

# การควบคุมสำหรับระบบปรับอากาศ (Control System for Air-Conditioning System)

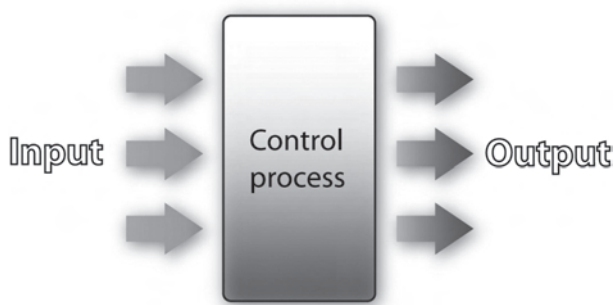
ในการควบคุมระบบการทำงานโดยทั่วไป เพื่อให้ได้สภาวะการทำงานตามที่ต้องการนั้น ต้องอาศัยอุปกรณ์ประกอบหลายๆ ส่วน เพื่อช่วยในการควบคุม เช่น เซนเซอร์, ทรานสมิตเตอร์, ทรานสดิวเซอร์, ตัวควบคุมการทำงาน และ ส่วนตอบสนองการสั่งงานต่างๆ แม้แต่ในการควบคุมสำหรับระบบปรับอากาศก็ต้องประกอบด้วยส่วนต่างๆ เหล่านี้เช่นกัน ซึ่งส่วนของระบบควบคุมการทำงานนั้น ถือเป็นส่วนที่สำคัญของการควบคุมเลยทีเดียว ซึ่งอาจเทียบเท่ากับสมองของคนเรานั้นเอง

เราจึงจำเป็นต้องเลือกระบบการควบคุมที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานต่างๆ และตัวควบคุมสำหรับระบบปรับอากาศจะมีทั้งแบบที่เป็น Mechanic และ Electronic ซึ่งแบบ Mechanic นั้น โดยทั่วไปจะมีความละเอียดต่ำ, ความแม่นยำต่ำ และราคาถูกเนื่องจากแบบ Electronic อาศัยคุณสมบัติที่ต่างกันไปในของวัสดุในการทำงาน จึงเป็นที่นิยมกันทั่วไปสำหรับแบบ Electronic นั้น สามารถให้ความละเอียดและแม่นยำถูกต้องสูงกว่า แต่ราคาสูงกว่า แบบ Mechanic แต่แบบ Electronic นี้กำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากสามารถแสดงผลให้เห็นได้อย่าง

ชัดเจน และมีมาตรฐานต่างๆ ที่ใช้งานการรับรองและควบคุมคุณภาพของสินค้า ทั้งในระหว่างการผลิตและการจัดเก็บรักษาสินค้านั้นๆ ทำให้มีความต้องการการควบคุมที่ละเอียดและแม่นยำสูง ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับการเลือกคุณสมบัติของส่วนประกอบของผู้ใช้งาน ในบทความนี้ จะกล่าวถึงรายละเอียดเฉพาะระบบควบคุมแบบ Electronic ซึ่งมีความซับซ้อนในการเลือกใช้งานมากกว่าแบบ Mechanic

จากส่วนประกอบของระบบควบคุมที่ใช้ในการควบคุมแบบต่างๆ ซึ่งส่วนประกอบของระบบควบคุมหลักประกอบไปด้วย

- Input เป็นส่วนรับค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อใช้ในการควบคุม เช่น อุณหภูมิ, ความชื้น, แรงดัน, ความเร็วลม และ สถานะของการไหลของลม/น้ำ เป็นต้น
- Controlling Processor เป็นส่วนของการประมวลผลและสั่งงาน
- Output เป็นส่วนของการสั่งการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น คอมเพรสเซอร์, ฮีตเตอร์, เครื่องลดความชื้น, เครื่องเพิ่มความชื้น, วาล์ว และ ปั๊มน้ำ เป็นต้น



รูปที่ 1.1 ไตอะแกรมการควบคุม

ดังนั้น เราควรศึกษาความสามารถในการทำงาน/ สิ่งงานและเหมาะสมของส่วนประกอบต่างๆ ของตัวควบคุม เพื่อจะนำไปเลือกตัวควบคุมได้ตามการใช้งานอย่างแท้จริง ซึ่งในบทความนี้จะอธิบายถึงรายละเอียดของส่วนประกอบ ความสำคัญ ความเหมาะสม และชนิดต่างๆ ของส่วนประกอบเหล่านั้น

## 1. Input ส่วนรับค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อใช้ในการควบคุม

โดยจะแบ่งตามลักษณะสัญญาณที่รับเข้ามาเพื่อให้ตัวควบคุมทราบสภาวะปัจจุบันของอากาศที่ควบคุม

**1.1 Analog Input** คือ อินพุตที่มีการเปลี่ยนแปลง และ ต้องอ่านอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ค่าต่างๆ เป็นค่าใกล้เคียงกับค่าปัจจุบันมากที่สุด เช่น อุณหภูมิ, ความชื้น และ แรงดัน ซึ่งจะแบ่งตามลักษณะการจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์วัด เพื่อให้เกิดสัญญาณต่อเนื่อง และนำไปประมวลผลต่อไป ซึ่งแบ่งตามลักษณะการให้สัญญาณได้เป็น 2 แบบ คือ

