วันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2562

เรื่อง ตอบรับการนำเสนอบทความวิชาการ

เรียน **คุณสัญชัยยะ ผสมกุศลศีล**

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเรื่อง **"การควบคุมระบบจัดการพลังงานของระบบทำความเย็นและปรับอากาศด้วยวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอเพื่อประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ ARM7"** เพื่อเข้าร่วมนำเสนอในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33 ระหว่างวันที่ 2-5 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 โรงแรมเซ็นทาราและคอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ จังหวัดอุดรธานี คณะกรรมด้านการจัดการบทความของการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33 จึงขอแจ้งให้ท่านทราบว่า บทความของท่านได้ผ่านการพิจารณาให้นำเสนอในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33

จึงขอเชิญท่านเข้าร่วมประชุม และนำเสนอผลงาน ซึ่งจะแจ้งกำหนดการการนำเสนอให้ท่านทราบอีกครั้งหนึ่งผ่านทาง http://www.tsme.org/me-nett/me-nett2019/

(ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ณัฐพล ภูมิสะอาด)
ประธานคณะกรรมการด้านการจัดการบทความ
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33

หากต้องการข้อมูลเพิ่มเติมโปรดติดต่อ
ผู้ประสานงานด้านบทความ ผศ.ดร.ณัฐพล ภูมิสะอาด
โทร 089-9445285 LineID: dryingmsu

# การควบคุมระบบจัดการพลังงานของระบบทำความเย็นและปรับอากาศด้วยวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอเพื่อประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ ARM7

# Energy Management System Control of Refrigeration System and Air Condition with the Vapor Compression Cooling Cycle for Energy Saving in Industrial Plant using ARM7 Microcontroller

สัญชัยยะ ผสมกุศลศีล[1*], และอธิวัฒน์ นาคสุริยวงษ์[2]

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
1761 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
*ผู้ติดต่อ: E-mail: sanchaiya.pas@gmail.com, Fax: 0-2321-4444

***บทคัดย่อ***

บทความงานวิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างชุดควบคุมระบบจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมโดยการใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ ARM7 มาช่วยควบคุมระบบการจัดการพลังงานของระบบทำความเย็นและปรับอากาศด้วยอาศัยวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ ซึ่งจะใช้ตัวเซนเซอร์เป็นตัวจับการเคลื่อนไหว เมื่อไม่มีผู้ใดอยู่ในห้องทำงานระบบจะทำงานอัตโนมัติโดยใช้คำสั่งตัดระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบไฟฟ้าภายในอาคารทันที และจะหยุดการทำงานของเครื่องปรับอากาศในบริเวณห้องที่ไม่มีการใช้งาน ทำให้มีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดและทำให้ลดค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ไฟฟ้าได้ดี ระบบทำความเย็นและปรับอากาศนี้สามารถประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมแทนการ์ดกุญแจเสียบในช่องตัดต่อระบบไฟฟ้าในอาคารที่อาจจะลืมได้ และระบบนี้จะควบคุมปริมาณความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพดี ดังนั้นสามารถประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็นได้ประมาณ 35 % และสามารถลดค่าไฟฟ้าและลดปริมาณความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ได้ประมาณ 10 %

***คำหลัก:*** การประหยัดพลังงาน, เครื่องปรับอากาศ, ประสิทธิภาพ, ไมโครคอลโทรลเลอร์ ARM7, ระบบจัดการพลังงาน

***Abstract***

This research paper presents the design and construction of an energy management systems for industrial factories by using the ARM7 microprocessor to help control of refrigeration system and air condition with vapor compression cycle, which will use the sensor as a motion capture and when no one is in the office. The system will run automatically using the command to cut the lighting and the electrical system inside the building immediately, and will stop the operation of the air conditioner in the room that is not in use resulting in unnecessary energy savings in maximum benefits and reducing the cost of users. This cooling and air condition system can also be used in industrial factories instead

