

การวางแผนระบบจัดการพลังงานและอนุรักษ์พลังงานในระบบเครื่องปรับอากาศ สำหรับสำนักงานขนาดใหญ่โดยใช้การตัดสินใจแบบฟัซซี่

The Planning of Energy Management System and Energy Conservation in Air Conditioner System for a Large Scale Office using Fuzzy Decisions

ชานี ไจประดิษฐ์ธรรม¹ ชรินทร์ สังข์เกษม²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

1761 ถ. พัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 โทร. 0-2321-6930-9 E-mail: j_chamni@hotmail.com

Chamni Jaipradidtham¹ Charin Sungkasem²

¹Dept. of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University,

²Dept. of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University,

1761 Patanakarn Rd., Bangkok 10250 Thailand Tel. 0-2321-6930-9#1212 E-mail: j_chamni@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเกี่ยวกับการวางแผนออกแบบระบบจัดการพลังงานและอนุรักษ์พลังงานในระบบเครื่องปรับอากาศสำหรับอาคารสำนักงานขนาดใหญ่โดยใช้การตัดสินใจแบบฟัซซี่ ในปัจจุบันนี้ได้มีผู้ให้ความสนใจถึงการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการทำงานของระบบมากยิ่งขึ้น เมื่อไม่มีผู้ใดอยู่ในห้องพักรบจะทำงานโดยใช้คำสั่งตัดระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบไฟฟ้าภายในอาคารของเครื่องปรับอากาศจะหยุดทำงานทันทีในบริเวณห้องที่ไม่มีการใช้งานทำให้เกิดการประหยัดพลังงานที่ไม่ใช่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และทำให้ลดค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ไฟฟ้าได้ดี ระบบนี้นำหลักการประยุกต์ใช้ Fuzzy Rule Based ที่มีการเลือกจุดทำงานที่เหมาะสมของระบบ วิธีการนี้ได้ใช้หลักการสร้างกฎทางฟัซซี่จากฐานข้อมูลเชิงตัวเลขที่ได้จากการทำงาน Off-line Optimal Power Flows โดยรวมกฎที่ถูกสร้างขึ้นมาเป็นระบบฐานข้อมูลของกฎทางฟัซซี่[1] และทำการอนุมานจุดทำงานที่เหมาะสมของระบบไฟฟ้ากำลังจากฐานข้อมูล นอกจากนี้ระบบจะควบคุมปริมาณความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในอาคารสำนักงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การจัดการพลังงาน, ระบบเครื่องปรับอากาศ, อาคารสำนักงาน, การตัดสินใจแบบฟัซซี่

Abstract

This paper presents a design and energy management system planning and energy conservation of the air condition system for large scale office using fuzzy decisions. The mechanic part of this

system is the sensor which will be used to control all electrical devices such as air-conditioner. The sensor is designed to detect the movement of object so all electrics will shut down if nobody is in the room. The benefit of this technology will reduce the electric cost due to electric efficiently. This paper an application of fuzzy rule based system to optimal operation of system. The proposed method is developed to generate fuzzy rules from numerical data, obtained from off-line optimal power flows. This method creates a combined fuzzy rule base, and estimates an optimum operating point of the system[1]. This system will peak demand automatic control all in large scale office is efficiently.

Keywords : energy management , air conditioner system , office tower , fuzzy decisions

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เจริญพัฒนาก้าวหน้าอย่างมากมาย ซึ่งความก้าวหน้าดังกล่าวนี้จะอาศัยพลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานในประเทศโดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิงนับวันมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกที แนวโน้มราคาน้ำมันจึงมีแต่จะสูงขึ้น ประเทศผู้นำเข้าน้ำมันอย่างประเทศไทยจึงมีความจำเป็นต้องรณรงค์ร่วมกันอนุรักษ์พลังงาน เพราะว่าพลังงานไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันมากและผลกระทบทางเศรษฐกิจจากการเปลี่ยนแปลงค่าเงิน ส่งผลให้อาคารสำนักงานเกือบทุกแห่งต้องปรับลดต้นทุนการดำเนินการ โดย