- a) Passive Input
- b) Active Input

**a) Passive Input** คือ อินพุตที่ให้สัญญาณได้โดยไม่ต้องมีการจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์วัดก็สามารถอ่านค่าสภาวะนั้นๆ ได้ โดยมากจะพบในอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ได้แก่ เทอร์มิสเตอร์ และ RTD ชนิดต่างๆ เช่น



รูปที่ 1.2 ตัวอย่าง เทอร์มิสเตอร์ และ RTD

### ► NTC

#### (Negative Temperature Coefficient)

เป็นโพรบ (probe) สำหรับวัดอุณหภูมิ ซึ่งเป็นตัวต้านทานชนิดหนึ่ง (Resistor) ที่มีค่าความต้านทานแปรผกผันกับอุณหภูมิ คือ เมื่ออุณหภูมิต่ำโพรบจะอ่านค่าความต้านทานได้สูง และ เมื่ออุณหภูมิสูงโพรบจะอ่านค่าความต้านทานได้ต่ำ *เหมาะสำหรับการควบคุมอุณหภูมิปกติ, อุณหภูมิต่ำ ไปจนถึงอุณหภูมิติดลบ* เนื่องจากคุณสมบัติของ NTC จะมีความเป็นเชิงเส้น (Linear) เมื่ออุณหภูมิต่ำ แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องการความละเอียดแม่นยำสูง

### ► PTC

#### (Positive Temperature Coefficient)

เป็นโพรบ (probe) สำหรับวัดอุณหภูมิ ซึ่งเป็นตัวต้านทาน (Resistor) เช่นเดียวกับกับ NTC แต่คุณสมบัติของ PTC จะเป็นในทิศทางตรงกันข้ามกับ NTC คือ เมื่ออุณหภูมิสูงโพรบจะอ่านค่าความต้านทานได้สูง และ เมื่ออุณหภูมิต่ำโพรบจะอ่านค่าความต้านทานได้ต่ำ และ *เหมาะสำหรับการควบคุมอุณหภูมิปกติ, ถึงอุณหภูมิสูง* ซึ่งจะสูงเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับ Range ของโพรบ และความทนความร้อนของวัสดุห่อหุ้ม โดยทั่วไปจะสูงมากกว่า 100 °C แต่ทั้งนี้ PTC ไม่เหมาะกับงานที่

ต้องการความละเอียดแม่นยำสูง เช่นกัน

#### ▶ PT100

เป็นโพรบวัดอุณหภูมิทำจากทองคำขาว (Platinum) ที่ให้ความต้านทาน 100  $\Omega$  เมื่อมีอุณหภูมิเท่ากับ 0 °C และค่าความต้านทานจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ โดยเมื่ออุณหภูมิสูงโพรบจะอ่านค่าความต้านทานได้สูงขึ้น และเมื่ออุณหภูมิต่ำโพรบจะอ่านค่าความต้านทานได้ต่ำลง มีช่วงการใช้งานค่อนข้างกว้าง จึงสามารถใช้กับงานที่มีอุณหภูมิตดลบ ไปจน 200 — 300 °C หรืออาจสูงกว่านี้ เลยทีเดียว ทั้งยังมีความละเอียดและแม่นยำสูง แต่ก็มีราคาสูง และไม่เหมาะกับการเดินสายระยะไกล เนื่องจากค่าความต้านทานของโพรบมีค่าน้อย ค่าความต้านทานของสายที่นำมาต่อจะส่งผลกระทบไปยังผลของการอ่านค่าอุณหภูมิจากค่าความต้านทานของโพรบได้

#### ▶ PT1000

เป็นโพรบวัดอุณหภูมิทำจากทองคำขาว (Platinum) และค่าความต้านทานจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ เช่นกัน แต่จะให้ความต้านทาน 1000  $\Omega$  เมื่อมีอุณหภูมิเท่ากับ 0 °C มีช่วงการใช้งานค่อนข้างกว้าง สามารถใช้กับงานที่มีอุณหภูมิตดลบ ไปจน 200 — 300 °C หรืออาจสูงกว่านี้ มีความละเอียดและแม่นยำสูง แต่ก็มีราคาสูงเช่นกัน และไม่ต้องกังวลหากต้องการเดินสายระยะไกล ระหว่างหัวโพรบกับตัวควบคุม

#### ▶ Thermocouple

เป็นโพรบวัดอุณหภูมิซึ่งประกอบจากวัสดุสองชนิด ซึ่งคุณสมบัติของวัสดุหนึ่งที่อุณหภูมิเดียวกันจะให้ความต่างศักย์ไม่เท่ากัน จึงเกิดกระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำ (มิลลิโวลต์) โดยไม่ต้องจ่ายไฟฟ้าให้กับโพรบ มีช่วงการใช้งานค่อนข้างกว้าง สามารถใช้ได้ตั้งแต่อุณหภูมิตดลบ ไปจน 200 — 300 °C หรืออาจมากกว่านี้ ขึ้นอยู่

