได้
        onBackPressed();
//ยืนยันการออกจากแอปพลิเคชัน เมื่อกดปุ่มBack
    }
    });
}

@Override
public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {
// Inflate the menu; this adds items to the action bar if it is present.
getMenuInflater().inflate(R.menu.main, menu);

    return true;
}
}

```

#### 6.5.6.2 Code activity\_main.xml

##### 1) การสร้างและกำหนดรูปแบบของ Layout

```

<RelativeLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools" android:layout_width="match_par
    ent"
//กำหนดความกว้างของlayoutให้แสดงข้อมูลขนาดเท่ากับ parent ของมัน

    android:layout_height="match_parent"
//กำหนดความสูงของlayoutให้แสดงข้อมูลขนาดเท่ากับ parent ของมัน

    android:paddingBottom="@dimen/activity_vertical_margin"
//จัดระยะห่างระหว่างขอบของวัตถุ และเนื้อหาที่ขอบล่างของหน้าจอ

    android:paddingLeft="@dimen/activity_horizontal_margin"
//จัดระยะห่างระหว่างขอบของวัตถุ และเนื้อหาที่ขอบซ้ายของหน้าจอ

    android:paddingRight="@dimen/activity_horizontal_margin"
//จัดระยะห่างระหว่างขอบของวัตถุ และเนื้อหาที่ขอบขวาของหน้าจอ

    android:paddingTop="@dimen/activity_vertical_margin"

```

//จัดระยะห่างระหว่างขอบของวัตถุ และเนื้อหาที่ขอบบนของหน้าจอ

```
tools:context=".MainActivity"
```

```
android:background="@drawable/bg123"> //กำหนดพื้นหลังโดยใช้ไฟล์ภาพชื่อbg123ที่อยู่ในไฟล์เก็บภาพชื่อ drawable
```



รูปที่ 6.47 แสดงหน้า Layout ของแอนดรอยแอปพลิเคชัน

## 2) การสร้างและกำหนดรูปแบบของ Text View

```
<TextView
```

```
android:id="@+id/textView1" //สร้าง TextView มี id = textView1
```

```
android:layout_width="wrap_content"//กำหนดความกว้างของ TextView ให้แสดง
```

ข้อมูลขนาดเท่ากับ content

```
android:layout_height="wrap_content"//กำหนดความสูงของ TextView ให้แสดงข้อมูล
```

ขนาดเท่ากับ content

```
android:layout_above="@+id/button1"//กำหนดให้ TextView อยู่ด้านบนของ button
```

```
android:layout_centerHorizontal="true"//กำหนดให้ TextView อยู่ตรงกลาง
```

```
android:layout_marginBottom="80dp"//กำหนดให้ TextView มีระยะห่างจากขอบล่าง
```

80 dp

```
android:textColor="#FFFFFF"//สีตัวอักษรเป็นสีขาว
```

```
android:gravity = "center"//ตัวอักษรอยู่กึ่งกลาง
```

```
android:textSize = "30sp"//ตัวอักษรมีขนาด 30 dp
```

```
android:textStyle = "bold"//ตัวอักษรหนา
```

```
android:text="@string/hello_world" />
```

Please Click to Test  
Performance !!

รูปที่ 6.48 แสดง TextView

### 3) การสร้างและกำหนดรูปแบบของ Button

```
<Button
    android:id="@+id/button1"
//สร้าง button มี id = button1

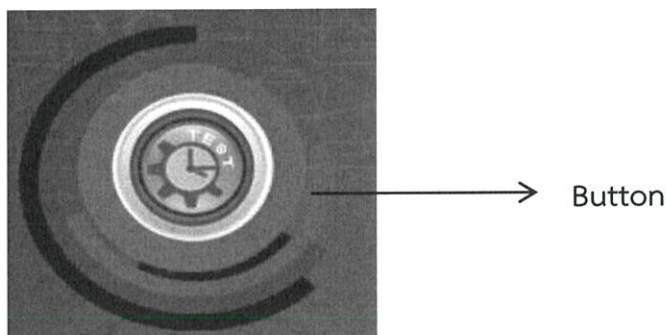
    android:layout_width="wrap_content"
//กำหนดความกว้างของ button ให้แสดงข้อมูลขนาดเท่ากับ content

    android:layout_height="wrap_content"
//กำหนดความสูงของ button ให้แสดงข้อมูลขนาดเท่ากับ content

    android:layout_alignParentBottom="true"
    android:layout_centerHorizontal="true"
//button อยู่กึ่งกลางในแนวนอน