**2.1 การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า**

การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า สามารถทำได้โดยลดการสูญเสียและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ เช่น ปิดเครื่องจักรในขณะไม่ใช้งาน เลือกขนาดอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับงาน ติดตั้งระบบอัตโนมัติควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าอย่างเหมาะสม

**2.2 การลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด**

ตัวประกอบโหลด(Load Factor: LF) เป็นตัวประกอบสำคัญในการคิดหาต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อตัวประกอบโหลดมีค่าสูงแสดงว่าค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม หากมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้น ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยก็จะลดลง ตัวประกอบโหลดนี้เป็นค่าที่ได้จากการวัดความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบเดือน หาจากสมการดังนี้

$$\text{โหลดแฟกเตอร์ (L.F.)} = \frac{P_{mean}}{P_{max}} 100 \qquad (1)$$

เมื่อ

$P_{mean}$ (โหลดเฉลี่ย) คือ ความต้องการกำลังโดยเฉลี่ย (demand) ใน 1เดือน (kW)

$P_{max}$ (โหลดสูงสุด) คือ ความต้องการกำลังสูงสุด (max. demand) ใน 1 เดือน (kW)

**2.3 การลดค่าความต้องการกำลังรีแอคทีฟสูงสุด**

การลดค่านี้สามารถทำได้โดยการปรับแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า(Power Factor Correction) ระบบไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ(Power Factor: PF) แสดงว่ามีการสูญเสียพลังงานในระบบมาก จะส่งผลให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายพลังงานมาก การแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

**2.4 ระบบทำความเย็นและปรับอากาศ [3]**

โรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปจะมีลักษณะแบบปิด จำเป็นต้องมีการปรับอากาศภายในโรงงาน ซึ่งระบบการปรับอากาศนี้เป็นระบบที่มีการใช้พลังงานมาก เนื่องจากจะต้องทำงานตลอดเวลาในขณะที่พนักงานยังคงทำงาน ดังนั้นการวางแผนจัดการที่ดีจะช่วยลดค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้าได้ การใช้งานและการบำรุงรักษาระบบทำความเย็นและปรับอากาศที่ถูกต้องจะช่วยให้ประหยัดพลังงานได้

**2.4.1 วิธีการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ**

- ทำการปรับปรุงระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นพิจารณาจากมาตรการอนุรักษ์พลังงาน
- ออกแบบอาคารที่ติดตั้งระบบปรับอากาศและวัสดุต่างๆ เพื่อใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
- บำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศสม่ำเสมอ

**2.4.2 เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ**

โดยเลือกประเภทของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งานของระบบ [4] ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็นจะมีส่วนประกอบหลักของระบบปรับอากาศ ได้แก่ การควบคุมระบบทำความเย็นที่เครื่องทำน้ำเย็น การควบคุมความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำเย็น การควบคุมระบบส่งจ่ายลมเย็น การควบคุมหอระบายถ่ายเทความร้อน ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการจ่ายลมเย็น

รูปที่ 1 ระบบปรับอากาศประเภท WATER COOLED WATER CHILLER

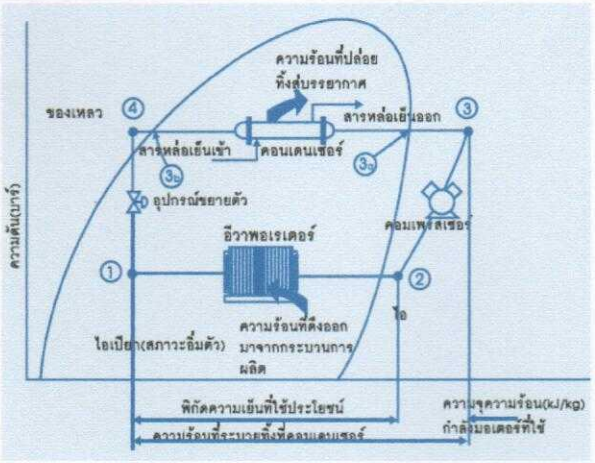
ออกเป็น 2 ระบบหลัก ได้แก่

- ระบบการจ่ายลมเย็นแบบ Constant Volume with Variable Temperature System
- ระบบการจ่ายลมเย็นแบบ Variable Volume Variable Air Volume System: VAV ในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ

### 2.4.3 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

ระบบทำความเย็นส่วนใหญ่ได้รับการขับเคลื่อนโดยเครื่องจักรกลซึ่งจะทำการดูดและอัดไอสารทำความเย็นไปตามวัฏจักร ซึ่งความร้อนจะถูกส่งถ่ายเทและปล่อยทิ้งโดยอาศัยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ในระบบนี้มีหลักการทำงานด้วยวัฏจักรที่เรียกว่า วัฏจักรแบบอัดไอ (vapor-compression cycle)และมีระบบทำความเย็นที่สามารถใช้ในการทำให้เกิดการทำความเย็นได้ เช่น ระบบดูดซึม (absorption system) ซึ่งระบบนี้จะเหมาะสมกับอุตสาหกรรมที่มีความร้อนเหลือใช้หรือมีน้ำร้อนเหลือจากกระบวนการผลิตเป็นระบบที่ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาต่ำ [5]

หลักการของระบบแบบนี้คือ ความร้อนจะต้องถ่ายเทจากที่อุณหภูมิสูงไปสู่ที่อุณหภูมิต่ำ ในระบบทำความเย็นนั้นจะต้องทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนโดยใช้ตัวกลางที่เรียกว่าสารทำความเย็น จะทำการดูดกลืนความร้อนแล้วเกิดการเดือดหรือระเหยที่ความดันต่ำ ทำให้มีการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอน้ำขึ้น ต่อจากนั้นไอน้ำจะถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้นซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย และจะถ่ายเทความร้อนที่ได้รับให้อากาศรอบข้างพร้อมกับการควบแน่นกลับคืนไปเป็นของเหลวจะเป็นผลให้เกิดการดูดกลืนหรือดึงความร้อนจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำและถ่ายเทความร้อนไปสู่แหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า จะต้องทำการเพิ่มประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนของ Condenser และตรวจเช็คระบบจ่ายลมเย็นทุกเดือนและทุกๆ 6 เดือนโดยการติดตั้ง




รูปที่ 2 แผนภูมิวัฏจักรอัดไอความดัน-เอนทาลปี [3]

ตารางที่ 1 หลักพื้นฐานการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศในอาคาร โรงงานอุตสาหกรรม

| วิธีการ | แนวทางปฏิบัติ |
|---|---|
| 1. ลดความร้อนผ่านอาคาร | - การบังแสงอาทิตย์<br>- การใช้กระจกกันความร้อน<br>- การป้องกันลมรั่วที่ประตู |
| 2. ลดความร้อนจากการเติมอากาศจากภายนอก | - ปรับอัตราการเติมอากาศให้เหมาะสมกับจำนวนคน<br>- หยุดการเติมอากาศ เมื่อไม่มีคนใช้งานในพื้นที่ปรับอากาศ<br>-ติดตั้งอุปกรณ์ความร้อน |
| 3. ลดความร้อนที่เกิดภายในอาคาร โรงงานอุตสาหกรรม | - ลดไฟฟ้าแสงสว่าง<br>- ลดอุปกรณ์ไฟฟ้า<br>- ลดจำนวนคน |
| 4. เพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ | - ติดตั้งเครื่องจักรการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูง<br>- บำรุงรักษาเครื่องจักร |

การที่ระบบปรับอากาศจะทำงานได้เต็มประสิทธิภาพต้องอาศัยการระบายความร้อนที่ดี ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ระบาย

ความร้อนออกจากระบบปรับอากาศคือหอระบายความร้อน(Cooling Tower) ดังนั้นจึงควรดูแลรักษาหอระบายความร้อนให้สามารถระบายความร้อนได้ดี

