อภินันทนาการ

# การควบคุมอุณหภูมิของอาหารด้วยพีแอลซีโตชิบ้า รุ่น T2

# AUTOMATIC FOOD TEMPERATURE REGULATION

# USING T2 TOSHIBA PLC

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 22 ก.ย. 2560
เลขทะเบียน 1 91 95133
เลขเรียกหนังสือ

นายชัยฤกษ์ เทือกอินต๊ะ รหัส 55363872
นายชินกฤต นิลากรณ์ รหัส 55363889
นายสุรเดช ม่วงทิม รหัส 55364398

ว
ธ ฟ57ว
2559

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2558

# ใบรับรองปริญญานิพนธ์

| | | |
|---|---|---|
| **ชื่อหัวข้อโครงงาน** | การควบคุมอุณหภูมิของอาหารด้วยพีแอลซีโตชิบ้า รุ่น T2 | |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายชัยฤกษ์ เทือกอินต๊ะ | รหัส 55363872 |
| | นายชินกฤต นิถากรณ์ | รหัส 55363889 |
| | นายสุรเดช ม่วงทิม | รหัส 55364398 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย | |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้า | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ | |
| **ปีการศึกษา** | 2558 | |

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

| | |
|---|---|
| **ชื่อหัวข้อโครงงาน** | การควบคุมอุณหภูมิของอาหารด้วยพีแอลซีโตชิบ้า รุ่น T2 |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายชัยฤกษ์ เทือกอินต๊ะ รหัส 55363872 |
| | นายชินกฤต นิถากรณ์ รหัส 55363889 |
| | นายสุรเดช ม่วงทิม รหัส 55364398 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้า |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ |
| **ปีการศึกษา** | 2558 |

.....


## บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการควบคุมอุณหภูมิของอาหารด้วยพีแอลซีโตชิบ้ารุ่น T2 โดยใช้การควบคุมแบบเปิด-ปิด ร่วมกับการรักษาอุณหภูมิให้คงที่ด้วยตัวควบคุมชนิดพีไอดี แบบจำลองที่ใช้ประกอบไปด้วยหลอดไส้สร้างความร้อน 5 ดวง และพัดลม 3 ตัวสำหรับระบายความร้อนออก เพื่อให้อุณหภูมิภายในแบบจำลองคงที่ การปรับค่าอัตราขยายของพีไอดีทั้ง 3 ค่า สามารถทำได้ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ผลของการทดลองพบว่าเมื่อใช้พีแอลซีควบคุมการทำงานของแบบจำลอง สามารถรักษาระดับของอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์เป็นการการรักษาระดับอุณหภูมิใช้งานจริงได้

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Project title** | Automatic Food Temperature Regulation Using T2 Toshiba PLC | | |
| **Name** | Mr. Chairerk | Tuekinta | ID. 55363872 |
| | Mr. Chinnakrit | Nithakorn | ID. 55363889 |
| | Mr. Suradech | Muangthim | ID. 55364398 |
| **Project advisor** | Asst. Prof. Supawan Ponpitakchai, Ph.D. | | |
| **Major** | Electrical Engineering | | |
| **Department** | Electrical and Computer Engineering | | |
| **Academic year** | 2015 | | |


## Abstract

This project presents automatic food temperature regulation using T2 Toshiba PLC. Temperature of the model can be manipulated to be a set point value by PID controller function which is integrated in PLC Toshiba T2. The model is created and composed of 5 light bulbs and 3 fans for maintaining the temperature at the user defined value. Three gains of PID can be done via computer screen with ladder diagram programming. The results show

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผศ.ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย ซึ่งเป็นที่ปรึกษาโครงงานและให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญญานิพนธ์ ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านตลอดไป

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์ และ ผศ.ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ซึ่งเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงงานที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ในโครงงานนี้ ทำให้โครงงานนี้ออกมาสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณรุ่นพี่และเพื่อนที่ช่วยให้คำแนะนำดีๆเกี่ยวกับการใช้งานพีแอลซี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธ์ประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาของการศึกษาเล่าเรียน ซึ่งเป็นความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการทำโครงงานนี้และสามารถนำไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณของบิดามารดา ผู้มอบความรักความเมตตากรุณา และเป็นกำลังใจให้เสมอมา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้

สุดท้ายนี้คณะผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการดำเนินโครงงานนี้ จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีมา ณ โอกาสนี้

นายชัยฤกษ์ เทือกอินต๊ะ
นายชินกฤต นิถากรณ์
นายสุรเดช ม่วงทิม

# สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน ..... 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน ..... 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน ..... 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน ..... 3
1.6 งบประมาณ ..... 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง ..... 4
2.1 ประวัติความเป็นมาของพีแอลซี ..... 4
2.2 ข้อมูลเบื้องต้นของพีแอลซี ..... 5
2.3 โครงสร้างทั่วไปของพีแอลซี ..... 6
2.4 อุปกรณ์อินพุต (Input devices) ..... 7
2.5 อุปกรณ์เอาท์พุต (Output device) ..... 10
2.6 ประเภทของพีแอลซี ..... 11
2.7 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมพีแอลซี ..... 13
2.8 ความสามารถของของพีแอลซี ..... 13
2.9 ขั้นตอนการใช้งานพีแอลซี ..... 14
2.10 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับพีแอลซี TOSHIBAรุ่น T2 ..... 16
2.11 ระบบควบคุมที่เกี่ยวข้อง ..... 21

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.12 ทฤษฎีตัวควบคุมพีไอดีในพีแอลซี ..... 27
2.13 อุปกรณ์ของแบบจำลองชุดควบอุณหภูมิ ..... 29
2.14 เอกสารข้อมูลสาธารณสุข ..... 33

บทที่ 3 การทำงานของแบบจำลองชุดควบคุมอุณหภูมิของอาหาร ..... 34
3.1 แบบจำลองชุดควบคุมอุณหภูมิของอาหาร ..... 34
3.2 การสร้างแบบจำลอง ..... 35
3.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของแบบจำลองเข้ากับพีแอลซี ..... 35
3.4 แผนภาพขั้นบันไดการควบคุมระบบการรักษาอุณหภูมิของอาหาร ..... 36
3.5 หลักการทำงาน ..... 40
3.6 การเชื่อมต่อแบบจำลองเข้ากับพีแอลซี ..... 40

บทที่ 4 การทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของอาหาร ..... 42
4.1 การทดสอบแบบจำลองการควบคุมอุณหภูมิ ..... 42
4.2 การทดสอบการเปลี่ยนค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบพีไอดี ..... 43
4.3 การทดสอบหาค่าอัตราขยายที่เหมาะสมของตัวควบคุมแบบพีไอดี ..... 47

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ ..... 54
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน ..... 54
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินโครงงานและแนวทางแก้ไข ..... 54
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาต่อไป ..... 55

เอกสารอ้างอิง ..... 56

ภาคผนวก ก ..... 57
ภาคผนวก ข ..... 67

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน ..... 75

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การเปรียบเทียบระหว่างระบบซีเคว้นซ์กับระบบพีแอลซี....6

2.2 ข้อดีและข้อเสียของพีแอลซีชนิดบล็อก....12

2.3 ข้อดีและข้อเสียของพีแอลซีชนิดโมดูล....13

2.4 คำสั่งพื้นฐานพีแอลซีโตชิบ้าที่ใช้สำหรับการเขียนแผนภาพขั้นบันได....19

3.1 ชนิดอุปกรณ์ ชื่ออุปกรณ์ และการทำงานในอินพุต....36

3.2 พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณตัวควบคุมแบบพีไอดี....37

3.3 ชนิดอุปกรณ์ ชื่ออุปรกร์ และการทำงานในเอาท์พุต....38

4.1 ค่าอัตราขยายที่เหมาะสมตามวิธีการของซีเกลอร์นิโคล....48

4.2 ค่าอัตราขยายที่ได้จากการคำนวณตามวิธีการของซีเกลอร์นิโคล....49

# สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 โครงสร้างภายในของพีแอลซี....7
2.2 พีแอลซีชนิดบล็อค....11
2.3 พีแอลซีชนิดโมดูล....12
2.4 แผนผังการใช้งานพีแอลซี....15
2.5 พีแอลซี TOSHIBA T2....16
2.6 หน้าต่างโปรแกรม T-PDS32 for Windows Version 2.14....17
2.7 การเลือกชนิดพีแอลซี T2/T2E....17
2.8 หน้าต่าง I/O Allocation หลังการปรับตั้ง....18
2.9 แถบเครื่องมือคำสั่งสำหรับสร้าง Project....19
2.10 ส่วนประกอบของระบบควบคุม....21
2.11 ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด....21
2.12 ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด....22
2.13 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ....22
2.14 ตัวควบคุมพีไอดีที่ต่อเข้าในระบบแบบอนุกรม....23
2.15 ตัวควบคุมแบบพีไอดี....23
2.16 ตัวควบคุมแบบสัดส่วนหรือตัวควบคุมแบบพี....23
2.17 ตัวควบคุมแบบปริพันธ์หรือตัวควบคุมแบบไอ....24
2.18 ตัวควบคุมแบบอนุพันธ์หรือตัวควบคุมแบบดี....25
2.19 ผลตอบสนองของตัวควบคุมแบบต่าง ๆ....26
2.20 ตัวควบคุมพีไอดีแบบวงปิด....27
2.21 หลอดอินแคนเดสเซนต์ 100 วัตต์....29
2.22 ตัวรับรู้อุณหภูมิ LM 35....30
2.23 พัดลมคอมพิวเตอร์....31
2.24 วงจรสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม....32
2.25 โครงสร้างภายในวงจรรีเลย์....33
3.1 แบบจำลองชุดควบคุมอุณหภูมิ....34
3.2 แบบจำลองการควบคุมระบบรักษาอุณหภูมิด้วยพีแอลซีโตชิบ้า รุ่น T2....35
3.3 พีแอลซีโตชิบ้ารุ่น T2....35
3.4 แผงการเชื่อมต่ออินพุตและเอาท์พุตสำหรับพีแอลซีและชุดทดลอง....36

# สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า


3.5 การเชื่อมต่อสายแบบจำลองระบบการรักษาอุณหภูมิอาหาร ....37
3.6 ภาษาขั้นบันไดจากคู่มือการใช้งาน ....38
3.7 ภาษาขั้นบันไดของระบบควบคุมอุณหภูมิของอาหาร ....39
3.8 การต่อพีแอลซีเข้ากับแบบจำลองและคอมพิวเตอร์ ....40
3.9 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองระบบควบคุมอุณหภูมิอาหาร....41
4.1 ผลของจำนวนพัดลมที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแบบจำลอง ....43
4.2 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแบบจำลองที่ค่าอัตราขยายอ้างอิง....44
4.3 ผลที่ได้จากการปรับค่าอัตราขยาย $K_P$ เปรียบเทียบกับค่าอัตราขยายอ้างอิง....44
4.4 ผลที่ได้จากการปรับค่าอัตราขยาย $K_I$ เปรียบเทียบกับค่าอัตราขยายอ้างอิง ....45
4.5 ผลที่ได้จากการปรับค่าอัตราขยาย $K_D$ เปรียบเทียบกับค่าอัตราขยายอ้างอิง ....46
4.6 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมื่อปรับค่าอัตราขยายจนเกิดการแกว่ง ....47
4.7 คาบเวลาการแกว่งของอุณหภูมิ ....48
4.8 การใช้ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบพีเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ....49
4.9 การใช้ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบพีไอเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ....50
4.10 การใช้ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบพีไอดีเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ....51
4.11 การเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างตัวควบคุมทั้ง 3 แบบ ....52
4.12 การรักษาอุณหภูมิภายในแบบจำลองที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ....53
ข.1 ไอคอนของโปรแกรม T-PDS32 for Windows Version 2.14 ....68
ข.2 หน้าต่างโปรแกรม T-PDS32 for Windows Version 2.14....68
ข.3 การเลือกชนิดพีแอลซี T2/T2E....69
ข.4 หน้าต่าง I/O Allocation หลังการปรับตั้ง ....70
ข.5 แถบเครื่องมือคำสั่งสำหรับสร้าง Project....70
ข.6 แผนภาพขั้นบันไดที่สร้างเสร็จและปิดด้วยคำสั่ง End....71
ข.7 หน้าจอเมื่อทำการ Write Project ลงใน EEPROM แล้ว ....72
ข.8 การบันทึก File Project....72
ข.9 การโหลด File ลงในโปรแกรมพีแอลซี ....73
ข.10 การเปลี่ยนโหมด Online/Offline....74
ข.11 การเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำ (Write EEPROM) ของพีแอลซี ....74

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันเทคโนโลยีมีความก้าวหน้า ทำให้ภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพสูงขึ้นและเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นทุกวัน ไม่ว่าจะเป็นภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมพอลิเมอร์ อุตสาหกรรมเกษตร อุตสาหกรรมผลิตอาหารและอุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นต้น ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้จะต้องมีกระบวนการผลิตซึ่งการผลิตนั้นมีกระบวนการทำงานและระบบการทำงานต่าง ๆ เพื่อที่จะได้ผลิตภัณฑ์นั้นๆมา ในแต่ละกระบวนการและระบบการทำงานนั้นจะต้องมีการควบคุมตัวแปรที่จะส่งผลถึงวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ ให้ควบคุมได้ตามต้องการ โดยสามารถเพิ่ม ลด หรือทำให้คงที่ไม่ว่าจะเป็น อุณหภูมิ ความชื้น ความหนาแน่น ความเข้มข้นและความเร็ว เป็นต้น เพราะส่วนใหญ่แล้วกระบวนผลิตในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ จะต้องมีการควบคุมตัวแปรเหล่านี้ทั้งสิ้นเพราะฉะนั้นตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันก็ได้นำระบบควบคุมอัตโนมัติมาช่วยในการควบคุมกระบวนการและระบบการทำงานต่าง ๆ เหล่านี้ซึ่งในยุคแรกระบบควบคุมโดยใช้รีเลย์ ข้อเสียของระบบรีเลย์ก็คือใช้จำนวนอุปกรณ์และสายไฟจำนวนมากมีสัญญาณรบกวนระบบสูงและมีเสถียรภาพของระบบต่ำ ต่อมาได้นำเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้พีแอลซีมาใช้ในการควบคุมระบบแทนระบบรีเลย์ เพราะระบบควบคุมอัตโนมัติพีแอลซีนั้นมีความแม่นยำในการควบคุมสูง มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรม มีความน่าเชื่อถือสูง

ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้ทำการศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้พีแอลซี และจำลองการทดลองเพื่อควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติพีแอลซี TOSHIBA รุ่น T2 เพื่อที่จะสามารถนำระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้พีแอลซีไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างเหมาะสมทั้งในภาคอุตสาหกรรมและอื่น ๆ ได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อประยุกต์ใช้พีแอลซีโตชิบ้า รุ่น T2 สำหรับควบคุมอุณหภูมิของอาหารให้ได้ค่าตามที่ต้องการ

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สร้างแบบจำลองการควบคุมอุณหภูมิของอาหารโดยใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ 100 วัตต์ 5 หลอด และพัดลมคอมพิวเตอร์ 12 โวลต์ 3 ตัว
2. สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ภายในแบบจำลองการควบคุมอุณหภูมิของอาหารให้เป็นไปตามที่กำหนดได้จริง โดยสามารถเลือกอุณหภูมิที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของอาหารได้ในช่วง 35 – 65 องศาเซลเซียส
3. ใช้พีแอลซีโตชิบ้ารุ่น T2 ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีและเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาขั้นบันได

## 1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

| รายละเอียด | พ.ศ. 2558 | | | | | พ.ศ. 2559 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. |
| 1.ศึกษาการทำงานของพีแอลซี | | | | | | | | | |
| 2. ออกแบบระบบจำลอง | | | | | | | | | |
| 3.เขียนแผนภาพขั้นบันได | | | | | | | | | |
| 4. ประกอบชิ้นงาน | | | | | | | | | |
| 5.ทดสอบการทำงานและปรับปรุงชิ้นงาน | | | | | | | | | |
| 6. สรุปผลและจัดทำรูปเล่มโครงงาน | | | | | | | | | |

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

ระบบควบคุมอุณหภูมิอาหารที่ได้จากโครงงานนี้สามารถใช้ในควบคุมอุณหภูมิอาหารเบื้องต้น ช่วยอำนวยความสะดวกในการควบคุมอุณหภูมิอาหาร สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้จริงในครัวเรือน หรือขนาดใหญ่ขึ้นในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากสามารถควบคุมอุณหภูมิอาหารทั้งจากผู้ใช้งานกำหนดเองหรือระบบอัตโนมัติ ทั้งนี้ยังสามารถนำโครงงานนี้มาประยุกต์เป็นสื่อการเรียนรู้สำหรับที่ต้องการจะศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิด้วยพีแอลซีโตชิบ้า รุ่น T2

## 1.6 งบประมาณ

ในการดำเนินโครงงานมีค่าใช้จ่ายหลักๆดังนี้

| | |
|---|---|
| 1. ชุดอุปกรณ์ในการควบคุมอุณหภูมิ | 2,100 บาท |
| 2. อุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลอง | 1,600 บาท |
| 3. ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญานิพนธ์ | 1,200 บาท |
| รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สี่พันเก้าร้อยบาทถ้วน) | 4,900 บาท |

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ประวัติความเป็นมาของพีแอลซี

### 2.1.1 ประวัติความเป็นมา

เมื่อปี พ.ศ. 2511 ฝ่าย Hydromatic ของบริษัท General motors ประเทศสหรัฐอเมริกาคิดค้นอุปกรณ์ควบคุมแบบใหม่เพื่อใช้ทดแทนวงจรไฟฟ้าแบบเดิมที่ใช้กันอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมของบริษัท และในปี พ.ศ. 2512 พีแอลซีได้ถูกผลิตขึ้นจำหน่ายในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นแห่งแรก ส่วนในประเทศญี่ปุ่น พีแอลซีได้ถูกพัฒนาขึ้นภายหลังจากที่บริษัท ออมรอม (OMRON Co.,Ltd) ประเทศญี่ปุ่นประสบความสำเร็จในการผลิตโซลิต-สเตทรีเลย์ (Solid State Relay) ในปี พ.ศ. 2508 หลังจากนั้น 5 ปี พีแอลซีก็ถูกนำออกจำหน่ายสู่ท้องตลาดจนเป็นที่แพร่หลายในเวลาต่อมา และมีชื่อเรียกที่แตกต่างกัน โดยพีแอลซีของแต่ละบริษัทจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันในแต่ละประเทศในประเทศอังกฤษ เรียกว่า พีซี (PC) หรือ โปรแกรมเมเบิล คอนโทรลเลอร์ (Programmable controller) ประเทศกลุ่มสแกนดิเนเวีย เรียกว่า พีบีเอส (PBS) หรือ โปรแกรมเมเบิลไบนารี่ ซิสเทม (Programmable binary system) และประเทศสหรัฐอเมริกา เรียกว่า พีแอลซี (PLC) หรือ โปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ (Programmable logic controller) [1]

### 2.1.2 ความหมายของพีแอลซี

คำว่า พีแอลซี (PLC) ย่อมาจาก Programmable logic controller ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ มีหน่วยความจำในการเก็บโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ หรือเครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ และพัฒนาแทนวงจรรีเลย์อันเนื่องมาจากความต้องการที่อยากได้เครื่องควบคุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้อย่างอเนกประสงค์และเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย

### 2.1.3 ข้อแตกต่างระหว่างพีแอลซีกับคอมพิวเตอร์

1. พีแอลซีถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อให้ทนต่อสภาพแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ
2. การโปรแกรมและการใช้งานพีแอลซีทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากเหมือนคอมพิวเตอร์ทั่วไป พีแอลซีมีระบบตรวจสอบตัวเองตั้งแต่ช่วงการติดตั้งจนถึงช่วงการใช้งานทำให้การบำรุงรักษาทำได้ง่าย
3. พีแอลซีถูกพัฒนาให้มีความสามารถการตัดสินใจสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้การใช้งานสะดวกขณะที่วิธีใช้คอมพิวเตอร์ยุ่งยากและซับซ้อนขึ้นเรื่อย ๆ

## 2.2 ข้อมูลเบื้องต้นของพีแอลซี

พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิดสเตต (Solid-state device) ที่มีการทำงานแบบลอจิก การออกแบบการทำงานของพีแอลซีจะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้วพีแอลซีจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ เรียกว่า โซลิดสเตตดิจิตอลลอจิกอีลิเมนท์ เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจ ลอจิกพีแอลซีใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม [1]

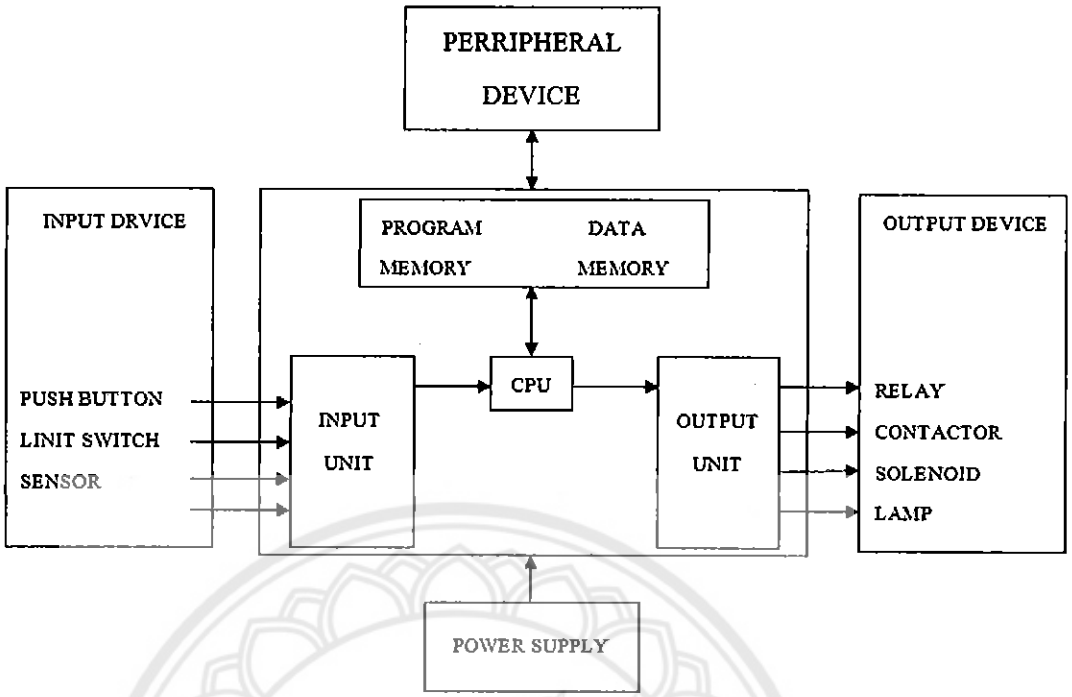
การใช้พีแอลซีสำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบมากกว่าการใช้งานของระบบรีเลย์ซึ่งระบบรีเลย์จำเป็นต้องเดินสายไฟฟ้า (Hard –Wired) เมื่อมีความต้องการที่จะเปลี่ยนกระบวนการผลิต จะต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ซึ่งทำให้เสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้งานระบบพีแอลซี การเปลี่ยนกระบวนการผลิตใหม่ สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้พีแอลซียังใช้โซลิดสเตต ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิมอย่างรีเลย์ กินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่าและสะดวกกว่าเมื่อต้องการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร การเปรียบเทียบระหว่างระบบซีเคว้นซ์ กับระบบพีแอลซี [2] แสดงดังตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** การเปรียบเทียบระหว่างระบบซีเคว้นซ์กับระบบพีแอลซี [2]

| ประเภท | ระบบซีแคว้นซ์ หรือ ใช้การเดินสายไฟ | ระบบโปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ |
|---|---|---|
| การควบคุมระบบ | ปรับเปลี่ยนแก้ไขเพิ่มเติม ทำได้ยาก | ปรับเปลี่ยนแก้ไขเพิ่มเติม ทำได้ง่าย |
| การซ่อมแซมหรือแก้ไข | ทำได้ยาก | ทำได้ง่าย |
| การติดต่อกับอุปกรณ์ ภายนอก | ทำได้ยาก | ทำได้ง่าย |
| อายุการใช้งาน | น้อยกว่า เพราะว่ามีส่วนของการเคลื่อนที่มาก | มากกว่า เพราะส่วนของการเคลื่อนที่มีน้อยกว่า |
| ติดต่อกับอุปกรณ์ไกลๆ | ทำได้ยุ่งยาก เพราะต้องการเดินสายไฟยาวขึ้น | ทำได้ง่ายการเดินสายไฟน้อย |
| ความเร็วในการทำงาน | ช้า | เร็ว |
| ขนาด | ใหญ่ | เล็ก |
| สัญญาณรบกวน | ดีมาก | ดี |
| การติดตั้ง | ใช้เวลานาน | ใช้เวลาน้อย |
| การทำงานที่ระบบซับซ้อน | ยาก ต้องใช้รีเลย์จำนวนมาก | ง่ายสะดวก |

## 2.3 โครงสร้างทั่วไปของพีแอลซี

พีแอลซีเป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติสำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม พีแอลซีประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ (แบ่งเป็นหน่วยความจำชั่วคราว และหน่วยความจำถาวร) หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล หน่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้า และหน่วยติดต่อภายนอก ส่วนประกอบทั้งหมดของพีแอลซีจะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ ได้ และสามารถแสดงโครงสร้างได้ดังรูปที่ 2.1




รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในของพีแอลซี [1]

### 2.3.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)

ทำหน้าที่ในการคำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนได้ว่าเป็นสมองของพีแอลซี ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกต่าง ๆ หลายชนิดและใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ ตัวตั้งเวลา และตัวนับเวลา เป็นต้น เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถออกแบบวงจร โดยใช้แผนภาพขั้นบันไดควบคุมได้ ซีพียูจะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่าง ๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยจะส่งข้อมูลไปเก็บยังหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลที่เหมาะสม และถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาท์พุตต่าง ๆ

### 2.3.2 หน่วยความจำ (Memory unit)

ทำหน้าที่ในการเก็บรักษาข้อมูลและโปรแกรมที่ใช้ในการทำงานหรือข้อมูลที่ถูกส่งต่อมาจากตัวประมวลผล โดยขนาดของหน่วยความจำถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data bit) ซึ่งภายในหน่วยความจำ 1 บิตจะมีค่าสภาวะทางลอจิกเป็น 1 หรือ 0 แตกต่างกันไปแล้วแต่คำสั่งที่ป้อนให้กับพีแอลซีซึ่งจะประกอบด้วยหน่วยความจำมีทั้งหมด 2 ชนิดคือหน่วยความจำชั่วคราวและหน่วยความจำถาวร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. หน่วยความจำชั่วคราว (RAM) ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซี เป็นหน่วยความจำมาตรฐานของพีแอลซีส่วนใหญ่ หน่วยความจำประเภทนี้ จะมีแบตเตอรี่เล็กๆต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและเขียนข้อมูลลงใน หน่วยความจำชั่วคราวสามารถทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อย ๆ
2. หน่วยความจำถาวร (ROM) ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซี ตามที่ผู้ใช้ต้องการในโปรแกรมพีแอลซีนั้น ๆ คุณสมบัติของหน่วยความจำประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องใช้แบตเตอร์รี่สำรองข้อมูล แต่จะมีปัญหาเรื่องเวลาในการเปิดข้อมูลจะช้ากว่าแบบ หน่วยความจำชั่วคราว จึงมีการออกแบบให้สามารถใช้ได้ทั้งหน่วยความจำชั่วคราวและ หน่วยความจำถาวรร่วมกัน หน่วยความจำ ประเภทนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ชนิด คือ PROM, EPROM, EEPROM, FLASH ROM, ATM ROM

**2.3.3 หน่วยรับข้อมูล (Input)**

ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามาจากอุปกรณ์ภายนอก เช่น ตัวรับรู้แบบต่าง ๆ จากนั้นทำการแปลงสัญญาณที่ได้รับจากอุปกรณ์ภายนอกให้เหมาะสม แล้วส่งให้หน่วยประมวลผลกลาง เพื่อที่จะนำไปประมวลผลต่อไป

