

ระบบการควบคุมแบบอัจฉริยะโดยใช้ระบบฟัซซีลอจิก
สำหรับระบบปรับอากาศแบบน้ำเย็น
Intelligent Control System based on Fuzzy Logic System
For the Air Conditioning with Water Chiller System

ชัยวัฒน์ ชนะคุช* และ หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ

ศูนย์นวัตกรรมเมคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์(IMERs)
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล(กำแพงแสน) คณะวิศวกรรมศาสตร์(กำแพงแสน)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
ผู้ติดต่อ : nil030228@gmail.com, fenghtw@ku.ac.th, (034) 355310

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศแบบน้ำเย็น โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ในการเขียนโปรแกรม เพื่อประโยชน์ในการจัดการพลังงาน เนื่องจากในช่วงเวลาต่างๆของแต่ละวัน อุณหภูมิสถานะแวดล้อมและการทำความเย็นมีค่าที่ต่างกันทำให้ต้องมีการควบคุมการปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบปรับอากาศแบบน้ำเย็น

บทความนี้ได้ทำการออกแบบการควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศแบบน้ำเย็น โดยเป็นระบบการควบคุมแบบอัจฉริยะโดยใช้ระบบฟัซซีลอจิก ในการเลือกจุดทำงานที่เหมาะสม โดยการใช้โปรแกรม LabVIEW ในการเขียนโปรแกรมเพื่อเป็นการควบคุมรักษาระดับอุณหภูมิ ให้สามารถปรับอุณหภูมิอากาศได้ตามที่กำหนด เช่นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมื่อสถานะที่มีภาระการทำความเย็นเปลี่ยนแปลงไป โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 3% ระบบปรับอากาศแบบน้ำเย็นที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย แผงคอยล์เย็นและปั้มน้ำ 2 ชุด ซึ่งเป็นตัวแทนของเครื่องทำน้ำเย็น 2 ตัว และแลกเปลี่ยนอุณหภูมิเพื่อทำการปรับอากาศซึ่งแยกกันทำงาน ตามภาระการทำความเย็นที่ได้รับ ในส่วนพื้นที่ปรับอากาศได้มีการจำลองพื้นที่ โดยใช้ลักษณะกล่องท่อช่องขนาดหน้าตัด 15cm x 15cmและใช้หลอดไฟขนาดต่างๆมีขนาด 10W จำนวน 2 หลอด, 35W จำนวน 2 หลอด ในการสร้างโหลดภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศ ผลการทดลองระบบทำน้ำเย็นที่ควบคุมแบบฟัซซีลอจิก สามารถควบคุมให้มีความคลาดเคลื่อนของสถานะอากาศตามที่กำหนด

คำสำคัญ: ระบบปรับอากาศแบบน้ำเย็น, ระบบอัจฉริยะ, ระบบฟัซซีลอจิก

Abstract

This article is presented for controlling the air conditioning with water chiller system using LabVIEW programming. For the purpose of energy management due to the different time of day, temperature environment and cooling load is different. It needs to be controlled and optimized the operation of the air conditioning with water chiller system.

The intelligent control system using fuzzy logic selected the suitable operating function of chiller plant. Using LabVIEW programming, it can be maintained the required air temperature such as 25 degrees Celsius, when the cooling load conditions to change. The temperature error should be less than 3%. The air conditioning with water chiller system used in the experiments including two cooling coils and two water pumps as the representative of the 2 chillers and 2 air handling units for according to various cooling load separately. In the air conditioned space simulator, we used 15cm x 15cm space and used various lamps such as two 10W and two 35W for cooling load simulation. The results of the water chiller system based on fuzzy logic system can control the air

conditioner as our required temperature. In the future, we apply the system to real plant or apply other control algorithms such as Neuro Fuzzy system (NFs) for our chiller system.

Keywords: Air conditioning with water chiller system, Intelligent System, fuzzy logic system

1. บทนำ

การปรับอากาศเป็นสิ่งจำเป็นลำดับต้นๆในปัจจุบัน เนื่องจากในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงของโลก ทำให้มีอุณหภูมิที่ร้อนขึ้นในทุกๆปี ทำให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศมากขึ้น ทำให้ระบบควบคุมการปรับอากาศ จึงมีความจำเป็นสำคัญตามมา โดยจากการที่ศึกษาสำหรับการปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็นนั้น โดยที่ผ่านมามีการศึกษาถึงวิธีการที่จะให้มีการประหยัดพลังงานของระบบการปรับอากาศในแบบวิธีการต่างๆ และเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า การวิจัยของ Abdel-Hamid Attia, Sohair F. Rezek, Ahmed M. Saleh มีการศึกษาการประหยัดพลังงานและเป็นการเปรียบเทียบการควบคุมแบบ PID และ แบบฟัซซี่พบว่า การควบคุมแบบฟัซซี่ มีประสิทธิภาพและใช้พลังงานน้อยกว่าการควบคุมแบบ PID ซึ่งพบว่า การควบคุมแบบฟัซซี่จะเป็นแนวทางในการที่จะทำการควบคุมระบบให้มีประสิทธิภาพในการทำระบบปรับอากาศ[1] ได้ศึกษาการลดใช้พลังงานและการสร้างสภาวะเป็นปกติของการควบคุมแบบดิจิทัล เปิด/ปิด ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์(DPC)และการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก(FLC) โดยการวัดได้ทำในช่วงเวลา 1นาทีก่อนการตั้งค่าอุณหภูมิ โดยวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบปริมาณของพลังงาน[2] การประยุกต์ใช้นิวโรฟัซซี่ (Neuro Fuzzy) แบบ ANFIS เพื่อเป็นการลดพลังงานและรักษาสภาพความสบายโดยมีการเปรียบเทียบ Structure of building automation, Structure of fuzzy control[3] การศึกษาการควบคุมซิลเลอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ เป็นการนำเสนอเทคนิคการควบคุมข่ายงานระบบประสาท (neural networks)และกลวิธีพันธุกรรม(genetic algorithms)[4] การออกแบบพิจารณาพารามิเตอร์ในการป้อนข้อมูลต่างๆและประยุกต์ใช้งานระบบฟัซซี่ลอจิกในระบบปรับอากาศ โดยปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงานของระบบปรับอากาศ[5] ระบบการทำงานร่วมกับ Local operation network (LON)เพื่อการควบคุมและจัดการด้านพลังงานของระบบปรับอากาศเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลการควบคุม[6] การใช้ระบบควบคุมด้วยฟัซซี่ร่วมกับ Local