### 3. การวิเคราะห์ค่าไฟฟ้า

- คำนวณคิดค่าไฟฟ้าโดยปกติประเภทอาคาร โรงงานอุตสาหกรรม หาได้จากสมการดังนี้ [6]

$$C = DC(P + EC)\,E$$
$$= 256.07(P + 1.7034)E \quad (2)$$

โดย

C คือ ค่าไฟฟ้าที่คิดเฉพาะค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ (บาท)

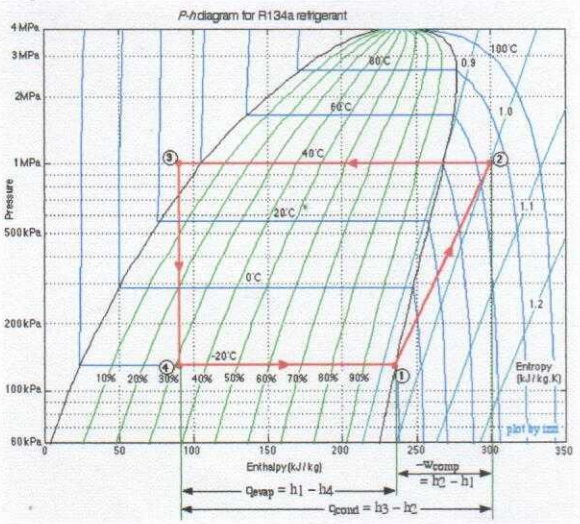
DC คือ อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (บาทต่อกิโลวัตต์)

P คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์)

EC คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)

$$C/E = DC(P/E) + EC \quad (3)$$




รูปที่ 3 แผนภูมิความดัน-เอนทาลปีของวัฏจักรอัดไอแบบขั้นตอนเดียว

ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยประเภทงานด้านธุรกิจ โรงงานอุตสาหกรรม อาคารสำนักงานและกิจการให้เช่าห้องพักจะมีอัตราการใช้คิดค่าไฟฟ้าแบบ TOU คือผู้ใช้ไฟฟ้าเสียค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ไฟฟ้า ดังนั้นหาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของอัตรา TOU จากสมการที่ (4) ดังนี้

$$C = DC\,(P+EC_1)E_1+EC_2xE_2 \quad (4)$$

โดย

$EC_1$ คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง On Peak (บาทต่อหน่วย)

$E_1$ คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปช่วง On Peak (หน่วย)

$EC_2$ คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าคิดที่ในช่วง Off Peak (บาทต่อหน่วย)

$E_2$ คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปช่วง Off Peak (หน่วย)

อาคารสำนักงาน โรงแรมขนาดใหญ่ส่วนมากจะนิยมเลือกใช้ระบบปรับอากาศประเภท WATER COOLED WATER CHILLER WCWC) ซึ่งจะประกอบด้วยรายการอุปกรณ์พื้นฐานดังแสดงรูปที่ 1 ได้แก่ [7]

- CH: เครื่องทำน้ำเย็น (Water cooled water chiller)
- CT: หอผึ่งน้ำ (Cooling tower)
- CHP: เครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled water pump)
- CDP: เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (Condenser water pump)
- AHU: เครื่องส่งลมเย็น (Air handling unit)
- FCU: เครื่องจ่ายลมเย็น (Fan coil unit)
- CDS: ท่อจ่ายน้ำหล่อเย็น (Condenser water supply piping)

ความร้อนออกจากระบบปรับอากาศคือหอระบายความร้อน(Cooling Tower) ดังนั้นจึงควรดูแลรักษาหอระบายความร้อนให้สามารถระบายความร้อนได้ดี

### 3. การวิเคราะห์ค่าไฟฟ้า

- คำนวณคิดค่าไฟฟ้าโดยปกติประเภทอาคาร โรงงานอุตสาหกรรม หาได้จากสมการดังนี้ [6]

$$C = DC(P + EC)\,E$$
$$= 256.07(P + 1.7034)E \quad (2)$$

โดย

C คือ ค่าไฟฟ้าที่คิดเฉพาะค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ (บาท)