เฉพาะค่าใช้จ่ายด้านพลังงานซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญที่ทุกคนคงไม่ต้องการให้เกิดขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารสำนักงาน อาคารสำนักงานได้ดำเนินการจัดการพลังงานเบื้องต้นเพื่อสามารถมีพลังงานไฟฟ้าใช้ได้เป็นเวลานานๆอีกทั้งยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายอีกด้วย ดังนั้นการพัฒนาระบบจัดการพลังงานโดยใช้ตัวเซนเซอร์(Sensors)ในการตรวจจับความร้อนของคนถ้าคนอยู่ในห้องของอาคารสำนักงาน ระบบปรับอากาศก็ไม่ต้องทำงานแต่เมื่อคนออกจากห้องไปแล้วตัวเซนเซอร์ก็จะทำงานทันที ซึ่งมีความสะดวกแก่ผู้ใช้มากเพราะว่าในอนาคตกคนต้องใช้พลังงานมากขึ้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าโดยการควบคุมปริมาณความต้องการไฟฟ้าให้สอดคล้องกับอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU โดยใช้ระบบจัดการพลังงาน และนำหลักการการตัดสินใจแบบฟัซซี่เป็นฐานในการพิจารณา ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้การประมาณจุดคำตอบที่เหมาะสมจากข้อมูลปัญหาอย่างหนึ่งของการใช้ตรรกแบบฟัซซี่คือกำหนดความสัมพันธ์ของฟังก์ชันสมาชิก นำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นฐานข้อมูลสำหรับผู้ปฏิบัติงานเพื่อนำมาสร้างเป็นกฎทางฟัซซี่สำหรับนำมาใช้ในการแก้ปัญหา [1]

2. หลักการ

2.1 การวางแผนจัดการอนุรักษ์พลังงาน(Energy Management)

การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า คือ การจัดการและควบคุมการทำงานของเครื่องจักร อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆในอาคารสำนักงาน อาคารที่พักอาศัย โรงแรมขนาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อให้สามารถทำงานโดยอัตโนมัติตามตารางเวลาหรือตามค่าที่กำหนดโดยผ่านการสั่งงาน และประมวลผลหลักจากคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบไว้สำหรับการจัดการกับการใช้พลังงานโดยเฉพาะ ระบบจัดการพลังงานสามารถใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ได้อย่างกว้างขวางทั้งระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบปรับอากาศ ระบบสุขาภิบาลและระบบอื่นๆ และระบบจัดการพลังงานจะประกอบด้วยการเก็บบันทึกและการประมวลผล เพื่อลดค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้า ลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด และลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power) สูงสุดให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ [3-4]

2.1.1 การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า

การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า สามารถทำได้โดยลดการสูญเสียและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ เช่น ปิดเครื่องจักรในขณะไม่ใช้งาน เลือกขนาดอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับงาน ติดตั้งระบบอัตโนมัติควบคุมการเปิด-ปิดไฟอย่างเหมาะสม [2]

2.1.2 การลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

เนื่องจากตัวประกอบโหลด(Load Factor: LF)เป็นตัวประกอบสำคัญในการคิดหาต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อตัวประกอบโหลดมีค่าสูงแสดงว่าค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม หากมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้น ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยก็จะลดลง ตัวประกอบโหลดเป็นค่าที่ได้จากการวัดความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบเดือน หากจากสมการดังนี้

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

เมื่อ

P_{mean} (โหลดเฉลี่ย) = ความต้องการกำลังเฉลี่ย(demand) ใน 1 เดือน (kW)

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

วิธีการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับอาคารสำนักงานสามารถปฏิบัติได้ ดังนี้ [2]