**2.3.4 หน่วยส่งข้อมูล (Output)**

ทำหน้าที่รับข้อมูลที่ได้ประมวลผลจากหน่วยประมวลผลกลางแล้วทำการส่งต่อข้อมูลออกไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น นอกจากนั้นแล้วยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลางออกจากอุปกรณ์เอาท์พุตเนื่องจากเอาท์พุตมีความสามารถในการขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 1-20 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้จะต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับอื่น ๆ เพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้ามากขึ้น

**2.3.5 หน่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Power supply)**

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้มีความเหมาะสมในการที่จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับ หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำหน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล ซึ่งหน่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้ายังจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับการสื่อสารข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผลกลางกับอุปกรณ์ภายนอก

### 2.3.6 หน่วยติดต่อภายนอก (Peripheral device)

เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกที่ถูกใช้ในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งสามารถนำมาใช้ร่วมกับพีแอลซีชนิดเดียวกันได้ทีละหลาย ๆ ตัวโดยอุปกรณ์ที่นำมาต่อเข้านี้จะช่วยทำหน้าที่ในเรื่องของการแก้ไขโปรแกรม ใช้แสดงสภาวะการควบคุม ใช้ป้อนโปรแกรมเข้าไปในหน่วยความจำของระบบและใช้ในการเก็บรักษาโปรแกรม เป็นต้น อุปกรณ์ที่นำมาต่อเข้า เช่น คอมพิวเตอร์ แอลอีดี ชุดจอภาพอินฟราเรด ชุดอินเตอร์เฟส เป็นต้น [1]

## 2.4 อุปกรณ์อินพุต (Input devices)

ในปัจจุบันพีแอลซีได้มีการพัฒนาให้มีความสามารถและประสิทธิภาพสูงขึ้นมากซึ่งสามารถรับสัญญาณได้ทั้งสัญญาณในรูปแบบ ดิจิตอล หรือ เปิด/ปิด และสัญญาณแอนะล็อกที่เป็นสัญญาณมาตรฐานต่าง ๆ เช่น 4-20 มิลลิแอมแปร์, 1-5 โวลต์ หรือ 0-10 โวลต์ ซึ่งอุปกรณ์อินพุตที่ให้สัญญาณได้แก่ พร็อกซิมิตี้สวิตช์, โฟโต้สวิตช์เซนเซอร์, สวิตช์แบบธัมเวล และ ตัวรับรู้อุณหภูมิ เป็นต้น

### 2.4.1 ประเภทอินพุตของพีแอลซี

ประเภทอินพุตของพีแอลซีนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

1. อินพุตแบบดิจิตอล

อินพุตแบบดิจิตอลเป็นอินพุตที่มีสภาวะการทำงานเพียง 2 สภาวะการทำงานเท่านั้นคือ เปิด (ON) หรือ (1) และ ปิด (OFF) หรือ (0)

2. อินพุตแบบแอนะล็อก

อินพุตแบบแอนะล็อก เป็นอินพุตที่มีลักษณะเป็นสัญญาณต่อเนื่อง ซึ่งในปัจจุบันได้มีการกำหนดสัญญาณมาตรฐานไว้หลายชนิดและสัญญาณมาตรฐานที่ได้รับความนิยมได้แก่ สัญญาณกระแส มาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมแปร์ และสัญญาณแรงดันมาตรฐาน 1-5 โวลต์, 0-10 โวลต์ ฯลฯ

3. อินพุตพิเศษเฉพาะงาน

เป็นอินพุตที่ออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานของพีแอลซีให้สูงขึ้น ได้แก่ อินพุตแบบพัลซ์ (Pulse input) จ่ายสัญญาณทำให้พีแอลซี มีความสามารถในการรับสัญญาณอินพุตที่มีความถี่สูง ๆ ได้ อุปกรณ์ที่สามารถใช้กับอินพุตแบบพิเศษนี้ ได้แก่ เอ็นโคดเดอร์

## 2.5 อุปกรณ์เอาท์พุต (Output device)

อุปกรณ์เอาท์พุตเป็นอุปกรณ์ที่ต้องทำการขยายสัญญาณก่อนที่จะต่อใช้งานกับอุปกรณ์ในการทำงานหรือโหลดที่ต้องใช้กำลังไฟฟ้าสูง ๆ เช่น มอเตอร์ อุปกรณ์สร้างความร้อน กระบอกสูบในระบบนิวเมติกส์ เนื่องจากในส่วนเอาท์พุตของพีแอลซีไม่ว่าจะเป็นแบบรีเลย์ หรือทรานซิสเตอร์นั้นมีความสามารถที่จะจ่ายหรือทนกระแสไฟฟ้าได้น้อย ดังนั้นจึงต้องมีการนำอุปกรณ์เอาท์พุตมาต่อใช้งานร่วมด้วย ได้แก่ รีเลย์กำลัง คอนแทคเตอร์ วาล์วโซลินอยด์ หลอดไฟ และวาล์วควบคุม เป็นต้น

### 2.5.1 ประเภทของเอาท์พุตของพีแอลซี

ประเภทอินพุตของพีแอลซีนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 6 ประเภทได้แก่

1. เอาท์พุตแบบดิจิตอล

ซึ่งมีลักษณะการทำงานเหมือนกับ Digital Input คือ มีสภาวะการทำงานเพียง2 สภาวะการทำงานเท่านั้น คือ เปิด (ON) หรือ (1) และ ปิด (OFF) หรือ (0)

2. เอาท์พุตแบบแอนะล็อก

เป็นเอาท์พุตที่มีลักษณะเป็นสัญญาณต่อเนื่องที่เป็นสัญญาณมาตรฐาน ได้แก่ สัญญาณของกระแส 4-20 มิลลิแอมแปร, สัญญาณของแรงดันมาตรฐาน 0-5 โวลต์, 1-5 โวลต์, 0-10 โวลต์ ฯลฯ

3. เอาท์พุตแบบรีเลย์

เป็นเอาท์พุตที่ค่อนข้างได้รับความนิยมสูง เนื่องจากการใช้งานง่ายและสามารถควบคุมโหลดทั้ง กระแสตรง และ กระแสสลับได้ และยังเป็นเอาท์พุตที่สามารถจ่ายกระแสโหลดได้สูงสุดเมื่อเทียบกับเอาท์พุตประเภทอื่น

4. เอาท์พุตแบบทรานซิสเตอร์

เป็นเอาท์พุตที่ใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ทรานซิสเตอร์ ในการทำหน้าที่เป็นสวิตช์ มีข้อดีคือมีความเร็วในการทำงานที่สูงกว่าเอาท์พุตแบบรีเลย์ เนื่องจากไม่มีส่วนเคลื่อนไหวทางแมคคานิกส์ แต่เอาท์พุตประเภทนี้สามารถใช้กับโหลดไฟฟ้ากระแสตรงได้เท่านั้น

5. ไตรแอกเอาท์พุต

เป็นเอาท์พุตที่ใช้สารกึ่งตัวนำ ไตรแอก ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ในการ เปิด/ปิด ซึ่งเอาท์พุตประเภทนี้เหมาะสมกับโหลดไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งมีข้อดีเช่นเดียวกับ เอาท์พุตแบบทรานซิสเตอร์ คือสามารถทำงาน (เปิด/ปิด)

6. เอาท์พุตพิเศษเฉพาะงาน

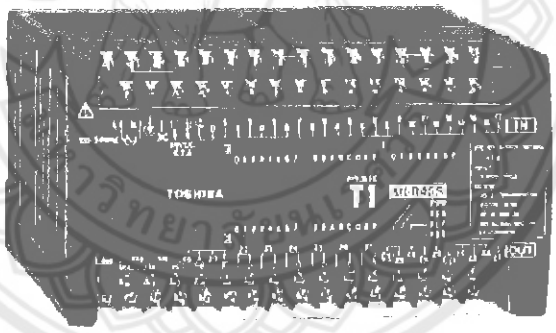
เป็นเอาท์พุตที่ออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อเพิ่มความสามารถพีแอลซีให้สูงขึ้น ได้แก่ เอาท์พุตแบบพัลซ์ (Pulse output) ทำให้พีแอลซีมีความสามารถในการส่งสัญญาณเอาท์พุตออกมาเป็นพัลซ์ที่สูง ซึ่งประโยชน์ของเอาท์พุตแบบพัลซ์นี้สามารถนำไปควบคุมความเร็วของมอเตอร์หรืออาจจะนำไปควบคุมตำแหน่งที่มีความละเอียดโดยผ่านชุดขับมอเตอร์ด้วยวิธีพีดับเบิลยูเอ็ม

## 2.6 ประเภทของพีแอลซี

ชนิดของพีแอลซีเมื่อแบ่งตามลักษณะโครงสร้างของพีแอลซีสามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ

### 2.6.1 พีแอลซีชนิดบล็อก (Block type PLC)

พีแอลซีชนิดนี้จะรวมส่วนประกอบทั้งหมดของพีแอลซีอยู่ในบล็อกเดียวกันทั้งภาคอินพุต/เอาท์พุตตัวประมวลผลหน่วยความจำและแหล่งจ่ายไฟ แสดงดังรูปที่ 2.2 แอลซีชนิดนี้มีข้อดีและข้อเสียแสดงดังตารางที่ 2.2




รูปที่ 2.2 พีแอลซีชนิดบล็อก [3]

**ตารางที่ 2.2** ข้อดีและข้อเสียของพีแอลซีชนิดบล็อก [3]

| ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|
| 1. มีขนาดเล็กสามารถติดตั้งได้ง่ายจึงเหมาะกับงานควบคุมขนาดเล็ก ๆ | 1. การเพิ่มจำนวนอินพุต/เอาต์พุตสามารถเพิ่มได้น้อยกว่าพีแอลซีชนิดโมดูล |
| 2. สามารถใช้งานแทนวงจรรีเลย์ได้ | 2. เมื่ออินพุต/เอาต์พุตเสียจุดใดจุดหนึ่งต้องนำพีแอลซีออกไปทั้งชุดทำให้ระบบต้องหยุดทำงานชั่วระยะเวลาหนึ่ง |
| 3. มีฟังก์ชันพิเศษเช่นฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และฟังก์ชันอื่น ๆ | 3. มีฟังก์ชันให้เลือกใช้งานน้อยกว่าพีแอลซีชนิดโมดูล |
| 4. มีราคาถูกกว่าแบบแร็คหรือโมดูลในจำนวนอินพุต/เอาต์พุตที่เท่ากัน | - |

### 2.6.2 พีแอลซีชนิดโมดูล (Modular type PLC)

พีแอลซีชนิดนี้ส่วนประกอบแต่ละส่วนจะแยกออกจากกันเป็นโมดูลเช่นหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำจะรวมอยู่ในซีพียูโมดูลดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งในส่วนนี้สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดของซีพียูโมดูลให้เหมาะสมตามความต้องการการใช้งานได้หรือภาคอินพุต/เอาท์พุตจะอยู่ในส่วนของอินพุต/เอาท์พุตโมดูลส่วนประกอบต่าง ๆ ของพีแอลซีชนิดโมดูลเมื่อต้องการใช้งานจะถูกนำมารวมต่อกันโดยใช้คอนเน็กเตอร์หรือแบ็คเพลนในการเชื่อมต่อโมดูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้สามารถทำงานได้ พีแอลซีชนิดนี้มีข้อดีและข้อเสียแสดงดังตารางที่ 2.3

**รูปที่ 2.3** พีแอลซีชนิดโมดูล [3]

ตารางที่ 2.3 ข้อดีและข้อเสียของพีแอลซีชนิดโมดูล [3]

| ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|
| 1. เพิ่มขยายระบบได้ง่ายเพียงแต่ติดตั้งโมดูลต่าง ๆ ที่ต้องการใช้งานลงไป | 1. ราคาแพงเมื่อเทียบกับพีแอลซีชนิดบล็อกที่มีจำนวน อินพุต/เอาท์พุตเท่ากัน |
| 2. สามารถขยายจำนวนอินพุต/เอาท์พุตได้มากกว่าพีแอลซีชนิดบล็อก | - |
| 3. อุปกรณ์อินพุต/เอาท์พุตเสียจุดใดจุดหนึ่งสามารถถอดเฉพาะโมดูลนั้นไปซ่อม ทำให้ระบบสามารถทำงานต่อได้ | - |
| 4. มียูนิต และรูปแบบการติดต่อสื่อสารให้เลือกใช้งานมากกว่าพีแอลซีชนิดบล็อก | - |

## 2.7 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมพีแอลซี

พีแอลซีแต่ละยี่ห้อจะใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้พีแอลซีทำงานตามต้องการแตกต่างกัน ซึ่งตามมาตรฐาน IEC1 131-3 ได้แบ่งมาตรฐานภาษาต่าง ๆ ออกเป็น 5 แบบ คือ

- IL (Instruction list)
- LD (Ladder diagrams)
- FBD (Function block diagrams)
- SFC (Sequential function chart)
- ST (Structured text)

## 2.8 ความสามารถของของพีแอลซี

พีแอลซีสามารถควบคุมงานได้ 3 ลักษณะคือ

### 2.8.1 งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence control)

ตัวอย่างเช่น

1. การทำงานของระบบรีเลย์
2. การทำงานของตัวจับเวลา ตัวนับเวลา
3. การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรืองานที่เป็นกระบวนการทำงานของเครื่องจักรกลต่าง ๆ

## 2.9 ขั้นตอนการใช้งานพีแอลซี

โดยปกติวิธีการทั่วไปสำหรับการใช้งานจะมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

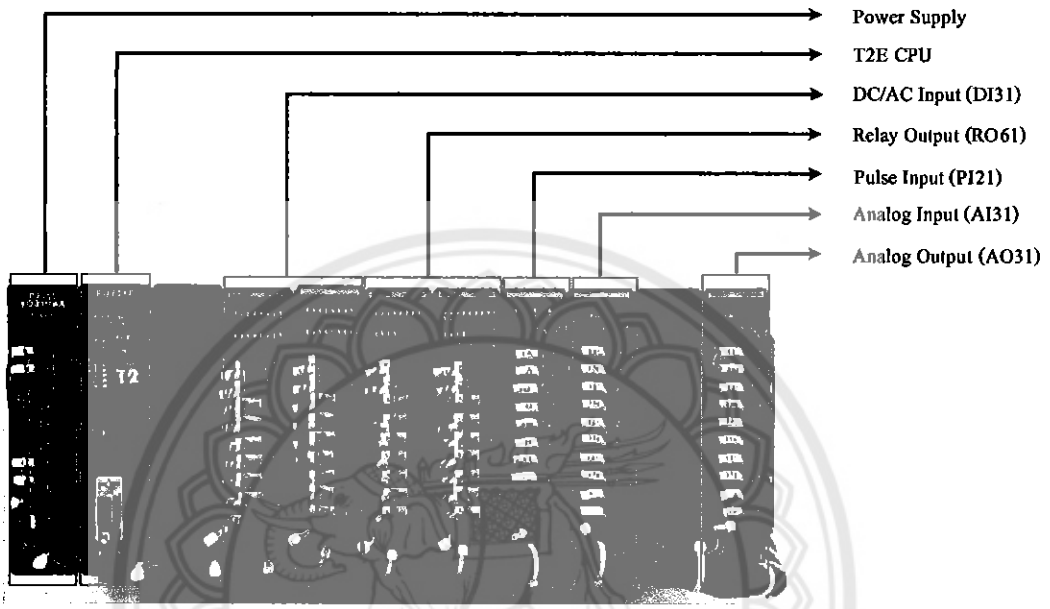
1. กำหนดขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร
2. กำหนดหน่วยรับข้อมูลและหน่วยส่งข้อมูล คือ การกำหนดแอดเดรสของสวิตช์ปุ่มกด (Push button) หรือคอนแทคเตอร์ (Magnetic contactor) ว่าอยู่แอดเดรสที่เท่าใด เช่น สวิตช์ปุ่มกดจะต่อเข้าที่ขั้วต่อสาย (Terminal) ที่ 1 ก็คือบิต 00 เป็นต้น
3. เดินสายไฟจากแหล่งรับข้อมูลที่ขั้วต่อสายด้านหน่วยรับข้อมูล และเดินสายจากขั้วต่อสายด้านหน่วยส่งข้อมูล เข้าที่โหลดหรือรีเลย์
4. เขียนโปรแกรมลงในหน่วยประมวลผลกลางของพีแอลซี โดยเขียนตามขั้นตอนของการทำงานที่ได้กำหนดไว้ อาจจะเป็นในรูปแบบของแผนภาพขั้นบันไดก็ได้
5. การให้พีแอลซีทำงานตามโปรแกรม และการมอนิเตอร์โปรแกรม หลังจากเขียนโปรแกรมจบแล้ว สั่งรัน (Run) คือให้เครื่องจักรทำงานตามขั้นตอนที่เขียนไว้ในโปรแกรมตามที่กำหนดและดูสภาวะการทำงานที่หน้าจอ [2]

แผนผังขั้นตอนการทำงานพีแอลซีแสดงได้ดังรูปที่ 2.4

**รูปที่ 2.4** แผนผังการใช้งานพีแอลซี [2]

## 2.10 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับพีแอลซีTOSHIBAรุ่น T2

พีแอลซี TOSHIBA รุ่น T2 เป็นพีแอลซีขนาดใหญ่ชนิดโมดูล ซึ่งผลิตโดยบริษัทโตชิบ้า แสดงดังรูปที่ 2.5 โดยที่การโปรแกรมจะกระทำด้วยคอมพิวเตอร์ที่ต่อเข้ากับพีแอลซี ซอร์ฟแวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม คือโปรแกรม T-PDS32 for Windows Version 2.14

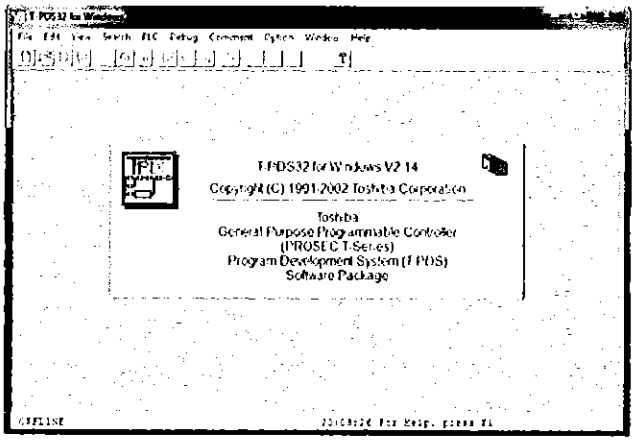



รูปที่ 2.5 พีแอลซี TOSHIBA T2 [4]

### 2.10.1 การโปรแกรม

การโปรแกรมสามารถใช้ได้กับเครื่องโปรแกรมมือถือ (Handy program) โดยต้องกดเรียกฟังก์ชันจากตัวเครื่อง หรืออาจใช้โปรแกรม T-PDS32 for Windows Version 2.14 จะทำให้สามารถเรียกใช้คำสั่งต่าง ๆ ได้ง่ายโดยผ่านไอคอนคำสั่งที่แสดงอยู่บนหน้าจอได้เลย อีกทั้งการแสดงมุมมองของหน้าจอโปรแกรมสามารถเรียกดูได้หลายแบบ เช่น แบบ Program editor, Data monitor เป็นต้น ดังนั้นโครงงานนี้จึงใช้ โปรแกรม T-PDS32 for Windows Version 2.14 ในการโปรแกรม

การเข้าสู่โปรแกรม ไปที่ Start menu เลือก T-PDS32 for Windows Version 2.14 จะพบหน้าต่างโปรแกรมดังรูปที่ 2.6



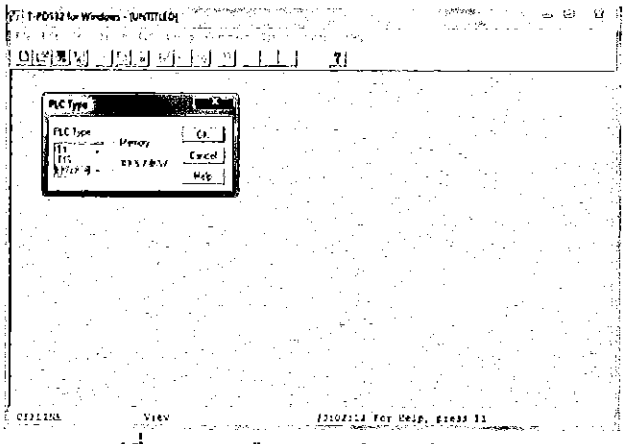

**รูปที่ 2.6** หน้าต่างโปรแกรม T-PDS32 for Windows Version 2.14

### 2.10.2 การตั้งค่าก่อนเริ่มเขียนโปรแกรม

โดยปกติเมื่อเปิดโปรแกรม T-PDS32 ขึ้นมาโปรแกรมจะอยู่ในโหมดการทำงานแบบ Offline แต่บางครั้งที่เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ต่ออยู่กับพีแอลซีและเครื่องพีแอลซีเปิดอยู่และสวิตช์โหมดอยู่ในตำแหน่งรัน (RUN) เมื่อเปิดโปรแกรม T-PDS32 โปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำ EEPROM ของพีแอลซีจะถูกโหลดขึ้นมาและทำการรัน (RUN) โปรแกรมทันทีคือจะอยู่ในโหมดออนไลน์ (Online) จะต้องหยุดการทำงานของพีแอลซีก่อน โดยการเปิดเมนูพีแอลซีเลือก Online/Offline (สังเกตที่ Status bar จะแสดง Offline) และเริ่มสร้างโปรแกรมได้ทันที โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การสร้างโปรเจคใหม่

- เปิดเมนูพีแอลซี เลือก Online/Offline (สังเกตที่ Status bar จะแสดง Offline)
- เปิดเมนู File เลือก New Project หรือกด Ctrl+N
- เลือกชนิดพีแอลซี T2/T2E ดังแสดงในรูปที่ 2.7
- คลิกปุ่ม OK จะปรากฏหน้าต่าง Main Program Block

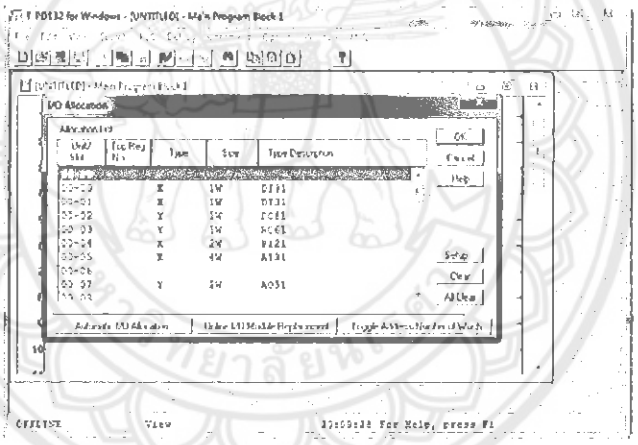



**รูปที่ 2.7** การเลือกชนิดพีแอลซี T2/T2E

**2. การกำหนด I/O Allocation ของพีแอลซี**

การสร้างโปรแกรมใหม่ทุกครั้ง ก่อนที่จะเรียกใช้คำสั่งในการเขียนโปรแกรมไม่ว่าจะอยู่ในโหมดการทำงานแบบ Online หรือ Offline จะต้องกำหนด I/O Allocation ของพีแอลซีก่อนทุกครั้งมิฉะนั้นจะเรียกใช้คำสั่งไม่ได้ ขั้นตอนในการกำหนด I/O Allocation ของพีแอลซีมีดังนี้

- เปิดเมนูพีแอลซี เลือก I/O Allocation และเลือก I/O Allocation...
- คลิกเลือก Unit/Slot เริ่มที่ 00-00
- คลิกปุ่ม Setup จะปรากฏหน้าต่าง I/O Allocation setup
- เลือก Module type & Description
- เลือก Card type
- เลือก Card size
- คลิกปุ่ม OK ออกจาก I/O Allocation setup หน้าต่างจะเป็นดังรูปที่ 2.8

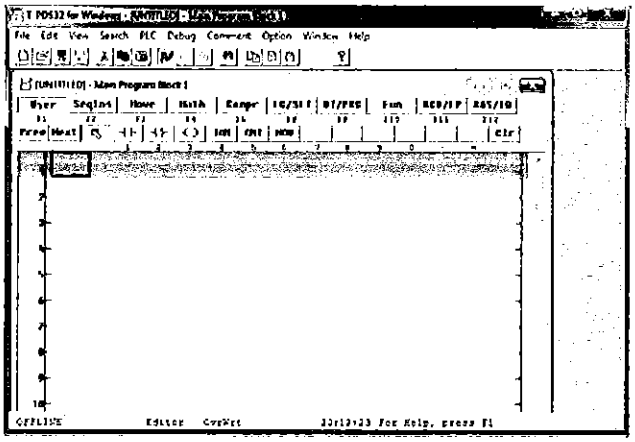


**รูปที่ 2.8** หน้าต่าง I/O Allocation หลังการปรับตั้ง

**3. การใช้ Edit mode เพื่อแก้ไขหรือเขียนแผนภาพขั้นบันได**

เมื่อกำหนดตำแหน่ง I/O Allocation ของพีแอลซี เรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปคือการเขียนโปรแกรมพื้นที่ ที่สามารถเขียนโปรแกรมได้จะเป็นพื้นสีฟ้า สามารถเพิ่มพื้นที่การเขียนโปรแกรมนี้ได้โดยการกดปุ่ม Enter และขั้นตอนการใช้ Edit mode มีขั้นตอนดังนี้

- เปิดเมนู Edit เลือก Edit mode หรือกดปุ่ม Ctrl+E
- เลือกภาษาการเขียนโปรแกรม ในที่นี้คลิกเลือก Ladder และคลิกปุ่ม OK จะปรากฏแถบเครื่องมือคำสั่งสำหรับสร้าง Project ดังรูปที่ 2.9



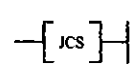
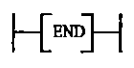
**รูปที่ 2.9** แถบเครื่องมือคำสั่งสำหรับสร้าง Project

คำสั่งพื้นฐานพีแอลซีโตชิบ้าที่ใช้สำหรับการเขียนแผนภาพขั้นบันได แสดงในตารางที่ 2.4

**ตารางที่ 2.4** คำสั่งพื้นฐานพีแอลซีโตชิบ้าที่ใช้สำหรับการเขียนแผนภาพขั้นบันได [6]

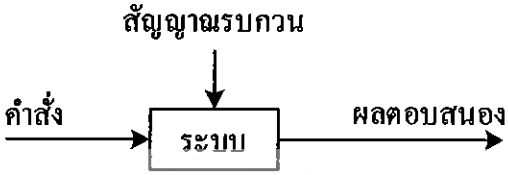
| คำสั่ง | สัญลักษณ์ | รายละเอียด | จำนวนขั้น | เวลาของการทำงาน (us) |
|---|---|---|---|---|
| NO CONTACT | | หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (NO) ของอุปกรณ์ | 1 | 1.4-3.3 |
| NC CONTACT | | หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (NC) ของอุปกรณ์ | 1 | 1.4-3.3 |
| TRANSITIONAL CONTACT (RISING) | | เมื่อเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงจาก ON เป็น OFF เอาต์พุตก็จะ ON เป็นเวลาหนึ่งช่วงการสแกน | 1 | 3.0 |
| TRANSITIONAL CONTACT (FALLING) |  | เมื่อเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงจาก OFF เป็น ON เอาต์พุตก็จะ ON เป็นเวลาหนึ่งช่วงการสแกน | 1 | 3.0 |
| MASTER CONTROL SET | | เป็น MCS เป็นสภาวะ OFF แผนภาพขั้นบันได ระหว่างคำสั่ง JSC ถึง JCR จะถูกบังคับไม่ให้ทำงาน | 1 (MCS) | 2.3 |
| MASSTER CONTROL RESET |  | | 1 (MCR) | 3.75 |