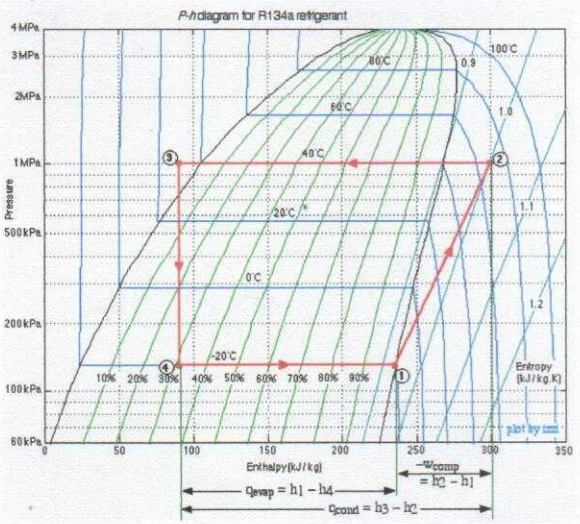
DC คือ อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (บาทต่อกิโลวัตต์)

P คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์)

EC คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)

$$C/E = DC(P/E) + EC \quad (3)$$




รูปที่ 3 แผนภูมิความดัน-เอนทาลปีของวัฏจักรอัดไอแบบขั้นตอนเดียว

ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยประเภทงานด้านธุรกิจ โรงงานอุตสาหกรรม อาคารสำนักงานและกิจการให้เช่าห้องพักจะมีอัตราการใช้คิดค่าไฟฟ้าแบบ TOU คือผู้ใช้ไฟฟ้าเสียค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ไฟฟ้า ดังนั้นหาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของอัตรา TOU จากสมการที่ (4) ดังนี้

$$C = DC\,(P+EC_1)E_1+EC_2xE_2 \quad (4)$$

โดย

$EC_1$ คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง On Peak (บาทต่อหน่วย)

$E_1$ คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปช่วง On Peak (หน่วย)

$EC_2$ คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าคิดที่ในช่วง Off Peak (บาทต่อหน่วย)

$E_2$ คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปช่วง Off Peak (หน่วย)

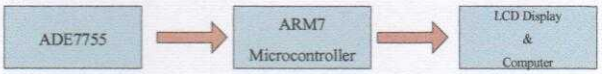
อาคารสำนักงาน โรงแรมขนาดใหญ่ส่วนมากจะนิยมเลือกใช้ระบบปรับอากาศประเภท WATER COOLED WATER CHILLER WCWC) ซึ่งจะประกอบด้วยรายการอุปกรณ์พื้นฐานดังแสดงรูปที่ 1 ได้แก่ [7]

- CH: เครื่องทำน้ำเย็น (Water cooled water chiller)
- CT: หอผึ่งน้ำ (Cooling tower)
- CHP: เครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled water pump)
- CDP: เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (Condenser water pump)
- AHU: เครื่องส่งลมเย็น (Air handling unit)
- FCU: เครื่องจ่ายลมเย็น (Fan coil unit)
- CDS: ท่อจ่ายน้ำหล่อเย็น (Condenser water supply piping)

4.1.3 ส่วนค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้จะถูกส่งไปยังชุดอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7

**4.2 หลักการออกแบบชุดควบคุมระบบ**

โครงสร้างของระบบควบคุมจะประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนควบคุมระบบจัดการพลังงานและส่วนทำการประมวลผล โดยส่วนควบคุมพลังงานนั้นจะใช้อุปกรณ์ IC วัดหาค่าพลังงานไฟฟ้า IC ดังนั้นสัญญาณ Pulseทางด้าน Output ของ Analog Devices ในการวัดนั้น ADE7755 จะทำการวัดหาค่าแล้วประมวลผลที่ได้ค่าพลังงานส่งไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ARM7 เมื่อชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับค่าพลังงานที่ได้มาจาก ADE7755 แล้วนั้นจึงทำการส่งค่าที่ได้ไปประมวลผลบนหน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางพอร์ทRS-232 ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์นี้ทำหน้าที่คำนวณผลของพลังงานแสดงดังรูปที่ 7