ชนิดของเทอร์โมคัปเปิล มีความละเอียดและแม่นยำค่อนข้างสูง และราคาค่อนข้างสูงเช่นกัน แต่ต้องระวังการเดินสายระยะไกล เนื่องจากเทอร์โมคัปเปิลให้แรงดันไฟฟ้าต่ำ ค่าต้านทานของสายอาจมีผลกระทบต่อแรงดันที่ตัวควบคุมได้รับ

b) **Active Input** คือ อินพุตที่ให้สัญญาณได้ โดยต้องจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์วัด จึงจะสามารถอ่านค่าสถานะนั้นๆ ได้ ซึ่งจะพบเห็นในการวัดหลากหลายตัวแปรทั้ง อุณหภูมิ, ความชื้น, แรงดัน และความเร็วลม เป็นต้น



รูปที่ 1.3 ตัวอย่าง อุปกรณ์วัดความชื้น สำหรับการติดตั้งในห้องและในท่อลม



รูปที่ 1.4 ตัวอย่าง อุปกรณ์วัดแรงดันอากาศ



รูปที่ 1.5 ตัวอย่าง วัดแรงดันของสารทำความเย็น

และตัวเซนเซอร์เองจะแปรค่าเป็นตัวแปรทางด้านไฟฟ้า เพื่อส่งไปยังตัวควบคุม เพื่อทำการประมวลผล ซึ่งชนิดของสัญญาณทางไฟฟ้าสามารถแบ่งได้ดังนี้ คือ

- ชนิดกระแสไฟฟ้า
- ชนิดแรงดันไฟฟ้า

อย่างไรก็ตาม การใช้สัญญาณทางไฟฟ้าแทนการรับสัญญาณอินพุตแบบอื่นๆ นั้น ผู้ใช้งานจำเป็นต้องกำหนดค่าการ Min/Max เพื่อให้ตัวควบคุมสามารถแปลงค่าไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง

### ▶ ชนิดกระแสไฟฟ้า

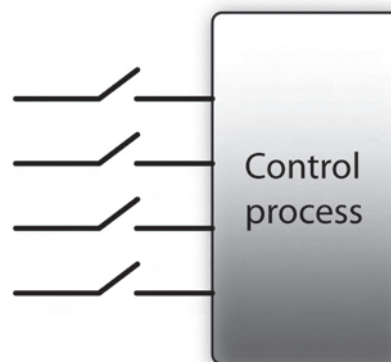
4-20 mA และ 0-20 mA ซึ่งสัญญาณ 4-20 mA เป็นสัญญาณมาตรฐานอุตสาหกรรม สำหรับใช้ในการควบคุม ข้อดีของสัญญาณชนิดนี้ คือ สัญญาณจะไม่ได้รับผลกระทบจากระยะทางการเดินสายไฟฟ้า และทำให้ตัวควบคุมจะสามารถตรวจสอบได้ว่าสายสัญญาณขาดหรือไม่ เนื่องจากหากอุปกรณ์วัดให้สัญญาณต่ำสุดจะจ่ายไฟฟ้า 4 mA แต่หากสายสัญญาณขาด ก็จะอ่านสัญญาณได้เป็น 0 mA สัญญาณชนิดนี้จึงเป็นรูปแบบสัญญาณที่ได้รับความนิยมมากที่สุด โดยเฉพาะในระบบอุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่

### ▶ ชนิดแรงดันไฟฟ้า

0-10 Vdc เป็นสัญญาณแรงดันสำหรับใช้ในการควบคุม แต่สัญญาณชนิดนี้ จะได้รับผลกระทบจากระยะทางการเดินสายระยะไกล เพราะอาจทำให้แรงดันไฟฟ้าตกลงได้ และตัวควบคุมก็ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าสายสัญญาณขาดหรือไม่ เนื่องจากตัวควบคุมจะไม่สามารถแยกได้ว่า กำลังอ่านสัญญาณต่ำสุด หรือ ว่าสายไฟฟ้าขาด แต่เนื่องจากสัญญาณชนิดนี้ เป็นสัญญาณที่สามารถสร้างได้ง่าย และมีช่วงห่างของสัญญาณ (0-10 Vdc) ที่พอเหมาะ จึงเป็นสัญญาณที่ได้รับความนิยมมากเช่นกัน, 0-5 Vdc, 2-10 Vdc สัญญาณควบคุมชนิดนี้ ได้รับการแก้ไขปัญหา ในการแยกความแตกต่างระหว่างสัญญาณต่ำสุดกับสาย

ไฟฟ้าขาด และ 0-1 Vdc ไม่เป็นที่นิยมนัก เนื่องจากช่วงห่างของสัญญาณแคบ ทำให้อ่านสัญญาณผิดพลาดได้ง่าย และ ถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนภายนอกได้ง่ายด้วยเช่นกัน

b) **Digital Input** คือ อินพุตที่แสดงสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการประกอบประมวลสั่งค่า เช่น ไหลของลมในท่อลม, การทำงานของปั้มน้ำ, ประตูเปิด/ปิด, สวิตช์แรงดันต่ำ/สูง ของคอมเพรสเซอร์ และ สวิตช์ระดับน้ำมันของคอมเพรสเซอร์ และสามารถประยุกต์ใช้งานในระบบควบคุมไฟฟ้าได้หลากหลาย เช่น การใช้เป็นสัญญาณในการสั่ง ปิด/เปิดระบบปรับอากาศให้ทำงาน, interlock และ ระบบ safety protection เป็นต้น