    android:layout_marginBottom="75dp"
//button มีระยะห่างจากขอบล่าง 75 dp

    android:background="@drawable/btn2" />
//กำหนดพื้นหลังของbuttonโดยใช้ไฟล์ภาพชื่อbtn2 ที่อยู่ในไฟล์เก็บภาพชื่อdrawable
</RelativeLayout>
```



รูปที่ 6.49 แสดง Button

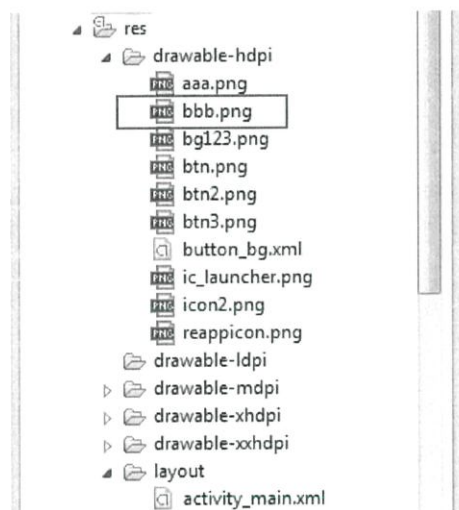
## 4) การสร้างไอคอน

- สร้างไอคอนโดยใช้โปรแกรม photo shop



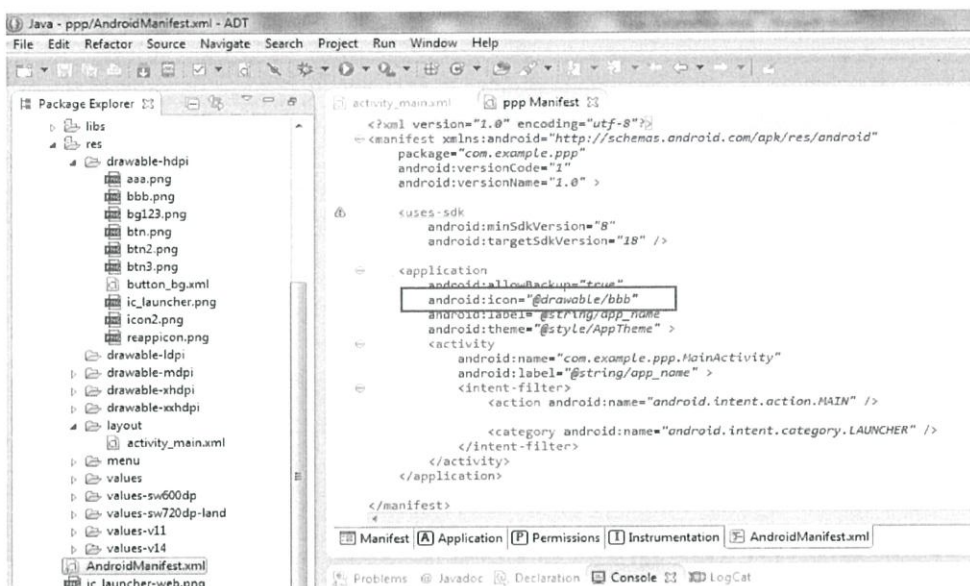
รูปที่ 6.50 แสดงไอคอน

- นำไอคอนที่สร้างเสร็จแล้วซึ่งเป็นไฟล์ภาพ.png ไปใส่ใน res->drawable-hdpi ซึ่งมีไฟล์ภาพชื่อ bbb.png เป็นไอคอนที่
- สร้าง ดังรูป



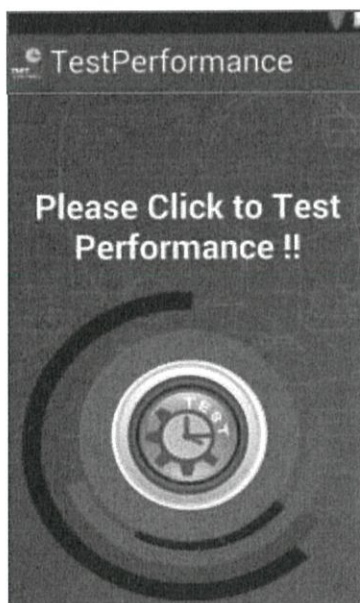
รูปที่ 6.51 แสดงไฟล์ภาพ bbb.png

- เมื่อนำไฟล์ภาพไปใส่แล้ว จะทำการเปลี่ยนไอคอนโดยให้เปลี่ยนชื่อไอคอนเป็น bbb.png ที่ res->AndroidManifest.xml ดังรูป

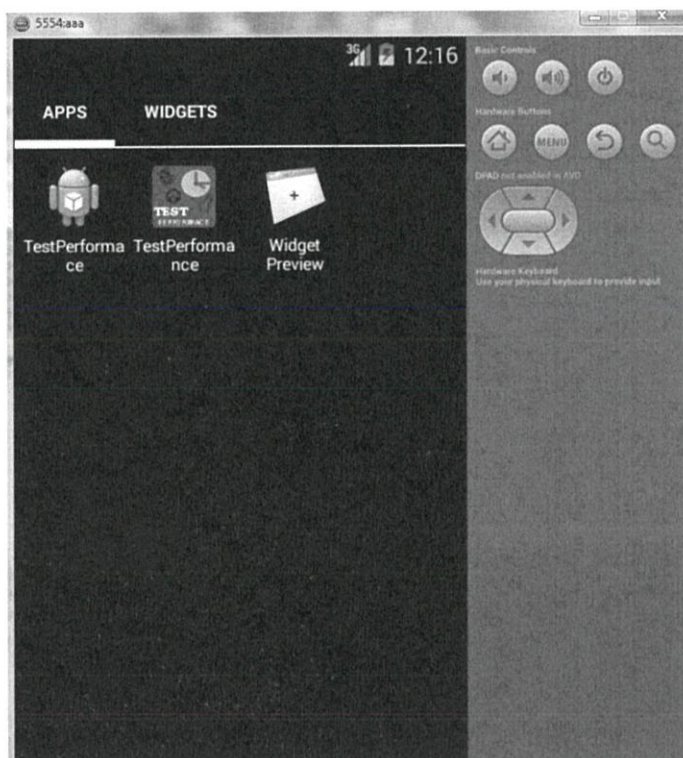


รูปที่ 6.52 แสดงการเปลี่ยนชื่อไอคอน

- เมื่อเปลี่ยนชื่อแล้วให้ทำการบันทึกจะได้ไอคอนแสดงดังรูป

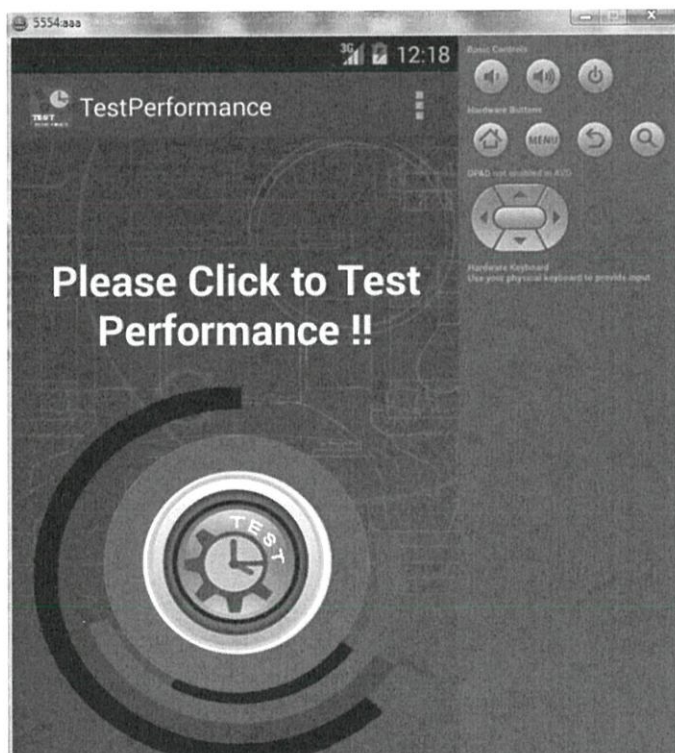


รูปที่ 6.53 แสดงรูปไอคอนที่ res->layout->activity\_main.xml



รูปที่ 6.54 แสดงหน้าไอคอน

— เมื่อทำการรันโปรแกรมจะแสดงดังนี้



รูปที่ 6.55 แสดงหน้าแอปพลิเคชัน

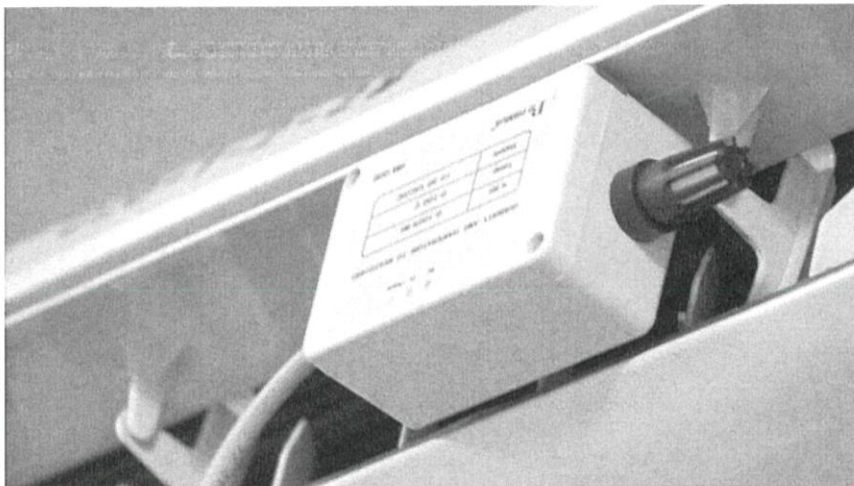
## บทที่ 7

### ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือวัด

### และการคำนวณค่าโดยโปรแกรมวัดประสิทธิภาพ

#### 7.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

- 1) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ HM 006 – Primus HM Series เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ HM – 006 สามารถวัดค่าอุณหภูมิในหน่วย องศาเซลเซียส (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ในหน่วยเปอร์เซ็นต์ (%RH) โดยปกติทั่วไปแล้ว เซนเซอร์ HM – 006 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ในตัวเดียวกัน ซึ่งเหมาะสำหรับการติดตั้งตามผนังหรือ เพดานภายในห้อง หรือ แม้กระทั่งบริเวณพื้นที่ที่มีฝุ่น ละออง น้ำหรือไอน้ำในปริมาณสูงได้ เมื่อตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ จะทำการแปลงอุณหภูมิ 0-100 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 0-100 %RH ให้เป็นสัญญาณชนิดดิจิทัล (Digital signal) หรือ ข้อมูลบิต (Bit data) ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารและส่งข้อมูลออกผ่านทางสายสัญญาณอนุกรมชนิด RS-485/RS-422 ไปยังอุปกรณ์ควบคุมต่อไป ดังรูปที่ 7.1 และ 7.2

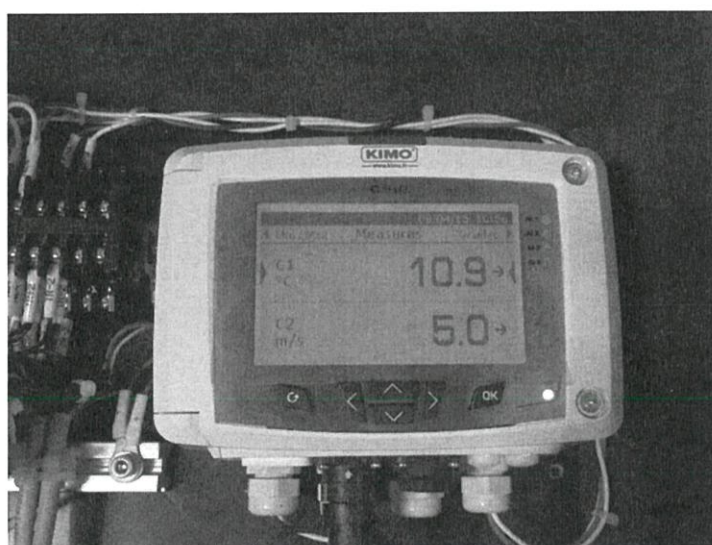


รูปที่ 7.1 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ HM 006 – Primus HM Series ณ ช่องลมจ่าย

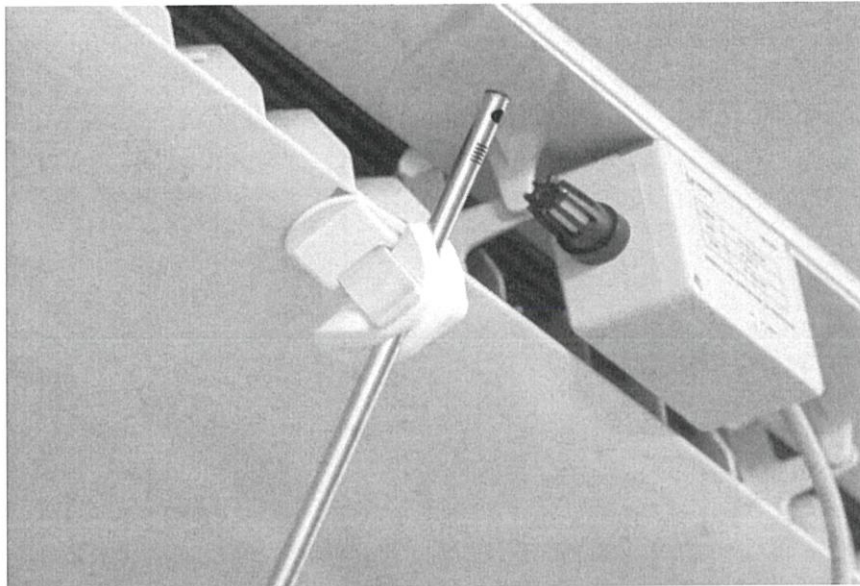


รูปที่ 7.2 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ HM 006 – Primus HM Series  
ณ ช่องลมกลับ

- 2) อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม Multifunction transmitter C 310 โดยใช้ Multifunction transmitter C 310 – KIMO INSTRUMENT เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดความเร็วลมของอากาศตั้งแต่ 0 - 30 m/s ซึ่งเหมาะสำหรับติดตั้งบนผนังหรือเพดานภายในห้อง หรือ ในกล่องไฟฟ้าที่รวบรวมอุปกรณ์ตรวจวัดและอุปกรณ์ควบคุม โดยอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม Multifunction transmitter C 310 สามารถเลือกชนิดที่มีหน้าจอแสดงผลหรือไม่มี ตามความเหมาะสมของกระบวนการ เมื่อทำการติดตั้งและตรวจวัดความเร็วลม จะทำการแปลงให้เป็นสัญญาณแอนะล็อก (Analog signal) DC 4-20 mA, 0-10 VDC หรือแม้กระทั่งสัญญาณชนิดดิจิทัล (Digital signal) หรือ ข้อมูลบิต (Bit data) ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารและส่งข้อมูลออกผ่านทางสายสัญญาณอนุกรมชนิด RS-485/RS-422

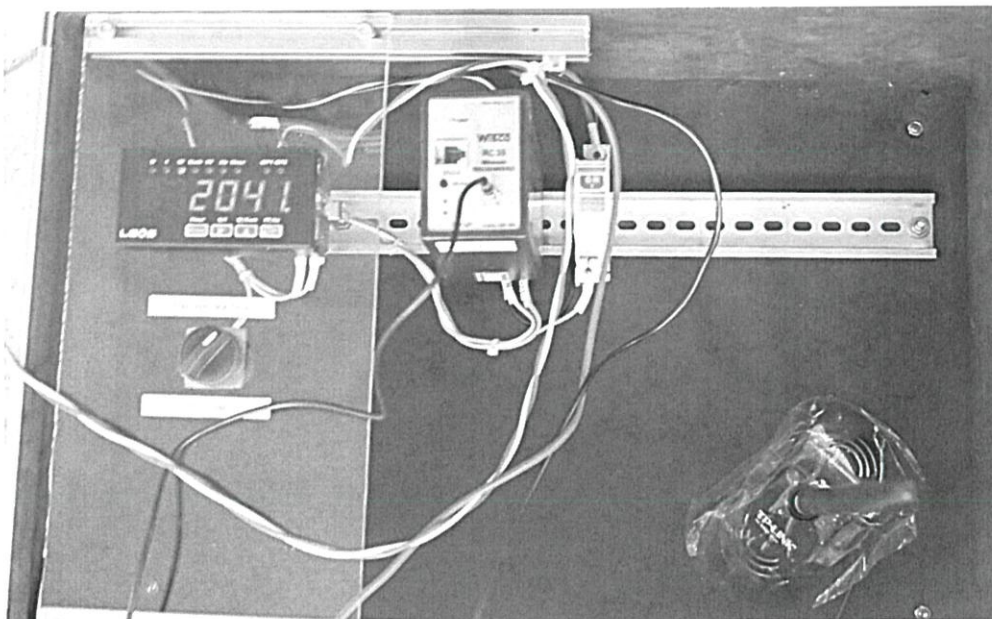


รูปที่ 7.3 แสดงหน้าจอแสดงผลของ Multifunction transmitter C 310 ที่ถูกติดตั้งไว้ในกล่อง  
อุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 7.4 แสดงหัววัด (Probe) รุ่น SVS ของ Multifunction transmitter C 310

- 3) อุปกรณ์ตรวจวัดกำลังไฟฟ้า (WATT METER) 1AC B74 – LEOS อุปกรณ์ตรวจวัดกำลังไฟฟ้า (WATT METER) เป็นอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 1 เฟส (1-phase power supply) ซึ่งสามารถวัดออกมาเป็นหน่วยเป็น วัตต์ โดยคำนวณได้จากการวัดกระแสไฟฟ้า (Current), แรงดันไฟฟ้า (Voltage) และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power factor) คำนวณออกมาเพื่อให้ได้ค่าแบบ True RMS รวมไปถึงการติดต่อสื่อสาร และส่งข้อมูลที่ตรวจวัดได้ผ่านทางสายสัญญาณอนุกรมชนิด RS-485/RS-422



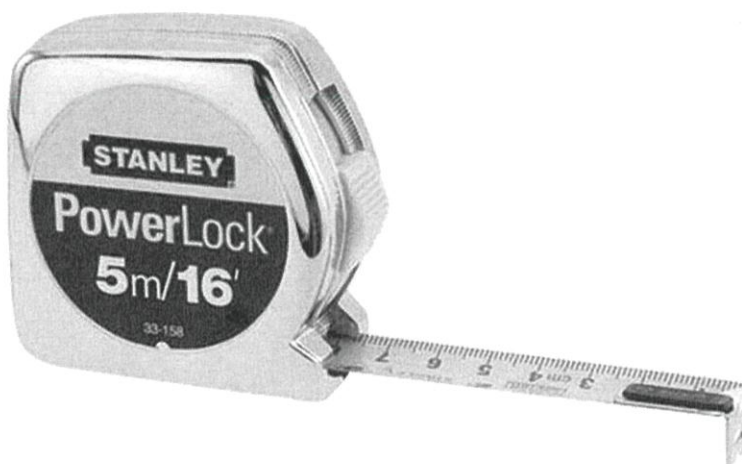
รูปที่ 7.5 แสดงเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (WATT METER) 1AC B74 – LEOS

- 4) อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ (Wireless RS-485) RC35-WISCO ใช้สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณ RS - 232/RS - 485/RS - 422 ผ่านทางสัญญาณวิทยุ แทนการใช้สายสัญญาณ ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งโดยไม่ต้องเดินสายสัญญาณก่อให้เกิดความสะดวกรวดมากขึ้น รวมไปถึงการส่งข้อมูลระหว่างห้องที่มีกำแพง หรือสิ่งของอื่น ๆ กีดขวางทำให้มีปัญหาในการใช้สายส่งสัญญาณ



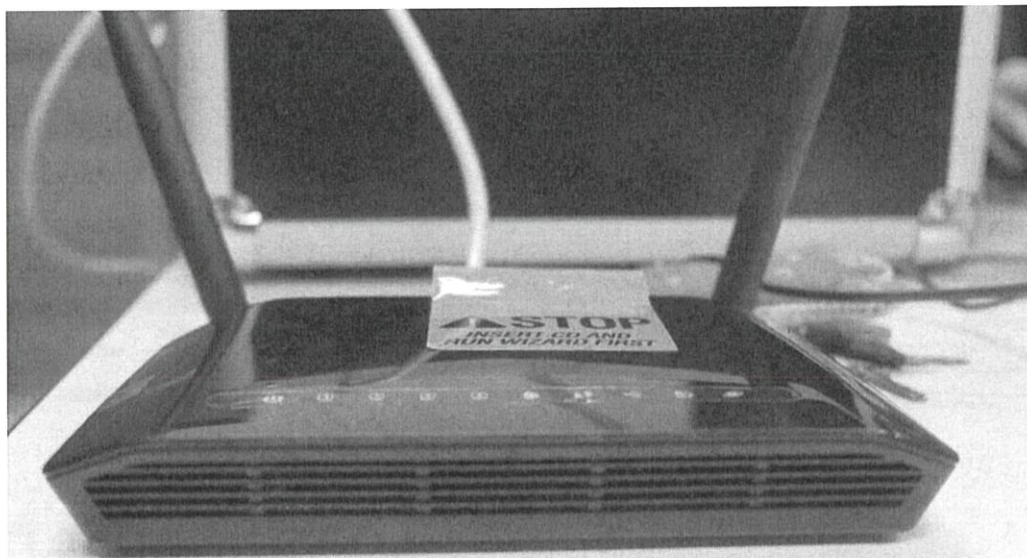
รูปที่ 7.6 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ Wireless RS-485 RC35-WISCO

- 5) ตลับเมตร ใช้ในการวัดพื้นที่ ช่องลมจ่าย ในหน่วย ตารางเมตร



รูปที่ 7.7 แสดงตลับเมตรที่ใช้ในการวัดระยะห่าง

- 6) เราเตอร์ (Router) เนื่องจากอุปกรณ์ควบคุมหลัก หรือพีแอลซี เป็นอุปกรณ์หลักในระบบ ประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ หรือเครือข่ายภายใน ดังนั้น การใช้เราเตอร์เป็นอุปกรณ์กระจายสัญญาณ แทนการใช้ สายสัญญาณ ทำให้สะดวกแก่การใช้งานเป็นอย่างมาก และทำให้สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาระบบง่ายขึ้น และการแสดงข้อมูลบนเว็บเพจที่สะดวกมากขึ้นดังรูปที่ 7.8



รูปที่ 7.8 แสดงอุปกรณ์เราเตอร์

## 7.2 วิธีการวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

### 7.2.1 ขั้นตอนในการเตรียมการวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

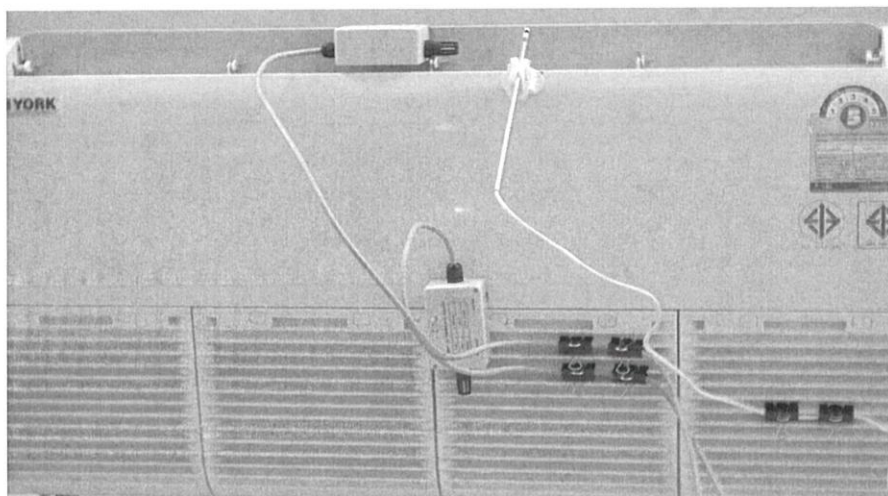
- 1) ปรับตั้งระดับความแรงของพัดลมในเครื่องปรับอากาศที่ตำแหน่งแรงสุด (High Speed)
- 2) ปรับตั้งอุณหภูมิไว้ที่ตำแหน่งอุณหภูมิห้อง 24-25°C
- 3) ตรวจสอบไม่ให้เกิดการกีดขวางทางด้านลมจ่ายหน้าคอยด์เย็น

### 7.2.2 ขั้นตอนการตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

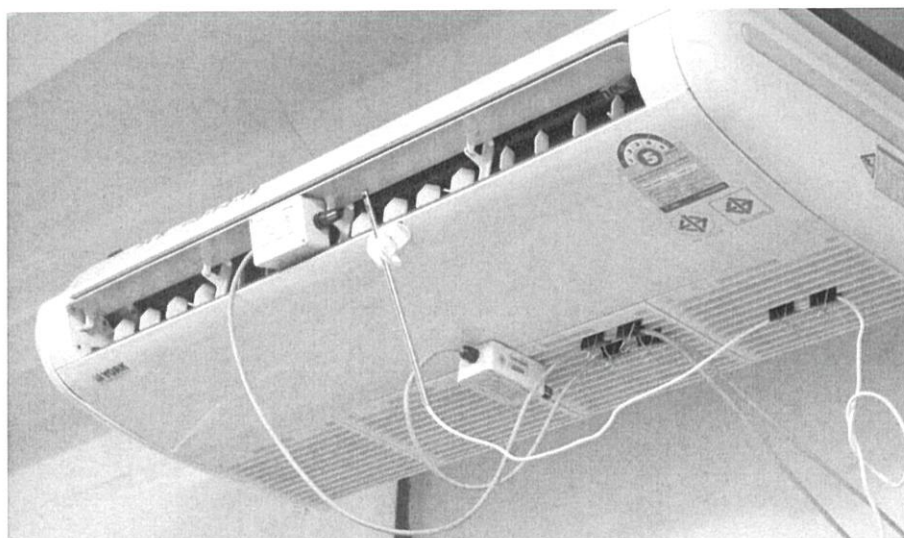
- 1) วัดขนาดความกว้างและความยาวของช่องลมจ่าย (Supply air grille) ด้วยตลับเมตร เพื่อใช้คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดในหน่วยตารางเมตร

2) ทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)

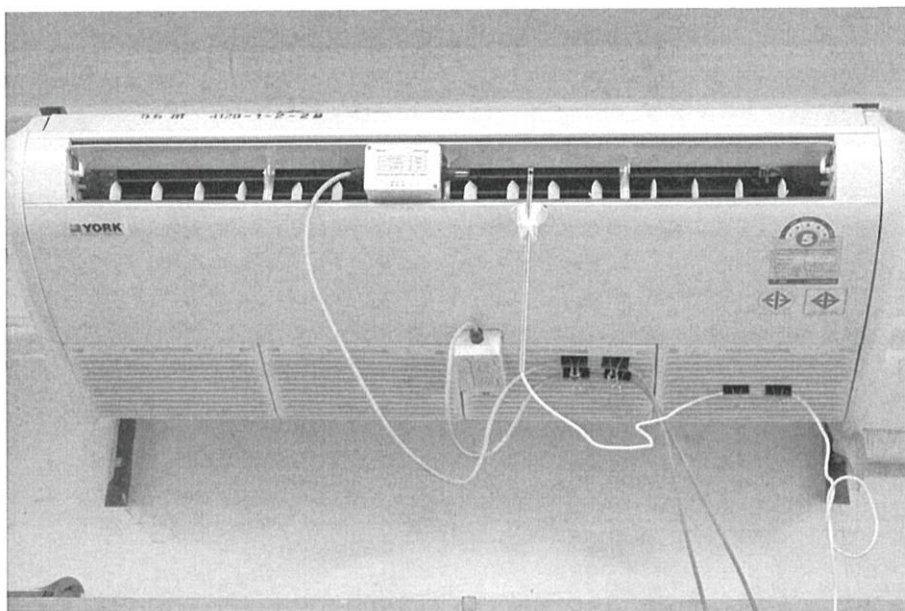
HM 006 – Primus HM Series และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม Multifunction transmitter C 310 –KIMO INSTRUMENT ตรงกึ่งกลางของอากาศทางด้านช่องลมจ่าย (Supply Air grille) ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) HM 006 – Primus HM Series อีกตัว จะทำการติดตั้งที่ด้านช่องลมกลับ (Return air grille) ซึ่งเซนเซอร์ทุกตัวจะติดต่อสื่อสารกันผ่านสายสัญญาณ RS – 485 โดยใช้โปรโตคอลแบบมอดบัส Modbus ในการส่งข้อมูลจะถูกเชื่อมโยงเข้ากับ PLC ซึ่งจะติดตั้ง PLC ไว้ในกล่องอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้ว จะแสดงผลหน้าจอทัชสกรีนของ PLC



รูปที่ 7.9 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์ ทั้ง 3 ตัว ที่ด้านหน้าช่องลมจ่าย (Air supply grille) และด้านช่องลมกลับ (Return air grille)

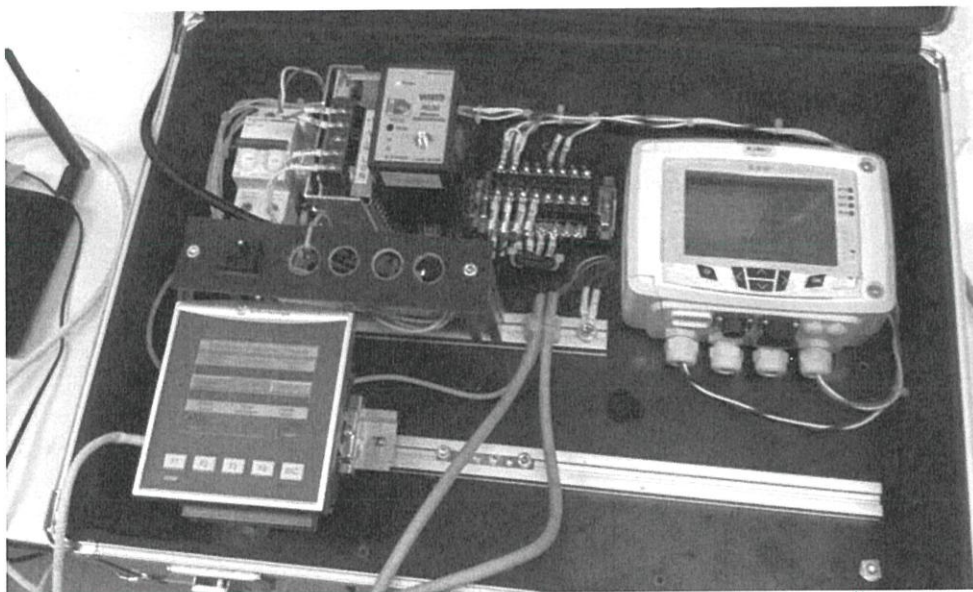


รูปที่ 7.10 แสดงการติดตั้งโดยรวมที่ตัวเครื่องปรับอากาศจากด้านข้าง



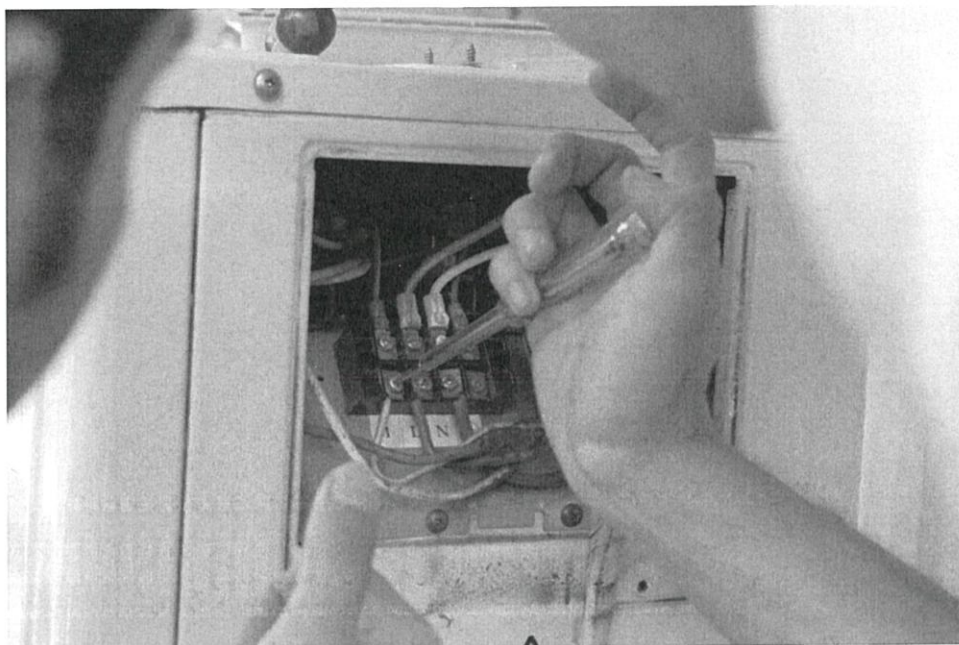
รูปที่ 7.11 แสดงการติดตั้งโดยรวมที่ตัวเครื่องปรับอากาศจากด้านหน้า

- 3) ใช้สาย RS-485 เชื่อมต่อกับ PLC โดยอาศัยโปรโตคอลการติดต่อสื่อสารแบบมอดบัส (Modbus) ซึ่งจะทำการรับข้อมูลจากเซนเซอร์ โดยผ่านโปรแกรมรับค่าของ PLC และส่งข้อมูลต่อไปยังโปรแกรมคำนวณประสิทธิภาพ ซึ่งได้เขียนขึ้นโดยใช้โปรแกรมการคำนวณของ PLC

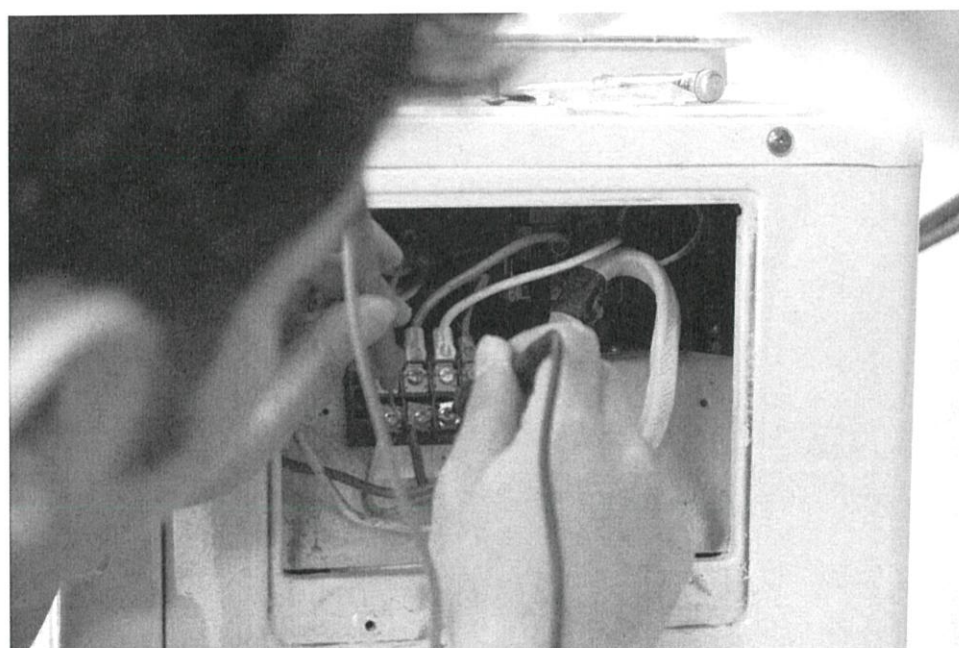


รูปที่ 7.12 แสดงภาพรวมของการเชื่อมต่อสายระหว่างเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว จากเครื่องปรับอากาศไปยัง PLC

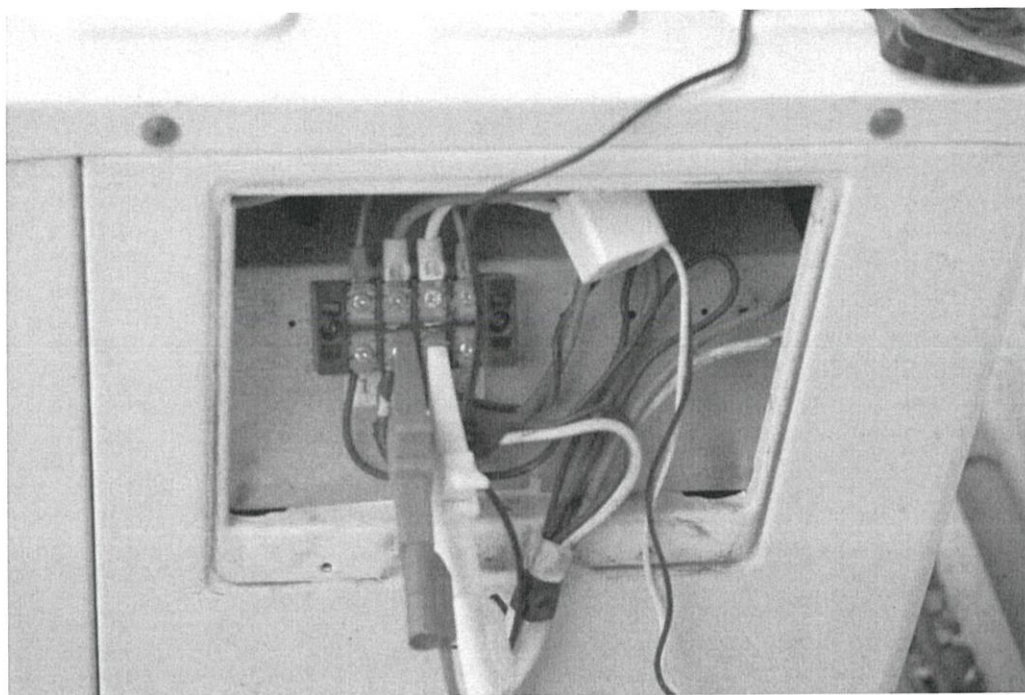
- 4) ติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้า (Watt meter) โดยจี้มสายไฟที่เข้าตัวคอมเพรสเซอร์ ซึ่งตัววัดกระแสไฟฟ้านั้นเป็นชนิดแยกหัววัดได้ (Spilt coil current transformer) เพื่อวัดกระแสไฟฟ้า โดยทำการจี้มสายไฟเข้ากับไลน์ (L) และนิวตรอน (N) แล้วใช้ต่อคร่อมเข้ากับสายไลน์ (L) โดยในกรณีที่ไมทราบวาสายไลน์ (L) หรือสายนิวตรอน (N) เป็นสายใดสามารถใช้ไขควงเช็คไฟได้ เพื่อความปลอดภัยดังในรูปที่ 7.13



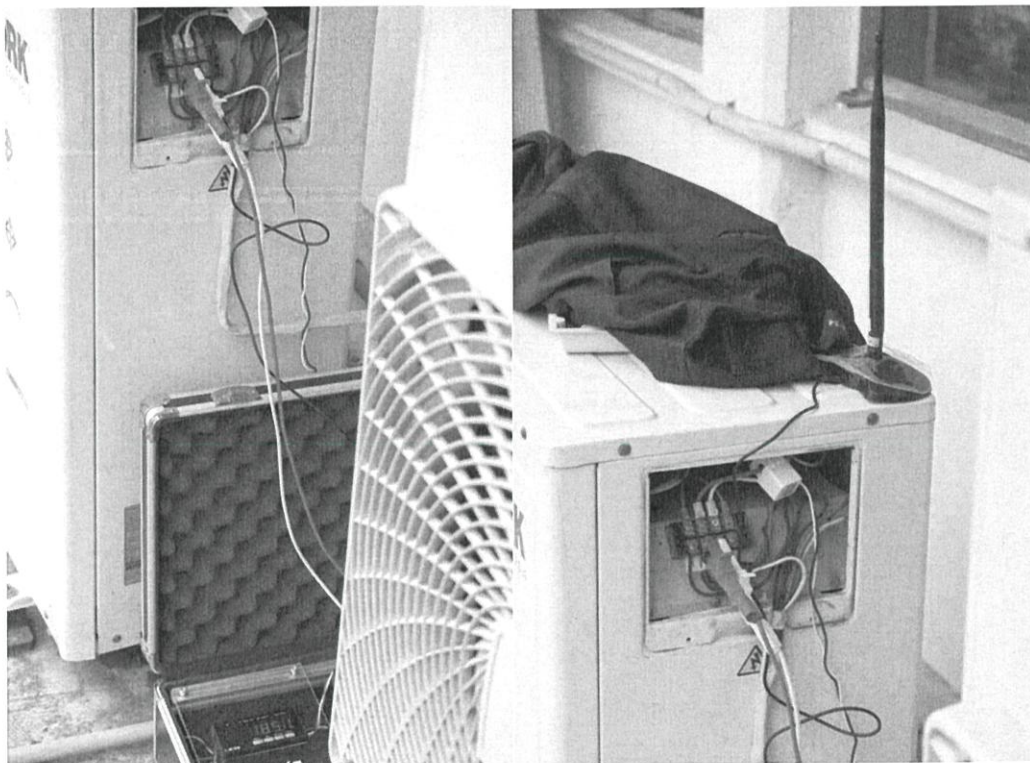
รูปที่ 7.13 แสดงทำการเช็คไฟด้วยไขควงเช็คไฟ



รูปที่ 7.14 แสดงทำการเช็คค่าความศักย์ด้วย Multimeter



(ก)



(ข)

(ค)

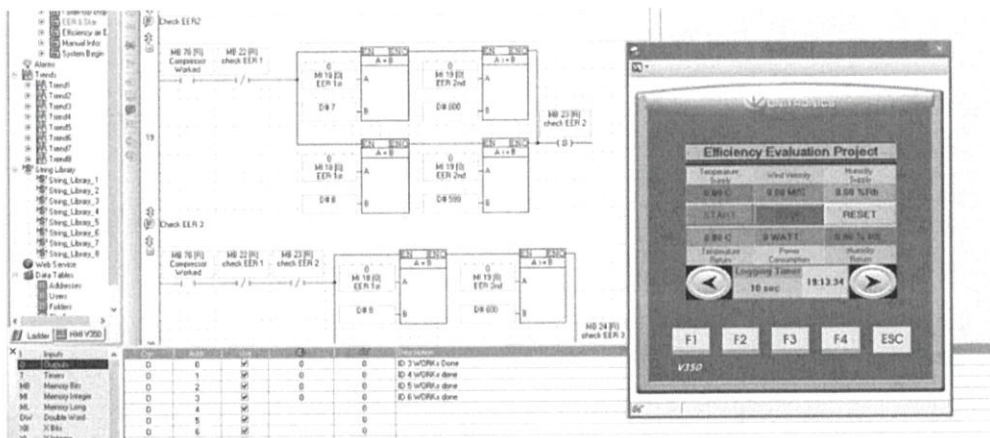
รูปที่ 7.15 แสดงวิธีการจี้มสายไฟจากคอมเพรสเซอร์ เพื่อสอดเข้า Current Transformer

(ก) จี้มสายไฟจากตัวคอมเพรสเซอร์ (Compressor)

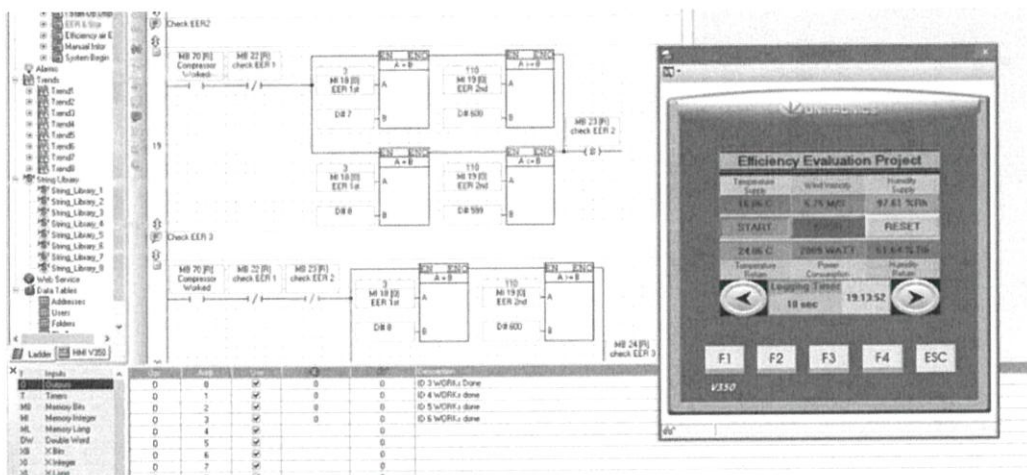
(ข) การต่อวัด Watt Meter

(ค) การต่อ Watt Meter และเสาวิทยุสำหรับ อุปกรณ์ RC35 (Wireless RS - 485)

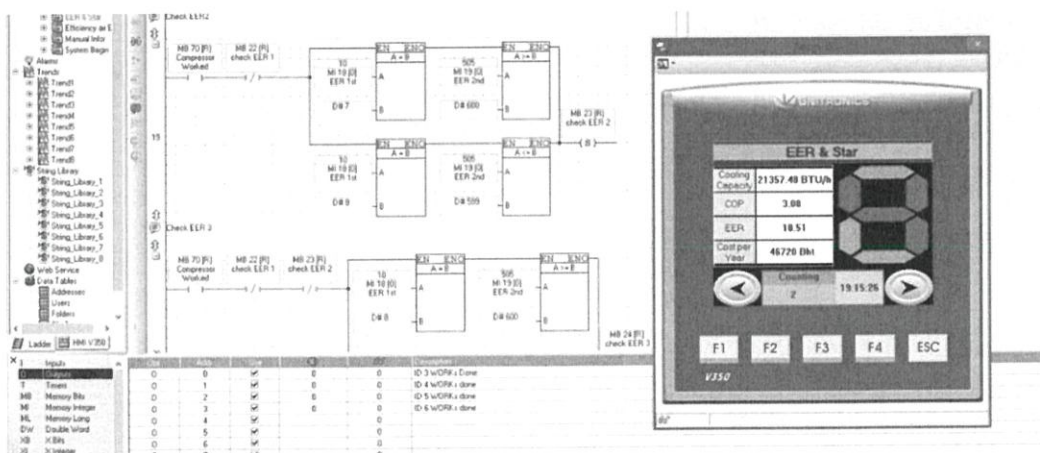
5) ระบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศจะคำนวณค่าต่าง ๆ จากตัวแปรที่ได้รับมาจากเซนเซอร์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ และแสดงผลลัพท์บนหน้าจอสัมผัส (Touch screen) และทางเว็บเพจ (Webpage)



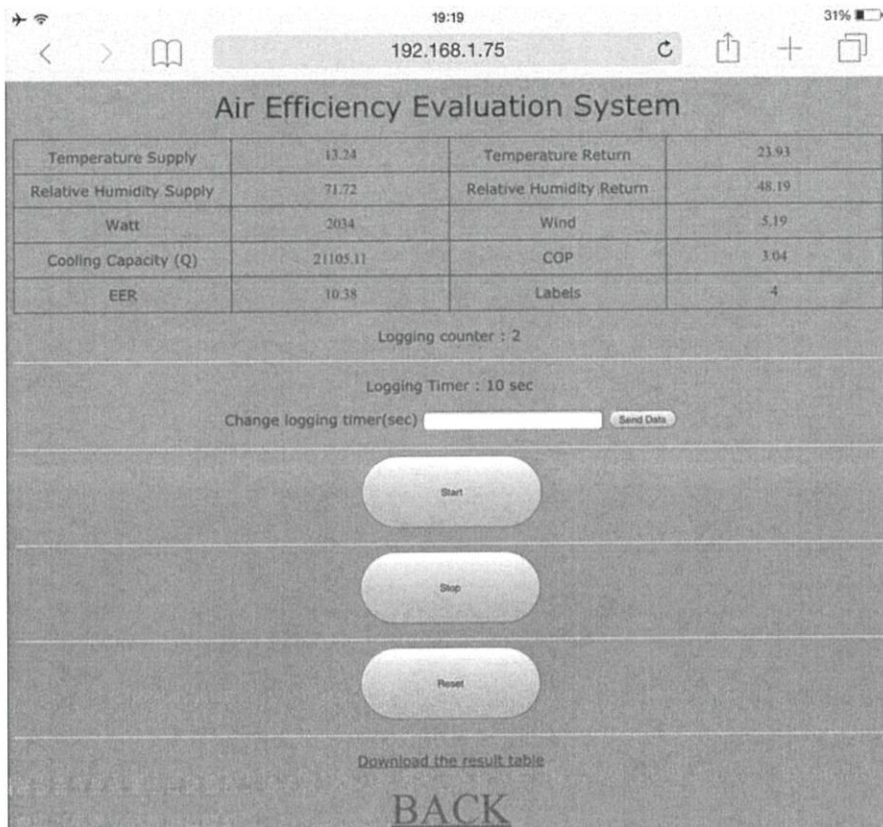
รูปที่ 7.16 แสดงหน้าจอพีแอลซีซึ่งพร้อมทำการประเมินประสิทธิภาพ



รูปที่ 7.17 แสดงหน้าจอพีแอลซีซึ่งที่รับค่าจากอุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ



รูปที่ 7.18 แสดงหน้าจอพีแอลซีซึ่งได้คำนวณค่าต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบระบบ

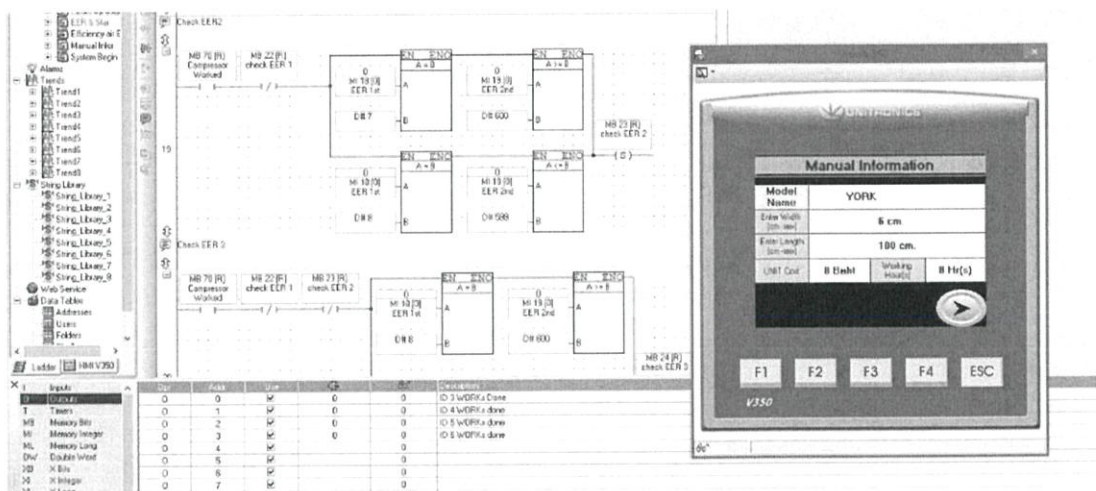


รูปที่ 7.19 แสดงหน้าต่างเว็บเพจ (Webpage) ซึ่งแสดงค่าจากการประเมินของระบบ

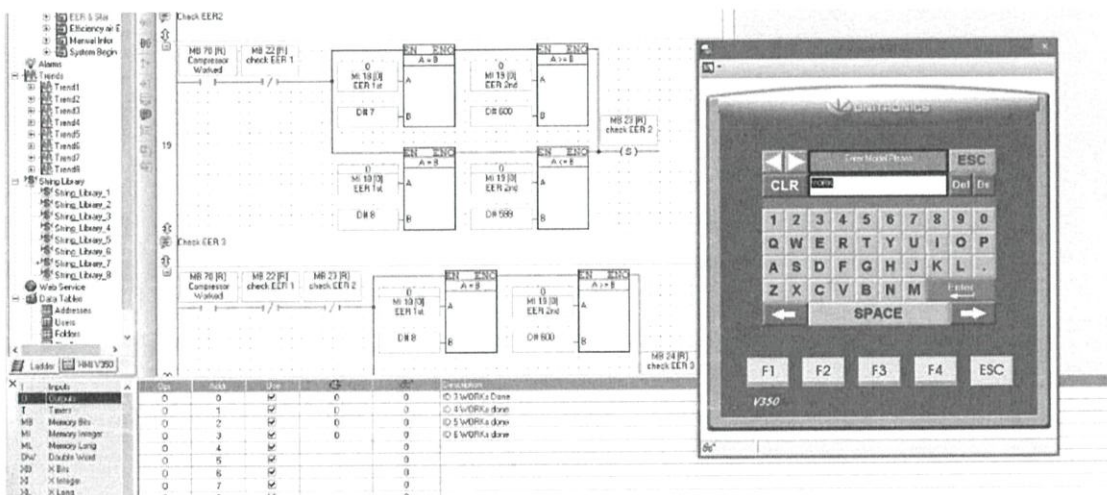
### 7.2.3 ขั้นตอนการใช้ระบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

- 1) เปิดการใช้งานระบบประเมินประสิทธิภาพ
- 2) ใส่ชื่อ Model ของเครื่องปรับอากาศ
- 3) ใส่ความกว้าง ความยาวของช่องลมจ่าย (Supply air grille)
- 4) กด ปุ่ม F1 เพื่อเตรียมความพร้อมเรื่องการบันทึกลงหน่วยความจำภายนอก
- 5) กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มคำนวณ Stop เพื่อหยุด และ Reset เพื่อตั้งค่าใหม่

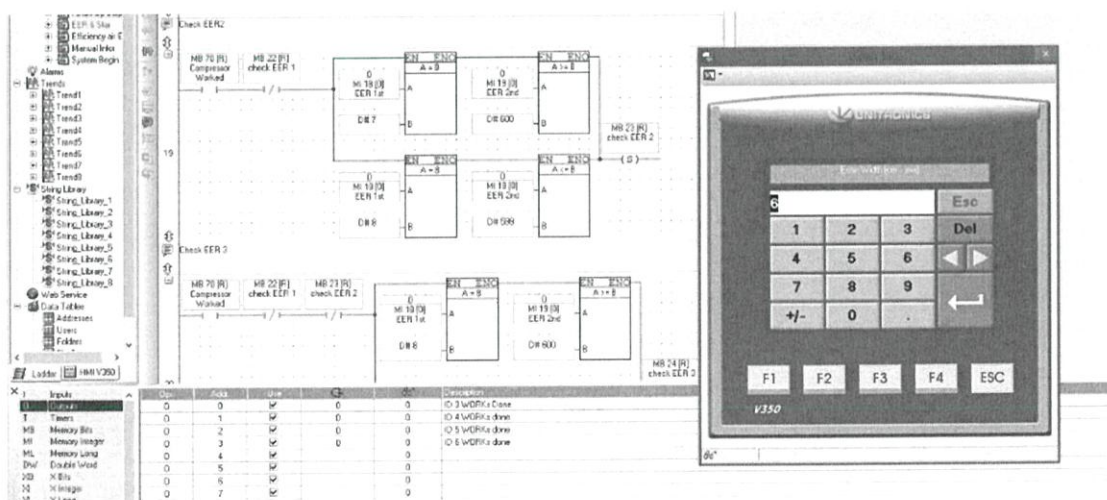
หลังจากนั้นระบบจะทำการประเมินค่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศโดยจะได้ค่าต่าง ๆ โดยจะมีค่าความสามารถทำความเย็น (Cooling Capacity, Q) ซึ่งมีหน่วยเป็น Btu/Hr, ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP), ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้ว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่ใช้อ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องปรับอากาศตามมาตรฐาน มอก. 1155-2536 มีการกำหนดระดับแสดงประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศออกเป็น 5 ระดับตามมาตรฐาน มอก. 1155-2536 นอกจากนี้ยังทำการคำนวณจำนวนค่าไฟฟ้า (หน่วย/วัน) ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท) ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)



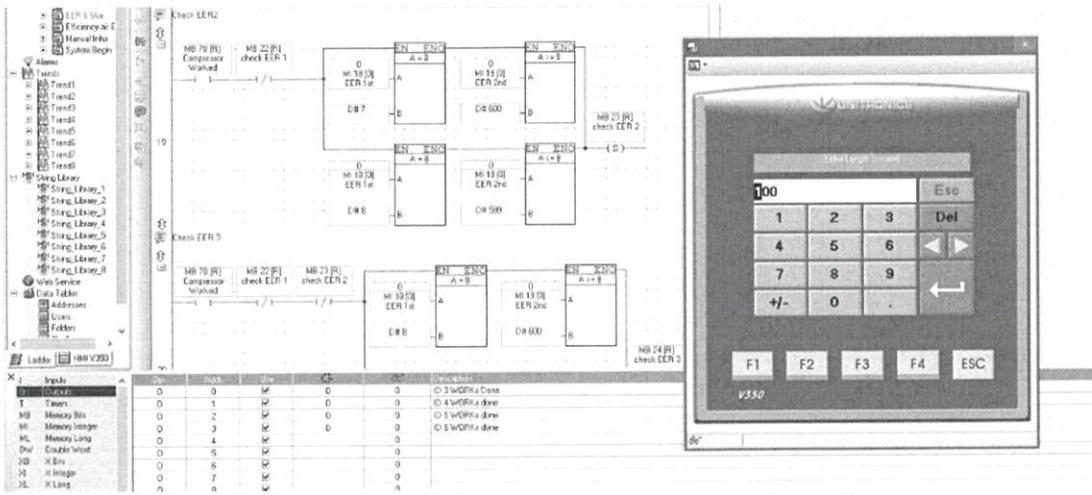
รูปที่ 7.20 แสดงหน้าจอแรกของพีแอลซี



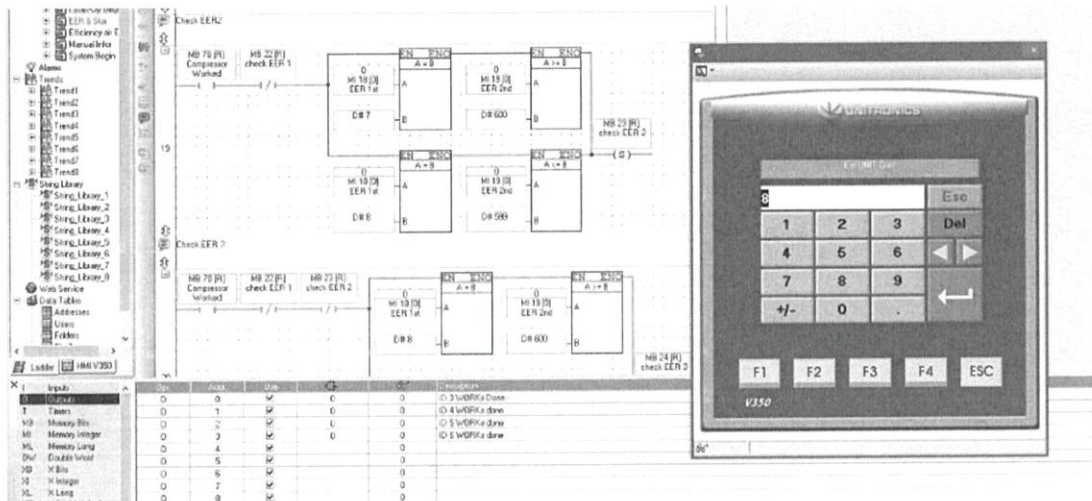
รูปที่ 7.21 แสดงการป้อนข้อมูล Model



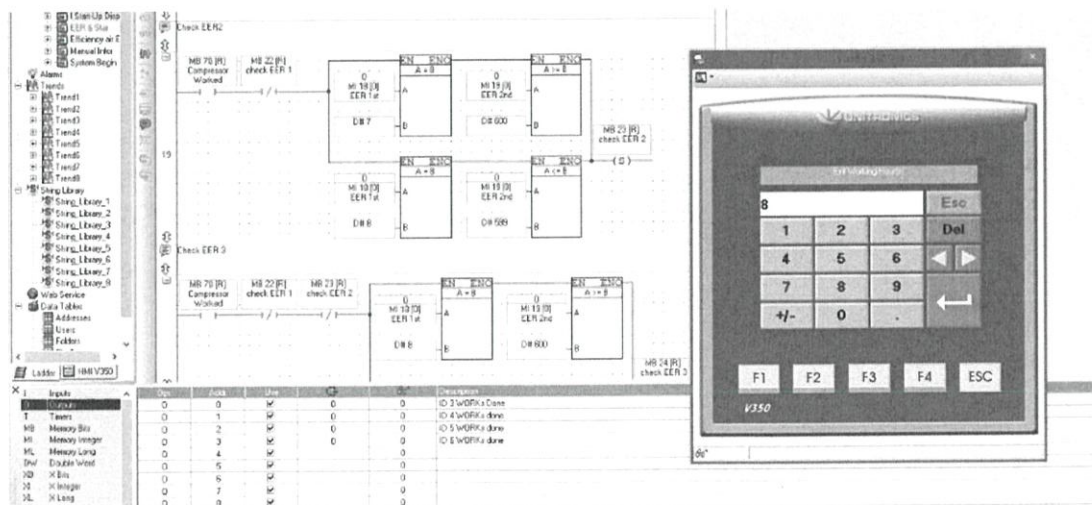
รูปที่ 7.22 แสดงการป้อนค่าความกว้าง (cm) ของช่องลมจ่าย



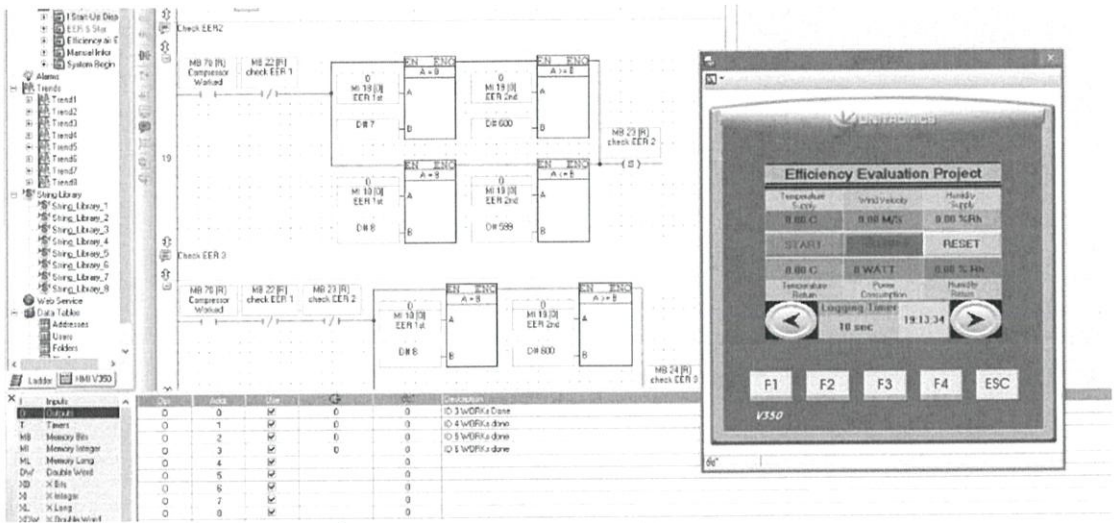
รูปที่ 7.23 แสดงการป้อนค่าความยาว (cm) ของช่องลมจ่าย



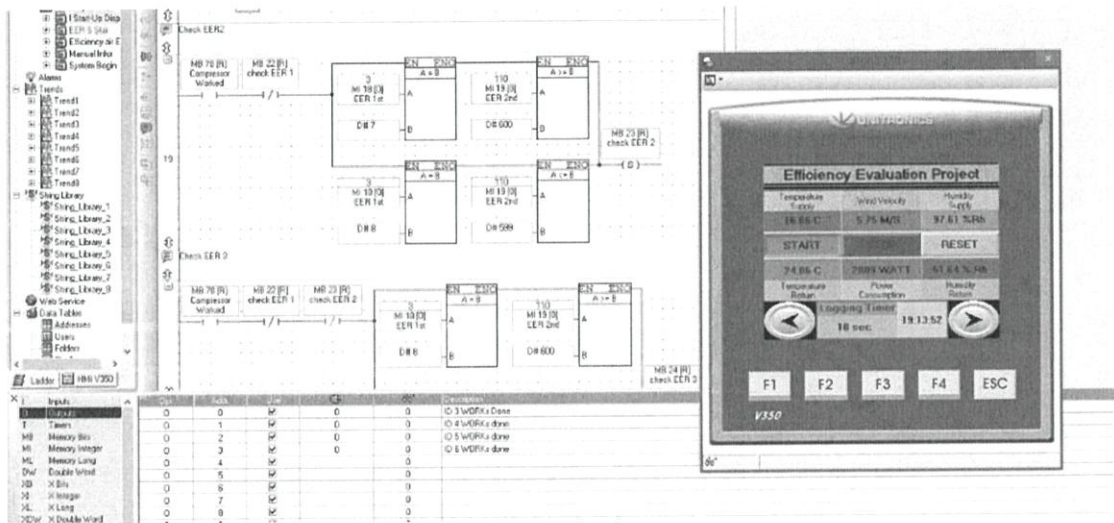
รูปที่ 7.24 แสดงการป้อนค่าจำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน



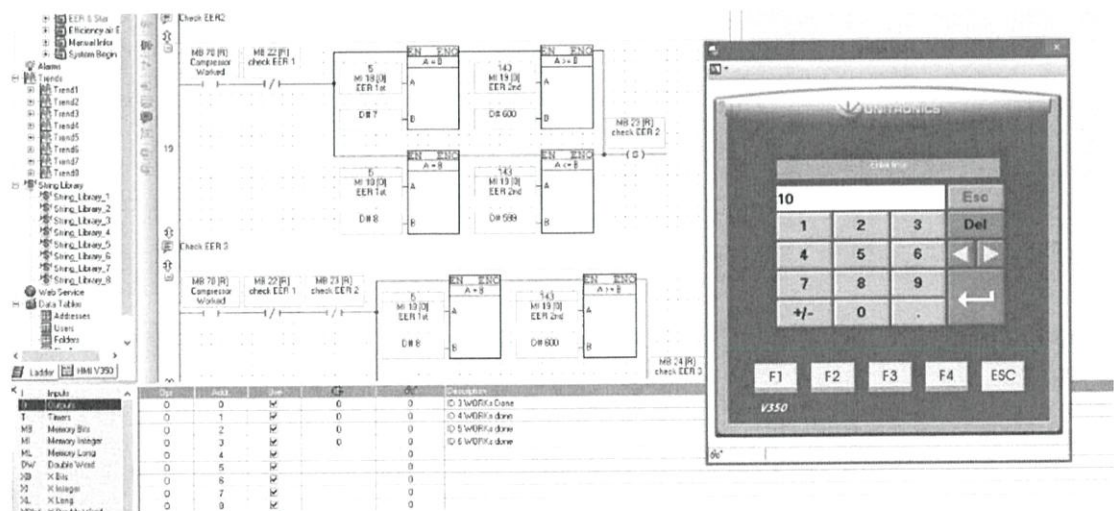
รูปที่ 7.25 แสดงการป้อนอัตราค่าไฟฟ้ายูนิท



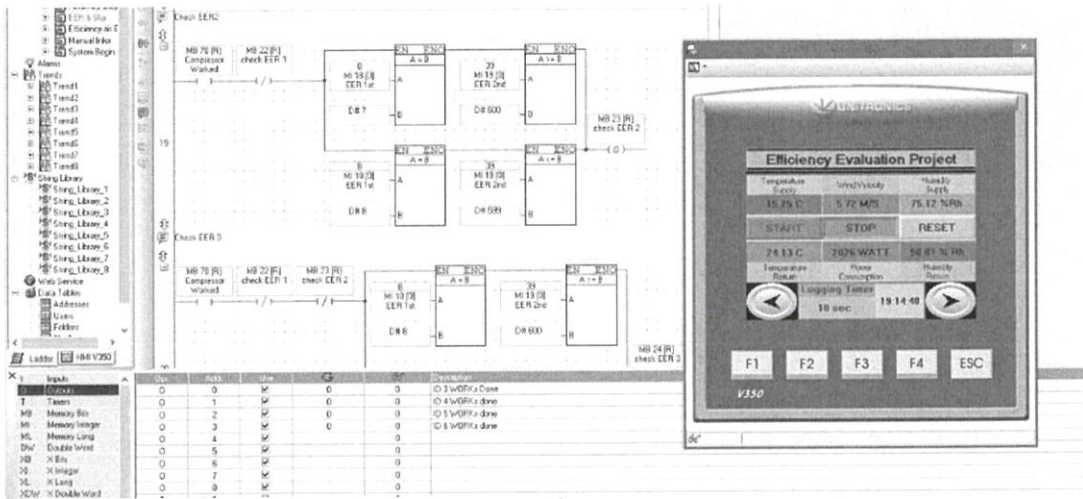
รูปที่ 7.26 แสดงหน้าต่างพร้อมใช้งานของระบบ



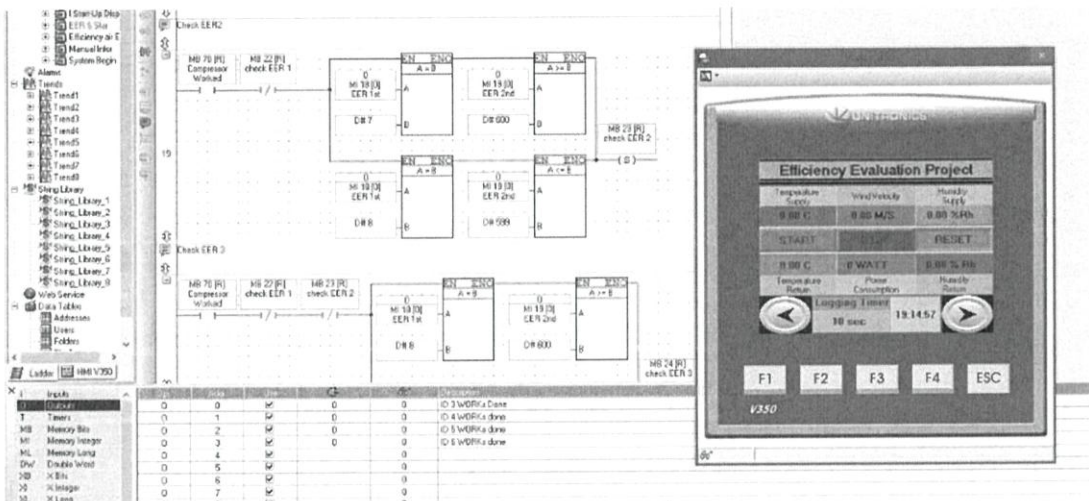
รูปที่ 7.27 แสดงการกดปุ่ม Start เพื่อเริ่มระบบประเมินประสิทธิภาพ



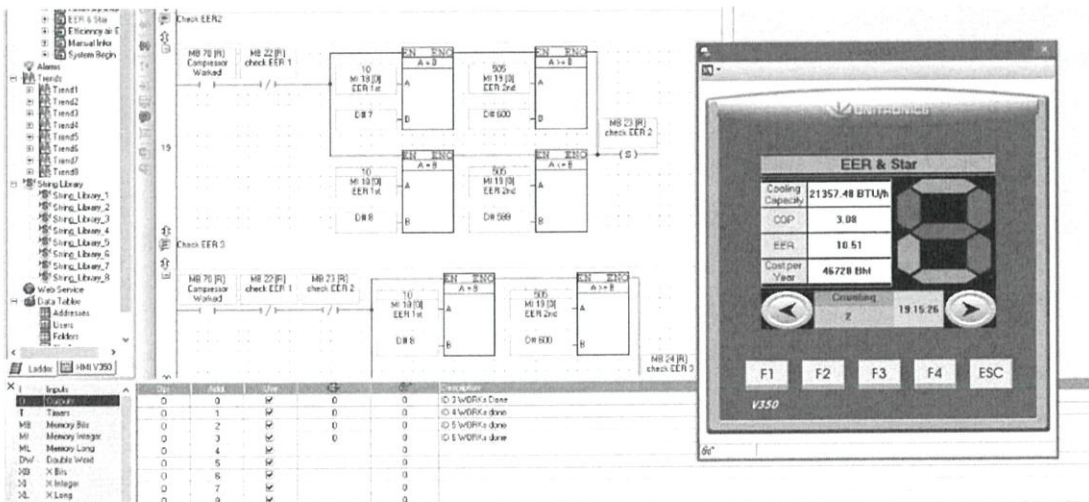
รูปที่ 7.28 แสดงการป้อนช่วงระยะเวลาสำหรับบันทึกข้อมูล



รูปที่ 7.29 แสดงการกดปุ่ม Stop เพื่อหยุดระบบประเมินประสิทธิภาพ



รูปที่ 7.30 แสดงการกดปุ่ม Reset เพื่อกลับสู่ค่าเริ่มต้น



รูปที่ 7.31 แสดงหน้าต่างผลการคำนวณของระบบประเมินประสิทธิภาพ

## บทที่ 8

### ผลการทดลอง

#### 8.1 ข้อมูลที่ต้องทำการบันทึก

การทำระบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน มีตัวแปรที่จำเป็นต้องทำการบันทึกไว้หลายตัวแปร เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์ถึงสาเหตุ รวมไปถึงความถูกต้องของระบบ โดยมีตัวแปรดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ ) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศ ณ ช่องลมจ่าย โดยใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ รุ่น HM – 006 จากบริษัท Primus
2. อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ ) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศ ณ ช่องลมกลับ โดยใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ รุ่น HM – 006 จากบริษัท Primus