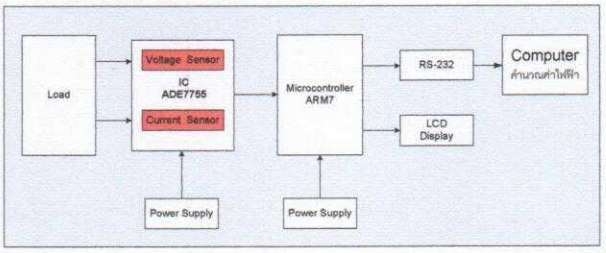

รูปที่ 7 โครงสร้างระบบส่วนวัดหาพลังงานไฟฟ้า

**4.2.1 วงจรส่วนวัดพลังงาน**

ส่วนวัดพลังงานของ Digital Energy Meter นั้นได้ใช้ IC ADE 7755 ในการวัดหาพลังงานโดยป้อนสัญญาณด้านอินพุทที่เป็นกระแส ทำการรับค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจากปุ่มแชนแนล 1 และแชนแนล 2 ของ ADE 7755 โดยชุด ADE 7755 จะมีสัญญาณที่ป้อนมาจะถูกแปลงเป็นดิจิตอลและนำค่าทั้ง 2 ค่าที่ได้มาคูณกัน ทำให้ได้ค่าของพลังงานไฟฟ้าออกมา และชุด ADE 7755 ได้ทำการแปลงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้เป็นดิจิตอลให้อยู่ในรูปของความถี่

**4.2.2 ส่วนการประมวลผล**

กระบวนการทำงานของระบบทำความเย็นและปรับอากาศจาก Block Diagramแสดงดังรูปที่ 8 เมื่อทำการต่อโหลดใช้งานจะทำให้มีค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ขา IC ADE7755 โดยADE7755 จะมีแรงดัน Sensor และกระแส Sensorทำการวัดกระแสและแรงดัน จากนั้นก็ทำการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดย IC จะทำการรับสัญญาณอนาล็อกที่ได้แล้วนำมาแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วส่งสัญญาณออกไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ๆ จะทำการนับสัญญาณที่ได้ออกมาแสดงผลที่หน้าจอ LCD และส่งออกทางพอร์ท RS-232 ไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์คำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าออกมาให้รู้ถึงการใช้พลังงานไฟฟ้า



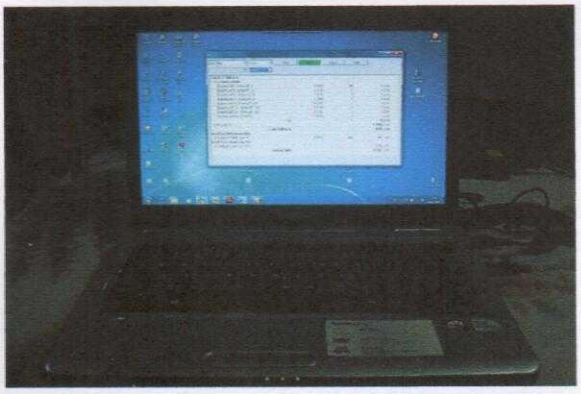

รูปที่ 8 Block Diagram ทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ

**5. ผลการทดสอบ**

การทำงานภายในอาคารโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อเปิดเครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเคลียร์ข้อมูลในส่วนฮาร์ดแวร์ ภายหลังจากนั้นส่วนควบคุมระบบจัดการพลังงานจะเริ่มการทำงานเมื่อมีโหลดต่ออยู่ โดยการนำไมโครคอลโทรลเลอร์ ARM7 มาเป็นตัวควบคุมระบบจัดการพลังงานของเครื่องปรับอากาศ และมีตัวเซนเซอร์เป็นตัวจับการเคลื่อนไหว เมื่อไม่มีผู้ใดอยู่ในห้องทำงานระบบจะทำงานโดยใช้คำสั่งตัดระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบไฟฟ้าภายในอาคาร[10] และหยุดการทำงานของเครื่องปรับอากาศในบริเวณห้องที่ไม่มีการใช้งานทำให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ไม่ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในการวัดค่าพลังงานจะมีการส่งค่าประมวลผลออกมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการนับผลที่ออกมาจากส่วนวัดพลังงานโดยนับต่อไปเรื่อยๆ เมื่อยังมีการต่อโหลดอยู่แล้วแสดงผลที่นับออกทางจอ LCDพร้อมกันนั้นก็จะส่งข้อมูลทั้งหมดไปที่คอมพิวเตอร์ เพื่อทำการคำนวณผลที่