**ตารางที่ 2.4 (ต่อ)** คำสั่งพื้นฐานพีแอลซีโตชิบ้าที่ใช้สำหรับการเขียนแผนภาพขั้นบันได [6]

| คำสั่ง | สัญลักษณ์ | รายละเอียด | จำนวนขั้น | เวลาของการทำงาน (us) |
|---|---|---|---|---|
| JUMP CONTROL SET |   | เมื่อ JSC เป็นสภาวะ ON แผนภาพขั้นบันไดระหว่างคำสั่ง JSC ถึง JCR จะกระโดดข้ามไป(ไม่ทำงาน) | 1 (JSC) | 2.75 |
| JUMP CONTROL RESET | | เมื่ออินพุตสภาวะ ONครบตามกำหนดเวลาที่กำหนดเอาท์พุตของคำสั่งก็จะเป็นสภาวะ ON | 2 (JSR) | 5 |
| ON DELAY TIMER | | | 2 | |
| OFF DELAY TIMER |   | เมื่ออินพุตสภาวะ ON เอาท์พุตก็จะเป็น ON ด้วย เมื่ออินพุตเปลี่ยนเป็น OFF เอาท์พุตจะยัง ON อยู่ตามระยะเวลาที่กำหนด | 2 | 12.8 |
| COUNTER | | เมื่ออินพุต ENABLE เป็นสภาวะ ON คำสั่งจะเป็นการนับจำนวนครั้งการ ON ของสัญญาณทางอินพุตนับค่า, และจะให้เอาท์พุตเป็นสภาวะ ONเมื่อนับค่าถึงค่าที่กำหนดไว้ A (B คือรีจิสเตอร์ของตัวนับจำนวน) | 2 | 2.26 |
| END |   | กำหนดการสิ้นสุดโปรแกรม | 1 | 1.4 |

## 2.11 ระบบควบคุมที่เกี่ยวข้อง

ระบบควบคุมได้ถูกนำมาใช้งานตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ การวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ.1760 โดย เจมส์ วัตต์ เขาได้นำมาใช้ในการออกแบบและควบคุมเครื่องจักรไอน้ำ และในงานอื่น ๆ ระบบควบคุมนั้นมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.10



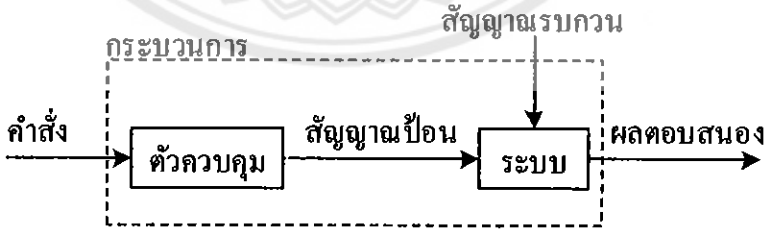

**รูปที่ 2.10** ส่วนประกอบของระบบควบคุม [7]

### 2.11.1 รูปแบบของการควบคุม

รูปแบบของการควบคุมนั้นจะประกอบด้วย 2 รูปแบบใหญ่ ๆ คือ

1. ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด (Open loop control)

ลักษณะทั่วไปของระบบควบคุมแบบวงรอบเปิดจะเป็นไปตามรูปที่ 2.11 ในการควบคุมแบบวงรอบเปิด ตัวควบคุม (Controller) จะส่งสัญญาณป้อน (Input) ให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม (Plant) ตามคำสั่งหรือสัญญาณอ้างอิง (Command or Reference) ที่รับมา โดยที่ตัวควบคุมจะอนุมานว่าเมื่อสิ่งที่ต้องการควบคุมได้รับสัญญาณป้อนแล้วนั้น ก็จะผลิตเอาท์พุตหรือผลตอบสนอง (Response) ให้ได้ตามที่คาดหมายไว้โดยที่ไม่ต้องทำการตรวจสอบสัญญาณเอาท์พุตจริง ว่าเป็นไปตามคำสั่งหรือไม่

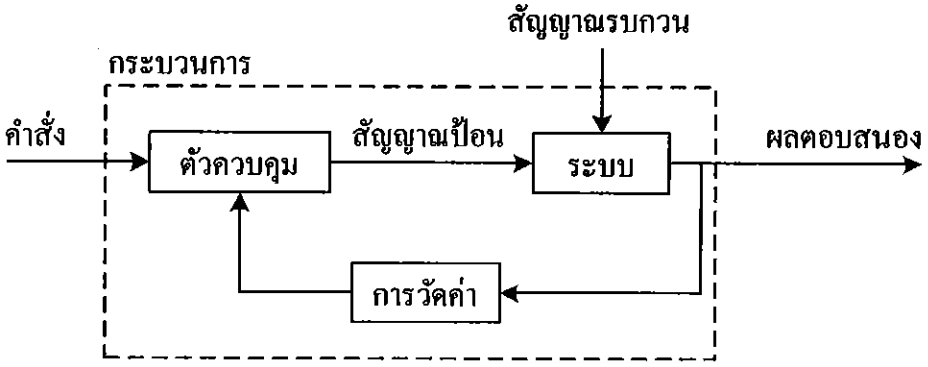



**รูปที่ 2.11** ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด [7]

2. ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด (Closed loop control)

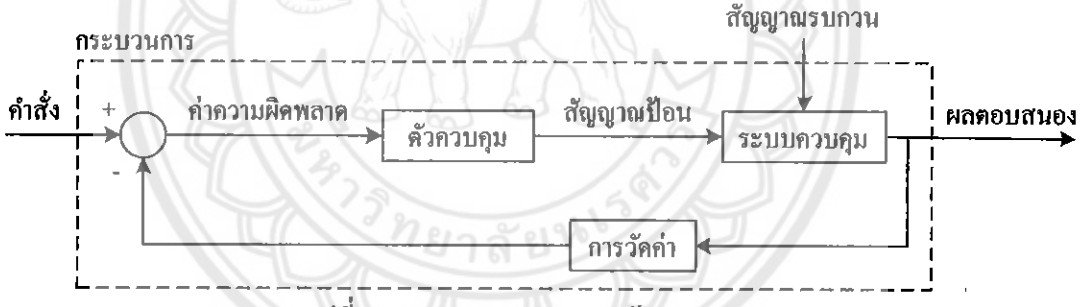
ลักษณะทั่วไปของระบบควบคุมแบบวงรอบปิดจะเป็นไปตามรูปที่ 2.12 ในการควบคุมแบบวงรอบปิด ตัวควบคุม (Controller) จะทำการเปรียบเทียบสัญญาณคำสั่งหรืออ้างอิง (Command or Reference) กับสัญญาณเอาท์พุตหรือผลตอบสนอง (Output or Response) ที่ป้อนกลับมาโดยตัวตรวจจับ (Measurement or Sensor) แล้วตัวควบคุมจะนำไปสร้างสัญญาณป้อนหรืออินพุต (Input)

ให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม (System under controlled or Plant) เพื่อที่จะให้ผลิตเอาท์พุตหรือผลตอบสนองให้เป็นไปตามสัญญาณอ้างอิงที่ต้องการ (Command or Reference)




รูปที่ 2.12 ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด [7]

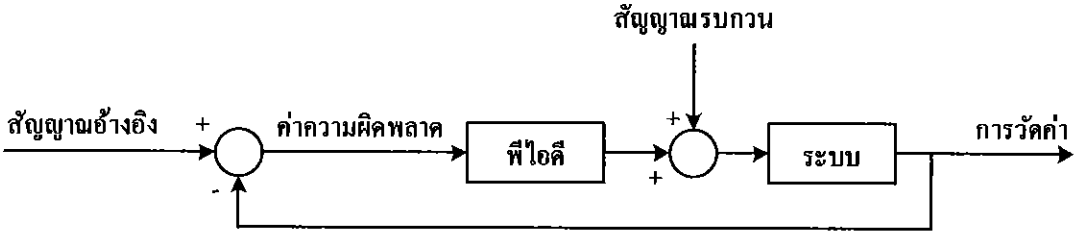
ระบบควบคุมแบบวงรอบปิดอาจจะเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control system) ตามรูปที่ 2.13 ระบบนี้เป็นระบบควบคุมที่พยายามรักษาเอาท์พุตให้ได้ตามต้องการ โดยการนำเอาสัญญาณเอาต์พุตมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงที่ต้องการ แล้วนำค่าความแตกต่างไปใช้ในการควบคุมสัญญาณป้อนให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม




รูปที่ 2.13 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ [7]

### 2.11.2 ตัวควบคุมแบบพีไอดี (Proportional-Integral control: PID control)

ตัวควบคุมแบบพีไอดี เป็นตัวควบคุมที่พบบ่อยมากที่สุดในงานอุตสาหกรรมทั่วไปเพราะเป็นตัวควบคุมที่ใช้งานง่าย การปรับค่าอัตราขยายอาศัยหลักการที่ไม่ได้ซับซ้อนมากนักก็ให้ผลตอบสนองเป็นที่ยอมรับได้ สามารถปรับแต่งการควบคุมได้ง่ายเมื่อต้องการ ระบบควบคุมแบบพีไอดีมีตัวควบคุมย่อย 3 ตัว คือ ตัวควบคุมแบบสัดส่วนหรือตัวควบคุมแบบพี ตัวควบคุมแบบปริพันธ์หรือตัวควบคุมแบบไอ และตัวควบคุมแบบปริพันธ์หรือตัวควบคุมแบบดีดังแสดงในรูปที่ 2.14

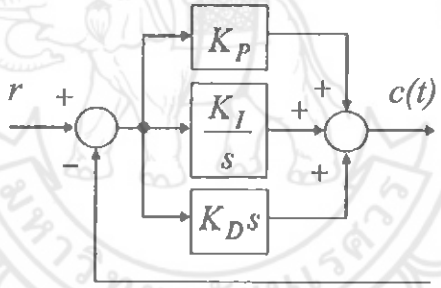



**รูปที่ 2.14** ตัวควบคุมพีไอดีที่ต่อเข้าในระบบแบบอนุกรม [7]

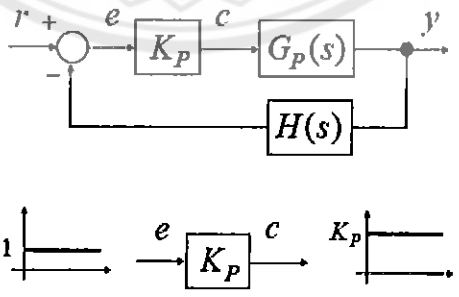
ในการควบคุมระบบทั่วไปมักใช้งานตัวควบคุมร่วมกัน เช่น การควบคุมแบบพีไอ การควบคุมแบบพีดี และการควบคุมแบบพีไอดีรายละเอียดการทำงานของตัวควบคุมดังนี้

1. ตัวควบคุมแบบสัดส่วนหรือตัวควบคุมแบบพี

ตัวควบคุมแบบนี้จะนำเอาสัญญาณค่าความผิดพลาดระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณเอาท์พุตมาเป็นอินพุตของตัวควบคุม แล้วตัวควบคุมจะทำการสร้างสัญญาณเอาท์พุตด้วยการขยายสัญญาณความผิดพลาดดังกล่าวด้วยค่าอัตราขยายของตัวควบคุม บล็อกไดอะแกรมและลักษณะของการประมวลผลสัญญาณเป็นดังรูปที่ 2.15 และ 2.16




**รูปที่ 2.15** ตัวควบคุมแบบพีไอดี [7]



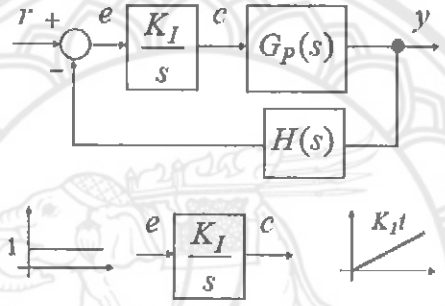

**รูปที่ 2.16** ตัวควบคุมแบบสัดส่วนหรือตัวควบคุมแบบพี [7]

จุดเด่นของตัวควบคุมแบบนี้เมื่อนำไปใช้งานก็คือ การปรับค่าอัตราขยายให้สูงขึ้นจะมีผลทำให้ระบบมีผลตอบสนองที่เร็วขึ้น ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในการนำไปใช้งานก็คือ ถ้านำไปใช้กับระบบชนิด 0 (System type 0) ตัวควบคุมแบบนี้จะไม่สามารถขจัดค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวได้ แต่ก็สามารถทำให้ค่าความผิดพลาดดังกล่าวมีค่าน้อยลงได้ด้วยการปรับค่า

อัตราขยายให้สูง ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วการปรับค่าอัตราขยายให้สูงมากขนาดไหนเอาท์พุตที่ออกจริงๆจากตัวควบคุมมักมีค่าจำกัด และการปรับอัตราขยายให้มีค่าสูงสำหรับระบบที่มีอันดับสูงอาจจะทำให้ได้ผลตอบสนองที่ไม่เป็นที่พึ่งประสงค์ เช่นการปรับอัตราขยายให้สูงขึ้นสำหรับระบบอันดับสอง ผลที่ตามมาก็คือค่าพุ่งเกินก็จะสูงขึ้นตามด้วย ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อระบบได้

2. ตัวควบคุมแบบปริพันธ์หรือตัวควบคุมแบบไอ

ตัวควบคุมแบบนี้จะนำเอาสัญญาณความผิดพลาดระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณเอาท์พุตมาเป็นอินพุตของตัวควบคุม แล้วตัวควบคุมจะทำการสร้างสัญญาณเอาท์พุตด้วยการอินทิเกรตสัญญาณความผิดพลาดดังกล่าวแล้วคูณด้วยค่าอัตราขยายของตัวควบคุม บล็อกไดอะแกรมและลักษณะของการประมวลผลสัญญาณเป็นดังรูปที่ 2.17



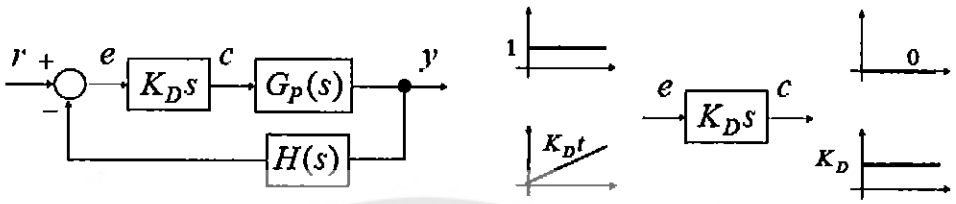

รูปที่ 2.17 ตัวควบคุมแบบปริพันธ์หรือตัวควบคุมแบบไอ [7]

จุดเด่นของตัวควบคุมแบบนี้เมื่อนำไปใช้งานก็คือ ถ้านำไปใช้กับระบบชนิด 0 (System type 0) ตัวควบคุมแบบนี้จะสามารถขจัดค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวได้ ส่วนข้อด้อยที่อาจจะเกิดขึ้นในการนำไปใช้งานก็คือ ตัวควบคุมแบบนี้ไม่สามารถลดผลของการพุ่งเกินของผลตอบสนองได้ และการปรับอัตราขยายให้มีค่าสูง อาจจะทำให้ได้ผลตอบสนองที่ไม่เป็นที่พึ่งประสงค์ เช่นการปรับอัตราขยายให้สูงขึ้นอาจจะมีผลทำให้ผลตอบสนองของระบบเกิดการแกว่งตัวได้

19785133
22 ก.ย. 2560
ป
ธพ5ก
ว558

3. ตัวควบคุมแบบอนุพันธ์หรือตัวควบคุมแบบดี

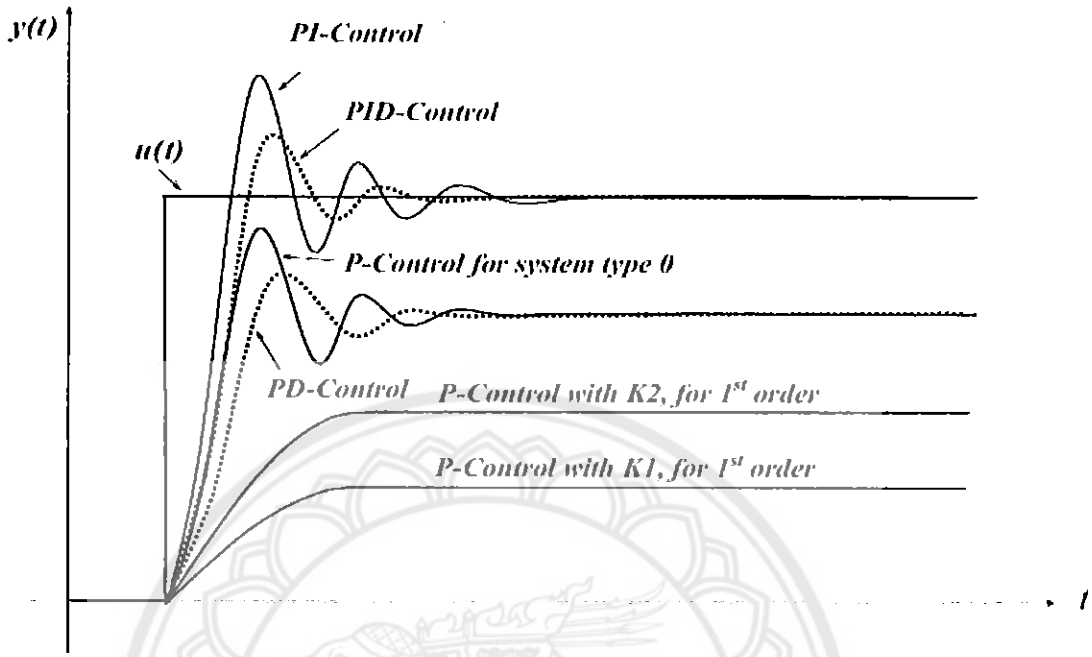
ตัวควบคุมแบบนี้จะนำเอาสัญญาณความผิดพลาดระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณเอาท์พุตมาเป็นอินพุตของตัวควบคุม แล้วตัวควบคุมจะทำการสร้างสัญญาณเอาท์พุตด้วยการอนุพันธ์สัญญาณความผิดพลาดดังกล่าว แล้วคูณด้วยค่าอัตราขยายของตัวควบคุมบล็อกไดอะแกรมและลักษณะของการประมวลผลสัญญาณเป็นดังรูปที่ 2.18




**รูปที่ 2.18** ตัวควบคุมแบบอนุพันธ์หรือตัวควบคุมแบบดี [7]

ขุดเด่นของตัวควบคุมแบบนี้เมื่อนำไปใช้งานก็คือ ตัวควบคุมแบบนี้ใช้สำหรับลดผลของการพุ่งเกินของผลตอบสนองได้ ลดผลตอบสนองที่มีการเปลี่ยนแปลงไปมาได้ แต่ต้องปรับค่าอัตราขยายให้เหมาะสมด้วย ไม่เช่นนั้น อาจจะทำให้ได้ผลตอบสนองที่ไม่เป็นที่พึงประสงค์ ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในการนำเอาตัวควบคุมนี้ไปใช้งานก็คือ ตัวควบคุมแบบนี้จะไม่สามารถขจัดค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวได้ และการใช้ตัวควบคุมนี้อาจจะทำให้ได้ผลตอบสนองที่ช้าลงได้

ลักษณะผลตอบสนองต่ออินพุตแบบขั้นบันไดของระบบต่าง ๆ ด้วยการใช้งานระบบควบคุมพีไอดีในลักษณะต่าง ๆ กัน เป็นดังรูปที่ 2.19



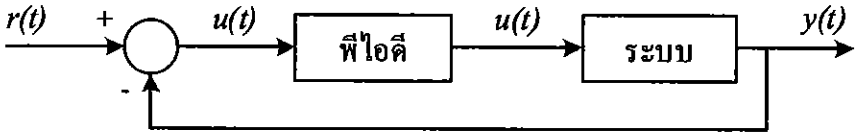

**รูปที่ 2.19** ผลตอบสนองของตัวควบคุมแบบต่าง ๆ [7]

จากรูปที่ 2.19 แสดงการเปรียบเทียบผลตอบสนองที่ได้จากการใช้ตัวควบคุมแบบต่างๆ จะเห็นว่าตัวควบคุมแบบพีไอการทำงานนั้นเร็วที่สุดแต่จะมีการพุ่งเกินของผลตอบสนองที่สูงที่สุด ส่วนตัวควบคุมแบบพีนั้นไม่สามารถทำให้ระบบไปถึงค่าที่ตั้งไว้ได้ ตัวควบคุมแบบพีดีมีผลคล้ายกับตัวควบคุมแบบพีแต่จะเกิดค่าการพุ่งเกินของผลตอบสนองที่เล็กกว่าแบบพี ตัวควบคุมแบบพีไอดีนั้นลดการพุ่งเกินของผลตอบสนองเล็กลงกว่าตัวควบคุมแบบพีไอ และระบบสามารถเข้าสู่เสถียรภาพได้ไวกว่าตัวควบคุมแบบพีไอ [7]

## 2.12 ทฤษฎีตัวควบคุมพีไอดีในพีแอลซี

### 2.12.1 ตัวควบคุมแบบพีไอดี (PID controller)

โครงสร้างโดยทั่วไปของตัวควบคุมพีไอดีแบบวงปิดแสดงดังรูปที่ 2.20




**รูปที่ 2.20** ตัวควบคุมพีไอดีแบบวงปิด [7]

จากการควบคุมแบบวงปิดโดยตัวควบคุมพีไอดีตามรูปที่ 2.20 จะได้สมการตัวควบคุมและค่าความคลาดเคลื่อนดังนี้

$$u(t) = K_p\left[e(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t e(t)dt + T_d\frac{de(t)}{dt}\right] \tag{2.1}$$

$$e(t) = r(t) - y(t) \tag{2.2}$$

โดย $u(t)$ คือ สัญญาณควบคุม

$r(t)$ คือ สัญญาณอินพุต

$y(t)$ คือ สัญญาณเอาท์พุต

$K_p$ คือ ค่าอัตราขยายแบบสัดส่วน (Proportional coefficient)

$T_i$ คือ เวลาที่แสดงถึงผลตอบสนองเนื่องจากตัวอินทิกรัล (Integration time)

$T_d$ คือ เวลาที่แสดงถึงผลตอบสนองเนื่องจากตัวอนุพันธ์ (Differentiating time)

$T$ คือ คาบการชักตัวอย่าง (Sampling period)

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวแปรทางคณิตศาสตร์ (Discrete math) ของสมการที่ (2.1) จะได้

$$u(n) = K_p\left[e(n) + \frac{T}{T_i}\sum_{k=0}^{n-1}e(k) + \frac{T_d}{T}\{e(n) - e(n-1)\}\right]$$

$$u(n-1) = K_p\left[e(n-1) + \frac{T}{T_i}\sum_{k=0}^{n-2}e(k) + \frac{T_d}{T}\{e(n-1) + e(n-2)\}\right]$$

$$\Delta u(n) = u(n) - u(n-1)$$

$$\Delta u(n) = K_p\left[\{e(n) - e(n-1)\} + \frac{T}{T_i}e(n) + \frac{T_d}{T}\{e(n) - 2e(n-1) + e(n-2)\}\right] \tag{2.3}$$

กำหนดให้

$$K_p^{'} = K_p\left(1+\frac{T}{T_i}+\frac{T_d}{T}\right) \tag{2.4}$$

$$K_I = K_p\left(1+\frac{2T_d}{T}\right) \tag{2.5}$$

$$K_D = K_p\frac{T_d}{T} \tag{2.6}$$

แทนค่า (2.5), (2.6), (2.7) ลงใน (2.4) จะได้

$$\Delta u(n) = K_p^{'}e(n) - K_I e(n-1) + K_D e(n-2) \tag{2.7}$$

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวแปรทางคณิตศาสตร์ (Discrete math) ของสมการที่ (2.2) และกำหนด $r(t)$ เป็นค่าคงที่โดยให้ $r(t) = e_0$ จะได้

$$e(n) = e_0 - y(n) \tag{2.8}$$

$$e(n-1) = e_0 - y(n-1) \tag{2.9}$$

$$e(n-2) = e_0 - y(n-2) \tag{2.10}$$

โดย (2.7), (2.8), (2.9) และ (2.10) เป็นสมการที่ใช้ปรับค่าเพื่อควบคุม [8]

สูตรสำหรับการคำนวณค่าพีไอดี

$$MV = K_p\left[(e-e_{-1}) + INT\left(\frac{|K_{IL}|\cdot e + Ir}{|K_{IH}|}\right) + INT\left\{\frac{|K_{DH}|}{|K_{DL}|}\cdot(2PV_{-1} - PV - PV_{-2}\right\}\right] \tag{2.11}$$

จากสมการที่ (2.11)

*Ir* คือ ส่วนที่เหลืออยู่จากการหารที่ไม่ลงตัวในเทอมอินทิกรัลหาได้จาก $(|K_{IL}|\cdot e + Ir)/|K_{IH}|$ โดยที่ค่า *Ir* เริ่มต้นมีค่าเป็น 0

*e* คือ ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิหาได้จาก $SV - PV$

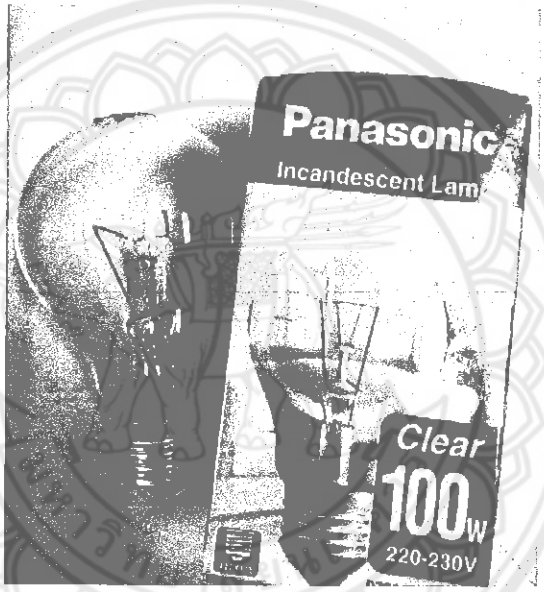
*PV* คือ ค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้น

*INT(a)* คือ ส่วนที่แสดงค่าผลหารที่ไม่คิดเศษ

## 2.13 อุปกรณ์ของแบบจำลองชุดควบอุณหภูมิ

1. หลอดไส้ 100 วัตต์

หลอดอินแคนเดสเซนต์หรือหลอดไส้ (Incandescent lamp)ให้แสงสว่างโดยการให้ความร้อนแก่ไส้หลอดที่เป็นลวดโลหะกระทั่งอุณหภูมิสูงและเปล่งแสง หลอดแก้วที่เติมแก๊สเฉื่อยหรือเป็นสุญญากาศป้องกันไม่ให้ไส้หลอดที่ร้อนสัมผัสอากาศในหลอดฮาโลเจน ซึ่งจะขยายอายุการใช้งานหลอดไฟฟ้านี้ หลอดไส้ร้อนแบบธรรมดาผลิตออกมาหลายขนาด กำลังส่องสว่าง และอัตราทนความต่างศักย์ ตั้งแต่ 1.5 โวลต์ ถึงราว 300 โวลต์ หลอดประเภทนี้ไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์การควบคุมภายนอกมีค่าบำรุงรักษาต่ำและทำงานได้ดีเท่ากันทั้งไฟฟ้ากระแสสลับหรือกระแสตรง




รูปที่ 2.21 หลอดอินแคนเดสเซนต์ 100 วัตต์

2. ตัวรับรู้อุณหภูมิ

ตัวรับรู้อุณหภูมิมีหลายประเภทซึ่งในโครงงานใช้ตัวรับรู้อุณหภูมิแบบแอนะล็อก รุ่น LM 35 ดังรูปที่ 2.22

หลักการทำงาน ตัวรับรู้อุณหภูมิจะส่งสัญญาณแอนะล็อกเอาท์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้า ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกมานั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นกับค่าอุณหภูมิ

ตัวรับรู้อุณหภูมิมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. แรงดันไฟฟ้า 4 ถึง 30 โวลต์
2. 10 มิลลิโวลต์ต่อองศาเซลเซียส
3. ความถูกต้อง ±0.5
4. การทำงาน -55 ถึง 150 องศาเซลเซียส

**รูปที่ 2.22** ตัวรับรู้อุณหภูมิ LM 35

ที่มา: http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/LM35-temperature-sensor-circuit.php

