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], ชำนิ ใจประดิษฐ์ธรรม[2]*, ลภัส นาเพ็ญ[3] และธนพงศ์ แย้มภู่[4]

[1,2,3]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
1761 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
[4]สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน ต. คลองหนึ่ง อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 13180
*ผู้ติดต่อ: E-mail: j_chamni@hotmail.com, Fax: 0-2321-4444

บทคัดย่อ

บทความงานวิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างชุดควบคุมระบบจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมโดยการใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ ARM7 เพื่อช่วยควบคุมระบบการจัดการพลังงานของระบบทำความเย็นและปรับอากาศด้วยอาศัยวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ 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 system 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 of key cards, plugged in to cut electrical systems in buildings that may be forgotten, will effectively control the amount of electricity demand in the industry. Therefore can save energy in the cooling system about 35 %, and can also reduce electricity bills and reduce the peak demand about 10 %.

Keywords: energy saving, air condition, efficiency, ARM7 microcontroller, energy management system

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้ทางด้านเทคโนโลยีได้เจริญพัฒนาอย่างรวดเร็ว ซึ่งความเจริญก้าวหน้าดังกล่าวนี้จะต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้า เพราะว่าพลังงานไฟฟ้าได้มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของคนอย่างมาก และส่งผลกระทบทางเศรษฐกิจจากการเปลี่ยนแปลงทำให้โรงงานอุตสาหกรรมเกือบทุกแห่งจะต้องมีการปรับลดต้นทุนการดำเนินการโดยเฉพาะค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ดังนั้นจำเป็นต้องมีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมได้ดำเนินมาตรการจัดการพลังงานเพื่อให้สามารถมีพลังงานไฟฟ้าใช้ได้เป็นเวลานาน [1] จึงต้องมีการควบคุมระบบโดยใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ชิพเดี่ยวสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานควบคุมได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพที่ดี โดยทั่วไปในการประหยัดพลังงานจะต้องใช้คนในการปิด– เปิดสวิทช์ ถ้าใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ ARM7 มาควบคุมระบบนั้นจะอาศัยหลักการทำงาน 2 ส่วนคือ ส่วนควบคุมระบบจัดการพลังงานกับส่วนการประมวลผล ซึ่งสามารถควบคุมระบบได้กว้างขวางและมีความสะดวกในการใช้งานได้ดี ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายอีกด้วย ดังนั้นในการพัฒนาระบบจัดการพลังงานนี้โดยใช้ตัวเซนเซอร์(Sensors) เพื่อตรวจจับความร้อนของคน ถ้าคนอยู่ภายในห้องของโรงงานอุตสาหกรรม ระบบนี้ก็ไม่ทำงานแต่เมื่อคนออกจากห้องไปแล้วตัวเซนเซอร์ก็จะทำงานทันที ซึ่งไมโครคอลโทรลเลอร์ ARM7นี้จะทำงานโดยการตัดระบบไฟฟ้าภายในโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้มีความสะดวกแก่ผู้ใช้ได้ดีเพราะว่าในอนาคตคนจะต้องใช้พลังงานเพิ่มมากยิ่งขึ้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นและปรับอากาศโดยการควบคุมปริมาณความต้องการไฟฟ้าให้สอดคล้องกับอัตราคิดค่าไฟฟ้าแบบ TOU ของการไฟฟ้านครหลวง(กฟน.) โดยใช้ระบบบริหารจัดการพลังงานเข้ามาช่วยทำงานให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

2. หลักการ

การจัดการพลังงาน (Energy Management) คือ ระบบควบคุมบริหารจัดการการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในอาคารสำนักงาน อาคารที่พักอาศัย โรงแรมขนาดใหญ่ และโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อสามารถทำงานโดยอัตโนมัติตามตารางเวลาหรือตามค่าที่กำหนดโดยผ่านการสั่งงานและประมวลผลหลักจากคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบไว้สำหรับการจัดการกับการใช้พลังงานโดยเฉพาะ ระบบจัดการพลังงานสามารถใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ได้อย่างกว้างขวางทั้งระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ ระบบสุขาภิบาลและระบบอื่นๆ ระบบจัดการพลังงานนี้จะประกอบด้วยการเก็บข้อมูล บันทึกข้อมูล การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลของคอมพิวเตอร์เข้ากับการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัด(Sensors) เพื่อนำข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ตรวจวัด [2] เช่น สภาวะในการทำงานหรือตัวแปรค่าต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นไปเก็บบันทึกผลรวบรวม วิเคราะห์ประเมินผลบนคอมพิวเตอร์และแสดงผลบนหน้าจอ แล้วทำการแจ้งสัญญาณเตือนหรือสั่งงานอัตโนมัติผ่านอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน(Control Devices) และยังสามารถบันทึกข้อมูลต่างๆ บนแกนเวลา เพื่อประโยชน์ในการจัดทำสถิติและวิเคราะห์ผลต่อๆไป