รูปที่ 1.6 ไดอะแกรมการควบคุมแบบดิจิทัล

## 2. Controlling Processor ส่วนของประมวลผลและสั่งงาน

ในส่วนของการประมวลผลและสั่งงาน มีองค์ประกอบหลักอยู่ 2 อย่าง คือ ตัวอุปกรณ์ และ หลักการควบคุมการทำงาน เพื่อให้ส่วนของการประมวลผลสั่งงานสามารถทำงานได้

### a) ตัวอุปกรณ์ Controller

ตัวอุปกรณ์ สามารถจำแนกได้เป็น 2 แบบหลักๆ ตามรูปแบบของโปรแกรมการทำงานจากผู้ผลิต

### 1) Parametric Controller

เป็นรูปแบบของโปรแกรมการควบคุมที่อนุญาตให้ผู้ใช้งานตั้งค่าการทำงานได้ตามพารามิเตอร์ต่างๆ โดยจะมีคู่มือการใช้งานที่มีรายละเอียดและความหมายของพารามิเตอร์แต่ละตัว และไม่สามารถปรับเปลี่ยน และแก้ไข การทำงานของพารามิเตอร์แต่ละตัวได้ หรือหากทำได้จะต้องให้โรงงานผู้ผลิตเป็นผู้ดำเนินการให้

Parametric Controller จะถูกกำหนดช่องอินพุตและเอาต์พุตไว้แล้ว อาจปรับเปลี่ยนได้แต่ขึ้นอยู่กับฟังก์ชันการใช้งานที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตจะออกแบบตัวควบคุมที่มีลักษณะการใช้งานและการติดตั้งที่ใกล้เคียงกัน ตามกลุ่มและรุ่นของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผู้ใช้งานจะต้องเลือกรุ่นให้ตรงกับความต้องการ หากมีความต้องการที่ไม่ตรงกับความสามารถที่ระบุไว้ ก็จำเป็นต้องเลือกใช้งาน Programmable controller แทน



รูปที่ 2.1 ตัวอย่าง Parametric controller

### 2) Programmable Controller (PLC)

เป็นรูปแบบของตัวควบคุมสามารถพัฒนา รูปแบบการทำงาน ฟังก์ชันต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมได้เอง จึงทำให้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากขึ้น โดยส่วนของ software จะมี software เฉพาะสำหรับเขียน / แก้ไข หรือ พัฒนา โปรแกรมของตัวควบคุม

แต่ละยี่ห้อตามที่ผู้ผลิตระบุหรือมีให้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผู้ที่สามารถเขียน/แก้ไขได้นั้น เป็นต้องเป็นผู้ที่ได้รับการอบรมมาโดยเฉพาะ ทั้งนี้ ผู้ใช้งานเองสามารถออกแบบการใช้งานให้กับผู้เขียนโปรแกรมเขียนและแก้ไขได้ตามที่ต้องการ ในส่วนของ hardware ของตัวควบคุมประเภทนี้ จะมีจำนวน I/O Port (Input/Output Port) ให้เลือกตามความจำเป็นในการใช้งานแต่ละงาน ซึ่งในบางยี่ห้ออาจแบ่งเป็นโมดูลสำหรับ I/O Port หากต้องการจำนวนพอร์ตมากขึ้น ก็เพิ่มจำนวนโมดูลนี้ได้อีก โดยจะใช้ตัวควบคุมหลักเป็นตัวเดิม หรือในบางยี่ห้ออาจกำหนดจำนวนพอร์ตตามขนาดเล็กลงใหญ่ของตัวควบคุมให้เลือกใช้ แต่อย่างไรก็ดีตัวควบคุมแบบนี้มักมีราคาสูง แต่ก็มีข้อดี คือสามารถกำหนดเงื่อนไขการทำงานต่างๆ ของระบบได้หลากหลาย



รูปที่ 2.2 ตัวอย่าง Programmable controller

### b) หลักการควบคุมการทำงาน Control method

ในการควบคุมนั้น จำเป็นต้องเลือกใช้รูปแบบในการควบคุมให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งมีหลายหลักวิธี แต่ละวิธีจะให้ผลจากการควบคุมที่แตกต่างกัน ผู้ใช้งานและผู้เขียนโปรแกรมสามารถเลือกใช้งานได้ตามความต้องการ