3. พัดลมคอมพิวเตอร์ 12 โวลต์

พัดลมคอมพิวเตอร์ เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนให้กับคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นการ์ดจอ แหล่งจ่ายไฟในคอมพิวเตอร์ ส่วนมาเป็นพัดลมที่ใช้ไฟ 12 โวลต์ เนื่องด้วยปัจจุบัน คอมพิวเตอร์มีความร้อนสูงทำให้พัดลมหมุนเร็วขึ้นเพื่อที่จะให้ระบายความร้อนได้ทัน แกนหมุนจะเป็นแบบใช้ลูกปืน (Ball bearing)

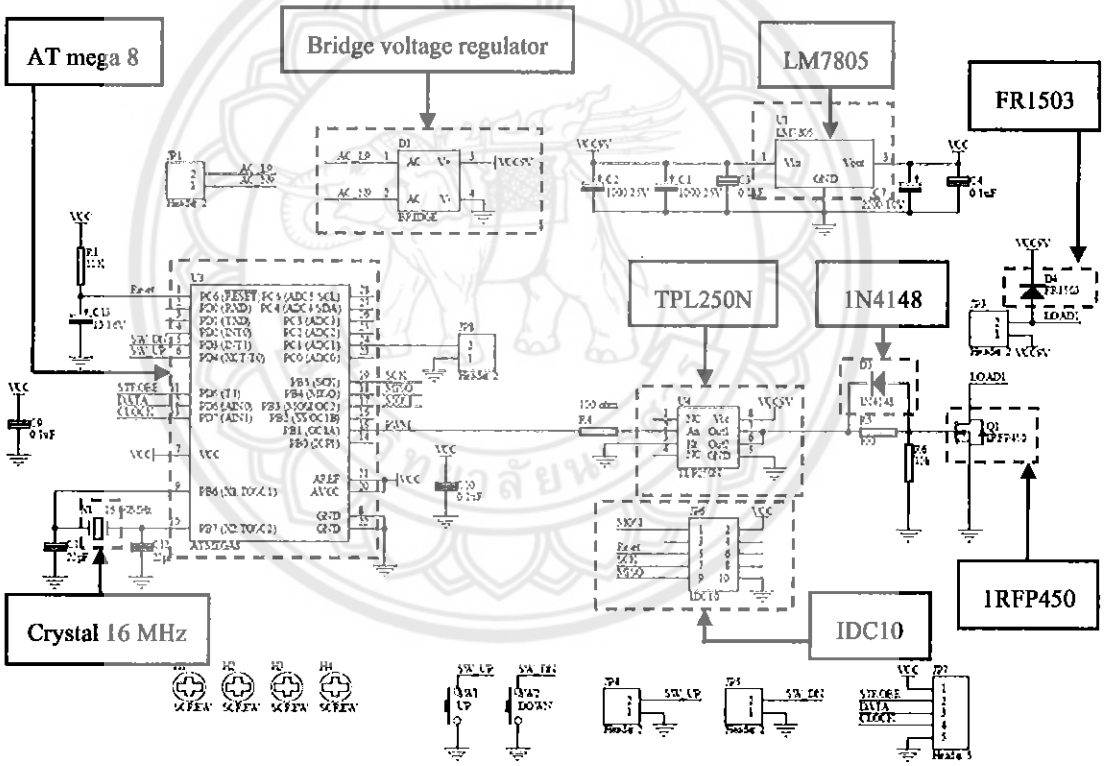
รูปที่ 2.23 พัดลมคอมพิวเตอร์

ที่มา: http://apac.coolermaster.com/th/cooling/case-fan/blade-master-120

4. วงจรสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM)

ใช้หลักการที่ส่งค่าแบบดิจิตอลคือ 0-1 ด้วยความถี่ค่าหนึ่ง แต่จะส่งค่าให้มีสัญญาณสูง (1) สลับกับสัญญาณต่ำ (0) โดยให้ระยะเวลาของแต่ละชนิดสัญญาณต่างกัน เพื่อให้ค่าเฉลี่ยของสัญญาณทั้งหมดออกมาเป็นค่าที่ต้องการนั่นเอง เช่นถ้าเราส่งค่าที่มีระยะสัญญาณสูงและต่ำเท่ากัน ก็จะได้ค่าเป็น 2.5 โวลต์ ถ้าเราให้ค่าสัญญาณสูงยาวกว่า เราก็จะได้ค่ามากกว่า 2.5 โวลต์และในทำนองเดียวกันถ้าเราให้ค่าสัญญาณต่ำยาวกว่า เราก็จะได้ค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 2.5 โวลต์นั่นเอง

พีดับเบิลยูเอ็ม สามารถรับค่าแอนะล็อกได้ 1024 ระดับ ดังนั้นหมายความว่าค่าสัญญาณ 0 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ ก็จะแสดงได้เป็น 0 ถึง 1023 ในสัญญาณดิจิตอลนั่นเอง โดยเราสามารถใช้หลักบัญญัติไตรยางศ์ สามารถเปรียบเทียบค่าได้เลย ในการใช้งานสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม จะต้องเลือกขาที่เขียนว่าเป็นพีดับเบิลยูเอ็ม เท่านั้น

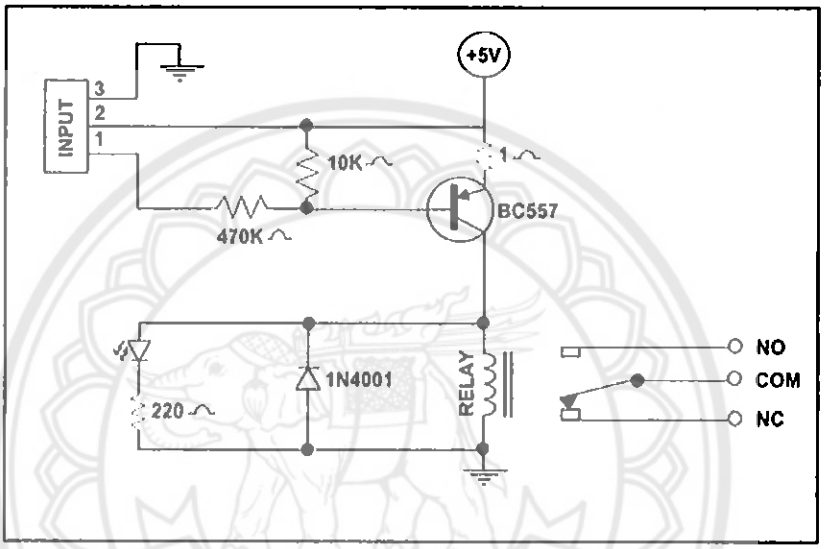



**รูปที่ 2.24** วงจรสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม

ที่มา: https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/1784

5. วงจรรีเลย์

รีเลย์จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมการเปิด/ปิด โดยอาศัยการจ่ายไฟให้กับขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อดึงหน้าสัมผัสให้เปิดหรือปิด จะเห็นว่าสัญญาณควบคุมและจุดเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้านั้น เป็นอิสระต่อกันทางวงจรไฟฟ้า รีเลย์จึงเป็นเสมือนอุปกรณ์ที่ใช้แยกวงจรสองวงจรออกจากกัน โดยทั่วไปอุปกรณ์รีเลย์จะนำมาใช้ควบคุมการเปิด/ปิดของอุปกรณ์ชนิดอื่นที่ต้องการกระแสและแรงดันไฟสูงกว่าที่ใช้ในวงจรหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่ใช้ไฟบ้านแรงดัน 220 โวลต์ เช่น หลอดไฟ พัดลม ตู้เย็น เป็นต้น




รูปที่ 2.25 โครงสร้างภายในวงจรรีเลย์

ที่มา: เอกสารข้อมูลของวงจรรีเลย์ MM-RELAY 5 A Contact relay

## 2.14 เอกสารข้อมูลสาธารณสุข

เชื้อแบคทีเรียที่เป็นพิษต่ออาหารจะเพิ่มจำนวนมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 5 องศาเซลเซียส การอุ่นอาหารที่ นานขึ้นที่อุณหภูมิ 60 องศา จะสามารถหยุดยั้งเชื้อแบคทีเรีย และหยุดเพิ่มจำนวนเชื้อแบคทีเรียในอาหาร ดังนั้นจึงจำ เป็นต้องมีการอุ่นอาหารอย่างรวดเร็ว ข้อแนะนำคือควรอุ่นอาหารภายใน 2 ชั่วโมง มาตรฐานการรักษาความปลอดภัยของอาหาร คือการที่คุณต้องอุ่นอาหารเพื่อหลีกเลี่ยงภาวะความเสี่ยง ที่อาหารจะเสีย คุณต้องให้อาหารอุ่นตลอดเวลา ยกตัวอย่าง ถาดที่ใส่อาหารขาย ต้องอุ่นอย่างรวดเร็วใน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่านั้นก่อนจะวางขายหรือเก็บไว้ในอุณหภูมิเท่าเดิมหรือสูงกว่าเดิม สำหรับอาหารที่ต้องเสิร์ฟทันที ข้อแนะนำคือต้องอุ่นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิอย่างน้อย 70 องศาเซลเซียส และอุ่นทิ้งไว้โดยรักษาอุณหภูมิเดิมหรือสูงกว่าอย่างน้อย 2 นาที [9]

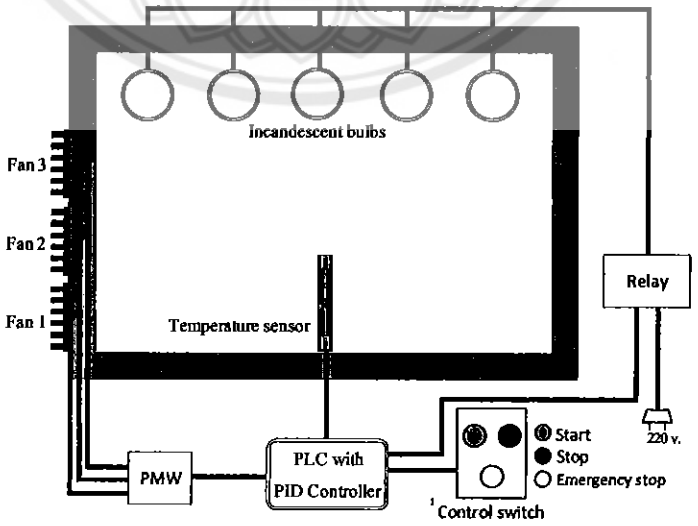
# บทที่ 3
# การทำงานของแบบจำลองชุดควบคุมอุณหภูมิของอาหาร

ในบทนี้จะเป็นการสร้างแบบจำลองชุดควบคุมอุณหภูมิ โดยจะกล่าวถึงอุปกรณ์ และลักษณะการทำงาน รวมถึงแผนภาพการทำงาน เพื่อใช้ในการเขียนแผนภาพขั้นบันไดสำหรับโปรแกรมในพีแอลซี เพื่อกำหนดให้อุปกรณ์ และส่วนต่าง ๆ ในแบบจำลองทำงานได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

## 3.1 แบบจำลองชุดควบคุมอุณหภูมิของอาหาร

แบบจำลองนี้สร้างขึ้นเพื่อใช้ควบคุมอุณหภูมิภายในกล่อง โดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีของพีแอลซีโตชิบ้ารุ่น T2 เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ โดยที่พีแอลซีจะใช้หลอดไฟ 5 ดวงด้านบนแบบจำลอง เพื่อสร้างความร้อน และสั่งควบคุมอุณหภูมิโดยการให้พัดลมหมุนสำหรับระบายความร้อนเพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ

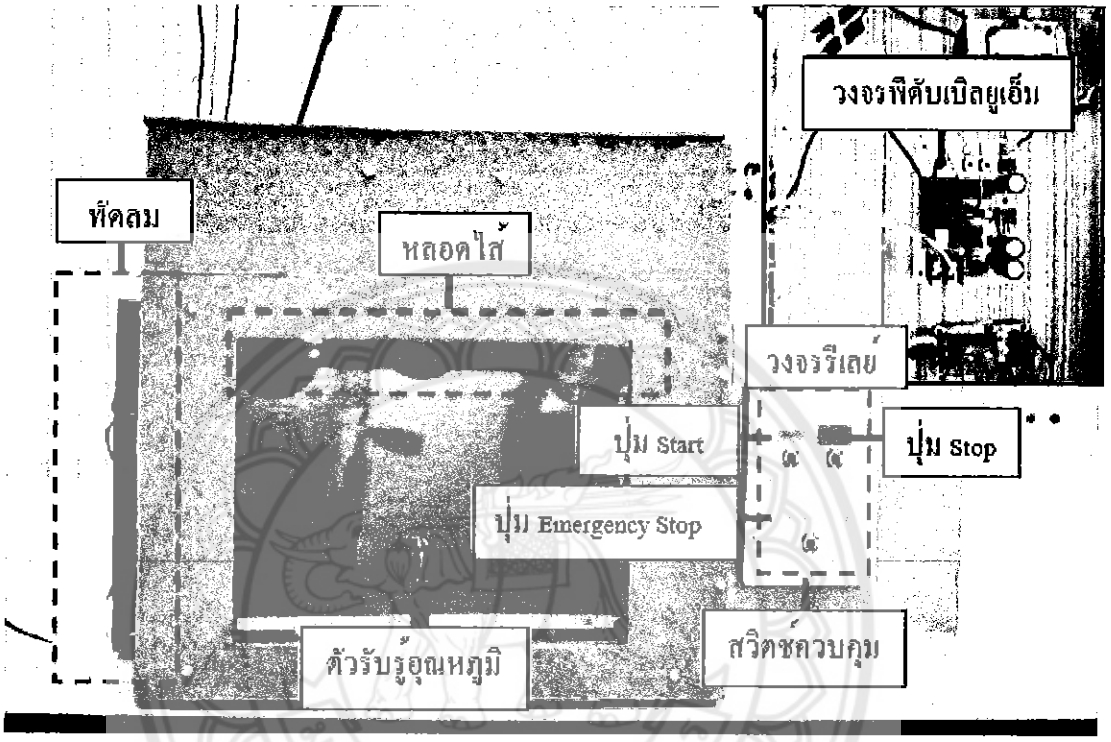
จากรูปที่ 3.1 แสดงระบบควบคุมอุณหภูมิภายในกล่อง โดยการเริ่ม และหยุดการทำงานสามารถกดที่สวิตซ์ควบคุม (Control switch) ซึ่งภายในกล่องใช้หลอดไฟ 5 ดวงเป็นตัวทำความร้อน การควบคุมอุณหภูมิจะกระทำผ่านการควบคุมความเร็วในการหมุดพัดลมทั้ง 3 ตัว เพื่อระบายความร้อนออก ตัวกล่องจะมีช่องเปิดเพื่อดูดอากาศภายนอกเข้ามาสำหรับลดอุณหภูมิด้านในส่วนด้านล่างของกล่องจะมีตัวรับรู้อุณหภูมิ โดยตัวรับรู้อุณหภูมิกับพัดลมคอมพิวเตอร์จะต่อเข้ากับพีแอลซี และสามารถป้อนอุณหภูมิที่ต้องการผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์




**รูปที่ 3.1** แบบจำลองชุดควบคุมอุณหภูมิ

## 3.2 การสร้างแบบจำลอง

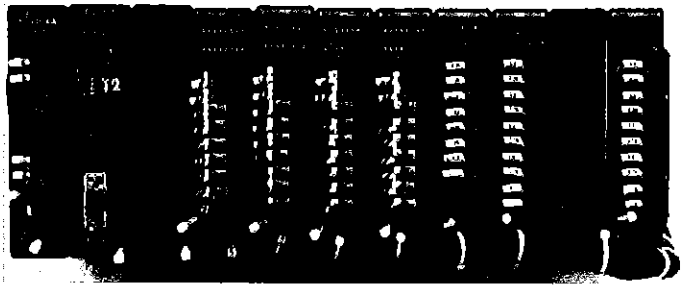
ในโครงงานนี้ ได้สร้างแบบจำลองขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของการควบคุมระบบการรักษาอุณหภูมิอาหารด้วยพีแอลซีโตชิบ้า รุ่น T2 ซึ่งประกอบด้วย พัดลมคอมพิวเตอร์ หลอดไส้ ตัวรับรู้อุณหภูมิ สวิตช์ควบคุม วงจรรีเลย์ วงจรพีดับเบิลยูเอ็ม แสดงในรูปที่ 3.2



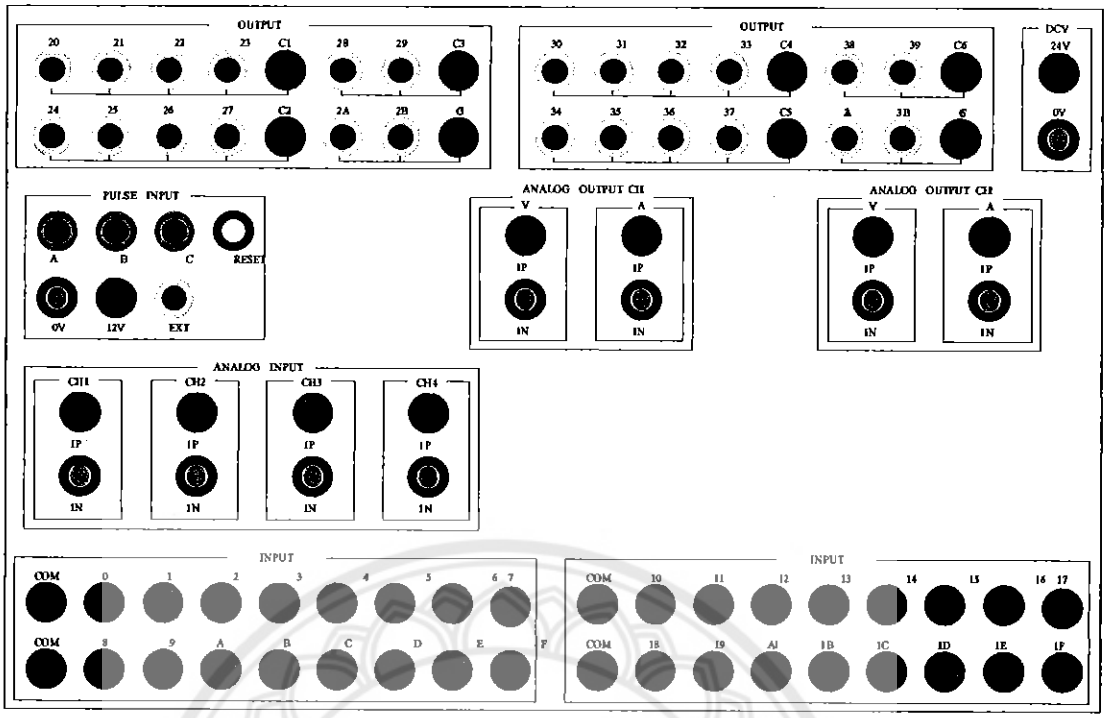

รูปที่ 3.2 แบบจำลองการควบคุมระบบรักษาอุณหภูมิด้วยพีแอลซีโตชิบ้า รุ่น T2

## 3.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของแบบจำลองเข้ากับพีแอลซี

พีแอลซีรุ่น T2 เป็นพีแอลซีขนาดใหญ่ชนิดโมดูลซึ่งผลิตโดยบริษัทโตชิบ้า โครงงานนี้จะใช้เครื่องพีแอลซีโตชิบ้ารุ่น T2 เป็นเครื่องควบคุมการทำงานของแบบจำลอง แสดงดังรูปที่ 3.3 และมีแผงการเชื่อมต่ออินพุตและเอาท์พุตสำหรับเครื่องพีแอลซีและชุดทดลองดังรูปที่ 3.4



**รูปที่ 3.3** พีแอลซีโตชิบ้ารุ่น T2




รูปที่ 3.4 แผงการเชื่อมต่ออินพุตและเอาท์พุตสำหรับพีแอลซีและชุดทดลอง

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของแบบจำลองต่าง ๆ เข้ากับพีแอลซีโตชิบ้า รุ่น T2 แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.5

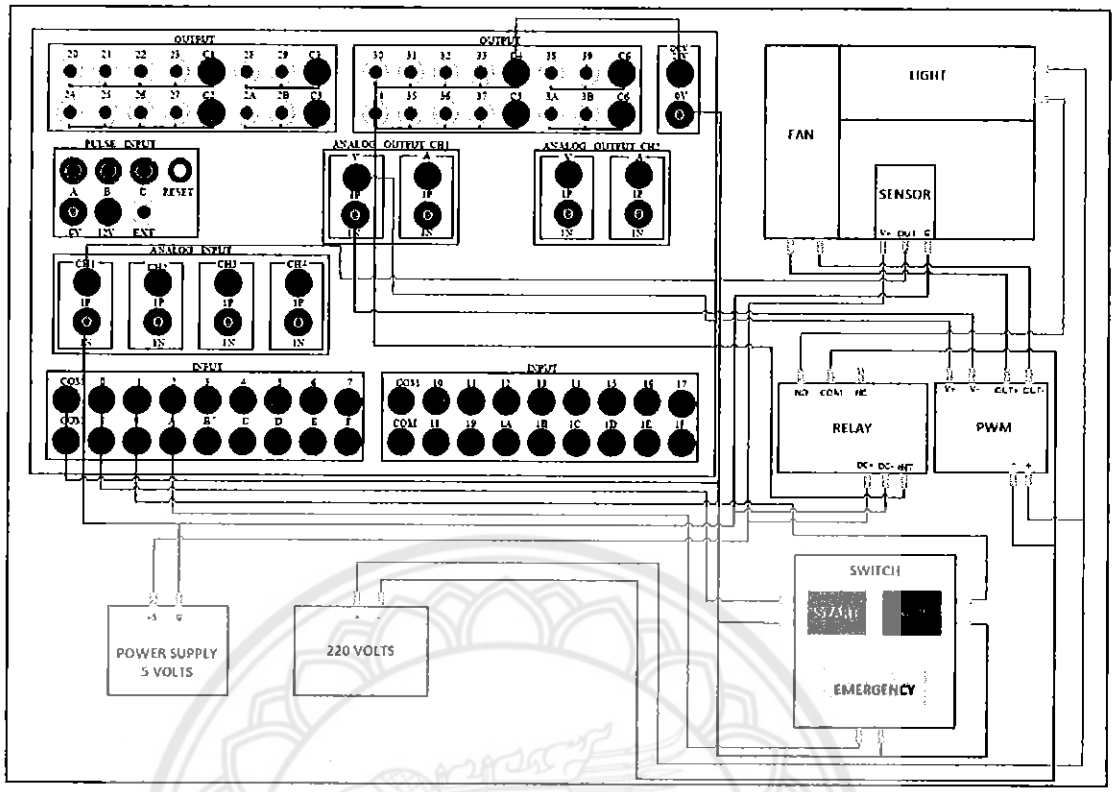
## 3.4 แผนภาพขั้นบันไดการควบคุมอุณหภูมิของอาหาร

### 3.4.1 การกำหนดตัวแปรอินพุต เอาท์พุต

ชนิดอุปกรณ์ ชื่ออุปกรณ์ และการทำงานในอินพุตสำหรับใช้เขียนภาษาขั้นบันไดแสดงดังตารางที่ 3.1

**ตารางที่ 3.1 ชนิดอุปกรณ์ ชื่ออุปกรณ์ และการทำงานในอินพุต**

| ชนิดอุปกรณ์ | ชื่ออุปกรณ์ | การทำงาน |
|---|---|---|
| X0000 | Start | เมื่อกดปุ่ม Start ระบบทำงาน |
| X0001 | Stop | เมื่อกดปุ่ม Stop ระบบหยุดทำงาน |
| X0002 | Emergency stop | เมื่อกดปุ่ม Emergency Stop หลอดไส้จะดับและพัดลมหมุนด้วยความเร็วเต็มที่ |
| XW006 | ตัวรับรู้อุณหภูมิ | รับรู้อุณหภูมิภายในแบบจำลองและส่งเข้าพีแอลซีเพื่อประมวลผล |




**รูปที่ 3.5** การเชื่อมต่อสายแบบจำลองการควบคุมอุณหภูมิของอาหาร

พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฟังก์ชันพีไอดีในพีแอลซีแสดงดังตารางที่ 3.2

**ตารางที่ 3.2** พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณตัวควบคุมแบบพีไอดี [8]

| ชนิดพารามิเตอร์ | ชื่อพารามิเตอร์ | ชนิดพารามิเตอร์ | ชื่อพารามิเตอร์ |
|---|---|---|---|
| D1000 | Process value: $PV$ | D1015 | Gap constant: $G$ |
| D1001 | Set value: $SV$ | D1016 | Limit constant: $L$ |
| D1010 | Proportional coefficient: $K_p$ | D1030 | Manipulate value: $MV$ |
| D1011 | Integral coefficient: $K_{IH}$ | D1031 | Last deviation: $e_{-1}$ |
| D1012 | Integral coefficient: $K_{IL}$ | D1030 | Last present value: $PV_{-1}$ |
| D1013 | Derivative coefficient: $K_{DH}$ | D1030 | Present value before: $PV_{-2}$ |
| D1014 | Derivative coefficient: $K_{DL}$ | D1030 | Integral remainder: $Ir$ |

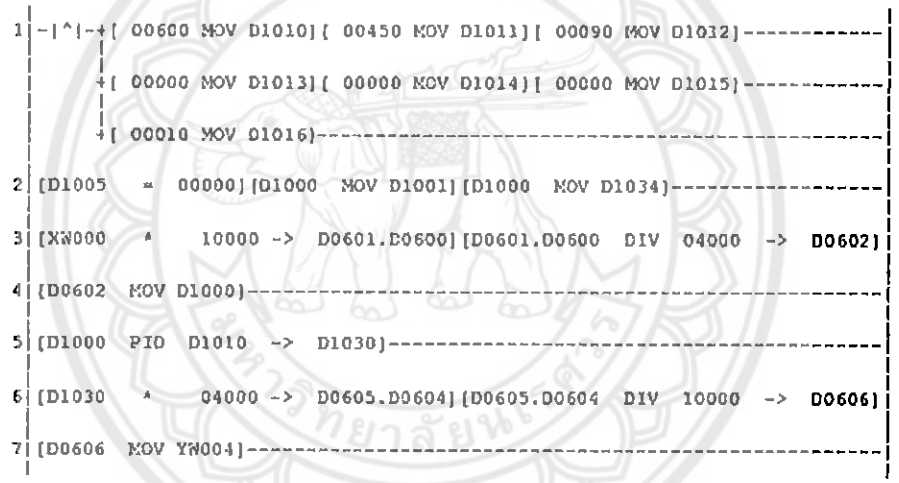
ชนิดอุปกรณ์ ชื่ออุปกรณ์ และการทำงานในเอาท์พุตสำหรับใช้เขียนภาษาขั้นบันไดแสดงดังตารางที่ 3.3

**ตารางที่ 3.3 ชนิดอุปกรณ์ ชื่ออุปกรณ์ และการทำงานในเอาท์พุต**

| ชนิดอุปกรณ์ | ชื่ออุปกรณ์ | การทำงาน |
|---|---|---|
| Y0030 | หลอดไส้ | ควบคุมการเปิด-ปิดของหลอดไส้ |
| YW010 | พัดลมคอมพิวเตอร์ | ควบคุมการหมุนและความเร็วของพัดลม |

### 3.4.2 การใช้งานฟังก์ชันพีไอดีในพีแอลซีโตชิบ้า

พีแอลซีรุ่นนี้นอกจากจะสามารถทำการควบคุมแบบเปิดปิดได้แล้ว ยังทำการควบคุมแบบพีไอดีได้ด้วย โดยโปรแกรมภาษาขั้นบันไดในส่วนของพีไอดีแสดงดังรูปที่ 3.6




