การประยุกต์ใช้งานโอพีซีเซิร์ฟเวอร์ร่วมกับฮาร์ททรานสมิตเตอร์แบบไร้สาย และพีแอลซีเพื่อควบคุมความดันแก๊สด้วยแลปวิว

AN APPLICATION OF OPC SERVER WITH WIRELESS HART TRANSMITTER AND PLC FOR GAS PRESSURE PROCESS CONTROL BY LABVIEW

ธิติกานต์ โชติกลาง
THITIKARN CHOTKLANG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559
KMITL-2016-EN-M-060-094

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้งานโอพีซีเซิร์ฟเวอร์ร่วมกับฮาร์ททรานสมิตเตอร์แบบไร้สาย และพีแอลซีเพื่อควบคุมความดันแก๊สด้วยแลปวิว

AN APPLICATION OF OPC SERVER WITH WIRELESS HART TRANSMITTER AND PLC FOR GAS PRESSURE PROCESS CONTROL BY LABVIEW

T144018

ธิติกานต์ โชติกลาง

THITIKARN CHOTKLANG

.b. 00266943
.i.

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 144018
วัน.เดือน.ปี 25 ต.ค. 2559

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

KMITL-2016-EN-M-060-094

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN APPLICATION OF OPC SERVER WITH WIRELESS HART TRANSMITTER AND PLC FOR GAS PRESSURE PROCESS CONTROL BY LABVIEW

THITIKARN CHOTKLANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION AND ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

KMITL-2016-EN-M-060-094

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้งานโอพีซีเซิร์ฟเวอร์ร่วมกับฮาร์ททรานสมิตเตอร์แบบไร้สายและพีแอลซี เพื่อควบคุมความดันแก๊สด้วยแลปวิว

Thesis Title An Application of OPC Server with Wireless HART Transmitter and PLC for Gas Pressure Process Control by LabVIEW

นักศึกษา นายธิติกานต์ โชติกลาง

รหัสประจำตัว 56601308

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.วิริยะ กองรัตน์

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-060-094

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.วิทยา	ทิพย์สุวรรณพร	
รศ.ดร.ทวีพล	ชื่อสัตย์	
ดร.ยุทธพงศ์	ทัพผดุง	
รศ.ดร.สุพรรณ	กุลพาณิชย์	
รศ.วิริยะ	กองรัตน์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพุธที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 10.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้งานโอพีซีเซิร์ฟเวอร์ร่วมกับฮาร์ททรานสมิตเตอร์แบบไร้สายและพีแอลซีเพื่อควบคุมความดันแก๊สด้วยแลปวิว
นักศึกษา	นายธิติกานต์ โชติกลาง
รหัสประจำตัว	56601308
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.วิริยะ กองรัตน์

บทคัดย่อ

การเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดคุมที่มีความหลากหลายและข้อกำหนดที่แตกต่างกัน เพื่อให้การทำงานประสานกันในวงรอบการควบคุมเป็นสิ่งที่ยุ่งยาก งานวิจัยนี้นำเสนอวงรอบการควบคุมความดันแก๊สด้วยฮาร์ททรานสมิตเตอร์แบบไร้สายร่วมกับพีแอลซี และการควบคุมด้วยโปรแกรมแลปวิว โดยใช้โอพีซีเซิร์ฟเวอร์ในการประสานข้อมูลเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา อุปกรณ์สำคัญของระบบควบคุมความดันแก๊สประกอบด้วย ถังแรงดันและวาล์วควบคุม โดยใช้อุปกรณ์วัดคุมที่มีมาตรฐานการเชื่อมต่อแตกต่าง ได้แก่ สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายและพีแอลซี ด้วยการเชื่อมต่อผ่าน Ethernet TCP/IP และ RS-232 ตามลำดับ ผลทดลองพบว่าการเชื่อมต่อสัญญาณจากอุปกรณ์วัดคุมสามารถทำงานได้ต่อเนื่องโดยไม่ขาดการติดต่อ การตั้งค่าสุ่มข้อมูลซอฟแวร์ถูกกำหนดไว้ 100 มิลลิวินาที ให้มีอัตราส่งเร็วกว่าอุปกรณ์ที่ใช้งาน และการทดลองปรับแต่งตัวควบคุมด้วยวิธีอัตราขยายสูงสุด โดยเพิ่มสัญญาณอ้างอิงไปที่ 50 % มีอัตราขยายเชิงสถิตสูงสุด (K_{cu}) เท่ากับ 2.25 และคาบเวลาสูงสุด (T_u) เท่ากับ 22 วินาที ผลการคำนวณอัตราขยายตัวควบคุม PID, PI และ P ด้วยสมการของซิกเลอร์-นิโคลส์ ได้ค่าอัตราขยายตัวควบคุม PID คือ 1.3235 (K_c), 0.1833 (T_i) นาที, และ 0.0458 (T_d) นาที ให้ผลตอบสนองเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้อย่างราบรื่น แต่มีค่าพุ่งเกินและแกว่งตัวเล็กน้อย ค่าอัตราขยายตัวควบคุม PI คือ 1.0227 (K_c) และ 0.3055 (T_i) นาที ให้ผลตอบสนองเพิ่มขึ้นเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้โดยไม่เกิดสภาวะพุ่งเกิน และค่าอัตราขยายตัวควบคุม P คือ 1.125 (K_c) ไม่สามารถควบคุมไปสู่ค่าเป้าหมายได้ เนื่องจากมีอัตราขยายต่ำจึงไม่เหมาะสมต่อกระบวนการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	An Application of OPC Server with Wireless HART Transmitter and PLC for Gas Pressure Process Control by LabVIEW
Student	Mr. Thitikarn Chotklang
Student ID.	56601308
Degree	Master of Engineering
Program	Instrumentation Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Viriya Kongratana

ABSTRACT

Various instruments with connecting and different provision to synchronize in loop control are complicated. This research presents the gas pressure loop control with Wireless HART Transmitter, PLC and controlling of labVIEW programming by used OPC Server to interface for study case. Consists important of gas pressure control system has pressure tank and control valve used difference standard instruments connecting, which Smart Wireless Gateway and PLC configuration by Ethernet TCP/IP and RS-232 respectively. The experimental result was found that the connecting signal from instruments could provide stable and without fall of contact. Sampling data software set with 100 sec, in order to transmission rate more than instruments. And experimental tuning of controller with Ultimate method by increasing set point to 50 %, which Ultimate gain (K_{cu}) is 2.25 and Ultimate time (T_u) 22 sec. The PID, PI and P gain controller was calculated by Ziegler-Nichols equation. The PID gain controller is 1.3235 (K_c), 0.1833 (T_i) min and 0.0458 (T_d) min, which response is smooth convergence to target but have overshoot and low swing. The PI gain controller is 1.0227 (K_c) and 0.3055 (T_i) min, which response is convergence to target by non-overshoot and P gain controller is 1.125 (K_c), this can't convergence to target because low gain controller. It indicates this gain not suitable on process.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดี เพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ วิริยะ กองรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาช่วยเหลือ แนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องด้านข้อมูลและแนวทางการทำวิจัยรวมทั้งให้คำปรึกษาสั่งสอนมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เสียสละเวลาให้ความรู้เพิ่มเติม ให้ปรึกษา แนะนำการใช้อุปกรณ์ รวมทั้งกรุณาให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดลองและข้อเสนอแนะในการศึกษาการวิจัย การจัดทำข้อมูลในห้องปฏิบัติการพลศาสตร์ทางกระบวนการควบคุมแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้อง รวมทั้งเพื่อน พี่ และน้อง ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ทั้งเรื่องการเรียน และเรื่องต่าง ๆ ทำให้ผู้วิจัยผ่านทุก ๆ อย่างมาถึงทุกวันนี้

ประโยชน์ คุณค่าและคุณงามความดีที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องแสดงความกตัญญูกตเวที แด่ บิดา มารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง และบูรพาจารย์ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้ผู้วิจัย ขอให้ทุก ๆ ท่านประสบแต่ความสุขตลอดไป

ธิติกานต์ โชติกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย 2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย 2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 2
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ 3
1.7 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์ 3

บทที่ 2 วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1.1 ระบบควบคุม (Control System) 4
2.1.2 ประเภทของระบบควบคุม 5
2.1.3 ตัวควบคุม PID (PID Control) 7
2.1.4 การปรับแต่งตัวควบคุมด้วยวิธีซิกเลอร์-นิโคลส์ (Ziegler-Nichols Method) 11
2.1.5 เทคโนโลยีไร้สายในเครื่องมือวัด 14
2.1.6 สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย (Smart Wireless Gateway) 20
2.1.7 พีแอลซี (PLC) 22
2.1.8 การสื่อสารและการสร้างอินเทอร์เฟส (Communications and Interface) 26
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 31
3.1 เครื่องมือและวิธีการ 31
3.2 การติดตั้งอุปกรณ์วัดคุม 34
3.3 การเชื่อมต่อระบบควบคุมผ่าน OPC Server 36
3.4 การเชื่อมต่อโปรแกรมแลปวิว 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.5 การเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยแลปวิว 44

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล 47
4.1 ผลการทดลองเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดคุมและแสดงสถานะสัญญาณผ่าน OPC Server . 47
4.2 ผลการทดลองเชื่อมต่อสัญญาณและแสดงผลผ่านแลปวิว 49
4.3 ผลการทดสอบสุ่มข้อมูล (Sampling) 50
4.4 ผลการทดลองปรับแต่งตัวควบคุมด้วยวิธีอัตราขยายสูงสุด 53
4.5 ผลการทดลองควบคุมความดันแก๊สด้วยตัวควบคุม PID 58

บทที่ 5 สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 65
5.1 สรุปผลการวิจัย 65
5.2 ข้อเสนอแนะ 67

เอกสารอ้างอิง 68
ภาคผนวก ก. วิธีการตั้งค่าเชื่อมต่อ OPC Server 70
ภาคผนวก ข. การสร้างโปรแกรมควบคุมและแสดงผลด้วยแลปวิว 75
ภาคผนวก ค. คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ 78
ภาคผนวก ง. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ 84
ประวัติผู้เขียน 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ผลการเพิ่มค่าตัวแปร PID อย่างอิสระ 11
2.2 แสดงการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแต่ละชนิดจากวิธีปฏิกิริยากระบวนการ 13
2.3 แสดงการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแต่ละชนิดจากวิธีอัตราขยายสูงสุด 14
2.4 เปรียบเทียบโครงสร้างข้อมูลของ IEC 62591-1 (Wireless HART) และANSI/ISA100.11a . 18
2.5 แสดงตัวอย่างหมายเลขไอพีแอดเดรสสำหรับเชื่อมต่อสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย 22
3.1 แสดงการใช้งานของฟังก์ชั่น PID 44
4.1 แสดงผลการทดลองป้อนค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมชนิด P 56
4.2 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ป้อนกระบวนการควบคุมในโปรแกรมแลปวิว 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 โครงสร้างพื้นฐานของระบบควบคุม 4
2.2 ส่วนประกอบของระบบควบคุม 5
2.3 โครงสร้างระบบควบคุมวงเปิด 6
2.4 โครงสร้างระบบควบคุมวงปิด 6
2.5 ตัวควบคุมแบบ PID 7
2.6 ลักษณะสมบัติของตัวควบคุมแบบสัดส่วน 9
2.7 ผลตอบสนองของกระบวนการที่มีอัตราเสื่อมเท่ากับ 1/4 12
2.8 ผลตอบสนองด้วยวิธีปฏิกิริยากระบวนการ 12
2.9 ผลตอบสนองที่แกว่งด้วยแอมพลิจูดคงที่ 13
2.10 สถาปัตยกรรมโครงข่าย Wireless HART 14
2.11 การผสมสัญญาณแบบเปลี่ยนความถี่สัญญาณดิจิตอล 15
2.12 ลักษณะการส่งสัญญาณของฮาร์ทโปรโตคอล 15
2.13 การส่งสัญญาณแบบจุดต่อจุด 16
2.14 การส่งสัญญาณแบบหลายจุด 16
2.15 สถาปัตยกรรมโครงข่าย ISA100.11a 17
2.16 การเชื่อมต่อเกตเวย์กับอุปกรณ์เครือข่าย 20
2.17 จุดเชื่อมต่อ RS-485 ภายในสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย 20
2.18 จุดเชื่อมต่อ Ethernet ภายในสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย 21
2.19 หน้าต่างซอฟต์แวร์สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย 21
2.20 โครงสร้างของพีแอลซี 23
2.21 พีแอลซีชนิดบล็อก 23
2.22 พีแอลซีชนิดโมดูล 24
2.23 โมดูลอินพุตและเอาต์อนาลอก 24
2.24 แสดงการเปรียบเทียบระดับสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตอนาลอก 25
2.25 เครื่องป้อนโปรแกรมแบบมือ 25
2.26 การเชื่อมต่อใช้งานพีแอลซีกับคอมพิวเตอร์ 26
2.27 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่มีมาตรฐานต่างกัน 27
2.28 การเชื่อมต่อข้อมูลของระบบผ่าน OPC Server 28
2.29 สถาปัตยกรรมโครงข่าย OPC DA 29
2.30 โครงสร้างระบบควบคุม 30
3.1 แผนภาพ P&ID ของระบบควบคุมความดันแก๊ส 31
3.2 ชุดระบบควบคุมความดันแก๊ส 31
3.3 ปั๊มลม Puma 32
3.4 ทรานสมิตเตอร์ความดัน 32

เอกสารนี้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.5 สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย 33
3.6 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 33
3.7 ชุดอุปกรณ์พีแอลซี Omron 33
3.8 วาล์วควบคุม VALTEK 34
3.9 ถังความดัน 34
3.10 การเชื่อมต่อสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณ 34
3.11 การตั้งค่า Burst rate ส่งข้อมูลสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย 35
3.12 การตรวจสอบตำแหน่งของข้อมูลสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย 35
3.13 การเชื่อมต่อวาล์วควบคุมกับพีแอลซี 36
3.14 โครงสร้างการเชื่อมต่ออุปกรณ์ผ่าน OPC Server 36
3.15 สถาปัตยกรรมโครงข่ายการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดคุม 36
3.16 แสดงหน้าต่างของ NI OPC Server 37
3.17 การตั้งค่าช่องทางการติดต่อกับอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต 37
3.18 การกำหนดรุ่นของอุปกรณ์ 38
3.19 แสดงการเพิ่ม Tag เพื่อติดต่อกับตำแหน่งข้อมูลภายในของอุปกรณ์ควบคุม 38
3.20 บล็อกไดอะแกรมการสร้าง Tag สัญญาณ 39
3.21 การสร้าง Tag ติดต่อกับโมดูลเอาต์พุตอนาลอกของพีแอลซี Omron 40
3.22 การสร้าง Tag ติดต่อกับสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย 40
3.23 หน้าต่าง Blank Project โปรแกรมแลปวิว 41
3.24 บล็อกไดอะแกรมการเชื่อมต่อ OPC Server สู่แลปวิว 42
3.25 การเชื่อมต่อ OPC Server สู่แลปวิว 42
3.26 การนำสัญญาณ Tag มาใช้งานบน Blank VI 42
3.27 หน้าต่างการทำงานของ Blank VI 43
3.28 ฟังก์ชั่นตัวควบคุม PID 44
3.29 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลของระบบควบคุมความดันแก๊สด้วย PID 45
3.30 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมความดันแก๊สด้วย PID 45
4.1 แสดงสถานะของการเชื่อมต่อสัญญาณจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย 47
4.2 แสดงสถานะของการเชื่อมต่อสัญญาณควบคุมจากพีแอลซี 48
4.3 แสดงสถานะของการเชื่อมต่อสัญญาณผิดพลาด 48
4.4 แสดงสถานะของสัญญาณจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายและพีแอลซีผ่านโปรแกรมแลปวิว . 49
4.5 กราฟแสดง Scan Rate และ Update Rate เท่ากับ 100 ms 51
4.6 กราฟแสดง Scan Rate 100 ms, Update Rate 1000 ms 51
4.7 กราฟแสดง Scan Rate 100 ms, Update Rate 5000 ms 52
4.8 ผลตอบสนองของระบบควบคุมจากการป้อนพารามิเตอร์ K_c ในช่วง 0.2 ถึง 1.0 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.9 ผลตอบสนองของระบบควบคุมจากการป้อนพารามิเตอร์ K_c ในช่วง 1.2 ถึง 1.9 54
4.10 ผลตอบสนองของระบบควบคุมจากการป้อนพารามิเตอร์ K_c ในช่วง 1.95 ถึง 2.1 54
4.11 ผลตอบสนองของระบบควบคุมจากการป้อนพารามิเตอร์ K_c ในช่วง 2.15 ถึง 2.225 55
4.12 ผลตอบสนองของระบบควบคุมจากการป้อนพารามิเตอร์ K_c เท่ากับ 2.25 55
4.13 ผลตอบสนองของระบบควบคุมจากการป้อนพารามิเตอร์ K_c เท่ากับ 2.275 56
4.14 แสดงช่วงอัตราขยายเชิงสถิตสูงสุดของการควบคุม ($K_c = K_{cu} = 2.25$) 57
4.15 ผลตอบสนองด้วยตัวควบคุม PID ที่ค่าเป้าหมาย 50 เปอร์เซ็นต์ 59
4.16 ผลตอบสนองด้วยตัวควบคุม PID เพิ่มค่าเป้าหมายไปที่ 75 เปอร์เซ็นต์ 59
4.17 ผลตอบสนองด้วยตัวควบคุม PID ลดค่าเป้าหมายไปที่ 50 เปอร์เซ็นต์ 60
4.18 ผลตอบสนองด้วยตัวควบคุม PID ลดค่าเป้าหมายไปที่ 25 เปอร์เซ็นต์ 60
4.19 ผลตอบสนองต่อสัญญาณรบกวนเมื่อแหล่งจ่ายหายไป 61
4.20 การเปรียบเทียบผลตอบสนองด้วยการควบคุมไปสู่ค่าเป้าหมาย 25 เปอร์เซ็นต์ 62
4.21 การเปรียบเทียบผลตอบสนองด้วยการควบคุมไปสู่ค่าเป้าหมาย 50 เปอร์เซ็นต์ 62
4.22 การเปรียบเทียบผลตอบสนองด้วยการควบคุมไปสู่ค่าเป้าหมาย 75 เปอร์เซ็นต์ 63
4.23 ผลตอบสนองด้วยการควบคุมชนิด P ที่ค่าเป้าหมาย 25, 50 และ75 เปอร์เซ็นต์ 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ระบบทางกระบวนควบคุมในปัจจุบันมีการเชื่อมโยงข้อมูลทางกระบวนการมารวบรวมเพื่อใช้เฝ้าสังเกตการแสดงผล และสั่งการผ่านทางระบบที่สามารถติดต่อกับผู้ใช้ได้สะดวกมากขึ้น โดยมีอุปกรณ์วัดคุมต่าง ๆ หลากหลายชนิดให้เลือกใช้งาน โดยการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดคุมจำเป็นต้องมีข้อกำหนดการเชื่อมต่อเป็นมาตรฐานเดียวกัน จึงจะสามารถทำให้ระบบควบคุมเชื่อมโยงแลกเปลี่ยนข้อมูลทางกระบวนการได้อย่างถูกต้อง แต่ระบบทางกระบวนการควบคุมย่อมมีการใช้งานอุปกรณ์วัดคุมหลากหลาย ซึ่งอาจมีมาตรฐานและวิธีการเชื่อมต่อเหมือนหรือแตกต่างกัน ซึ่งหมายถึงข้อกำหนดของการสื่อสาร (Protocol) [1] ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบ และความเหมาะสมต่อการใช้งานในระบบนั้น อีกทั้งในส่วนของตัวแทนผู้ผลิตต่างมีการออกแบบและวิธีการเชื่อมต่อใช้งานอุปกรณ์ในด้านซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ที่มีมาตรฐานเป็นของตนเองที่ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการเพิ่มหรือปรับเปลี่ยนระบบให้มีความสามารถเนื่องจากจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีมาตรฐานเดียวกันหรืออาจจำเป็นต้องเปลี่ยนไปใช้งานอุปกรณ์อื่นอาจเนื่องจากการเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบร่วมกันไม่สามารถได้เพราะความล้าสมัยและการชำรุดของอุปกรณ์ จึงจำเป็นต้องใช้งานอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานและการเชื่อมต่อแตกต่างไปจากระบบเดิม จึงทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์แต่ละบริษัท ถึงแม้ว่าอุปกรณ์เหล่านั้นจะถูกนำมาใช้งานในหน้าที่เดียวกัน ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในส่วนของการปรับปรุงเทคโนโลยีและถือเป็นจุดด้อยของระบบควบคุมที่มีการเชื่อมต่อเป็นแบบระบบปิด (Closed System) ที่มีการสื่อสารได้เฉพาะมาตรฐานหรืออุปกรณ์จากผู้ผลิตเดียว ด้วยเหตุผลจากความเข้ากันไม่ได้ของเทคโนโลยีทางกระบวนการควบคุม จึงเป็นเหตุให้มีการพัฒนาซอฟต์แวร์ OPC [2] เพื่อเป็นมาตรฐานกลางในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์วัดคุมสำหรับการระยุกต์ใช้งานร่วมกับซอฟแวร์ระบบควบคุมที่มีเสถียรภาพในด้านความเร็วในการสื่อสารและการปฏิบัติงานในระบบเครือข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยทางกระบวนการควบคุมส่วนใหญ่ที่ใช้วิธีการเชื่อมต่อสัญญาณของอุปกรณ์วัดคุมผ่านทาง OPC Server เพื่อใช้ในการควบคุมติดตาม และแสดงผลระยะไกลในการแลกเปลี่ยนข้อมูล Cihan Sahin. [3] ใช้การเชื่อมต่อระบบควบคุมที่อยู่บนพื้นฐานการเชื่อมต่อมาตรฐานเป็นแบบ Ethernet TCP และมีงานวิจัยที่ใช้การเชื่อมต่อสัญญาณเพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์ Jasmin Velagic. [4] ซึ่งให้ผลการเชื่อมต่อของระบบมีเสถียรภาพและประสิทธิภาพที่ดีโดยเวลาหน่วงของระบบมีเพียงเล็กน้อย แต่งานวิจัยดังกล่าวยังคงนำเสนอวิธีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบที่ยังไม่มีความหลากหลายในด้านการเชื่อมต่อและมาตรฐานหรือข้อกำหนดของอุปกรณ์วัดคุม

ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดคุม คือ การเชื่อมต่อสัญญาณความดันแก๊สที่ส่งจากฮาร์ททรานสมิตเตอร์แบบไร้สายเข้าสู่เกตเวย์ผ่านพอร์ตอีเทอร์เน็ตเข้าสู่คอมพิวเตอร์ และการเชื่อมต่อสัญญาณไปสั่งงานวาล์วควบคุมจากพีแอลซี Omron ผ่านพอร์ตอนุกรมเข้าสู่คอมพิวเตอร์ เพื่อนำข้อมูลไปสู่ OPC Server ซึ่งเปรียบเหมือนสื่อกลางของการเชื่อมโยงข้อมูลไปแสดงผลบนโปรแกรมแลปวิว เพื่อให้เป็นโปรแกรมวัดคุมเสมือนสำหรับติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้งาน และการแสดงผลของกระบวนการควบคุมความดันแก๊ส รวมถึงการตั้งค่าอัตราการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง เพื่อให้มีความสัมพันธ์ และมีผลต่อกระบวนการควบคุมไปสู่ค่าเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากอุปกรณ์วัดคุมมีอัตราของการรับส่งข้อมูลที่แตกต่างกัน และวิธีการปรับแต่งตัวควบคุมเพื่อหาค่าอัตราขยายที่ใช้กับตัวควบคุม PID เพื่อสังเกต และวิเคราะห์ผลตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมที่เกิดขึ้นในระบบการควบคุมความดันแก๊ส

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย

1.2.1 เพื่อนำเสนอการประยุกต์ใช้งาน OPC Server เชื่อมต่อสัญญาณฮาร์ททรานสมิตเตอร์กับสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายและพีแอลซีในระบบควบคุมความดันแก๊ส

1.2.2 เพื่อเชื่อมต่อข้อมูล OPC Server เข้าสู่การควบคุม และแสดงผลบนโปรแกรมแลปวิว

1.2.3 เพื่อปรับแต่งพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อกระบวนการควบคุมด้วยตัวควบคุม PID

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดคุมที่มีมาตรฐานแตกต่างกันสามารถเชื่อมโยงผ่าน OPC Server

1.3.2 การเชื่อมต่อข้อมูลจาก OPC Server ไปสู่โปรแกรมแลปวิวในวงรอบการควบคุมสามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง

1.3.3 การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อกระบวนการควบคุมความดันแก๊สได้ด้วยการปรับแต่งตัวควบคุมจากวิธีของซิกเลอร์-นิโคลส์

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ศึกษาออกแบบระบบควบคุมความดันแก๊ส และเลือกใช้อุปกรณ์วัดคุมที่หลากหลายให้มีความเหมาะสมต่อกระบวนการควบคุม

1.4.2 แสดงวิธีการตั้งค่าเชื่อมโยงสัญญาณของอุปกรณ์วัดคุมที่มีมาตรฐานแตกต่างกันผ่านทาง OPC Server และเชื่อมต่อสัญญาณไปควบคุมแสดงผลบนโปรแกรมแลปวิว

1.4.3 ทดสอบสุ่มจำนวนข้อมูลที่ส่งผ่านระหว่าง OPC Server และโปรแกรมแลปวิว

1.4.4 ทดลองและสังเกตผลตอบสนองของการควบคุมความดันแก๊สจากการหาค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุม PID ด้วยวิธีของซิกเลอร์-นิโคลส์

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ศึกษาวิธีตั้งค่าและกำหนดมาตรฐานในการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดและควบคุมผ่าน OPC Server ของอุปกรณ์ทั้งสองชนิด คือ การแสดงสถานะค่าความดันแก๊สของฮาร์ททรานสมิตเตอร์กับสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายและสัญญาณควบคุมจากพีแอลซี

1.5.2 ศึกษาวิธีการเชื่อมต่อและการใช้งานเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลมาแสดงผลตอบสนองและสถานะสัญญาณจากระบบควบคุมระหว่าง OPC Server และโปรแกรมแลปวิว

1.5.3 ออกแบบวิธีการทดสอบสุ่มจำนวนข้อมูล (Sampling) และสังเกตผลตอบสนองที่เกิดจากการรับข้อมูลสัญญาณความดันที่ส่งมาจากเกตเวย์ที่เข้าสู่ OPC Server และโปรแกรมแลปวิว

1.5.4 ออกแบบวิธีการทดลองหาค่าพารามิเตอร์การควบคุมความดันแก๊สจากวิธีอัตราขยายสูงสุดเพื่อใช้สำหรับการควบคุมแบบ PID

1.5.5 สังเกตและวิเคราะห์ผลตอบสนองที่เกิดขึ้นจากกระบวนการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.6.1 ได้เรียนรู้มาตรฐานวิธีการเชื่อมต่อตั้งค่าอุปกรณ์ฮาร์ททรานสมิตเตอร์กับสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายและพีแอลซี ซึ่งมีวิธีการเชื่อมต่อข้อมูลเข้าถึงที่แตกต่างกัน

1.6.2 ได้เรียนรู้วิธีประยุกต์การใช้งานซอฟต์แวร์ร่วมกันระหว่าง OPC Server และแลปวิวที่ใช้สำหรับกระบวนการควบคุมความดันแก๊ส

1.6.3 มีความรู้ความสามารถในการใช้ทักษะปฏิบัติงานทางด้านกระบวนการควบคุม

1.7 รายละเอียดของการวิจัย

งานวิจัยเล่มนี้แบ่งเนื้อหาเป็น 5 บท แต่ละบทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา ความมุ่งหมายของการวิจัย สมมติฐานของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ประโยชน์ที่ได้รับ และรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย เครื่องมือและวิธีการ การเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดคุม การเชื่อมต่อระบบควบคุมผ่าน OPC Server การเชื่อมต่อและการเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยแลปวิว

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 5 การสรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ และแนวทางการประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเล่มนี้ศึกษาวิธีการเชื่อมต่อระบบควบคุมความดันแก๊ส และการควบคุมด้วยตัวควบคุม PID ซึ่งเป็นตัวควบคุมแบบป้อนกลับที่มีการใช้งานอย่างหลากหลายในกระบวนการอุตสาหกรรม โดยค่าที่ใช้ในการควบคุมคือความผิดพลาดจากความแตกต่างระหว่างค่าเป้าหมายและตัวแปรกระบวนการ เพื่อให้ความผิดพลาดของการควบคุมให้ลดลงด้วยการปรับอัตราขยายของตัวควบคุม PID ด้วยวิธีของซิกเลอร์-นิโคลส์ อัตราขยายที่ใช้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการควบคุม และการประยุกต์ใช้ OPC Server สำหรับการเชื่อมต่อควบคุมและแสดงผลของระบบผ่านโปรแกรมแลปวิว ดังนั้นในบทนี้จึงเป็นการอธิบายถึงทฤษฎีที่อ้างอิงเพื่อใช้ในการศึกษางานวิจัย ให้เข้าใจถึงแนวคิดของการวิจัยอย่างชัดเจน

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ระบบควบคุม (Control System)

ระบบควบคุม คือ ส่วนหรือหน่วยที่รวมส่วนเอาประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกันให้เชื่อมต่อเป็นระบบ เพื่อให้ทำงานอยู่ภายใต้การควบคุมหรือสั่งการอย่างมีระเบียบแบบแผน โดยการควบคุมผลตอบสนองของกระบวนการ ด้วยการปรับเปลี่ยนและการเฝ้าระวังควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อให้มีผลตอบสนองต่อการสั่งงานอย่างคงที่ในช่วงที่ต้องการ โดยการอาศัยการป้อนคำสั่ง (Command) ให้เหมาะสมไปสู่ระบบ เพื่อให้มั่นใจว่าผลตอบสนอง (Response) มีพฤติกรรมทางพลวัตที่ถูกต้องเป็นไปตามความต้องการของผู้ควบคุมอย่างอัตโนมัติ ดังรูปที่ 2.1 [5,6]

รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของระบบควบคุม

2.1.1.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุม

กระบวนการควบคุมในปัจจุบันได้มีการออกแบบระบบควบคุมที่ซับซ้อนและหลากหลาย แต่เมื่อพิจารณาจากพื้นฐานของระบบควบคุมเบื้องต้น ที่สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบให้เห็นได้ชัดเจนถึงความคล้ายคลึงกันขององค์ประกอบระบบควบคุม องค์ประกอบหลักของระบบควบคุมมีฟังก์ชั่นควบคุม (Control Function) หลายส่วน โดยประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐานของระบบควบคุม 4 ส่วน ได้แก่ เครื่องควบคุม (Controller) อุปกรณ์สุดท้าย (Final element) กระบวนการหรือแพลนต์ (Process) และอุปกรณ์ตรวจวัดค่า (Measurement)

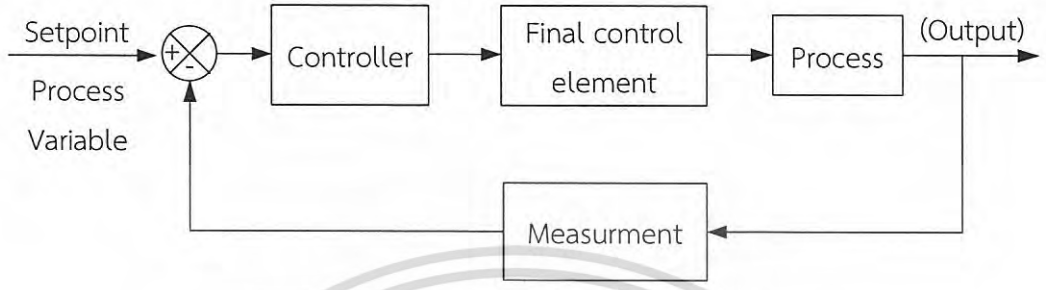
1) เครื่องควบคุม (Controller) คือ อุปกรณ์หรือส่วนที่ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลจากคำสั่งของผู้ควบคุม เพื่อปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรที่ใช้ควบคุมกระบวนการให้ได้ความตามต้องการ

2) อุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย (Final control element) คือ เครื่องมือหรือส่วนที่คอยรับคำสั่งจากเครื่องควบคุมมาเปลี่ยนแปลงให้เกิดผลต่อกระบวนการ เช่น วาล์วควบคุม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กระบวนการ (Process) คือ อุปกรณ์หรือส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักร ที่ทำงานร่วมกันหรือวัตถุที่ต้องดำเนินการควบคุม เช่น เครื่องมือทางกลหรือเตาปฏิกรณ์เคมี เป็นต้น

4) อุปกรณ์ตรวจวัดค่า (Measurement) คือ ส่วนที่ใช้สำหรับตรวจรู้ปริมาณหรือขนาดของตัวแปรต่าง ๆ เพื่อป้อนให้กับระบบหรือกระบวนการ เช่น การวัดความดันหรืออุณหภูมิ เป็นต้น



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของระบบควบคุม

2.1.1.2 ตัวแปรในกระบวนการควบคุม

ระบบควบคุมสามารถจำแนกตัวแปรของกระบวนการออกเป็น 2 ประเภท คือ ตัวแปรอินพุต (Input variable) และตัวแปรเอาต์พุต (Output variable) [7]

1) ตัวแปรอินพุต หมายถึง ตัวแปรที่เกิดจากปัจจัยภายนอกกระบวนการ โดยการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรจะมีผลต่อกระบวนการภายในระบบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

- ตัวแปรปรับค่า (Adjustable variable) คือ ตัวแปรที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าที่เกิดจากผู้ควบคุมกระบวนการทำการปรับเปลี่ยนค่าหรือเครื่องควบคุมทำการเปลี่ยนค่าเพื่อชดเชยให้กระบวนการไปสู่สภาวะที่เหมาะสม
- ตัวแปรรบกวน (Disturbances variable) คือ ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงค่าซึ่งไม่ได้เกิดจากผู้ควบคุมกระบวนการหรือเครื่องควบคุม โดยผู้ควบคุมไม่สามารถกำหนดหรือควบคุมได้

2) ตัวแปรเอาต์พุต หมายถึง ตัวแปรที่ถูกกำหนดโดยสภาวะในระบบ ซึ่งทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรเอาต์พุต โดยแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ประเภท

- ตัวแปรวัดค่าได้ (Measured variable) คือ ตัวแปรที่สามารถวัดค่าของกระบวนการได้โดยตรงจากอุปกรณ์ภายใต้ระยะเวลาของกระบวนการควบคุมตามเวลาจริง
- ตัวแปรวัดค่าไม่ได้ (Unmeasured variable) คือ ตัวแปรที่ไม่มีอุปกรณ์มาวัดค่าได้โดยตรง หรือต้องใช้เวลาในการดำเนินการนานเกินกว่าเวลาของกระบวนการควบคุมตามเวลาจริง

2.1.2 ประเภทของระบบควบคุม

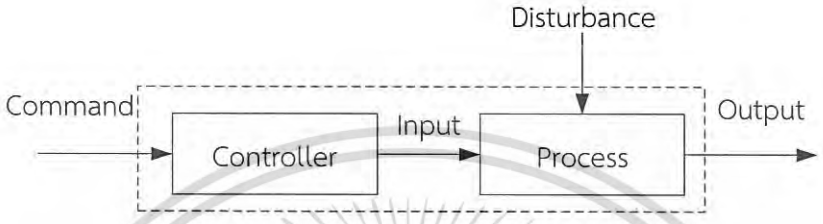
ระบบควบคุมในปัจจุบัน สามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานของกระบวนการควบคุมออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ ระบบควบคุมวงเปิด (Open loop control system) และระบบควบคุมวงปิด (Close loop control system) [8,9]

2.1.2.1 ระบบควบคุมวงเปิด

ระบบควบคุมวงเปิด คือ ระบบที่เกิดจากการคาดคะเนของมนุษย์ ซึ่งระบบที่มีอิสระในการคำนวณค่าควบคุม หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือไม่นำสัญญาณเอาต์พุตหรือผลตอบสนองของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

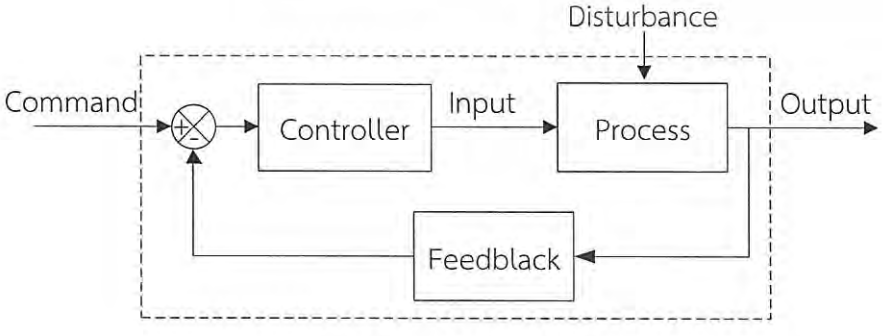
มาเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิง (Reference) ซึ่งระบบจะส่งสัญญาณอินพุตจากตัวควบคุมให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุมตามคำสั่งของสัญญาณอ้างอิง และให้ผลตอบสนองตามคาดหมายไว้ ซึ่งความถูกต้องและความแม่นยำของระบบขึ้นอยู่กับการปรับเงื่อนไขการทำงานของอินพุตให้เหมาะสม ถ้าระบบถูกรบกวนจะไม่สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ ระบบควบคุมใดก็ตามที่มีการทำงานบนพื้นฐานของเวลาจะถือว่าเป็นการควบคุมวงเปิด เช่น ตู้อบไมโครเวฟที่มีลักษณะของการปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้า โดยไม่ตรวจสอบกำลังไฟฟ้าที่ออกมาในรูปของสัญญาณไมโครเวฟมีค่าเป็นเท่าใดหรือออกมาเท่ากับที่ปรับตั้งไว้หรือไม่ โครงสร้างของระบบควบคุมวงเปิดแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างระบบควบคุมวงเปิด