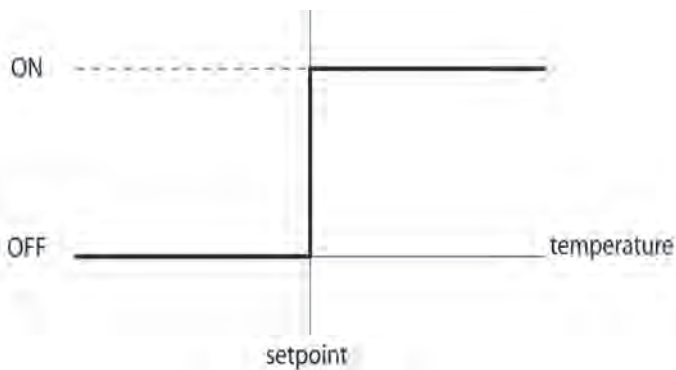
#### 1) ON/OFF Control

เป็นการควบคุมแบบง่าย ๆ ที่สั่งงานตัด/ต่อ

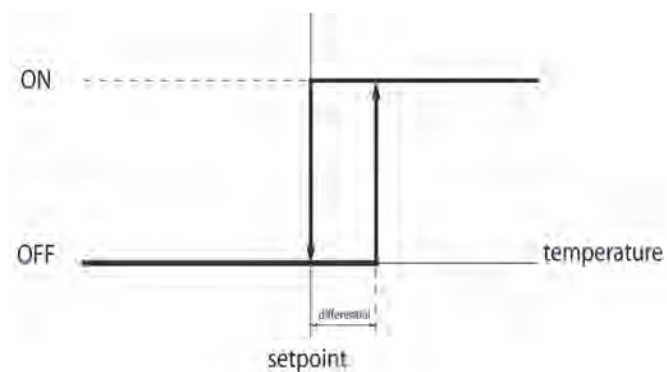


การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ในการควบคุมอุณหภูมิ วิธีการควบคุมแบบ ON/OFF นั้น เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า Setpoint ก็สั่งให้ Cooling Coil หรือ คอมเพรสเซอร์ ทำงาน ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า Setpoint ก็สั่งให้ฮีตเตอร์ทำงาน อย่างไรก็ตามการสั่งงานในลักษณะนี้ ในช่วงที่อุณหภูมิอยู่ใกล้กับ Setpoint นั้น อาจทำให้มีการสั่งการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ต่อกันบ่อยเกินไป จึงมีการออกแบบการควบคุมเพิ่มเติมโดยมีค่าความต่างในการสั่งงาน (Differential) ซึ่งเรียกการเพิ่มเติมส่วนนี้ว่า Hysteresis และสามารถเขียนเป็นไคอะแกรมของการทำงานได้ตามรูป 2.4

นอกจากนี้ ยังมักเพิ่มส่วนที่เรียกว่า Dead band เมื่อมีการใช้งานทั้ง คอมเพรสเซอร์/คอยล์เย็น และ

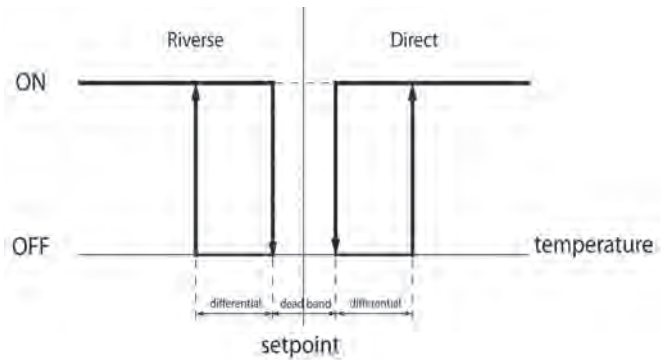


รูปที่ 2.3 ไคอะแกรมการทำงานแบบ ON/OFF



รูปที่ 2.4 ไคอะแกรมการทำงานแบบ ON/OFF ที่มี Hysteresis

ฮีตเตอร์ในระบบเดียวกัน ซึ่งเป็นช่วงที่งดเว้นการสั่งงานของทั้งสองอุปกรณ์ เพื่อหลีกเลี่ยงการทำงานที่เอาชนะกันที่ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ตามไคอะแกรมที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ไคอะแกรมการทำงานแบบ ON/OFF ที่มี Hysteresis และ dead band

## 2) Linear control

การควบคุมแบบเชิงเส้นที่ให้สัญญาณควบคุมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์ทำงาน ชนิดที่สามารถปรับการทำงานได้ ตั้งแต่ 0-100% จึงจะมีประสิทธิภาพสูงสุด อย่างไรก็ตาม อาจปรับใช้ในการทำงานแบบขั้นบันได (step) ได้ เนื่องจากมีการแบ่งการทำงานเป็นเปอร์เซ็นต์เช่นกัน โดยสามารถแบ่งย่อยตามทฤษฎีการควบคุมที่มักพบเห็นบ่อยๆ โดยทั่วไป

### a) Proportional control

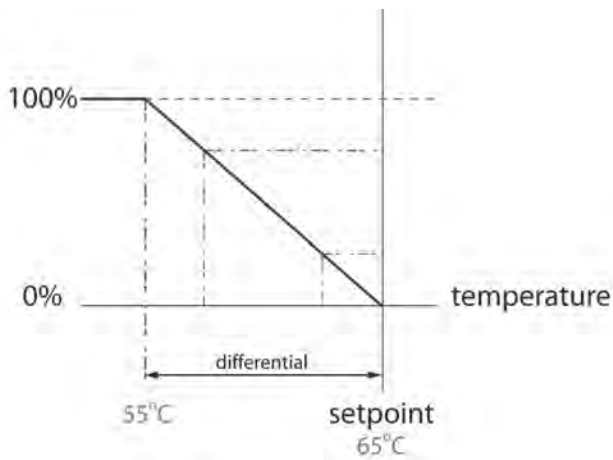
Proportional control จะอ้างอิงการสั่งงานจากผลต่างของค่าตัวแปรที่วัดได้เทียบกับค่า setpoint โดยสัมพันธ์กันกราฟเส้นตรงที่มีความชันค่าหนึ่ง และอาจกำหนดความชันได้จาก ค่า differential ซึ่งค่านี้ผู้ใช้งานจะกำหนดเอง เพื่อปรับการควบคุมให้ได้ตามต้องการ