**รูปที่ 3.6** ภาษาขั้นบันไดจากคู่มือการใช้งาน

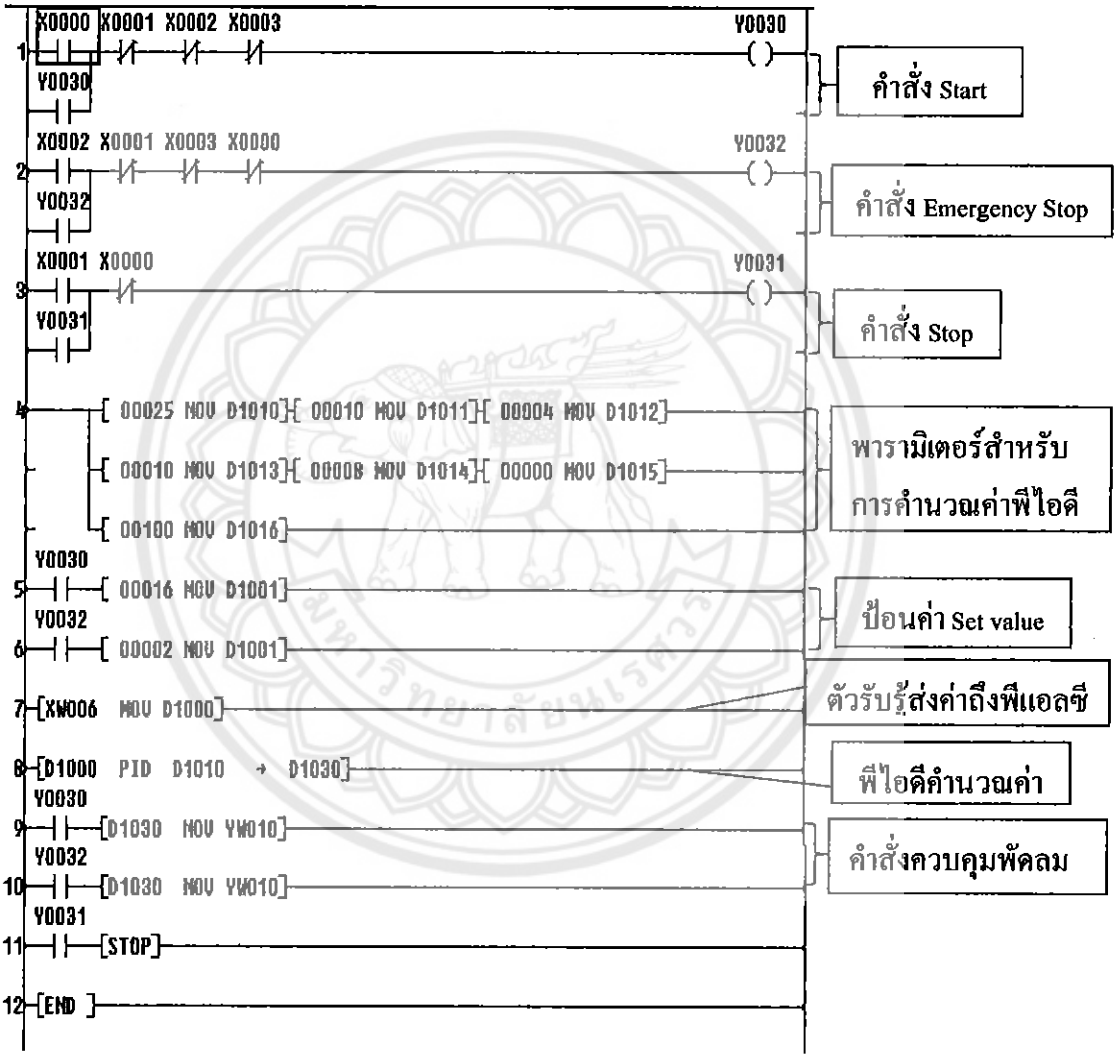
**ที่มา:** Programmable Controller PROSEC T-series Application Guide PID function

จากรูปที่ 3.6

1. รัง 1 คือ ใช้สำหรับการตั้งค่าพารามิเตอร์ของพีไอดี ตามตารางที่ 3.3
2. รัง 2 คือ การตั้งค่าเพื่อติดตามค่าที่ตั้งค่าไว้ เมื่อค่า D1005 เป็น 0 , ค่าของ D1000 จะถูกส่งไปยัง D1001 และ D1034
3. รัง 3 และ 4 การแลกเปลี่ยนข้อมูลของแอนะล็อกอินพุตของค่าจากระบบ โดยแอนะล็อกจะแปลงค่า 0 – 4000 เป็น 0 – 10000 ช่วงข้อมูล
4. รัง 5 คือ ฟังก์ชันพีไอดี
5. รัง 6 และ 7 การส่งข้อมูลของค่าที่ปรับเอาท์พุต ไปยัง แอนะล็อกเอาท์พุต โดยจะแปลงค่า 0 – 10000 เป็น 0 – 4000 ช่วงข้อมูล

### 3.4.3 การทำงานของโปรแกรมขั้นบันไดสำหรับควบคุมอุณหภูมิของอาหาร

เมื่อกดปุ่ม Start ที่แผงปุ่มกดตามรูปที่ 3.2 หลอดไส้ทั้ง 5 ดวงติด ตัวรับรู้ทำการส่งข้อมูลในรูปแอนะล็อกให้กับพีแอลซี ฟังก์ชันพีไอดีจะคำนวณค่าที่ได้รับจากตัวรับรู้เทียบกับค่าที่ตั้งค่าไว้ จากนั้นค่าที่ได้จะถูกส่งไปสั่งงานพัดลมให้ทำงานหรือไม่ทำงานโดยความเร็วพัดลมที่ทำงานจะขึ้นอยู่กับค่าความผิดพลาดที่ฟังก์ชันพีไอดีคำนวณออกมาได้ การทำงานแสดงดังรูปที่ 3.7




**รูปที่ 3.7** ภาษาขั้นบันไดของระบบควบคุมอุณหภูมิของอาหาร

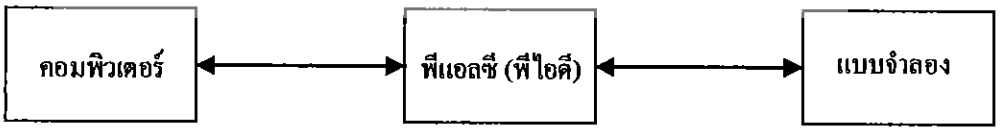
## 3.5 หลักการทำงาน

เริ่มจากเมื่อกดปุ่ม Start ตามรูปที่ 3.2 ระบบจะเริ่มทำงาน หลอดไฟถูกสั่งงานให้ติดทำให้อุณหภูมิภายในกล่องค่อย ๆ สูงขึ้น จากนั้นตัวรับรู้ตรวจจับอุณหภูมิจะส่งค่าความร้อนที่วัดได้ไปที่ตัวควบคุมพีไอดีของพีแอลซีโตชิบ้ารุ่น T2 ในการควบคุมอุณหภูมิของพีไอดีนั้น จะต้องตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการและกำหนดค่าอัตราการขยาย $K_P$, $K_I$ $K_D$ จากนั้นพีแอลซีก็จะนำค่าอุณหภูมิที่ต้องการมาเทียบกับค่าจริงหรือค่าที่ตัวรับรู้ตรวจจับได้ เพื่อหาค่าความผิดพลาดแล้วนำค่าความผิดพลาดนั้นมาทำการปรับแต่งเอาท์พุต โดยจะมีการปรับอุณหภูมิที่เหมาะสมด้วยการสั่งงานให้พัดลมหมุนช้าลงหรือเร็วขึ้น เพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ และเมื่อผู้ใช้ต้องการหยุดทำงานให้กดปุ่ม Stop ตามรูปที่ 3.2 พีแอลซีก็จะสั่งหยุดการทำงานได้ทันที

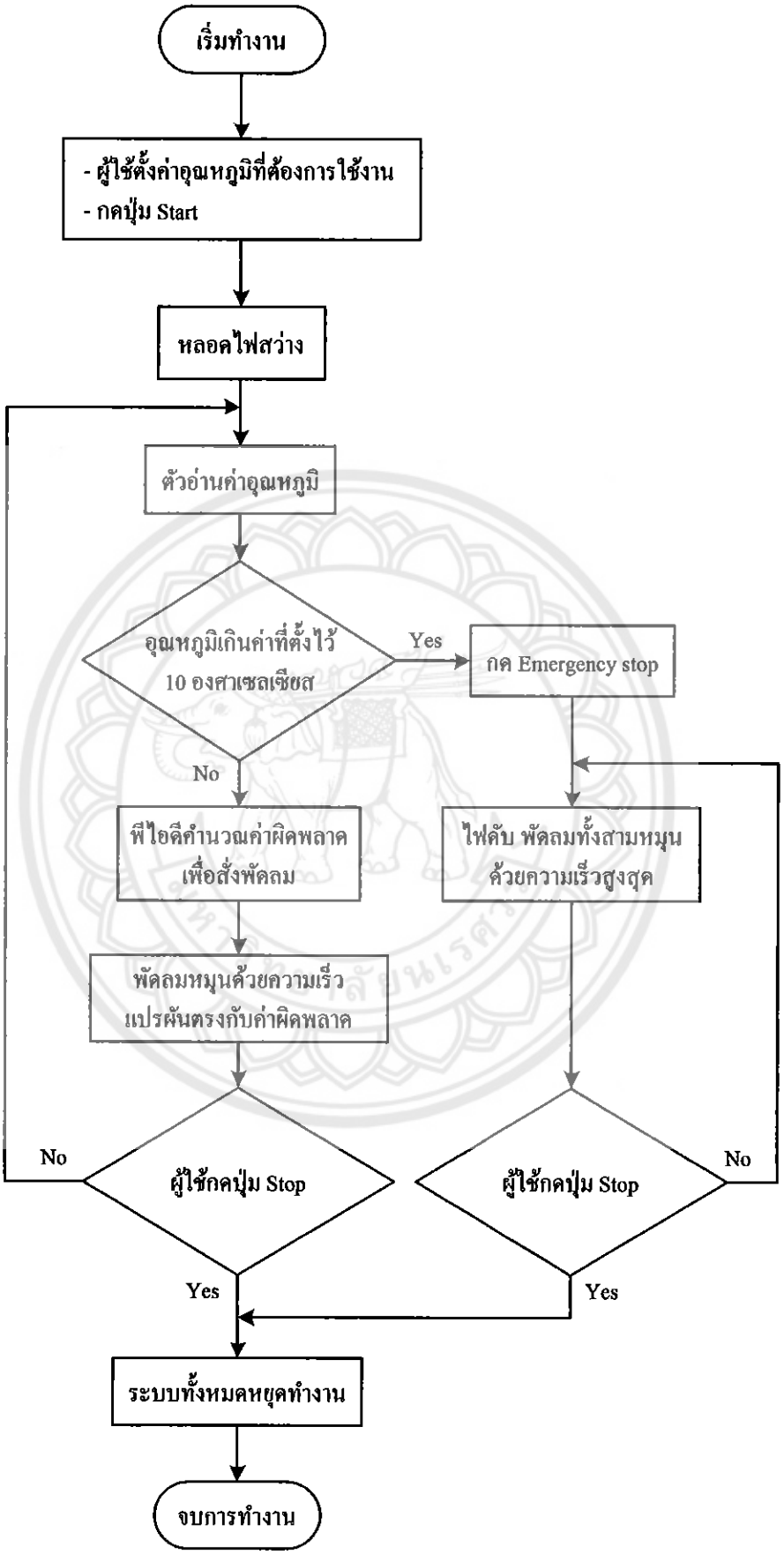
ในกรณีที่อุณหภูมิสูงเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ 10 องศาเซลเซียสผู้ใช้งานสามารถกดปุ่ม Emergency stop ตามรูปที่ 3.2 เพื่อหยุดการทำงานของหลอดไฟโดยที่หลอดไฟจะดับลงทุกดวงและพัดลมทั้งสามตัวจะทำงานเต็มกำลัง เพื่อระบายความร้อนที่เกินนั้นออกระบบ เมื่ออุณหภูมิภายในแบบจำลองกลับสู่ค่าเริ่มต้นผู้ใช้สามารถกดปุ่ม Stop เพื่อหยุดการทำงานทั้งหมดของแบบจำลอง โดยหลักการทำงานที่กล่าวมาข้างต้น แสดงดังรูปที่ 3.8

## 3.6 การเชื่อมต่อแบบจำลองเข้ากับพีแอลซี

เมื่อเริ่มการทำงานของแบบจำลองควบคุมอุณหภูมิ พีแอลซีจะรับค่าจากตัวตรวจจับอุณหภูมิจากแบบจำลองและนำมาคำนวณโดยใช้ฟังก์ชัน PID ที่อยู่ในพีแอลซีจากนั้นพีแอลซีจะส่งค่าที่คำนวณได้ไปสั่งงานพัดลมว่าหมุนหรือไม่หมุนและหมุนด้วยความเร็วเท่าไหร่ตามค่าผิดพลาดที่ได้ การที่จะทำการตั้งค่าตัวแปรการคำนวณพีไอดีสามารถตั้งค่าได้ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ แสดงการเชื่อมต่อของคอมพิวเตอร์และแบบจำลองที่ต่อกับพีแอลซีดังรูปที่ 3.8




**รูปที่ 3.8** การต่อพีแอลซีเข้ากับแบบจำลองและคอมพิวเตอร์




**รูปที่ 3.9** ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองระบบควบคุมอุณหภูมิอาหาร

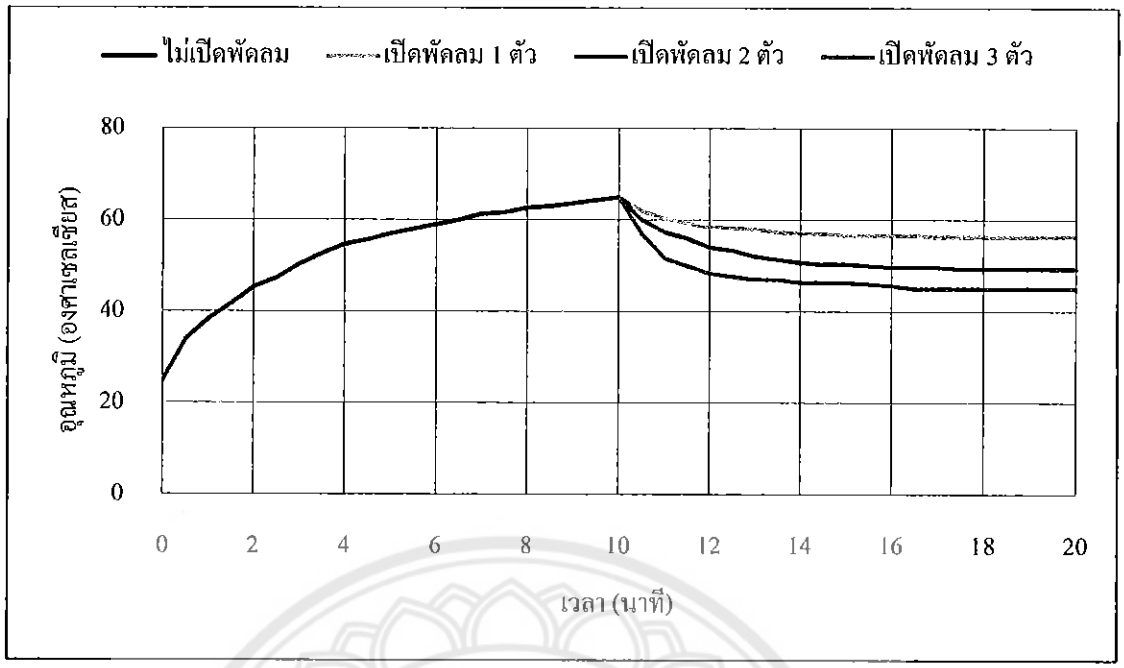
# บทที่ 4
# การทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของอาหาร

## 4.1 การทดสอบแบบจำลองการควบคุมอุณหภูมิ

การทดลองเปรียบเทียบจำนวนพัดลมที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแบบจำลอง ซึ่งเป็นการทดลองการเพิ่มของอุณหภูมิภายในแบบจำลอง โดยจะเปิดหลอดไฟทั้งหมด จากนั้นเก็บข้อมูลการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเทียบกับเวลา ต่อมาจะเป็นการทดลองสังเกตการลดลงของอุณหภูมิภายในแบบจำลองโดยการเปิดพัดลม ก่อนที่จะเปิดพัดลมจะต้องเปิดไฟเพื่อทำให้แบบจำลองมีอุณหภูมิสูงสุดก่อน โดยแต่ละการทดลองจะทำสามครั้งและหาค่าเฉลี่ย การทดลองจะทำทั้งหมด 4 แบบคือ

1. เปิดไฟและบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุก ๆ 30 วินาทีเป็นเวลา 10 นาที
2. เปิดไฟเป็นเวลา 10 นาทีเมื่อครบ 10 นาทีเปิดพัดลม Fan1 บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุก ๆ 30 วินาทีเป็นเวลา 10 นาที
3. เปิดไฟเป็นเวลา 10 นาทีเมื่อครบ 10 นาทีเปิดพัดลม Fan1 และ Fan2 บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุก ๆ 30 วินาทีเป็นเวลา 10 นาที
4. เปิดไฟเป็นเวลา 10 นาทีเมื่อครบ 10 นาทีเปิดพัดลม Fan1 Fan2 และ Fan3 บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุก ๆ 30 วินาทีเป็นเวลา 10 นาที

จากการทดลองข้างต้นแสดงผลได้ดังในรูปที่ 4.1การเปรียบเทียบความสามารถในการลดอุณหภูมิของพัดลมแต่ละชุดการทำงานเมื่อทำการทดลองสามครั้งแล้วทำการหาค่าเฉลี่ย โดยเส้นกราฟสีแดงคือกราฟแสดงอุณหภูมิตั้งแต่เริ่มต้นการทำงานเมื่อเปิดไฟเป็นเวลา 10 นาทีและวัดค่าทุก ๆ 30 วินาที อุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียสเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 65 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกันในกราฟเส้นสีส้ม เส้นสีน้ำเงิน และเส้นสีเขียว คือกราฟแสดงอุณหภูมิที่ลดลงเมื่อเปิดพัดลม 1 ตัว 2 ตัว และ 3 ตัวตามลำดับเมื่อครบเวลา 10 นาที โดยจะสังเกตได้จากกราฟเส้นสีส้มเมื่อเปิดพัดลมตัวที่ 1 เป็นเวลา 10 นาทีอุณหภูมิที่ลดลงได้ต่ำสุดคือ 56.33 องศาเซลเซียส กราฟเส้นสีน้ำเงิน เปิดพัดลมตัวที่ 1 และ 2 พร้อมกันเป็นเวลา 10 นาทีอุณหภูมิที่ลดลงได้ต่ำสุดคือ 49.33 องศาเซลเซียส และกราฟเส้นสีเขียว เปิดพัดลมตัวที่ 1 2 และ 3 พร้อมกันเป็นเวลา 10 นาทีอุณหภูมิที่ลดลงได้ต่ำสุดคือ 45 องศาเซลเซียส



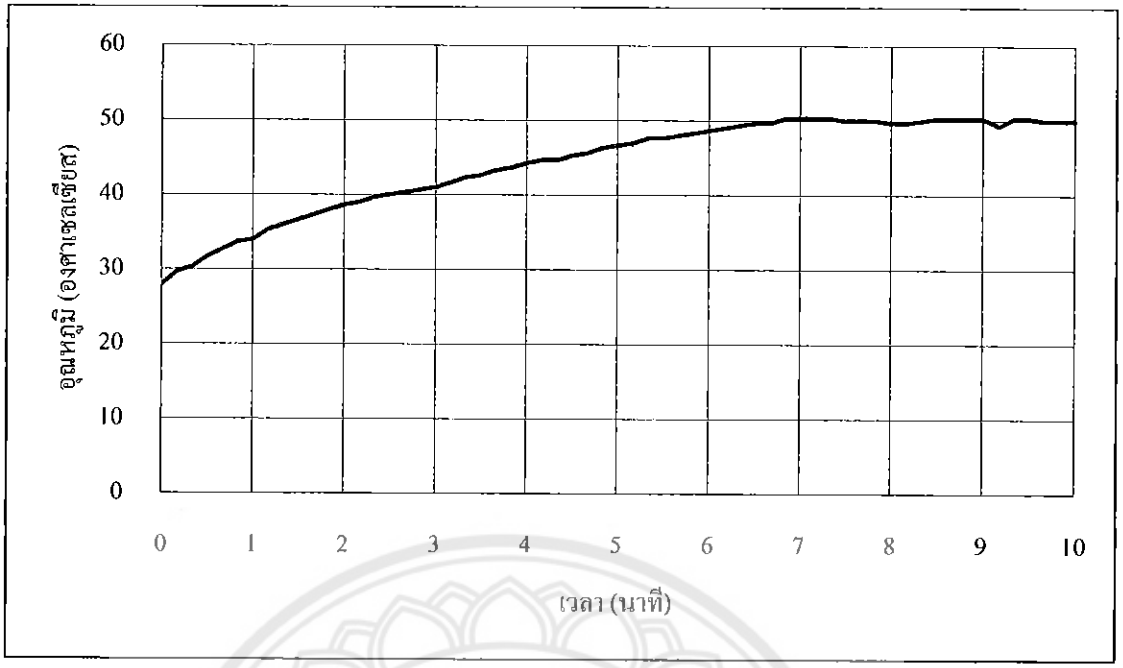

**รูปที่ 4.1** ผลของจำนวนพัดลมที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแบบจำลอง

## 4.2 การทดสอบการเปลี่ยนค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบพีไอดี

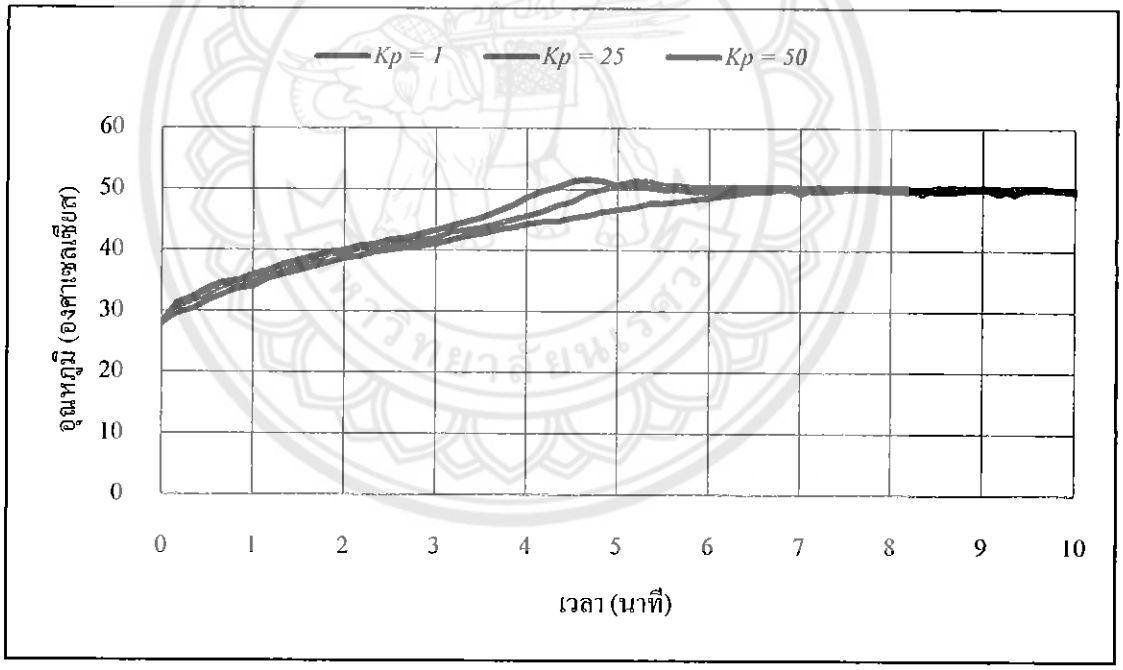
ขั้นตอนต่อมา เป็นการทดลองต่อพีแอลซีเข้ากับแบบจำลองที่สร้างขึ้น และทำการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัว ในระบบควบคุมแบบพีไอดีในการคำนวณจะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์สามตัว คือค่าสัดส่วน ($K_P$) ปริพันธ์ ($K_I$) และอนุพันธ์ ($K_D$) โดยจะทำการทดสอบการเปลี่ยนค่าอัตราขยายแต่ละชนิดว่าจะมีผลต่อระบบอย่างไร โดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. กำหนดค่าอัตราขยายอ้างอิงขึ้นมาโดยในการทดลองนี้ให้ค่าอ้างอิงของตัวแปรทั้งสาม คือ $K_P = 1$, $K_I = 1$, $K_D = 1$ จากนั้นให้แบบจำลองทำงานโดยให้ค่าอุณหภูมิที่ต้องการรักษาไว้คือ 50 องศาเซลเซียส บันทึกผลที่ได้และแสดงดังรูปที่ 4.2
2. เปลี่ยนเฉพาะค่า $K_P$ เป็น 25 ค่า $K_I = 1$, $K_D = 1$ ทำการทดลองโดยให้อุณหภูมิเริ่มต้นการทดลองเป็น 28 องศาเซลเซียสให้ค่าอุณหภูมิที่ต้องการรักษาไว้คือ 50 องศาเซลเซียส บันทึกผล จากนั้นเปลี่ยน $K_P$ เป็น 50 ทดลองเหมือนเดิม บันทึกผลที่ได้ และนำผลที่ได้จากการใช้ค่า $K_P$ เป็น 25 และ50 มาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงในข้อที่ 1 และแสดงผลในรูปที่ 4.3

จากการทดลองในข้อที่ 1 แสดงผลดังรูปที่ 4.2 ทำการปรับค่าอัตราขยาย $K_P = 1, K_I = 1, K_D = 1$ เพื่อใช้เป็นกราฟอ้างอิงสำหรับการทดลอง ผลที่ได้คืออุณหภูมิจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นแล้วคงที่ที่ 50 องศาเซลเซียส และนำผลที่ได้นี้ไปเปรียบเทียบเมื่อทำการเปลี่ยนค่าอัตราขยายที่แตกต่างกันออกไป



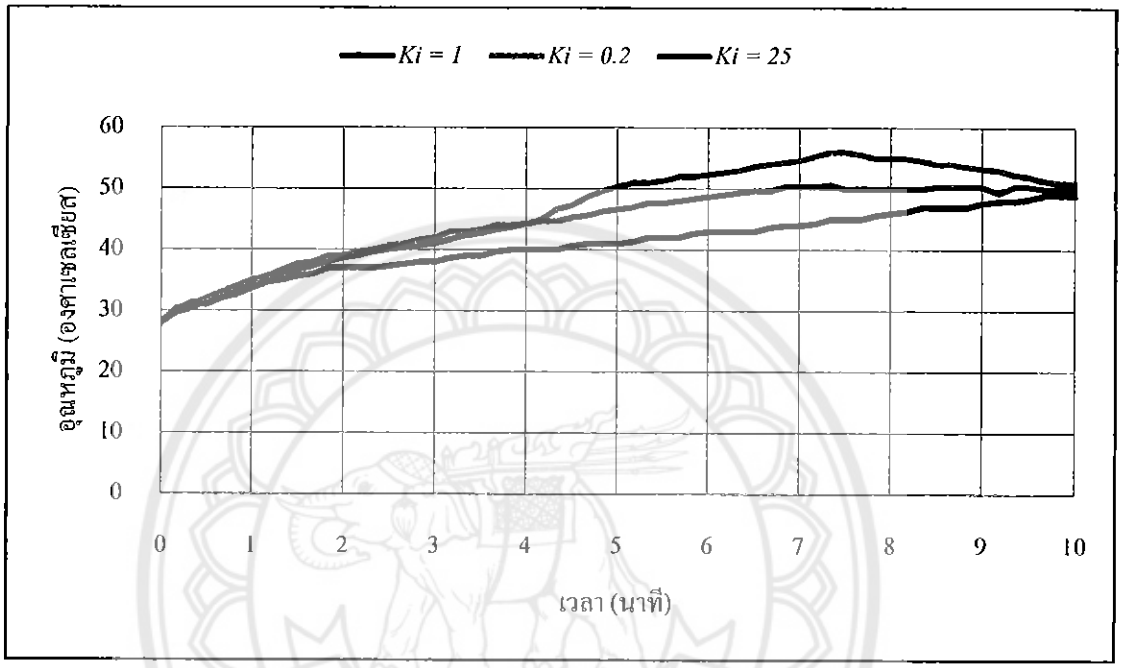

**รูปที่ 4.2** การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแบบจำลองที่ค่าอัตราขยาย**อ้างอิง**




**รูปที่ 4.3** ผลที่ได้จากการปรับค่าอัตราขยาย $K_P$ เปรียบเทียบกับค่าอัตราขยายอ้างอิง

จากรูปที่ 4.3 เมื่อทำการเปลี่ยนค่า $K_P$ โดยกราฟเส้นสีน้ำเงินปรับค่าอัตราขยายเป็น $K_P = 1$, $K_I = 1$, $K_D = 1$ (อ้างอิง) กราฟเส้นเขียวปรับค่าอัตราขยายเป็น $K_P = 25$, $K_I = 1$, $K_D = 1$ และกราฟเส้นสีแดงปรับค่าอัตราขยายเป็น $K_P = 50$, $K_I = 1$, $K_D = 1$ สามารถอธิบายผลที่เกิดกับระบบได้ เมื่อใช้ค่า $K_P$ ที่แตกต่างกันโดยถ้าค่า $K_P$ เท่ากับ 1 ผลที่ได้คืออุณหภูมิจะถึงค่าอุณหภูมิที่กำหนด แต่ถ้าให้ค่า $K_P$ เพิ่มขึ้นคือ 25 และ 50 ผลที่ได้อุณหภูมิจะถึงค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้เร็วขึ้นแต่จะมีค่าการพุ่งเกินของผลตอบสนองที่มากขึ้นตามลำดับ