2.1.2.2 ระบบควบคุมวงเปิด

ระบบควบคุมวงปิด คือ ระบบที่มีการคำนวณค่าการควบคุม โดยนำสัญญาณเอาต์พุตมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงด้านอินพุต หรืออาจเรียกอีกนัยหนึ่งว่าเป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (feedback control systems) ความแตกต่างของสัญญาณทั้งสองนี้คือความผิดพลาดของระบบ (Error) ที่นำมาสร้างเป็นสัญญาณกระตุ้น และส่งต่อให้กับตัวควบคุมแก้ไขค่าความผิดพลาดของเอาต์พุตให้ลดลงน้อยลง ความไม่เสถียรของระบบขึ้นอยู่กับขนาดของความผิดพลาดที่ถูกปรับแต่ง ถ้าหากสัญญาณความผิดพลาดถูกขยายมากเกินไป อาจจะทำให้เกิดการแก้ไขค่าความคลาดเคลื่อนของเอาต์พุต และเอาต์พุตจะแกว่งในลักษณะที่ลู่ออกโดยไม่มีขอบเขต แต่ถ้าสัญญาณความผิดพลาดถูกขยายน้อยเกินไปจะทำให้เอาต์พุต มีค่าไม่ตรงกับค่าที่กำหนดโดยอินพุตเมื่อเอาต์พุตเข้าสู่สถานะคงตัว (steady state) ดังเช่น ในระบบควบคุมอุณหภูมิภายในห้อง ซึ่งอุณหภูมิจริงภายในห้องจะถูกวัด และนำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอ้างอิงหรืออุณหภูมิที่ต้องการ แล้วสั่งการให้เครื่องทำความร้อนหรือทำความเย็นให้รักษาอุณหภูมิภายในห้องไว้ในระดับที่ต้องการ โดยไม่มีการคำนึงถึงสภาวะของอุณหภูมิภายนอกห้อง โครงสร้างของระบบควบคุมวงปิดแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างระบบควบคุมวงปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ตัวควบคุม PID (PID Control)

ตัวควบคุมที่ใช้ในกระบวนการควบคุมส่วนใหญ่เป็นการควบคุมแบบป้อนกลับ โดยสัญญาณจากเครื่องวัดจะถูกคำนวณปรับค่าให้เหมาะสมต่อเครื่องควบคุม ซึ่งอาศัยความผิดพลาดจากความแตกต่างระหว่างค่าตัวแปรของระบบมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงที่ต้องการ และตัวควบคุมจะพยายามลดค่าของความผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม และสัญญาณจะถูกส่งไปสู่อุปกรณ์ควบคุมที่เชื่อมต่อภายนอก เนื่องจากตัวควบคุมแบบป้อนกลับนั้นอาศัยความแตกต่างระหว่างเอาต์พุตของระบบมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงด้านอินพุต [10,11] ดังสมการที่ (2.1)

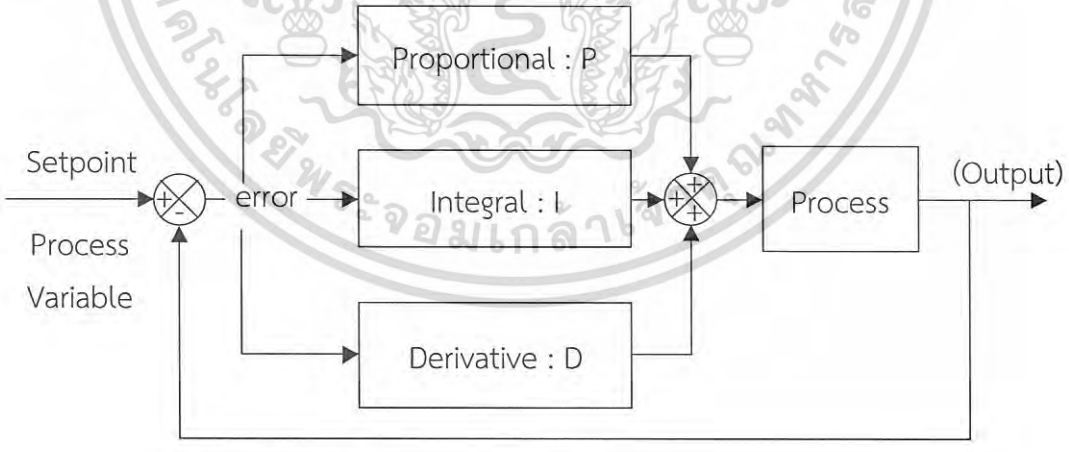
$$e = SP - PV \tag{2.1}$$

เมื่อ e : ค่าความผิดพลาด

SP : ค่าอ้างอิงที่ต้องการควบคุม (Set point : SP)

PV : ค่าตัวแปรควบคุมที่ได้จากเครื่องวัด (Process Variable : PV)

ในกระบวนการควบคุมมีตัวควบคุมหลายชนิด ตัวควบคุมพื้นฐานที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในกระบวนการควบคุมส่วนใหญ่เป็นแบบ PID เนื่องจากเป็นตัวควบคุมที่สามารถประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมได้หลากหลายโดยอาศัยหลักการที่ไม่ซับซ้อน และให้ผลตอบสนองเป็นที่ยอมรับได้ ซึ่งสามารถปรับแต่งการควบคุมได้ง่ายเมื่อต้องการ ระบบควบคุม PID มีตัวควบคุมย่อย 4 ส่วน คือ ตัวควบคุมแบบสัดส่วนหรือตัวควบคุม P ตัวควบคุมแบบปริพันธ์หรือตัวควบคุม I และตัวควบคุมแบบอนุพันธ์หรือตัวควบคุม D ในการควบคุมทั่วไปจะใช้งานตัวควบคุมร่วมกัน เช่น การควบคุมแบบ PI การควบคุมแบบ PD และในการควบคุมแบบ PID ที่มีการต่ออนุกรมเข้ากับระบบที่ต้องการควบคุม ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวควบคุมแบบ PID

วิธีกำหนดค่าของ PID จะขึ้นอยู่กับตัวแปรควบคุมทั้งสาม คือ ค่าสัดส่วน (Proportional : P) ค่าปริพันธ์ (Integral : I) และค่าอนุพันธ์ (Derivative : D) เพื่อใช้ปรับกระบวนการให้สามารถปรับรูปแบบของตัวควบคุมให้เหมาะต่อกระบวนการที่ต้องการได้ วิธีการควบคุมแบบ PID นั้นอาจไม่ได้เป็นตัวควบคุมที่สามารถทำให้กระบวนการมีความเสถียรแน่นอนหรือเหมาะสมต่อกระบวนการที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ตัวควบคุมแบบ PID บางครั้งอาจใช้เพียงหนึ่งหรือสองรูปแบบ ขึ้นอยู่กับกระบวนการที่ต้องการควบคุม บางครั้งจะถูกเรียกว่าการควบคุมแบบ P, PI, PD หรือ PID ขึ้นอยู่ว่าใช้รูปแบบใด โดยการควบคุมได้ชื่อตามการรวมกันของเทอมของตัวแปรทั้งสาม ดังสมการที่ (2.2)

$$MV(t)=u(t)=P_{out}+I_{out}+D_{out} \tag{2.2}$$

โดย P_{out}, I_{out} และ D_{out} คือ เอาต์พุตจากตัวควบคุมในแต่ละเทอม ดังสมการที่ (2.3)

$$MV(t)=u(t)=K_c\left(e+\frac{1}{T_i}\int_0^t edt+T_d\frac{de}{dt}\right) \tag{2.3}$$

2.1.3.1 ตัวควบคุมแบบสัดส่วนหรือตัวควบคุม P (Proportional Control : P)

การควบคุมในเทอมสัดส่วนบางครั้งเรียกว่าอัตราขยาย จะเปลี่ยนแปลงตามสัดส่วนของค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยการคูณค่าความผิดพลาดด้วยค่าคงที่ K_c และส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาตามสัดส่วนโดยตรงของสัญญาณค่าความผิดพลาด ผลตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายตัวควบคุมแบบสัดส่วนที่มากเกินไปจะทำให้ค่าความผิดพลาดมากจนทำให้มีความไม่เสถียรเกิดขึ้นภายในระบบ แต่ถ้ามีค่าต่ำเกินไประบบควบคุมจะมีผลตอบสนองต่อขบวนการน้อยตามไปด้วย ดังสมการที่ (2.4)

$$u_p(t)=K_c e(t) \tag{2.4}$$

เมื่อ $u_p(t)$: สัญญาณเอาต์พุตของเทอมสัดส่วน
K_c : ค่าคงที่ของอัตราขายแบบสัดส่วน
e : ค่าความผิดพลาด

ในบางครั้งสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตจากตัวควบคุมอาจมีหน่วยที่แตกต่างกัน เพื่อหลีกเลี่ยงการแปลงหน่วยของความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตจึงอาจแสดงเป็นแถบสัดส่วน (Proportional Band : %PB) หมายถึง ช่วงความคลาดเคลื่อนที่ทำให้สัญญาณเอาต์พุตของตัวควบคุมเปลี่ยนแปลงค่าจากต่ำสุดไปสู่ค่าสูงสุด โดยถูกแสดงในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ของช่วงสัญญาณอินพุตตัวควบคุม ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายและเปอร์เซ็นต์ในช่วงสัญญาณอินพุตของตัวควบคุม [5] ดังสมการที่ (2.6)

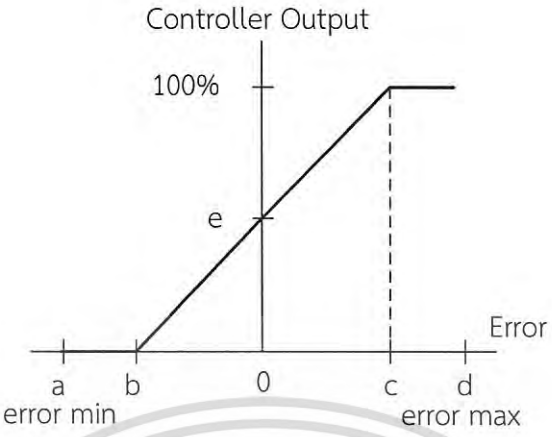
เนื่องจากค่าอัตราขยาย K_c เป็นความชันของช่วงการทำงาน ดังนั้น

$$K_c=\frac{\Delta u}{\Delta e} \tag{2.5}$$

$$\%PB=\frac{100\%}{K_c} \tag{2.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะสมบัติของตัวควบคุมแบบสัดส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ลักษณะสมบัติของตัวควบคุมแบบสัดส่วน

จากรูปที่ 2.6 ค่าเปอร์เซ็นต์แถบสัดส่วนคือระยะของ $\overline{bc}$ แม้ความคลาดเคลื่อนจะเป็นศูนย์ก็ยังมีสัญญาณค่าหนึ่งออกมาจากตัวควบคุมป้อนไปสู่กระบวนการเพื่อคำหน้าที่เป็นไบแอส (Bias) เพื่อให้ระบบสามารถอยู่ที่จุดทำงานต่อไป โดยมักกำหนดไว้ที่ 50% ของสัญญาณเอาต์พุตสูงสุดของตัวควบคุม คือ

$$\text{Controller Output} = \frac{\%Err}{\%PB} + 50\% \tag{2.7}$$

ตัวควบคุมแบบสัดส่วนเหมาะสำหรับระบบที่ต้องการผลตอบสนองที่รวดเร็ว จึงอาจทำให้เกิดความคลาดเลื่อนขนาดคงที่ค่าหนึ่งขึ้นในระบบ เมื่อระบบเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์อาจทำให้เกิดปัญหาอันเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนในสภาวะคงตัว (Steady-state error) หรืออาจเรียกว่าออฟเซต (Offset) ซึ่งตัวควบคุมในเทอมสัดส่วนนั้นไม่สามารถแก้ไขได้ทั้งหมด

2.1.3.2 ตัวควบคุมแบบปริพันธ์หรือตัวควบคุม I (Integral Control : I)

การควบคุมในเทอมปริพันธ์บางครั้งเรียกว่าเป็นฟังก์ชั่นรีเซต มีคุณสมบัติในการกำจัดค่าความผิดพลาด หรือเรียกอย่างอย่างหนึ่งว่าเป็นการจำจัดออฟเซต (Offset) โดยตัวควบแบบปริพันธ์จะมีการสะสมค่าความผิดพลาดเพื่อปรับแต่งไบแอสและส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาจากการอินทิกรัลสัญญาณ ค่าความผิดพลาด และจะมีค่าหมดลงเมื่อความคลาดเคลื่อนภายในระบบเป็นศูนย์ เมื่อผลตอบสนองของระบบได้ค่าตามต้องการแล้ว ซึ่งค่าเทอมไบแอสของระบบขึ้นอยู่กับลักษณะของสัญญาณรบกวน (Disturbance) การทำงานของตัวควบคุมในเทอมปริพันธ์ลักษณะนี้คล้ายฟังก์ชั่นรีเซ็ตด้วยมือ (Manual reset) หรืออาจเรียกตัวควบคุมแบบปริพันธ์ว่าเป็นฟังก์ชั่นรีเซต (Reset function) ดังสมการที่ (2.8)

$$u_I(t) = \frac{K_c}{T_i}\int_0^t edt \tag{2.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $u_I(t)$: สัญญาณเอาต์พุตของเทอมปริพันธ์
T_i : ค่าคงที่เวลาของอัตราขายแบบปริพันธ์
e : ค่าความผิดพลาด

ตัวควบคุมแบบปริพันธ์มีลักษณะคล้ายกับตัวควบคุมสัดส่วน ซึ่งผลของการเพิ่มอัตราขยายของตัวควบคุมมากเกินไปจะทำให้ผลตอบต่อระบบมีการแกว่ง โดยทั่วไปเวลาอินทิกรัล (Integral time) แสดงถึงผลตอบสนองของกระบวนการที่มีต่อสัญญาณควบคุม ค่า T_i ที่น้อยกว่าจะทำให้ตัวควบคุมมีการตอบสนองเร็วในระยะเริ่มต้นโดยที่ความคลาดเคลื่อนยังมีค่าเป็นบวกอยู่ ดังนั้นถ้าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์จะทำให้เทอมปริพันธ์หยุดทำงาน เทอมสัดส่วนจะมีค่าสูงกว่าที่ต้องการทำให้ผลตอบสนองเกิดการพุ่งเกิน (Overshoot) สูงกว่าค่ากำหนด เป็นผลให้ตัวควบคุมแบบปริพันธ์ทำหน้าที่ปรับความคลาดเคลื่อนให้ลดลง การใช้ตัวควบคุมปริพันธ์ในการควบคุมควรระวังในเรื่องของความคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่ (การเปลี่ยนแปลงค่าอ้างอิงขนาดใหญ่) เนื่องจากทำให้เกิดปัญหา integral windup ถึงแม้ว่า T_i จะมีค่าถูกต้องในสภาวะการทำงาน แต่สัญญาณควบคุมอาจถึงจุดอิ่มตัวขณะผลตอบสนองเกิดส่วนพุ่งเกิน

คุณสมบัติในการกำจัดค่าความผิดพลาดของตัวควบคุมแบบปริพันธ์ถือเป็นข้อดีและนิยมใช้อย่างแพร่หลายกับระบบควบคุมแบบป้อนกลับ อย่างไรก็ตามข้อเสียของตัวควบคุมแบบปริพันธ์อาจทำให้เกิดการล้าหลัง (Capacity-like lag) จึงทำให้ช่วงเวลาของการแกว่งยาวนานขึ้น โดยทั่วไปการใช้งานตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ จะมีช่วงเวลาของการแกว่งยาวนานกว่าระบบแบบสัดส่วนอย่างเดียวถึง 50% หรือ T_{pi}=1.5T_p สำหรับระบบที่มีค่าคงตัวเวลา (time constant) น้อยกว่าอาจไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการควบคุม เช่น ระบบควบคุมอัตราการไหล แต่สำหรับระบบที่มีค่าคงตัวเวลามาก เช่น ระบบควบคุมระดับ อาจมีผลมากจนทำให้ระบบเข้าสู่จุดวิกฤติที่ไม่สามารยอมรับได้

2.1.3.3 ตัวควบคุมแบบอนุพันธ์หรือตัวควบคุม D (Derivative Control : D)

การควบคุมในเทอมอนุพันธ์มีคุณสมบัติที่ทำให้เกิดผลตรงข้ามกับเทอมปริพันธ์ ที่ทำให้เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัวลดลง โดยการส่งสัญญาณเอาต์พุตจากการอนุพันธ์ค่าความผิดพลาด โดยตัวควบคุมแบบอนุพันธ์จะตอบสนองต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของความคลาดเคลื่อน ถึงแม้จะมีค่าเพียงเล็กน้อยก็ตาม สัญญาณเอาต์พุตของตัวอนุพันธ์ไม่ได้สัมพันธ์กับขนาดของความผิดพลาด แต่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด ถ้าค่าความผิดพลาดมีค่าคงที่ตัวอนุพันธ์จะให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นศูนย์ คุณสมบัตินี้เป็นข้อดีที่ทำให้ตัวควบคุมมีผลตอบสนองที่เกิดขึ้นก่อนความผิดพลาดจะเพิ่มมากขึ้น ดังสมการที่ (2.9)

$$u_D(t) = K_c T_d \frac{de}{dt} \tag{2.9}$$

เมื่อ $u_D(t)$: สัญญาณเอาต์พุตของเทอมอนุพันธ์
T_d : ค่าคงที่เวลาของอัตราขายแบบอนุพันธ์
e : ค่าความผิดพลาดของกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาอนุพันธ์ (Derivative Time) คือ เวลาที่แสดงถึงผลตอบสนองของตัวอนุพันธ์ การเพิ่มค่าเวลาอนุพันธ์จะทำให้ตัวอนุพันธ์มีค่าเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากตัวอนุพันธ์มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมาก ทำให้กระบวนการมีผลตอบสนองเร็วขึ้นและเวลาของการแกว่งลดลง ตัวควบคุมแบบอนุพันธ์จะทำให้เกิดผลตรงข้ามกับเทอมปริพันธ์ จึงมักใช้ในการปรับลดในกระบวนการที่มีความล้าหลังทางเวลา (Time lag)

ตารางที่ 2.1 ผลการเพิ่มค่าตัวแปร PID อย่างอิสระ

พารามิเตอร์	ช่วงเวลาขาขึ้น (Rise Time)	โอเวอร์ชูต (Overshoot)	ความผิดพลาดสถานะคงตัว (Steady-State Error)
K_c	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง
T_i	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลงจนหมดไป
T_d	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงน้อยมาก

จากตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเกนพารามิเตอร์ในตัวควบคุม PID เป็นตัวกำหนดผลตอบสนองของระบบ พบว่าค่าอัตราขยาย K_c จะทำให้ช่วงเวลาขาขึ้นไปสู่สภาวะคงตัวและค่าความผิดพลาดของสถานะคงตัวลดลง แต่ยังไม่สามารถกำจัดค่าความผิดพลาดของสถานะคงตัวให้หมดได้ ค่าเวลาปริพันธ์ T_i จะช่วยให้ค่าความผิดพลาดของสถานะคงตัวลดลง แต่การเพิ่มอัตราขยายมากเกินไปจะทำให้ผลการตอบสนองชั่วขณะของระบบเสียไป ส่วนค่าเวลาอนุพันธ์ T_d จะช่วยให้โอเวอร์ชูตสูงสุด (Maximum Overshoot) มีค่าลดลง และทำให้ผลการตอบสนองชั่วครู่ของระบบดีขึ้น