3. ความเร็วลม (m/s) ของอากาศ ณ ช่องลมจ่าย โดยใช้อุปกรณ์ Multifunction transmitter เพื่อวัดความเร็วลมจากบริษัท KIMO รุ่น C310 และหัววัด (Probe) รุ่น SVS: Hot wire
4. กำลังไฟฟ้า (Watts) ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน จะวัดในช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน โดยใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าวัตต์มิเตอร์จากบริษัท SME INTERNATIONAL CO.,LTD รุ่น 1AC B74 และหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าแบบหัวแยก (Split coil current transformer) รุ่น 50A/333mV
5. ค่าความสามารถในการทำความเย็น Cooling Capacity, Q (Btu/Hr) ที่ได้จากการนำข้อมูลจากอุปกรณ์มาคำนวณโดยโปรแกรมที่ถูกพัฒนาบน PLC
6. ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ Coefficient of Performance, COP ที่ได้จากการนำข้อมูลจากอุปกรณ์มาคำนวณโดยโปรแกรมที่ถูกพัฒนาบน PLC อัตราส่วน
7. ประสิทธิภาพพลังงาน Energy Efficiency Ratio, EER (Btu/W – Hr.) ที่ได้จากการนำข้อมูลจากอุปกรณ์มาคำนวณโดยโปรแกรมที่ถูกพัฒนาบน PLC
8. หมายเลขระดับแสดงประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับตามมาตรฐาน มอก. 1155 – 2536 ที่ได้จากการนำข้อมูลจากอุปกรณ์มาคำนวณโดยโปรแกรมที่ถูกพัฒนาบน PLC

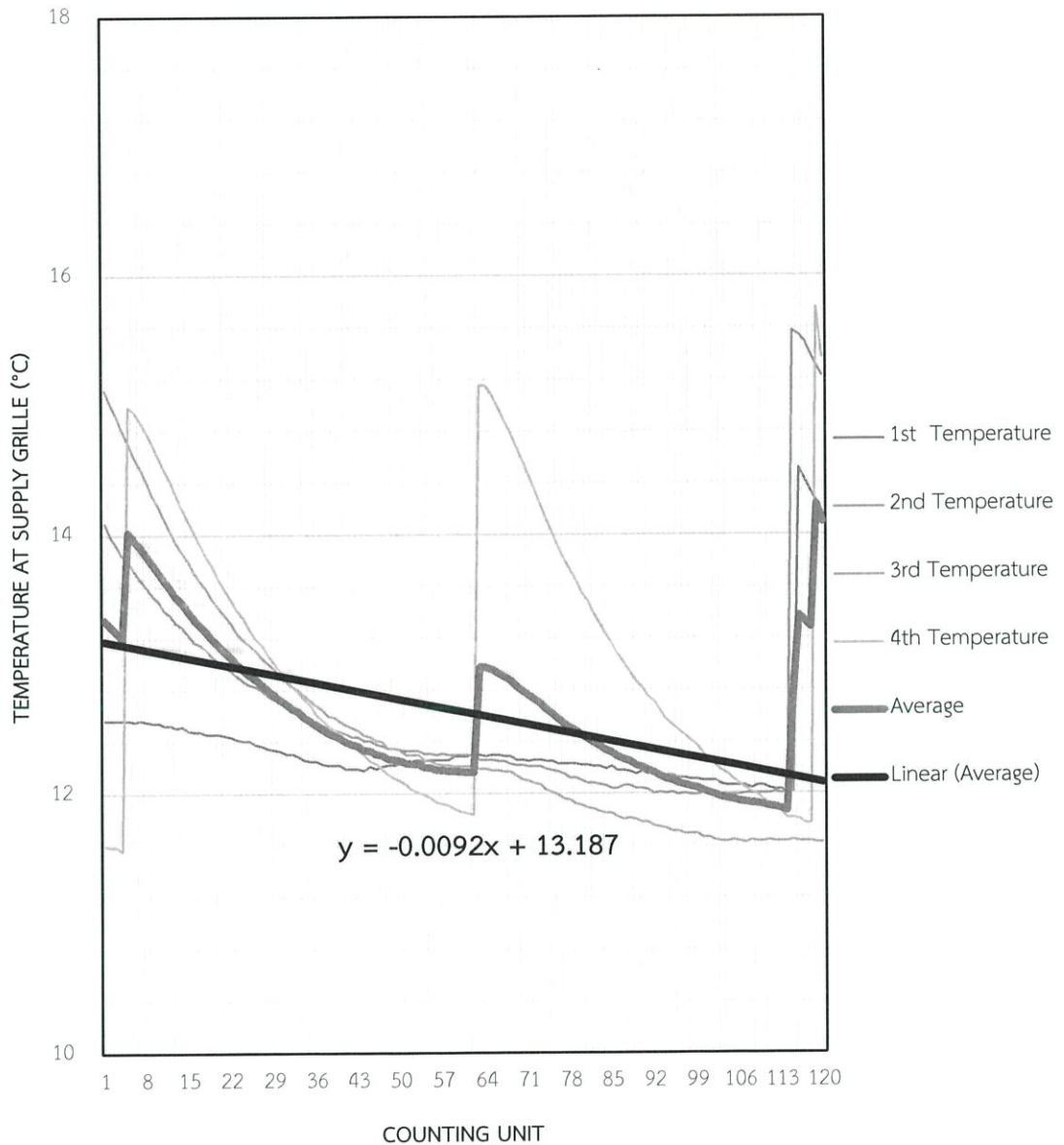
9. จำนวนหน่วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปีที่ได้จากการนำข้อมูลจากอุปกรณ์มาคำนวณโดยโปรแกรมที่ถูกพัฒนาบน PLC
10. จำนวนค่าไฟฟ้ารวมต่อปีที่ได้จากการนำข้อมูลจากอุปกรณ์มาคำนวณโดยโปรแกรมที่ถูกพัฒนาบน PLC

จากการทำการทดลองตามกระบวนการขั้นตอนต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 7 โดยได้ทำการทดลองประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน ทั้งหมดจำนวน 2 เครื่อง โดยเครื่องปรับอากาศเครื่องแรกที่ได้รับการประเมิน ถูกติดตั้งอยู่ ณ ห้อง Factory Automation อาคารเรียนภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเก็บข้อมูลทุก ๆ 10 วินาที ภายใต้เวลา 20 นาที และเครื่องปรับอากาศเครื่องถัดมาที่ได้รับการประเมิน ถูกติดตั้งอยู่ ณ ห้อง Machine อาคารเรียนภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเก็บข้อมูลทุก ๆ 10 วินาที ภายใต้เวลา 20 นาที เช่นเดียวกับเครื่องปรับอากาศเครื่องแรก

เมื่อได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 เครื่อง โดยสามารถนำผลการทดลองของแต่ละเครื่องมาสร้างแผนภูมิ และนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองทั้ง 4 ครั้ง เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

## 8.2 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองการประเมินประสิทธิภาพ เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน ณ ห้อง Factory Automation

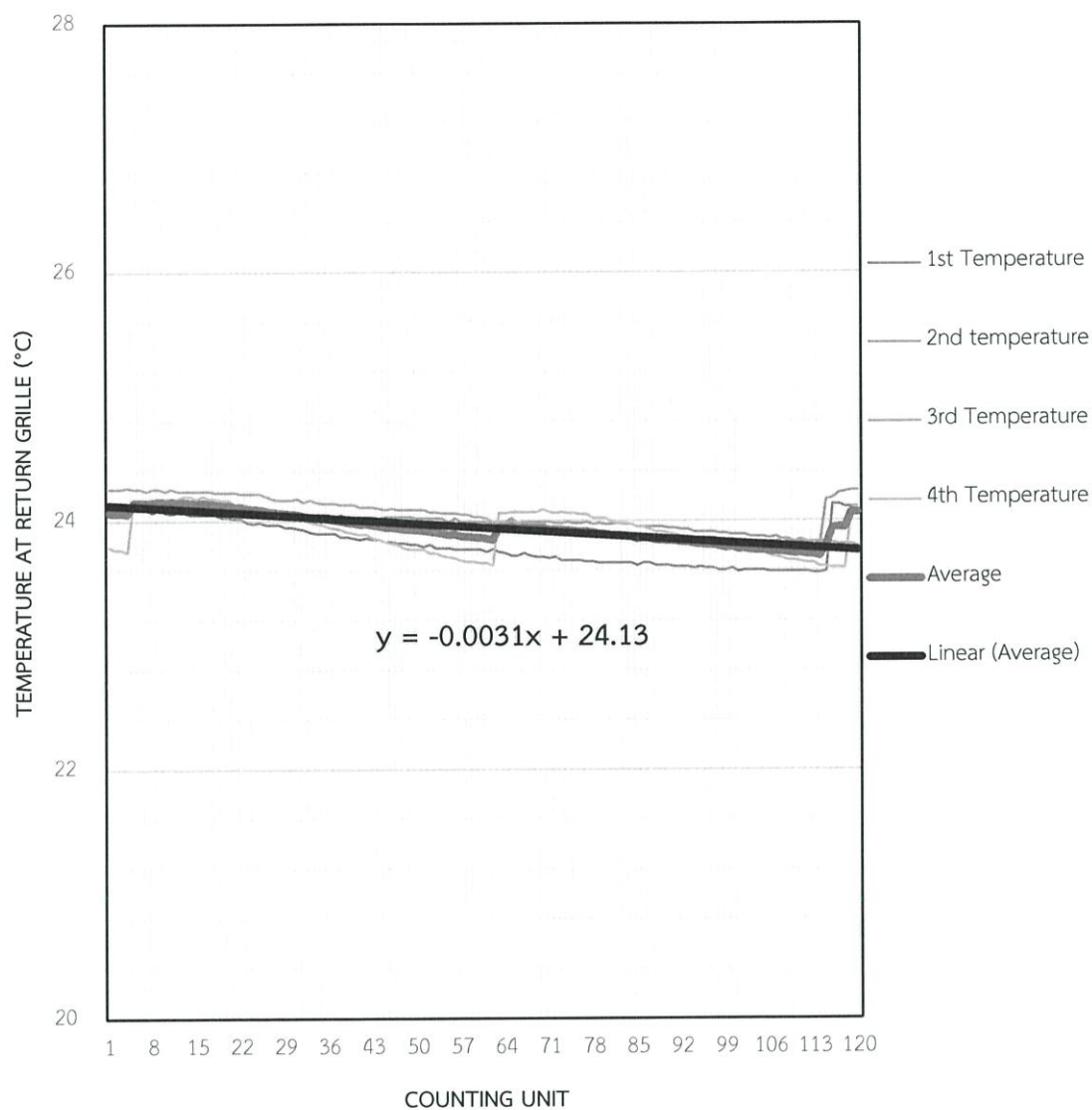
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิ ณ ช่องลมจ่าย  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิ ณ ช่องลมจ่าย

จากรูปที่ 8.1 แสดงให้เห็นว่าการทดลองสามารถวัดค่าอุณหภูมิ ณ ช่องลมจ่ายทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 11 – 16 °C ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 13 °C

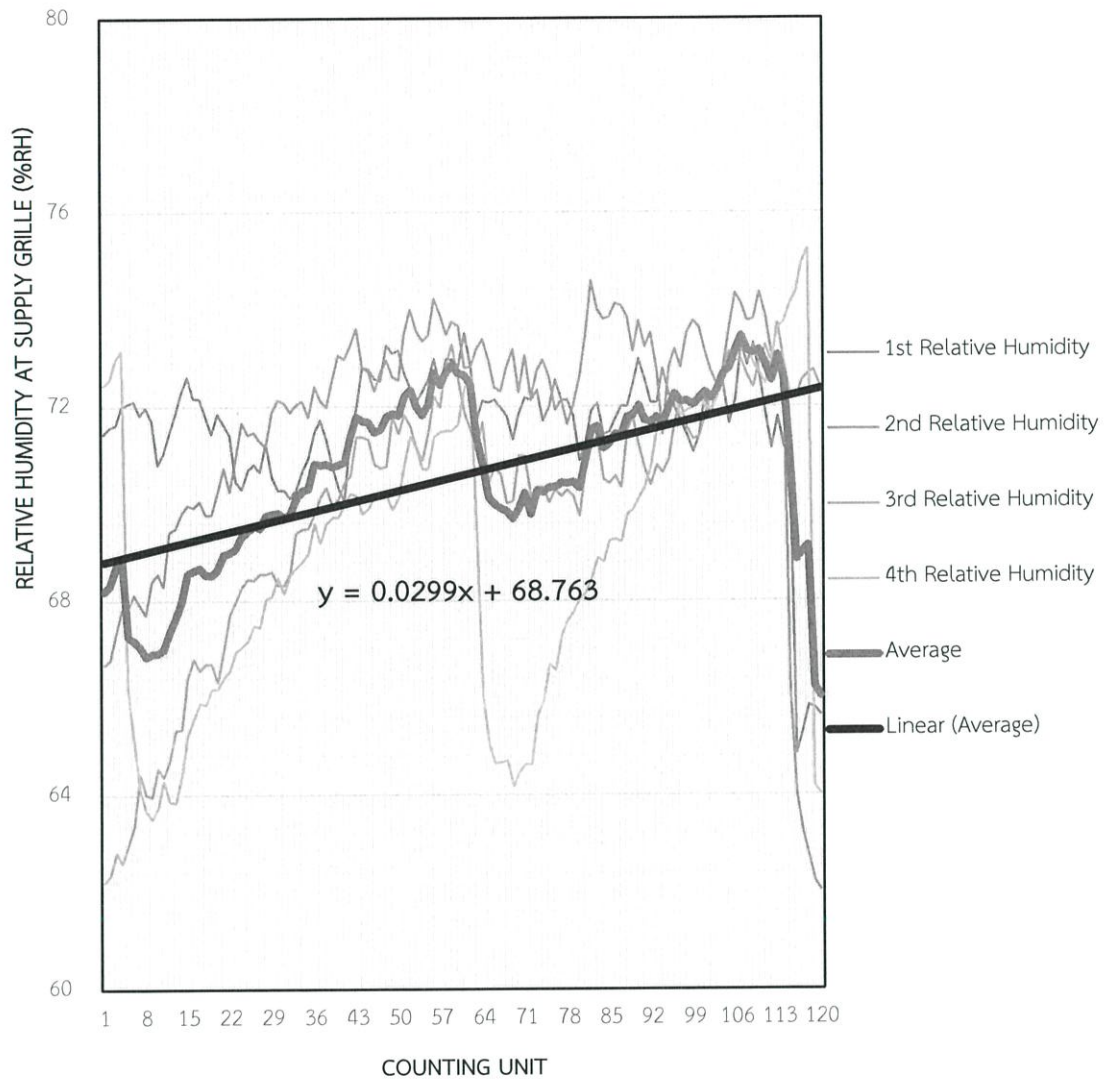
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิ ณ ช่องลมกลับ  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิ ณ ช่องลมกลับ

จากรูปที่ 8.2 แสดงให้เห็นว่าการทดลองสามารถวัดค่าอุณหภูมิ ณ ช่องลมกลับทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 23 – 24 °C ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 24 °C

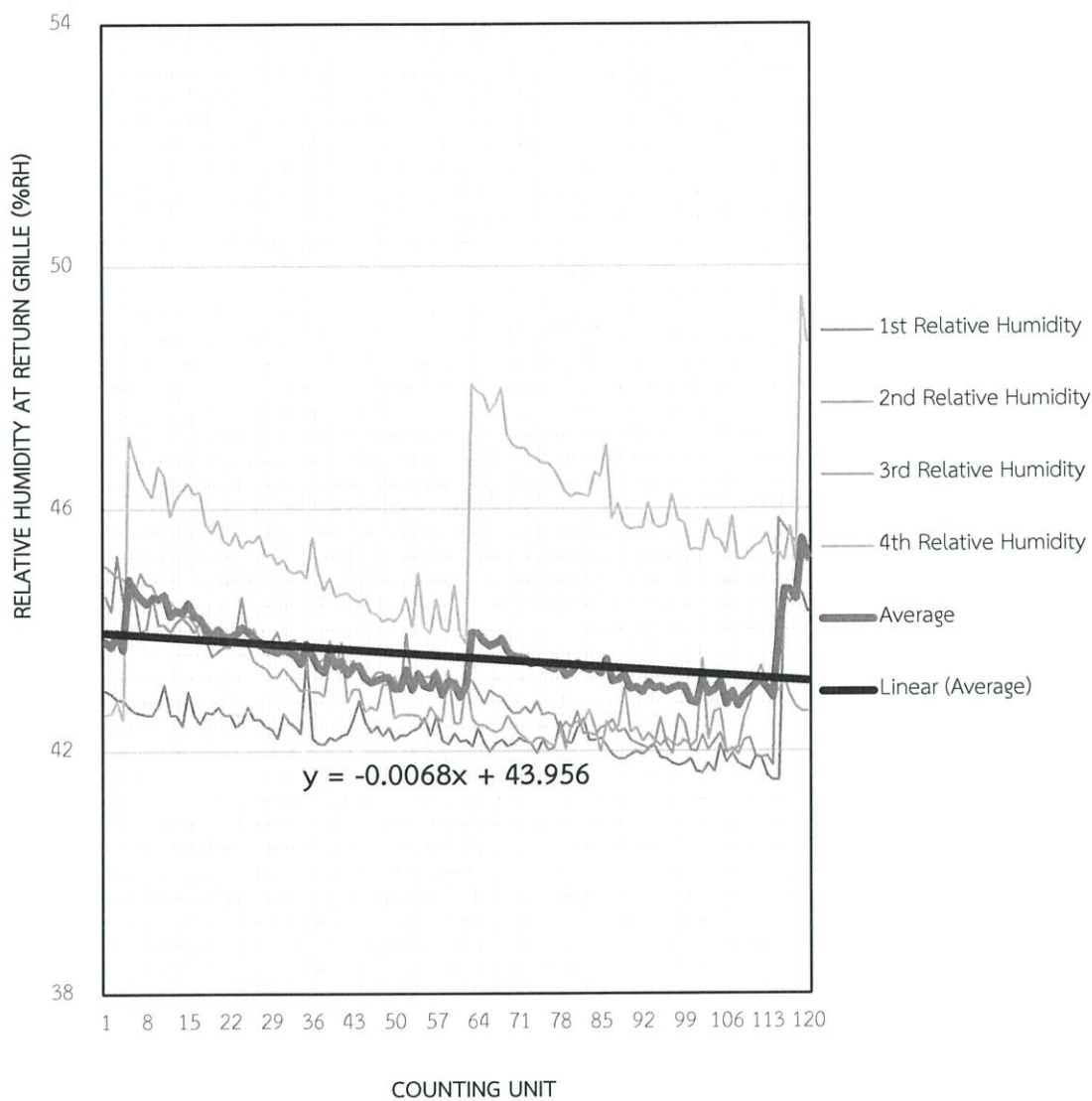
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมจ่าย  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมจ่าย

จากรูปที่ 8.3 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมจ่าย ทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 62 – 74 %RH ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 70 %RH

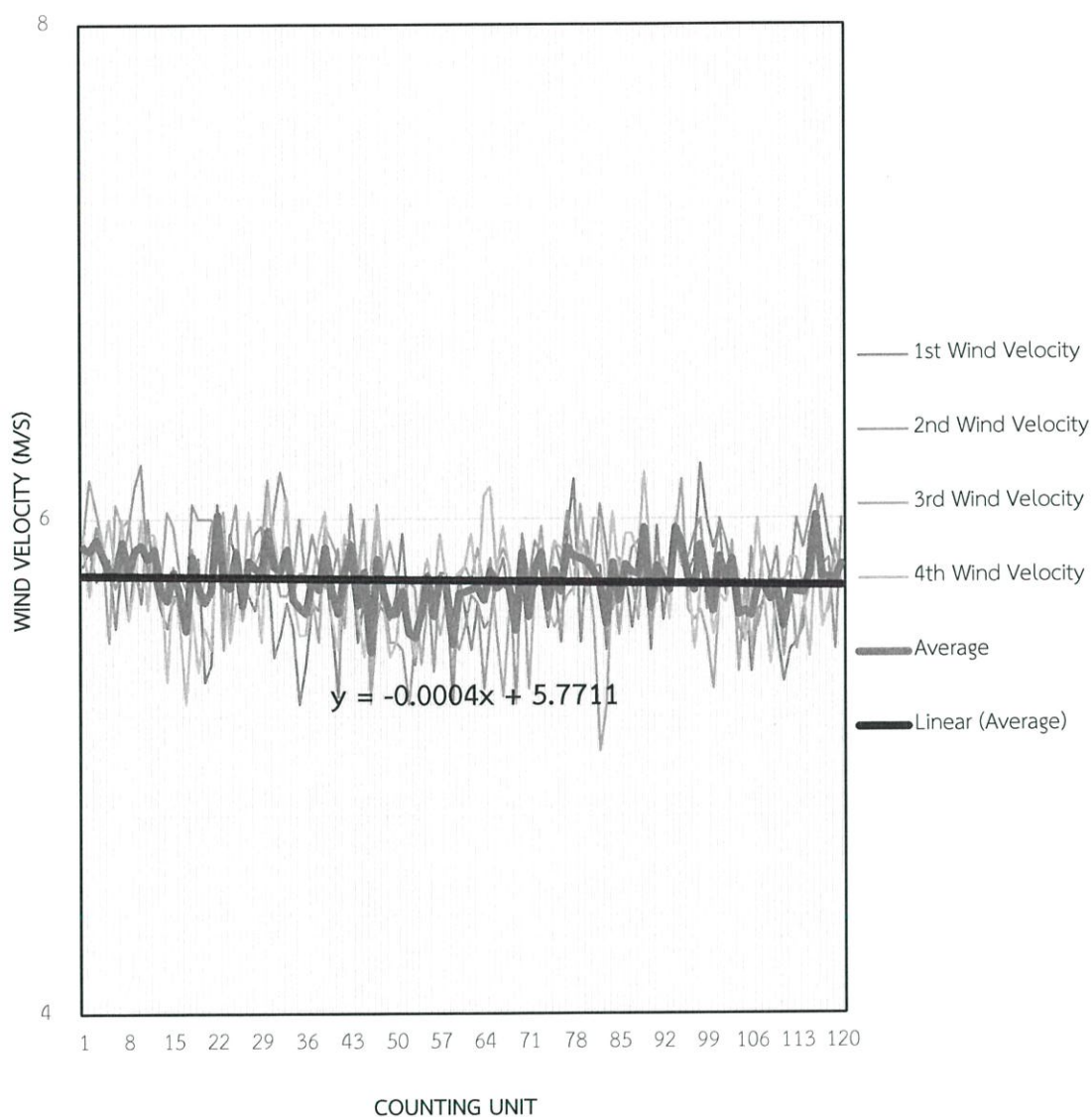
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมกลับ  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมกลับ

จากรูปที่ 8.4 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมกลับ ทั้ง 4 ครั้ง มีค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 41– 50 %RH ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 43 %RH

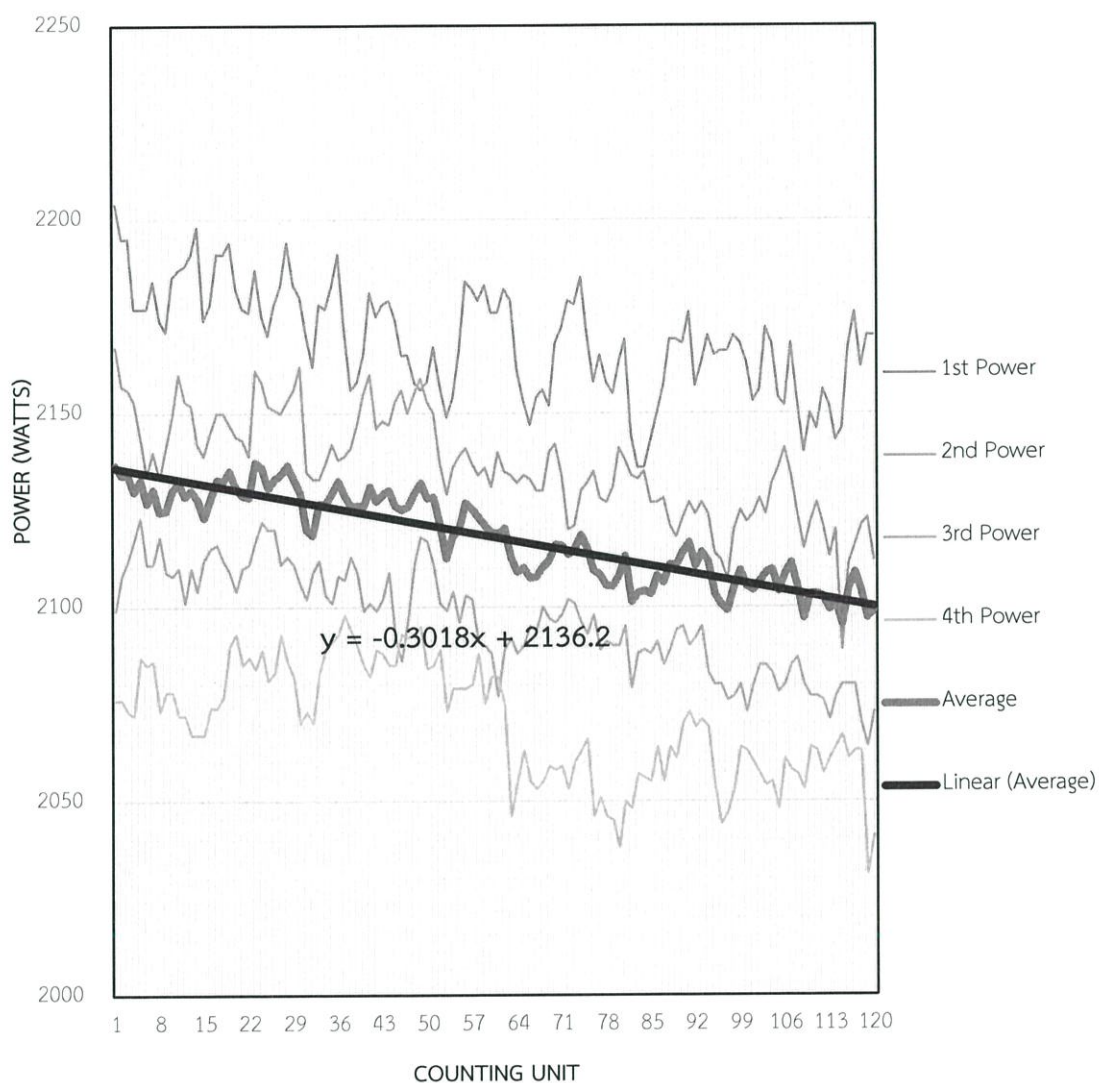
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของความเร็วลม ณ ช่องลมจ่าย  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าความเร็วลม ณ ช่องลมจ่าย

จากรูปที่ 8.5 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าความเร็วลม ณ ช่องลมจ่ายทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 5 – 7 m/s ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 6 m/s

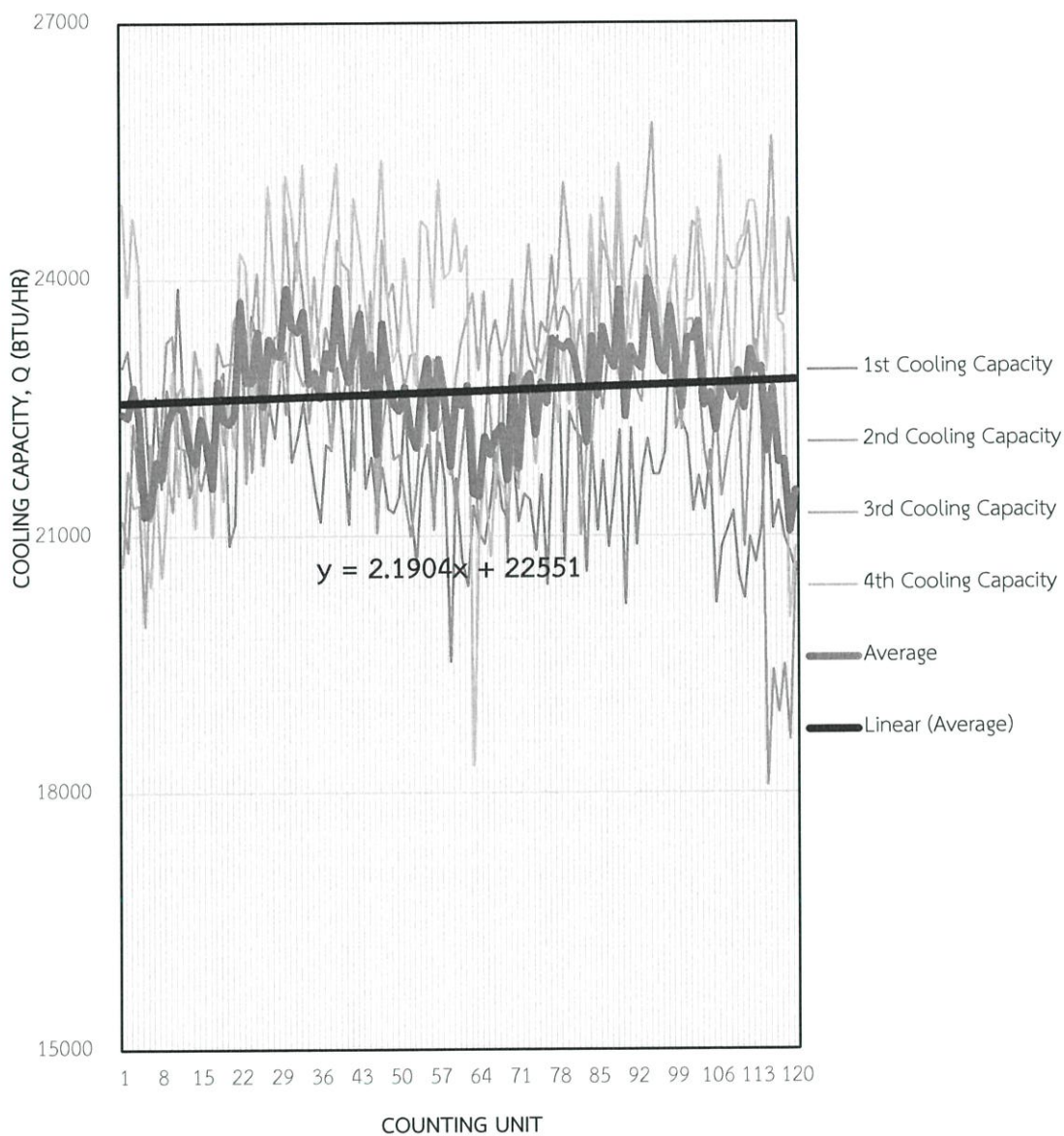
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของกำลังไฟฟ้า  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่ากำลังไฟฟ้า

จากรูปที่ 8.6 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 1,950 – 2,250 Watts ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 2,120 Watts

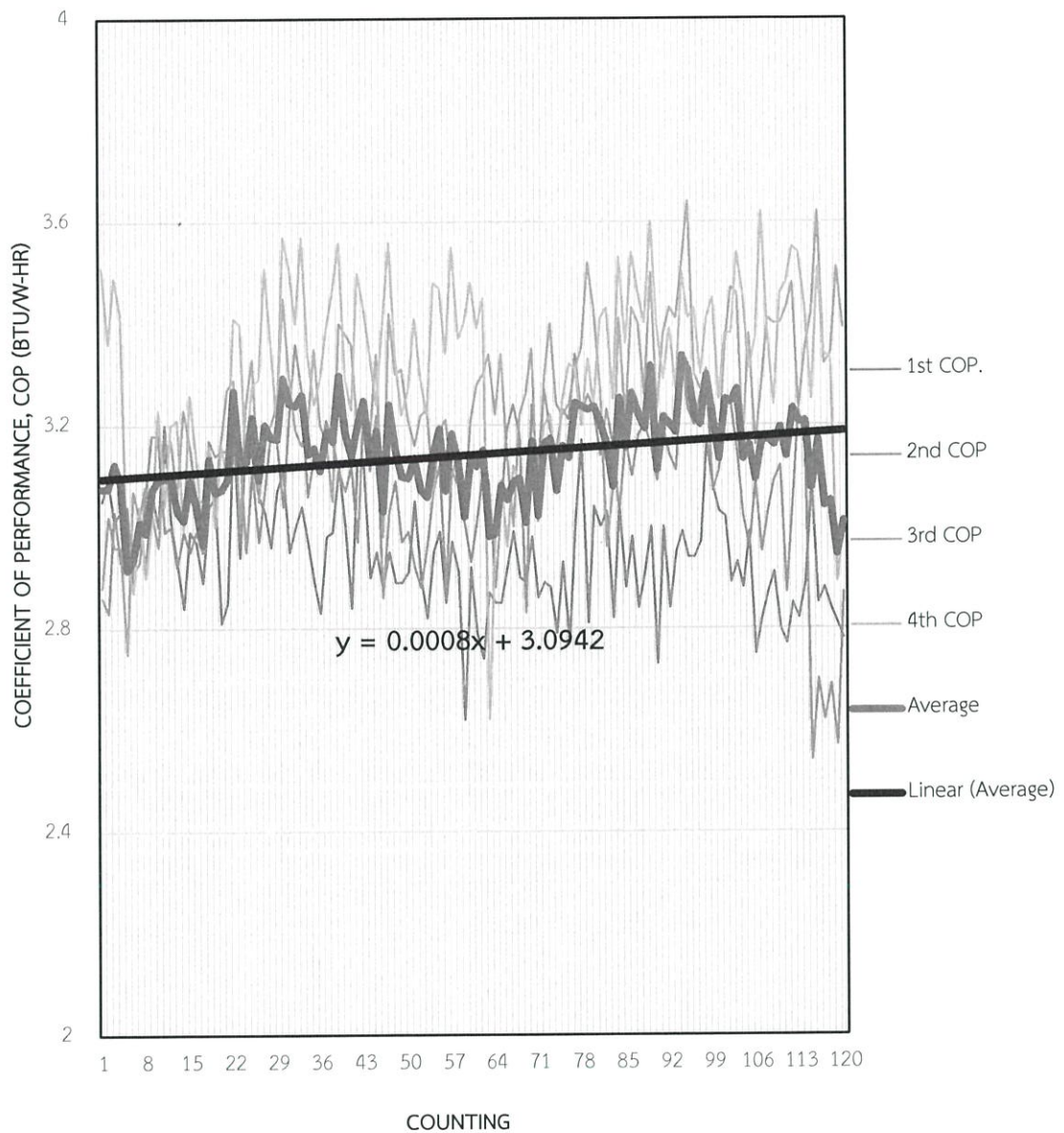
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของค่าความสามารถทำความเย็น  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าความสามารถทำความเย็น

จากรูปที่ 8.7 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าความสามารถทำความเย็นทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 18,000 – 26,000 Watts ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 22,500 BTU/Hr

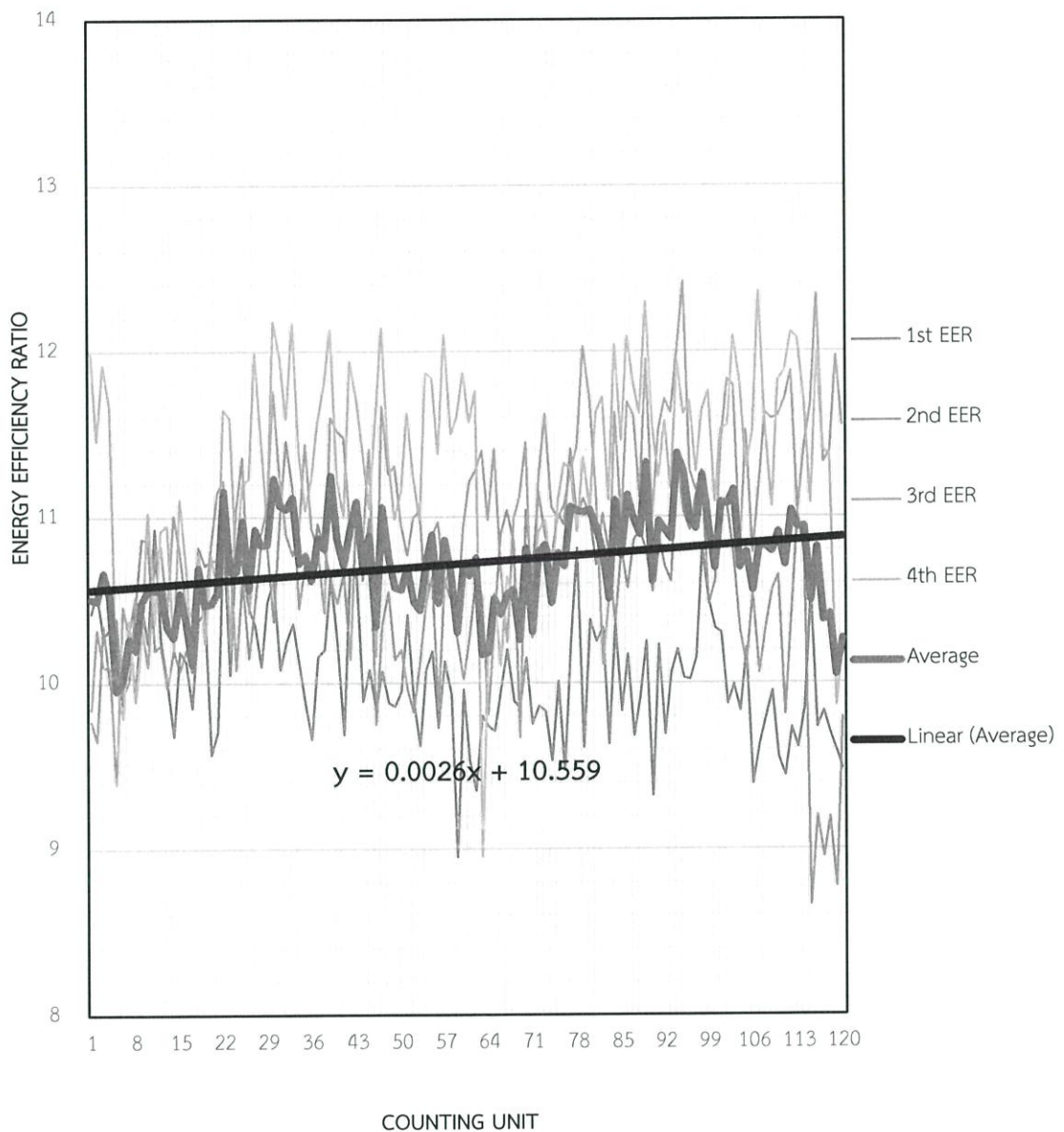
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

จากรูปที่ 8.8 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทั้ง 4 ครั้ง มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะอยู่ระหว่าง 2.4 – 3.6 ซึ่งมีความเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 3.1 BTU/W-Hr

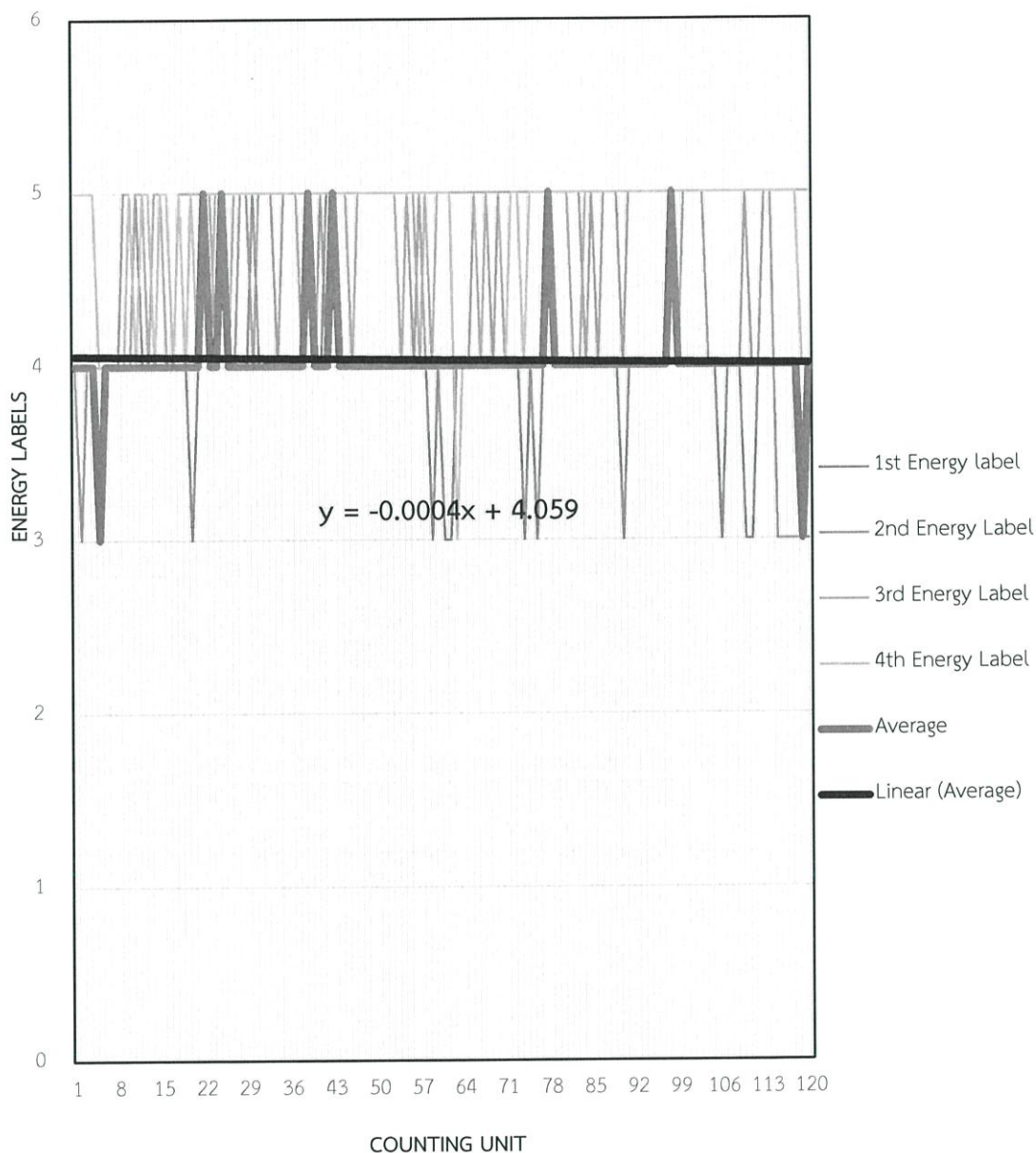
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

จากรูปที่ 8.9 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน ทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 8.5 – 12.5 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 10.5

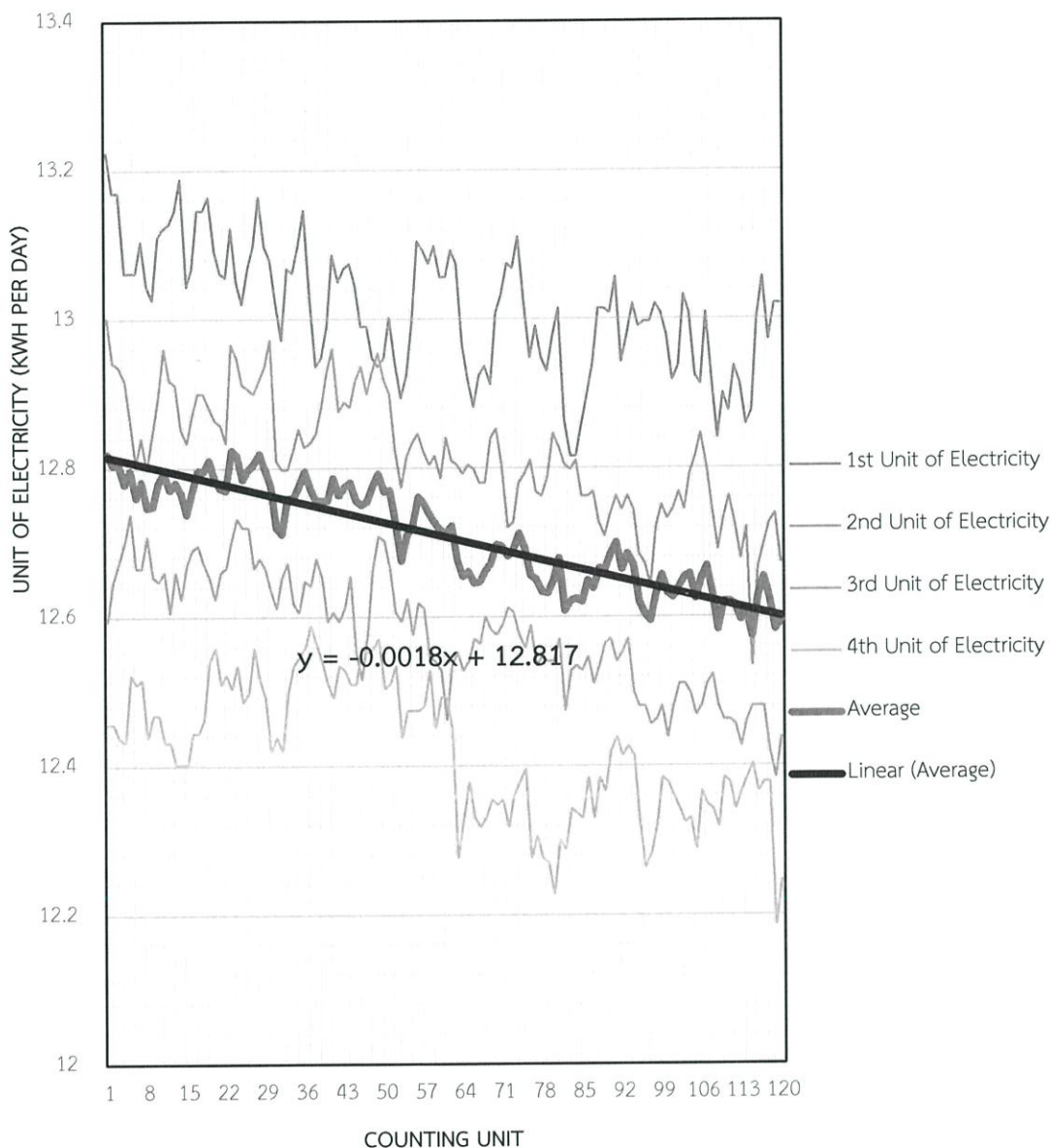
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของหมายเลขระดับแสดงประสิทธิภาพ  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของหมายเลขระดับแสดงประสิทธิภาพ

จากรูปที่ 8.10 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดหมายเลขระดับแสดงประสิทธิภาพ  
ทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 2.4 – 3.6 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณเบอร์ 4

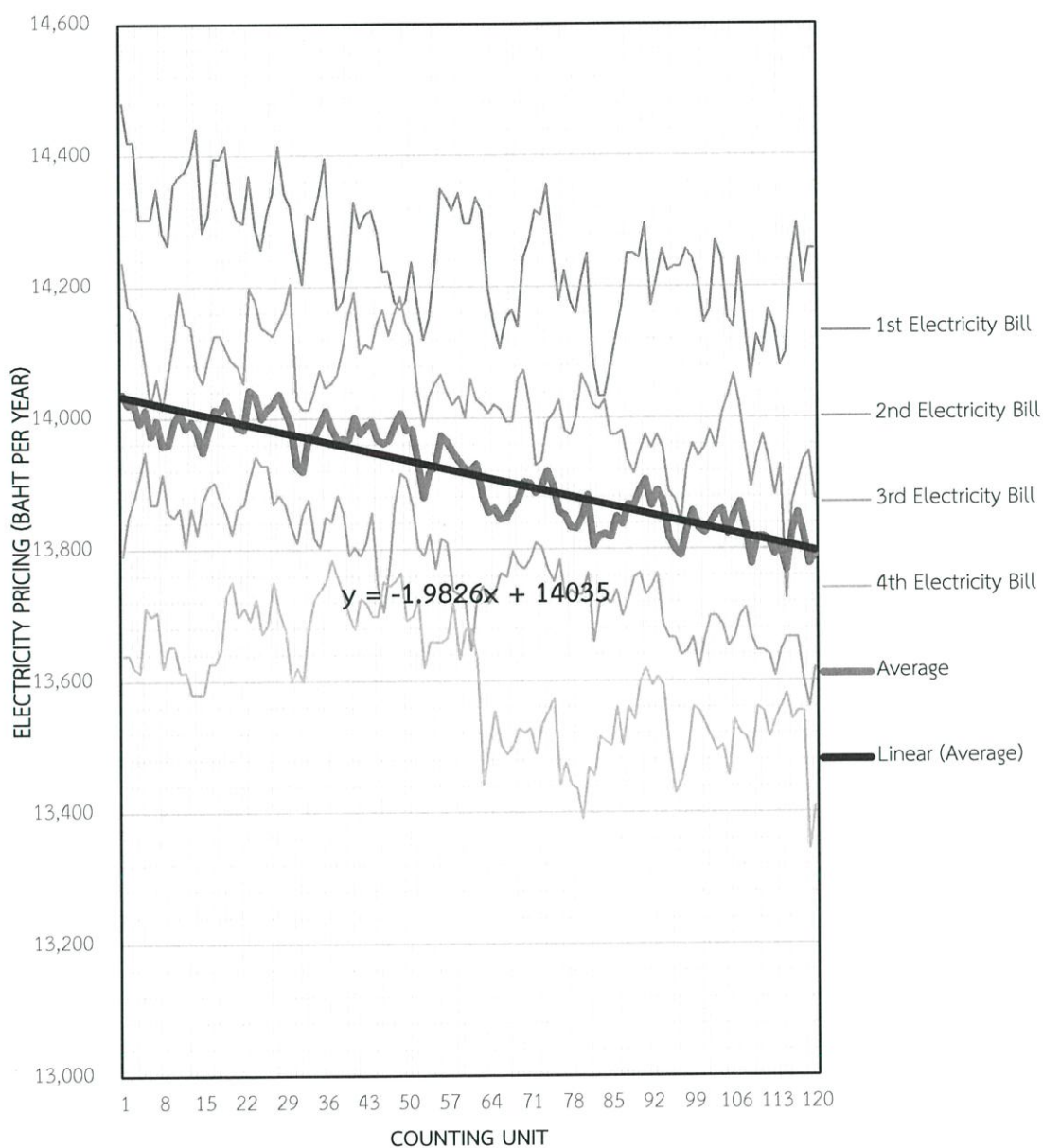
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของจำนวนหน่วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของจำนวนหน่วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน

จากรูปที่ 8.11 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดจำนวนหน่วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน ทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 11.8 – 13.2 ยูนิต ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 12.7 ยูนิต

แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของจำนวนค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน

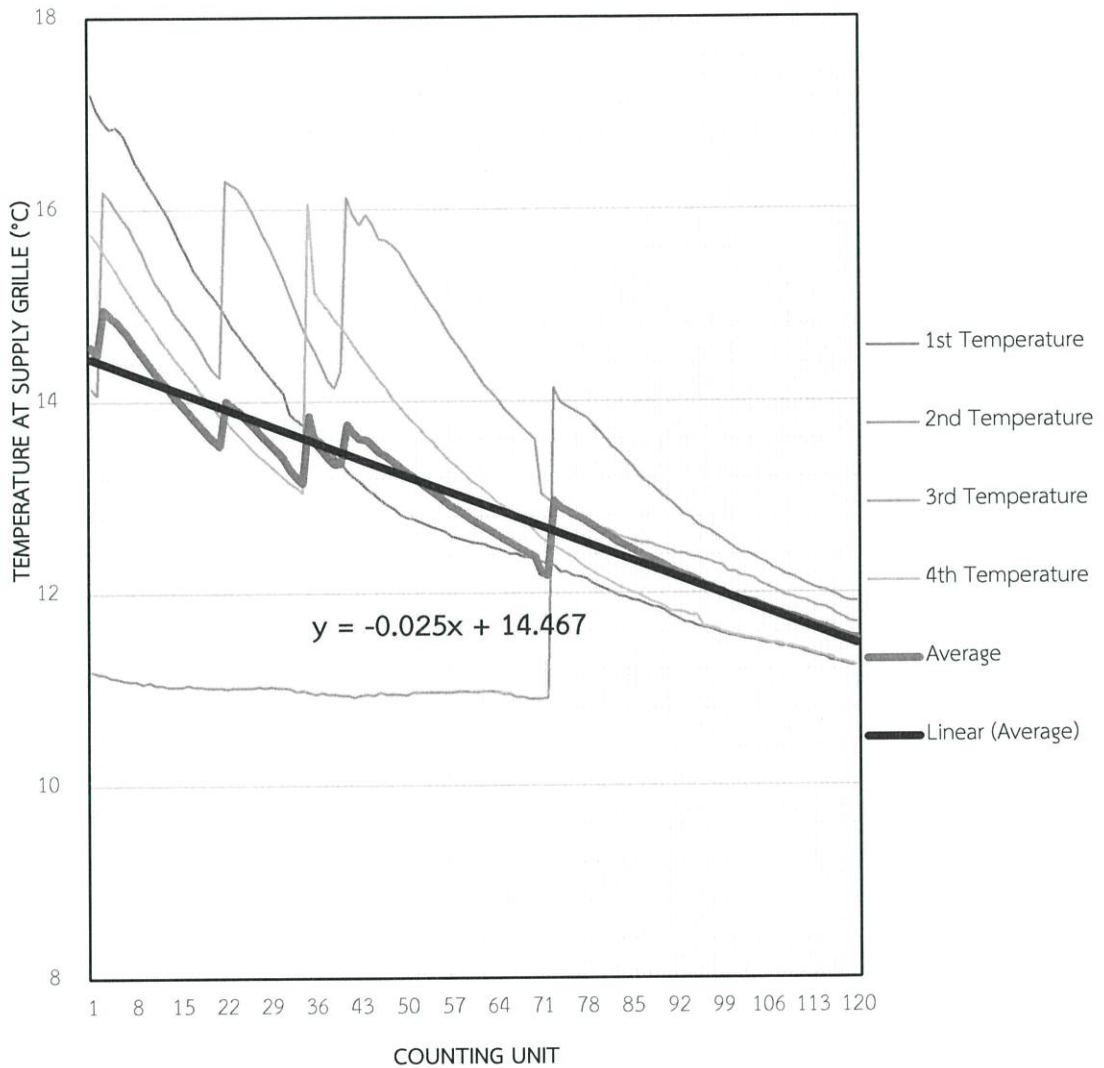


รูปที่ 8.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี

จากรูปที่ 8.12 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อปีทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 13,300 – 14,500 บาท ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 13,900 บาท

### 8.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองการประเมินประสิทธิภาพ เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน ณ ห้อง Machine

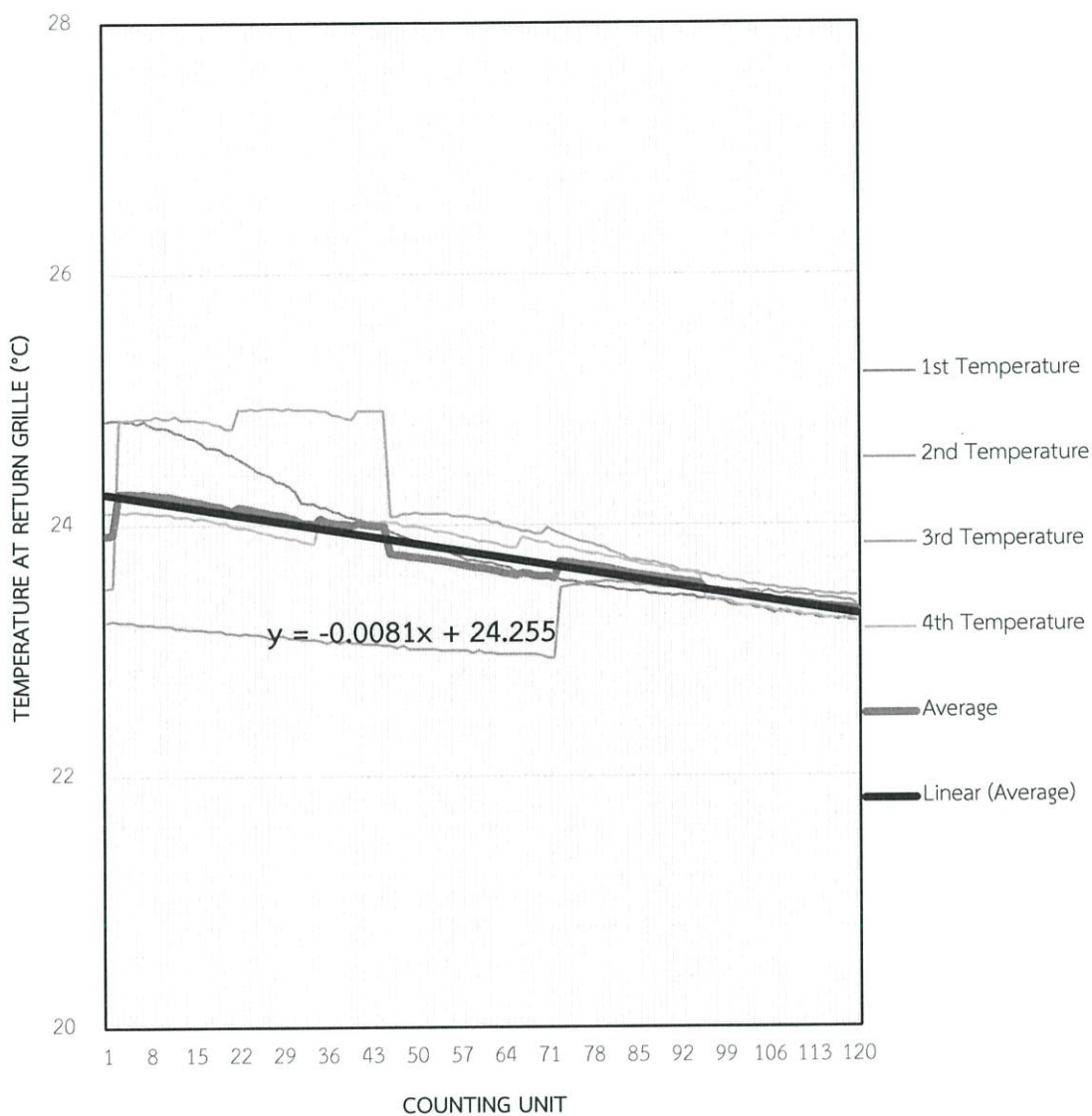
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิ ณ ช่องลมจ่าย  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิ ณ ช่องลมจ่าย

จากรูปที่ 8.13 แสดงให้เห็นว่าการทดลองสามารถวัดค่าอุณหภูมิ ณ ช่องลมจ่ายทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 10 – 17 °C ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 13 °C

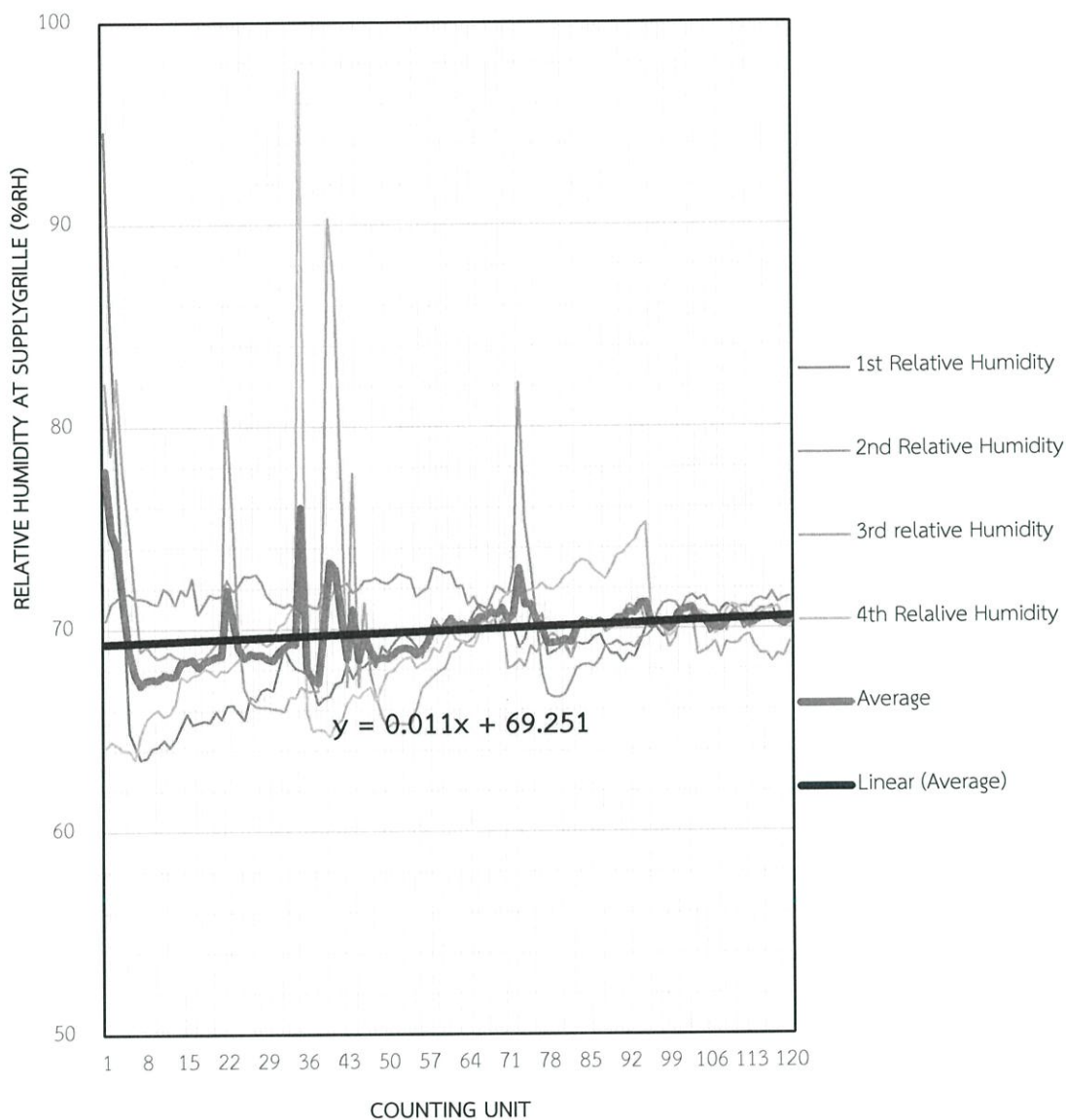
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิ ณ ช่องลมกลับ  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิ ณ ช่องลมกลับ

จากรูปที่ 8.14 แสดงให้เห็นว่าการทดลองสามารถวัดค่าอุณหภูมิ ณ ช่องลมกลับทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 23 – 24 °C ซึ่งมีความเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 23.5 °C

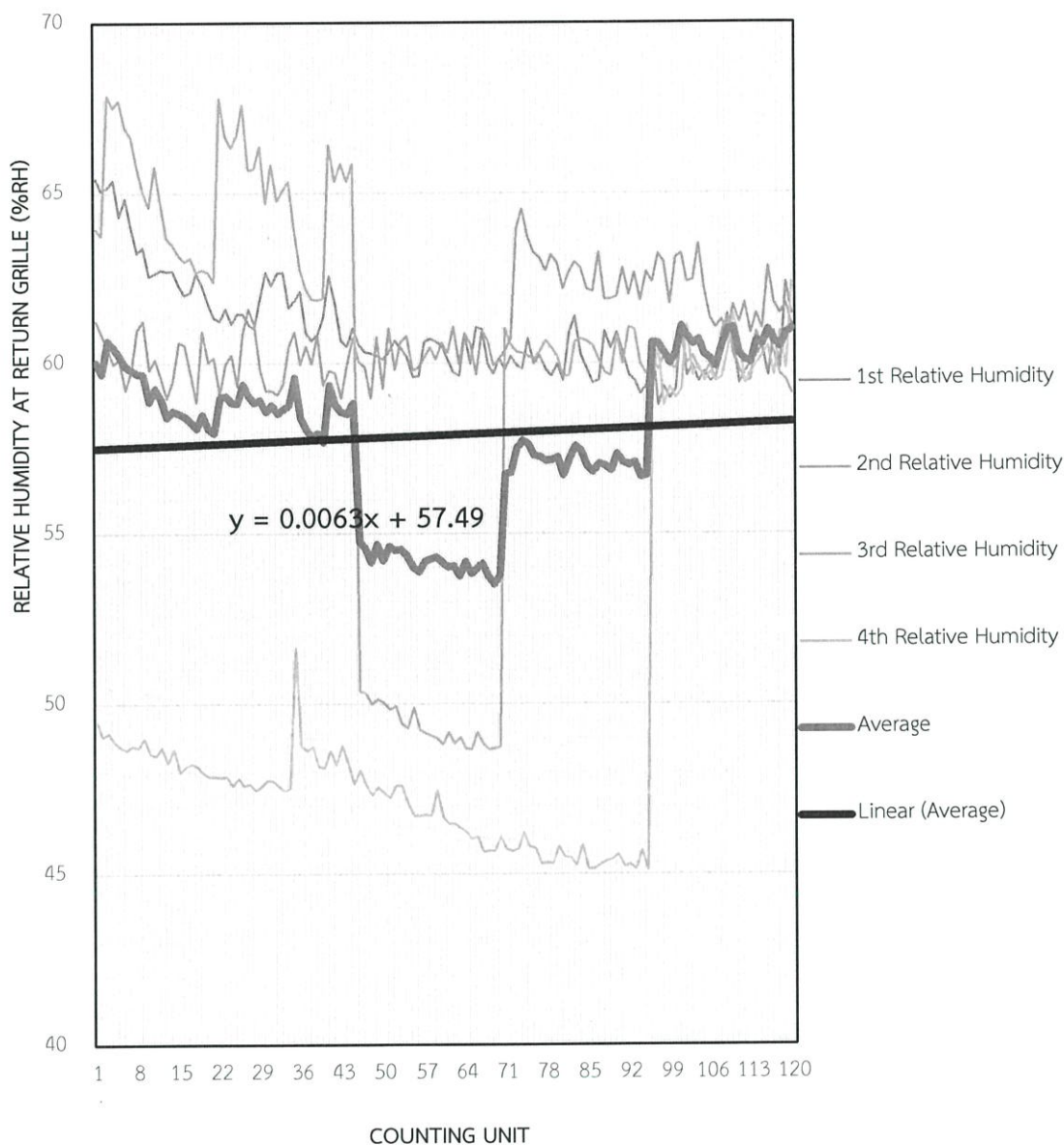
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมจ่าย  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมจ่าย

จากรูปที่ 8.15 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมจ่าย ทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 60 – 95 %RH ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 70 %RH

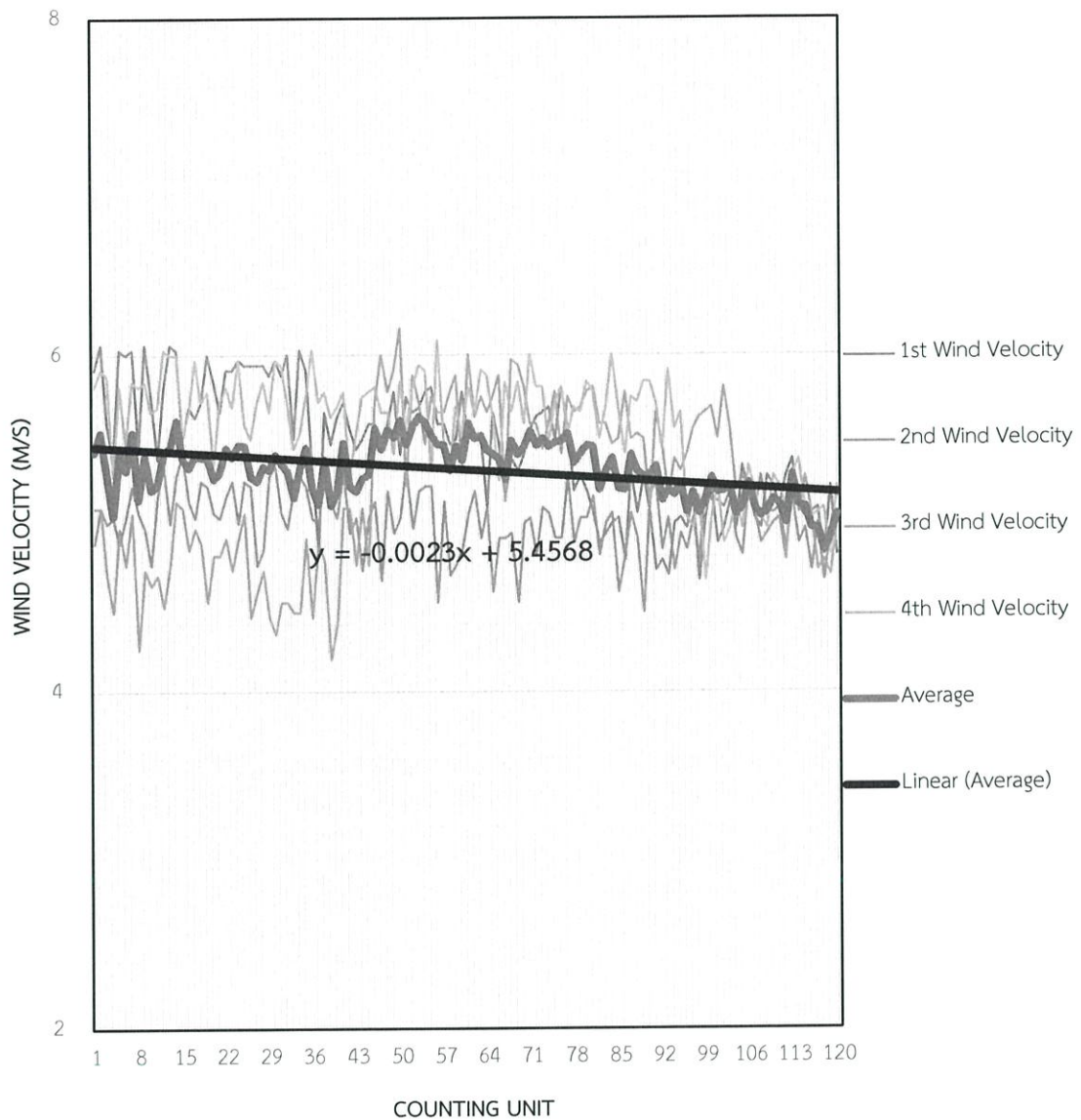
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมกลับ  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมกลับ

จากรูปที่ 8.16 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่องลมกลับทั้ง 4 ครั้ง มีค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 45 – 70 %RH ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 58 %RH

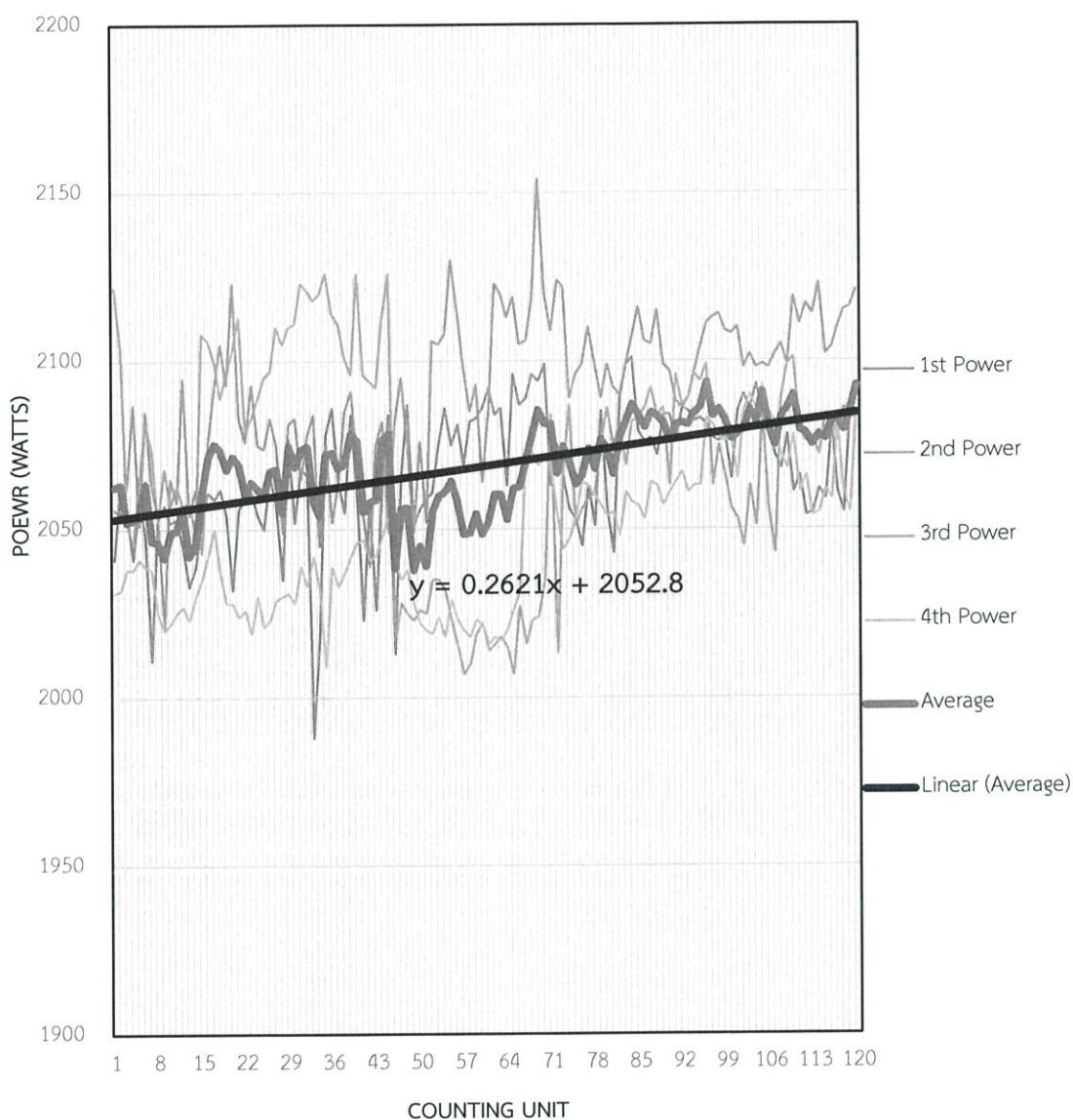
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของความเร็วลม ณ ช่องลมจ่าย  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของความเร็วลม ณ ช่องลมจ่าย

จากรูปที่ 8.17 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าความเร็วลม ณ ช่องลมจ่ายทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 4 – 6 m/s ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 5 m/s

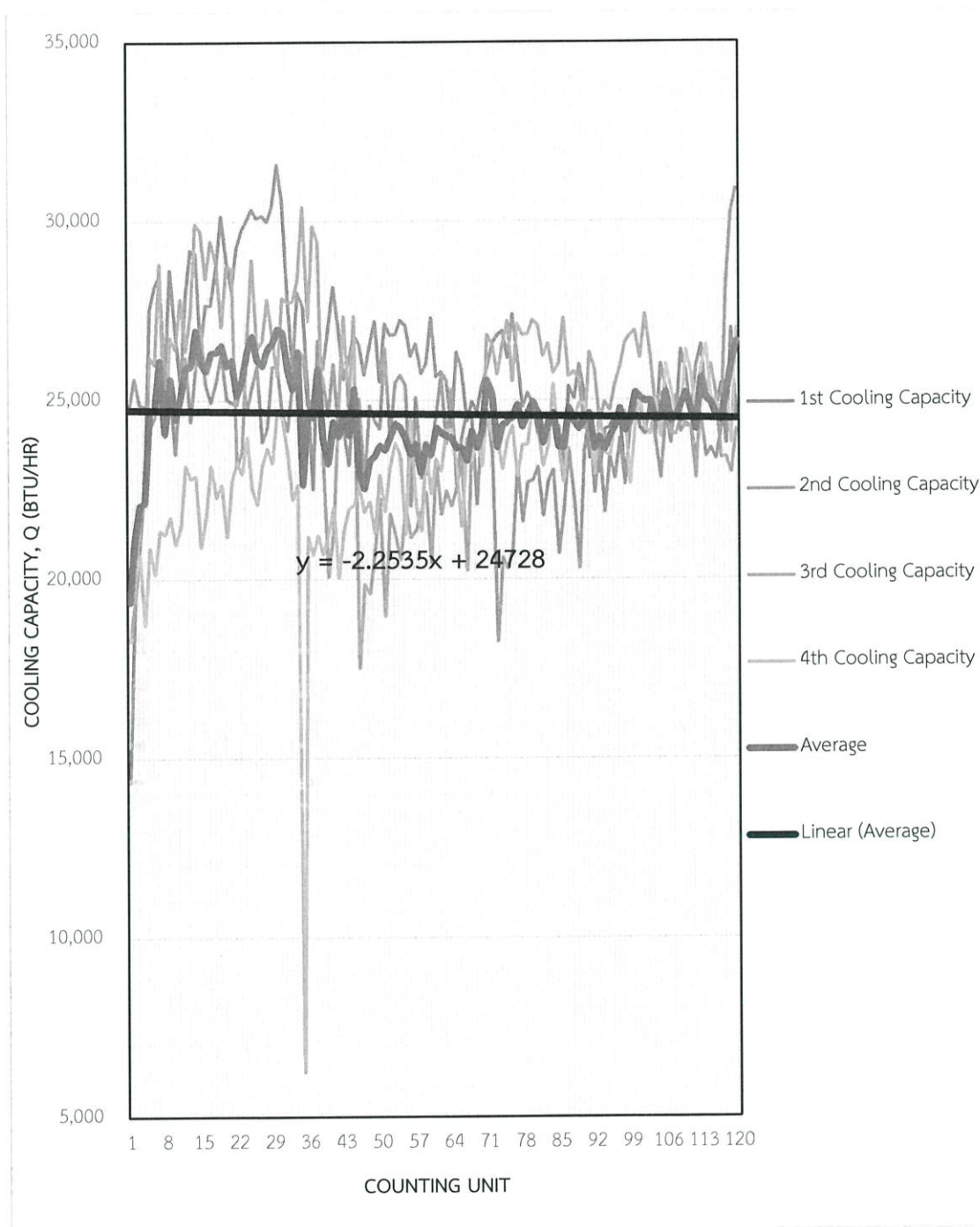
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของกำลังไฟฟ้า  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกำลังไฟฟ้า

จากรูปที่ 8.18 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 1,950 – 2,150 Watts ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 2,080 Watts

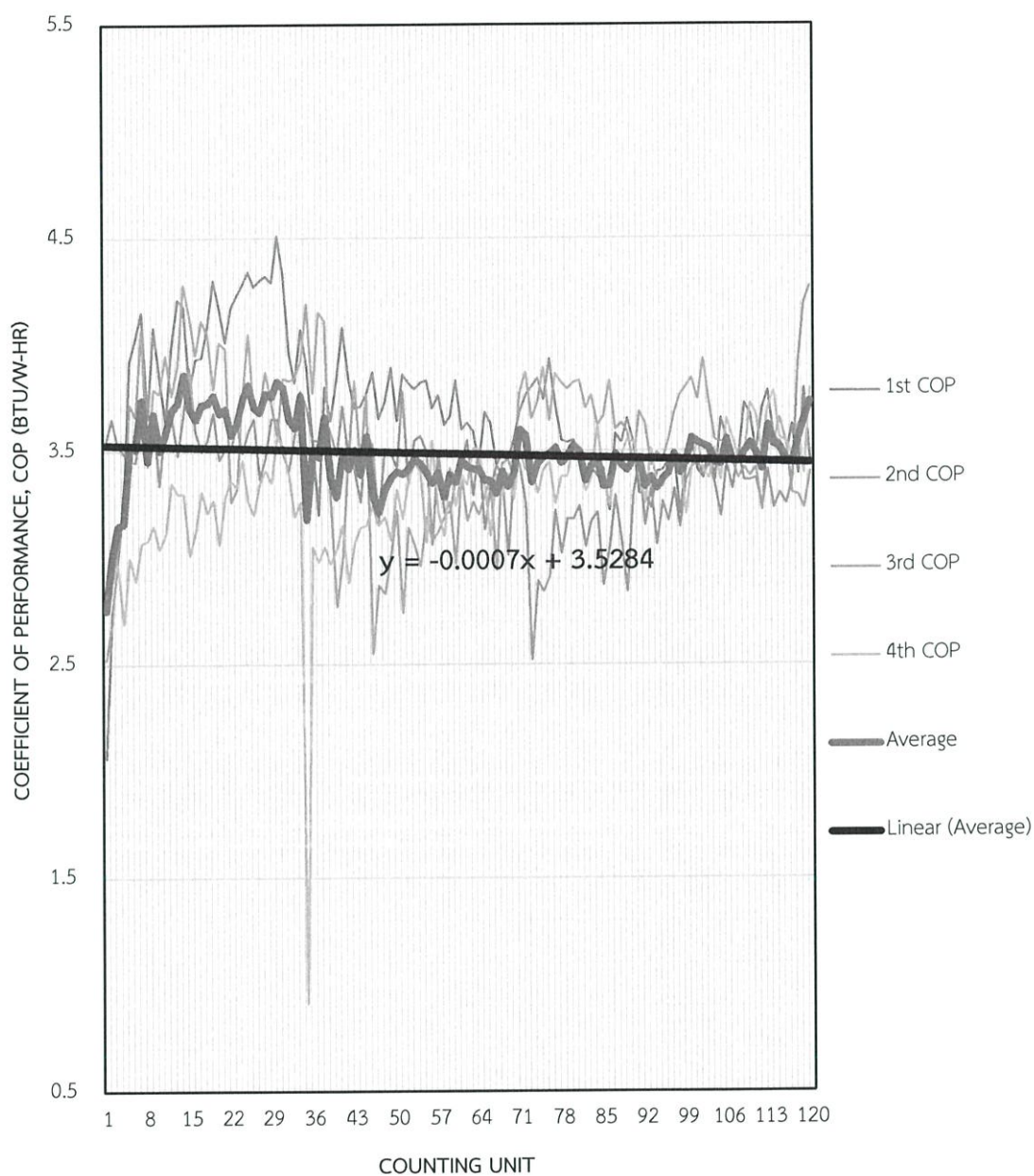
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของค่าความสามารถทำความเย็น  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าความสามารถทำความเย็น

จากรูปที่ 8.19 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าความสามารถทำความเย็นทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 5,000 – 32,000 Watts ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 25,000 BTU/Hr

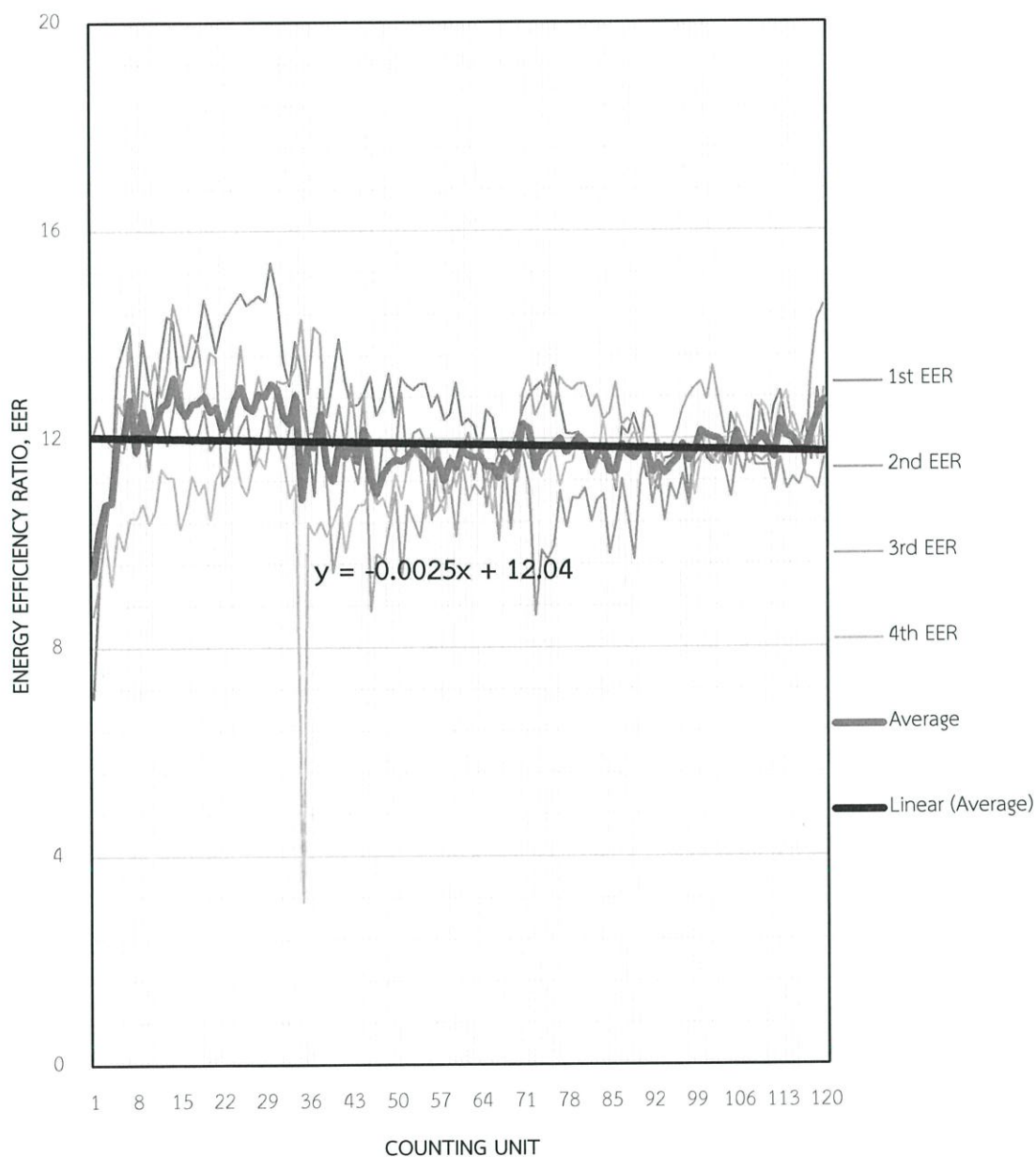
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

จากรูปที่ 8.20 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทั้ง 4 ครั้ง มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะอยู่ระหว่าง 1 - 4.5 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 3.1 BTU/W-Hr

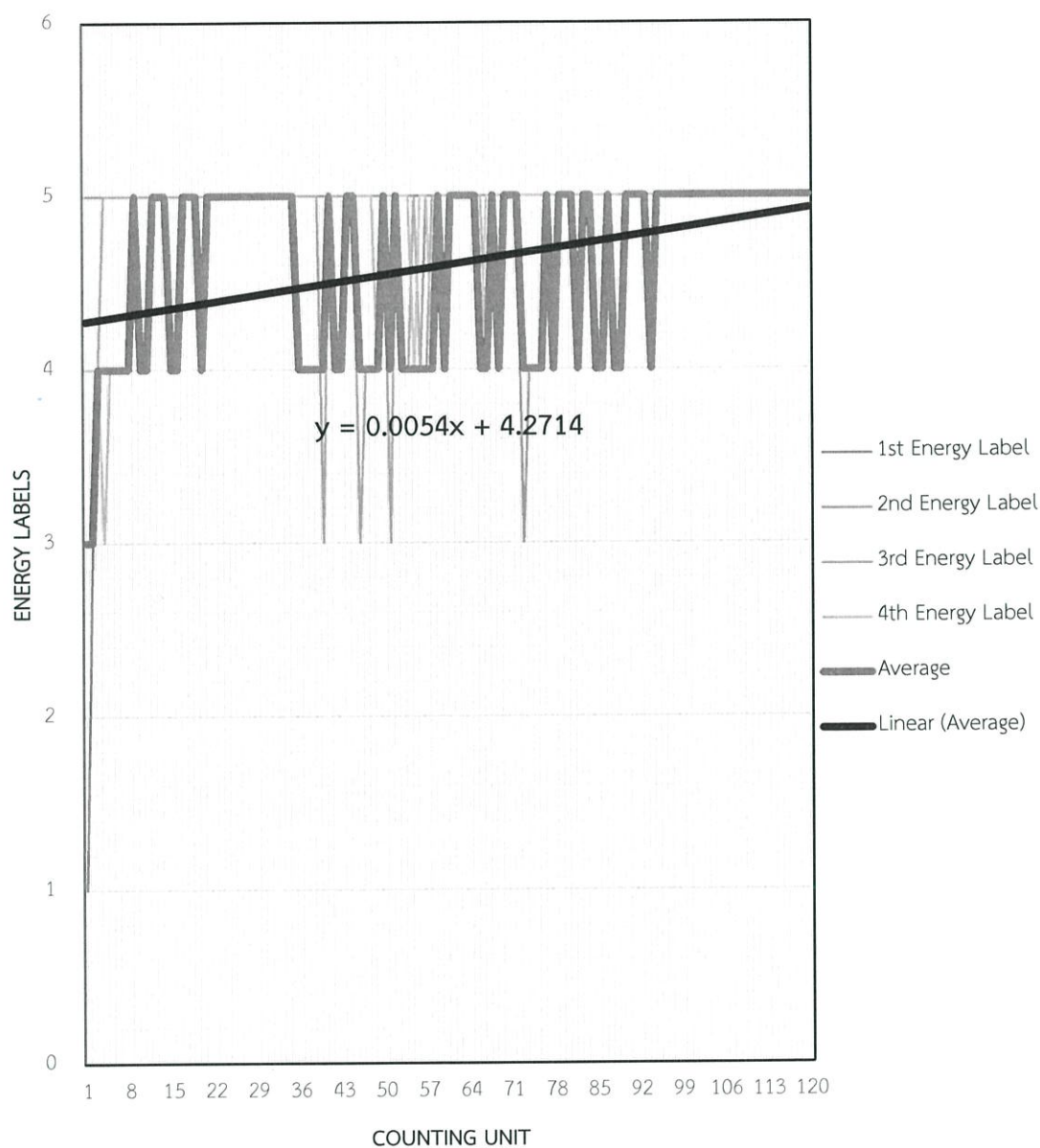
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

จากรูปที่ 8.21 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน ทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 3.5 – 16 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 12

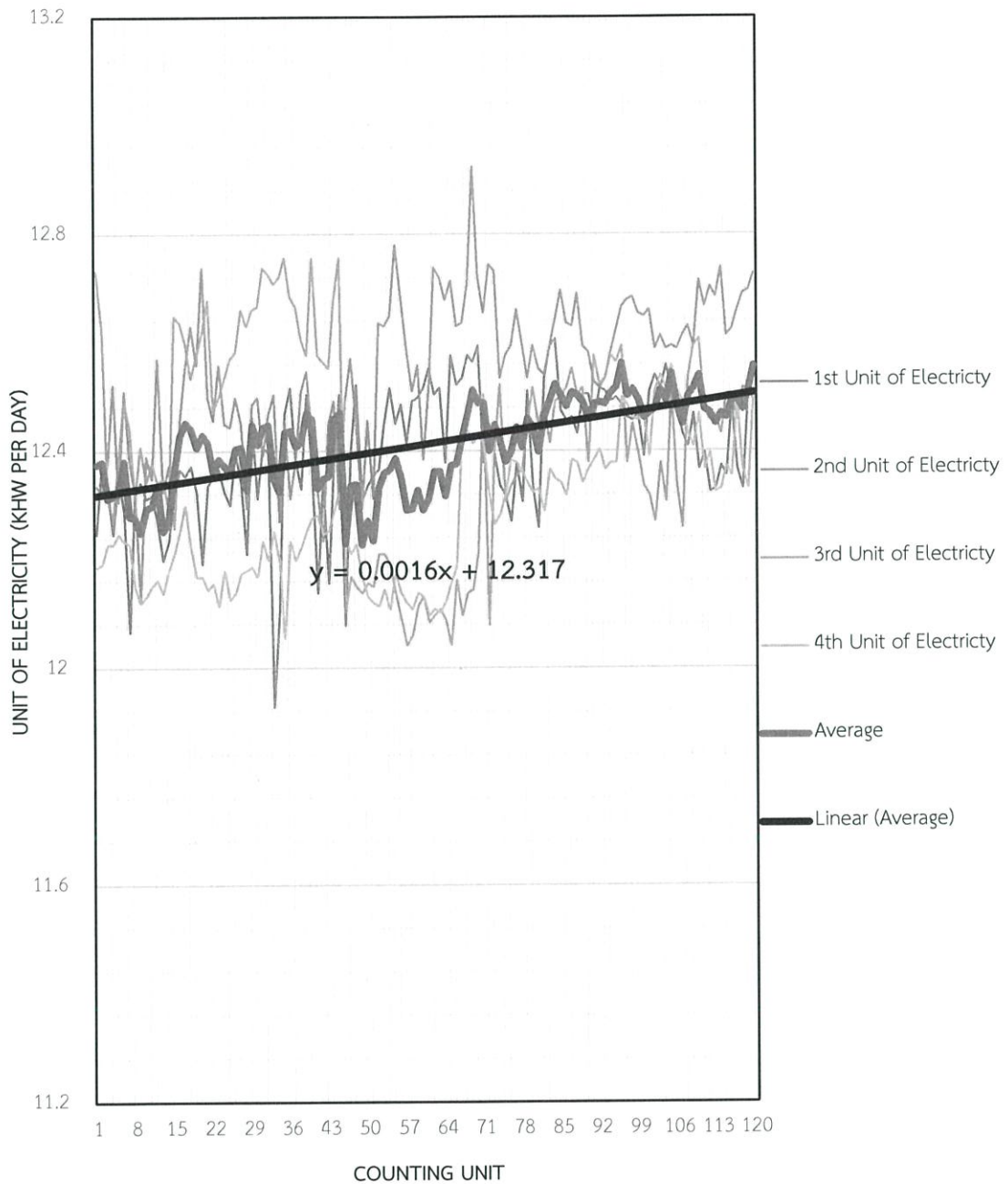
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของหมายเลขระดับแสดงประสิทธิภาพ  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของหมายเลขระดับแสดงประสิทธิภาพ

จากรูปที่ 8.22 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดหมายเลขระดับแสดงประสิทธิภาพทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 1 - 5 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณเบอร์ 5

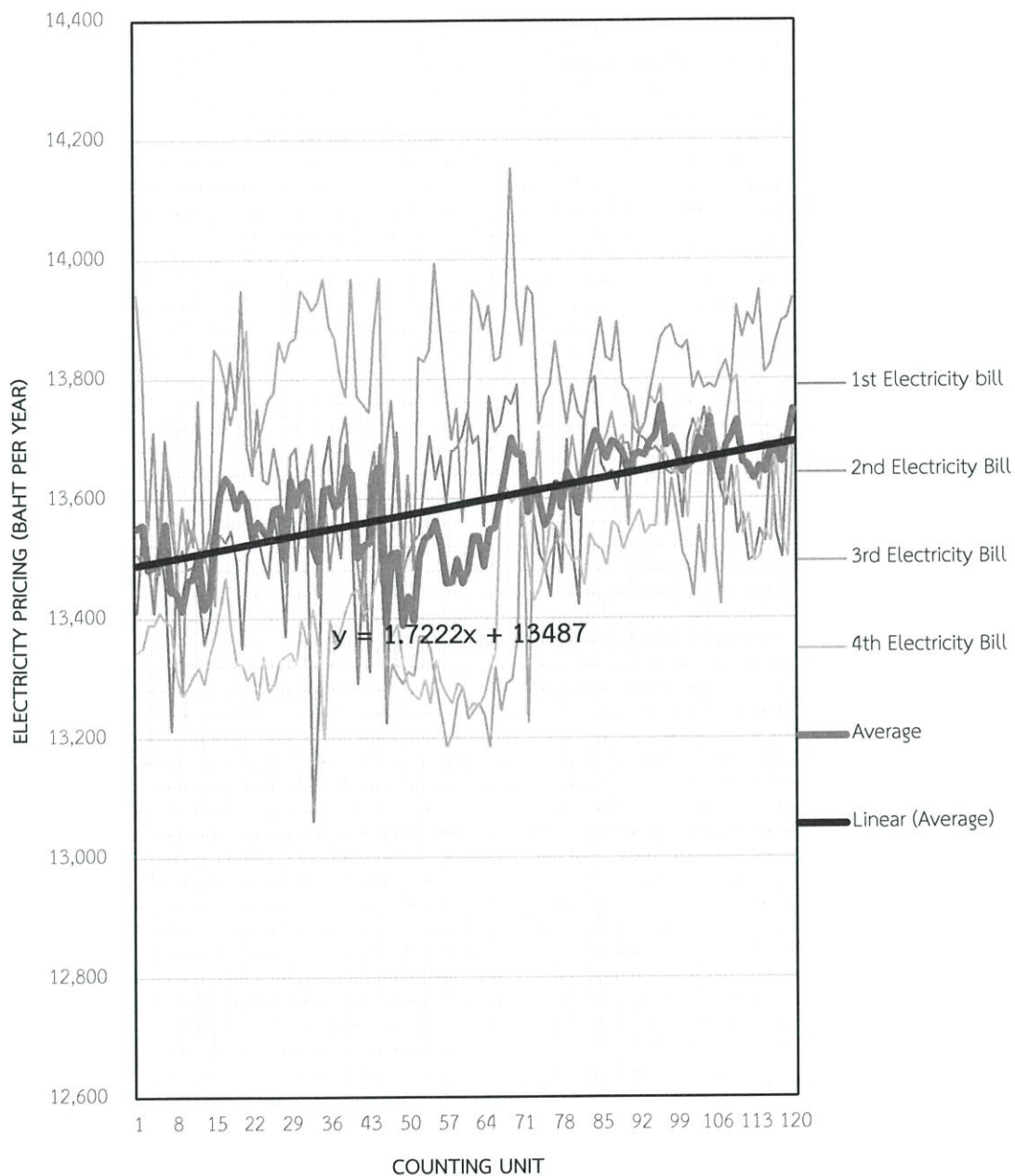
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของจำนวนหน่วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของจำนวนหน่วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี

จากรูปที่ 8.23 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดจำนวนหน่วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน ทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 11.8 – 13 ยูนิต ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 12.4 ยูนิต

แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของจำนวนค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี  
ของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน



รูปที่ 8.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี

จากรูปที่ 8.24 แสดงให้เห็นว่าจากการทดลองสามารถวัดค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อปีทั้ง 4 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 13,000 - 14,200 บาท ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 13,500 บาท