operation network(LON) เพื่อการควบคุมและการจัดการด้านพลังงานของระบบปรับอากาศ[7]

ในบทความนี้เป็นการประยุกต์ใช้ระบบการควบคุมแบบฟัซซี่ (Fuzzy Logic Control) เข้ามาตัดสินใจการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ โดยอาศัยค่าอุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์รวมทั้งโหลดภาระการทำความเย็นที่เป็นอยู่ในขณะนั้น เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในพื้นที่ ที่ทำการทดลองให้มีความคงที่ในระดับ 25 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) มากที่สุด โดยแสดงผลผ่านโปรแกรม LabVIEW

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนอากาศแบบร้อนชื้นซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นค่อนข้างสูงดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับอากาศเพื่อให้เกิดความสบายแก่ผู้อยู่อาศัยภายในบ้านหรืออาคารพาณิชย์หรือหากเป็นโรงงานอุตสาหกรรมก็ต้องลดความชื้นเพื่อตรงตามกระบวนการทำงานการควบคุมอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความอัจฉริยะ โดยระบบการปรับอากาศส่วนใหญ่ออกแบบให้มีขนาดพิกัดใหญ่กว่าภาระการทำความเย็นจริง เพื่อสำรองสำหรับความไม่แน่นอนของสภาพอากาศ จำนวนผู้อยู่อาศัยหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าทำให้เกิดภาระต่อการทำความเย็น ถ้าควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ให้ทำงานได้เหมาะสมกับความต้องการการจริงทำให้กระบวนการต่างๆ เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดในการทำงานและเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานอีกแนวทางหนึ่ง

2.1 เครื่องทำน้ำเย็น

Water Chilling Unit[8] เป็นเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อนำไปใช้ในการรับความร้อนจากบริเวณปรับอากาศ โดยที่น้ำเย็นรับความร้อนจากอากาศผ่าน Fan Coil Unit (FCU) หรือ Air Handling Unit (AHU) การระบายความร้อนของสารทำความเย็นในCondenserมีทั้งการระบายความร้อนด้วยอากาศและระบายความร้อนด้วยน้ำ ประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงและมีวิธีการทำความเย็นในหลายรูปแบบด้วยกัน ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการทำความเย็นในกรณีที่โครงการมีขนาดใหญ่ และมีความต้องการความเย็นมาก นิยมใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้

เพราะมีเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงให้เลือกใช้ (0.62 - 0.75 กิโลวัตต์/ตัน)

สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นอัตราการทำความเย็นสามารถคำนวณได้จาก[9]

$$\dot{Q}_L = \dot{m}_w c_{p,w} (T_{w,in} - T_{w,out}) \quad (1)$$

$\dot{Q}_L$ = อัตราการทำความเย็น, kW

$\dot{m}_w$ = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำเย็น, kg/s

$c_{p,w}$ = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ, kJ/kg . K

$T_{w,in}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็น, °C

$T_{w,out}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น, °C

อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำเย็นสามารถคำนวณได้จาก

$$\dot{m}_w = \rho_w \dot{V}_w \quad (2)$$

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ, kg/m³

$\dot{V}_w$ = อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำเย็น, m³/s
ในกรณีของน้ำ

$\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3 (8.333 \text{ lb/gallon})$

$c_{p,w} = 4.187 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} (1 \text{ Btu/lb} \cdot ^\circ\text{F})$

ภาระการทำความเย็นในหน่วยอังกฤษ ต้นความเย็นสามารถคำนวณได้จาก

$$\dot{Q}_L = \frac{\dot{V}_w (T_{w,in} - T_{w,out})}{24} \quad (3)$$

$\dot{Q}_L$ = อัตราการทำความเย็น, kW

$\dot{V}_w$ = อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำเย็น, gpm

$T_{w,in}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็น, °F

$T_{w,out}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น, °F

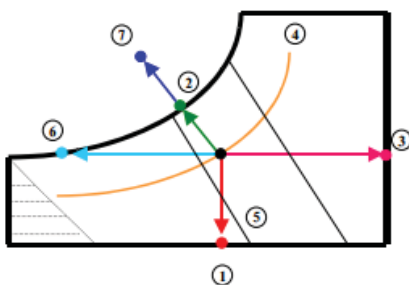
ความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

$$Q = \text{จำนวนวัตต์ของหลอดไฟ} \times 3.41 \quad (4)$$

Q คือปริมาณความร้อนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง (Btu/hr)