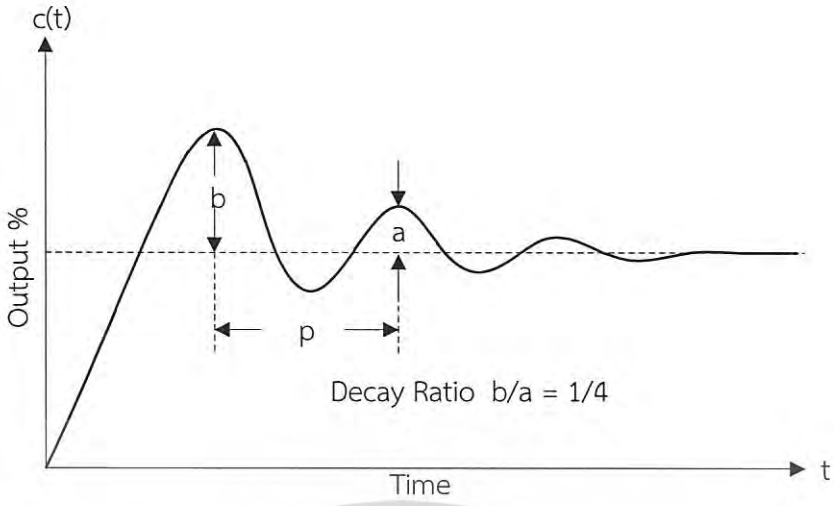
2.1.4 การปรับแต่งตัวควบคุมด้วยวิธีซิกเลอร์-นิโคลส์ (Ziegler-Nichols Method)

การปรับแต่งตัวควบคุมจำเป็นต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้ได้ผลที่เหมาะสมต่อกระบวนการควบคุม คือ ค่าอัตราขยาย K_c ค่าเวลาปริพันธ์ T_i และ ค่าเวลาอนุพันธ์ T_d โดยวิธีของซิกเลอร์ – นิโคลส์ ถูกนำเสนอขึ้นโดย J.G. Ziegler และ N.B. Nichole ในปี 1941 ซึ่งเทคนิคนี้เป็นที่รู้จักในชื่อ "Ziegler-Nichols One-quarter Wave Decay" ได้รับความนิยม และถูกใช้งานอย่างแพร่หลายในกระบวนการควบคุม การทำงานของตัวควบคุมแบบ PID จะต้องใช้ค่าพารามิเตอร์ป้อนให้ตัวควบควบคุมของกระบวนการหรืออัตราขยาย ก็คือค่า K_c , T_i และ T_d ซึ่งจะมีค่าขึ้นอยู่กับลักษณะของผลตอบสนองของกระบวนการที่ต้องการควบคุม มี 2 วิธีดังนี้ [5,12]

1. การหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีปฏิกิริยากระบวนการ (Process Reaction Method)
2. การหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีอัตราขยายสูงสุด (Ultimate Method)

การปรับแต่งตัวควบคุม PID ทั้งสองวิธีนั้นเป็นการปรับแต่งระบบควบคุมเพื่อให้ได้ผลตอบสนองของกระบวนการต่อสัญญาณอินพุตหนึ่งหน่วย (Unit Step) โดยมีอัตราส่วนระหว่างค่าของโอเวอร์ชูตสูงสุดครั้งแรก (b) ต่อครั้งที่สอง (a) มีค่าเป็น 4 ต่อ 1 หรืออาจเรียกว่าอัตราเสื่อม (Quarter Decay Ratio) ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 2.7

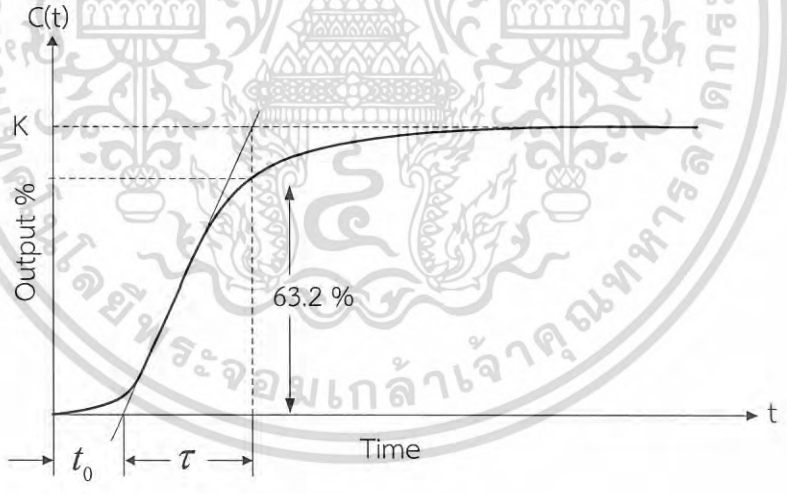
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ผลตอบสนองของกระบวนการที่มีอัตราเสื่อมเท่ากับ 1/4

2.1.4.1 วิธีปฏิกิริยากระบวนการ (Process Reaction Method)

วิธีปฏิกิริยากระบวนการพิจารณาผลตอบสนองของกระบวนการเมื่อมีการป้อนสัญญาณอินพุตหนึ่งหน่วยไปสู่ระบบควบคุม ซึ่งในกรณีนี้เป็นระบบควบคุมวงเปิด จึงทำให้ได้ผลตอบสนองของกระบวนการควบคุมมีลักษณะเพิ่มขึ้นเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State) ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ผลตอบสนองด้วยวิธีปฏิกิริยากระบวนการ

วิธีปฏิกิริยากระบวนการสามารถแยกการพิจารณาออกเป็น 2 ค่า คือค่าเวลาไร้การตอบสนอง (Dead Time : t_0) และค่าคงที่ของเวลา (Time Constant : τ) โดยการพิจารณาจากเส้นสัมผัสความชันที่มีค่าสูงสุด จะได้จุดตัดแกนเวลาและแกนเอาต์พุตตำแหน่ง 63.2 เปอร์เซ็นต์ของกระบวนการทั้งหมด ซึ่งค่า K คืออัตรายายเชิงสถิตจากการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรอินพุตสู่สภาวะคงตัวต่อสัญญาณอ้างอิง เมื่ออาศัยการประมาณค่าฟังก์ชั่นอันดับที่หนึ่งของระบบที่มีเวลาหน่วงมีฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G(s)=\frac{Ke^{-t_0 s}}{\tau_s+1} \tag{2.10}$$

เมื่อ K : อัตรายายเชิงสถิตของสภาวะคงตัว

t_0 : ค่าเวลาไร้การตอบสนอง

τ : ค่าคงที่ของเวลาของกระบวนการ

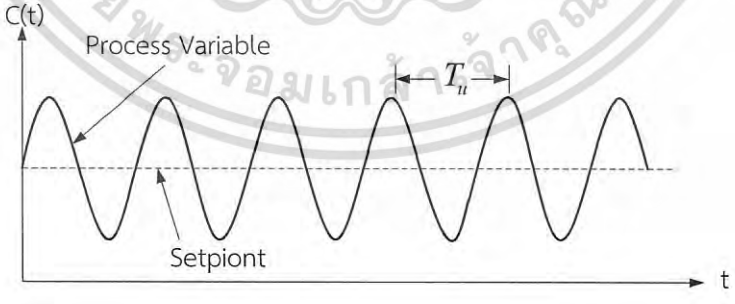
ตารางที่ 2.2 แสดงการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแต่ละชนิดจากวิธีปฏิกิริยากระบวนการ [12]

ชนิดตัวควบคุม	K_c	T_i	T_d
P	$\frac{1}{K}\left(\frac{t_0}{\tau}\right)^{-1}$	-	-
PI	$\frac{0.9}{K}\left(\frac{t_0}{\tau}\right)^{-1}$	$3.33t_0$	-
PID	$\frac{1.2}{K}\left(\frac{t_0}{\tau}\right)^{-1}$	$2t_0$	$\frac{1}{2}t_0$

จากตารางที่ 2.2 สามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแต่ละกรณี คือ P, PI และ PID ให้ได้ผลตอบสนองที่เหมาะสมกับกระบวนการด้วยวิธีปรับแต่งตัวควบคุมแบบวิธีปฏิกิริยากระบวนการ

2.1.4.2 วิธีอัตราขยายสูงสุด (Ultimate Method)

วิธีอัตราขยายสูงสุดพิจารณาผลตอบสนองของกระบวนการจากตัวควบคุมชนิด P เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตหนึ่งหน่วยไปสู่ระบบควบคุม โดยในกรณีนี้เป็นระบบควบคุมวงปิด โดยการป้อนค่าตัวควบคุมชนิด P หรือ K_c จนกระทั่งผลตอบสนองแกว่งตัวอย่างต่อเนื่อง (Sustained Oscillations) ซึ่งเป็นสภาวะกึ่งเสถียร จะได้ค่าพารามิเตอร์ที่เกิดจากอัตราขยายเชิงสถิตสูงสุดหรือ (Proportional Ultimate gain : K_{cu}) และคาบเวลาในการแกว่งสูงสุด (Ultimate time : T_u) ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ผลตอบสนองที่แกว่งด้วยแอมพลิจูดคงที่

เนื่องจากการปรับแต่งด้วยวิธีอัตราขยายสูงสุดต้องปรับพารามิเตอร์ของกระบวนการเพื่อให้มีค่าใกล้เคียงกับความไม่เสถียรและมีเวลาการดำเนินการนาน จึงไม่เหมาะสมกับกระบวนการที่มีอัตราหน่วงมาก ๆ เช่น กระบวนการควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจากวิธีนี้สามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการควบคุม แต่ละชนิดให้ได้ผลตอบสนองที่เหมาะสมกับกระบวนการ ดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแต่ละชนิดจากวิธีอัตราขยายสูงสุด [12]

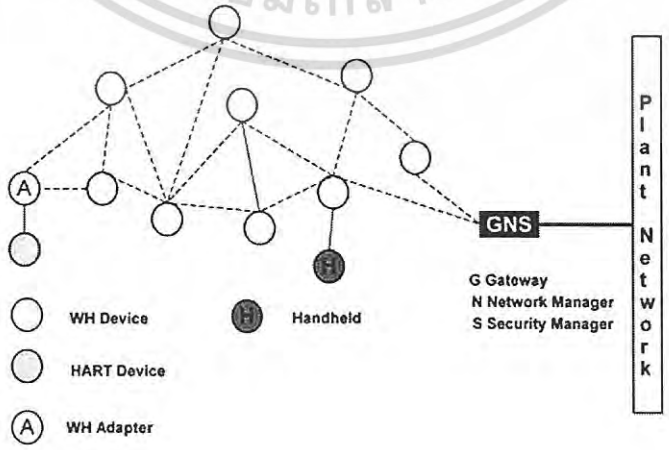
ชนิดตัวควบคุม	K_c	T_i	T_d
P	$\frac{K_{cu}}{2}$	-	-
PI	$\frac{K_{cu}}{2.2}$	$\frac{T_u}{1.2}$	-
PID	$\frac{K_{cu}}{1.7}$	$\frac{T_u}{2}$	$\frac{T_u}{8}$

2.1.5 เทคโนโลยีไร้สายในเครื่องมือวัด

อุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้เทคโนโลยีไร้สายมักถูกเรียกว่าเป็นอุปกรณ์สมาร์ท (Smart Device) ซึ่งสามารถให้ข้อมูลของอุปกรณ์ในเชิงลึกมากขึ้น เพื่อใช้เพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของกระบวนการ รวมถึงเพิ่มความสามารถของการส่งข้อมูลในรูปแบบที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพ เทคโนโลยีไร้สายที่โดดเด่นในปัจจุบันคือ IEEE 802.15.4 [13] ที่รองรับคลื่นความถี่วิทยุแบบ DSSS ในย่านความถี่ 2.4GHz โดยถูกนำมาใช้ในสองมาตรฐานได้แก่ IEC62591-1 (Wireless HART) [14] และ ANSI/ISA100.11a [15] ซึ่งมาตรฐานสากลอย่าง Wireless HART และมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา คือ ISA100.11a ที่มีรายละเอียดรูปแบบของการสื่อสารทั้งสองนั้นมีความคล้ายคลึงกันมาก แต่ยังคงมีความแตกต่างในทางเทคนิควิธีการระหว่างมาตรฐานและการประยุกต์ใช้

2.1.5.1 มาตรฐาน IEC62591-1 (Wireless HART)

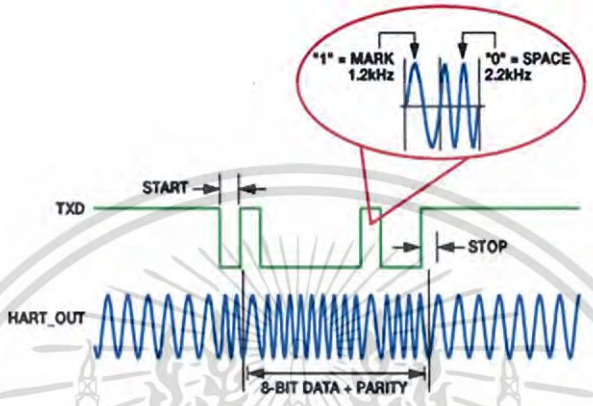
Wireless HART ใช้พื้นฐานของโปรโตคอลในการสื่อสารแบบ HART (Highway Addressable Remote Transducer) ที่ใช้สื่อสารสำหรับกระบวนการการควบคุม โดยมีฟังก์ชั่นการทำงานของอุปกรณ์ให้ผู้ใช้งานสามารถสื่อสารด้วยค่าข้อมูลดิจิตอลไปพร้อมกับการเชื่อมต่อและส่งสัญญาณผ่านโมดูลอนาลอก ซึ่งยังสามารถเชื่อมต่อกับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุมเดิมที่มีมาตรฐานของการส่งสัญญาณ 4 - 20 mA เพื่อให้เกิดความหลากหลายในการส่งข้อมูลของกระบวนการอุตสาหกรรม โดยทั่วไปสามารถสื่อสารผ่านอุปกรณ์สมาร์ทที่มีโปรโตคอล HART ซึ่งมีความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือสำหรับการใช้งานภายใต้สภาวะแวดล้อมที่อันตราย โปรโตคอล HART ได้พัฒนาในปี 1980 โดยบริษัท Rosemount เพื่อให้เป็นโปรโตคอลมาตรฐานที่เปิดกว้างสำหรับกระบวนการควบคุม ดังรูปที่ 2.10 [16,17]



รูปที่ 2.10 สถาปัตยกรรมโครงข่าย Wireless HART [17]

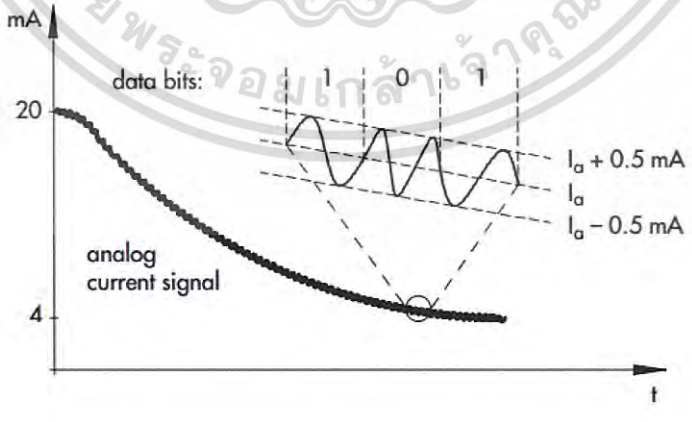
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรโตคอล HART มีพื้นฐานมาจากมาตรฐานของการสื่อสารทางโทรศัพท์ (Bell 202) โดยใช้หลักการมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Shift Keying : FSK) เพื่อให้สัญญาณข้อมูลของค่าทางดิจิตอลเปลี่ยนเป็นสัญญาณความถี่รูปคลื่นไซน์ด้วยแอมพลิจูดของสัญญาณคงที่ ทำให้สัญญาณข้อมูลถูกเปลี่ยนไปเป็นความถี่ที่แน่นอนด้วยโมเด็ม (Modem) โดยการสร้างสัญญาณข้อมูลจะถูกปรับให้มีความถี่สองย่านคือ 1,200 เฮิรตซ์ และ 2,200 เฮิรตซ์ จากการมอดูเลตทางความถี่ซึ่งจะสามารถเปรียบด้วยค่าข้อมูลดิจิตอล 1 และ 0 ตามลำดับ ดังรูปที่ 2.11 [18]



รูปที่ 2.11 การผสมสัญญาณแบบเปลี่ยนความถี่สัญญาณดิจิตอล [18]

โดยคลื่นสัญญาณข้อมูลรูปไซน์ทั้งสองความถี่จะถูกนำเข้าสู่สายส่งสัญญาณ ซึ่งสัญญาณจะถูกทำให้ทับซ้อนอยู่บนสัญญาณคลื่นพาหะ (Signal Carrier) อนาลอกมาตรฐาน 4 - 20 mA ซึ่งจะช่วยให้สัญญาณมีการสื่อสารข้อมูลแบบสองทิศทางเกิดขึ้นพร้อมกัน ซึ่งสัญญาณการสื่อสารรูปคลื่นไซด์ที่ถูกนำเข้าสู่สายส่งจะไม่มีผลกระทบต่อสัญญาณอนาลอก ช่วยให้อุปกรณ์มีการใช้โปรโตคอล HART สื่อสารค่าข้อมูลดิจิตอลพร้อมกับการส่งสัญญาณอนาลอกเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน ทำให้สามารถแก้ไขหรือการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของอุปกรณ์สนามได้อย่างสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 2.12 [19]



รูปที่ 2.12 ลักษณะการส่งสัญญาณของฮาร์ทโปรโตคอล [19]

รูปแบบของ Wireless HART ในงานทางอุตสาหกรรมแบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ Wireless Plant Network ที่มีการรับส่งแบบจุดเชื่อมต่อและกระจายข้อมูล (Access Point) ทำงานเป็นโครงข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำหน้าที่เชื่อมโยงหรือส่งผ่านข้อมูลจาก Wireless Field Network เพื่อเชื่อมต่อและส่งข้อมูลจากอุปกรณ์หน้างานเข้าสู่ระบบควบคุม ซึ่งอุปกรณ์แต่ละตัวมีความสามารถกระจายสัญญาณเพื่อสร้างเครือข่ายจากระบบออกไปสู่เครื่องลูกข่ายที่อยู่ในรัศมีการกระจายสัญญาณของอุปกรณ์ที่กำหนดในวงสื่อสารเดียวกัน และ Wireless Field Network ใช้เทคโนโลยีแบบไร้สายในย่านความถี่ 2.4 GHz ที่มีเสถียรภาพงานสื่อสารด้วยเทคโนโลยีโครงข่าย (Mesh Topology) ทำให้อุปกรณ์ส่งสัญญาณนั้นมีความสามารถในการหาเส้นทางที่ดีที่สุดด้วยตัวเอง โดยการส่งข้อมูลเชื่อมต่อเครือข่าย มี 2 ลักษณะ คือ แบบจุดต่อจุด (point to point) และแบบหลายจุด (multipoint) [20]