1. ติดตั้งระบบกักเก็บความเย็นด้วยน้ำแข็งในระบบปรับอากาศเพื่อใช้ในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
2. ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ(PLC) เพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหยุดการใช้งานปั๊มน้ำที่ไม่จำเป็น ในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
3. ควรใช้หลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์แทนหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงในระบบแสงสว่าง ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดสามารถประหยัดไฟฟ้าตลอดเวลาที่ใช้งานด้วย
4. พยายามหลีกเลี่ยงการทำงานของมอเตอร์ขณะที่ไม่มีโหลด
5. ปรับปรุงสายการผลิตให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดใช้ในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

2.1.3 การลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูงสุด

การลดค่านี้สามารถทำได้โดยการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor Correction) ระบบไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ(Power Factor :PF) แสดงว่ามีการสูญเสียพลังงานในระบบมาก จะส่งผลให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายพลังงานมากด้วย การแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

2.2 ระบบทำความเย็นและปรับอากาศ [2]

อาคารสำนักงานโดยทั่วไปจะมีลักษณะปิด จึงจำเป็นต้องมีการปรับอากาศภายในตัวอาคารสำนักงาน ซึ่งระบบการปรับอากาศนี้เป็นระบบที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก เนื่องจากต้องทำงานตลอดเวลาในขณะที่พนักงานยังคงทำงานอยู่ ดังนั้นการจัดการที่ดีจะช่วยลดค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้าได้ การใช้งานและการบำรุงรักษาระบบทำความเย็นและปรับอากาศที่ถูกต้อง จะช่วยให้เกิดการประหยัดอีกด้วย

2.2.1 วิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

- ทำการปรับปรุงระบบปรับอากาศที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นโดยพิจารณาจากมาตรการอนุรักษ์พลังงาน
- ออกแบบอาคาร ระบบปรับอากาศและวัสดุต่างๆเพื่อใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
- บำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ

2.2.2 เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ

โดยเลือกประเภทของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับต้องการ ซึ่งระบบปรับอากาศที่นิยมใช้กันมากคือ ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central System)สามารถแบ่งลักษณะการจ่ายลมเย็นออกเป็น 2 ระบบหลัก ได้แก่

- ระบบจ่ายลมเย็นแบบ Constant Volume, Variable Temperature System

- ระบบจ่ายลมเย็นแบบ Variable Volume, Constant Temperature System

นอกจากนี้แล้วจะต้องเพิ่มประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนของชุด Condenser ตรวจสอบระบบจ่ายลมเย็นทุกเดือนและทุกๆ 6 เดือน ติดตั้งระบบ Variable Air Volume System : VAV ในระบบปรับอากาศ การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงและติดตั้งระบบ Variable Speed Drive

ตารางที่ 1 หลักพื้นฐานการอนุรักษ์พลังงานระบบปรับอากาศในอาคารสำนักงานขนาดใหญ่

วิธีการ	แนวทางปฏิบัติ
1. ลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร	- การบังแสงอาทิตย์ - การใช้กระจกกันความร้อน - การป้องกันลมรั่วที่กรอบประตู
2. ลดความร้อนจากการเติมอากาศจากภายนอก	- ปรับอัตราการเติมอากาศให้เหมาะสมกับจำนวนคน - หยุดการเติมอากาศ เมื่อไม่มีคนใช้งานในพื้นที่ปรับอากาศ - ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน
3. ลดความร้อนที่เกิดภายในอาคาร	- ลดไฟฟ้าแสงสว่าง - ลดอุปกรณ์ไฟฟ้า - ลดจำนวนคน
4. เพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์	- ติดตั้งเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง - บำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างถูกต้อง

การที่ระบบปรับอากาศจะทำงานได้เต็มประสิทธิภาพต้องอาศัยการระบายความร้อนที่ดี ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ระบายความร้อนนอกจากระบบปรับอากาศคือหอระบายความร้อน(Cooling Tower) ดังนั้นจึงควรดูแลรักษาหอระบายความร้อนให้สามารถระบายความร้อนได้ดี