ได้ ถ้าเครื่องไม่มีการต่อโหลดก็จะไม่มีผลของค่าพลังงานแสดงขึ้นมา ในการแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์นั้นจะแสดงข้อมูลประมวลผลการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดโดยผ่านการใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0

รูปที่ 9 ชุดอุปกรณ์วงจรทดสอบของเครื่องวัดพลังงาน



รูปที่ 10 การแสดงผลที่หน้าจอบนเครื่องคอมพิวเตอร์

วิธีการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับอาคารโรงงานอุตสาหกรรมสามารถปฏิบัติได้ ดังนี้

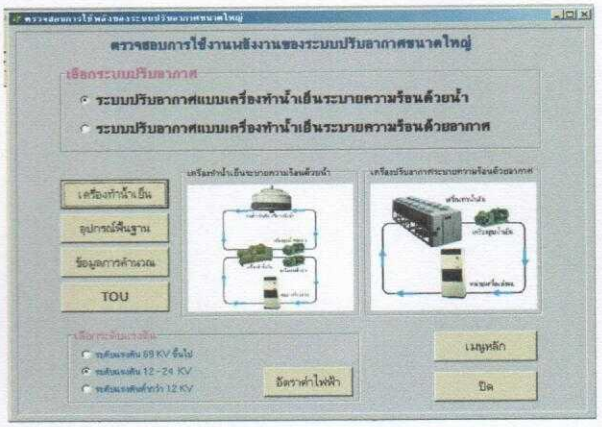
1. ติดตั้งระบบกักเก็บความเย็นด้วยน้ำแข็งในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ เพื่อใช้ในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

2. ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ (PLC) เพื่อควบคุมในระบบการทำงานของปั๊มน้ำและหยุดการใช้งานปั๊มน้ำที่ไม่จำเป็น ในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

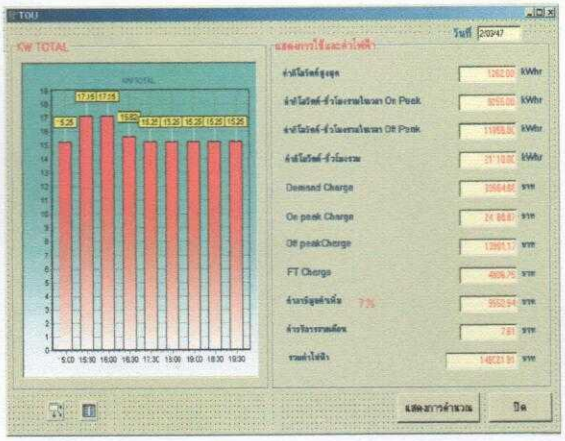
3. ควรใช้หลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์แกนเหล็กที่มีประสิทธิภาพสูงในระบบแสงสว่าง จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด เพื่อสามารถประหยัดไฟฟ้าตลอดเวลาที่ใช้งานด้วย

4. พยายามหลีกเลี่ยงการทำงานของมอเตอร์ขณะที่ไม่มีโหลด

5. ทำการปรับปรุงการผลิตให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด




รูปที่ 11 หน้าจอตรวจสอบเลือกระบบปรับอากาศเพื่อสั่งการควบคุมด้วยระบบการจัดการพลังงาน