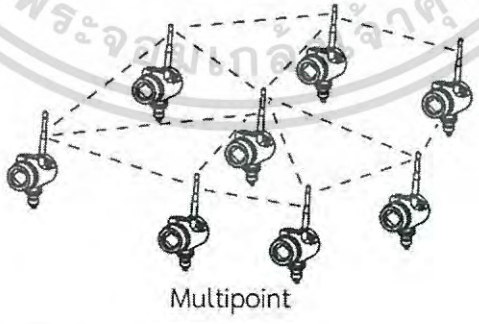
1) แบบจุดต่อจุด (point to point)

คือ วิธีการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สื่อสารสองเครื่อง โดยมีสื่อกลางหรือช่องทางในการสื่อสารเพียงช่องทางเดียวเท่านั้น ซึ่งเป็นการจับจองช่องทางที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กันโดยไม่มีการใช้ช่องทางการสื่อสารร่วมกับอุปกรณ์อื่น การเชื่อมโยงแบบจุดต่อจุดจึงเหมาะสมกับงานที่มีการรับส่งข้อมูลจำนวนมากและต่อเนื่อง ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 การส่งสัญญาณแบบจุดต่อจุด

2) แบบหลายจุด (multipoint)

คือ วิธีการเชื่อมโยงข้อมูลที่สารสามารถเชื่อมโยงกับอุปกรณ์ได้หลายชิ้น โดยจุดเชื่อมต่อแต่ละจุดสามารถเก็บข้อมูลไว้ ก่อนทำการส่งข้อมูลออกไปเพื่อให้ใช้ประสิทธิภาพของสายสื่อสารได้เต็มที่ ในขณะไม่มีการส่งข้อมูลก็สามารถให้อุปกรณ์อื่นใช้เป็นช่องทางการสื่อสาร ถ้ามีข้อมูลถูกส่งมาพร้อมกัน อาจเกิดความเสียหายแก้ข้อมูล จึงจำเป็นต้องมีศูนย์กลางจัดการข้อมูล ดังนั้นการเชื่อมโยงแบบหลายจุดจึงเหมาะกับการรับส่งข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่องและข้อมูลจำนวนไม่มาก ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การส่งสัญญาณแบบหลายจุด

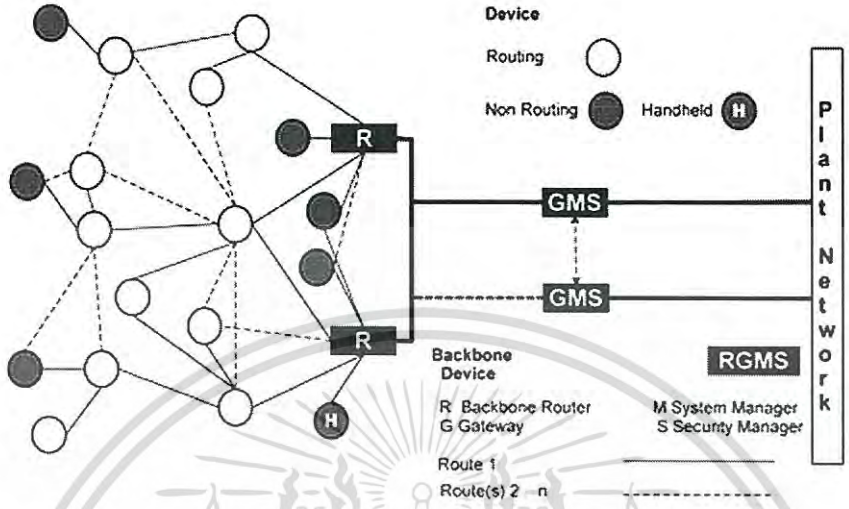
2.1.5.2 มาตรฐาน ANSI/ISA100.11a

ISA100.11a ได้ถูกพัฒนาจากมาสมาคมระหว่างประเทศของระบบอัตโนมัติ (ISA : International Society of Automation) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

มาตรฐานเพื่อรองรับความหลากหลายของโรงงานอุตสาหกรรมไร้สายและความต้องการในกระบวนการอัตโนมัติ เพื่อให้เป็นมาตรฐานที่เปิดกว้างและมีความยืดหยุ่นในการรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่หลากหลาย รวมทั้งในด้านความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือ [17]



รูปที่ 15 สถาปัตยกรรมโครงข่าย ISA100.11a [17]

ISA100.11a เป็นมาตรฐานที่มีลักษณะการส่งสัญญาณแบบไร้สายจากอุปกรณ์ที่ติดต่ออยู่ในวงสื่อสารเดียวกันโดยไม่ระบุโปรโตคอลชั้นแอปพลิเคชั่นของกระบวนการหรือการติดต่อของอุปกรณ์ที่เป็นโปรโตคอลที่มีอยู่ แต่เป็นเพียงการระบุเครื่องมือสำหรับสร้างการติดต่อสื่อสารในวงเดียวกันเท่านั้น โดยการสื่อสารนั้นอาจเป็นมาตรฐานเดียวกันหรือมีความแตกต่าง เพื่อรองรับการเชื่อมโยงข้อมูลจากอุปกรณ์เข้ามาสู่แอปพลิเคชั่น เช่น มาตรฐาน Wifi/IEEE 802.11, Bluetooth, Fieldbus Foundation, HART, Profibus, Modbus เป็นต้น ในการเชื่อมโยงข้อมูลของ ISA100.11a ให้บริการของเครือข่ายไร้สายขั้นสูงที่คล้ายกับ Wireless HART

2.1.5.3 ข้อเปรียบเทียบระหว่าง Wireless HART และ ISA100.11a

ความคล้ายกันระหว่าง Wireless HART และ ISA100.11a ที่ใช้เทคโนโลยีในมาตรฐาน IEEE 802.15.4 สำหรับการสร้างเครือข่ายไร้สายและการส่งข้อมูลไปสู่เกตเวย์ในย่านความถี่ 2.4 GHz ISM (Instrumentation, Scientific and Medical) ที่มีเครือข่ายครอบคลุมพื้นที่ปฏิบัติงาน ความแตกต่างของมาตรฐานระหว่าง Wireless HART (IEC62591-1) และ ANSI/ISA100.11a [21,22] ซึ่งเป็นเรื่องเทคนิคในการออกแบบอุปกรณ์และวัตถุประสงค์ของการใช้งานแต่ละมาตรฐาน ซึ่ง Wireless HART นั้นถูกออกแบบให้มีการกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์ปลายทางที่ถูกติดตามจากเกตเวย์ (เพื่อให้เกิดความถูกต้องน่าเชื่อถือ, ความปลอดภัย, ความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรม, การทำงานร่วมกันอย่างเคร่งครัดและการสนับสนุนการใช้งานบนแอปพลิเคชั่น) ในส่วนของ ISA100.11a นั้นถูกออกแบบมาเพื่อให้มีความยืดหยุ่นและความหลากหลายในการสร้างทางเลือกให้ผู้ผลิตสำหรับปรับแต่งการทำงานในกระบวนการหรือระบบในอุตสาหกรรม ซึ่งมีรายละเอียดดังตัวอย่างในตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
144018

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบโครงสร้างข้อมูลของ IEC 62591-1 (Wireless HART) และ ANSI/ISA100.11a [21]

Layer	IEC 62591-1 (Wireless HART)	ANSI/ISA100.11a
Physical (PHY)	IEEE 802.15.4 2.4GHz DSSS radio	IEEE 802.15.4 2.4GHz DSSS radio
Media Access Layer (MAC)	Complies with the 802.15.4-2006 MAC and MAC services	Based on a modified, non-compliant version of the IEEE 802.15.4-2006 MAC
Data Link Layer (DLL)	Time slotted Channel hopping Secure acknowledgements Clock propagation Security: hop-by-hop data integrity	Time slotted Channel hopping Secure acknowledgements Clock propagation Security: hop- by-hop data integrity and encryption Graph and source routing Joining Options* for : Slow hopping and hybrid slow/fast hopping Dual Acknowledgement Configuration based time slot sizes Explicit congestion notification
Network Layer	Graph and source routing. Graph routes include the "1 through n Access Points" allowing redundant / multiple connections to the backbone networks. This enables a single network to support very high throughput. Joining Security: end-to-end encryption and data integrity	IETF IPv6 and 6LoWPAN Fragmentation and reassembly at backbone router. Note, if fragmentation and reassembly used then graph route must terminate and reassemble messages at a single backbone router introducing a single point of failure.

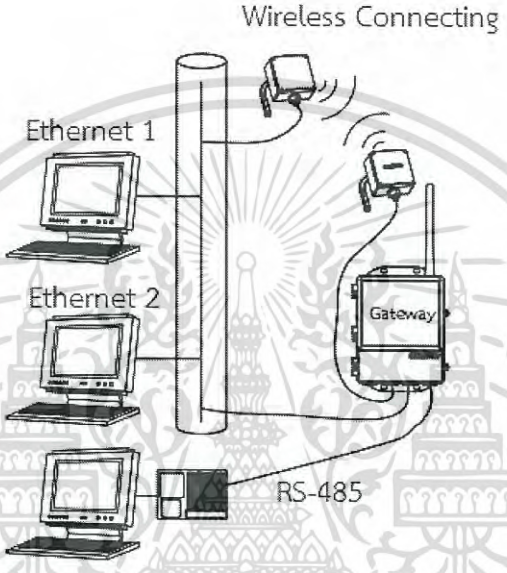
ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

Layer		IEC 62591-1 (Wireless HART)	ANSI/ISA100.11a
Transport Layer		Connectionless service Reliable delivery with an acknowledgement service	Connectionless UDP service Security: end-to-end encryption and data integrity
Application Layer	Process Control	HART 7	No process & control application layer
	Management	Diagnostics Centralized network configuration of superframes links, and routes Joining	Diagnostics Centralized network configuration of superframes links, and routes Joining Options* for: Distributed network configuration
	Security	Key management	Key management
	Application Sub Layer	Command and response structure Data encoding Security: Encryption and data integrity	Object and method services structure Data encoding

* Not all the options are full specified in ISA100.11a and are proprietary implementations if used.

2.1.6 สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย (Smart Wireless Gateway)

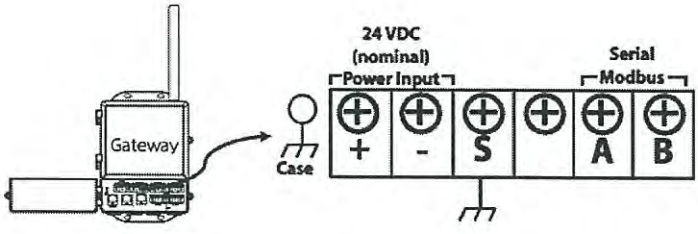
สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย [23] คือ อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายอัตโนมัติที่มีระบบจัดการตัวเองเพื่อจัดการข้อมูลของกระบวนการควบคุมที่ติดต่อกับอุปกรณ์ฮาร์ทแบบไร้สาย โดยมีการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์สนามเพื่อนำข้อมูลของกระบวนการหรือระบบควบคุมที่ได้จากอุปกรณ์ทรานสมิตเตอร์ฮาร์ทที่มีการสื่อสารแบบไร้สายในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง เพื่อมารวบรวมให้ง่ายต่อการบริหารจัดการข้อมูลให้มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว โดยสัญญาณส่งในย่านความถี่ 2.4 GHz การเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลจากเกตเวย์แบบไร้สายสามารถทำได้สองทาง คือ การเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรม RS-485 และการเชื่อมต่อผ่านพอร์ต Ethernet TCP/IP ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การเชื่อมต่อเกตเวย์กับอุปกรณ์เครือข่าย

2.1.6.1 การเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรม RS-485

RS-485 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม (Serial Communication) ที่กำหนดโดย EIA (Electronics Industry Association) หรือสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา โดยมีลักษณะการสื่อสารเป็นแบบ Half-duplex ซึ่งมีอัตราบอด (Baud Rate) อยู่ที่ 9600 ระยะทางในการรับส่งข้อมูลในทางทฤษฎีประมาณ 1.96 km และสามารถต่อพ่วงร่วมกับอุปกรณ์ภายในวงรอบได้ประมาณ 256 ตัว ซึ่งสายสัญญาณในสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายมีการส่งข้อมูลเป็นแบบ 2 เส้น เพื่อใช้สำหรับรับส่งข้อมูลผ่านสายสัญญาณคู่เดียวกันเท่านั้น คือ A กับ B ดังรูป 2.17

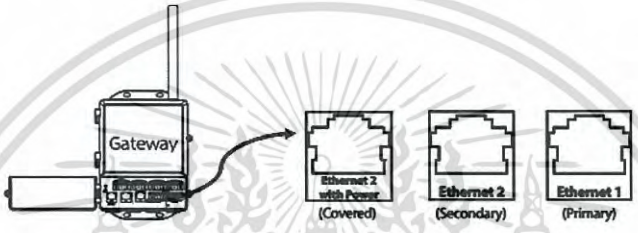


รูปที่ 2.17 จุดเชื่อมต่อ RS-485 ภายในสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย [23]

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.2 การเชื่อมต่อผ่าน Ethernet TCP/IP

อีเทอร์เน็ตเป็นชื่อเรียกของการสื่อสารที่อยู่ในรูปแบบเครือข่ายความเร็วสูง โดยที่มีการกำหนดไว้ในมาตรฐานของ IEEE 802.3 ซึ่งสามารถเชื่อมต่อสายสัญญาณให้สื่อสารผ่านเทคโนโลยี LAN ส่วนใหญ่ใช้ร่วมกับโปรโตคอล TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ซึ่งเป็นโปรโตคอลมาตรฐานของการสื่อสารผ่านระบบเครือข่าย ที่สามารถสื่อสารจากต้นทางข้ามให้เครือข่ายไปยังปลายทาง และสามารถหาเส้นทางที่จะส่งข้อมูลไปได้เองโดยอัตโนมัติ โดยมีการกำหนดเลขหมายไอพีแอดเดรส (IP Address) เป็นตัวเลขหลัก 4 ชุด ของอุปกรณ์ในเครือข่ายที่คั่นด้วยจุด เช่น 192.168.0.1 เพื่อให้เกิดการอ้างอิงที่ไม่ซ้ำกัน และยังมีหมายเลขพอร์ต (Port number) อยู่ที่ 502 ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ สำหรับใน Home Network เริ่มกำหนดไอพีแอดเดรสอยู่ที่ 192.168.0.1 แต่ไม่เกิน 192.168.0.254 ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงจุดเชื่อมต่อ Ethernet ภายในสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย [23]

ในการเชื่อมต่อเพื่อเข้าถึงข้อมูลภายในเกตเวย์แบบไร้สายสามารถเชื่อมต่อผ่านพอร์ต Ethernet TCP/IP โดยการเชื่อมต่อไปยังเลขหมายไอพีแอดเดรสที่กำหนดไว้ภายใน โดยสามารถกำหนดเลขหมายไอพีแอดเดรสได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.4 เพื่อให้สามารถเข้าสู่เว็บบราวเซอร์ ซึ่งเป็นเฟิร์มแวร์ (Firmware) ที่ฝังตัวอยู่บนสมาร์ตเกตเวย์ ซึ่งใช้ในการเปิดดูข้อมูลต่าง ๆ ทำหน้าที่ในการแสดงผลของข้อมูลทางกระบวนการ โดยการติดต่อไปยังเว็บบราวเซอร์มาตรฐาน เช่น Internet Explorer หรือ Google chrome โดยเว็บบราวเซอร์เป็นซอฟต์แวร์ลูกข่ายที่ทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 หน้าต่างซอฟต์แวร์สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงตัวอย่างหมายเลขไอพีแอดเดรสสำหรับเชื่อมต่อสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย [23]

Connection Unit	Gateway	PC/Laptop	Subnet
Ethernet 1	192.168.1.10	192.168.1.12	255.255.255.0
Ethernet 2	192.168.2.10	192.168.2.12	255.255.255.0
Ethernet 1 (DeltaV Ready)	10.5.255.254	10.5.255.200	255.254.0.0
Ethernet 2 (DeltaV Ready)	10.9.255.254	10.9.255.200	255.254.0.0

2.1.7 พีแอลซี (PLC)

พีแอลซี (PLC : Programmable Logic Controller) เป็นอุปกรณ์ควบคุมชนิดหนึ่งที่นำมาแทนการควบคุมที่ใช้รีเลย์ (Relay) เพื่อให้ใช้งานได้สะดวกขึ้น เนื่องจากเป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการทำงานคล้ายคอมพิวเตอร์ที่สามารถป้อนโปรแกรมสั่งการได้ โดยมีหน่วยอินพุตและเอาต์พุตที่เป็นทั้งแบบลอจิก (ON/OFF) และแบบอนาลอก (Analog) ทำให้สามารถควบคุมเครื่องจักรได้ทุกชนิด สามารถใช้งานได้ทั้งแบบเดี่ยว (Stan alone) และการต่อแบบเข้ากันหลาย ๆ ตัว (Network) เพื่อคอยควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [24,25]

2.1.7.1 ส่วนประกอบของพีแอลซี

พีแอลซีแบ่งส่วนประกอบออกเป็น 5 ส่วน คือ หน่วยประมวลผลกลาง ภาคอินพุต ภาคเอาต์พุต และอุปกรณ์ป้อนโปรแกรม

1) หน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit : CPU) เป็นส่วนมันสมองของระบบ ที่รับข้อมูลจากอินพุตมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ (Memory) แล้วประมวลผลตามโปรแกรมที่เขียนไว้ในจนสิ้นสุด และส่งข้อมูลไปยังเอาต์พุต ซึ่งภายในประกอบด้วย Logic Gate หลายชนิด และยังมีไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้สำหรับแทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ (Relay) เคาน์เตอร์ (Counter) ไทม์เมอร์ (Timer) หรือซีเควนเซอร์ (Sequencers) เพื่อให้ผู้ใช้งานออกแบบใช้วงจรรีเลย์แลดเดอร์ลอจิก (Relay Ladder Logic) เข้าไปได้