2.2.3 การวิเคราะห์ค่าไฟฟ้า

- ค่าไฟฟ้าปกติประเภทอาคารสำนักงาน หาได้จากสมการดังนี้

$$C = DC(P + EC)E$$

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

โดย

C คือ ค่าไฟฟ้าที่คิดเฉพาะค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ (บาท)

DC คือ อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (บาทต่อกิโลวัตต์)

P คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์)

EC คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)

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

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทธุรกิจ โรงแรม อุตสาหกรรม อาคารสำนักงาน และกิจการให้เช่าห้องพัก มีอัตราการใช้ TOU คือ เงื่อนไขให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเสียค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ไฟฟ้า ดังนั้นหาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของอัตรา TOU จากสมการที่(4) ดังนี้

$$C = DC(P+EC_1)E_1+EC_2 \times E_2 \quad (4)$$

โดย

EC₁ คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak (บาทต่อหน่วย)

E₁ คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ช่วง On Peak (หน่วย)

EC₂ คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak (บาทต่อหน่วย)

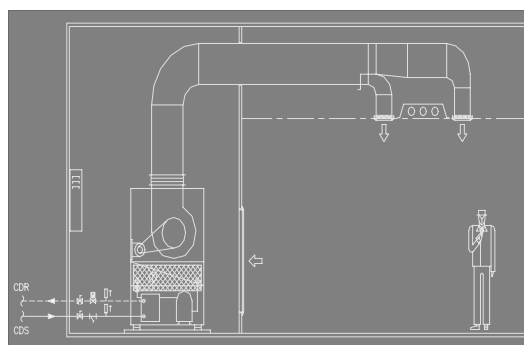
E₂ คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ช่วง Off Peak (หน่วย)



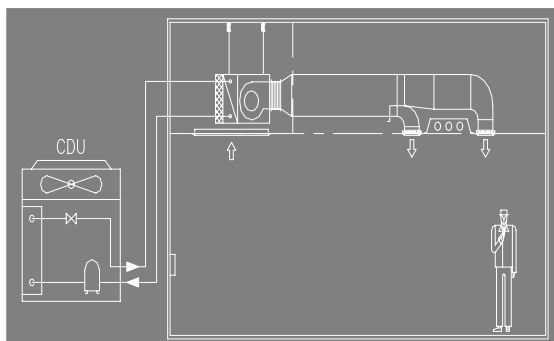
รูปที่ 1 ระบบปรับอากาศ WATER COOLED WATER CHILLER

อาคารสำนักงาน โรงแรมขนาดใหญ่ส่วนมากจะนิยมเลือกใช้ระบบปรับอากาศประเภท WATER COOLED WATER CHILLER WCWC) ซึ่งจะประกอบด้วยรายการอุปกรณ์พื้นฐานต่อไปนี้ ดังแสดงรูปที่ 1

- 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 2 การหมุนเวียนของอากาศและการควบคุมอุณหภูมิโดยอัตโนมัติของระบบปรับอากาศภายในห้อง



รูปที่ 3 การควบคุมการทำงานของระบบส่งความเย็นของระบบปรับอากาศภายในห้อง

2.3 ฐานความรู้การตัดสินใจแบบฟัซซี่

ส่วนของฐานความรู้ที่ใช้ในการตัดสินใจแบบฟัซซี่จะประกอบด้วยกฎที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งกฎต่างๆนี้จะขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงของค่าอินพุตที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบฟัซซี่ คือประกอบด้วยกฎที่สำคัญ 7 กฎ โดยมีข้อมูลดังนี้