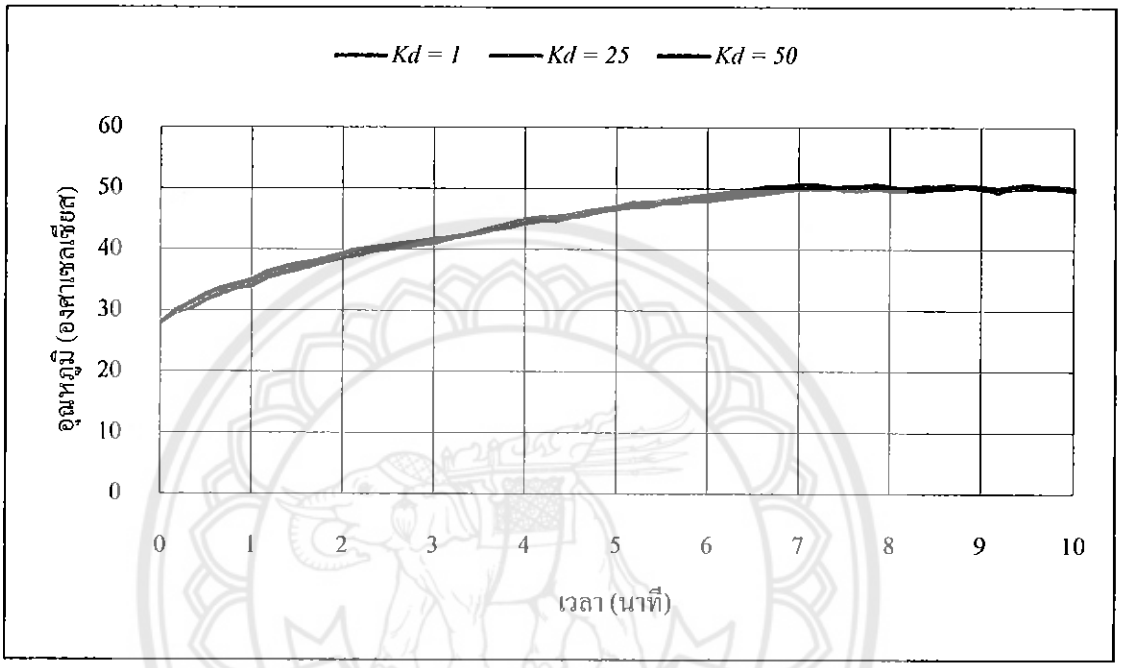
3. เปลี่ยนเฉพาะค่า $K_I$ เป็น 0.2 ค่า $K_P = 1$, $K_D = 1$ ทำการทดลองโดยให้อุณหภูมิเริ่มต้นการทดลองเป็น 28 องศาเซลเซียสให้ค่าอุณหภูมิที่ต้องการรักษาไว้คือ 50 องศาเซลเซียส บันทึกผล จากนั้นเปลี่ยน $K_I$ เป็น 25 ทดลองเหมือนเดิม บันทึกผลที่ได้ และนำผลที่ได้จากการใช้ค่า $K_I$ เป็น 0.2 และ 25 มาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงในข้อที่ 1 และแสดงผลในรูปที่ 4.4




**รูปที่ 4.4** ผลที่ได้จากการปรับค่าอัตราขยาย $K_I$ เปรียบเทียบกับค่าอัตราขยายอ้างอิง

จากรูปที่ 4.4 เมื่อทำการเปลี่ยนค่า $K_I$ โดยกราฟเส้นสีน้ำเงินปรับค่าอัตราขยายเป็น $K_P = 1$, $K_I = 1$, $K_D = 1$ (อ้างอิง) กราฟเส้นสีเขียวปรับค่าอัตราขยายเป็น $K_P = 1$, $K_I = 0.2$, $K_D = 1$ และกราฟเส้นสีแดงปรับค่าอัตราขยายปืน $K_P = 1$, $K_I = 25$, $K_D = 1$ สามารถอธิบายผลที่เกิดกับระบบได้ เมื่อใช้ค่า $K_I$ ที่แตกต่างกัน เมื่อใช้ค่า $K_I$ น้อยลงคือ 0.2 ผลที่ได้คืออุณหภูมิที่ได้จะถึงค่าอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ได้เร็วแต่จะมีการพุ่งเกินของผลตอบสนองที่ขนาดใหญ่ แต่ถ้าใช้ค่า $K_I$ ที่มากขึ้นคือ 25 ผลที่ได้คืออุณหภูมิจะถึงค่าที่ตั้งค่าไว้ช้า

4. เปลี่ยนเฉพาะค่า $K_D$ เป็น 25 ค่า $K_P = 1$, $K_I = 1$ ทำการทดลองโดยให้อุณหภูมิเริ่มต้นการทดลองเป็น 28 องศาเซลเซียสให้ค่าอุณหภูมิที่ต้องการรักษาไว้คือ 50 องศาเซลเซียส บันทึกผล จากนั้นเปลี่ยน $K_D$ เป็น 50 ทดลองเหมือนเดิม บันทึกผลที่ได้ และนำผลที่ได้จากการใช้ค่า $K_D$ เป็น 25 และ 50 มาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงในข้อที่ 1 และแสดงผลในรูปที่ 4.5




**รูปที่ 4.5** ผลที่ได้จากการปรับค่าอัตราขยาย $K_D$ เปรียบเทียบกับค่าอัตราขยายอ้างอิง

จากรูปที่ 4.5 เมื่อทำการเปลี่ยนค่า $K_D$ โดยกราฟเส้นสีน้ำเงินปรับค่าอัตราขยายเป็น $K_P = 1$, $K_I = 1$, $K_D = 1$ (อ้างอิง) กราฟเส้นสีเขียวปรับค่าอัตราขยายเป็น $K_P = 1$, $K_I = 1$, $K_D = 25$ และกราฟเส้นสีแดงปรับค่าอัตราขยายเป็น $K_P = 1$, $K_I = 1$, $K_D = 25$ สามารถอธิบายผลที่เกิดกับระบบได้เมื่อใช้ค่า $K_D$ ที่แตกต่างกัน จากกราฟสังเกตได้ว่าค่า $K_D$ ไม่มีผลกับระบบ เนื่องจากระบบเป็นการทดลองการควบคุมอุณหภูมิทำให้ค่า $K_D$ ที่ส่งผลให้พัดลมเกิดการแกว่งของแงดันไฟฟ้านั้นมีผลกับอุณหภูมิน้อยมากเนื่องจากอุณหภูมิในระบบไม่สามารถเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันได้กราฟจึงคล้ายคลึงกับกราฟอ้างอิง

## 4.3 การทดสอบหาค่าอัตราขยายที่เหมาะสมของตัวควบคุมแบบพีไอดี

การให้ได้มาซึ่งค่าอัตราขยายที่เหมาะสมสำหรับระบบทั่ว ๆไป สามารถปรับเพื่อหาค่าอัตราขยายที่เหมาะสมของตัวควบคุมแบบพีไอดี โดยใช้วิธีการของซีเกลอร์-นิโคล (Ziegler-Nichols compensation)

ขั้นตอนการทดลองดังนี้

กำหนดให้

$K_P$ คือ ค่าอัตราขยายสัดส่วน

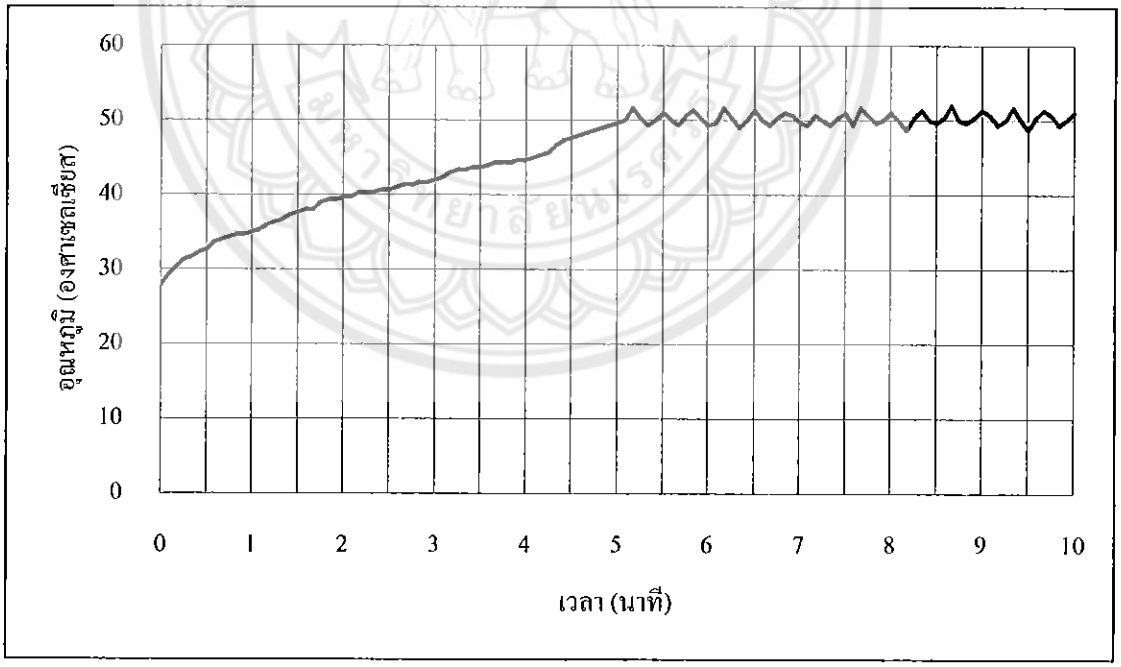
$K_I$ คือ ค่าอัตราขยายปริพันธ์

$K_D$ คือ ค่าอัตราขยายอนุพันธ์

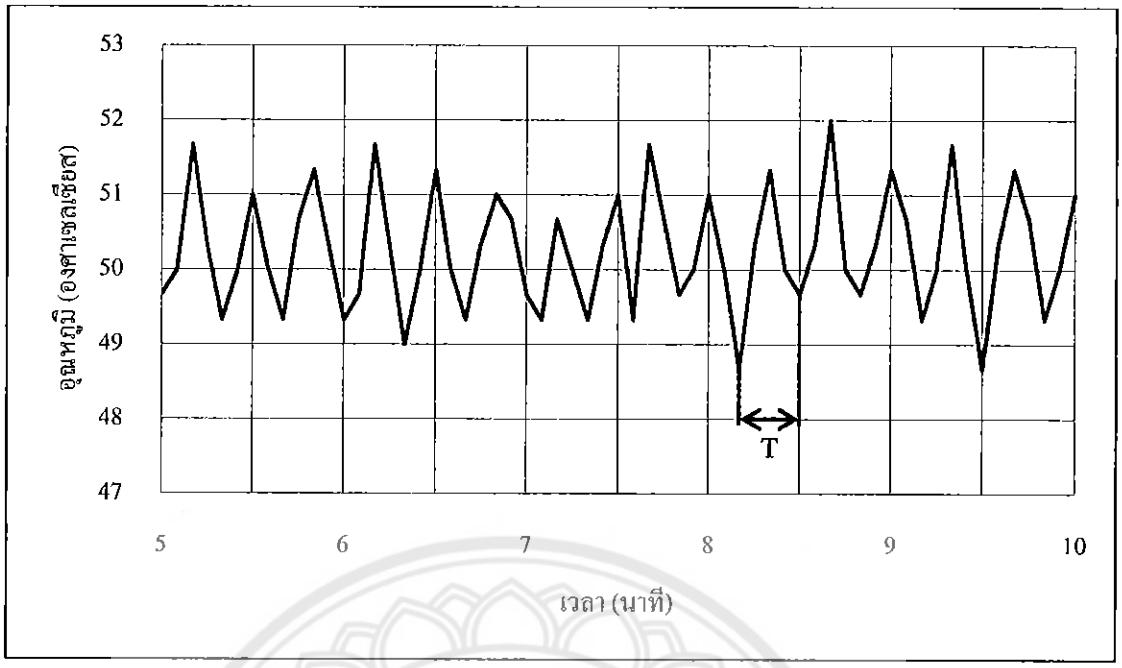
$K_C$ คือ ค่าอัตราขยายเมื่อทำการปรับค่า $K_P$ จนเกิดการแกว่งของกราฟ

T คือ คาบเวลาของการแกว่งตัว

1. กำหนดค่า $K_D$ ให้มีค่าน้อยๆ และกำหนดค่า $K_I$ ให้มีค่ามาก ๆ
2. เริ่มที่อัตราขยาย $K_P = 0$ จากนั้นปรับค่าอัตราขยายของตัวควบคุม $K_P$ ให้สูงขึ้นด้วยค่าน้อยๆ จนกระทั่งเกิดการแกว่งที่คงที่ ได้ดังรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7




**รูปที่ 4.6** การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมื่อปรับค่าอัตราขยายจนเกิดการแกว่ง




**รูปที่ 4.7** คาบเวลาการแกว่งของอุณหภูมิ

3. จากรูปที่ 4.7 บันทึกค่าอัตราขยายที่ทำให้กราฟเกิดการแกว่ง ($K_C$) และคาบเวลาของการแกว่งตัว (T)
   จากการทดลองได้ $K_C = 15$ และคาบของการแกว่งตัว (T) 20 วินาที
4. นำค่าอัตราขยายและคาบเวลาของการแกว่งมาเข้าสูตรตามตารางที่ 4.1 เพื่อหาค่าอัตราขยายที่เหมาะสมของระบบควบคุมพีไอดี

ค่าอัตราขยายที่เหมาะสมสำหรับตัวควบคุมแต่ละแบบเป็นดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ค่าอัตราขยายที่เหมาะสมตามวิธีการของซีเกลอร์นิโคล [10]

| ตัวควบคุม | อัตราขยาย | | |
|---|---|---|---|
| | $K_P$ | $K_I$ | $K_D$ |
| แบบพี | $0.5K_C$ | ∞ | 0 |
| แบบพีไอ | $0.45\ K_C$ | 0.83T | 0 |
| แบบพีไอดี | $0.6\ K_C$ | 0.5T | 0.125T |

**ตารางที่ 4.2** ค่าอัตราขยายที่ได้จากการคำนวณตามวิธีการของซีเกลอร์นิโคล

| ตัวควบคุม | อัตราขยาย | | |
|---|---|---|---|
| | $K_P$ | $K_I$ | $K_D$ |
| แบบพี | 7.5 | ∞ | 0 |
| แบบพีไอ | 6.75 | 16.6 | 0 |
| แบบพีไอดี | 9 | 10 | 2.5 |

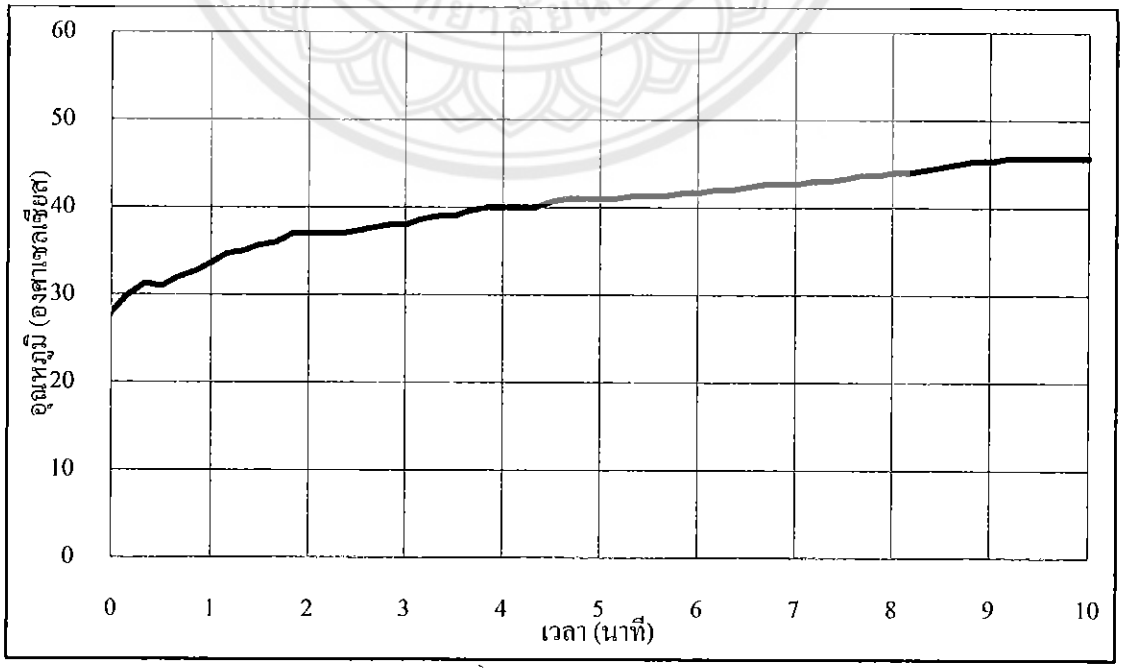
นำค่าอัตราขยายของตัวควบคุมทั้ง 3 แบบในตารางที่ 4.4 มาทำการทดลอง

ก) ตัวควบคุมแบบพี

นำค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบ P ที่ได้จากวิธีการของซีเกลอร์นิโคลมาทำการทดลองกับแบบจำลองชุดควบคุมอุณหภูมิของอาหาร

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบพี ที่ได้จากวิธีการของซีเกลอร์นิโคลมาทำการทดลองโดยเลือกค่าอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส
2. เริ่มการทำงานของแบบจำลอง สังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ บันทึกผลและแสดงดังรูปที่ 4.8




**รูปที่ 4.8** การใช้ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบพีเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

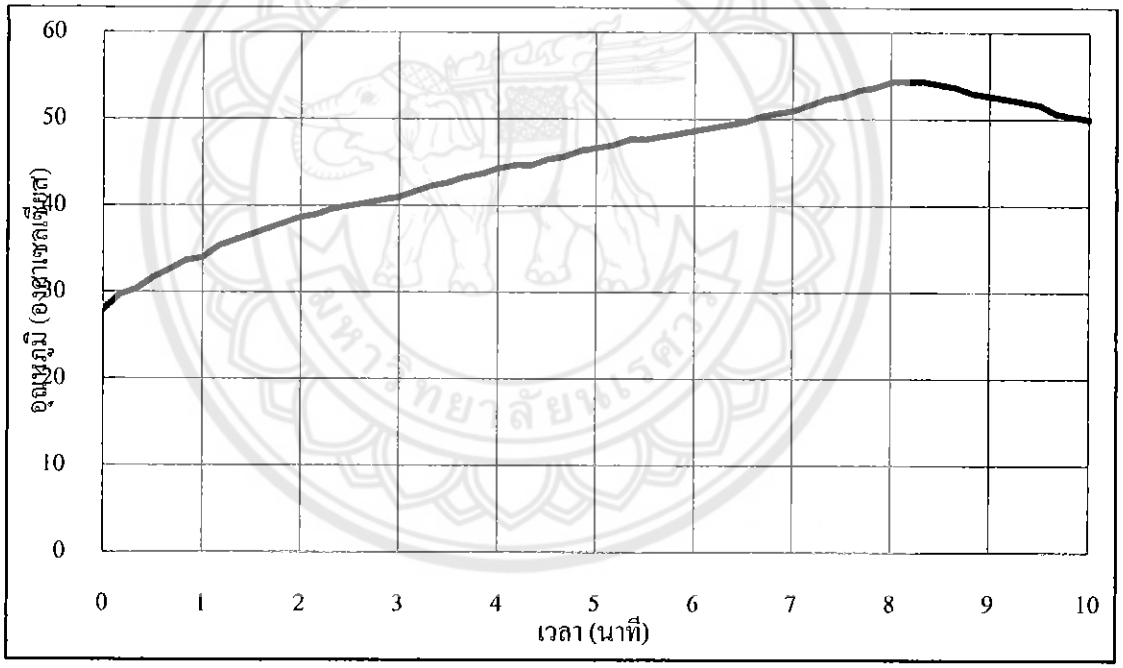
จากรูปที่ 4.8 อุณหภูมิในแบบจำลองเพิ่มขึ้นจนถึง 45 องศาเซลเซียสและคงที่ โดยระบบไม่สามารถทำให้อุณหภูมิเข้าสู่ค่าที่ตั้งค่าไว้ได้เนื่องจากเกิดค่าออฟเซ็ต เกิดขึ้น

ข) ตัวควบคุมแบบพีไอ

นำค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบ PI ที่ได้จากวิธีการของซีเกลอร์นิโคลมาทำการทดลองกับแบบจำลองชุดควบคุมอุณหภูมิของอาหาร

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำค่าอัตราขยายของตัวควบคุม PI ที่ได้จากวิธีการของซีเกลอร์นิโคลมาทำการทดลอง โดยเลือกค่าอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส
2. เริ่มการทำงานของแบบจำลอง สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ บันทึกผลและแสดงดังรูปที่ 4.9




**รูปที่ 4.9** การใช้ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบพีไอเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

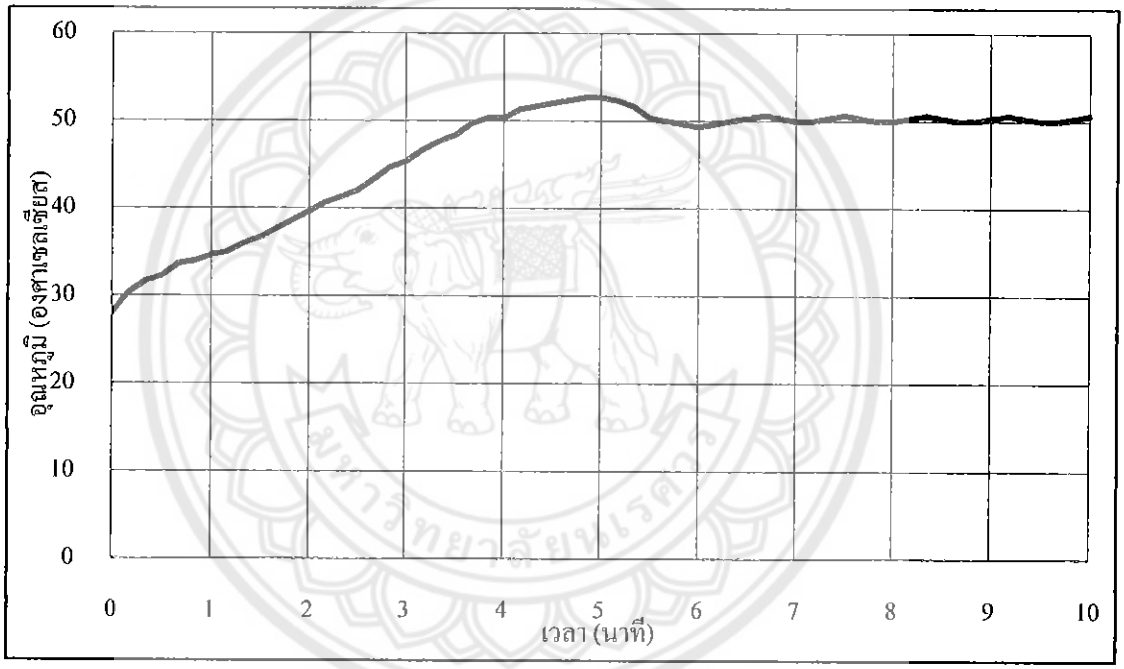
จากรูปที่ 4.9 อุณหภูมิในแบบจำลองเพิ่มขึ้นจนถึงค่าที่ตั้งไว้แต่ตัวควบคุมพีไอ ทำให้เกิดค่าการพุ่งเกินของผลตอบสนอง ก่อนที่จะระบบจะทำให้อุณหภูมิเข้าสู่ค่าที่ตั้งค่าไว้

ค) ตัวควบคุมแบบพีไอดี

นำค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบพีไอดี ที่ได้จากวิธีการของซีเกลอร์นิโคลมาทำการทดลองกับแบบจำลองชุดควบคุมอุณหภูมิของอาหาร

ขั้นตอนการทดลอง

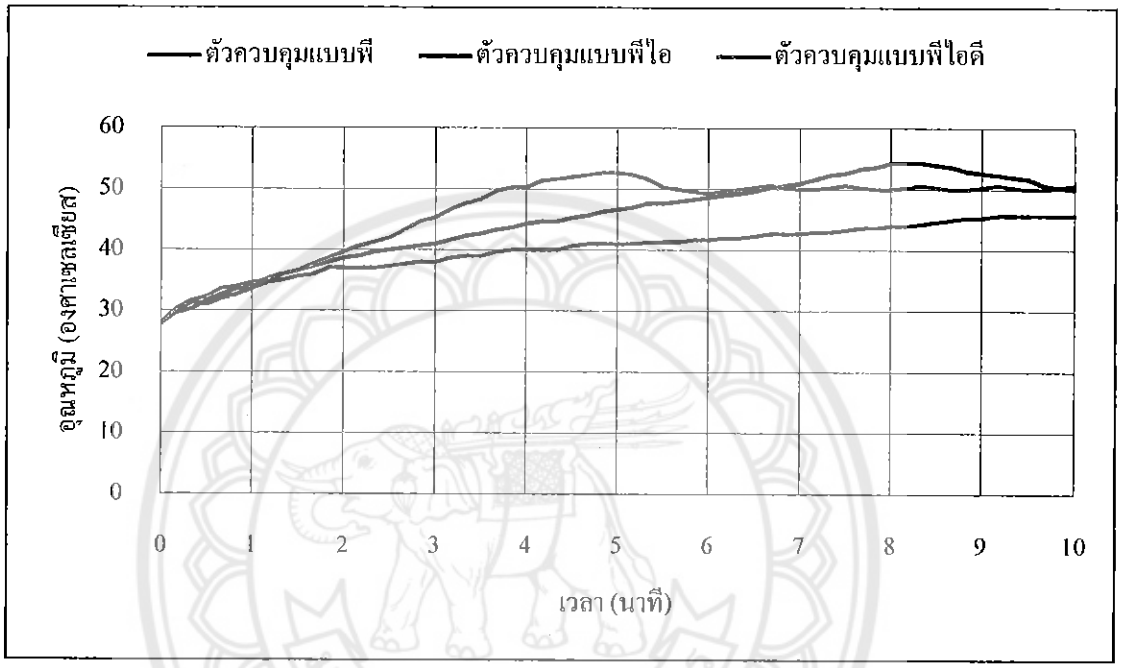
1. นำค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบพีไอดี ที่ได้จากวิธีการของซีเกลอร์นิโคลมาทำการทดลองโดยเลือกค่าอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส
2. เริ่มการทำงานของแบบจำลอง สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ บันทึกผลและแสดงดังรูปที่ 4.10




**รูปที่ 4.10** การใช้ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบพีไอดีเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

จากรูปที่ 4.10 ลักษณะของกราฟมีความคล้ายกับระบบควบคุมแบบพีไอ แต่ค่าการพุ่งเกินของผลตอบสนองนั้นเล็กกว่าและระบบสามารถทำให้อุณหภูมิเข้าสู่ค่าที่ตั้งไว้ได้ไวกว่าระบบควบคุมแบบพีไอ