2.1 การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า

การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า สามารถทำได้โดยลดการสูญเสียและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ เช่น ปิดเครื่องจักรในขณะไม่ใช้งาน เลือกขนาดอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับงาน ติดตั้งระบบอัตโนมัติควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าอย่างเหมาะสม

2.2 การลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

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

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

กำหนดให้

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 ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการจ่ายลมเย็นออกเป็น 2 ระบบหลัก ได้แก่

- ระบบการจ่ายลมเย็นแบบ Constant Volume with Variable Temperature System
- ระบบการจ่ายลมเย็นแบบ Variable Volume

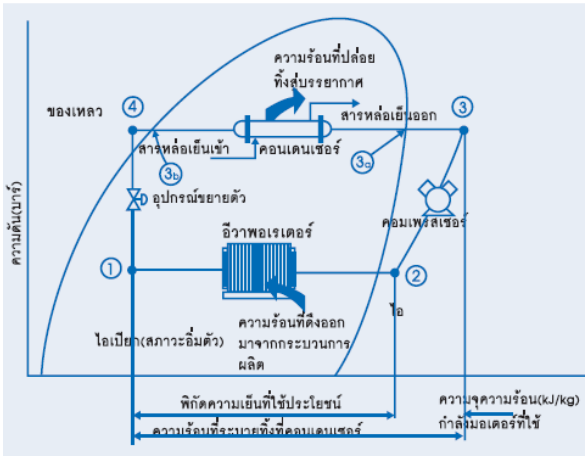
รูปที่ 1 ระบบปรับอากาศประเภท WATER COOLED WATER CHILLER

2.4.3 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

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

หลักการของระบบแบบนี้คือ ความร้อนจะต้องถ่ายเทจากที่อุณหภูมิสูงไปสู่ที่อุณหภูมิต่ำ ในระบบทำความเย็นนั้นจะต้องทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนโดยใช้ตัวกลางที่เรียกว่าสารทำความเย็น จะทำการดูดกลืนความร้อนแล้วเกิดการเดือดหรือระเหยที่ความดันต่ำ ทำให้มีการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอน้ำขึ้น ต่อจากนั้นไอน้ำจะถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้นซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย และจะถ่ายเทความร้อนที่ได้รับให้อากาศรอบข้างพร้อมกับการควบแน่นกลับคืนไปเป็นของเหลวจะเป็นผลให้เกิดการดูดกลืนหรือดึงความร้อนจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำและถ่ายเทความร้อนไปสู่แหล่งความร้อนที่มี

อุณหภูมิสูงกว่า จะต้องทำการเพิ่มประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนของ Condenser และตรวจเช็คระบบจ่ายลมเย็นทุกเดือนและทุกๆ 6 เดือนโดยการติดตั้ง Variable Air Volume System: VAV ในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ



รูปที่ 2 แผนภูมิวัฏจักรอัดไอความดัน-เอนทาลปี [3]

ตารางที่ 1 หลักพื้นฐานการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศในอาคาร โรงงานอุตสาหกรรม

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

การที่ระบบปรับอากาศจะทำงานได้เต็มประสิทธิภาพต้องอาศัยการระบายความร้อนที่ดี ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ระบายความร้อนออกจากระบบปรับอากาศคือหอระบายความร้อน(Cooling Tower) ดังนั้นจึงควรดูแลรักษาหอระบายความร้อนให้สามารถระบายความร้อนได้ดี

3. การวิเคราะห์ค่าไฟฟ้า

- คำนวณคิดค่าไฟฟ้าโดยปกติประเภทอาคาร โรงงานอุตสาหกรรม หาได้จากสมการดังนี้ [6]

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

กำหนดให้

C คือ ค่าไฟฟ้าที่คิดเฉพาะค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ (บาท)