## บทที่ 9

# สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 9.1 สรุปผล

ระบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน เป็นการรับข้อมูลจากเซนเซอร์ มาทำการคำนวณ โดยใช้โปรแกรมเพื่อตรวจสอบสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของเครื่องปรับอากาศ ที่มีการใช้งานมาเป็นระยะเวลานานแล้ว ให้รู้ถึงความสามารถในการทำความเย็น ว่าอยู่ในสภาวะที่ยังคงทำงานได้ดี รวมไปถึงมีสมรรถนะ ในการทำความเย็นในประสิทธิภาพที่สูงสุด ยังคงประหยัดพลังงานและ มีความคุ้มค่า แก่การใช้งานอยู่หรือไม่ และมีการเก็บข้อมูลของการวัดค่า ไว้ในรูปแบบ ตารางเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบการวัดครั้งต่อไป เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ว่าควรใช้เครื่องปรับอากาศ นั้น ๆ ต่อไปหรือควรเปลี่ยนเครื่องเพื่อความคุ้มค่าในระยะยาวและเป็นการวางแผนการซ่อมบำรุงให้ เครื่องปรับอากาศในกรณีที่สามารถแก้ไขได้

ในส่วนขององค์ประกอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ และคำนวณค่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เซนเซอร์วัดความเร็วลม วัดวัตต์มิเตอร์ พีแอลซี เราเตอร์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณ โทรศัพท์มือถือที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

การทดสอบระบบประเมินประสิทธิภาพสำหรับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนเมื่อเซนเซอร์ แต่ละตัวรับข้อมูลส่งมาที่พีแอลซี เพื่อทำการคำนวณค่าประสิทธิภาพ แสดงข้อมูลผลการคำนวณทาง หน้าจอทัชสกรีนของเครื่องพีแอลซีและหน้าเว็บที่เป็นตัวแสดงผล รวมไปถึงโทรศัพท์มือถือที่ใช้เป็นตัวแสดงผล แบบเรียลไทม์ (Real Time) หลังจากนั้นจะทำการบันทึกผลการคำนวณในฐานข้อมูลในรูปแบบตาราง ระบบจะทำงานไปเรื่อยๆตามวงรอบที่กำหนดจากผู้ใช้งานตลอดเวลาจนกว่าผู้ใช้งาน จะสั่งให้โปรแกรมหยุดการทำงาน

ในกรณีของเครื่องปรับอากาศ เมื่ออุณหภูมิห้องมีค่าใกล้เคียง กับอุณหภูมิที่ผู้ใช้ ตั้งค่าเอาไว้ (โดยทั่วไปคือ  $24^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ ) ซึ่งเป็นช่วงที่มีการทำงานของโหลดต่ำกว่า 500W เครื่องปรับอากาศจะทำการหยุดเดินคอมเพรสเซอร์ จึงได้ทำการเขียนโปรแกรมยกเว้นการคำนวณ แต่ยังคงเก็บข้อมูลในกรณีนี้เพื่อจะได้ทราบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

จากผลการทดสอบการวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ ที่ได้ทำการทดลองโปรแกรม กับ เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 (ใช้งานมาไม่เกิน 1 ปี) โดยทำการวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ 2 เครื่อง ซึ่งทั้ง 2 เครื่องเป็นเครื่องปรับอากาศยี่ห้อเดียวกันมีอายุการใช้งานเท่ากัน โดย เครื่องปรับอากาศเครื่องแรกทำการทดสอบนั้น มีอุณหภูมิภายนอกนั้นมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง หรือมีสภาพอากาศที่ร้อนนั่นเอง ซึ่งสภาพอากาศในลักษณะนี้ไม่มีปัญหากับระบบส่งข้อมูลไร้สาย การอ่านค่าจึงไม่มีผิดพลาด เกิดขึ้นทำให้อ่านค่าได้สม่ำเสมอ และประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศอยู่

ในค่าที่ต่ำกว่าฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าเบอร์ 5 ที่ออกโดยกระทรวงพลังงานที่ติดอยู่กับเครื่องปรับอากาศดังกล่าว โดยค่าระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศตัวแรกนั้นอยู่ในระดับเบอร์ 4 ต่อมาเกิดการทดสอบการวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศตัวที่สอง ในวันที่ทำการทดสอบอยู่นั้นอุณหภูมิภายนอกนั้นค่อนข้างเย็นและมีฝนตกลงมา ซึ่งสภาพอากาศในลักษณะนี้อาจทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับระบบการส่งข้อมูลไร้สาย ที่ใช้งานเนื่องจากมีฝนตกลงมา จึงทำให้การเก็บบันทึกค่านั้นมีดีเลย์ในช่วงทำให้การเก็บบันทึกค่าไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควร ซึ่งอากาศภายนอกที่ค่อนข้างเย็นนี้ทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาอยู่ในค่าที่ใกล้เคียงกับค่าต่าง ๆ ตามฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าเบอร์ 5 โดยค่าระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศตัวที่สองนั้นอยู่ในระดับเบอร์ 5 นั่นเอง

การนำระบบประเมินประสิทธิภาพที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาี้ โดย พีแอลซี ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ในโรงงานซึ่งคงทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ อีกทั้งยังมีรูปแบบฟังก์ชันการทำงานที่เข้าใจง่ายและสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง ซึ่งสามารถตอบโจทย์งานที่ได้ทำในหลาย ๆ ด้าน

ระบบประเมินประสิทธิภาพ มีวัตถุประสงค์ว่า สามารถนำเอาไปใช้ได้ตามบ้านเรือนทั่วไป และ อาคารต่าง ๆ ได้ด้วย เพราะฉะนั้นจึงทำการเสริมการแสดงผลขึ้นมาให้ผู้ใช้งาน โดยทำการเขียนหน้าเว็บที่ใช้เป็นตัวแสดงผล ให้สอดคล้องกับการแสดงผลในพีแอลซีแล้ว ทำการเขียนแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ ขึ้นมาโดยให้มีหน้าจอแสดงผลเดียวกัน กับหน้าเว็บ ซึ่งการแสดงผลในมือถือนั้นทำให้ง่ายต่อการพกพาแล้วสะดวกในการใช้งานเพียงแค่มือถือที่ปลายนิ้ว

แต่ถึงอย่างไรก็ตามอุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ เมื่อมีการใช้งานบ่อยครั้งหรือมีอายุการใช้งานเป็นเวลายาวนาน จะส่งผลต่อการอ่านค่าที่ผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง และส่งผลให้ข้อมูลทั้งหมดผิดพลาดได้ จึงจำเป็นต้องมีการสอบเทียบตามระยะเวลาที่ได้กำหนด หรือมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ไม่สามารถใช้งานได้อีกแล้ว และทำการเพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรมโดยการทำการพัฒนา และปรับปรุงโปรแกรมให้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สูงสุด

## 9.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ได้ทำการเก็บข้อมูลโดยวัดค่าตัวแปรตรงกลางช่องลมจ่ายและตรงกลางช่องลมกลับเป็นหลัก หากเพิ่มจำนวนเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์และเซ็นเซอร์วัดความเร็วลมอีก 2 ชุด โดยวัดด้านซ้ายและด้านขวาของแนวช่องลมจ่าย คือวัดสัญญาณด้านลมจ่าย 3 ชุดและนำมาหาค่าเฉลี่ย ก่อนนำไปใช้คำนวณด้วยโปรแกรมที่สร้างขึ้น จะทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศที่มีความแม่นยำสูงขึ้น แต่ทำให้ต้องลงทุนเพิ่มขึ้นอีก 2 เท่าของงานวิจัย
- 2) โปรแกรมที่สร้างขึ้นมีการกรองข้อมูลของเครื่องปรับอากาศในขณะที่คอมเพรสเซอร์ถูกตัด ทำให้ค่าที่ได้ออกมามีความเสถียรสูง ไม่มีการตก (Drop) ของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP)
- 3) โปรแกรมที่สร้างขึ้น เมื่อนำไปเชื่อมต่อบริเวณระบบประจะจะทำให้ข้อมูลที่ได้จากการวัดเป็นสัญญาณป้อนกลับเพื่อทำการควบคุมคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนได้
- 4) โปรแกรมที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นจัดเก็บข้อมูลสำหรับการตัดสินใจในการบริหารงานบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนได้
- 5) โปรแกรมที่สร้างขึ้น สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดรูปแบบการแสดงผลในรูปแบบของหน้าจอ ให้มีการตอบโต้กับผู้ใช้ได้มากขึ้น โดยสามารถจะพัฒนาไปที่แอปพลิเคชันหรือเว็บเพจ ให้มีความเสถียรในการส่งสัญญาณและรูปแบบของหน้าจอที่ง่ายต่อการใช้งานของผู้ใช้

## บรรณานุกรม

- [1] Michener Robert and Lajtha Kate. Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science. 2<sup>nd</sup> ed. Malden: Blackwell Publishing Ltd, 2007.
- [2] NASA. U.S. Standard atmosphere, 1976. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Aeronautics and Space Administration, and the United States Air Force, Superintendent of Documents Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 1976.
- [3] Harrison, L.P. 'Fundamental concepts and definitions relations relating to humidity. In humidity and moisture measurement and control in science and industry' 3<sup>rd</sup> ed. New York: Reinhold Publish Corp, 1965.
- [4] สิทธิโชค แซ่ฟุ้ง. 2549. "โปรแกรมหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน."วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [5] ASHRAE Standard. 1993 ASHRAE HANDBOOK, FUNDAMENTALS 6<sup>th</sup> edition, American Society of Heating Refrigerating and Air – Conditioning Engineers, Inc. 1971: Ullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329, 404-636-8400.
- [6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 1155 – 2536., กรุงเทพฯ 2536.
- [7] Available: <http://www.tisi.go.th/>, (16/04/2558) มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ของ เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน

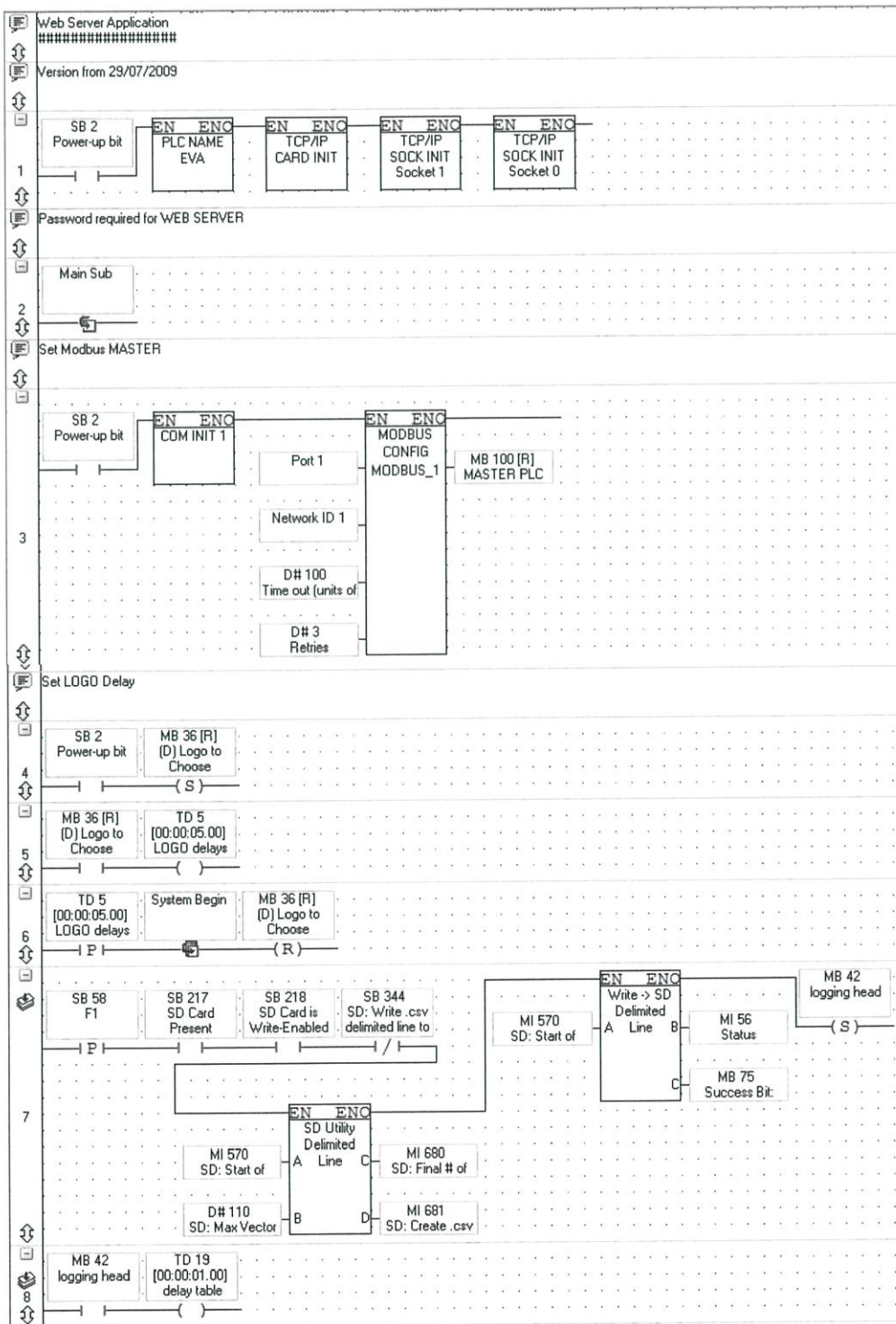
- [8] Available: <http://www.bkairsupply.com/content-ประเภทของเครื่องปรับอากาศและวิธีใช้อย่างประหยัด-4-3670-50334-1.html>, (21/01/2558), ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
- [9] Available: <http://www.energyscopethai.com/hmi-programming> (21/01/2558), HMI Touchscreen
- [10] Available: <http://www.thaiembedded.com/blog/?p=284> (23/01/2558), พอร์ตอนุกรม RS-232, RS-422 และ RS-485
- [11] Available: <http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=10861&section=9> (24/01/2558), Modbus protocol
- [12] Available: <http://www.sourcecode.in.th/articles.php?id=71> (26/01/2558), แอปพลิเคชันบนมือถือ (Mobile application) Android
- [13] ผลิตภัณฑ์เบอร์ 5. โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้า. : ฝ่ายปฏิบัติการด้านการใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2545
- [14] Available: [http://www.sentronic.com/data/product\\_datasheets/KIMO-Transmitter2014\\_\\_CA310](http://www.sentronic.com/data/product_datasheets/KIMO-Transmitter2014__CA310) (02/02/2558), ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับ C 310 – KIMO INSTRUMENT
- [15] Available: <http://www.smeinter.co.th/category.asp?select1=13&list=yes> (02/02/2558), ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับ AC1 – B74 Multifunction Power Meter
- [16] Available: <http://www.wisco.co.th/main/model/rc35>, (02/02/2558) RC35 Wireless RS232/485/422

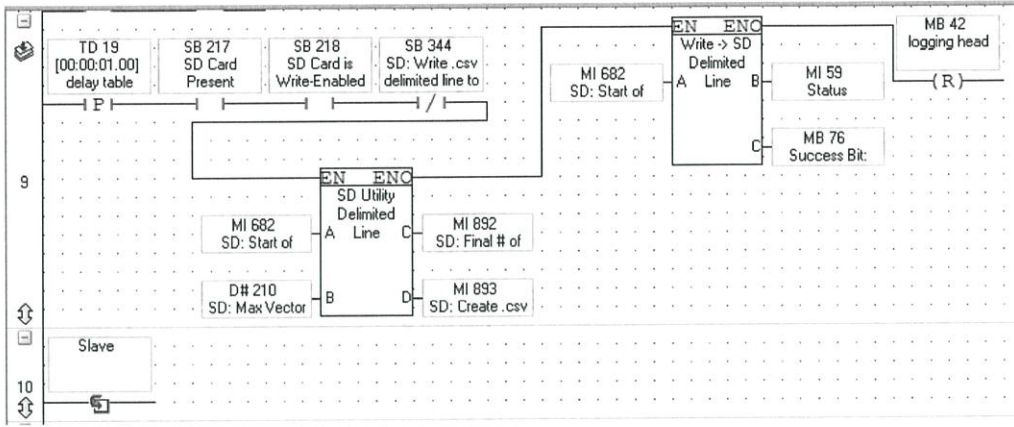
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

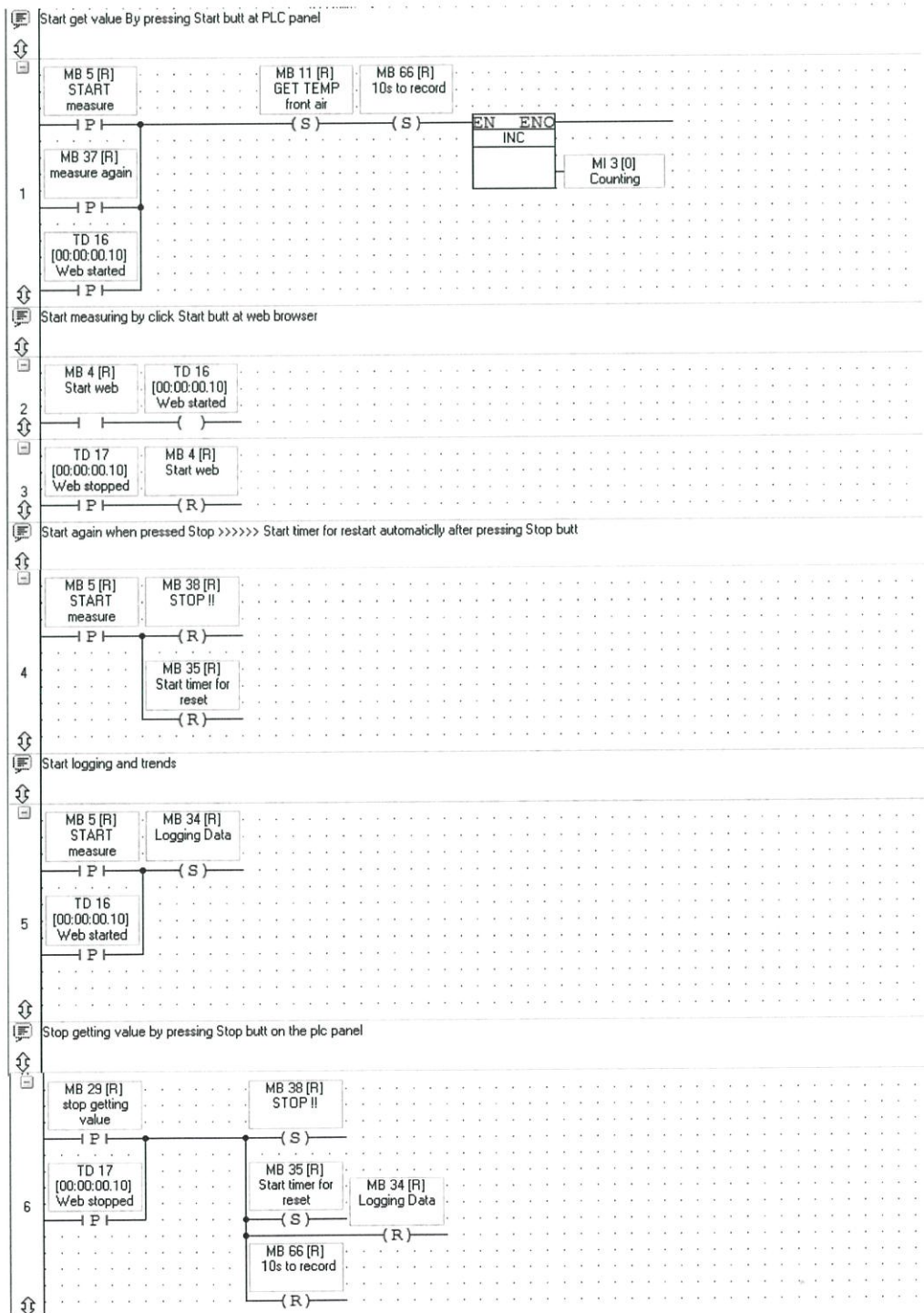
โปรแกรมแลตเตอร์ที่ใช้ในระบบประเมินประสิทธิภาพ  
เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน

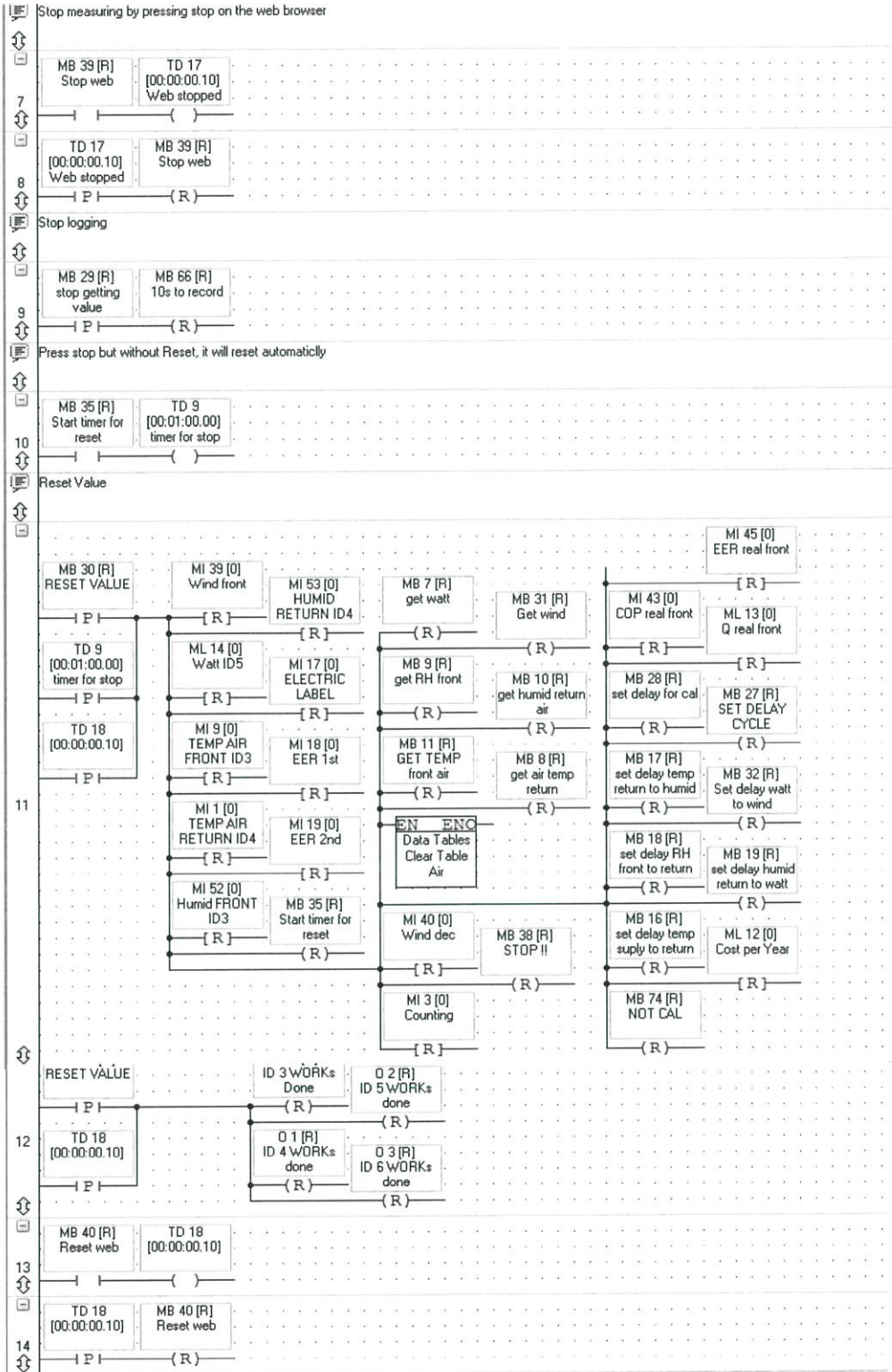
— Main subroutine

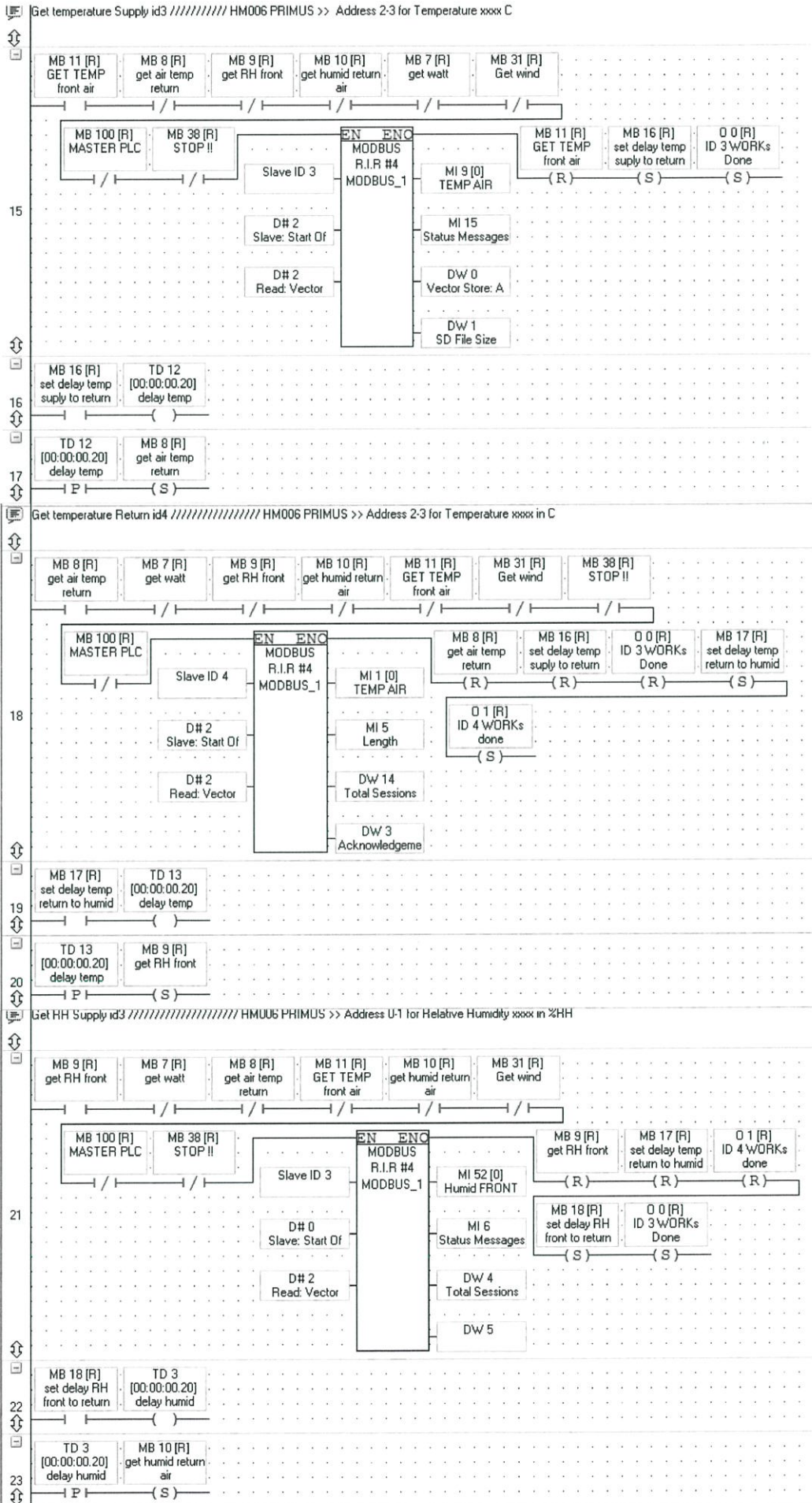


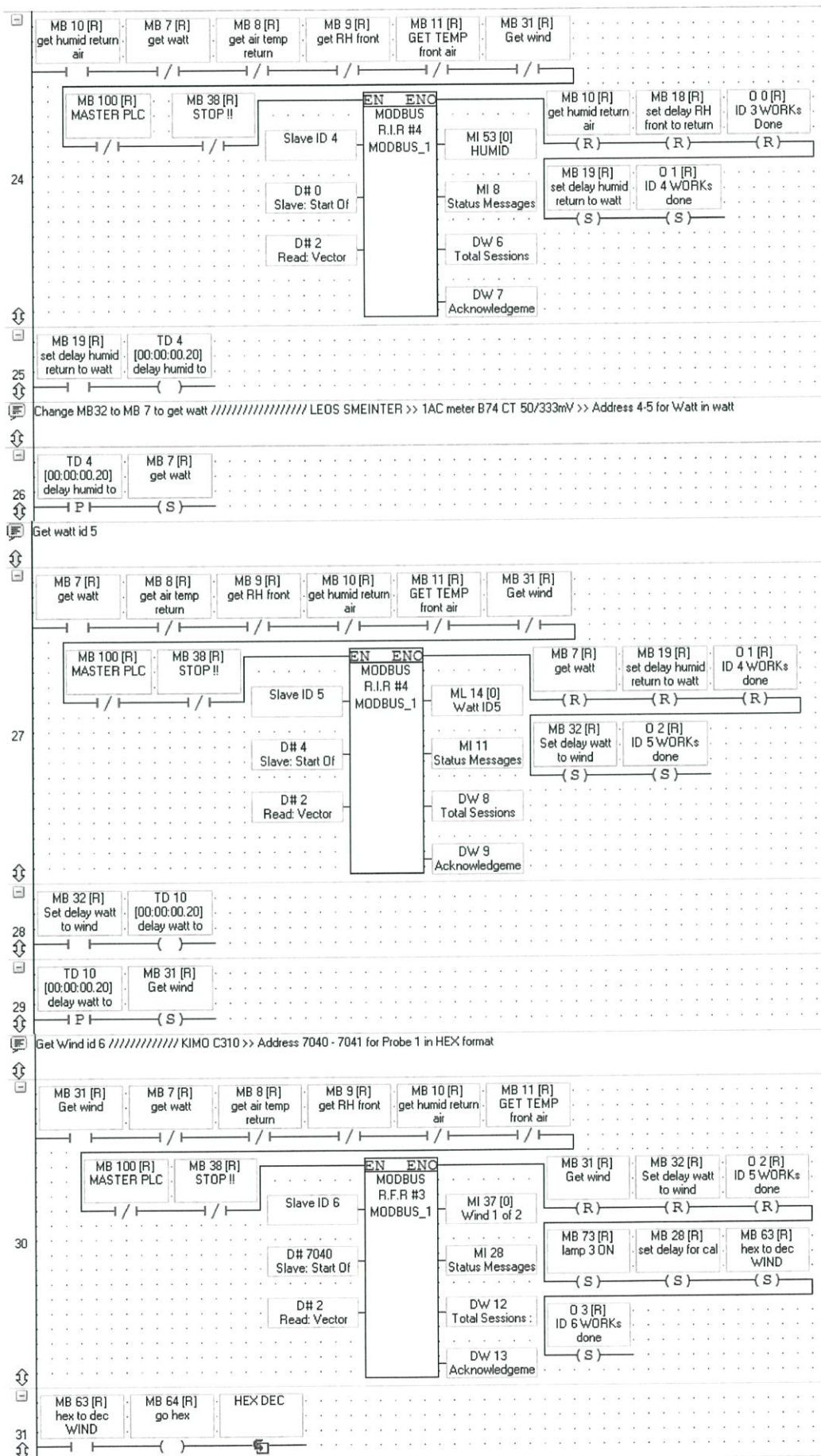


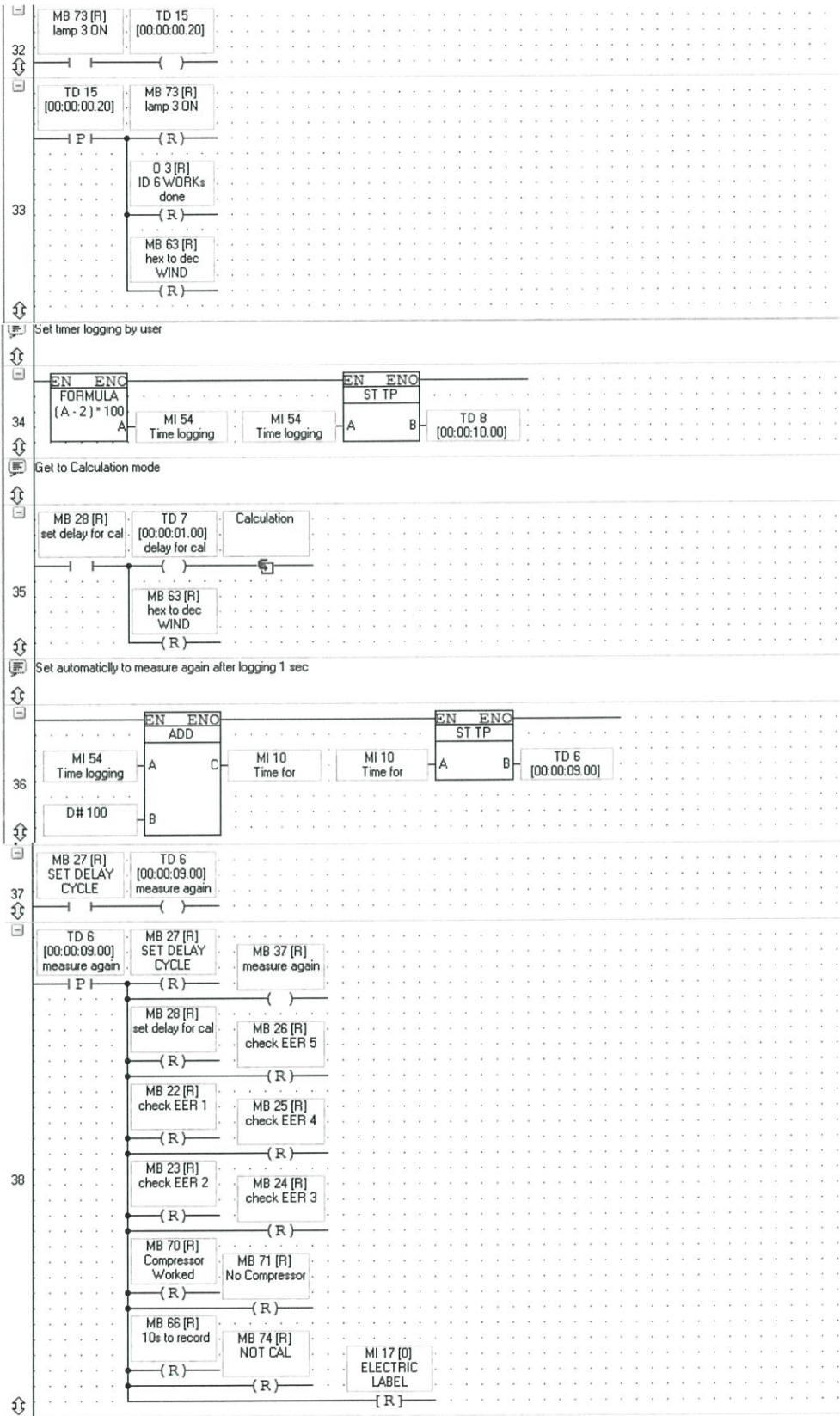
— Slave subroutine



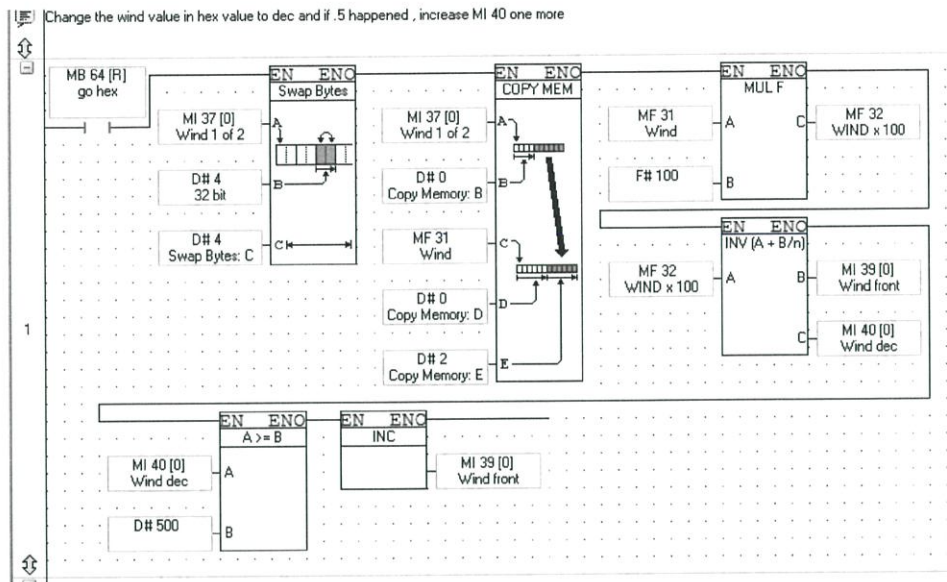




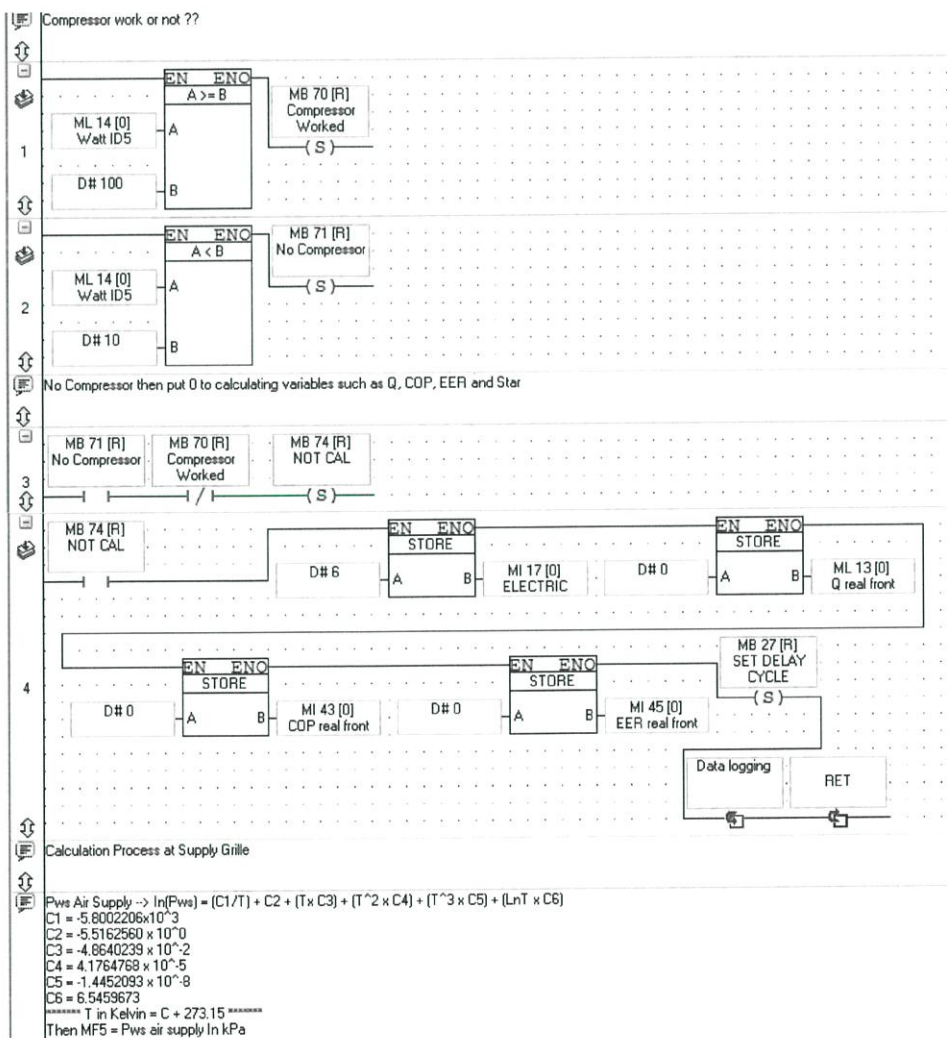


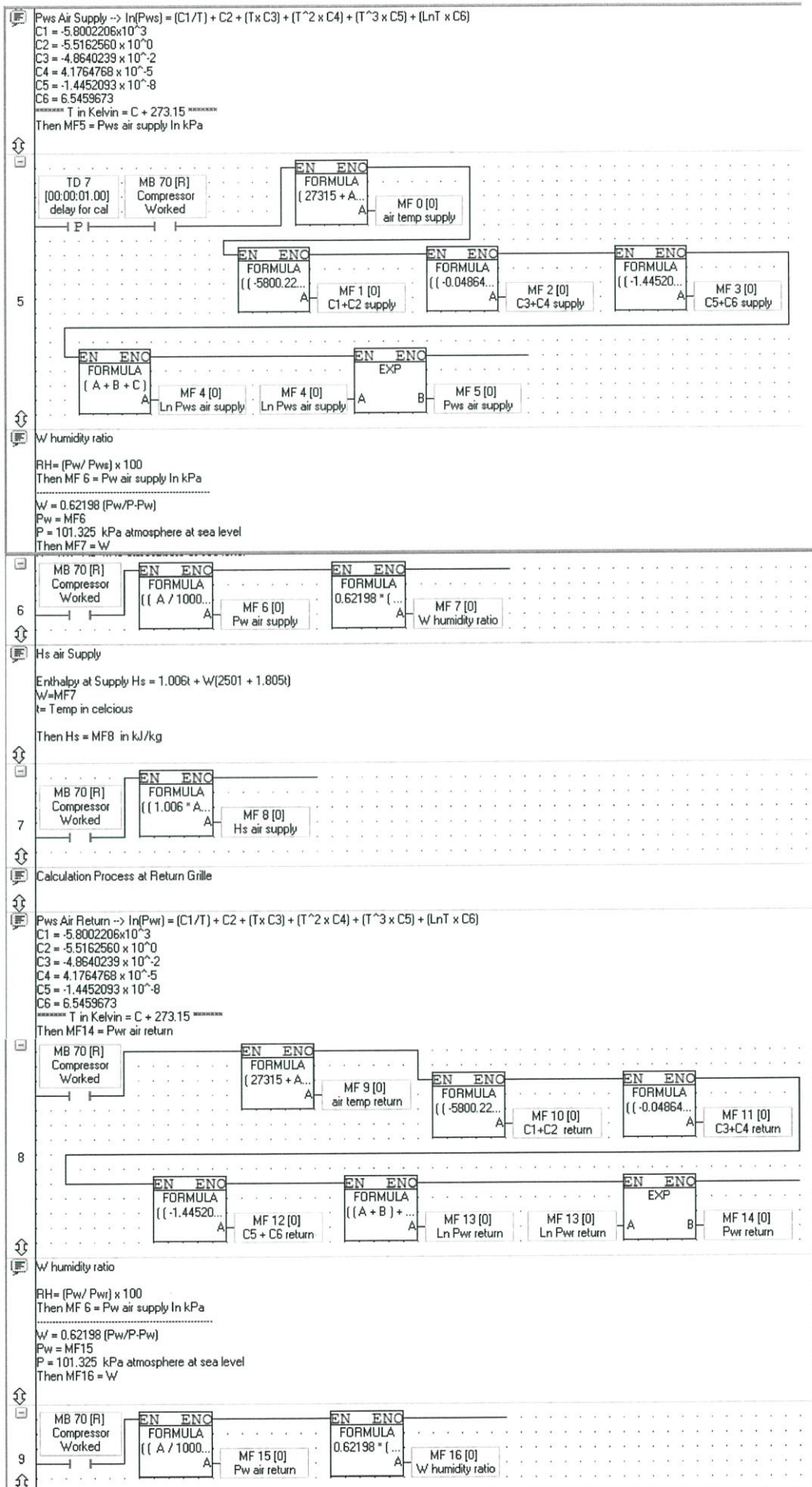


— HEX DEC subroutine



— Calculation subroutine





**Hs air Supply**  
 Enthalpy at Supply  $H_s = 1.006t + W(2501 + 1.805t)$   
 $W = MF7$   
 $t = \text{Temp in celcius}$   
 Then  $H_s = MF8$  in kJ/kg

---

**Hr air Return**

10 **MB 70 [R] Compressor Worked** **EN ENC FORMULA**  $((1.006 * A...)$  **MF 17 [0] Hr air return**

---

**Specific Volume =  $m^3 / kg$**   
 $v = RT (1 + 1.6078W) / (28.9645 \times 101.325e+3)$   
 $R = 8314.41$   
 $T = \text{temperature supply in kelvin MF0}$   
 $W = \text{humidity ratio}$

11 **MB 70 [R] Compressor Worked** **EN ENC FORMULA**  $1 + [1.6078...$  **MF 18 [0] Specific** **EN ENC FORMULA**  $8314.41 * A$  **MF 22 [0] specific volume** **EN ENC FORMULA**  $(A * B) / 2...$  **MF 23 [0] specific**

---

**Wind Volume V in  $m^3/hr$**   
 $V = 3600 \times S \times A$   
 $3600 = 60 \text{ sec} * 60 \text{ mins}$   
 $S = MI39 = \text{Wind}$   
 $A = MI 13 * MI 14$   
 Then  $V = MF 19$  in  $m^3/hr$

12 **MB 70 [R] Compressor Worked** **EN ENC FORMULA**  $3600 * (A /...$  **MF 19 [0] Wind volume**

---

**Q or Cooling Capacity in BTU/hr**  
 $Q = 3.968 V \times (H_r - H_s) / 4.18 v$   
 $V = \text{Wind volume MF19}$   
 $v = \text{specific volume MF23}$   
 $H_r = \text{Enthalpy at supply MF17}$   
 $H_s = \text{Enthalpy at return MF8}$   
 Then  $MF20 = Q$  in BTU/hr

13 **MB 70 [R] Compressor Worked** **EN ENC FORMULA**  $((3.968 * A...$  **MF 20 [0] Cooling Capacity**

---

**COP Coefficient of performance**  
 $COP = Q / (3.41266 Pe)$   
 $Q = MF20 \text{ Cooling Capacity}$

---

**EER Energy efficient Ratio**  
 $EER = Q / Pe$   
 $Q = MF20$   
 $Pe = \text{Watt MI10}$   
 Then  $MF25 = EER$

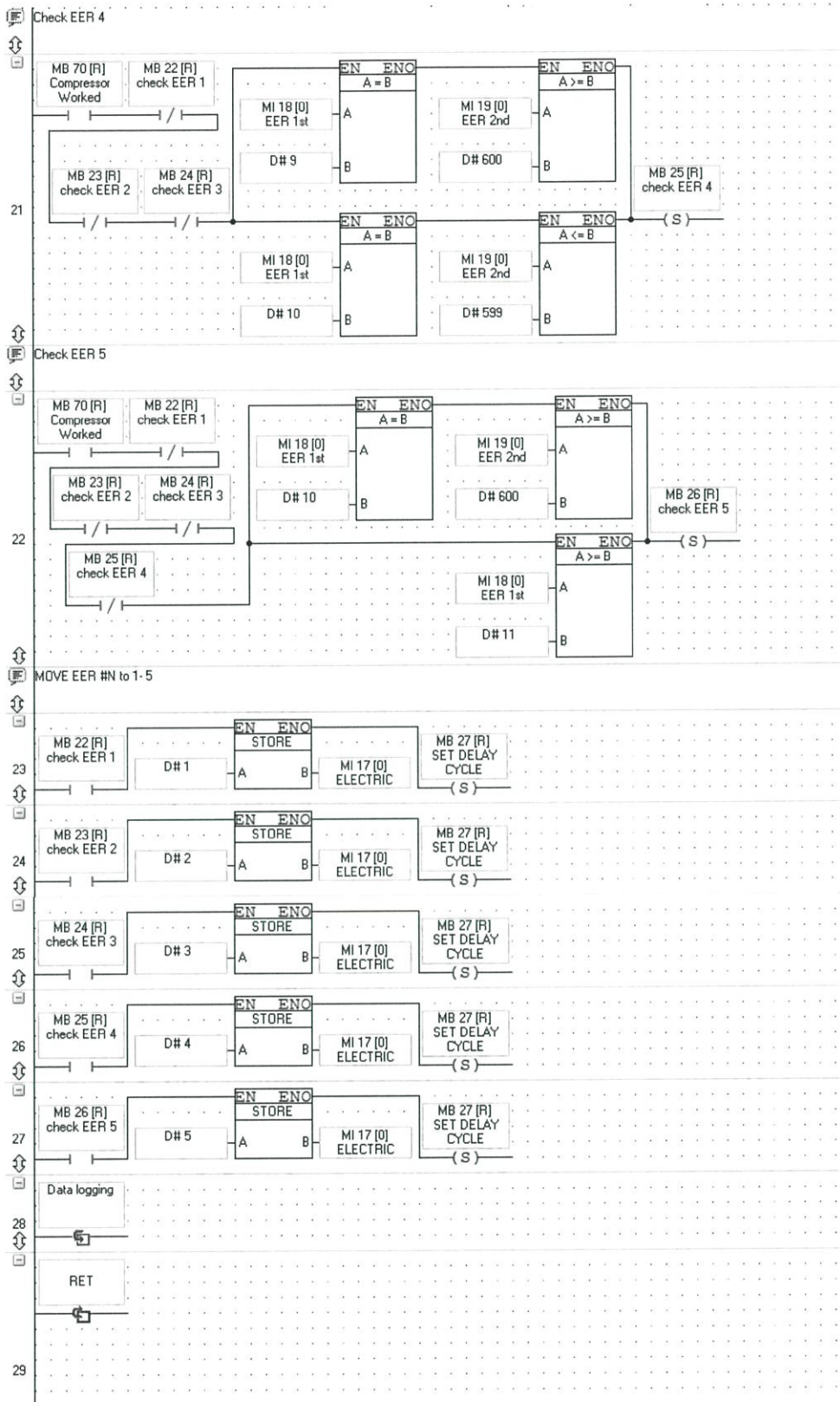
15 **MB 70 [R] Compressor Worked** **EN ENC FORMULA**  $A / B$  **MF 25 [0] EER**

---

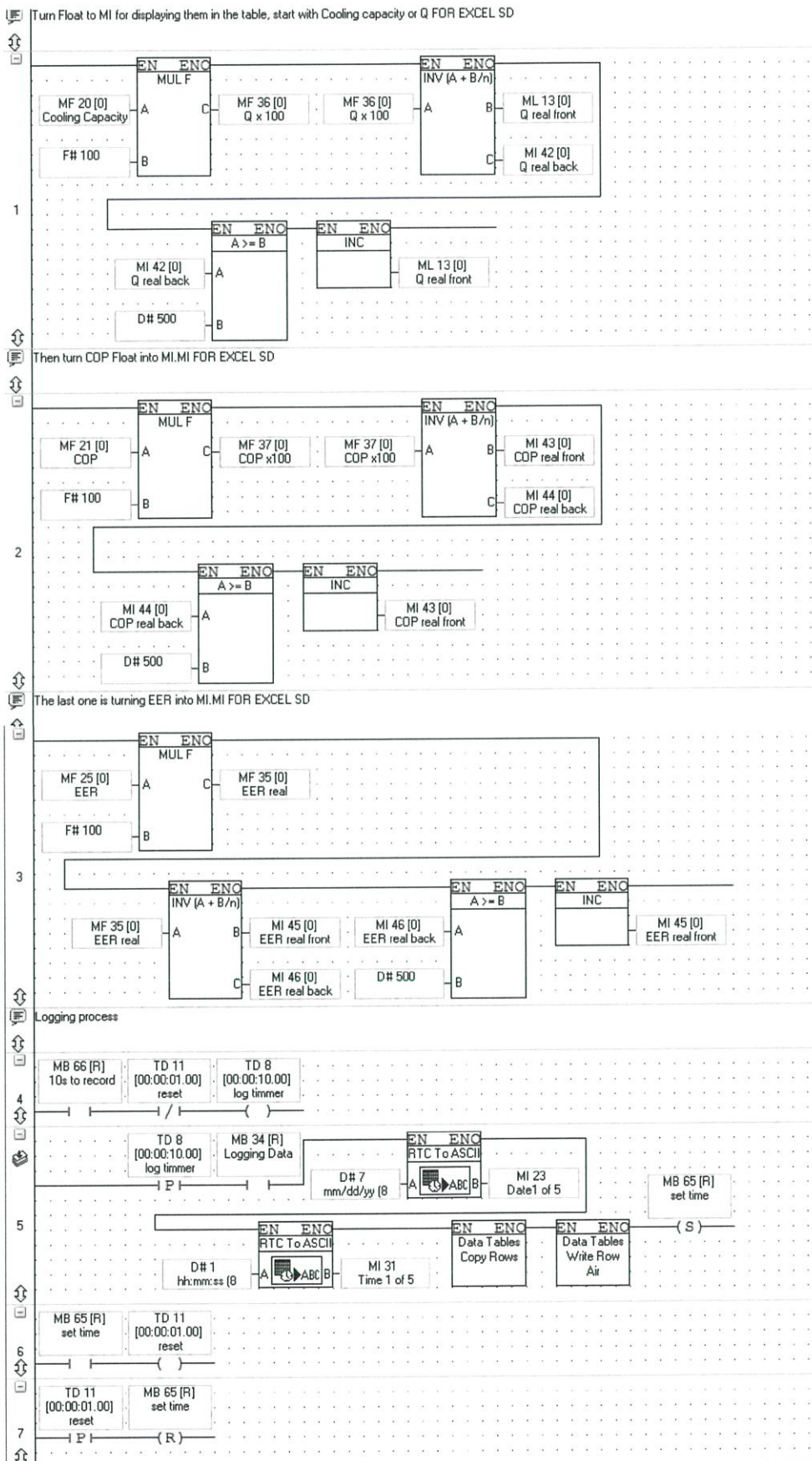
**Cost per Day = Watt / 1000 x Hr per day**  
**Cost per Year = kWh x 365**

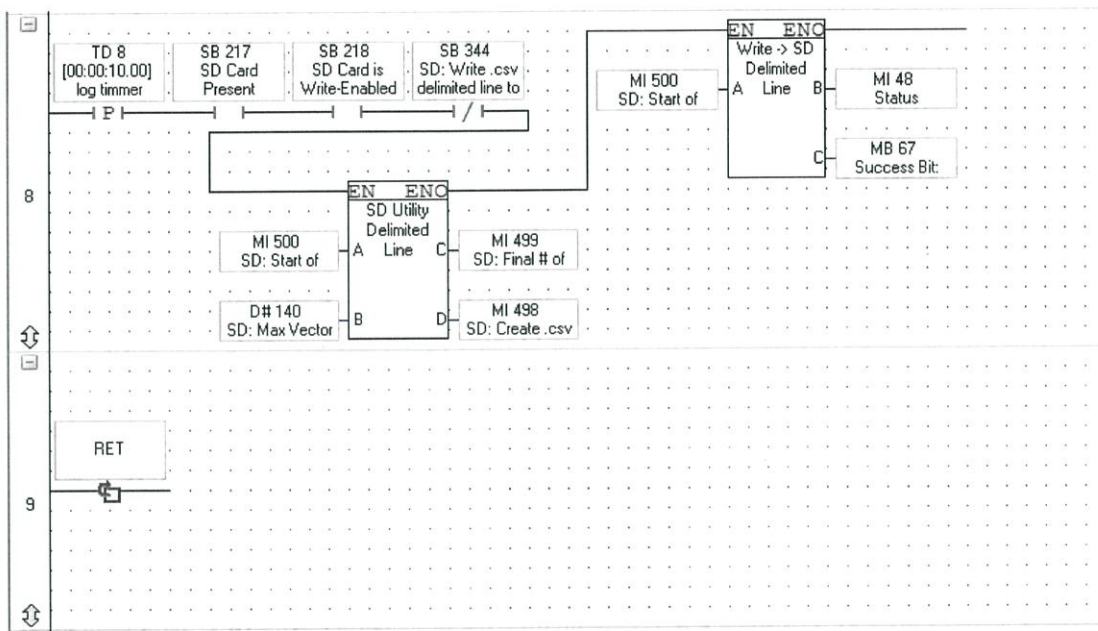
16 **MB 70 [R] Compressor Worked** **EN ENC FORMULA**  $(A / 1000) ...$  **ML 12 [0] Cost per Year**





— Data logging subroutine





# PLC Unitronics Data sheet

## 1. Technical specifications

|                        |                                 |
|------------------------|---------------------------------|
| <h1>Vision™ OPLC™</h1> | V130-33-T2/V130-J-T2            |
|                        | V350-35-T2/V350-J-T2            |