รูปที่ 12 หน้าจอแสดงประมวลผลการใช้ไฟฟ้าภายในโรงงานด้วยระบบการจัดการพลังงาน

## 6. บทสรุป

ผลการทดสอบระบบจะพบว่าระบบดังกล่าวสามารถควบคุมการใช้พลังงานได้ ลดค่าไฟฟ้าและลดปริมาณความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand)ได้ประมาณ 10 % และสามารถประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศได้ จากการทดสอบภายในห้องได้วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่าการใช้พลังงานในระบบทำความเย็นมีสัดส่วนลดลงถึง 35 % ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงาน ผลการนำระบบจัดการพลังงานมาใช้ร่วมกับระบบปรับอากาศของโรงงาน การควบคุมการทำงานของระบบส่งความเย็นของระบบปรับอากาศโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมวงจร Micro Controllerทำการเปิด-ปิดวาล์วน้ำเย็นที่จ่ายให้แก่เครื่องเป่าลมเย็นเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระดับ 23 °C ทำให้อุณหภูมิน้ำเย็นในระบบส่งความเย็นเปลี่ยนแปลงน้อยลงจะเป็นผลให้โหลดของเครื่องทำความเย็นมีค่าลดลง

ตารางที่ 2 ผลการเปิด – ปิดประตูห้องทำงานของการจำลองระบบการจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม

| ลักษณะการเคลื่อนที่ผ่าน | Sensor ตำแหน่งที่ 1 | Sensor ตำแหน่งที่ 2 |
|---|---|---|
| ขณะเปิดประตูจากด้านนอกห้อง | ทำงาน | ทำงาน |
| ขณะปิดประตูจากด้านนอกห้อง | ไม่ทำงาน | ไม่ทำงาน |
| ขณะเปิดประตูจากด้านในห้อง | ทำงาน | ทำงาน |
| ขณะปิดประตูจากด้านในห้อง | ไม่ทำงาน | ไม่ทำงาน |

## 7. เอกสารอ้างอิง

[1] คู่มือชุดความรู้, “การอนุรักษ์พลังงานด้วยระบบการจัดการพลังงาน”, กองฝึกอบรมวิชาการ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า กระทรวงพลังงาน , พิมพ์ครั้งที่ 1, ต.ค. 2545.

[2] โอภาส ศิริครรชิตถาวร, “การเรียนรู้และพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ด้วยภาษาซี”, สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด กราฟิกเมลอน.กรุงเทพฯ: 2548.

[3] เอกสารชุดเผยแพร่, “การประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็นปรับอากาศ ชุดที่ 10”, กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, พิมพ์ครั้งที่1. หน้า1-24.

[4] ธนัดชัย กุลวรวานิชพงษ์ และบัณฑิต เอื้ออาภรณ์, “การทำงานที่เหมาะสมของระบบไฟฟ้ากำลังโดยใช้การตัดสินใจแบบฟัซซี่”,การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 22 (EECON-22),มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2-3 ธันวาคม 2542 ,หน้าที่ 621-624.

[5] คู่มือชุดความรู้, “การอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารสำนักงาน”, กองฝึกอบรมวิชาการ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, พิมพ์ครั้งที่1, ต.ค. 2545.

[6] M.A. Mueller, “Electrical generators a direct with drive wave energy saving using converters,” in Proc. Inst. Elect. Eng. Generation, Transmission and Distribution, vol. 149, 2002, pp. 446-456.

[7] T.W. Thorpe, “The wave energy programme in the UK the European wave energy network,” in Proc. 4th Wave Energy for Conf., Aalborg. The Netherlands, 2000, pp. 19-27.

[8] N.L.Meyer.“ wave energy programme second year status,” in Proc. 4th Wave Energy Conf., Aalborg, 2000, pp. 10-18.

[9] A.J.N. Sarmento, “Frequencydomain analysis of the AWS device,” in Proc. European Wave Energy Conf., Patras, Greece, 1998.

[10] H.Polinder, M. E. C. Damen, and F. Gardner, “Modeling and test results of the AWS linear PM generator system,” in Proc. 9th Int. Conf. Electri., Machines, Brugge, Belgium, 2002.