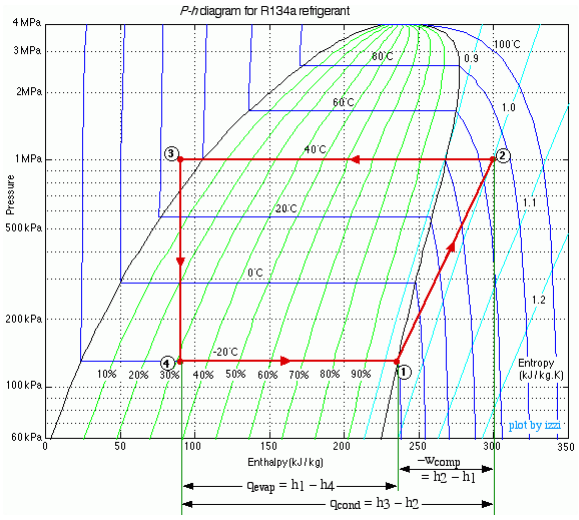
DC คือ อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (บาทต่อกิโลวัตต์)

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

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

กำหนดให้

EC_1 คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง On Peak (บาทต่อหน่วย)

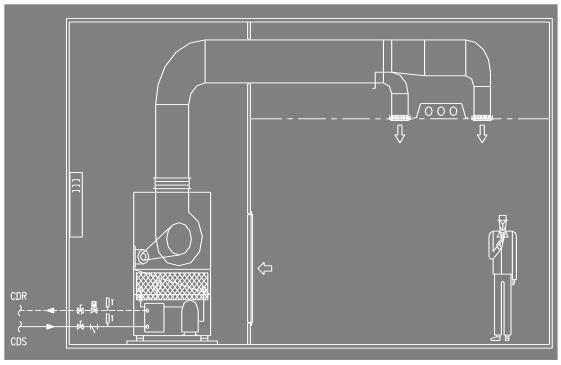
E_1 คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปช่วง On Peak (หน่วย)

EC_2 คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าคิดที่ในช่วง Off Peak (บาทต่อหน่วย)

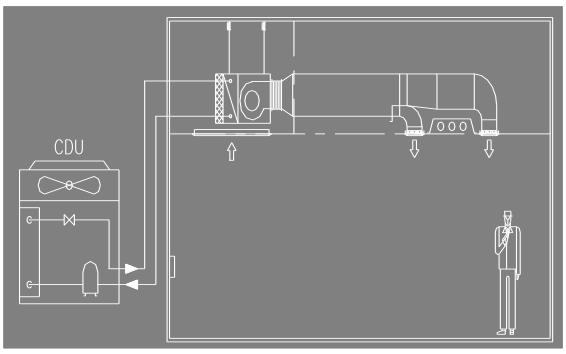
E_2 คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปช่วง Off Peak (หน่วย)

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)



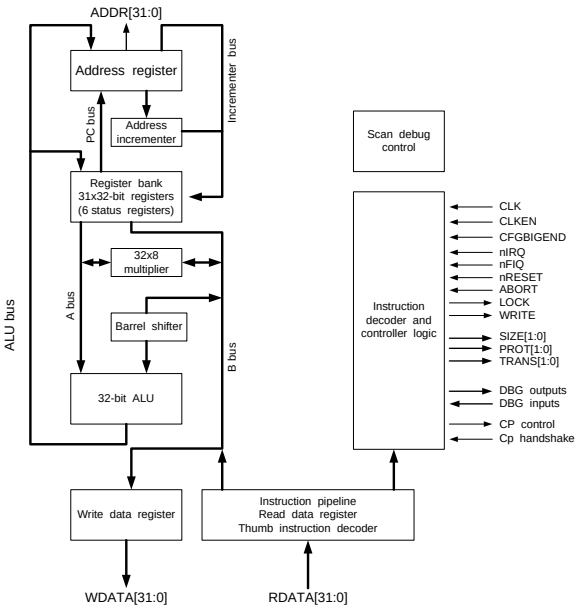
รูปที่ 4 ลักษณะการหมุนเวียนของอากาศและการควบคุมอุณหภูมิโดยอัตโนมัติของระบบทำความเย็นและปรับอากาศภายในห้อง