การเปรียบเทียบระหว่างตัวควบคุมทั้ง 3 แบบ คือ ตัวควบคุมแบบพี ตัวควบคุมแบบพีไอ และตัวควบคุมแบบพีไอดี จะเห็นว่าตัวควบคุมแบบพีนั้นไม่สามารถทำให้ความร้อนมาถึงค่าที่ต้องการได้ ส่วนตัวควบคุมแบบพีไอมีเกิดค่าการพุ่งเกินของผลตอบสนองที่สูง ตัวควบคุมแบบพีไอดีสามารถลดการพุ่งเกินของผลตอบสนองให้ลดลงและทำให้ระบบสามารถรักษาเสถียรภาพได้เร็วกว่าตัวควบคุมแบบพีไอแสดงในรูปที่ 4.11

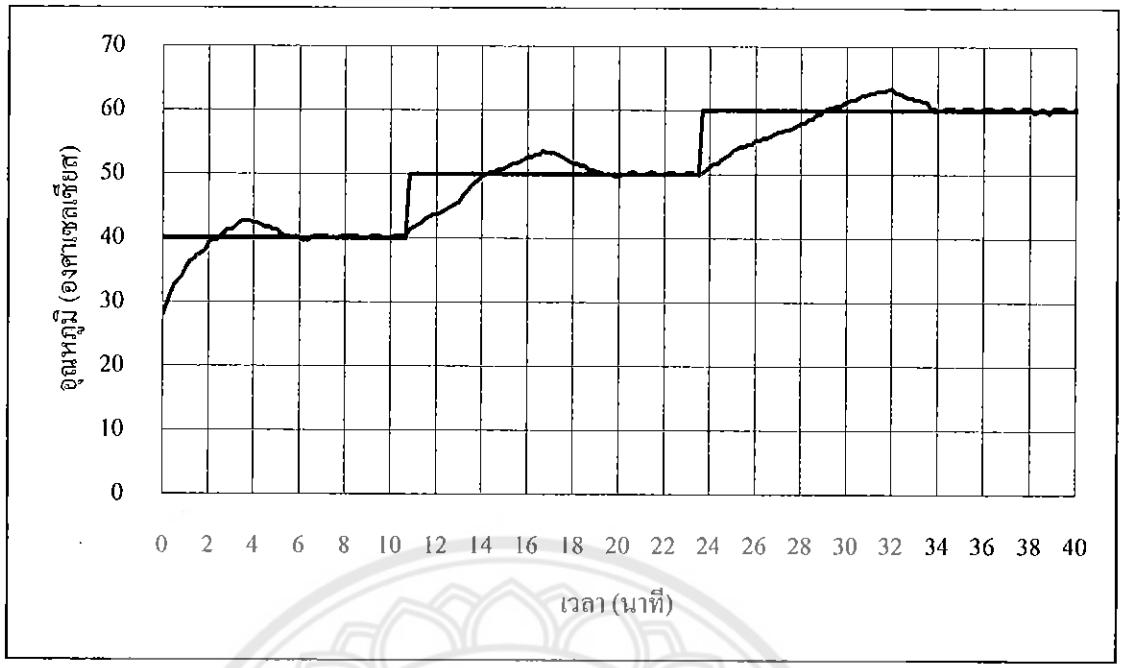



**รูปที่ 4.11** การเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างตัวควบคุมทั้ง 3 แบบ

นำค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบพีไอดีที่เหมาะสมทั้ง 3 ค่าที่คำนวณตามวิธีการของซีเกลอร์-นิโคลได้ ป้อนให้กับพีแอลซีเพื่อนำมาควบคุมแบบจำลองระบบรักษาอุณหภูมิอาหาร การทดลองนี้จะทำการเปลี่ยนค่าอุณหภูมิ 3 ครั้ง คือที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบพีไอดี ที่ได้จากวิธีการของซีเกลอร์นิโคลมาทำการทดลอง เลือกค่าอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส
2. เมื่อระบบสามารถรักษาเสถียรภาพของอุณหภูมิไว้ที่ 40 องศาเซลเซียสได้ให้ทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมจาก 40 เป็น 50 องศาเซลเซียสทันทีโดยสามารถเปลี่ยนได้ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออยู่กับพีแอลซี
3. เมื่อระบบสามารถรักษาเสถียรภาพของอุณหภูมิไว้ที่ 50 องศาเซลเซียสได้ให้ทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมจาก 50 เป็น 60 องศาเซลเซียสทันที
4. โดยทุกขั้นตอนการทดลองต้องสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง บันทึกผลอย่างต่อเนื่องและแสดงดังรูปที่ 4.12




**รูปที่ 4.12** การรักษาอุณหภูมิภายในแบบจำลองที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.12 ทำการเปลี่ยนค่าอุณหภูมิ 3 ครั้ง คือที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียสโดยแบบจำลองสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามค่าที่ตั้งไว้ ตัวควบคุมแบบพีไอดี สามารถควบคุมเสถียรภาพได้ดี แต่ในอุณหภูมิที่สูงขึ้นระบบจากกราฟจะเห็นว่าระบบนั้นทำงานช้าลงเนื่องจากการควบคุมอุณหภูมิที่สูงจะทำได้ยากกว่าอุณหภูมิที่ต่ำ

# บทที่ 5
# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลการทดลองระบบการรักษาอุณหภูมิอาหารโดยใช้การควบคุมแบบพีไอดี ผ่านทางพีแอลซีโตชิบ้า รุ่น T2 จากการดำเนินโครงงานสามารถสรุปผลและแสดงปัญหาที่เกิดขึ้น รวมทั้งข้อเสนอแนะในการนำโครงงานไปพัฒนาต่อไปดังนี้

## 5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

ในโครงงานนี้ได้นำพีแอลซีโตชิบ้า T2 มาใช้ในการควบคุมระบบการรักษาอุณหภูมิอาหารเพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่ตั้งค่าไว้ในแต่ละครั้งที่ใช้งาน โดยผู้ใช้สามารถเลือกค่าอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมได้เป็นตัวเลขในช่วงคือ 35-65 องศาเซลเซียส

ในการทดลองได้ทำการทดสอบเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวของกับการควบคุมเพื่อดูผลการทดลองที่เปลี่ยนแปลงและหาค่าที่เหมาะสมกับแบบจำลอง จากการทดลองพบว่าการควบคุมอุณหภูมิในแบบจำลอง โดยใช้พัดลมในการควบคุม ความเร็วในการหมุนของพัดลมจะเปลี่ยนแปลงตามค่าความผิดพลาดในแบบจำลองเทียบกับค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้

ค่าอัตราขยายในการควบคุมที่ดีที่สุดทั้ง 3 ค่า ได้แก่ $K_P, K_I$ และ $K_D$ ซึ่งทดลองหาตามทฤษฎีของซีเกลอร์-นิโคล สามารถทำการควบคุมระบบได้ดี และสามารถทำการปรับเปลี่ยนค่าอุณหภูมิตามที่ผู้ใช้งานต้องการ

## 5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินโครงงานและแนวทางแก้ไข

เนื่องจากแบบจำลองใช้ไม้ในการสร้าง เมื่ออุณหภูมิภายในแบบจำลองสูงขึ้นทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในกับภายนอกมากขึ้นแต่ตัวให้ความร้อนของแบบจำลองนั้นทำงานคงที่ส่งผลให้ความร้อนภายในแบบจำลองไหลออกสู่ภายนอกมากเกินกว่าที่สร้างได้จากข้างต้นส่งผลให้การทดลองจะช้าลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แนวทางการแก้ไข คือ เปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ที่เก็บความร้อนได้ดีและมีการใช้ฉนวนอุดรอยต่อระหว่างวัสดุแต่ละชิ้นที่นำมาประกอบเป็นแบบจำลอง

## 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาต่อไป

เพื่อพัฒนาการควบคุมระบบการรักษาอุณหภูมิด้วยพีแอลซีให้ใช้งานกับสภาพจริงและเหมาะสมที่สุด ผลที่ได้จากการทดลองในโครงงานนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้กับการควบคุมอุณหภูมิในแบบต่าง ๆ สามารถนำไปต่อยอดการใช้งานได้จริง หากต้องการอุณหภูมิที่สูงขึ้นต้องมีการเปลี่ยนแหล่งกำเนิดความร้อนเป็นชนิดอื่นให้สอดคล้องกับความต้องการในการใช้งาน เช่น ในอุตสาหกรรมการทำสีรถยนต์ ต้องการใช้ความร้อนสูงจึงเลือกใช้หลอดอินฟราเรดในการใช้งาน

# เอกสารอ้างอิง


[1] ภาณุพงศ์ พัฒนชัยวิทย์, วิวัฒน์ ชาญธัญกร. (2554). **การศึกษาโปรแกรมจำลองพีแอลซีโดยใช้โปรแกรม MITSUBISHI FX TRAINING.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

[2] ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. (2552). **ระบบ PLC.** (พิมพ์ครั้งที่ 12). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

[3] **บริษัท โตชิบา ไทยแลนด์ จำกัด.** [Online]: http://www.toshiba.co.th สืบค้นเมื่อ 19 พฤศจิกายน 2558.

[4] บริษัท ออมรอน อีเลคทรอนิคส์ จำกัด. (2550). คู่มือประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้งาน PLC ระดับที่ 1. (พิมพ์ครั้งที่ 1). [Online]: http://www.omron-ap.co.th สืบค้นเมื่อ 19 พฤศจิกายน 2558.

[5] TOSHIBA CORPORATION. (1998). **USER'S MANUAL Expantion I/O** (3rd ed., p.31-57). Tokyo: Japan. [Online]: http://www.toshiba.com สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2556.

[6] ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์. การควบคุมระบบพีแอลซีโตชิบ้ารุ่น T1. ใน **คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์** (หน้า 23-25). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[7] สุชาติ จันทร์จรมานิตย์. (2555). ระบบควบคุม(Control systems)..

[8] TOSHIBA CORPORATION. (1998). **INSTRUCTION SET (LADDER, SFC)** (3rd ed., p.233). Tokyo: Japan. [Online]: http://www.toshiba.com สืบค้นเมื่อ 19 พฤศจิกายน 2558.

[9] เอกสารข้อมูลทางสาธารณสุขสำหรับเยาวชน, สืบค้นเมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 จาก https://www.kogarah.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0014/4316/Thai_Fact_Sheets.pdf

[10] รพีพงศ์ รัตนวรหิรัญกุล และคณะ. (2556). **การออกแบบตัวควบคุมพีไอดีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ.** งานวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ, สกลนคร

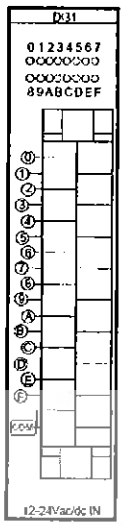
[11] J. G. Ziegler and N. B. Nichols: Optimum Settings for Automatic Controllers, Trans. ASME, Vol. 64, 1942, s. 759-768.

[12] ชัยยา จังพินิจกุล.(2557) **"การควบคุมระบบการรดน้ำด้วยพีแอลซีโตชิบ้า รุ่น T2"** , ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก

# ภาคผนวก ก

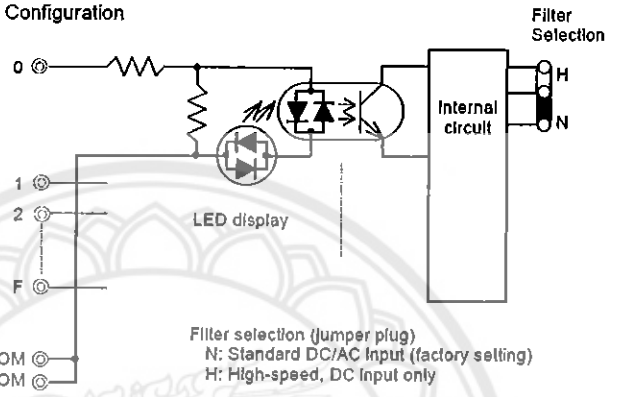
# รายละเอียดของพีแอลซีโตชิบ้ารุ่น *T2*

- **16 points DC/AC input**

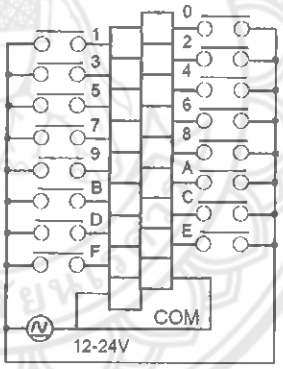



| Item | | DI31 (EX10*MDI31) |
|---|---|---|
| Input Voltage | | 12 - 24 V dc/ac, +10/-15 % (DC or 50/60 Hz) |
| Minimum ON Voltage | | 9.6 V |
| Maximum OFF Voltage | | 3.6 V (leakage current 0.7 mA or less) |
| Input Current | | Approx. 8 mA (at 24 Vdc) (typ.) |
| Number of Input Points | | 16 points (single common) |
| ON Delay | N Mode | 10 ms or less (dc) / 20 ms or less (ac) |
| | H Mode | 1.5 ms or less (dc) |
| OFF Delay | N Mode | 10 ms or less (dc) / 15 ms or less (ac) |
| | H Mode | 1.5 ms or less (dc) |
| Withstand Voltage | | 1500 Vac for 1 minute |
| Current Consumption | | 15 mA (5 Vdc) or less |

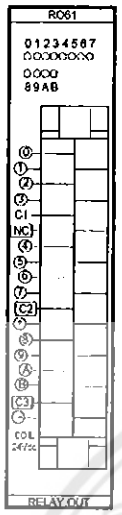
Circuit Configuration




Terminal Connections

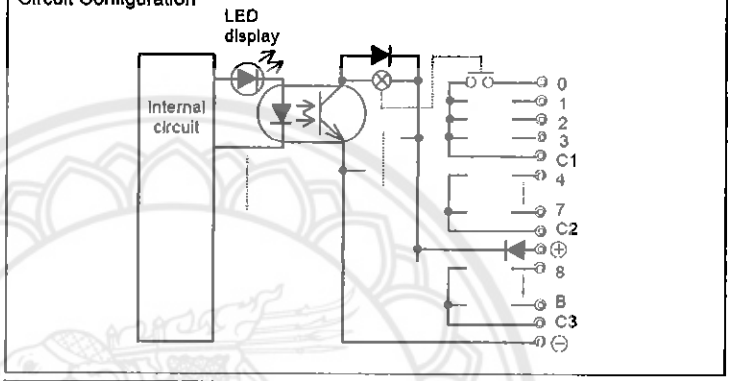


- **12 points relay output**

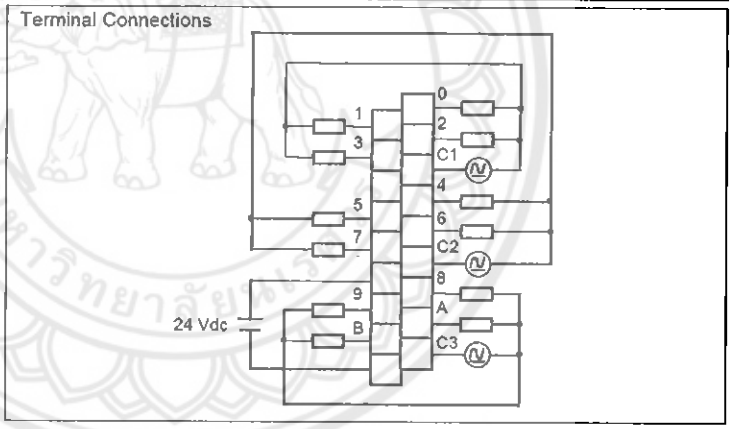



| Item | RO61 (EX10*MRO61) |
|---|---|
| Load Voltage | 24 Vdc, +20 % (MAX) / 240 Vac, +10% (MAX) |
| Maximum Load | 2 A/point (resistive load), 1 A/point (inductive load), 4 A/4 points common |
| Minimum Load | 50 mW (5 V or more) |
| Number of Output Points | 12 points (4 points / common) |
| ON Delay | 10 ms or less |
| OFF Delay | 15 ms or less |
| Leakage Current at OFF | 0 mA |
| Withstand Voltage | 1500 Vac for 1 minute |
| Over-current Protection | None (required externally) |
| Current Consumption | 50 mA (5 Vdc) or less |
| External Power Required for Relay Coil | 24 Vdc, +/-10% – 140 mA / all points ON (10 mA / point) |

Circuit Configuration



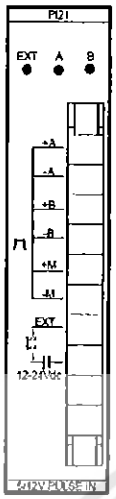

Terminal Connections




Note)

1. ON/OFF life of relays: Electrical 100,000 times
   Mechanical 20 million times
2. No overload protection fuses are built into this module. Therefore make sure to insert fuses suitable to the load current.

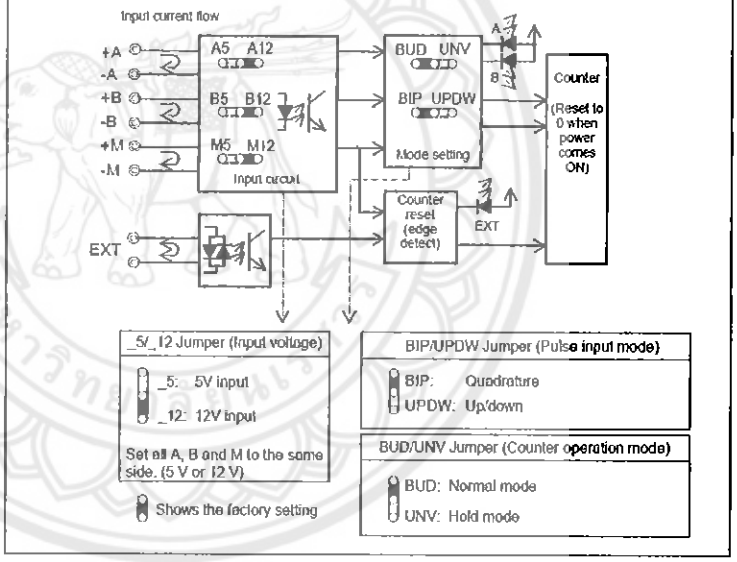
- **1 channel pulse input**



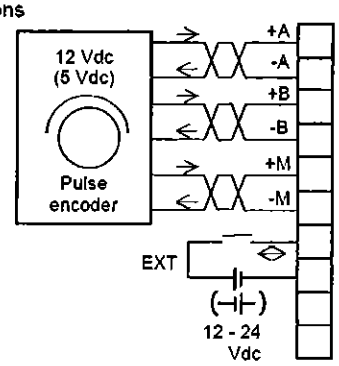

| Item | | PI21 (EX10*MP121) |
|---|---|---|
| Input Voltage | A, B, M | 12 V, +10/-20 % (12 V setting), 5 V, +10/-20 % (5V setting) |
| | EXT | 12 - 24 Vdc, +10/-15 % |
| Minimum ON Voltage | A, B, M | 9 V (12 V setting), 3.5 V (5 V setting) |
| | EXT | 9.6 V |
| Maximum OFF Voltage | A, B, M | 2 V (12 V setting), 1 V (5 V setting) |
| | EXT | 3.6 V |
| Input Current | A, B, M | 12 V – 7.5 mA (12 V setting), 5V – 10 mA (5V setting) |
| | EXT | 24 V – 10 mA, 12 V – 5 mA |
| Number of Input Points | | 1 channel (phase A, B, M and EXT) |
| Pulse Counting Speed | | 100 kpps (max.) (pulse-width 4 µs or more) |
| Counter Configuration | | 24-bit binary |
| Pulse Input Mode | Quadrature | Phase A, B (90 degree phase shift), up/down |
| | Up / down | Phase A: count up / phase B: count down |
| Counter Operation Mode | Normal | Always count enable |
| | Hold | Both M and EXT are ON: Count enable<br>Either M or EXT is OFF: Count stop (count value held) |
| Counter Reset | | Count value is reset to 0 at the moment when both M and EXT are ON |
| EXT Input ON/OFF Delay | | 5 ms or less |
| Withstand Voltage | | 1500 Vac for 1 minute |
| Current Consumption | | 80 mA (5 Vdc) or less |

The input voltage of A, B and M are set to 12 V, and the counter mode is set to quadrature normal count mode at the factory.

Circuit Configuration

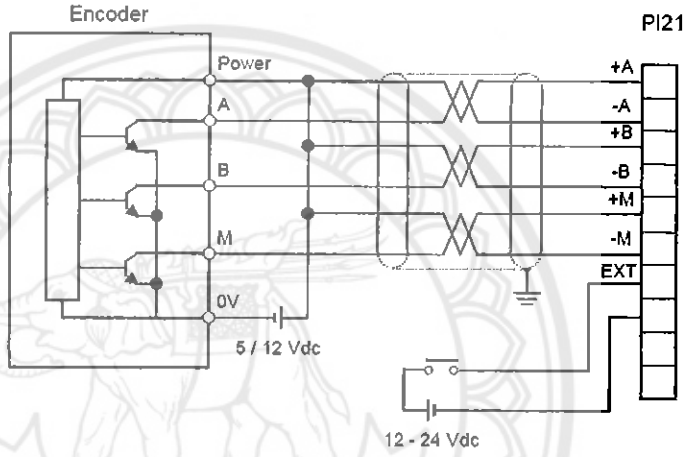


Terminal Connections



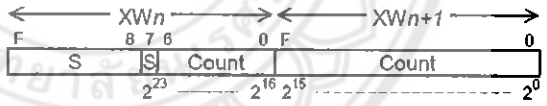

Use shielded twisted-pair cables for pulse signals, and ground the shield securely.

Wiring Example




Data Format

Register assignment



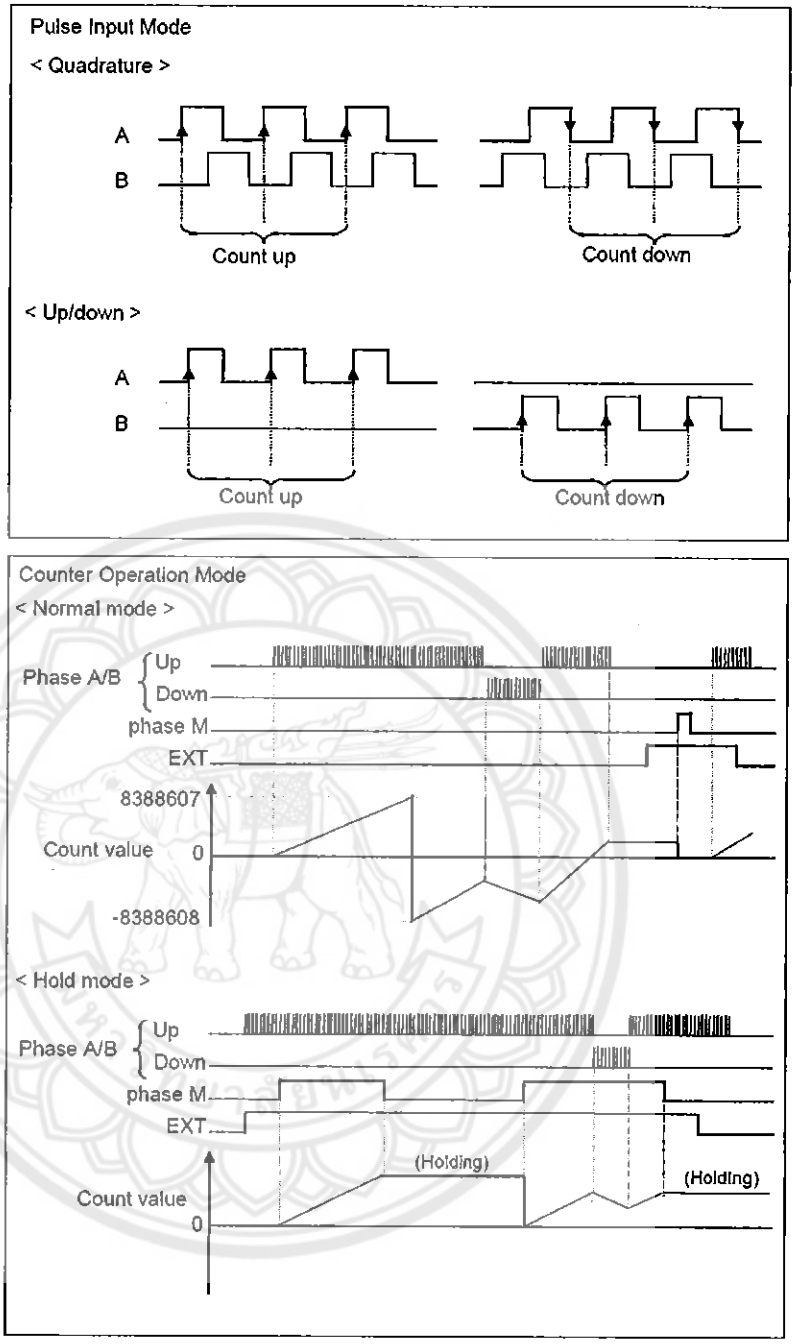

24-bit counter: Data range = -8388608 to 8388609
(HFF800000 to H007FFFFF)

The counter works as a ring counter. If upper 8 bits of XW*n* is masked, the count data range is 0 to 16777215.

Note) The double-word register arrangement of the PI21 and that of the T1 are different. In the T1 user program, exchange the upper and lower words as follows.

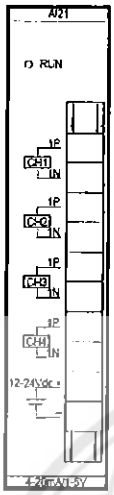
```
|-[ XW00  MOV  D0101 ]-[ XW01  MOV  D0100 ]-|
```

In this example, the PI21 is allocated to XW00 and XW01, and the count value is stored in double-word register D0101·D0100.



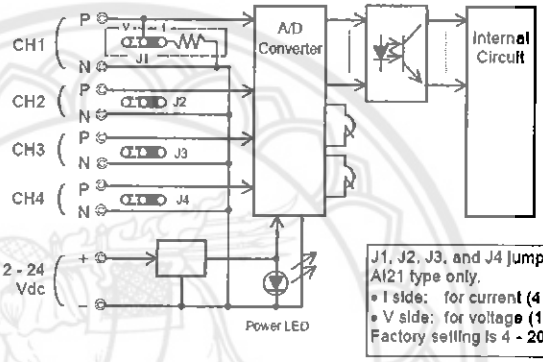

Note) If the direct I/O instruction (FUN 235) is used for this module, two registers (both upper and lower words) should be specified.

- **4 channels analog input (8-bit)**




| Item | A121 (EX10*MA121) | A131 (EX10*MA131) |
|---|---|---|
| Input Range | 1 - 5 V or 4 - 20 mA | 0 - 10 V |
| Input Impedance | 1 - 5 V: 500 kΩ or more<br>4 - 20 mA: 250 Ω | 500 kΩ or more |
| Number of Input Points | 4 channels (N common) | 4 channels (N common) |
| Resolution | 8-bit (1/250) | 8-bit (1/250) |
| Overall Accuracy | ±1 % (FS) | ±1 % (FS) |
| Conversion Cycle | Approx. 1 ms | Approx. 1 ms |
| Wire Breakage Detection | Yes, for 4-20mA | No |
| External Power Failure Detection | Yes | Yes |
| Withstand Voltage | 1500 Vac for 1 minute | 1500 Vac for 1 minute |
| Current Consumption | 50 mA (5 Vdc) or less | 50 mA (5 Vdc) or less |
| External Power Required | 12 - 24 Vdc, ±10 %<br>50 mA | 12 - 24 Vdc, ±10 %<br>50 mA |

Circuit Configuration

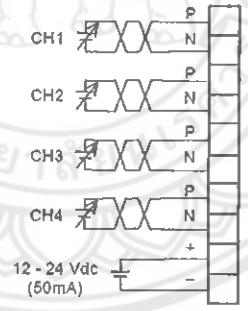



J1, J2, J3, and J4 jumper plugs are AI21 type only.
- I side: for current (4 - 20 mA)
- V side: for voltage (1-5 V)

Factory setting is 4 - 20 mA.

The AI21 type is set to 4 - 20 mA at the factory. For 1 - 5 V input, set J1 - J4 to V side.