ยกตัวอย่างในเรื่องการควบคุมอุณหภูมิห้องที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 65 °C ซึ่งมีฮีตเตอร์ที่สามารถควบคุมได้เป็นเปอร์เซ็นต์

ถ้าอุณหภูมิห้องอ่านได้  $62^{\circ}\text{C}$  จะมีการสั่งงานฮีตเตอร์ที่ 25%

ถ้าอุณหภูมิห้องอ่านได้  $57^{\circ}\text{C}$  จะมีการสั่งงานฮีตเตอร์ที่ 75%

และ ถ้าอุณหภูมิห้องอ่านได้ต่ำกว่า  $55^{\circ}\text{C}$  จะมีการสั่งงานฮีตเตอร์ที่ 100% อย่างต่อเนื่องจนกว่า อุณหภูมิจะสูงขึ้น จึงจะลดเปอร์เซ็นต์การสั่งงานลดตามไดอะแกรมด้านล่าง



รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมการทำงานแบบ Proportional control

ซึ่งการควบคุมแบบนี้ มักมี error เกิดขึ้น และจะยังคงเป็นเช่นนั้นต่อไป เนื่องจากระบบและอุปกรณ์ต่างๆ มีความไว และการตอบสนองที่ไม่เท่ากัน และไม่คงที่ ดังจะเห็นได้จากการให้ความร้อนของฮีตเตอร์ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไปแล้ว จะต้องใช้เวลาสักระยะหนึ่งเพื่อกำเนิดความร้อนจะทำให้ตัวควบคุมจะต้องสั่งงานเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ แต่เมื่อฮีตเตอร์เริ่มร้อน จะร้อนจนเกินความต้องการของระบบในเวลาต่อมา จึงต้องคำนึงในจุดนี้ด้วย

#### b) PID Control

PID Control เป็นการควบคุมที่เพิ่มเติมส่วนของการชดเชยการสั่งงานต่างๆ เพื่อลด error ที่เกิดขึ้น โดยการนำ error ที่เกิดขึ้นมาคำนวณและ

ประมวลผลสั่งงานในลำดับต่อมา ซึ่งเป็น Feedback control รูปแบบหนึ่งที่พบเห็นมากที่สุด ซึ่งสามารถเขียนออกมาในรูปแบบของสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

ซึ่ง  $u(t)$  เป็นสัญญาณที่สั่งงานให้กับระบบ  $e(t)$  เป็น error ที่นำกลับมาประมวลผล และ  $K_p$ ,  $K_i$  และ  $K_d$  เป็นค่า PID ที่เราจะกำหนดให้กับระบบ

อย่างไรก็ดี ค่า PID มักต้องใช้ความชำนาญ และผู้เชี่ยวชาญในการปรับแต่ง เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสม และไม่เกิดความเสียหายอื่นๆ ให้กับระบบตามมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับระบบที่มีความเสี่ยงสูง เช่น ในการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม หรือ การควบคุมแรงดันในหม้อต้มไอน้ำ เป็นต้น

สำหรับงานในระบบปรับอากาศนั้น เป็นระบบที่มีความเสี่ยงปานกลางถึงระดับต่ำ ผู้เขียนจึงขออธิบายคุณลักษณะคร่าวๆ ให้เข้าใจได้ง่ายดังนี้

#### ▷ Proportional (P)

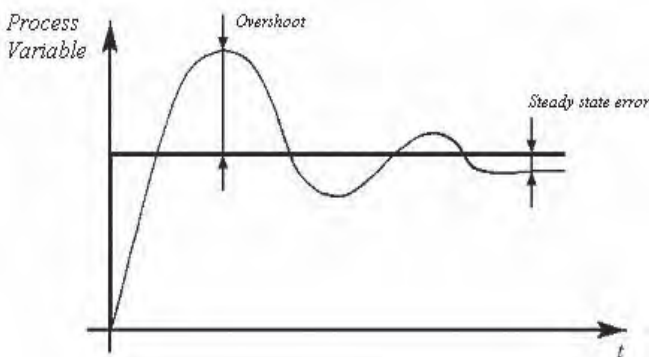
ลักษณะการทำงานดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ Linear control ซึ่งถ้ามีค่ามากขึ้น จะทำให้ระบบมีการตอบสนองที่เร็วขึ้นด้วยอัตรามากขึ้นแต่ก็ให้ error ในตอนท้ายมากขึ้นด้วยเช่นกัน

#### ▷ Integral (I)

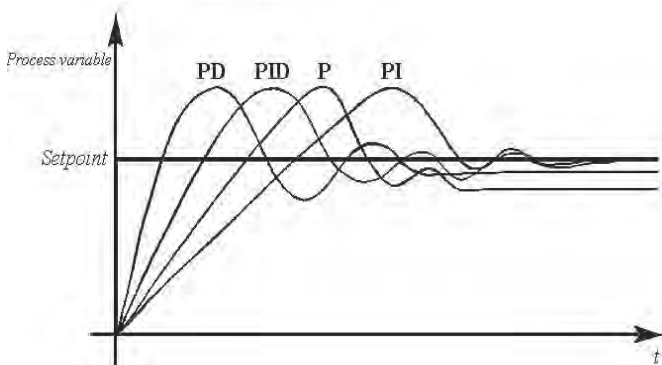
อธิบายค่านี้ง่ายๆ คือ การนำค่า error ที่เกิดขึ้นในแต่ละ sampling ที่ผ่านมา รวมเข้าด้วยกัน และนำมาประมวลผล ซึ่งถ้ามีค่ามากขึ้น จะทำให้ระบบมีการตอบสนองที่ช้าลง แต่ก็จะช่วยให้เกิด error ลดลงและเข้าสู่ setpoint ในตอนท้าย