กระบวนการปรับสภาวะอากาศ[10]

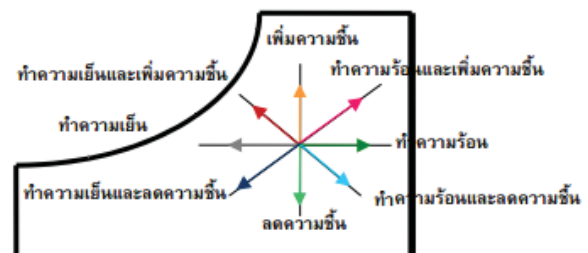
อากาศที่อยู่รอบตัวเราประกอบด้วยอากาศแห้งและไอน้ำซึ่งเรียกว่าอากาศชื้น ดังนั้นการหาปริมาณไอน้ำหรือปริมาณความร้อนที่อยู่ในอากาศชื้นจะต้องใช้แผนภาพไซโครเมตริกชาร์ตโดยแผนภาพไซโครเมตริกชาร์ตจะแสดงคุณสมบัติดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพไซโครเมตริกชาร์ต

1. อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature, Tdb) คืออุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง
2. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature, Twb) คืออุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะหุ้มด้วยผ้าสำลีที่ชื้นโดยต้องมีกระแสลมพัดผ่านกระเปาะเปียกที่ความเร็วไม่น้อยกว่า 5 m/s
3. ความชื้นจำเพาะ (Humidity ratio) คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างไอน้ำในอากาศต่ออากาศแห้ง 1 kg
4. ความชื้นในอากาศ (Relative humidity, %RH) คือ อัตราส่วนความดันระหว่างความดันของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศกับความดันอิ่มตัวของไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน
5. ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น (Specific volume) คือ ปริมาตรของอากาศชื้นต่อ 1 กิโลกรัมของอากาศแห้ง
6. อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point, DP) คือ อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศเริ่มควบแน่นเป็นหยดน้ำเมื่ออากาศชื้นถูกทำให้เย็นลง
7. ความร้อนจำเพาะของอากาศ (Specific enthalpy, h) คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้อากาศแห้ง 1 กิโลกรัม และน้ำ X กิโลกรัม ร้อนขึ้นจาก 0°C เป็น 1°C

สภาวะอากาศทั่วไปมีสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับความต้องการเพื่อความสะดวกสบายของคนหรือความต้องการเพื่อการผลิตในอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการปรับสภาวะอากาศให้ได้ตามต้องการ กระบวนการปรับอากาศต้องการให้มนุษย์อยู่สบาย ช่วงอุณหภูมิอุณหภูมิที่กระเปาะแห้ง (Tdb) ประมาณ 22-27°C และอากาศที่ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ประมาณ 40-60% [11] จึงต้องมีกระบวนการปรับสภาวะอากาศเช่นรูปที่ 2

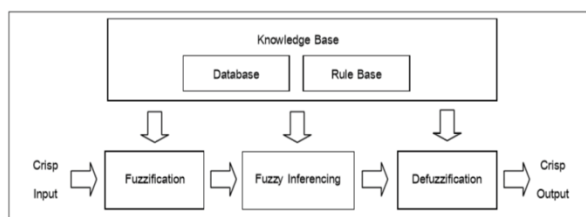


รูปที่ 2 กระบวนการปรับสภาวะอากาศ

2.2 ระบบฟัซซีลอจิก

ฟัซซีลอจิกหรือตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic, FL)[12] เป็นวิธีทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความคลุมเครือ ไม่ชัดเจนคล้ายกับตรรกะทางความคิดของมนุษย์คิดค้นโดย L. A. Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 ที่อาศัยฟัซซีเซต (Fuzzy Set) เพื่อสื่อถึงความไม่

แน่นอนโดยในฟัซซีเซตนี้กำหนดค่าความเป็นสมาชิก (Degree of Membership) ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 ซึ่งแตกต่างจากเซตแบบฉบับ (Classical Set) ที่มีการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกเพียงสองค่าเท่านั้นคือ 0 หมายถึงไม่เป็นสมาชิกและ 1 หมายถึงเป็นสมาชิก การกำหนดระดับค่าความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่สนใจนั้นอาศัยฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น ฟังก์ชันสามเหลี่ยม ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู ฟังก์ชันซิกมอยด์ ฟังก์ชันเกาส์เซียน เป็นต้น การเลือกใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกขึ้นอยู่กับข้อมูลของตัวแปรนั้นๆ นอกจากนี้ฟัซซีเซตยังใช้กับตัวแปรเชิงภาษา (Linguistic Variables) เพื่อแสดงคุณภาพหรือปริมาณได้อีกด้วยโครงสร้างพื้นฐานของระบบฟัซซีแสดงดังรูปที่ 3 โดยการทำงานของระบบฟัซซีมี 3 ขั้นตอน คือ