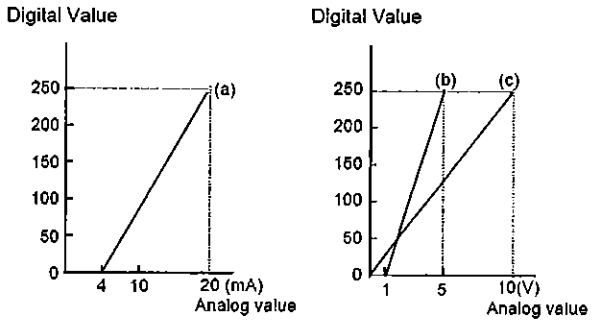
Terminal Connections




Use shielded twisted-pair cables for analog signals, and ground the shields securely.

Separate the external power (12 - 24 Vdc) line from other cables.

A/D Conversion




(a) 4 - 20 mA range: D = 15.625 x A - 62.5
(b) 1 - 5 V range: D = 62.5 x A - 62.5
(c) 0 - 10 V range: D = 25 x A

D = Digital Value
A = Analog Value

Data Format

| | F | E | D | C | B | A | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| XW | B | * | * | * | * | * | * | * | D | D | D | D | D | D | D | D |

D: Data bit (8 bits)
0 to 250 (H00 to HFA)

B: Error bit
0 = Normal
1 = Error with all D is 0, analog input line is open. (4 - 20 mA only)
with all D is 1, external power (12 - 24 Vdc) is not normal.

*: Always 0

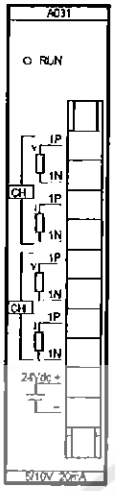
Register assignment

| | F | 0 |
|---|---|---|
| XW*n* | CH1 | |
| XW*n+1* | CH2 | |
| XW*n+2* | CH3 | |
| XW*n+3* | CH4 | |

Note)

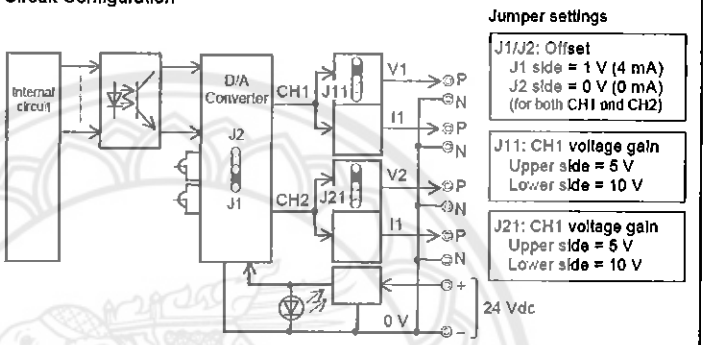
In the voltage input mode, if the input terminals (P and N) are open, the input data is not 0. It is recommended to short the input terminals for unused input.

- **2 channels analog output (8-bit)**




| Item | AO31 (EX10*MA031) |
|---|---|
| Output Range | 0 - 10 V, 1 - 5 V, or 4 - 20 mA |
| Load Impedance | 5 V full-scale terminal: 5 kΩ or more |
| | 10 V full scale terminal: 10 kΩ or more |
| | 20 mA full-scale terminal: 600 Ω or less |
| Number of Output Points | 2 channels (N side common) |
| Resolution | 8-bit (1/250) |
| Overall Accuracy | ±1 % (FS) |
| Conversion Cycle | Approx. 1 ms |
| External Power Failure Detection | No |
| Withstand Voltage | 1500 Vac for 1 minute |
| Current Consumption | 70 mA (5 Vdc) or less |
| External Power Required | 24 Vdc, ±10% -- 90 mA |

Circuit Configuration




Jumper settings

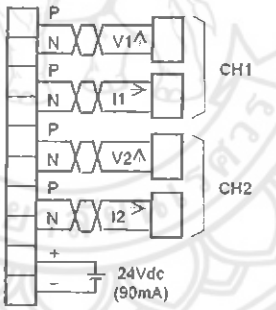
J1/J2: Offset
J1 side = 1 V (4 mA)
J2 side = 0 V (0 mA)
(for both CH1 and CH2)

J11: CH1 voltage gain
Upper side = 5 V
Lower side = 10 V

J21: CH1 voltage gain
Upper side = 5 V
Lower side = 10 V

The A031 type is set to 1 - 5 V, 4 - 20 mA setting at the factory. Refer to the circuit configuration for 0 - 10 V jumper setting.

Terminal Connections



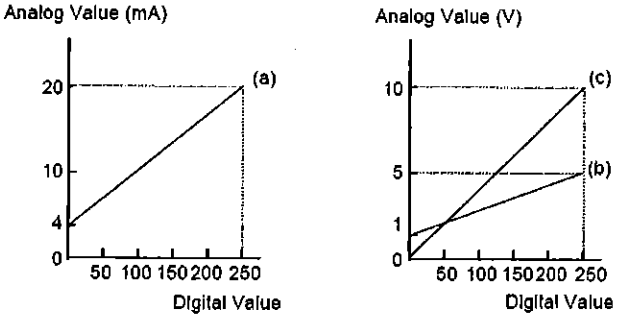

V: Voltage output
I: Current output

Note) Either voltage or current output can be used.

Use shielded twisted-pair cables for analog signals, and ground the shields securely.

Separate the external power (24 Vdc) line from other cables.

D/A Conversion




(a) 4 - 20 mA range: A = 0.064 x D + 4 (mA)
(b) 1 - 5 V range: A = 0.016 x D + 1 (V)
(c) 0 - 10 V range: A = 0.04 x D (V)

A = Analog value
D = Digital value

Data Format (2 output registers (YW) are assigned)

| | F | E | D | C | B | A | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YW | * | * | * | * | * | * | * | * | D | D | D | D | D | D | D | D |

D: Data bit (8 bits)
0 to 250 (H00 to HFA)

*: Invalid (does not affect D/A conversion)

Register assignment

| | F | 0 |
|---|---|---|
| YW*n* | CH1 | |
| YW*n+1* | CH2 | |

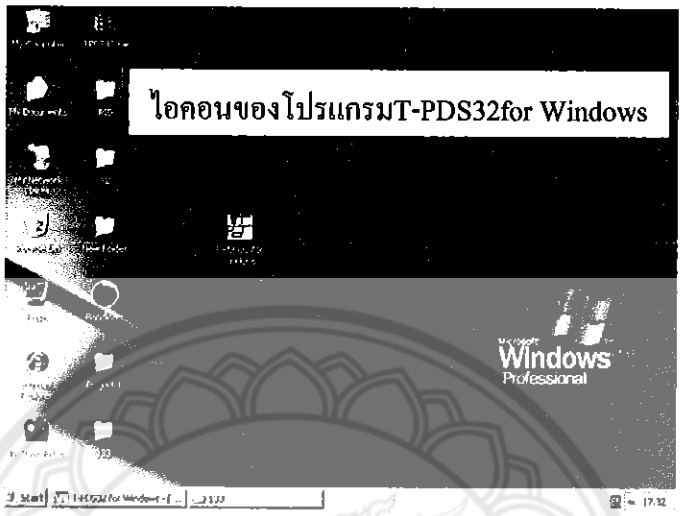
Note) If the direct I/O instruction (FUN 235) is used for this module, two registers (both channels) should be specified.

# ภาคผนวก ข

# การใช้งานโปรแกรม T-PDS32 for Windows Version 2.14

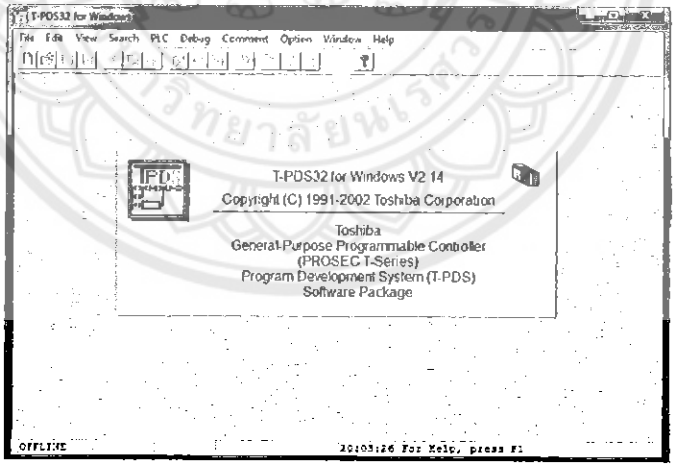
## ข.1 การตั้งค่าก่อนเริ่มเขียนโปรแกรม

เมื่อทำการติดตั้งโปรแกรม T-PDS32 เสร็จเรียบร้อยไอคอนของโปรแกรมจะปรากฏที่หน้าจอหลักของคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ ข.1




**รูปที่ ข.1** ไอคอนของโปรแกรม T-PDS32 for Windows Version 2.14

การเข้าสู่โปรแกรม ไปที่ Start menu เลือก T-PDS32 for Windows Version 2.14 จะพบหน้าต่างโปรแกรมดังรูปที่ ข.2



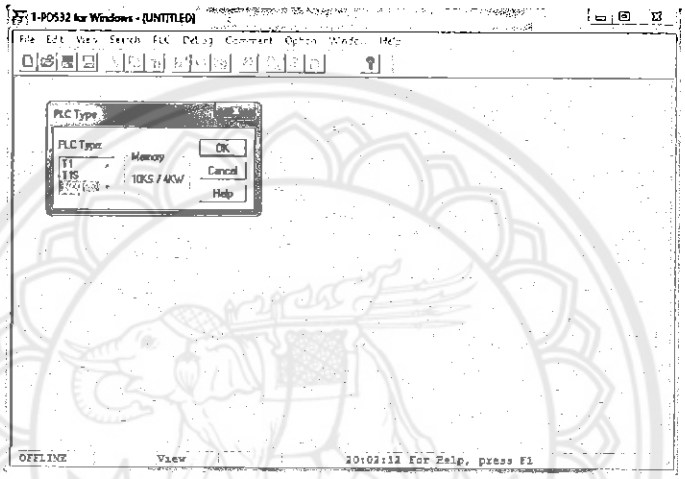

**รูปที่ ข.2** หน้าต่างโปรแกรม T-PDS32 for Windows Version 2.14

โดยปกติเมื่อเปิดโปรแกรม T-PDS32 ขึ้นมาโปรแกรมจะอยู่ในโหมดการทำงานแบบ Offline แต่บางครั้งที่เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ต่ออยู่กับพีแอลซีและเครื่องพีแอลซีเปิดอยู่และสวิตช์โหมดอยู่ในตำแหน่งรัน (RUN) เมื่อเปิดโปรแกรม T-PDS32 ขึ้นมาแล้วโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำ EEPROM ของพีแอลซีจะถูกโหลดขึ้นมาและทำการรัน (RUN) โปรแกรมทันทีคือจะอยู่ในโหมด Online จะต้องหยุดการทำงานของพีแอลซีก่อนโดยการเปิดเมนูพีแอลซีเลือก

Online/Offline (สังเกตที่ Status bar จะแสดง Offline) และเริ่มสร้างโปรแกรมได้ทันที โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

### ข.1.1 การสร้างโปรเจคใหม่

- เปิดเมนูพีแอลซี เลือก Online/Offline (สังเกตที่ Status bar จะแสดง Offline)
- เปิดเมนู File เลือก New Project หรือกด Ctrl+N
- เลือกชนิดพีแอลซี T2/T2E ดังแสดงในรูปที่ ข.3
- คลิกปุ่ม OK จะปรากฏหน้าต่าง Main Program Block

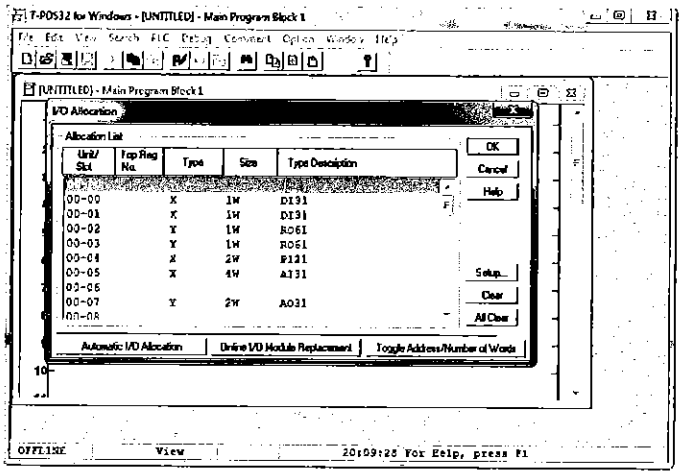



รูปที่ ข.3 การเลือกชนิดพีแอลซี T2/T2E

### ข.1.2 การกำหนด I/O Allocation ของพีแอลซี

การสร้างโปรแกรมใหม่ทุกครั้ง ก่อนที่จะเรียกใช้คำสั่งในการเขียนโปรแกรมไม่ว่าจะอยู่ในโหมดการทำงานแบบ Online หรือ Offline จะต้องกำหนด I/O Allocation ของพีแอลซีก่อนทุกครั้ง มิฉะนั้นจะเรียกใช้คำสั่งไม่ได้ ขั้นตอนในการกำหนด I/O Allocation ของพีแอลซีมีดังนี้

- เปิดเมนูพีแอลซี เลือก I/O Allocation และเลือก I/O Allocation...
- คลิกเลือก Unit/Slot เริ่มที่ 00-00
- คลิกปุ่ม Setup จะปรากฏหน้าต่าง I/O Allocation Setup
- เลือก Module Type & Description
- เลือก Card Type
- เลือก Card Size
- คลิกปุ่ม OK ออกจาก I/O Allocation Setup หน้าต่างจะเป็นดังรูปที่ ข.4

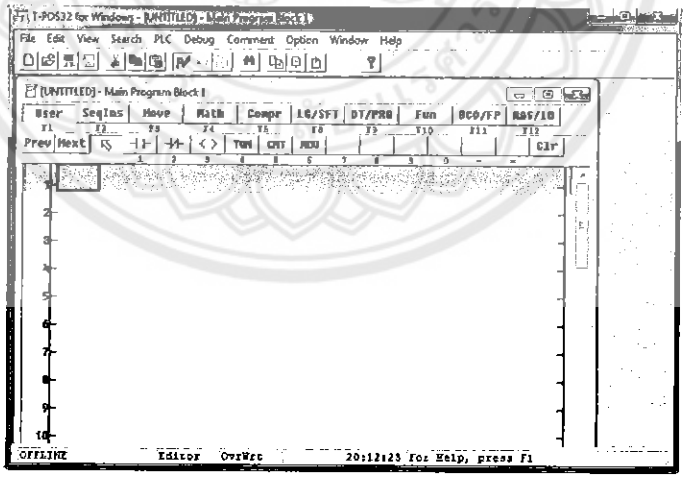



**รูปที่ ข.4** หน้าต่าง I/O Allocation หลังการปรับตั้ง

### ข.1.3 การใช้ Edit Mode เพื่อแก้ไขหรือเขียนแผนภาพขั้นบันได

เมื่อกำหนดตำแหน่ง I/O Allocation ของพีแอลซี เรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปคือการเขียนโปรแกรมพื้นที่ ที่สามารถเขียนโปรแกรมได้จะเป็นพื้นสีฟ้า สามารถเพิ่มพื้นที่การเขียนโปรแกรมนี้ได้โดยการกดปุ่ม Enter และขั้นตอนการใช้ Edit Mode มีขั้นตอนดังนี้

- เปิดเมนู Edit เลือก Edit Mode หรือกดปุ่ม Ctrl+E
- เลือกภาษาการเขียนโปรแกรม ในที่นี้คลิกเลือก Ladder และคลิกปุ่ม OK จะปรากฏแถบเครื่องมือคำสั่งสำหรับสร้าง Project ดังรูปที่ ข.5



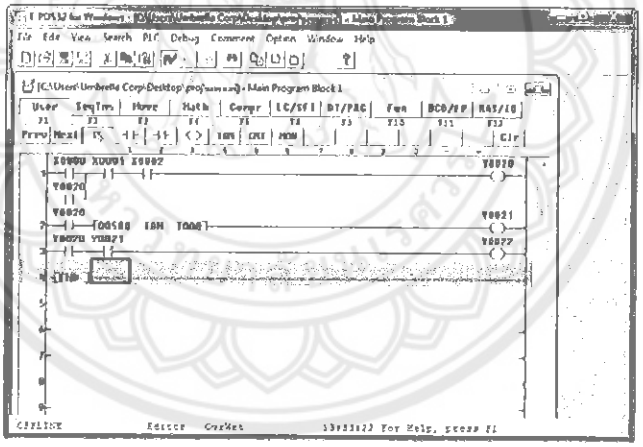

**รูปที่ ข.5** แถบเครื่องมือคำสั่งสำหรับสร้าง Project

## ข.2 การเขียนแผนภาพขั้นบันได

### ข.2.1 การใช้ Edit Mode เพื่อแก้ไขหรือเขียนแผนภาพขั้นบันได

เมื่อกำหนดตำแหน่ง I/O Allocation ของพีแอลซี เรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปคือการเขียนโปรแกรมพื้นที่ ที่สามารถเขียนโปรแกรมได้จะเป็นพื้นสีฟ้า สามารถเพิ่มพื้นที่การเขียนโปรแกรมนี้ได้โดยการกดปุ่ม Enter และขั้นตอนการใช้ Edit Mode มีขั้นตอนดังนี้

- เปิดเมนู Edit เลือก Edit Mode หรือกดปุ่ม Ctrl+E
- เลือกภาษาการเขียนโปรแกรม ในที่นี้คลิกเลือก Ladder และคลิกปุ่ม OK จะปรากฏแถบเครื่องมือคำสั่งสำหรับสร้าง Project
- คลิกเลือกไอคอนคำสั่งที่ต้องการใช้ 1 ครั้ง
- เลื่อนเมาส์เข้ามาในบริเวณพื้นที่สร้าง Project (พื้นที่สีฟ้า) และคลิกในตำแหน่งที่จะวาง
- ใส่ตำแหน่ง Address ตามที่กำหนดในเงื่อนไขการทำงานและกดปุ่ม Enter
- เมื่อสิ้นสุดการสร้าง Project ต้องปิด Project ด้วยคำสั่ง End ทุกครั้งดังรูปที่ ข.6
-



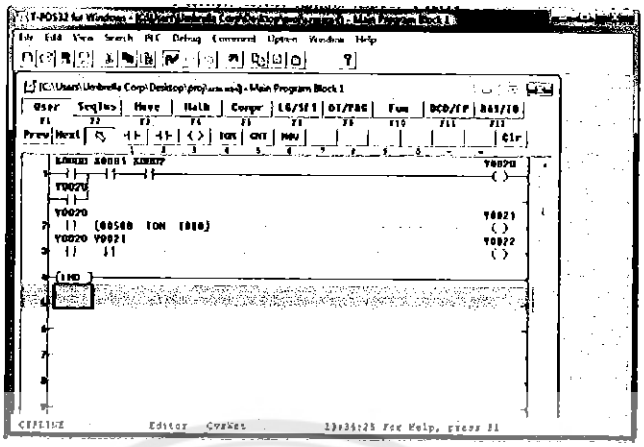
**รูปที่ ข.6** แผนภาพขั้นบันไดที่สร้างเสร็จและปิดด้วยคำสั่ง End

### ข.2.2 การเขียน Project ลงในหน่วยความจำ

ในกรณีที่ Project มีความยาวเกินพื้นที่สีฟ้าไม่สามารถเพิ่มพื้นที่ในการสร้างต่อไปได้หรือเมื่อสร้าง Project แล้วจะต้องทำการ Write Project ลงใน EEPROM ก่อนมีขั้นตอนดังนี้

- เปิดเมนู Edit เลือก Write หรือกดปุ่ม Ctrl + W จะปรากฏหน้าต่างข้อความ
- คลิกปุ่ม Yes
- หากต้องการสร้าง Project ต่อให้กดปุ่ม Enter เพื่อเพิ่มพื้นที่สีฟ้าให้กับ Project เมื่อการสร้าง Project เสร็จแล้วให้ปฏิบัติดังนี้
- เปิดเมนู Edit เลือก Write

- เปิดเมนู Edit เลือก Edit Mode เพื่อจะแสดงหน้าจอของโปรแกรมดังรูปที่ ข.7

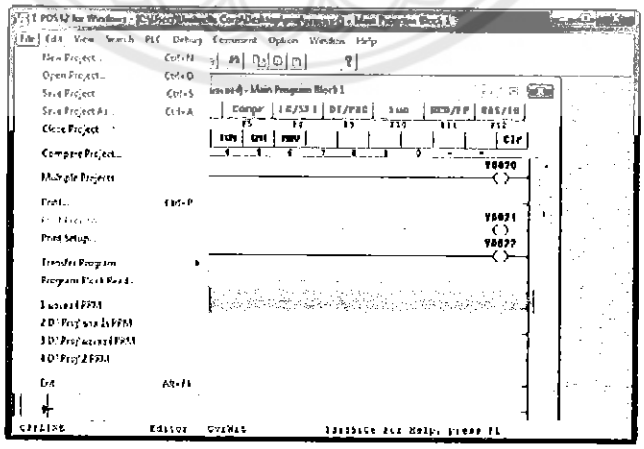


รูปที่ ข.7 หน้าจอเมื่อทำการ Write Project ลงใน EEPROM แล้ว

### ข.2.3 การบันทึก Project

ในกรณีที่สร้าง Project ในโหมดการทำงานแบบ Offline เมื่อสร้าง Project เสร็จทุกครั้งและยังไม่ต้องการ RUN Project ในขณะนั้นหรือในระหว่างการสร้าง Project จะต้องทำการบันทึก Project ที่สร้างขึ้นมาการบันทึกนี้เพื่อนำ Project มาใช้ในภายหลังหรือเพื่อป้องกันการสูญหายเมื่อมีปัญหาเรื่องระบบไฟฟ้าขั้นตอนการบันทึก Project มีดังนี้

- เปิดเมนู File เลือกคำสั่ง Save Project หรือ Save Project As ดังรูปที่ ข.8
- จะปรากฏหน้าต่างข้อความขึ้นมาให้กดปุ่ม OK
- เลือกตำแหน่งการจัดเก็บในช่อง Save in ตั้งชื่อ File Name และคลิกปุ่ม Save

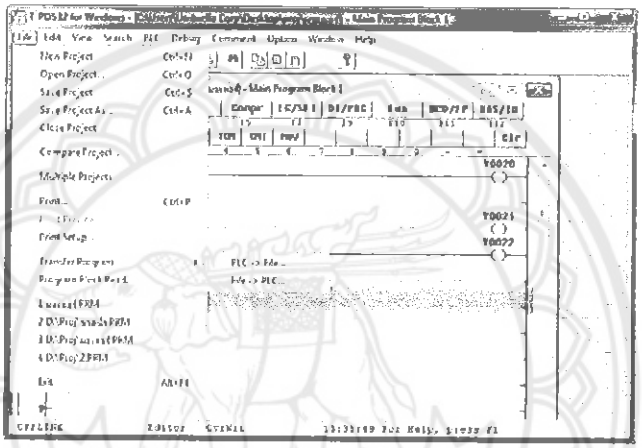


**รูปที่ ข.8** การบันทึก File Project

**ข.2.4 การโหลด File ลงในโปรแกรมพีแอลซี**

การโหลด Project ที่สร้างโหมด Offline หรือโหมด Project ที่มีอยู่แล้วในพีแอลซี เพื่อสั่งให้ทำงาน (RUN) มีขั้นตอนดังนี้

- เปิดเมนู File เลือก Transfer Program และเมนูย่อย File ลงในโปรแกรมพีแอลซี ดังรูปที่ ข.9
- ปรับสวิตช์ที่เครื่องพีแอลซี ไปที่สถานะ Halt
- เปิดตำแหน่งจัดเก็บไฟล์ในช่วง Log in เลือกชื่อไฟล์และคลิกปุ่ม Open
- รอจนกว่าโหลดโปรแกรมเสร็จ

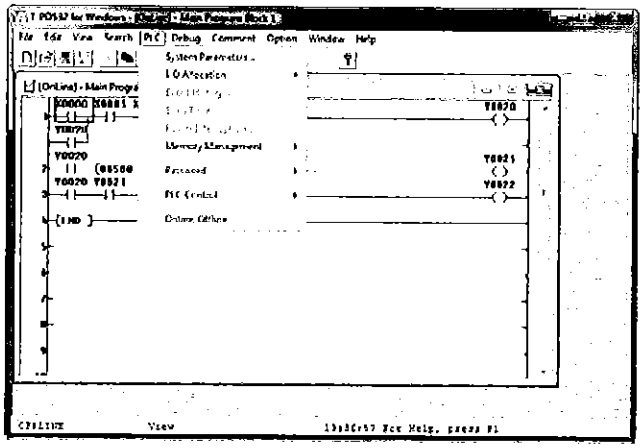


**รูปที่ ข.9** การโหลด File ลงในโปรแกรมพีแอลซี

**ข.2.5 การสร้าง Project ในโหมด Online**

การสร้าง Project ใหม่ในโหลด Online นี้จะเป็นการเขียนโปรแกรมลงในพีแอลซีโดยตรง ซึ่งก่อนที่จะเขียนโปรแกรมลงพีแอลซีมีขั้นตอนดังนี้

- ต่อเครื่องพีแอลซีเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้ Port RS232
- ปรับสวิตช์ Power ของเครื่องพีแอลซี
- ปรับสวิตช์โหมดการทำงานของพีแอลซีให้อยู่ตำแหน่ง HALT
- สังเกตที่ Status bar ถ้าเป็น Offline ให้เปิดเมนู PLC เลือก Online/Offline ดังแสดงดังรูปที่ ข.10

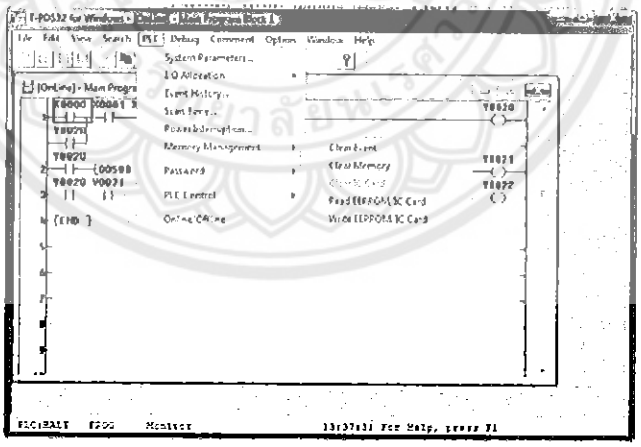


**รูปที่ ข.10** การเปลี่ยนโหมด Online/Offline

**ข.2.6 การ Write EEPROM ของพีแอลซี**

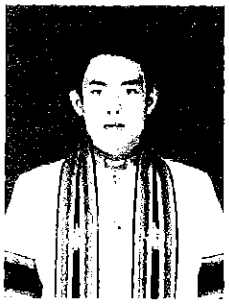
เป็นการนำข้อมูลที่เป็นแผนภาพขั้นบันไดเขียนลงไปใน EEPROM ของพีแอลซีในโหมด Online มีขั้นตอนดังนี้

- เปิดเมนู PLC เลือก Memory Management และเลือก Write EEPROM/IC Card ดังรูปที่ ข.11
- จะปรากฏหน้าต่างข้อความขึ้นมาให้กดปุ่ม OK เพื่อยืนยันว่าการ Write EEPROM เสร็จเรียบร้อย



**รูปที่ ข.11** การเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำ (Write EEPROM) ของพีแอลซี

# ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน



**ชื่อ** **นายชัยฤกษ์ เทือกอินต๊ะ**

**ภูมิลำเนา** 132 หมู่ 6 ต.ป่าสัก อ.วังชิ้น จ.แพร่

**ประวัติการศึกษา**

- **จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพัฒนาประชาอุปถัมภ์ จ.แพร่**
- **ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**

E-mail: **chairerkt55@email.nu.ac.th**

ชื่อ นายชินกฤต นิถากรณ์

ภูมิลำเนา 124 หมู่ 10 ต.เขาทราย อ.ทับคล้อ จ.พิจิตร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนตะพานหิน จ.พิจิตร
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **chinnakritn55@email.nu.ac.th**

**ชื่อ** **นายสุรเดช ม่วงทิม**

**ภูมิลำเนา** 112 หมู่ 6 ต.วังอิทก อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

**ประวัติการศึกษา**

- **จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จ.พิษณุโลก**
- **ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**

E-mail: **saradachm55@email.nu.ac.th**