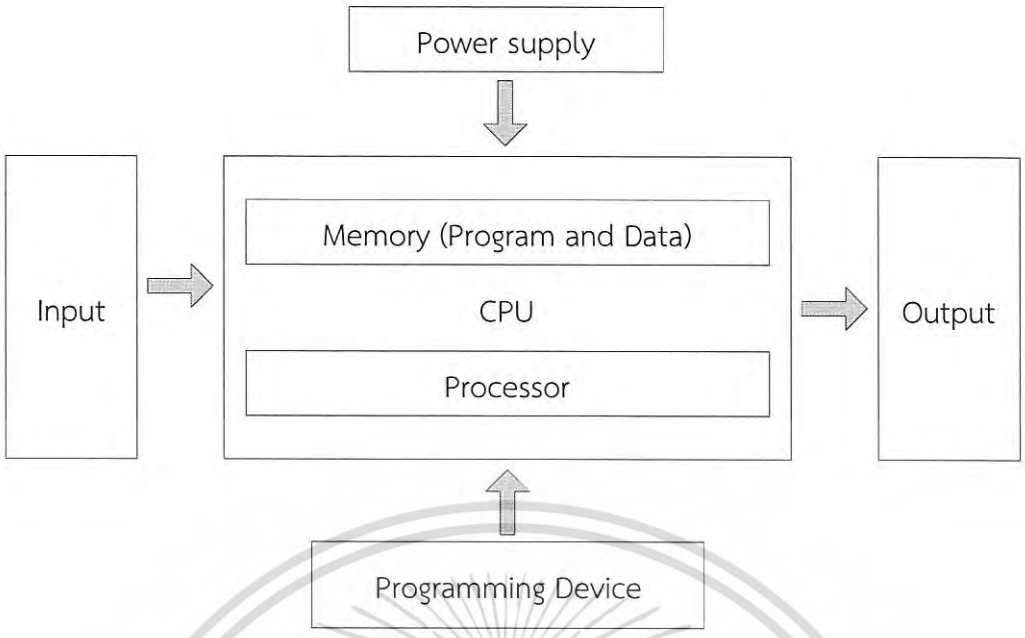
2) ภาคอินพุต (Input Unit) ทำหน้าที่รับสัญญาณจากภายนอก ซึ่งมีอุปกรณ์วัดค่าปริมาณที่ต้องการ เช่น อุณหภูมิ, ความดันหรือระยะทาง เป็นต้น และจะถูกแปลงเป็นปริมาณทางไฟฟ้าเพื่อนำเข้าสู่หน่วยประมูลผลภายในพีแอลซี

3) ภาคเอาต์พุต (Output Unit) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกไปขับโหลดชนิดต่าง ๆ ที่ถูกต่อร่วมกับพีแอลซีตามเงื่อนไขที่ถูกเขียนโปรแกรมไว้ ภาคเอาต์พุตมีทั้งที่เป็นดิจิตอลเอาต์พุต (Digital Output) ที่มีสัญญาณควบคุมแบบเปิดหรือปิด และอนาลอกเอาต์พุต (Analog Output) ที่มีสัญญาณควบคุมมาตรฐานที่เป็นแรงดันและกระแส คือ 0 - 10 V, 1 - 5 V และ4 - 20 mA

4) แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) ทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าให้ CPU และส่วนอื่น ๆ ที่อยู่ในพีแอลซี โดยส่วนมากจะมีให้เลือกใช้งาน คือ 24 VDC, 120 VDC และ240 VDC

5) อุปกรณ์ป้อนโปรแกรม (Programming Device) เป็นส่วนที่ควบคุมโปรแกรมของผู้ใช้ลงในหน่วยความจำของพีแอลซี และยังทำหน้าที่ติดต่อระหว่างพีแอลซีกับผู้ใช้ให้สามรถตรวจสอบสถานะหรือการประมวลผลการคุมคุมกระบวนการตามโปรแกรมที่ผู้ใช้กำหนด

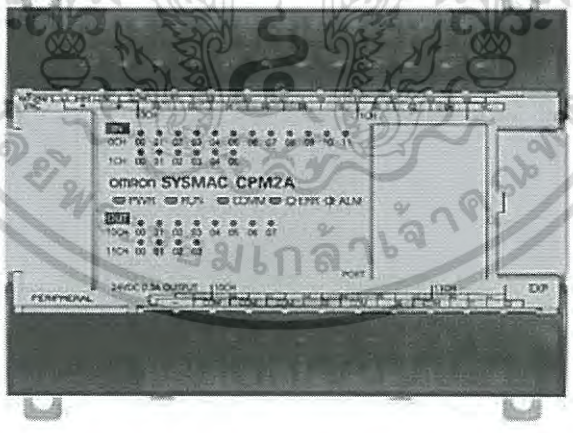
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 โครงสร้างของพีแอลซี

2.1.7.2 ชนิดของพีแอลซี

1) พีแอลซีชนิดบล็อก (Block Type) จะรวมส่วนประกอบทั้งหมดให้อยู่ในบล็อกเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นตัวประมวลผล, หน่วยความจำ, ภาคอินพุตหรือเอาต์พุต และแหล่งจ่ายไฟของพีแอลซี ชนิดนี้จะมีขนาดเล็กสามารถติดตั้ง และใช้งานได้ง่ายจึงเหมาะกับงานควบคุมขนาดเล็กๆ ดังรูปที่ 2.21

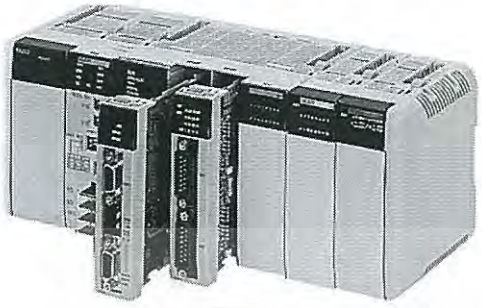


รูปที่ 2.21 พีแอลซีชนิดบล็อก [24]

2) พีแอลซีชนิดโมดูล (Modular Type) สามารถแยกส่วนประกอบแต่ละส่วนออกจากกันเป็นโมดูล เช่น อินพุต เอาต์พุต ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้ว่าจะใช้โมดูลขนาดกี่อินพุตหรือเอาต์พุต ซึ่งมีให้เลือกใช้งานหลายรูปแบบอาจใช้เป็นอินพุตอย่างเดียวขนาด 8/16 จุด หรือเป็นเอาต์พุตอย่างเดียวขนาด 4/8/12/16 จุด ขึ้นอยู่กับพีแอลซีที่ใช้งาน ในส่วนของตัวประมวลผลและหน่วยความจำจะถูกรวมอยู่ในหน่วยซีพียู (CPU Unit) ซึ่งสามารถเปลี่ยนขนาดของซีพียูให้เหมาะสมตามความต้องการใช้งาน เมื่อ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

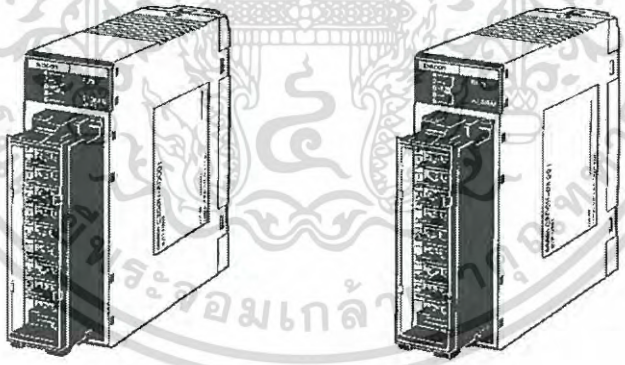
ต้องการใช้งานพีแอลซีชนิดโมดูลจะถูกนำมาต่อร่วมกัน บางรุ่นอาจใช้เป็นคอนเน็คเตอร์ในการเชื่อมต่อกันระหว่างหน่วย เช่น รุ่น CQM1 /CQM1H หรือ CJ1M/H/G แต่บางรุ่นใช้ Backplane ในการรวมหน่วยต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ ตัวอย่างพีแอลซีชนิดโมดูลได้ ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 พีแอลซีชนิดโมดูล [24]

2.1.7.3 อินพุตและเอาต์พุตอนาลอก (Analog I/O Unit)

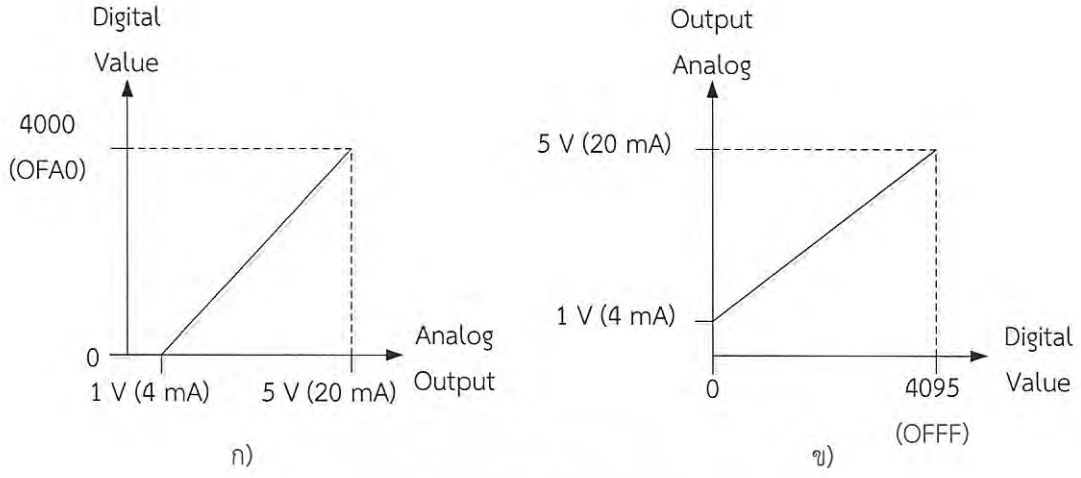
ในส่วนอินพุตและเอาต์อนาลอกของพีแอลซีจะต่อร่วมกับชุดควบคุม เพื่อทำหน้าที่รับส่งข้อมูลสัญญาณต่าง ๆ จากภายนอกเข้ามาสู่พีแอลซี โดยการเปลี่ยนรูปของสัญญาณอนาลอกมาตรฐาน ที่เป็นแรงดันและกระแส (สัญญาณอนาลอกมาตรฐาน เช่น 4 - 20 mA, 1 - 15 V หรือ 0 - 10 V) ให้อยู่ในรูปแบบค่าดิจิตอล เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถอ่านค่าหรือนำไปประยุกต์ใช้งานบนแอพพลิเคชันต่าง ๆ ที่ต้องการได้ ดังรูปที่ 2.23 [25]



รูปที่ 2.23 โมดูลอินพุตและเอาต์อนาลอก [26]

ค่าของโมดูลอินพุตอนาลอกที่ใช้สำหรับรับค่าจากเซ็นเซอร์ สามารถเลือกสัญญาณการวัดค่าได้ตามมาตรฐานของการส่งสัญญาณ เช่น สัญญาณแรงดัน 1 - 5 V และค่ากระแส 4 - 20 mA ของโมดูลมีค่าระดับของดิจิตอลอยู่ในช่วง 0-4000 ดังรูปที่ 2.24 ก. และค่าของโมดูลเอาต์พุตอนาลอกที่ใช้สำหรับส่งสัญญาณไปสู่อุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม สามารถเลือกสัญญาณการควบคุมภายในโมดูลได้ตามมาตรฐานของการส่งสัญญาณ อย่างเช่น สัญญาณการควบคุม 1 - 5 V และค่ากระแส 4 - 20 mA ของโมดูล ที่มีค่าระดับดิจิตอลอยู่ในช่วง 0-4095 ดังรูปที่ 2.24 ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดงการเปรียบเทียบระดับสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตอนาลอก
ก) สัญญาณอินพุตอนาลอก
ข) สัญญาณเอาต์พุตอนาลอก

2.1.7.4 การติดต่อกับพีแอลซี

การเชื่อมต่อเพื่อรับหรือส่งข้อมูลของพีแอลซีเพื่อป้อนโปรแกรมหรืออ่านค่าสถานะจากอุปกรณ์ควบคุมภายนอกสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ เครื่องป้อนโปรแกรมแบบมือ (Hand Held Programmer) และคอมพิวเตอร์

1) เครื่องป้อนโปรแกรมแบบมือ

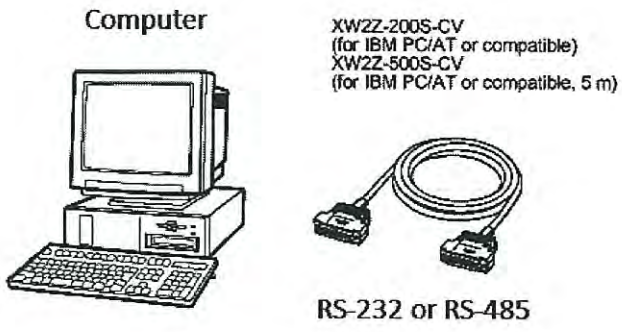
เครื่องป้อนโปรแกรมแบบมือทำหน้าที่ควบคุมโปรแกรมของผู้ใช้ลงในหน่วยความจำเพื่อทำหน้าที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้งาน ให้สามารถตรวจสอบสถานการณ์ทำงานของพีแอลซี และผลการควบคุมกระบวนการตามโปรแกรมที่ผู้ควบคุมเขียนขึ้น โดยสามารถเชื่อมต่อผ่านสายเคเบิล ซึ่งการใช้เครื่องป้อนโปรแกรมแบบมือทำให้เกิดความสะดวก เนื่องจากมีขนาดเล็กในการเคลื่อนย้ายหรือพกพาได้สะดวก

รูปที่ 2.25 เครื่องป้อนโปรแกรมแบบมือ [26]

2) คอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์เป็นอีกเครื่องมือที่สามารถใช้สำหรับเขียนโปรแกรมร่วมกับพีแอลซี โดยใช้งานร่วมกับซอฟแวร์เฉพาะของพีแอลซีหรืออาจเป็นซอฟแวร์ที่ถูกพัฒนาให้มีความสามารถที่สนับสนุนการประยุกต์ใช้งานร่วมกับพีแอลซี ซึ่งสามรถเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรมโดยตรง เช่น RS-232 หรือ RS-485 ซึ่งเป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมที่นิยมใช้ในพีแอลซีงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 การเชื่อมต่อใช้งานพีแอลซีกับคอมพิวเตอร์ [26]

2.1.8 การสื่อสารและการสร้างอินเทอร์เฟส (Communications and Interface)

การสื่อสารข้อมูล คือ การโอนถ่ายหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลในระบบเครือข่ายระหว่างแม่ข่าย (Server) และลูกข่าย (Client) ที่สื่อสารผ่านโปรโตคอลโดยทั่วไป เช่น Modbus TCP/IP โดยลูกข่ายจะติดต่อกับพารามิเตอร์หรือ Tag ภายในแม่ข่ายที่ให้บริการข้อมูลด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามผู้ผลิต เช่น มีการส่งค่าจากแม่ข่ายเมื่อค่าอินพุตหรือเอาต์พุตของพีแอลซีมีการเปลี่ยนแปลง เป็นต้น ซึ่งในการสื่อสารกับอุปกรณ์นั้น แม่ข่ายจะทำการตรวจสอบค่าจากอุปกรณ์ตามช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานได้กำหนดไว้ โดยอาจแตกต่างกันไปตามอัตราการส่ง โดยตัวควบคุมจะส่งค่าตัวแปรตามที่ถูกร้องขอให้กับแม่ข่าย พร้อมค่าเวลาขณะนั้น (Time Stamp) การสื่อสารกับอุปกรณ์ของแม่ข่ายนั้นอาจเป็นการสื่อสารแบบ Modbus, Profibus และ Profinet เป็นต้น ขึ้นอยู่กับมาตรฐานการสื่อสารของอุปกรณ์นั้นว่าเป็นแบบใด ในปัจจุบันมีการสร้าง OPC Server ที่สนับสนุนการติดต่อด้วยมาตรฐานต่าง ๆ เพิ่มขึ้นมากมายจนครอบคลุมอุปกรณ์ทุกประเภท และมีการพัฒนาให้ทั่วถึงไปยังอุปกรณ์ใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่อง

2.1.8.1 โปรโตคอล (Protocol)

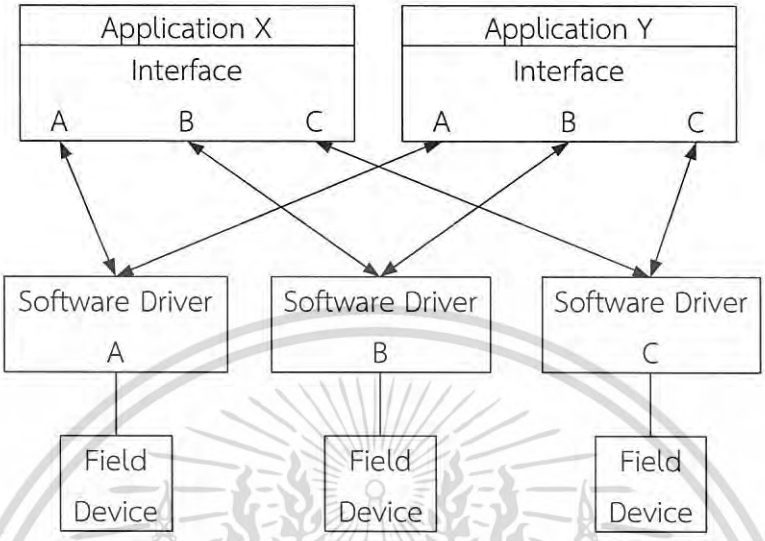
ในการสื่อสารของอุปกรณ์เครือข่ายจำต้องมีการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ในเครือข่ายเดียวกันนี้อาจมีฮาร์ดแวร์ และซอฟท์แวร์ที่แตกต่างกัน ในการทำการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ จึงต้องมีการกำหนดระเบียบวิธีการติดต่อให้ตรงกัน

โปรโตคอลเป็นข้อตกลงหรือวิธีการในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายหรือเป็นภาษาสื่อสารที่ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายต้นทางกับปลายทางเข้าด้วยกันได้อย่างถูกต้อง โปรโตคอลจะช่วยให้ระบบหรืออุปกรณ์เครือข่ายที่แตกต่างกันสามารถสื่อสารกันอย่างเข้าใจ ทั้งวิธีการส่งและรับข้อมูล วิธีการตรวจสอบข้อผิดพลาดของการส่งและรับข้อมูล การแสดงผลข้อมูลเมื่อส่งและรับกันระหว่างสองอุปกรณ์ ซึ่งโปรโตคอลแต่ละชนิดจะถูกกำหนดให้ใช้เฉพาะกับระบบเครือข่ายหนึ่ง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระบบใดระบบหนึ่งในเครือข่าย อาจจะทำให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้นด้วย ดังนั้นในระบบเครือข่ายจึงจำเป็นต้องมีศูนย์กลางที่ให้บริการสำหรับโปรโตคอลต่างชนิดกันในเครือข่ายให้สามารถติดต่อกันซึ่งอาจเป็นเครื่องแม่ข่ายสำหรับทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ [1,2]

ปัจจุบันผู้ผลิตเครื่องมือวัด และอุปกรณ์ควบคุมต่างมีเทคโนโลยีฮาร์ดแวร์และไดรฟ์เวอร์เป็นของตนเองที่เป็นระบบปิด (ระบบที่แต่ละบริษัทพัฒนาเพื่อใช้ให้กับผลิตภัณฑ์ของตนเองเท่านั้น) จึงใช้ต่างผู้ผลิตไม่ได้ ซึ่งนำไปสู่ปัญหาหลายด้าน เช่น เกิดความเข้ากันไม่ได้ระหว่างไดรฟ์เวอร์ของผู้ผลิตฮาร์ดแวร์ในแต่ละค่าย เนื่องจากฟังก์ชั่นของฮาร์ดแวร์จากผู้ผลิตที่ต่างกัน ทำให้ไดรฟ์เวอร์ของแต่ละค่ายมีความต่างกัน แม้ว่าจะทำหน้าที่เดียวกัน การเปลี่ยนแปลงฮาร์ดแวร์ทำให้ไดรฟ์เวอร์บางตัวใช้งานไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผู้ผลิตฮาร์ดแวร์ใช้เทคโนโลยีเปลี่ยนไป อาจส่งผลให้ต้องพัฒนาไดรฟ์เวอร์ขึ้นมาใหม่ จึงเกิดการสับสนในการเข้าถึงข้อมูลของแต่ละโปรแกรมต่อไดรฟ์เวอร์ตัวเดียวกัน (Access Conflicts) เนื่องจากการอินเทอร์เฟซนั้นไม่สามารถเข้าถึงฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์ตัวเดียวกันได้ ดังรูปที่ 2.27