รูปที่ 5 การควบคุมการทำงานระบบส่งความเย็นของระบบทำความเย็นและปรับอากาศภายในห้อง

4. การควบคุมระบบโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 เป็นอุปกรณ์ซีพียูแบบ RISCขนาด 32 บิตภายในมีบัสขนาด 32 บิต เพียงหนึ่งตัวก็สามารถรับส่งข้อมูลและคำสั่งได้ ชุดคำสั่งจะมีขนาด 32 บิตคงที่ ข้อมูลสามารถเลือกใช้งานได้ว่าจะมีขนาด 8 ,16 หรือ 32 บิต โดยแกนกลาง(core)ของชุดซีพียู ARM7 ดังแสดงรูปที่ 6 โครงสร้างของARM7 [2] มีชุดคำสั่งไม่มากนัก ซึ่งจะมีลักษณะโครงสร้างสถาปัตยกรรมของ ARM7 แบบ load-and-store ในการประมวลผลข้อมูล จะต้องผ่านรีจิสเตอร์เริ่มต้นด้วยการโหลดค่าจากหน่วยความจำไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ และนำค่ามาประมวลผลที่ได้เสร็จแล้วจึงเขียนค่าเก็บไว้ในหน่วยความจำเดิม



รูปที่ 6 โครงสร้างแกนกลางของซีพียู ARM7

ไดอะแกรมการทำงานในภาพรวมของ LPC2148 หัวใจสำคัญคือ ARM โปรเซสเซอร์ [8]ซึ่งใน LPC2148 ใช้ ARM7TDMI-S มีการเชื่อมต่อกับโมดูลต่างๆภายในผ่านทางบัสซีพียูAdvance High-performance bus(AHB) ส่วนโมดูลอุปกรณ์ส่งผ่านข้อมูลกับบัสเพอริเฟอรัล(VLSI Peripheral Bus) ข้อมูลจากโมดูลทั้งหมดจะส่งมายังส่วนเชื่อมต่อบัส AHB และVPB เพื่อถ่ายทอดไปยังซีพียูต่อไปด้วยการจัดสรรบัสแยกลักษณะการต่อเช่นนี้ทำให้การทำงานรวดเร็วยิ่งขึ้น [9]

4.1 หลักการทำงานของส่วนวัดค่าพลังงานไฟฟ้า (ADE 7755)

ส่วนวัดค่าพลังงานไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

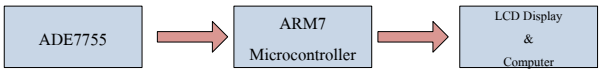
4.1.1 ส่วนรับสัญญาณอนาล็อกด้านอินพุทที่เป็นค่ากระแสไฟฟ้า

4.1.2 ส่วนรับสัญญาณอนาล็อกด้านอินพุทที่เป็นค่าแรงดันไฟฟ้า

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



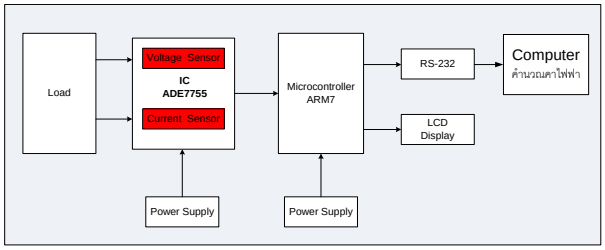
รูปที่ 7 โครงสร้างระบบส่วนวัดหาพลังงานไฟฟ้า

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 แล้วส่งสัญญาณออกไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ๆจะทำการนับสัญญาณที่ได้ออกมาแสดงผลที่หน้าจอ LCD และส่งออกทางพอร์ท RS-232 ไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์คำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าออกมาให้รู้ถึงการใช้พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 8 Block Diagram ทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ

5. วิธีการทดสอบ

วิธีการทดสอบระบบเริ่มจากทำงานภายในอาคารโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อเปิดเครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเคลียร์ข้อมูลในส่วนฮาร์ดแวร์ ภายหลังจากนั้นส่วนควบคุมระบบจัดการพลังงานจะเริ่มการทำงานเมื่อมีโหลดต่ออยู่ โดยการนำไมโครคอลโทรลเลอร์ ARM7 มาใช้ควบคุมระบบจัดการพลังงานของเครื่องปรับอากาศและมีตัวเซนเซอร์เป็นตัวจับการเคลื่อนไหว เมื่อไม่มีผู้ใดอยู่ในห้องทำงานระบบจะทำงานโดยใช้คำสั่งตัดระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบไฟฟ้าภายในอาคาร[10] และหยุดการทำงานของเครื่องปรับอากาศในบริเวณห้องที่ไม่มี