IF U(I) = PB THEN U(L) = NS
 IF U(I) = PM THEN U(L) = NS
 IF U(I) = PS THEN U(L) = ZE
 IF U(I) = ZE THEN U(L) = ZE
 IF U(I) = NM THEN U(L) = PS
 IF U(I) = NS THEN U(L) = PB
 IF U(I) = NB THEN U(L) = NM

ตารางที่ 2 เมตริกซ์กฎทางฟัซซี่ของอุณหภูมิห้องในอาคารสำนักงาน

T/ΔT	PB	PM	PS	ZE	NS	NM	NB
PS	PS	PS	PS	ZE	NS	NS	NM
PM	PM	PS	PS	ZE	ZE	NS	NS
PS	NS	NS	ZE	ZE	ZE	PS	PM
ZE	NS	NS	ZE	ZE	ZE	PS	PS
NS	NS	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	PS
NM	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE
NB	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE

2.3.1 การสร้างกฎทางฟัซซี่จากข้อมูลเชิงตัวเลข

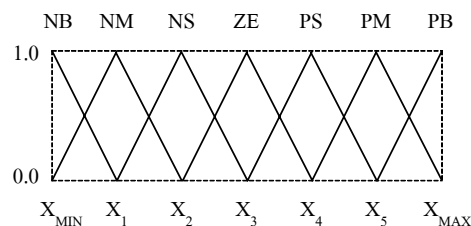
(Generating fuzzy rules from numerical data) [1]

กระบวนการสร้างฐานข้อมูลนี้จะใช้การทำOff-line OPF ซึ่งจะให้ข้อมูลจำนวนหนึ่ง การใช้ตรรกแบบฟัซซี่ตัดสินค่าเอาต์พุตที่เหมาะสมนั้นจะต้องทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต การสร้างกฎทางฟัซซี่จากชุดข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อนำมาใช้อนุมานคำตอบที่มีชุดข้อมูล n ชุด ดังนี้

$$\{(X_1^{(1)}, X_2^{(1)}, Y^{(1)}), (X_1^{(2)}, X_2^{(2)}, Y^{(2)}), \dots, (X_1^{(n)}, X_2^{(n)}, Y^{(n)})\}$$

โดยที่ X_1 และ X_2 เป็นอินพุต และ Y คือเอาต์พุต การสร้างกฎทางฟัซซี่จากชุดข้อมูลที่มีอยู่นี้ สามารถทำได้ดังนี้

1. แบ่งตัวแปรอินพุตและเอาต์พุตเป็นช่วงข้อมูล(Fuzzy variables) โดยพิจารณาให้ครอบคลุมตลอดช่วงข้อมูลทั้งหมด การแบ่งช่วงข้อมูลของแต่ละตัวแปรให้แบ่งเป็น $2M+1$ ช่วง $M = 0, 1, 2, \dots$ โดยตัวแปรแต่ละตัวไม่จำเป็นต้องแบ่งให้มีจำนวนช่วงเท่ากัน หลังจากนั้นทำการเลือกฟังก์ชันสมาชิกให้กับตัวแปรทั้งหมด ฟังก์ชันสมาชิกเป็นรูปสามเหลี่ยม ดังแสดงรูปที่ 4



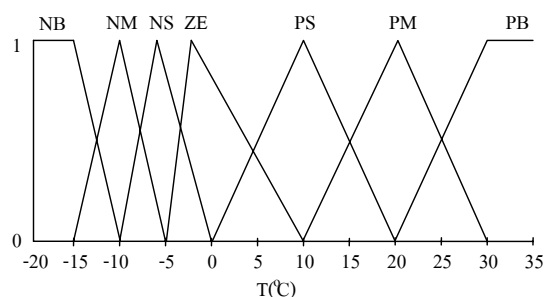
รูปที่ 4 ฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรอินพุตและเอาต์พุต