รูปที่ 3 โครงสร้างพื้นฐานของระบบฟัซซี

ขั้นตอนที่ 1 การแปลงค่าของข้อมูลนำเข้าเป็นค่าฟัซซีนำเข้า (Fuzzification) เป็นการคำนวณค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูลนำเข้า (Crisp Input) โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ขั้นตอนที่ 2 การอนุมานหรือตีความ (Fuzzy Inferencing) เป็นการนำค่าฟัซซีนำเข้าไปตีความหรืออนุมานผ่านกฎฟัซซีที่ตั้งขึ้นมาและได้ผลลัพธ์เป็นค่าฟัซซีส่งออก โดยกฎฟัซซีที่นิยมใช้คือ กฎฟัซซีแบบ ถ้า-แล้ว (Fuzzy If-Then Rule) ที่อาศัยหลักการของเหตุและผล

ขั้นตอนที่ 3 การทำค่าฟัซซีให้เป็นค่าปกติ (Defuzzification) เป็นการนำค่าฟัซซีส่งออกมาแปลงเป็นค่าปกติ (Crisp Output) ซึ่งมีหลายวิธีเช่น วิธีถ่วงเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักวิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง เป็นต้น เห็นได้ว่าการทำงานของ FL คล้ายกับข่ายงานระบบประสาท (ANN) ในการประมาณค่าความสัมพันธ์ต่างกันตรงที่ FL ไม่ได้ใช้การเรียนรู้แต่อาศัยองค์ความรู้ที่อยู่ในฐานความรู้ (Knowledge Base)

FL ถูกนำไปใช้ในการพยากรณ์เนื่องจากมีจุดเด่นตรงที่มีตรรกะการใช้เหตุผลเหมือนมนุษย์และใช้ประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญมากกว่าการใช้ทฤษฎี

นอกจากนี้ยังสามารถรองรับกับพฤติกรรมแบบพลวัต (Dynamic Behaviors) รวมถึงความไม่แน่นอนได้ด้วย เช่น มีการนำ FL ไปใช้พยากรณ์การใช้พลังงานในระบบการผลิตที่จะเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลงผลลัพธ์ที่ได้จะช่วยให้การวางแผนที่เหมาะสมเพื่อรักษาประสิทธิภาพการผลิตให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้หรือการใช้ FL ในการพยากรณ์ยอดขายในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มที่ความต้องการของลูกค้ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

3. ระบบการควบคุมการทำความเย็นด้วยฟัซซี

3.1 ระบบน้ำเย็นที่ใช้

การศึกษานี้เป็นการจำลองระบบการปรับอากาศแบบน้ำเย็น โดยการตรวจวัดอุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในพื้นที่การทดลองโดยมีโครงสร้างลักษณะการทดลองดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 โครงสร้างที่ใช้ในการทดลอง

โดยมีการวัดอุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศผ่านเซ็นเซอร์ และทำการบันทึกข้อมูลด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยมีตำแหน่งที่ทำการบันทึกค่า ตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 5



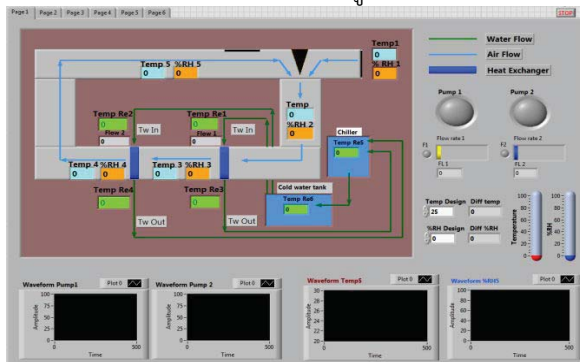
รูปที่ 5 แบบการทดลองและตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดอุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์

โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าอุณหภูมิ น้ำเย็นทั้งสี่จำนวน 5 ตำแหน่งด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยติดตั้งในตำแหน่งทางเข้าชุดแลกเปลี่ยนอุณหภูมิชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ตำแหน่งทางออกชุดแลกเปลี่ยนอุณหภูมิชุดที่ 1 และชุดที่ 2 และตำแหน่งถังพักน้ำเย็น



รูปที่ 6 ตำแหน่งติดตั้ง Sensor วัดอุณหภูมิน้ำเย็น

โดยข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่า ถูกนำไปใช้ในการคำนวณโหลตการทำความเย็น ของพื้นที่ที่ทำการทดลองและทำการคำนวณและระบบการทำงานระบบอัจฉริยะ ทำการสั่งการให้ระบบทำงานตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ใน ระบบการทำงานของ Fuzzy Logic ซึ่งระบบนี้ถูกสั่งการโดยอัตโนมัติซึ่งค่าที่บันทึกผ่านโปรแกรม LabVIEW แสดงผลผ่านหน้าจอ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 หน้าจอแสดงผลข้อมูลที่ทำหน้าที่