การใช้งานทำให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ไม่ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในการวัดค่าพลังงานจะมีการส่งค่าประมวลผลออกมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการนับผลที่ออกมาจากส่วนวัดพลังงานโดยนับต่อไปเรื่อยๆ เมื่อยังมีการต่อโหลดอยู่ แล้วแสดงผลที่นับออกทางจอ LCD พร้อมกันนั้นก็จะส่งข้อมูลทั้งหมดไปที่คอมพิวเตอร์ เพื่อทำการคำนวณผลที่ได้ ถ้าเครื่องไม่มีการต่อโหลดก็จะไม่มีผลของค่าพลังงานแสดงขึ้นมา ในการแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์นั้นจะแสดงข้อมูลประมวลผลการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดโดยผ่านการใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0

รูปที่ 9 ชุดอุปกรณ์วงจรทดสอบของเครื่องวัดพลังงาน

รูปที่ 10 การแสดงผลที่หน้าจอบนเครื่องคอมพิวเตอร์

วิธีการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับอาคารโรงงานอุตสาหกรรมสามารถปฏิบัติได้ ดังนี้

1. ติดตั้งระบบกักเก็บความเย็นด้วยน้ำแข็งในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ เพื่อใช้ในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

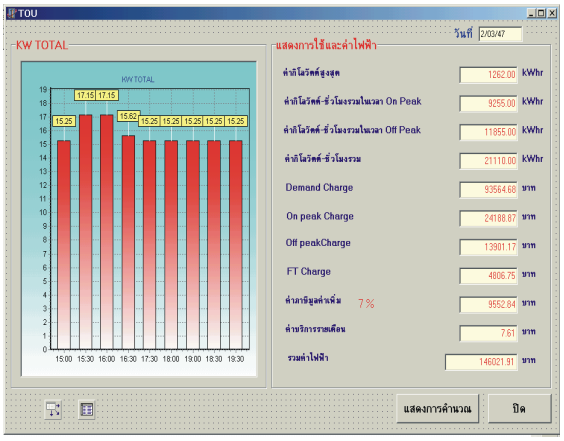
2. ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ (PLC) เพื่อควบคุมในระบบการทำงานของปั๊มน้ำและหยุดการใช้งานปั๊มน้ำที่ไม่จำเป็น ในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

3. ควรใช้หลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์แกนเหล็กที่มีประสิทธิภาพสูงในระบบแสงสว่าง จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด เพื่อสามารถประหยัดไฟฟ้าตลอดเวลาที่ใช้งานด้วย

4. พยายามหลีกเลี่ยงการทำงานของมอเตอร์ขณะที่ไม่มีโหลด

5. ทำการปรับปรุงการผลิตให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

รูปที่ 11 หน้าจอตรวจสอบเลือกระบบปรับอากาศเพื่อสั่งการควบคุมด้วยระบบการจัดการพลังงาน



รูปที่ 12 หน้าจอแสดงประมวลผลการใช้ไฟฟ้าภายในโรงงานด้วยระบบการจัดการพลังงาน

6. บทสรุป

จากผลการทดสอบระบบจะพบว่าระบบดังกล่าวสามารถควบคุมการใช้พลังงานได้ ลดค่าไฟฟ้าและลดปริมาณความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand)ได้ประมาณ 10 % และสามารถช่วยประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศได้ จากการทดสอบภายในห้องได้ทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่าการใช้พลังงานในระบบทำความเย็นนี้มีสัดส่วนลดลงช่วยประหยัดพลังงานได้ประมาณ 35 % ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงาน ผลการนำระบบจัดการพลังงานมาใช้ร่วมกับระบบปรับอากาศของโรงงาน การควบคุมการทำงานของระบบส่งความเย็นของระบบปรับอากาศ โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมด้วยวงจรชุด Micro Controller ทำการเปิด-ปิดวาล์วน้ำเย็นที่จ่ายให้แก่เครื่องเป่าลมเย็นเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในให้อยู่ระดับ 23 ^{o}C ทำให้อุณหภูมิน้ำเย็นในระบบส่งความเย็นเปลี่ยนแปลงลดน้อยลง จะเป็นผลให้โหลดของเครื่องทำความเย็นมีค่าลดลงด้วย

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.