2. สร้างกฎทางฟัซซี่จากชุดข้อมูล 1 กฎ ต่อ 1 ชุด ด้วยตัวอย่าง เช่น ถ้าชุดข้อมูลเป็น $(X_1^{(k)}, X_2^{(k)}, Y^{(k)})$ โดยที่ค่า $X_1^{(k)}$ อยู่ในช่วง PS และ PB ในทำนองเดียวกันถ้า $X_2^{(k)}$ อยู่ในช่วง ZE มีค่าเป็นสมาชิกเท่ากับ 1 $Y^{(k)}$ อยู่ในช่วง NS และ ZE

3. ถ้าหากมีชุดข้อมูลเป็นจำนวนมากและข้อมูลแต่ละชุดสร้างเป็นกฎได้ 1 กฎแล้ว โอกาสที่จะสร้างกฎที่มีส่วนของ IF ซ้ำกันนั้น จึงมีความน่าจะเป็นสูงและถ้าสัดส่วนของ THEN มีความแตกต่างกันจะทำให้เกิดปัญหาในการอนุมานคำตอบ

4. การอนุมานคำตอบจากกฎที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 3 นี้ใช้การทำ Defuzzification โดยใช้วิธี Centroid ถ้าอินพุตที่ต้องการอนุมานมีค่าเป็น $(X_1^{(p)}, X_2^{(p)})$ และกำหนดให้ O^i เป็นช่วงของตัวแปรเอาต์พุตของกฎที่ i และ u_i เป็นช่วงของตัวแปรอินพุตตัวที่ u ของกฎที่ i ผลของกฎที่ i ต่ออินพุตชุดนี้สามารถคำนวณความเป็นสมาชิก (m_{O^i}) หาจากสมการดังนี้ [1]

$$m_{O^i}^i = m_{I_1^i}(X_1^{(p)}) m_{I_2^i}(X_2^{(p)}) \quad (5)$$



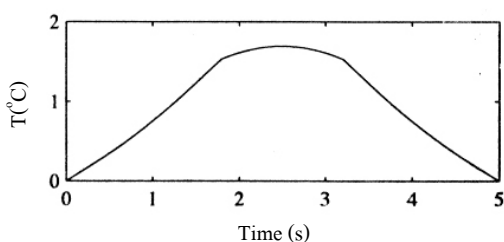
รูปที่ 5 ฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรอุณหภูมิห้องในอาคารสำนักงาน

3. ผลการควบคุมระบบ

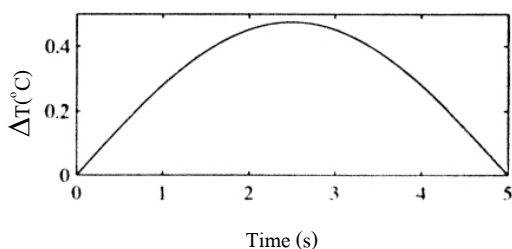
จากผลการทดสอบควบคุมระบบในรูปที่ 6- 9 จากการทำดีฟัซซิฟิเคชัน (Defuzzification) และการอนุมานกฎ กระบวนการอนุมานคำตอบจะแสดงไว้รูปที่ 5 เป็นการใช้เทคนิควิธี Centroid ซึ่งอาคารที่ใช้ในการทดสอบเป็นพื้นที่ห้องสำนักงานแห่งหนึ่งที่มีความสูงจากพื้น 12 เมตร กว้าง 15 เมตรและยาว 25 เมตร ติดตั้งเครื่องปรับอากาศให้สูงจากพื้นพอสมควร เพื่อให้ลมเย็นกระจายไปทั่วถึงบริเวณต่างๆ ในห้อง และติดตั้งกระจก 2 ชั้นเพื่อลดความร้อนจากภายนอก ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าตามอาคารของเครื่องปรับอากาศประมาณ 50-70 % จะพบว่า การอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็นและปรับอากาศในอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ด้วยการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบฟัซซีลอจิกนั้น ระบบปรับอากาศจะทำงานได้เต็มประสิทธิภาพต้องอาศัยการระบายความร้อนที่ดี ซึ่งจะช่วยให้พลังงานสามารถป้องกันความร้อนให้กับอาคารโดยไม่ให้เกิดความร้อนน้อยที่สุด เพื่อช่วยควบคุมอุณหภูมิห้องให้เหมาะสม และลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นของเครื่องปรับอากาศ