โดยมีปั๊มทำหน้าที่จ่ายน้ำเย็นเข้าสู่ระบบจำนวน 2 ตัว และมีการผ่าน Flow meter โดยมีการสอบเทียบปริมาณการไหลของน้ำโดยเทียบกับสูตรตามทฤษฎีได้ดังนี้

$$Q = Hz / 7.5 \text{ (ลิตร/นาท)} \quad (5)$$

โดยสามารถคำนวณอัตราการไหลของน้ำได้จากการสอบเทียบสมการการดังนี้

$$Q1 = 0.152 + 0.135 \cdot Hz1 - 0.001 \cdot Hz1^2 + 2.852E-5 \cdot Hz1^3$$

$$Q2 = -0.22 + 0.176 \cdot Hz2 - 0.001 \cdot Hz2^2 - 1.855E-5 \cdot Hz2^3$$

โดยที่ค่าตัวแปร

Q1= อัตราการไหลของปั๊มน้ำตัวที่ 1 (ลิตร/นาท)

Q2= อัตราการไหลของปั๊มน้ำตัวที่ 2 (ลิตร/นาท)

Hz1=ค่าความถี่สัญญาณที่ได้จากเซ็นเซอร์ตัวที่ 1 (Hz)

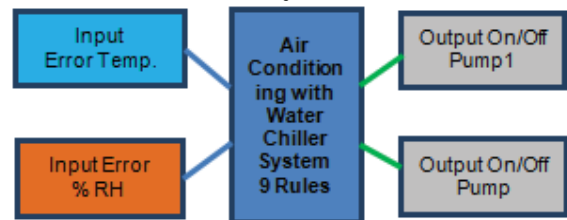
Hz2=ค่าความถี่สัญญาณที่ได้จากเซ็นเซอร์ตัวที่ 2 (Hz)

สมการที่ 5 หาจากที่ใช้การวัดอัตราการไหลของน้ำ (แกน X) เทียบกับความถี่ของสัญญาณ (แกน Y) และหาค่าคงที่ของสมการโพลีโนเมียลโดยวิธีถดถอย (Regression)

3.2 การออกแบบระบบควบคุมฟัซซี่ (Fuzzy Logic Control, FLC)

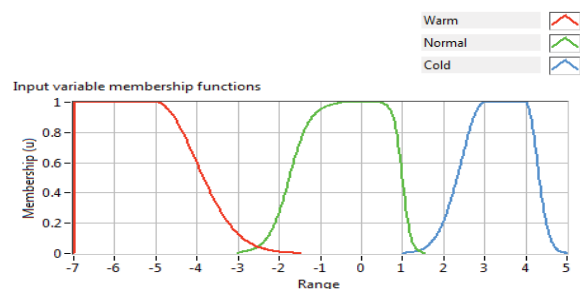
ระบบการทำงานของปั๊มที่ทำการจ่ายน้ำเย็นเข้าสู่ระบบเพื่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อนในระบบปรับอากาศ โดยอาศัยค่าจากการออกแบบทางฟัซซี่ลอจิก เป็นตัวตัดสินใจในการทำงาน โดยการกำหนดค่า Input และค่า Output ของระบบโดยงานวิจัยนี้ค่า Input ใช้เป็นค่าของ Error Temp ตำแหน่งที่ 5 ของการทดลองและค่าของ Error %RH ตำแหน่งที่ 5 และค่าของ Output จะเป็นค่าของการ ON-Off Pump