▷ Derivative (D)

เพื่อให้เข้าในง่าย ค่านี้ เสมือนเป็นการคาดเดาระบบที่กำลังจะเกิดขึ้นจาก error ก่อนหน้านี้ที่อ่านมาได้ แล้วนำมาปรับการสั่งงาน แต่เนื่องจากค่านี้มีผลกระทบต่อระบบค่อนข้างมาก บางครั้งอาจไม่จำเป็นต้องใช้ หรือถ้าใช้ก็ควรเริ่มตั้งค่าเพียงเล็กน้อยแล้วค่อยปรับขึ้น ถ้ามีการใช้ค่านี้ในระบบ ระบบจะมีการตอบสนองที่เร็วขึ้น แต่หากมีค่ามากระบบจะเริ่มแกว่งและไม่เสถียร



รูปที่ 2.7a ตัวอย่างการตอบสนองที่ควบคุมแบบ PID



รูปที่ 2.7b ตัวอย่างการตอบสนองที่ควบคุมแบบ PID

c) Adaptive Control

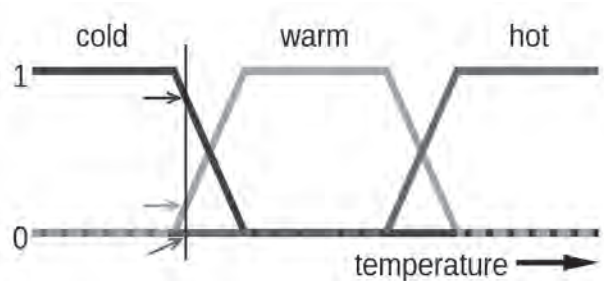
การควบคุมแบบนี้ เป็นวิธีเสริมจากการควบคุมแบบ PID หรือการควบคุมอื่นก็สามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจากเป็นการปรับการตัวแปรให้แปรผันตามสถานะที่เปลี่ยนแปลงของระบบนั้นๆ เช่น ในช่วงฤดูที่ต่างกัน อาจทำให้อุณหภูมิและความชื้นของ อากาศเข้าเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงฤดูนั้น ซึ่งในระบบปรับอากาศ

ที่ต้องรับอากาศภายนอกเข้ามาจะได้รับผลกระทบนี้เปลี่ยนไปด้วย Adaptive Control จึงสามารถช่วยการปรับแต่งค่า PID ตามการเปลี่ยนแปลงได้โดยอัตโนมัติ

3) Fuzzy Logic Control

Fuzzy Logic Control เป็นหนึ่งใน Intelligent Control ที่ได้รับความนิยมและพบเห็นบ่อย Intelligent control เป็นรูปแบบการควบคุมที่ได้รับการออกแบบและพัฒนา จากวิธีการควบคุมแบบเดิมๆ เพื่อเพิ่มความหลากหลายในการสั่งงานอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม

Fuzzy Logic Control เป็นการควบคุมที่สั่งอุปกรณ์ให้ทำงานโดยการเลือกการสั่งงานตามเงื่อนไขที่กำหนดเป็นชุดเงื่อนไข เนื่องจากในความเป็นจริงแล้ว ค่าตัวแปรบางตัวไม่สามารถชี้ชัดได้ว่าเป็นจริง (1) หรือเท็จ (0) ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าบริเวณจุดที่ขีดเส้นนั้น จะไม่สามารถแปรค่าออกมาเป็น 0 หรือ 1 ได้ชัดเจน ณ อุณหภูมินี้ คือ ไม่ร้อน หรืออุ่นเล็กน้อย หรือ เกือบเย็น ซึ่งนำไปประมวลผลเพื่อสั่งงานควบคุมได้ด้วยการกำหนดเงื่อนไขได้



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการเขียนค่าความจริงให้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ



หรืออาจยกตัวอย่างง่ายขึ้นๆ ในการควบคุมอุณหภูมิที่ตั้งนี้

ถ้าอุณหภูมิเย็นมาก	หยุดพัดลม
ถ้าอุณหภูมิเย็น	หรีพัดลม
ถ้าอุณหภูมิปกติ	เปิดพัดลมคงที่
ถ้าอุณหภูมิร้อน	เร่งพัดลม

### 3. Output ส่วนของการสั่งการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ

เป็นส่วนที่ให้สัญญาณ เพื่อสั่งงานอุปกรณ์ทำงานต่างๆ (Actuator) ที่ทำให้ตัวแปรที่เราต้องการควบคุมเปลี่ยนแปลงได้ เช่น คอมเพรสเซอร์, ฮีตเตอร์, วาล์วน้ำร้อน/เย็น, พัดลม และ Damper สามารถทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงได้ หรือ เครื่องเพิ่ม/ลดความชื้นที่สามารถเพิ่มและลดความชื้นของอากาศได้