4. บทสรุป

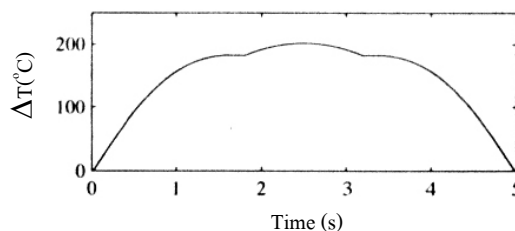
ผลการทดสอบระบบจะพบว่าระบบดังกล่าวสามารถควบคุมการใช้พลังงานได้ ลดค่าไฟฟ้าและลดปริมาณความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ได้ประมาณ 10 % และผลสามารถประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศได้ถึงประมาณ 5 % จากการทดสอบภายในห้องที่ได้วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่า การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศมีสัดส่วนลดลงถึง 35% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในอาคารสำนักงาน ผลการนำระบบจัดการพลังงานมาใช้ร่วมกับระบบปรับอากาศของอาคารสำนักงานนั้น การควบคุมการทำงานของระบบส่งความเย็นของระบบปรับอากาศ ทำให้อุณหภูมิภายในระบบส่งความเย็นเปลี่ยนแปลงน้อยลงเป็นผลให้โหลดของเครื่องทำความเย็นมีค่าลดลง



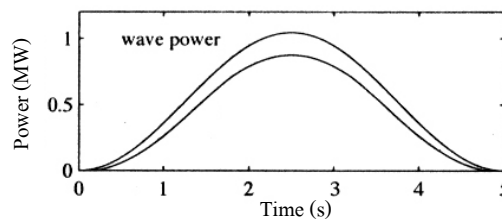
รูปที่ 6 ผลจากการควบคุมอุณหภูมิของห้องด้วยการระบายความร้อน



รูปที่ 7 ผลการควบคุมอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นของเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 8 ผลการควบคุมลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร



รูปที่ 9 ผลจากการใช้พลังงานของห้องอาคารสำนักงานลดลง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนิตชัย กุลวรรณพงษ์และบัณฑิต เอื้ออาภรณ์, " การทำงานที่เหมาะสมของระบบไฟฟ้ากำลังโดยใช้การตัดสินใจแบบฟัซซี ", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 22 (EECON-22), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2-3 ธันวาคม 2542 ,หน้าที่ 621-624
- [2] คู่มือชุดความรู้ , " การอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารสำนักงาน ", กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, พิมพ์ครั้งที่1.
- [3] M.A.Mueller, "Electrical generators for direct drive wave energy converters," in Proc. Inst. Elect. Eng. Generation, Transmission and Distribution, vol. 149, 2002, pp. 446-456.
- [4] T.W.Thorpe, "The wave energy programme in the UK and the European wave energy network," in Proc. 4th Wave Energy Conf., Aalborg. The Netherlands, 2000, pp. 19-27.
- [5] N.L.Meyer and K. Nielsen. "The Danish wave energy programmer second year status," in Proc. 4th Wave Energy Conf., Aalborg, 2000, pp. 10-18.
- [6] A.J.N.A. Sarmento, A. M. Lufd, and D. B. S. Lopes, " Frequencydomain analysis of the AWS device," in Proc. European Wave Energy Conf., Patras, Greece, 1998.
- [7] 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. Electrical Machines, Brugge, Belgium, 2002.
- [8] H. Polinder, F. Gardner, and B. Vriesema, "Linear PM generator for wave energy conversion in the AWS," in Proc. 8th Int. Conf. Electrical Machines, Helsinki, Finland, 2000, pp. 309-313.