|                        | V430-J-T2                       |
|                        | <b>Technical Specifications</b> |

### Order Information

#### Item

|            |  |
|------------|--|
| V130-33-T2 | PLC with Classic panel, Monochrome display 2.4"  |
| V130-J-T2  | PLC with Flat panel, Monochrome display 2.4"     |
| V350-35-T2 | PLC with Classic panel, Color touch display 3.5" |
| V350-J-T2  | PLC with Flat panel, Color touch display 3.5"    |
| V430-J-T2  | PLC with Flat panel, Color touch display 4.3"    |

You can find additional information, such as wiring diagrams, in the product's installation guide located in the Technical Library at [www.unitronics.com](http://www.unitronics.com).

### Power Supply

| Item                     | V130-T2<br>V130J-T2                          | V350-T2<br>V350J-T2 | V430J-T2    |
|--------------------------|--|---------------------|-------------|
| Input voltage            | 24VDC  |                     |             |
| Permissible range        | 20.4VDC to 28.8VDC with less than 10% ripple |                     |             |
| Max. current consumption | See Note 1                                   |                     |             |
| npn inputs               | 210mA@24VDC                                  | 230mA@24VDC         | 230mA@24VDC |
| pnp inputs               | 110mA@24VDC                                  | 135mA@24VDC         | 135mA@24VDC |

#### Notes:

- To calculate the actual power consumption, subtract the current for each unused element from the maximum current consumption value according to the values below:

|              | Backlight | Ethernet card |
|--------------|-----------|---------------|
| V130/J       | 10mA      | 35mA          |
| V350/J/V430J | 20mA      | 35mA          |

### Digital Inputs

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Number of inputs      | 12. See note 2                                       |
| Input type            | See note 2   |
| Galvanic isolation    | None   |
| Nominal input voltage | 24VDC  |
| Input Voltage         |  |
| pnp (source)          | 0-5VDC for Logic '0'<br>17-28.8VDC for Logic '1'     |
| npn (sink)            | 17-28.8VDC for Logic '0'<br>0-5VDC for Logic '1'     |
| Input Current         | 8mA@24VDC  |
| Input impedance       | 3KΩ  |
| Response Time         | 10ms typical, when used as normal digital input      |
| Input Cable length    |  |
| Normal digital Input  | Up to 100 meters                                     |
| High Speed Input      | Up to 50 meters, shielded, see Frequency table below |

|                     |   |               |
|---------------------|---|---------------|
| High speed inputs   | Specifications below apply when wired as HSC/shaft-encoder.<br>See Note 2 |               |
| Frequency (max)     | See Note 3  |               |
| Cable length (max.) | HSC   | Shaft-encoder |
| 10m                 | 30kHz   | 20kHz         |
| 25m                 | 30kHz   | 13kHz         |
| 50m                 | 25kHz   | 9kHz          |
| Duty cycle          | 40-60%  |               |
| Resolution          | 32-bit  |               |

**Notes:**

2. V130/V350/V130J/V350J/V430J-T2 models comprise a total of 12 inputs.

12 inputs may be used as digital inputs. They may be wired, in a group, and set to either npn or pnp via a single jumper.

In addition, according to jumper settings and appropriate wiring:

- Inputs 10 and 11 can function as either digital or analog inputs.
- Inputs 0, 2, and 4 can function as high-speed counters, as part of a shaft-encoder, or as normal digital inputs.
- Inputs 1, 3, and 5 can function as either counter reset, as part of a shaft-encoder, or as normal digital inputs.
- If inputs 0, 2, 4 are set as high-speed counters (without reset), inputs 1, 3, 5 can function as normal digital inputs.

3. pnp/npn maximum frequency is at 24VDC.

**Analog Inputs**

|                            |  |         |
|----------------------------|--|---------|
| Number of inputs           | 2, according to wiring as described above in Note 2                                    |         |
| Input type                 | Multi-range inputs: 0-10V, 0-20mA, 4-20mA  |         |
| Input range                | 0-20mA, 4-20mA   | 0-10VDC |
| Input impedance            | 243Ω   | >150KΩ  |
| Maximum input rating       | 25mA, 6V   | 15V     |
| Galvanic isolation         | None   |         |
| Conversion method          | Successive approximation   |         |
| Resolution (except 4-20mA) | 10-bit (1024 units)  |         |
| Resolution (at 4-20mA)     | 204 to 1023 (820 units)  |         |
| Conversion time            | One configured input is updated per scan. See Note 4                                   |         |
| Precision                  | 0.9%   |         |
| Status indication          | Yes – if an analog input deviates above the permissible range, its value will be 1024. |         |

**Notes:**

4. For example, if 2 inputs are configured as analog, it takes 2 scans to update all analog values.

**Digital Outputs**

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Number of outputs               | 12 transistor pnp (source)                             |
| Output type                     | P-MOSFET (open drain)                                  |
| Isolation                       | None   |
| Output current (resistive load) | 0.5A maximum per output<br>3A maximum total per common |
| Maximum frequency               | 50Hz (resistive load)<br>0.5Hz (inductive load)        |
| PWM maximum frequency           | 0.5KHz (resistive load). See Note 5                    |
| Short circuit protection        | Yes  |
| Short circuit indication        | Via software   |
| On voltage drop                 | 0.5VDC maximum   |
| Power supply for outputs        |  |
| Operating voltage               | 20.4 to 28.8VDC  |
| Nominal voltage                 | 24VDC  |

**Notes:**

5. Outputs 0 to 6 can be used as PWM outputs.

**Graphic Display Screen**

| Item                      | V130-T2<br>V130J-T2   | V350-T2<br>V350J-T2   | V430J-T2          |
|---------------------------|---|---|-------------------|
| LCD Type                  | STN, LCD display  | TFT, LCD display  | TFT, LCD display  |
| Illumination backlight    | White LED   | White LED   | White LED         |
| Display resolution        | 128x64 pixels   | 320x240 pixels  | 480x272 pixels    |
| Viewing area              | 2.4"  | 3.5"  | 4.3"              |
| Colors                    | Monochrome  | 65,536 (16-bit)   | 65,536 (16-bit)   |
| Screen Contrast           | Via software<br>(Store value to SI 7,<br>values range: 0 to 100%) | Fixed   | Fixed             |
| Touchscreen               | None  | Resistive, analog   | Resistive, analog |
| 'Touch' indication        | None  | Via buzzer  | Via buzzer        |
| Screen brightness control | Via software<br>(Store value to SI 9,<br>0 = Off, 1 = On)         | Via software<br>(Store value to SI 9, values range: 0 to 100%)      |                   |
| Virtual Keypad            | None  | Displays virtual keyboard when the application requires data entry. |                   |

**Keypad**

| Item           | V130-T2<br>V130J-T2   | V350-T2<br>V350J-T2  | V430J-T2 |
|----------------|---|--|----------|
| Number of keys | 20 keys, including 10 user-labeled keys   | 5 programmable function keys   |          |
| Key type       | Metal dome, sealed membrane switch  |  |          |
| Slides         | Slides may be installed in the operating panel faceplate to custom-label the keys. Refer to <i>V130 Keypad Slides.pdf</i> . A complete set of blank slides is available by separate order | Slides may be installed in the operating panel faceplate to custom-label the keys. Refer to <i>V350 Keypad Slides.pdf</i> . Two sets of slides are supplied with the controller: one set of arrow keys, and one blank set. | None     |

| <b>Program</b>      |  |   |                 |  |
|---------------------|--|---|-----------------|--|
| <b>Item</b>         | <b>V130-T2<br/>V130J-T2</b>  | <b>V350-T2<br/>V350J-T2</b>               | <b>V430J-T2</b> |  |
| <b>Memory size</b>  |  |   |                 |  |
| Application Logic   | 512KB  | 512KB                                     | 512KB           |  |
| Images              | 256KB  | 6MB                                       | 12MB            |  |
| Fonts               | 128KB  | 1MB                                       | 1MB             |  |
| <b>Operand type</b> | <b>Quantity</b>  |   | <b>Symbol</b>   | <b>Value</b>                                   |
| <b>Item</b>         | <b>V130-T2<br/>V130J-T2</b>  | <b>V350-T2<br/>V350J-T2<br/>V430J-T2</b>  |                 |  |
| Memory Bits         | 4096   | 8192                                      | MB              | Bit (coil)                                     |
| Memory Integers     | 2048   | 4096                                      | MI              | 16-bit signed/unsigned                         |
| Long Integers       | 256  | 512                                       | ML              | 32-bit signed/unsigned                         |
| Double Word         | 64   | 256                                       | DW              | 32-bit unsigned                                |
| Memory Floats       | 24   | 64  | MF              | 32-bit signed/unsigned                         |
| Fast Bits           | 1024   | 1024                                      | XB              | Fast Bits (coil) – not retained                |
| Fast Integers       | 512  | 512                                       | XI              | 16 bit signed/unsigned<br>(fast, not retained) |
| Fast Long Integers  | 256  | 256                                       | XL              | 32 bit signed/unsigned<br>(fast, not retained) |
| Fast Double Word    | 64   | 64  | XDW             | 32 bit unsigned (fast, not retained)           |
| Timers              | 192  | 384                                       | T               | Res. 10 ms; max 99h, 59 min, 59.99s            |
| Counters            | 24   | 32  | C               | 32-bit   |
| Data Tables         | 120K dynamic data (recipe parameters, datalogs, etc.)<br>192K fixed data (read-only data, ingredient names, etc)<br>Expandable via SD card. See Removable Memory below |   |                 |  |
| HMI displays        | Up to 1024   |   |                 |  |
| Program scan time   | 20µs per 1kb<br>of typical<br>application  | 15µs per 1kb<br>of typical<br>application |                 |  |

### Removable Memory

Micro SD card      Compatible with standard SD and SDHC; up to 32GB store datalogs, Alarms, Trends, Data Tables, backup Ladder, HMI, and OS.  
See Note 6

#### Notes:

6. User must format via Unitronics SD tools utility.

---

**Communication Ports**

|                        |   |
|------------------------|---|
| Port 1                 | 1 channel, RS232/RS485 and USB device (V430 only). See Note 7 |
| Galvanic isolation     | No  |
| Baud rate              | 300 to 115200 bps   |
| RS232                  |   |
| Input voltage          | ±20VDC absolute maximum                                       |
| Cable length           | 15m maximum (50')   |
| RS485                  |   |
| Input voltage          | -7 to +12VDC differential maximum                             |
| Cable type             | Shielded twisted pair, in compliance with EIA 485             |
| Cable length           | 1200m maximum (4000')   |
| Nodes                  | Up to 32  |
| USB device (V430 only) |   |
| Port type              | Mini-B, See Note 9  |
| Specification          | USB 2.0 compliant; full speed                                 |
| Cable                  | USB 2.0 compliant; up to 3m                                   |
| Port 2 (optional)      | See Note 8  |
| CANbus (optional)      | See Note 8  |

**Notes:**

- This model is supplied with a serial port: RS232/RS485 (Port 1). The standard is set to either RS232 or RS485 according to jumper settings. Refer to the product's Installation Guide.