**a) Analog Output** เป็นสัญญาณที่สั่งงานอุปกรณ์ได้อย่างต่อเนื่อง และละเอียด เนื่องจากการสั่งงานอุปกรณ์ต่างๆ เป็นแบบ proportional คือ ปรับ/รีการการทำงานได้ ไม่ใช่การสั่งงานแบบ เปิดหรือปิดเพียงเท่านั้น นอกจากนี้ ตัวควบคุมที่สามารถให้ Analog Output ได้ นั้น มักจะใช้การควบคุมแบบ Linear controlling มาประมวลผล เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งการควบคุมแบบ Linear controlling นั้น มีวิธีควบคุมแบบ Feedback control ที่อ้างอิงจากค่าผิดพลาด (error) ที่เกิดจากการควบคุมด้วยค่าหนึ่ง กล่าวง่ายๆ คือ การนำเอาค่าตัวแปรควบคุมกลับมาเปรียบเทียบกับประมวลผลหลังจากที่มีการสั่งงานไปแล้วชั่วขณะหนึ่ง จึงทำให้อุปกรณ์นั้นมีการปรับการทำงานได้ทันที เมื่อค่าตัวแปรนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย โดยที่การปรับการทำงานของอุปกรณ์นั้นจะทำงานค่อยเป็นค่อยไป ผลที่ได้คือค่าตัวแปรควบคุมที่วัดได้จะเรียบไม่แกว่งรุนแรง โดยมีชนิดของสัญญาณที่ใช้ใน

การสั่งงานเช่นเดียวกับสัญญาณอินพุท คือ

- ชนิดกระแสไฟฟ้า

4-20 mA และ 0-20 mA แต่ตัวควบคุม

ที่สามารถจ่ายและควบคุมกระแสไฟฟ้าในการสั่งงานได้นั้น จะมีราคาสูง เนื่องจากการควบคุมกระแสไฟฟ้าทำได้ยากกว่าแรงดัน

- ชนิดแรงดันไฟฟ้า

0-10 Vdc, 0-5 Vdc, 2-10 Vdc, 0-1

Vdc, 0-15 Vdc, 1-5 Vdc และ 3-15 Vdc

**หมายเหตุ :** สำหรับสัญญาณ output ชนิดกระแสไฟฟ้า และ แรงดันไฟฟ้า เมื่อนำไปใช้งานควรนำมาแสดงผลสถานะการทำงานเป็นเปอร์เซ็นต์ของการสั่งในแต่ละ output เพื่อให้สะดวกในการตรวจสอบการทำงานของระบบ

**b) Digital Output** เป็นสัญญาณที่ใช้ในการสั่งเปิด/ปิดอุปกรณ์ต่างๆ เช่นเดียวกับ สวิตช์เปิด/ปิดการทำงานนั่นเอง แต่ตัวควบคุมจะสั่งให้เปิด/ปิดตามความต้องการที่ประมวลผลได้แบบอัตโนมัติ ซึ่งมักใช้รีเลย์ และ Triac แทนสวิตช์ธรรมดา แต่ในบางครั้งอาจพบการสั่งงานแบบปิด/เปิด ด้วยแรงดัน 0 และ 10 Vdc ในการควบคุมวาล์วน้ำ

**c) Pulse Width Modulated (PWM)** อาจกล่าวได้ว่า PWM output เป็น Analog output แบบหนึ่ง แต่เนื่องจากการทำงานที่ต่างกันจาก Analog output แบบอื่น คือ จะปรับค่าการสั่งงานจะใช้ค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่สั่งงานออกไป โดยการเปิด/ปิดการทำงานเป็นช่วงหรือเป็นจังหวะ เช่น เป็นสัญญาณที่ควบคุมปริมาณแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (Voltage average) ที่อุปกรณ์ใช้งาน จากการควบคุมความถี่โดยผ่านวงจร เปิด/ปิดกระแสไฟฟ้า มักใช้ Solid State Relay แทนสวิตช์หรือ รีเลย์ทั่วไป

## REFERENCES

1. Doebelin Ernest O. , “MEASUREMENT SYSTEMS Application and Design”, (4th edition) : McGraw-Hill Publishing Company.
2. Smith Carlos A. & Corripio Armando B. : “Principles and Practice of Automatic Process Control” 2nd Edition., New York 1997, John Wiley & Sons, Inc.
3. Considine, D.M., ed. 1961. “Handbook of Instrumentation and Controls.”, New York, Mc-Graw Hill.
4. Liptak, B.G., ed. 1995. “Instrument Engineers’ Handbook. Vol. 1, 3rd ed. Process Measurement”. New York: Chilton Book Co.
5. C.C. Bissell., “Control Engineering” 2nd Edition Reprinted, London 1994, Chapman & Hall.
6. Yen, John. & Reza Langari., “Fuzzy logic: intelligence, control, and information”, New Jersey USA 1999., Prentice-Hall, Inc.
7. IOWA Energy Center (Jan 01, 2010), “Input/Output Tutorial” ,<http://www.ddc-online.org>.
8. Wikipedia, the free encyclopedia (Sep 16, 2011), “Fuzzy logic”, [http://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy\\_logic](http://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic)
9. Wikipedia, the free encyclopedia (Sep 16, 2011), “Control system”, [http://en.wikipedia.org/wiki/Control\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Control_system)