จากการสร้างระบบการทำงานของฟัซซี่ ได้รูปแบบของค่าต่างๆ ที่กำหนดได้ดังรูปที่ 8

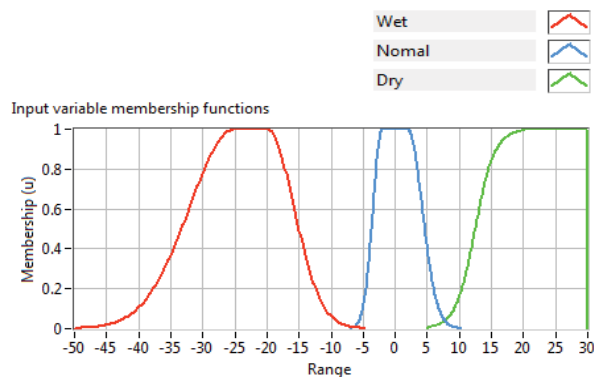


รูปที่ 8 ระบบควบคุมการทำงานของระบบโดยฟัซซี่ลอจิก

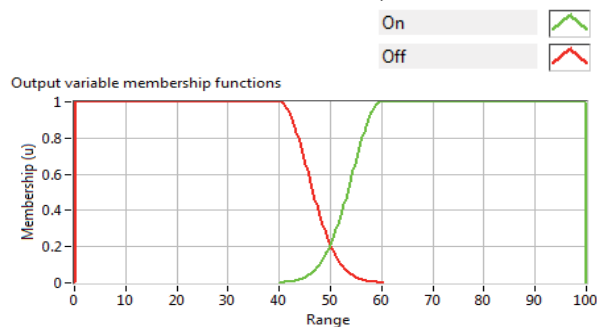
ในงานวิจัยนี้ใช้ฟังก์ชันสมาชิกเป็นแบบเกาส์เซียน (Gaussian) สำหรับข้อมูลขาเข้าที่ใช้ในการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกซึ่งได้แก่ Error Temp.และ Error %RH ดังรูปที่ 8 โดยที่สมาชิกของ Error Temp.มีลักษณะเชิงภาษาเรียกว่า “Warm” “Normal” และ “Cold” ส่วนสมาชิกของ Error %RH มีลักษณะเชิงภาษาเรียกว่า “Wet” “Normal”และ “Dry” ดังตัวอย่างในรูปที่ 9 และ 10เป็นสมาชิกแบบเกาส์เซียน(Gaussian) ส่วนข้อมูลในขาออกที่ใช้ในการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกนี้ คือปั๊มน้ำตัวที่ 1 และ 2 โดยออกแบบฟังก์ชันสมาชิกเป็นแบบเกาส์เซียน (Gaussian) และมีสมาชิกเป็น 2 สมาชิกคือ “On”และ “Off” ดังตัวอย่างในรูปที่ 11 และ 12 ซึ่งได้กำหนดการทำงานของปั๊มจากการที่ได้ค่าจากฟัซซี่ลอจิก โดยให้ปั๊มน้ำตัวที่ 1 ทำงานโดยที่รับค่ามากกว่า 40 และให้ปั๊มน้ำตัวที่ 2 ทำงานโดยที่รับค่ามากกว่า 60



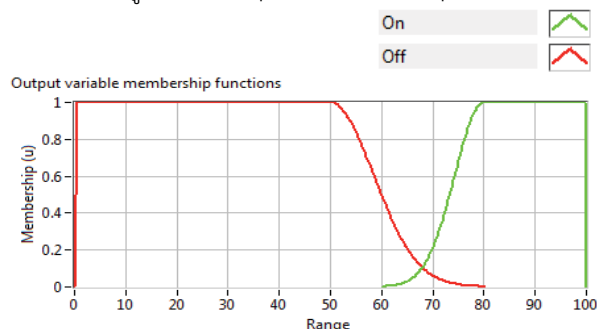
รูปที่ 9 Input ของ Error Temperatureแบบสามสมาชิกคือ “Warm” “Normal”และ “Cold”



รูปที่ 10 Error %RH แบบสามสมาชิกคือ “Wet”
“Normal” และ “Dry”



รูปที่ 11 Output ON-Off Pump1



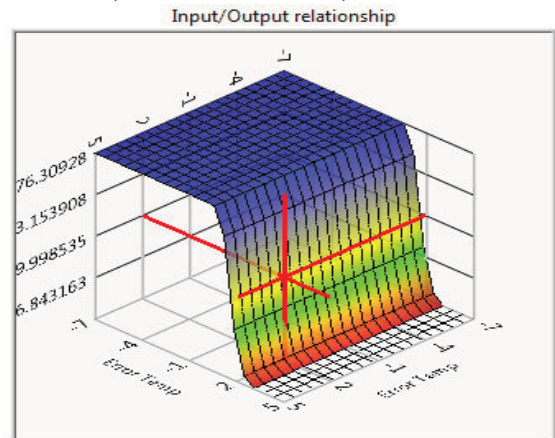
รูปที่ 12 Output ON-Off Pump2

ตารางที่ 1 กฎของฟัซซี่ที่ใช้ในการเปิดปิดปั๊ม

Error Temp	Error Humidity	Pump 1	Pump 2
Warm	Dry	On	On
Warm	Normal	On	On
Warm	Wet	On	On
Normal	Dry	On	On
Normal	Normal	On	On
Normal	Wet	On	Off
Cold	Dry	On	Off
Cold	Normal	Off	Off
Cold	Wet	Off	Off

จากตารางสามารถเขียนในรูปเชิงภาษา ได้ลักษณะดังนี้
Rules1:

If ‘ErrorTemp’ Is ‘Warm’ AND ‘ErrorHumidity’ Is ‘Dry’
Then ‘Pump1’ Is ‘On’ Also ‘Pump2’ Is ‘On’



รูปที่ 13 ลักษณะพื้นผิวของระบบควบคุมแบบฟัซซี่ที่ใช้

เมื่อสัญญาณขาเข้าเข้าสู่กฎ If...Then แต่ละระบบแต่ละกฎให้ค่าสัญญาณขาออกของแต่ละกฎ ที่เกี่ยวข้อง กับสัญญาณขาเข้าเหล่านั้น โดยจากค่าที่ได้ในแต่ละกฎ ถูกนำมารวมกันในกระบวนการ Defuzzification method เพื่อให้เป็นค่าตัวเลข เพื่อทำการส่งสัญญาณไป ควบคุมระบบของการควบคุมการเปิดปิดปั๊มน้ำ ที่ทำการส่งน้ำเย็นเข้าสู่ระบบ สำหรับกระบวนการของ Defuzzification method นี้ งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการ Center of Area ซึ่งนำมาหาค่าในการสั่งการ การทำงาน เปิดปิดปั๊มน้ำ