- The user may order and install one or both of the following modules:
  - An additional port (Port 2). Available port types: RS232/RS485 isolated/non-isolated, Ethernet
  - A CANbus port
 Port module documentation is available on the Unitronics website.
- Note that physically connecting a PC to the controller via USB suspends RS232/RS485 communications via Port 1. When the PC is disconnected, RS232/RS485 resumes.

---

**I/O Expansion**

|        |   |
|--------|---|
|        | Additional I/Os may be added. Configurations vary according to module.<br>Supports digital, high-speed, analog, weight and temperature measurement I/Os.  |
| Local  | Via I/O Expansion Port. Integrate up to 8 I/O Expansion Modules comprising up to 128 additional I/Os. Adapter required (P.N. EX-A2X).   |
| Remote | Via CANbus port. Connect up to 60 adapters to a distance of 1000 meters from controller; and up to 8 I/O expansion modules to each adapter (up to a total of 512 I/Os). Adapter required (P.N. EX-RC1). |

---

**Miscellaneous**

|                     |  |
|---------------------|--|
| Clock (RTC)         | Real-time clock functions (date and time)  |
| Battery back-up     | 7 years typical at 25 °C, battery back-up for RTC and system data, including variable data |
| Battery replacement | Yes. Coin-type 3V, lithium battery, CR2450   |

| Dimensions |        | V130-T2   | V350-T2   | V430J-T2  |
|------------|--------|---|---|---|
| Item       |        | V130J-T2  | V350J-T2  |   |
| Size       | Vxxx   | 109 x 114.1 x 68mm<br>(4.29 x 4.49 x 2.67").<br>See Note 10 | 109 x 114.1 x 68mm<br>(4.29 x 4.49 x 2.67").<br>See Note 10 |   |
|            | Vxxx-J | 109 x 114.1 x 66mm<br>(4.92 x 4.49 x 2.59").<br>See Note 10 | 109 x 114.1 x 66mm<br>(4.92 x 4.49 x 2.59").<br>See Note 10 | 136 x 105.1 x 61.3mm<br>(5.35 x 4.13 x 2.41").<br>See Note 10 |
| Weight     |        | 315g (11.11 oz)   | 335g (11.81 oz)   | 365g (12.87 oz)   |

**Notes:**

10. For exact dimensions, refer to the product's Installation Guide.

**Environment**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Operational temperature | 0 to 50°C (32 to 122°F)  |
| Storage temperature     | -20 to 60°C (-4 to 140°F)  |
| Relative Humidity (RH)  | 10% to 95% (non-condensing)  |
| Mounting method         | Panel mounted (IP65/66/NEMA4X)<br>DIN-rail mounted (IP20/NEMA1)                            |
| Operating Altitude      | 2000m (6562 ft)  |
| Shock                   | IEC 60068-2-27, 15G, 11ms duration   |
| Vibration               | IEC 60068-2-6, 5Hz to 8.4Hz, 3.5mm constant amplitude,<br>8.4Hz to 150Hz, 1G acceleration. |

The information in this document reflects products at the date of printing. Unibronics reserves the right, subject to all applicable laws, at any time, at its sole discretion, and without notice, to discontinue or change the features, designs, materials and other specifications of its products, and to either permanently or temporarily withdraw any of the foregoing from the market.

All information in this document is provided "as is" without warranty of any kind, either expressed or implied, including but not limited to any implied warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement. Unibronics assumes no responsibility for errors or omissions in the information presented in this document. In no event shall Unibronics be liable for any special, incidental, indirect or consequential damages of any kind, or any damages whatsoever arising out of or in connection with the use or performance of this information.

The tradenames, trademarks, logos and service marks presented in this document, including their design, are the property of Unibronics (1989) (R<sup>®</sup>G) Ltd. or other third parties and you are not permitted to use them without the prior written consent of Unibronics or such third party as may own them.

DOC13040-A0 01/15

## 2. Installation guide

### Vision™ OPLC™

V130-33-T2/V130-J-T2  
V350-35-T2/V350-J-T2  
V430-J-T2

### Installation Guide

- 12 Digital Inputs, including 2 Analog,  
3 HSC/Shaft-encoder inputs
- 12 Transistor Outputs

### General Description

All of the controllers covered in this guide are micro-OPLCs, rugged programmable logic controllers that comprise built-in operating panels and on-board I/Os.






| Item   | V130-T2<br>V130J-T2  |                 | V350-T2<br>V350J-T2 |      | V430J-T2         |
|--|--|-----------------|---------------------|------|------------------|
|  | On-board I/O   | Model Dependent |                     |      |                  |
| Screen   | 2.4"   |                 | 3.5" Color Touch    |      | 4.3" Color Touch |
| Keypad   | Yes  |                 | None                |      |                  |
| Function Keys  | None   |                 | Yes                 |      |                  |
| Com Port, Built-in   |  |                 |                     |      |                  |
| RS232/485  | Yes  | Yes             | Yes                 | Yes  | Yes*             |
| USB device,<br>mini-B  | None   | None            | None                | None | Yes*             |
| Com Ports, separate<br>order, user-installed   | The user may install a CANbus port (V100-17-CAN), and <b>one</b> of the following: <ul style="list-style-type: none"> <li>• RS232/RS485 port (V100-17-RS4/V100-17-RS4X)</li> <li>• Ethernet (V100-17-ET2)</li> <li>• Profibus Slave (V100-17-PB1)</li> </ul> |                 |                     |      |                  |
| * V430J comprises both RS232/485 and USB ports; note that only <b>one</b> channel may be used at a time. |  |                 |                     |      |                  |

### Standard Kit Contents



| Item                                 | V130-T2<br>V130J-T2 |     | V350-T2<br>V350J-T2 |  | V430J-T2      |
|--------------------------------------|---------------------|-----|---------------------|--|---------------|
|                                      | Controller          | Yes |                     |  |               |
| Terminal Blocks                      | Yes                 |     |                     |  |               |
| Battery (installed)                  | Yes                 |     |                     |  |               |
| Slides<br>(2 sets of key labels)     | None                |     | Yes                 |  | None          |
| Mounting Brackets                    | Yes (2 parts)       |     |                     |  | Yes (4 parts) |
| Rubber Seal                          | Yes                 |     |                     |  |               |
| Programming cable<br>+ RS232 adapter | Yes                 |     |                     |  | None          |
| USB<br>programming cable             | None                |     |                     |  | Yes           |

## Alert Symbols and General Restrictions

When any of the following symbols appear, read the associated information carefully.

| Symbol  | Meaning   | Description   |
|---|---|---|
|    | Danger  | The identified danger causes physical and property damage.      |
|    | Warning   | The identified danger could cause physical and property damage. |
|    | Caution   | Use caution.  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Before using this product, the user must read and understand this document.</li> <li>▪ All examples and diagrams are intended to aid understanding, and do not guarantee operation. Unitronics accepts no responsibility for actual use of this product based on these examples.</li> <li>▪ Please dispose of this product according to local and national standards and regulations.</li> <li>▪ Only qualified service personnel should open this device or carry out repairs.</li> </ul> |   |   |
|    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Failure to comply with appropriate safety guidelines can cause severe injury or property damage.</li> </ul>  |   |
|    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Do not attempt to use this device with parameters that exceed permissible levels.</li> <li>▪ To avoid damaging the system, do not connect/disconnect the device when power is on.</li> </ul> |   |

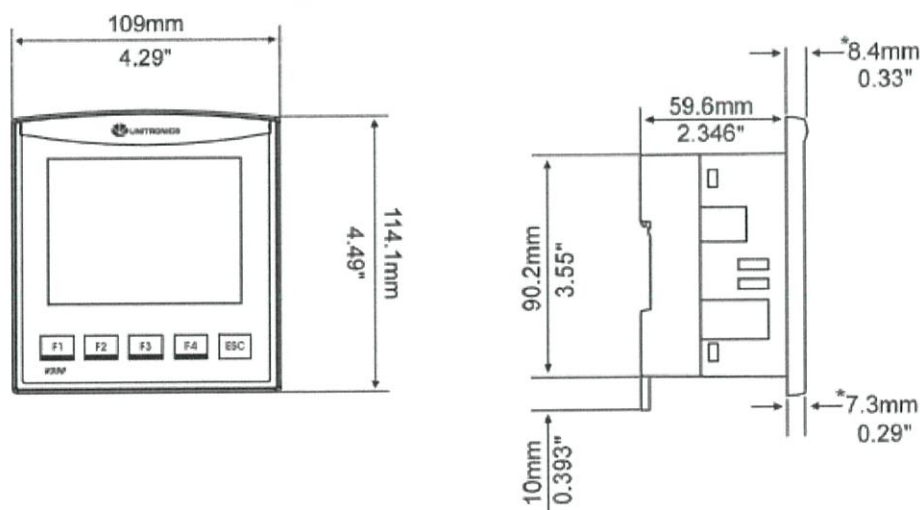
## Environmental Considerations

|   |  |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Do not install in areas with: excessive or conductive dust, corrosive or flammable gas, moisture or rain, excessive heat, regular impact shocks or excessive vibration, in accordance with the standards given in the product's technical specification sheet.</li> <li>▪ Do not place in water or let water leak onto the unit.</li> <li>▪ Do not allow debris to fall inside the unit during installation.</li> </ul> |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ventilation: 10mm space required between controller's top/bottom edges &amp; enclosure walls.</li> <li>▪ Install at maximum distance from high-voltage cables and power equipment.</li> </ul>   |

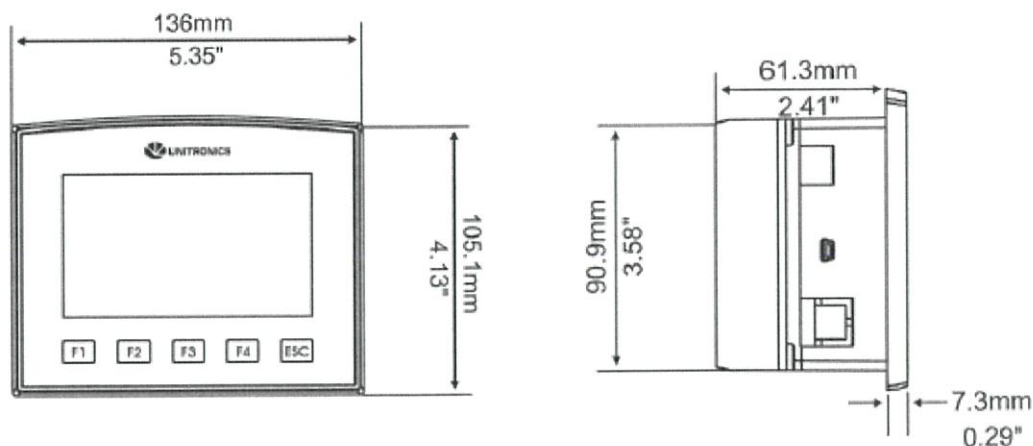
## Mounting

Note that figures are for illustrative purposes only.

### Dimensions: V130/V350/V130J/V350J



\* Note that for models V130J/V350J, the bezel width is 6.7 mm (0.26").

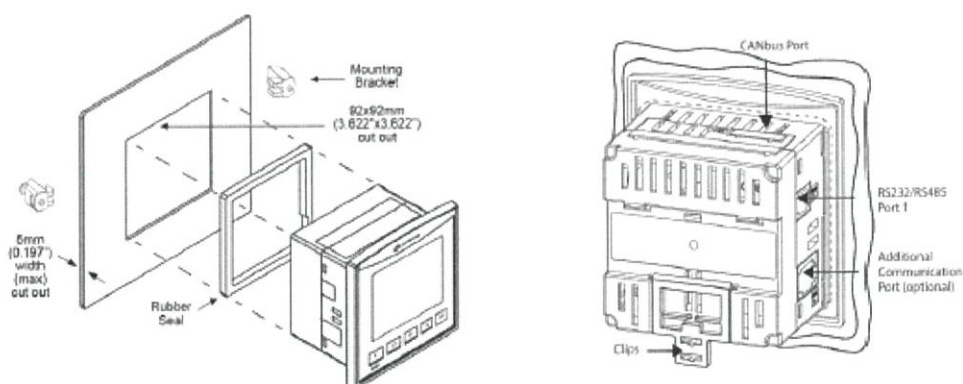
**Dimensions: V430J****Panel Mounting**

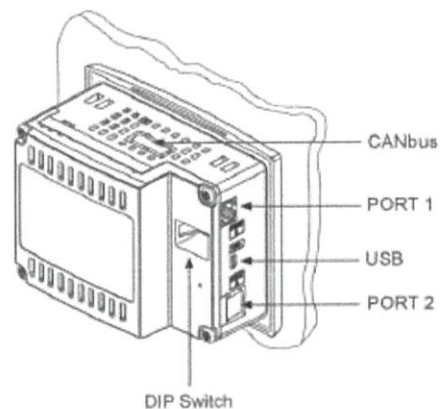
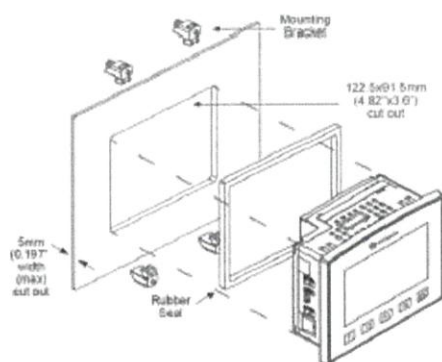
Before you begin, note that the mounting panel cannot be more than 5 mm thick.

**UL listed models:**

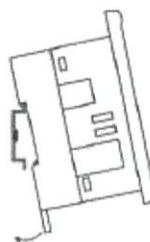
To meet the UL508 standard, panel-mount the device on the flat surface of a Type 1 enclosure.

1. Make a panel cut-out of the appropriate size:
  - V130/V350/V130J/V350J: 92x92 mm (3.622"x3.622").
  - V430J: 122.5x91.5 mm (4.82"x3.6").
2. Slide the controller into the cut-out, ensuring that the rubber seal is in place.
3. Push the mounting brackets into their slots on the sides of the panel as shown in the figure below.
4. Tighten the bracket's screws against the panel. Hold the bracket securely against the unit while tightening the screw.
5. When properly mounted, the controller is squarely situated in the panel cut-out as shown in the accompanying figures.

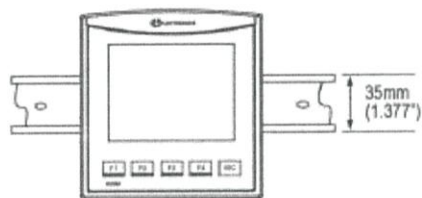
**V130/V350/V130J/V350J**

**V430J****DIN-rail Mounting (V130/V350/V130J/V350J)**

1. Snap the controller onto the DIN rail as shown in the figure to the right.



2. When properly mounted, the controller is squarely situated on the DIN-rail as shown in the figure to the right.



## Wiring



- Do not touch live wires.



- Install an external circuit breaker. Guard against short-circuiting in external wiring.
- Use appropriate circuit protection devices.
- Unused pins should not be connected. Ignoring this directive may damage the device.
- Double-check all wiring before turning on the power supply.

*Caution*

- To avoid damaging the wire, do not exceed a maximum torque of 0.5 N·m (5 kgf·cm).
- Do not use tin, solder, or any substance on stripped wire that might cause the wire strand to break.
- Install at maximum distance from high-voltage cables and power equipment.

### Wiring Procedure

Use crimp terminals for wiring; use 3.31 mm<sup>2</sup>–0.13 mm<sup>2</sup> wire (12-16 AWG):

1. Strip the wire to a length of 7±0.5mm (0.270–0.300").
2. Unscrew the terminal to its widest position before inserting a wire.
3. Insert the wire completely into the terminal to ensure a proper connection.
4. Tighten enough to keep the wire from pulling free.
  - Input or output cables should not be run through the same multi-core cable or share the same wire.
  - Allow for voltage drop and noise interference with I/O lines used over an extended distance. Use wire that is properly sized for the load.
  - The controller and I/O signals must be connected to the same 0V signal.

## I/Os

V130/V350/V130J/V350J/V430J-T2 models comprise a total of 12 inputs and 12 transistor outputs.

Input functionality can be adapted as follows:

12 inputs may be used as digital inputs. They may be wired in a group via a single jumper as either npn or pnp.

According to jumper settings and appropriate wiring:

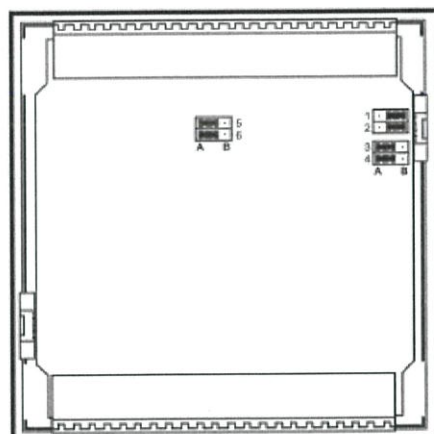
- Inputs 10 and 11 can function as either digital or analog inputs.
- Inputs 0, 2 and 4 can function as high-speed counters, as part of a shaft-encoder, or as normal digital inputs.
- Inputs 1, 3 and 5 can function as either counter reset, as part of a shaft-encoder, or as normal digital inputs.
- If inputs 0, 2 and 4 are set as high-speed counters (without reset), inputs 1, 3 and 5 can function as normal digital inputs.

## Input Jumper Settings

The tables below show how to set a specific jumper to change input functionality. To access the I/O jumpers, you must open the controller according to the instructions beginning on page 11.

- ⚠ Incompatible jumper settings and wiring connections may seriously damage the controller.  
 ▪ Do not move JP2.

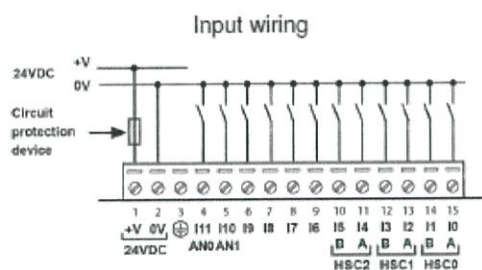
| Digital Inputs 0-11: Set Type          |                  |                |
|--|------------------|----------------|
| Set to                                 | JP1 (all Inputs) |                |
| npn (sink)                             | A                |                |
| pnp (source)*                          | B                |                |
| Inputs 10/11: Set as Digital or Analog |                  |                |
| Set to                                 | JP5 (Input 10)   | JP6 (Input 11) |
| Digital*                               | A                | A              |
| Analog                                 | B                | B              |
| Analog Inputs AN0/AN1: Set Type        |                  |                |
| Set to                                 | JP3 (AN0)        | JP4 (AN1)      |
| Voltage*                               | A                | A              |
| Current                                | B                | B              |



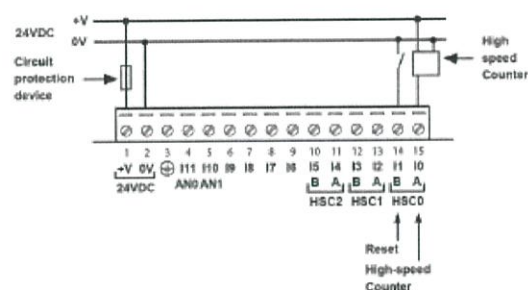
\*Default settings

## I/O Wiring

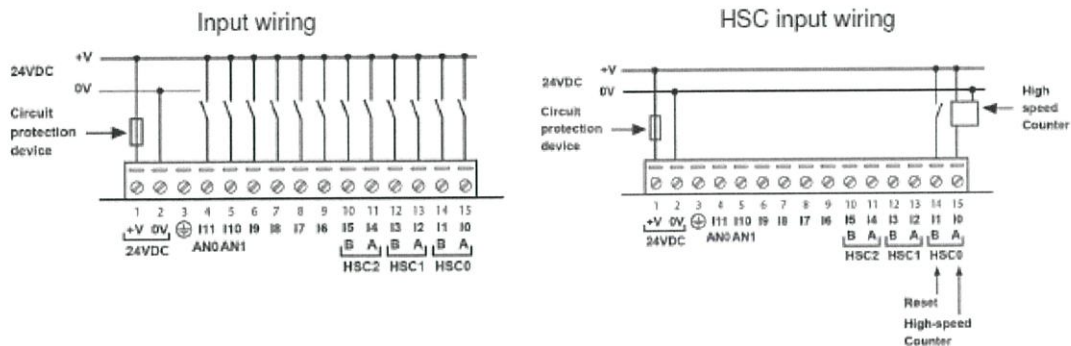
### npn (sink) Input



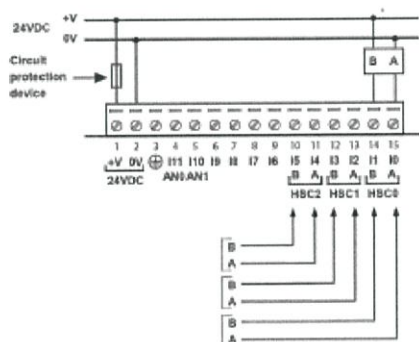
### HSC input wiring



### pnp (source) Input

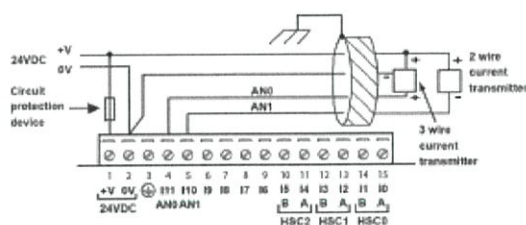


### Shaft-encoder

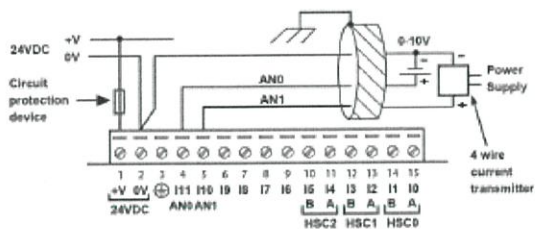


### Analog Input

Analog input wiring, current (2/3-wire)



Analog input wiring, current (4-wire), Voltage



- Shields should be connected at the signal's source.
- The 0V signal of the analog input must be connected to the controller's 0V.




## Communication

- **V130/V350/V130J/V350J**  
These models comprise a built-in RS232/RS485 serial port (Port 1)
- **V430J**  
These models comprise built-in ports: 1 USB and 1 RS232/RS485 (Port 1).

Note that physically connecting a PC to the controller via USB suspends RS232/RS485 communications via Port 1. When the PC is disconnected, RS232/RS485 resumes.


### RS232/RS485 Port

|   |  |
|---|--|
|  | ▪ Turn off power before making communications connections.   |
| <i>Caution</i>  | ▪ Always use the appropriate port adapters.  |
| <i>Caution</i>  | ▪ Signals are related to the controller's 0V; the same 0V is used by the power supply.<br>▪ The serial port is not isolated. If the controller is used with a non-isolated external device, avoid potential voltage that exceeds $\pm 10V$ . |

- Use RS232 to download programs from a PC, and to communicate with serial devices and applications, such as SCADA.
- Use RS485 to create a multi-drop network containing up to 32 devices.

### Pinouts

The pinouts below show the PLC port signals.

| RS232 |              | RS485** |                | Controller Port<br> |
|-------|--------------|---------|----------------|--|
| Pin # | Description  | Pin #   | Description    |  |
| 1*    | DTR signal   | 1       | A signal (+)   |  |
| 2     | 0V reference | 2       | (RS232 signal) |  |
| 3     | TXD signal   | 3       | (RS232 signal) |  |
| 4     | RXD signal   | 4       | (RS232 signal) |  |
| 5     | 0V reference | 5       | (RS232 signal) |  |
| 6*    | DSR signal   | 6       | B signal (-)   |  |

\* Standard programming cables do not provide connection points for pins 1 and 6.

\*\* When a port is adapted to RS485, Pin 1 (DTR) is used for signal A, and Pin 6 (DSR) signal is used for signal B.

Note that it is possible to establish a PC to PLC connection using RS232 even when the PLC is set to RS485 (this eliminates the need to open the controller to set jumpers).

To do so, remove the RS485 connector (pins 1 & 6) from the PLC and connect a standard RS232 programming cable.

Note that this is possible only if DTR and DSR signals of RS232 are not used (which is the standard case).

### Setting RS232/RS485 Communication Parameters, V130/V350/V130J/V350J

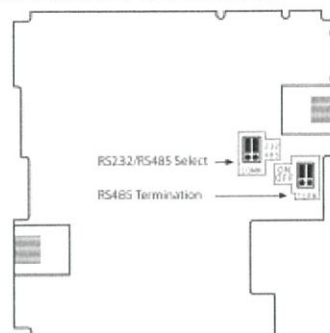
This port may be set to either RS232 or RS485 via jumper.

The accompanying figure shows the jumper factory default settings.

These jumpers may be used to:

- Set communications to RS485, by setting both COMM jumpers to '485'.
- Set RS485 termination, by setting both TERM jumpers to 'OFF'.

To access the jumpers, you must open the controller according to the instructions on page 11.



### Setting RS232/RS485 Communication Parameters, V430J

This port may be set to either RS232 or RS485 via DIP switches:

The table shows the DIP switches factory default settings. Use the table to adapt the settings.

|                          | Switch Settings |     |     |     |     |     |
|--------------------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                          | 1               | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| RS232*                   | ON              | OFF | OFF | ON  | OFF | OFF |
| RS485                    | OFF             | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF |
| RS485 with termination** | OFF             | ON  | ON  | OFF | ON  | ON  |

\* Default factory setting

\*\* Causes the unit to function as an end unit in an RS485 network

### USB Port

---

**Caution** ▪ The USB port is not isolated.  
Make sure that the PC and the controller are grounded to same potential.

---

The USB port may be used for programming, OS download, and PC access.

### Opening the Controller



- Before performing these actions, touch a grounded object to discharge any electrostatic charge.
- Avoid touching the PCB board directly. Hold the PCB board by its connectors.

1. Turn off the power supply, disconnect, and dismount the controller.
2. The back cover of the controller comprises 4 screws, located in the corners. Remove the screws, and pull off the back cover.

### Changing I/O Settings

After opening the controller and exposing the I/O board, you can change the jumper settings according to the table shown above.

### Changing Communication Settings (V130/V350/V130J/V350J Only)

1. To access the communication jumpers, hold the I/O PCB board by its top and bottom connectors and steadily pull the board off.
2. Locate the jumpers, and then change the settings as required, according to the jumpers' settings shown on page 10.

### Closing the Controller

1. Gently replace the board. Make certain that the pins fit correctly into their matching receptacle. Do not force the board into place; doing so may damage the controller.
2. Replace the back cover of the controller and fasten the corner screws.

**Note that you must replace the back cover securely before powering up the controller.**

ภาคผนวก ค  
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

1. มอก. 1155 - 2536



สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
กระทรวงอุตสาหกรรม

หลักเกณฑ์เฉพาะ  
ในการรับรองผลิตภัณฑ์  
เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง แบบแยกส่วน  
ระบายความร้อนด้วยอากาศ  
มาตรฐานเลขที่ มอก. 1155-2536



## ประกาศ

### สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เรื่อง หลักเกณฑ์เฉพาะในการรับรองผลิตภัณฑ์

เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง แบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ

มาตรฐานเลขที่ มอก.1155-2536

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงแก้ไข หลักเกณฑ์เฉพาะ ในการรับรองผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศ สำหรับห้อง แบบแยกส่วน ระบายความร้อนด้วยอากาศ มาตรฐานเลขที่ มอก.1155-2536 ให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์ การรับรองผลิตภัณฑ์ ที่คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมีมติให้ความเห็นชอบในการประชุมครั้งที่ 557-1/2552 เมื่อวันที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2552

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จึงยกเลิกประกาศสำนักงานมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่อง หลักเกณฑ์เฉพาะ ในการรับรองผลิตภัณฑ์ เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง แบบแยกส่วน ระบายความร้อนด้วยอากาศ มาตรฐานเลขที่ มอก.1155-2536 ฉบับลงวันที่ 8 พฤษภาคม พ.ศ.2551 และกำหนด หลักเกณฑ์เฉพาะ ในการรับรองผลิตภัณฑ์ ดังรายละเอียดท้ายประกาศฉบับนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันประกาศ เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ.2552

(ลงชื่อ)

รัตนากรณ์ จिंगสงวนสิทธิ์

(นางรัตนากรณ์ จिंगสงวนสิทธิ์)

เลขาธิการสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

## หลักเกณฑ์เฉพาะในการรับรองผลิตภัณฑ์

เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง แบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ มอก. 1155-2536

### 1. การตรวจสอบเพื่อการอนุญาต

การอนุญาตให้ใช้เครื่องหมายมาตรฐานจะพิจารณาจากขีดความสามารถในการทำผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด และขีดความสามารถในการควบคุมดูแลให้ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามมาตรฐาน โดยสม่ำเสมอ

#### 1.1 การตรวจสอบการทำผลิตภัณฑ์

สมอ.จะตรวจสอบการทำผลิตภัณฑ์ของผู้ทำ ดังนี้

1.1.1 ประเมินระบบควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ของโรงงานที่ทำ ตามข้อกำหนดกิจกรรมในภาคผนวก ก. ของหลักเกณฑ์การรับรองผลิตภัณฑ์ ดังนี้

- (1) การควบคุมวัตถุดิบ
- (2) การควบคุมระหว่างการผลิต
- (3) การควบคุมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
- (4) การควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นตามข้อกำหนด
- (5) การซึบ่งและสอบกลับได้
- (6) การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์
- (7) เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต และการบำรุงรักษา
- (8) การควบคุมเครื่องตรวจวัดและทดสอบ
- (9) การฝึกอบรม (ทักษะและความรู้ความสามารถ)
- (10) การควบคุมบันทึกคุณภาพ

อนึ่ง สมอ. จะพิจารณารับผลการตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพจากหน่วยงาน ดังนี้

- (1) หน่วยงานที่ได้รับการแต่งตั้ง ตามมาตรา 5
- (2) หน่วยงานที่ สมอ. ให้การยอมรับตามเกณฑ์ที่ สมอ. กำหนด

1.1.2 ต้องมีการควบคุม/ตรวจสอบ/ทดสอบ ผลิตภัณฑ์ทุกรายการตามมาตรฐาน โดยที่การตรวจสอบแต่ละรายการ อาจกระทำโดยผู้ขอรับใบอนุญาตหรือผู้อื่นที่ได้รับมอบหมาย

1.1.3 ต้องมีเครื่องมือทดสอบ และทดสอบเป็นประจำ ในรายการต่อไปนี้ เป็นอย่างน้อย

- (1) ความต้านทานฉนวนไฟฟ้า
- (2) ความทนแรงดันไฟฟ้า
- (3) ความทนความดัน ( กรณีที่มีการผลิตแผงแลกเปลี่ยนความร้อน )

#### 1.2 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์

สมอ. จะตรวจสอบผลิตภัณฑ์เพื่อการอนุญาตตามข้อกำหนดในมาตรฐานทุกรายการ โดยมีการจำแนก

ผลิตภัณฑ์ การเก็บตัวอย่างตรวจสอบ และการยอมรับผลทดสอบ ดังนี้

### 1.2.1 การจำแนกผลิตภัณฑ์ ดังนี้

| ชนิด                                   | ขีดความสามารถทำความเย็น(วัตต์) | อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน |
|--|--------------------------------|-----------------------------|
| - ส่งลมเย็น<br>โดยตรง                  | ไม่มากกว่า 4,000               | 2.82 ถึงน้อยกว่า 3.22       |
|  |                                | 3.22 ขึ้นไป                 |
| - ส่งลมเย็น<br>ผ่านระบบท่อ<br>กระจายลม | มากกว่า 4,000 ถึง 8,000        | 2.82 ถึงน้อยกว่า 3.22       |
|  |                                | 3.22 ขึ้นไป                 |
|  | มากกว่า 8,000 ถึง 12,000       | 2.53 ถึงน้อยกว่า 3.22       |
|  |                                | 3.22 ขึ้นไป                 |

### 1.2.2 การเก็บตัวอย่างตรวจสอบ

เจ้าหน้าที่เป็นผู้เก็บตัวอย่างเพื่อตรวจสอบ เก็บตัวอย่าง 1 ชุดตัวอย่าง ต่อ ชนิด ขีดความสามารถทำความเย็น อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน โดยเก็บขนาดที่มีอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานต่ำสุดของกลุ่มตามที่ยื่นขอ

- หมายเหตุ 1. 1 ชุดตัวอย่างประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศฯ จำนวน 3 หน่วย  
2. กลุ่มที่มีจำนวนเกิน 10 ขนาด ให้เก็บตัวอย่างเพิ่ม 1 ชุดตัวอย่าง ต่อทุก 10 ขนาด

### 1.2.3 การยอมรับผลทดสอบ

สมอ. จะประเมินผลิตภัณฑ์ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน โดยจะพิจารณาผลทดสอบผลิตภัณฑ์ตามความเหมาะสม ดังนี้

- (1) ผลทดสอบจากห้องปฏิบัติการทดสอบที่ได้รับการแต่งตั้งตามมาตรา 5
- (2) ผลทดสอบจากห้องปฏิบัติการทดสอบที่ สมอ. ให้การยอมรับตามเกณฑ์ที่ สมอ. กำหนด

### 1.3 การออกใบอนุญาต

สมอ. จะออกใบอนุญาตโดยระบุ ชนิด จำนวนฟส ความถี่ แรงดันไฟฟ้า พิกัดกระแสไฟฟ้า พิกัดกำลังไฟฟ้า ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิ และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน ตามที่ยื่นขอ

## 2. การตรวจติดตามภายหลังการอนุญาต

เพื่อให้มั่นใจว่าผู้รับใบอนุญาตยังคงรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานอย่างสม่ำเสมอ สมอ. จะดำเนินการตรวจติดตามภายหลังการอนุญาต โดยการตรวจสอบการทำผลิตภัณฑ์ของผู้รับใบอนุญาตและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ ดังนี้

- 2.1 ตรวจสอบการทำผลิตภัณฑ์โดยการประเมินระบบควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ตามข้อ 1.1 ณ โรงงานที่ทำผลิตภัณฑ์ ปีละ 1 ครั้ง
  - 2.2 เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากโรงงานที่ทำผลิตภัณฑ์เพื่อตรวจสอบ ปีละ 1 ครั้ง
- โดยทั่วไป สมอ. จะดำเนินการตรวจสอบการทำและตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของผู้รับใบอนุญาตแต่ละราย 1 ครั้ง/ปี

และหากผลการตรวจแสดงว่าผู้รับใบอนุญาต สามารถรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ได้อย่าง สม่าเสมอและต่อเนื่อง สมอ.อาจพิจารณาปรับลดจำนวนครั้งการตรวจสอบการทำและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ ในทางกลับกันหากผลการตรวจแสดงว่ามีเหตุอันควรเชื่อได้ว่าผู้รับใบอนุญาตไม่สามารถรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ได้อย่างสม่าเสมอและต่อเนื่อง สมอ.อาจพิจารณาปรับเพิ่มจำนวนครั้งการตรวจสอบการทำ และการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ ตามความเหมาะสม

2.3 ชื่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากสถานที่จำหน่ายเพื่อตรวจสอบ ตามความเหมาะสม

### 3. เงื่อนไขที่ผู้รับใบอนุญาตต้องปฏิบัติ

3.1 ผู้รับใบอนุญาตต้องปฏิบัติตามวิธีการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐาน ผู้รับใบอนุญาตต้องได้รับการตรวจติดตามภายหลังการอนุญาตตามที่กำหนด และจัดให้โรงงานที่ระบุใน ใบอนุญาตมีการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ ดังนี้

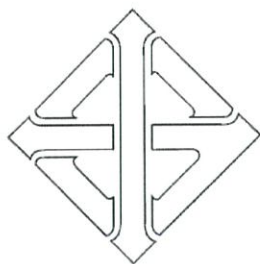
- (1) ต้องมีวิธีการควบคุมคุณภาพตามข้อกำหนดกิจกรรมในระบบควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ตามภาคผนวก ก. ของหลักเกณฑ์การรับรองผลิตภัณฑ์
- (2) ต้องมีการควบคุม/ตรวจสอบ/ทดสอบ ทูรรายการตามที่ มาตรฐาน กำหนด โดยที่การตรวจสอบแต่ละ รายการอาจกระทำโดยผู้รับใบอนุญาตหรือผู้อื่นที่ได้รับมอบหมายก็ได้
- (3) ต้องมีเครื่องมือทดสอบรายการตามข้อกำหนดในหลักเกณฑ์เฉพาะในการรับรองผลิตภัณฑ์ ที่เกี่ยวข้อง และต้องทดสอบเป็นประจำที่โรงงาน
- (4) ต้องแจ้งให้ สมอ. ทราบทุกครั้ง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลใดๆ ไปจากที่เคยแจ้งไว้ที่ สมอ.ซึ่งอาจมีผล ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้รับอนุญาต
- (5) ต้องแจ้งปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ได้รับใบอนุญาตต่อสมอ. ทุกครั้งปีปฏิทินโดยต้องแจ้งภายใน 30 วัน นับแต่วันที่ครบกำหนดแจ้ง
- (6) ต้องบันทึกและจัดเก็บข้อร้องเรียนเกี่ยวกับคุณภาพผลิตภัณฑ์รวมทั้งบันทึกการแก้ไขและส่งสำเนาให้ สมอ. เมื่อได้รับการร้องขอ

3.2 ผู้รับใบอนุญาตแสดงเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกับผลิตภัณฑ์ทั่วไป

ผู้รับใบอนุญาตต้องแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์ที่ได้รับใบอนุญาตภายใน 30 วัน นับแต่วันที่ ได้รับแจ้งจาก สมอ.

3.3 ผู้รับใบอนุญาตต้องชำระค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ภายใน 15 วัน นับแต่วันที่ได้รับแจ้งให้ชำระ

2. มอก. 2134 – 2545



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2134 – 2545

**เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง**  
**เฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม : ประสิทธิภาพพลังงาน**

ROOM AIR CONDITIONERS ENVIRONMENT REQUIREMENTS :

ENERGY EFFICIENCY

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 23.120

ISBN 974-608-758-4

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง  
เฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม : ประสิทธิภาพพลังงาน

มอก. 2134 – 2545

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400  
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 120 ตอนที่ 69ง  
วันที่ 28 สิงหาคม พุทธศักราช 2546



**ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม**

**ฉบับที่ 3134 ( พ.ศ. 2546 )**

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง เฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม : ประสิทธิภาพพลังงาน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง เฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม : ประสิทธิภาพพลังงาน มาตรฐานเลขที่ มอก. 2134-2545 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 13 มิถุนายน พ.ศ. 2546

**สมศักดิ์ เทพสุทิน**

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

# มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

## เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง

### เฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม : ประสิทธิภาพพลังงาน

#### 1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ครอบคลุมถึง เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง แบบแยกส่วน และ เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง แบบติดตั้ง ใช้น้ำไฟฟ้ากระแสสลับ 50 เฮิรตซ์ ที่มีขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิ ไม่เกิน 12 000 วัตต์

#### 2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ให้เป็นไปตามที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องปรับอากาศชนิดติดตั้งห้อง มาตรฐานเลขที่ มอก.385 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องปรับอากาศ สำหรับห้อง แบบแยกส่วน ระบายความร้อนด้วยอากาศ มาตรฐานเลขที่ มอก.1155 และ ดังต่อไปนี้

- 2.1 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (energy efficiency ratio -EER) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องปรับอากาศ หน่วยเป็นวัตต์ กับ พิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นวัตต์
- 2.2 เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง แบบติดตั้ง หมายถึง เครื่องปรับอากาศชนิดติดตั้งห้อง ตามมาตรฐานเลขที่ มอก.385 ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ มีส่วนประกอบซึ่งออกแบบให้รวมกันเป็นหน่วยเดียว ใช้ติดตั้งที่ช่องหน้าต่างหรือช่องในผนังห้อง เมื่อนำมาติดตั้งตามแบบของผู้ทำแล้ว สามารถปรับอากาศโดยลดอุณหภูมิและความชื้นให้กับห้องหรือบริเวณที่ปรับอากาศได้
- 2.3 เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง แบบแยกส่วน หมายถึง เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง แบบแยกส่วน ระบายความร้อนด้วยอากาศ ตามมาตรฐานเลขที่ มอก.1155 ซึ่งแยกออกเป็น ชุดคอนเดนซิง (condensing unit) และชุดแฟนคอยล์ (fan-coil unit) ที่ทำงานร่วมกัน เมื่อนำมาติดตั้งตามแบบของผู้ทำแล้ว สามารถปรับอากาศโดยลดอุณหภูมิและความชื้นในสถานที่ติดตั้งชุดแฟนคอยล์ได้
- 2.4 ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่อง (net total room cooling effect of a unit) หมายถึง ความสามารถทั้งหมดของเครื่องที่จะระบายความร้อนสัมผัส (sensible heat) และความร้อนแฝง (latent heat) ออกจากบริเวณที่ปรับอากาศต่อหน่วยเวลาขณะทำงาน ณ ภาวะมาตรฐานที่ใช้ทดสอบ
- 2.5 พิกัดกำลังไฟฟ้า (rated power input) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่ใช้พร้อมกันของเครื่องอัดก๊าซ พัดลม อุปกรณ์ควบคุม และอุปกรณ์อื่นที่ประกอบใช้เครื่องปรับอากาศนั้น ๆ ขณะทำงาน ณ ภาวะมาตรฐานที่ใช้ทดสอบ

### 3. คุณลักษณะที่ต้องการ

- 3.1 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำให้เป็นไปตาม ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1
- 3.2 ประสิทธิภาพพลังงาน
- 3.2.1 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานไม่น้อยกว่า ร้อยละ 93 ของค่าที่ระบุ
- 3.2.2 ชีตความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องไม่น้อยกว่า ร้อยละ 95 ของชีตความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องที่ระบุ
- 3.2.3 พิกัดกำลังไฟฟ้าไม่เกินร้อยละ 110 ของพิกัดกำลังไฟฟ้าที่ระบุ
- การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 6

ตารางที่ 1 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ  
(ข้อ 3.1)

| แบบของเครื่องปรับอากาศ | อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ         |  |
|------------------------|--|--|
|                        | ชีตความสามารถทำความเย็นไม่เกิน 8 000 วัตต์ | ชีตความสามารถทำความเย็น 8 001 วัตต์ ถึง 12 000 วัตต์ |
| แบบติดผนัง ไม่น้อยกว่า | 2.53 (2.82)*                               | 2.53   |
| แบบแยกส่วน ไม่น้อยกว่า | 2.82                                       | 2.53   |

หมายเหตุ \* ค่าใน ( ) หมายถึง ให้มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2549

### 4. เครื่องหมายและฉลาก

- 4.1 ที่เครื่องปรับอากาศทุกเครื่อง อย่างน้อยต้องมีเลข อักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และถาวร
- (1) ชื่อแบบ(model) และชนิด
  - (2) ชื่อแบบ(model) และชนิด ของชุดคอนเดนซิ่ง และชุดแฟนคอยล์ที่ใช้คู่กัน(สำหรับแบบแยกส่วน)
  - (3) ชื่อแบบ(model) ของคอมเพรสเซอร์
  - (4) ชื่อแบบ(model) ของมอเตอร์
  - (5) หมายเลขลำดับ
  - (6) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน
  - (7) ชีตความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่อง เป็นวัตต์ โดยเป็นจำนวนเต็มของ 100 วัตต์ เช่น 8132 วัตต์ ให้ระบุเป็น 8100 วัตต์
  - (8) แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด เป็นโวลต์
  - (9) จำนวนเฟส
  - (10) ความถี่ เป็นเฮิรตซ์

- (11) พิกัดกระแสไฟฟ้า เป็นแอมแปร์
- (12) พิกัดกำลังไฟฟ้า เป็นวัตต์
- (13) ชื่อสารทำความเย็นและปริมาณ เป็นกรัม
- (14) เดือน ปีที่ทำ
- (15) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำพร้อมสถานที่ตั้ง

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

### 5. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- 5.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง เครื่องปรับอากาศแบบเดียวกัน มีขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องเดียวกัน มีส่วนประกอบ/ชิ้นส่วนอุปกรณ์อย่างเดียวกัน ทำจากโรงงานเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน
- 5.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน
  - 5.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 1 เครื่อง
  - 5.2.2 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3. และข้อ 4. ทุกรายการ จึงจะถือว่าเครื่องปรับอากาศรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

### 6. การทดสอบ

- 6.1 ผู้ทำต้องแจ้งรายละเอียดของเครื่องปรับอากาศ ตามภาคผนวก ก.
- 6.2 การทดสอบ
  - 6.2.1 การทดสอบเครื่องหมายและฉลาก  
ให้ทำโดยการตรวจพินิจ
  - 6.2.2 การทดสอบหาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน  
ให้ปฏิบัติตาม มอก. 385 หรือ มอก.1155 แล้วแต่กรณี

## ภาคผนวก ก.

## รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศ

(ข้อ 6.1)

- (1) แบบ (.....) แยกส่วน ชื่อรุ่นของชุดคอนเดนซิ่ง .....  
 ชื่อรุ่นของชุดแฟนคอยล์ .....  
 (.....) ติดผนัง ชื่อแบบ .....
- (2) ขนาดขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิ ..... วัตต์
- (3) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) .....
- (4) พิกัดกระแสไฟฟ้า (rated current) ..... แอมป์
- (5) พิกัดกำลังไฟฟ้า (rated power input) ..... วัตต์
- (6) แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ..... โวลต์
- (7) จำนวนเฟส ..... เฟส
- (8) ความถี่ ..... เฮิรตซ์
- (9) ชื่อสารทำความเย็น ..... ปริมาณ ..... กรัม
- (10) รายละเอียดอุปกรณ์หลักของชุดคอนเดนซิ่ง
- (10.1) คอมเพรสเซอร์ ยี่ห้อ ..... รุ่น .....
- (10.2) มอเตอร์พัดลมรุ่น ..... ขนาด ..... วัตต์  
 ความเร็วรอบ ..... รอบต่อนาที จำนวน ..... ตัว
- (10.3) พัดลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ..... มิลลิเมตร จำนวน ..... ตัว
- (10.4) แผงควบแน่น ขนาดพื้นที่ผิวหน้า (face area) ..... ตารางเมตร  
 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อ ..... มิลลิเมตร  
 จำนวนแถว ..... แถว, ระยะระหว่างครีป ..... มิลลิเมตร
- (11) รายละเอียดอุปกรณ์หลักของชุดแฟนคอยล์
- (11.1) มอเตอร์รุ่น ..... ขนาด ..... วัตต์  
 ความเร็วรอบ ..... รอบต่อนาที จำนวน ..... ตัว
- (11.2) พัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ..... มิลลิเมตร  
 ความยาว ..... มิลลิเมตร จำนวน ..... ตัว
- (11.3) แผงอีแวพอเรเตอร์ ขนาดพื้นที่ผิวหน้า (face area) ..... ตารางเมตร  
 จำนวนแถว ..... แถว, ระยะระหว่างครีป ..... มิลลิเมตร