4. การทดลอง

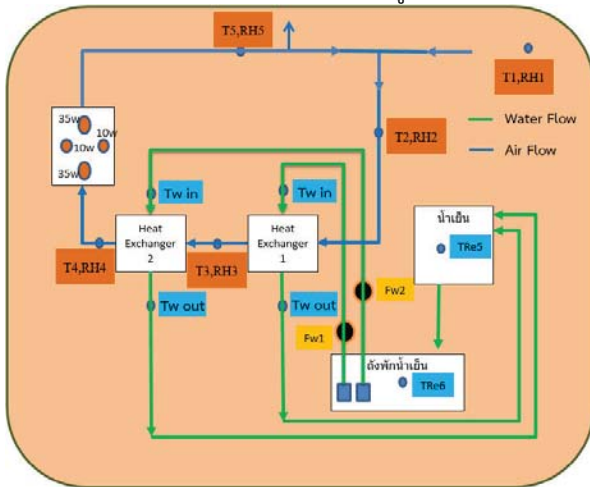
วิธีการทดลอง

ติดตั้งปั๊มน้ำทำหน้าที่จ่ายน้ำเย็นเข้าสู่ระบบ เพื่อทำการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิเพื่อทำความเย็นให้กับระบบ ดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 ตำแหน่งปั๊มน้ำ

และทำการทดลองตามลักษณะ Flow Chart การทดลองของการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศดังรูปที่ 15

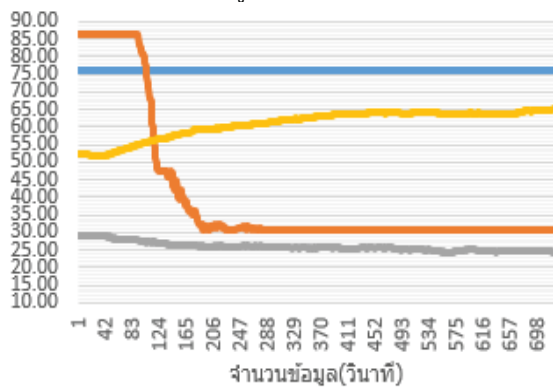


รูปที่ 15 Flow Chart การทดลอง

โดยเริ่มทำการทดลองเดินเครื่องของระบบปรับอากาศ จากสถานะของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่เป็นอยู่ในขณะนั้น และทำการทดลองเปิดระบบจนกว่าระบบจะมีความคงที่ของอุณหภูมิภายในพื้นที่ทำการทดลอง โดยทำการบันทึกค่าในทุกช่วงวินาที

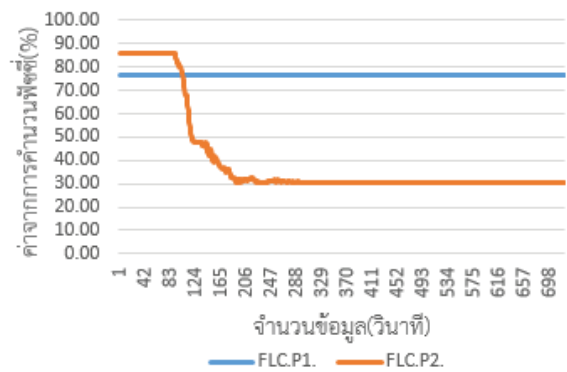
4.1 ผลการทดลอง

จากการเก็บข้อมูลของช่วงการปรับอากาศที่อุณหภูมิภายในพื้นที่การทดลองค่อนข้างสูง และระบบได้ทำงานจนกระทั่งเริ่มมีความคงที่ โดยที่ ค่า FLC.P1. เป็นค่าฟัซซี่ลอจิกของปั๊มตัวที่1และFLC.P2. เป็นค่าฟัซซี่ลอจิกของปั๊มตัวที่ 2 ดังเห็นได้จากรูปที่ 16

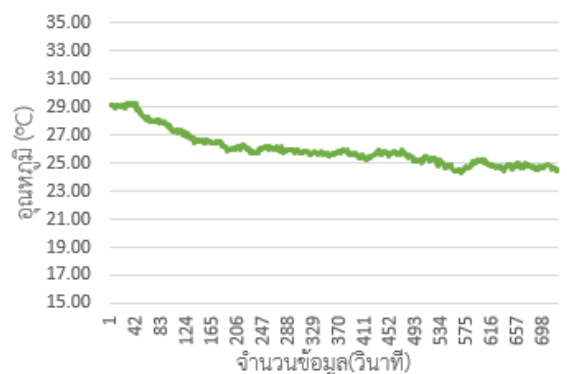


รูปที่ 16 กราฟแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและ%RH

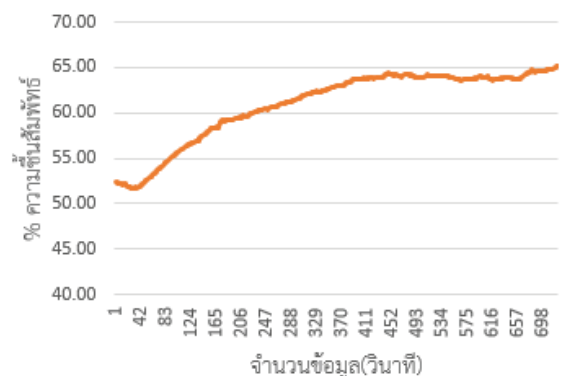
ค่าที่ได้จากการคำนวณของฟัซซี่ลอจิกเป็นค่าที่ส่ง Out put ใช้ในการตัดสินใจสั่งการทำงานของปั๊มน้ำเย็นของระบบ ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 ค่าจากการคำนวณฟัซซี่ลอจิก



รูปที่ 18 กราฟแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ



รูปที่ 19 กราฟแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ %RH

จากค่าที่กำหนดไว้ในฟัซซี่ลอจิก คือที่อุณหภูมิ 25°C, %RH55 ในการปรับอากาศค่าที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิแล้วอยู่ในช่วงไม่เกิน 3% ซึ่งจากกราฟการทดลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแผนภูมิไซโครเมตริก ค่าเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 29°C, %RH 53 มีค่าความชื้นจำเพาะ 18.8kg/kg dry air และค่าสุดท้ายที่อุณหภูมิ 25°C, %RH 65 จะมีค่าความชื้นจำเพาะ 18.0 kg/kg dry air ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นไปตามกระบวนการปรับอากาศที่อุณหภูมิลดลง

ความชื้นจำเพาะในอากาศลดลงด้วยเนื่องจากการกลั่นตัวของไอน้ำ

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

บทความงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการใช้งานของฟัซซี่ลอจิก เพื่อเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจ สั่งการการทำงานของปั๊มน้ำเย็น เพื่อใช้ในระบบการปรับอากาศแบบทำน้ำเย็น โดยเป็นการอาศัยค่าที่ได้จากการวัดอุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ โดยจากการทดลองพบว่าการทำงานของระบบในการคำนวณค่าของฟัซซี่ สามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจ เปิดปิดปั๊มน้ำเย็นเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนในระบบเพื่อทำการปรับอุณหภูมิและรักษาระดับของอุณหภูมิในพื้นที่การทดลองของระบบได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพ โดยเห็นว่าในช่วงที่อุณหภูมิลดต่ำลงจนกระทั่งเริ่มมีความคงที่

ถึงแม้ว่าระบบการควบคุมแบบฟัซซี่มีประสิทธิภาพที่ดี แต่ในการออกแบบฟังก์ชันของสมาชิกแต่ละข้อมูล ยังต้องใช้ประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญ จึงควรมีการนำระบบอื่นมาใช้เพื่อเป็นการพัฒนาทั้งในส่วนของฟัซซี่ลอจิกหรือระบบอื่นเช่นนิวโรฟัซซี่และการเพิ่มสมาชิกของแต่ละฟังก์ชันของทั้งในส่วน Input และ Output เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้มากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล กำแพงแสน ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Abdel-Hamid Attia, Sohair F. Rezek, 1, Ahmed M. Saleh “Fuzzy logic control of air-conditioning system in residential buildings”. Alexandria Engineering Journal (2015) 54, 395–403
- [2] Henry Nasution, K. Sumerub, Azhar Abdul Aziza, Mohd. Yusoff Se “Experimental study of air conditioning control system for building energy saving”. ScienceDirect Energy Procedia 61 (2014) 63 – 66
- [3] Herbert R. do N. Costa · Alessandro La Neve “Study on application of a neuro-fuzzy models in

air conditioning systems”. Brazil Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

- [4] JiaYanga, b, K.T. Chanb, TongyongDaia, F.W. Yuc, Lei Chena “Hybrid Artificial Neural Network–Genetic Algorithm Technique for Condensing Temperature Control of Air-Cooled Chillers” . ScienceDirect Procedia Engineering 121 (2015) 706 – 713
- [5] Sanjit Kumar Dash, Gouravmoy Mohanty, Abhishek Mohanty “Intelligent Air Conditioning System using Fuzzy Logic” International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 3, Issue 12, December-2012 1 ISSN 2229-5518
- [6] Maoren Li+ “Intelligent Air-conditioning Management System based on Fuzzy Control” 2012 International Conference on Computer Technology and Science (ICCTS 2012). DOI: 10.7763/IPCSIT.2012.V47.62
- [7] REZA TALEBI - DARYANI, Jan Pfaff “INTELLIGENT CONTROL AND POWER MANAGEMENT OF AIR CONDITIONING SYSTEMS USING FUZZY LOGIC AND LOCAL OPERATION NETWORKS” Automation Congress, 2002 proceedings of the 5th Biannual World (Volume: 14) Page : 195 - 202
- [8] หจก. แอล.คูล เอ็นจิเนียริง, แหล่งที่มา <http://www.lcoolengineering.com/> เข้าดูเมื่อวันที่ 20/07/2558.
- [9] คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร พ.ศ. 2553), แหล่งที่มา http://www.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Build/Build_14.pdf. เข้าดูเมื่อวันที่ 06/08/2558.
- [10] คู่มือการพัฒนาศักยภาพภาคปฏิบัติในระบบปรับอากาศ, แหล่งที่มา <http://webkc.dede.go.th/webmax/sites/default/files/คู่มือการพัฒนาศักยภาพภาคปฏิบัติในระบบปรับอากาศ.pdf>. เข้าดูเมื่อวันที่ 27/09/2558.
- [11] ศศ.ดร.สมชัย อัครทิวา, อาจารย์ขวัญจิต วงษ์ขารี “เทอร์โมไดนามิกส์ THERMODYNAMICS” กรุงเทพฯ: แมคกรอฮิลล์/สำนักพิมพ์ท็อป, 2547. 648 หน้า
- [12] นันทชัย กานตานันทะ (2555). การพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์เชิงสาเหตุ, วารสารวิศวกรรมศาสตร์, 20 พฤศจิกายน 2555 หน้า 38-39.