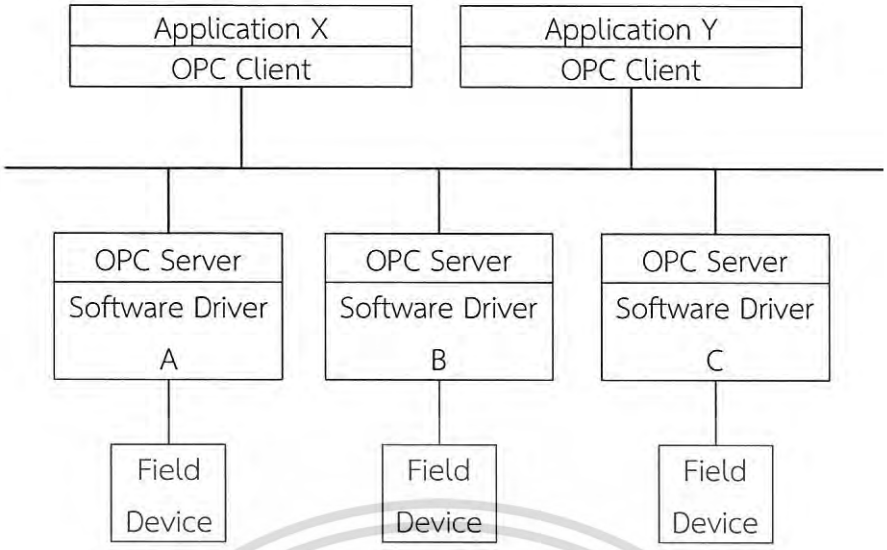
รูปที่ 2.27 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่มีมาตรฐานต่างกัน

2.1.8.2 OPC (OLE for Process Control)

OPC ย่อมาจาก OLE For Process Control เป็นมาตรฐานของการเชื่อมต่อสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ควบคุมกระบวนการกับแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการวินโดว์ ซึ่งมีใช้อย่างแพร่หลาย เช่น HMI, SCADA หรือ Remote Unit ต่าง ๆ ที่มีมาตรฐานแตกต่างกัน เพื่อให้สามารถสื่อสารกันได้ และเป็นมาตรฐานกลางที่มีเสถียรภาพทั้งความเร็วในการสื่อสาร และการทำงานในรูปแบบระบบเครือข่ายบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ซึ่งถูกพัฒนาให้เป็นมาตรฐานแบบเปิด (Open Standard) จากความร่วมมือของบริษัทด้านระบบควบคุมอัตโนมัติกับไมโครซอฟท์ [27,28]

OPC มีที่มาจากพื้นฐานของเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลระหว่างแอพพลิเคชั่นที่เรียกว่า OLE (Object Linking and Embedding) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กำหนดวิธีเชื่อมต่อมาตรฐานของอุปกรณ์วัดคุมที่มีเสถียรภาพและความยืดหยุ่น ซึ่งจะสามารถทำงานอยู่เบื้องหลังบนระบบปฏิบัติการวินโดว์ เพื่อคอยช่วยสนับสนุนการทำงานและการประยุกต์ใช้งานของระบบควบคุม เพื่อความสะดวกในการทำงานให้สามารถแลกเปลี่ยนหรือรวบรวมข้อมูลไว้ในรูปแบบที่มีมาตรฐานเดียวกัน โดยมีการจัดตั้ง OPC Foundation ขึ้นเป็นองค์กรหลักในการกำหนดมาตรฐาน จึงทำให้ OPC Server เป็นมาตรฐานกลางที่เปิดกว้างสำหรับการใช้งานในกระบวนการควบคุมด้วยรูปแบบมาตรฐานของข้อมูลแบบเปิด จึงทำให้ผู้ผลิตอุปกรณ์วัดคุมสามารถพัฒนาระบบสื่อสารข้อมูลของตนให้เป็นไปตามต้องการ ในการประยุกต์ใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นการช่วยให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลจากอุปกรณ์วัดคุมต่างค่าย หรือเป็นการรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีความหลากหลายในเชิงของข้อมูลมีรูปแบบและมาตรฐานที่แตกต่างกันให้สามารถนำไปใช้งานได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 การเชื่อมต่อข้อมูลของระบบผ่าน OPC Server

2.1.8.3 ลักษณะการจัดการข้อมูลของ OPC server

OPC Server เป็นซอร์ฟแวร์ที่แทนการใช้งานไดรฟ์เวอร์แบบเก่าที่ใช้เทคโนโลยีเฉพาะของแต่ละผู้ผลิตที่มีมาตรฐานต่างกัน เพื่อทำหน้าที่เป็นเหมือนผู้ให้บริการข้อมูลในระบบโครงข่ายที่มีลูกข่ายด้วยรูปแบบมาตรฐานข้อมูลแบบเปิด ทำให้ผู้ผลิตอุปกรณ์วัดคุมสามารถพัฒนาระบบการเชื่อมโยงข้อมูลให้เป็นไปตามมาตรฐานเดียวกัน เมื่อผู้ใช้ต้องการใช้บริการจากศูนย์กลาง เครื่องซอฟแวร์ศูนย์กลางจะจัดสรรทรัพยากรข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้บริการได้ทันที ซึ่งการประยุกต์ใช้งานจะเป็นการช่วยให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลจากอุปกรณ์ต่างค่ายกัน หรือการรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลายรูปแบบและมาตรฐานที่แตกต่างกันให้ทำได้ง่ายขึ้น โดยมีลักษณะของการเชื่อมต่อเป็นแบบแม่ข่าย (Server) และลูกข่าย (Client)

1) แม่ข่ายเป็นซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่เป็นสถานีศูนย์กลางในการให้บริการแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือสัญญาณต่าง ๆ ของอุปกรณ์ไปสู่ซอฟต์แวร์ที่ต้องการเชื่อมโยงใช้งานอื่น ๆ

2) ลูกข่ายเป็นซอฟต์แวร์ที่นำมาต่อเชื่อมเข้ากับระบบเครือข่าย เพื่อทำหน้าที่เป็นสถานีงาน ซึ่งถูกใช้โดยทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับงานนั้น ๆ ในระบบเครือข่ายเครื่องคอมพิวเตอร์จะประมวลผลส่วนใหญ่จะกระทำที่สถานีงาน และใช้ทรัพยากรที่เก็บอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server)

2.1.8.4 ข้อดีของ OPC Server

OPC Server ทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถเขียนซอฟต์แวร์ได้โดยไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ของแต่ละบริษัท ทำให้ผู้ใช้มีทางเลือกมากขึ้นในการพัฒนาโปรแกรมในชั้นการจัดการกระบวนการได้เป็นอิสระมากขึ้น สามารถลดต้นทุนของการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการควบคุมหรือการวิเคราะห์ลง และยังช่วยขจัดปัญหาความเข้ากันไม่ได้ระหว่างไดรฟ์เวอร์ของฮาร์ดแวร์จากต่างบริษัท

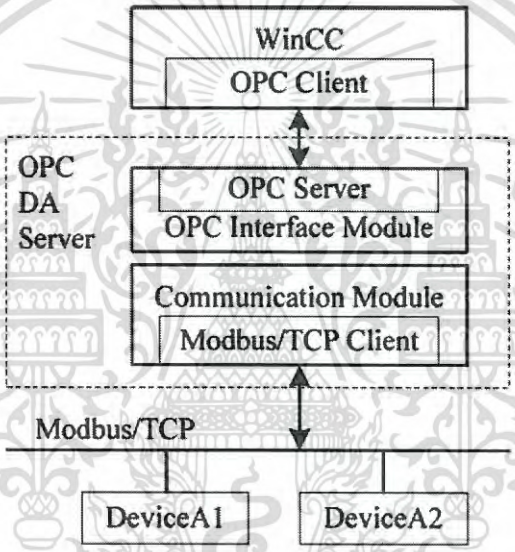
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

A. Lakshmi Sangeetha [29] ได้นำเสนอการทดลองขั้นตอนการตรวจสอบระบบควบคุมแบบแคสเคตอย่างง่ายผ่านสถาปัตยกรรม เช่น SCADA, พีแอลซี, OPC และอินเตอร์เน็ต ในการศึกษานี้ใช้ตัวควบคุมแบบ PID ซึ่งถูกนำมาใช้ร่วมกับ MicroLogix-1200 PLC และ RSView-32 SCADA

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์การสื่อสาร RSLinx การเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลให้มีประสิทธิภาพโดยการเชื่อมต่อพีแอลซีผ่านทางโปรแกรม LabVIEW ซึ่งความสัมพันธ์ของพีแอลซี และ NI OPC Server ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกระบวนการมากขึ้น ในส่วนการตรวจสอบระยะไกลและการควบคุมของพารามิเตอร์ของกระบวนการจะทำโดยใช้ NET-ENI

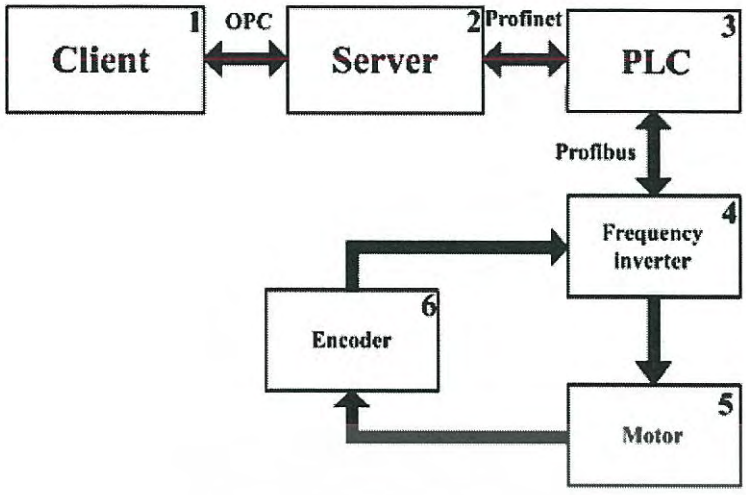
Cihan Sahin. [3] ได้มุ่งเน้นไปที่วิธีดำเนินการควบคุมระยะไกลและการเฝ้าติดตามของ web - base ระบบ OPC แบบกระจายส่วนเพื่อใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมที่แตกต่างโดยการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่จุดควบคุมท้องถิ่นที่แตกต่างกันผ่านอินเทอร์เน็ตด้วยสถาปัตยกรรม OPC (DOPC) ดังรูปที่ 2.29 ผลการทดลองจะแสดงให้เห็นถึงความหลากลายในการสื่อสารอุปกรณ์บนพื้นฐานการเชื่อมต่ออีเทอร์เน็ตและการใช้งาน OPC ภายในระบบควบคุม และตรวจสอบระบบรวมถึงการแลกเปลี่ยนข้อมูลให้สามรถทำงานร่วมกันได้ในที่อยู่ห่างกันโดยไม่ต้องใช้สถาปัตยกรรมแบบ BUS



รูปที่ 2.29 สถาปัตยกรรมโครงข่าย OPC DA [3]

Jasmin Velagic. [4] นำเสนอการควบคุมของมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยการควบคุมระยะไกลที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ HMI โดยการเชื่อมต่อร่วมกับ OPC Server ซึ่งการเชื่อมต่อกับ PLC ผ่านเครือข่าย PROFINET ขณะที่การเชื่อมต่อระหว่างวัดค่าความเร็วมอเตอร์กับ PLC ถูกเชื่อมต่อผ่านทาง PROFIBUS DP ดังรูปที่ 2.35 ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นถึงผลการดำเนินงานระบบการควบคุมทำได้ดี ความล่าช้าของสัญญาณผ่านระบบมีน้อย สามารถมั่นใจเสถียรภาพของระบบและมีประสิทธิภาพ วิธีการแก้ปัญหาฮาร์ดแวร์สำหรับการควบคุมภายในและระยะไกลของการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้ PLC เชื่อมต่อจะรวมมาตรฐานที่แตกต่างกันผ่านทาง OPC Server ยังคงรักษาประสิทธิภาพของระบบ และง่ายต่อการเชื่อมต่อสื่อสารโดยใช้มาตรฐานของ OPC Server เป็นมาตรฐานเปิดกับฮาร์ดแวร์อุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 โครงสร้างระบบควบคุม [4]

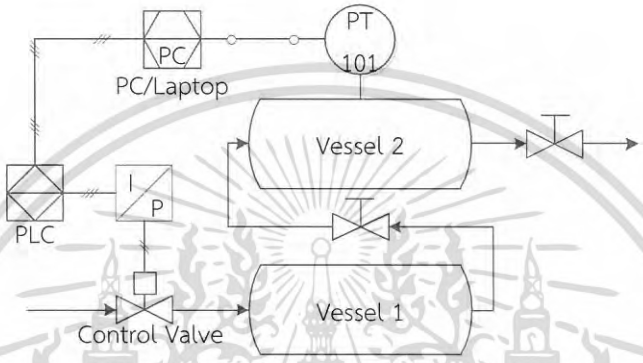
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและวิธีการ

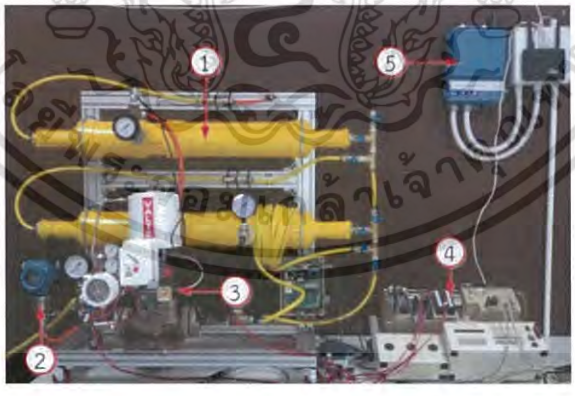
3.1.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมความดันแก๊ส

ระบบควบคุมความดันแก๊สสามารถแสดงแผนภาพวงรอบการควบคุมกระบวนการและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในระบบดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพ P&ID ของระบบควบคุมความดันแก๊ส

ระบบควบคุมที่ออกแบบสำหรับการทดลองเชื่อมต่อและควบคุมค่าความดันแก๊สสามารถแสดงส่วนประกอบได้ดังนี้



รูปที่ 3.2 ชุดระบบควบคุมความดันแก๊ส

จากภาพที่ 3.2 แสดงชุดทดลองสำหรับระบบควบคุมความดันแก๊สขนาดเล็ก ประกอบด้วย หมายเลข 1 ถังความดัน หมายเลข 2 ทรานสมิตเตอร์วัดค่าความดัน ทำหน้าที่ส่งสัญญาณค่าความดันแก๊สในรูปแบบไร้สาย หมายเลข 3 วาล์วควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณการไหลของแก๊สไปสู่ถังความดัน หมายเลข 4 พีแอลซี ทำหน้าที่ควบคุมและส่งสัญญาณจากโมดูลเอาต์พุตอนาลอกออกไปสู่วาล์วควบคุม และหมายเลข 5 สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย ทำหน้าที่รับสัญญาณความดันที่ถูกส่งมาจากทรานสมิตเตอร์

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับขั้นตอนการออกแบบระบบควบคุมความดันแก๊สเริ่มต้นศึกษาจากหลักการทำงานของอุปกรณ์วัดคุม รวมไปถึงวิธีการและมาตรฐานการเชื่อมต่อสื่อสารของอุปกรณ์แต่ละชนิดเพื่อให้ทราบถึงลักษณะของการเชื่อมต่อและมาตรฐานที่อุปกรณ์เหล่านั้นใช้สื่อสาร โดยนำหลักการดังกล่าวมาใช้อ้างอิงในการกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์ OPC Server หลังจากการออกแบบระบบและการติดตั้งเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุม จะนำระบบมาทดสอบควบคุมความดันแก๊สโดยการสร้างตัวควบคุมแบบ PID เพื่อหาค่าอัตราขยายของตัวควบคุมให้เหมาะสมด้วยอัตราขยายสูงสุด

3.1.2 แหล่งกำเนิดความดันแก๊ส

แหล่งกำเนิดความดันแก๊สที่ใช้ได้จากปั๊มลม Puma PP-23 กำลังมอเตอร์ 3 HP (2.2 KW) ปริมาณลม 550 ลิตรต่อนาที ขนาดความจุลม 165 ลิตร แรงดันไฟฟ้า 220/380 V 8.7/5 A (3 เฟส) โดยให้ความดันขณะปฏิบัติงานอยู่ในช่วงประมาณ 8 - 10 bar ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ปั๊มลม Puma

3.1.3 ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่า

อุปกรณ์ส่งสัญญาณและการตรวจวัดค่าความดัน Emerson ที่ใช้ในระบบควบคุมความดันแก๊ส ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วน ได้แก่ ฮาร์ททรานสมิตเตอร์เป็นอุปกรณ์วัดความดันสมบูรณ์ที่มีการวัดค่าความดันแก๊สอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 - 150 psi (0 - 10.34 bar) สามารถส่งสัญญาณแบบไร้สายในย่านความถี่ 2.4 GHz ที่มีแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงในตัวขนาด 7.2 V สามารถแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD ดังรูปที่ 3.4 และสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย 1420A2A3A4N1RD เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณที่ส่งจากฮาร์ททรานสมิตเตอร์ เพื่อนำค่าสถานะต่าง ๆ ที่ถูกวัดจากเซ็นเซอร์มาแสดงผลและสามารถรับส่งสัญญาณแบบไร้สายอยู่ในย่านความถี่ 2.4 GHz สามารถตั้งค่าส่งสัญญาณของทรานสมิตเตอร์เร็วที่สุด 1 วินาที โดยเชื่อมต่อผ่านหมายเลขไอพีแอดเดรสไปที่ 192.168.0.10 สำหรับเชื่อมต่อ Router ดังรูปที่ 3.5 โดยมีแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง Omron S82K-05024 ขนาด 24 V 2.1 A ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.4 ทรานสมิตเตอร์ความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย

รูปที่ 3.6 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

3.1.4 ชุดอุปกรณ์ควบคุม

อุปกรณ์ควบคุมที่ใช้ในระบบควบคุมความดันแก๊ส คือ พีแอลซี Omron C200HS-CPU31-E ดังรูปที่ 3.7 ก เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้นำสัญญาณไปยังส่วนควบคุมและแสดงผล เพื่อเปลี่ยนแปลงคำสั่งจากโปรแกรมให้อยู่ในรูปของสัญญาณควบคุม โดยใช้งานร่วมกับโมดูลเอาต์พุตอนาลอก DA001 ดังรูปที่ 3.7 ข ซึ่งมีค่าความละเอียดในการแปลงสัญญาณขนาด 12 บิต เป็นสัญญาณควบคุมแบบอนาลอกที่ใช้สำหรับขับโหลดที่ต่อร่วมกับพีแอลซี และวาล์วควบคุม Valtek ดังรูปที่ 3.8 คือวาล์วควบคุมลูกสูบชนิดปกติปิด (Normally Close) ที่มีคุณลักษณะวาล์วเป็นแบบ Equal Percentage ที่สั่งงานผ่านสัญญาณมาตรฐาน 4 - 20 mA เพื่อควบคุมปริมาณการไหลของแก๊สเข้าสู่ถังความดัน

ก)

ข)

รูปที่ 3.7 ชุดอุปกรณ์พีแอลซี Omron
ก) พีแอลซี C200HS-CPU31-E
ข) โมดูลเอาต์พุตอนาลอกรุ่น DA001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 วาล์วควบคุม VALTEK

3.1.5 ถังความดัน

ถังความดันออกแบบเป็นระบบเข้าออกทางเดียว โดยเชื่อมต่อเข้าด้วยกันแบบอนุกรมสองถัง และมีวาล์วสำหรับควบคุมทางเดินแก๊สดังรูปที่ 3.9 ซึ่งทั้งสองถังได้ติดตั้งมาตรวัดความดันแก๊สเพื่อใช้สังเกตการณ์ค่าความดันแก๊สที่เปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบกับทรานสมิตเตอร์ โดยถังที่สองได้ติดตั้งฮาร์ททรานสมิตเตอร์ (PT101) เพื่อนำค่าสัญญาณวัดความดันสำหรับสังเกตและแสดงผล

รูปที่ 3.9 ถังความดัน

3.2 การติดตั้งอุปกรณ์วัดคุม

3.2.1 การเชื่อมต่อกระจายสัญญาณ

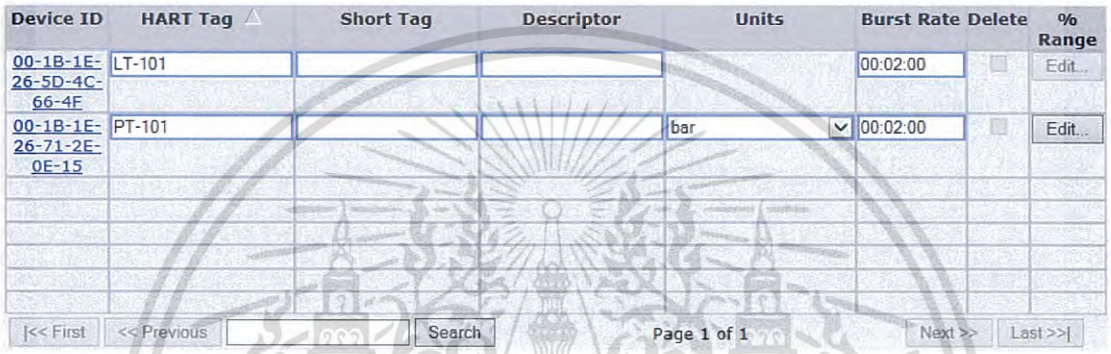
อุปกรณ์วัดความดันที่ใช้ในการทดลอง คือ ฮาร์ททรานสมิตเตอร์ที่ส่งสัญญาณความดันด้วยรูปแบบไร้สายไปสู่เกตเวย์ เพื่อรวบรวมข้อมูลที่สำคัญมาไว้ในรูปแบบที่สะดวกต่อการประยุกต์ใช้งานบนซอฟแวร์ที่หลากหลาย โดยสัญญาณที่เข้ามาสู่สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย และสามารถเรียกใช้ข้อมูลผ่านทาง TCP/IP Ethernet หรือ LAN แต่เนื่องจากมีช่องทางการกระจายสัญญาณจำกัด จำเป็นต้องเชื่อมต่อนำข้อมูลไปใช้งานผ่านอุปกรณ์ Wifi Router ดังรูปที่ 3.10 ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กระจายสัญญาณออกไปสู่อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ เพื่อรองรับจำนวนการเชื่อมต่อเข้าถึงข้อมูลได้มากขึ้น

รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณ

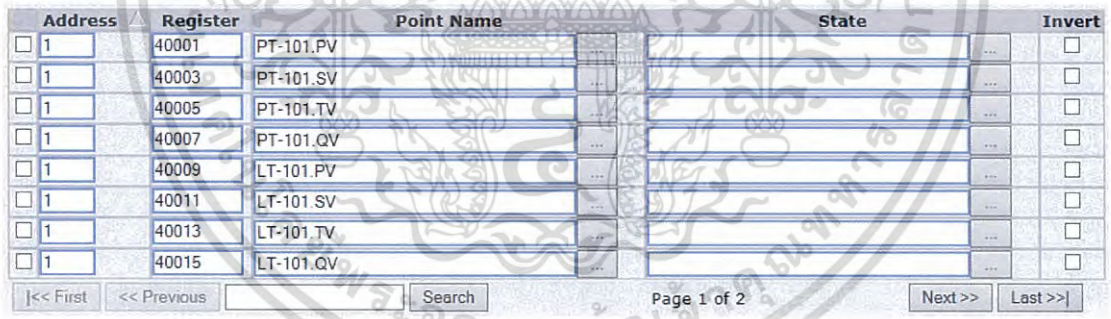
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1 การติดต่อข้อมูลจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย

การติดต่อข้อมูลจากเกตเวย์ให้สามรถนำเข้าสู่คอมพิวเตอร์ด้วยการเชื่อมต่อยังตำแหน่งไอพีแอดเดรสที่ 192.168.0.10 ผ่านหน้าเว็บเพจมาตรฐาน เพื่อตรวจสอบข้อมูลและการตั้งค่าใช้งานสำหรับกระบวนการควบคุม ซึ่งในสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายมีการตั้งค่าที่ต้องคำนึงถึง เพื่อการติดต่อกับทรานสมิตเตอร์ คือ ค่าอัตราการส่งข้อมูล (Burst Rate) โดยสามารถกำหนดให้มีค่าความเร็วในการส่งข้อมูลเร็วที่สุด 1 วินาที โดยสามารถเข้าไปที่ Setup > HART > Device ดังรูปที่ 3.11 และอีกหนึ่งส่วนที่สำคัญ คือ การตรวจสอบตำแหน่งของข้อมูล (Register) ที่ถูกส่งมาจากทรานสมิตเตอร์มาสู่สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายเพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลได้ตามต้องการ โดยสามารถเข้าไปที่ Setup > Modbus > Mapping ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11 การตั้งค่า Burst rate ส่งข้อมูลสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย



รูปที่ 3.12 การตรวจสอบตำแหน่งของข้อมูลสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย

3.2.1.2 การเชื่อมต่อสัญญาณวาล์วควบคุม

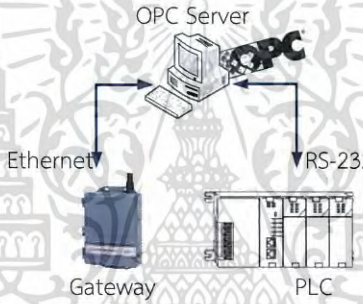
สัญญาณที่ใช้กระตุ้นการเปิดวาล์วควบคุมจะถูกเชื่อมต่อมาจากโมดูลเอาต์พุตอนาลอกของพีแอลซีที่กำหนดให้สัญญาณควบคุมอนาลอกเป็นแบบ 4 - 20 mA โดยสามารถเชื่อมต่อสัญญาณควบคุมของพีแอลซีผ่านสายสัญญาณ RS-232 ให้เชื่อมต่อไปยังซอฟแวร์ที่ใช้ในการโปรแกรมคำนวณค่าสัญญาณควบคุม ดังรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 การเชื่อมต่อวาล์วควบคุมกับพีแอลซี

3.3 การเชื่อมต่อระบบควบคุมผ่าน OPC Server

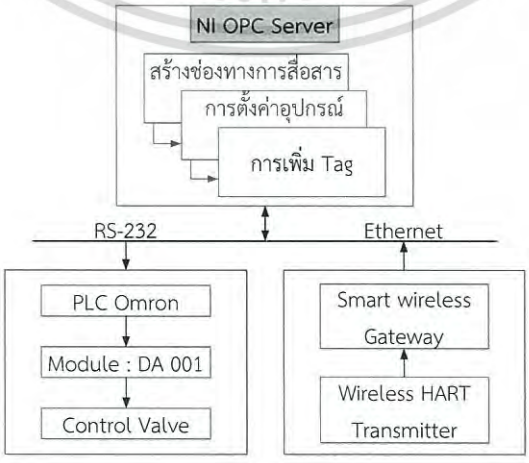
OPC Server คือซอฟแวร์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณจากเครื่องมือวัดหรืออุปกรณ์ควบคุม ที่เปรียบเหมือนสื่อกลางช่วยให้มีการแลกเปลี่ยนและเก็บรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ที่มีมาตรฐาน ต่างกันเพื่อจัดการข้อมูลเหล่านั้นให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการจัดการ และสามารถประยุกต์ใช้งาน ร่วมกับซอฟแวร์ของการควบคุมและแสดงผลได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 โครงสร้างการเชื่อมต่ออุปกรณ์ผ่าน OPC Server

3.3.1 การตั้งค่าอุปกรณ์เพื่อติดต่อไปยัง OPC Server

ลักษณะของการเชื่อมต่อสัญญาณเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุมของระบบควบคุม ความดันแก๊ส สามารถแสดงตามสถาปัตยกรรมโครงข่ายได้ดังนี้



รูปที่ 3.15 สถาปัตยกรรมโครงข่ายการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อสัญญาณควบคุมเข้าสู่ OPC สามารถเชื่อมต่อได้ด้วยการตั้งค่าบนซอฟต์แวร์ของ OPC Server ที่มีให้เลือกใช้หลากหลายยี่ห้อ และมีพื้นฐานวิธีการตั้งค่าใช้งานคล้ายคลึงกัน เช่น ICONIC OPC Server , OPCTech และ Kepware เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้จะใช้งาน NI OPC Server ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์มาตรฐานที่ให้มากับแลปวิว ดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 แสดงหน้าต่างของ NI OPC Server

3.3.1.1 การสร้างช่องทางสื่อสาร (New Channel)

การสร้างช่องทางการสื่อสารเป็นการตั้งค่าเพื่อเลือกช่องสัญญาณหรือลักษณะของวิธีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุมภายนอกที่มีมาตรฐานหลากหลาย เช่น Modbus TCP/P Ethernet, Modbus RTU Serial และ Modbus ASCII Serial และยังเป็นการกำหนดการเชื่อมต่อมาตรฐานของอุปกรณ์จากบริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ เช่น Omron, Siemens และ Yokokawa เป็นต้น ดังรูปที่ 3.17 ก นอกจากนี้ยังเป็นการเลือกรูปแบบอ้างอิงการสื่อสารข้อมูลไปสู่ OPC Server เช่น การติดต่อผ่านคอมพอร์ต (COM Port) หรือการติดต่อผ่านบรอดคอม (Broad COM) ดังรูปที่ 3.17 ข

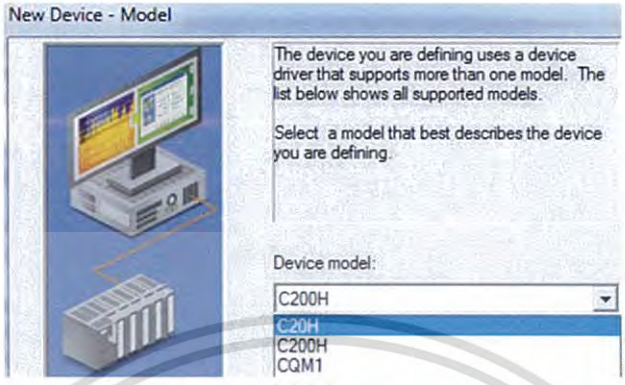
ก) ข)

รูปที่ 3.17 การตั้งค่าช่องทางการติดต่อกับอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต
ข) แสดงการติดต่อผ่านคอมพอร์ต
ก) การตั้งค่าการเชื่อมต่อมาตรฐานของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 การตั้งค่าอุปกรณ์ (New Device)

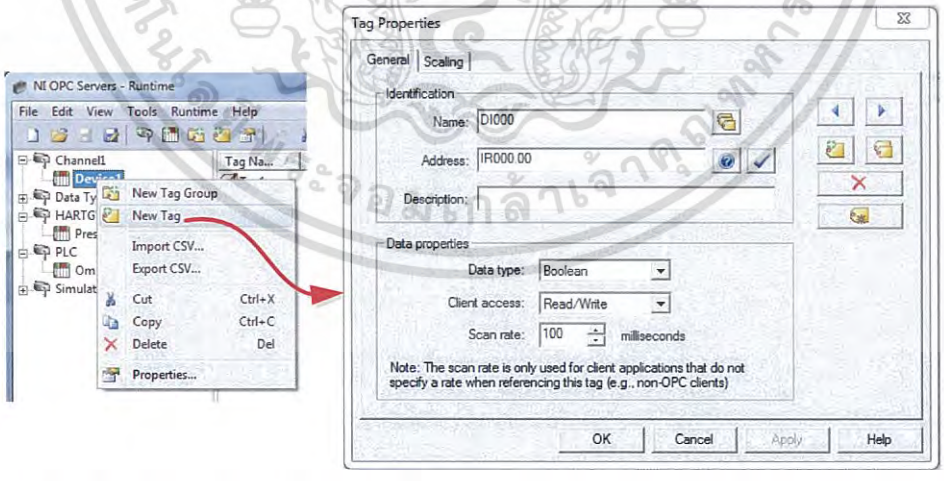
การตั้งค่าอุปกรณ์เป็นส่วนที่ระบุถึงการติดต่อกับอุปกรณ์ควบคุมภายนอก เพื่อเป็นการกำหนดรุ่นของอุปกรณ์เพื่อให้ OPC Server ทราบว่าติดต่อกับอุปกรณ์ใดตามที่ได้เลือกไว้ ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การกำหนดรุ่นของอุปกรณ์

3.3.1.3 การกำหนด Tag

การเพิ่ม Tag เป็นการกำหนดค่าของอุปกรณ์เพื่อบอกให้ทราบว่าการติดต่อกับอินพุตเอาต์พุตหรือกลุ่มข้อมูล (Register) ภายในของอุปกรณ์ควบคุมเพื่อระบุตำแหน่งใดภายในหน่วยความจำของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ รวมถึงชนิดของข้อมูล (Data Type) จากอุปกรณ์ควบคุมที่อาจเป็นจำนวนเต็มหรือทศนิยมก็ตาม เช่น ตำแหน่งข้อมูลที่ 400001 ชนิดข้อมูลเป็น Float หรือตำแหน่งข้อมูลจาก PLC ที่ IR000.00 ชนิดข้อมูลเป็น Boolean และส่วนที่สำคัญคือการกำหนดค่าเวลา Scan rate ของสัญญาณให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ ซึ่งค่าต่ำสุดของ OPC server อยู่ที่ 50 ms ดังรูปที่ 3.19



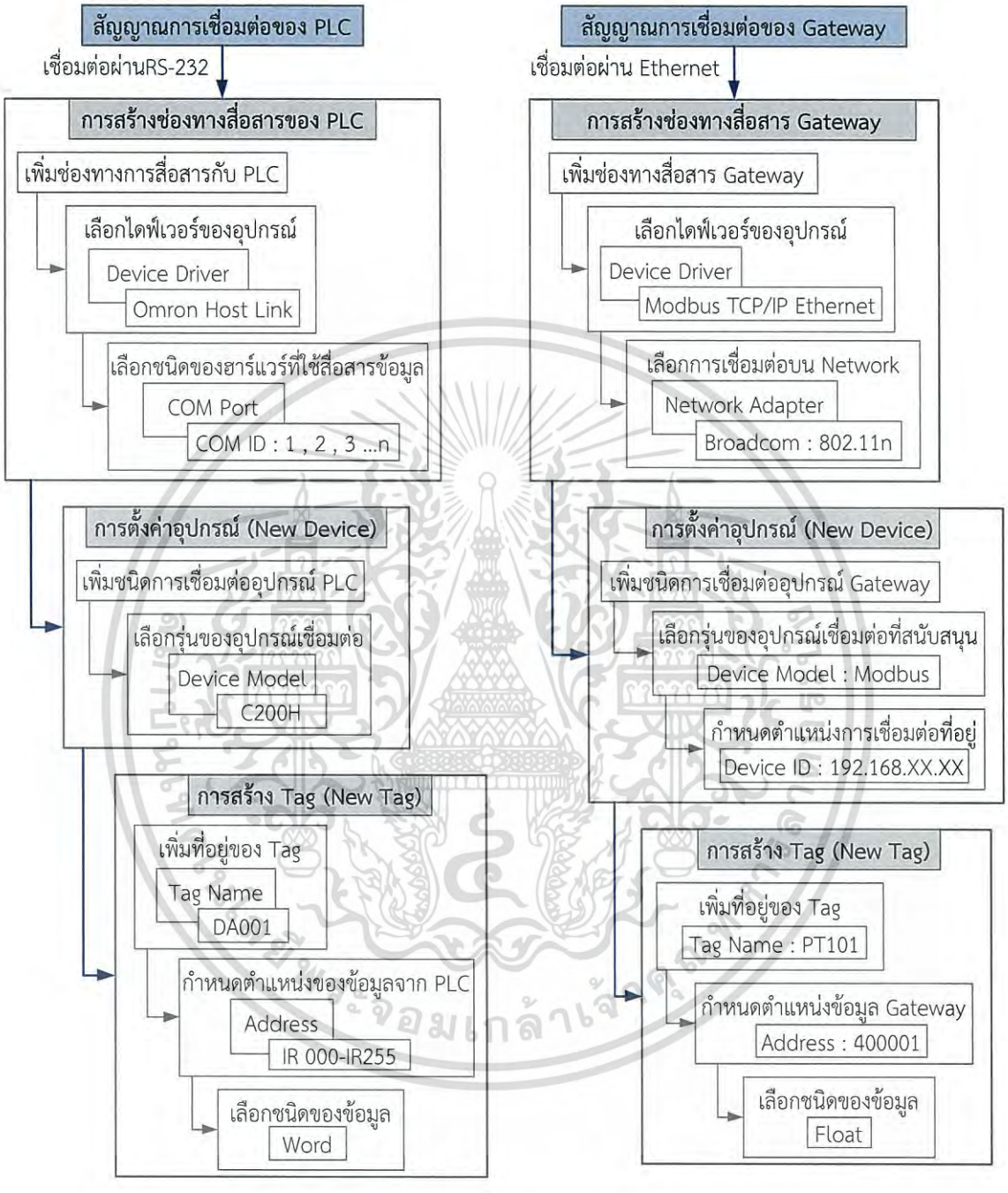
รูปที่ 3.19 แสดงการเพิ่ม Tag เพื่อติดต่อกับตำแหน่งข้อมูลภายในของอุปกรณ์ควบคุม

3.3.2 การสร้าง Tag สัญญาณพีแอลซีและสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย

ในระบบควบคุมความดันแก๊สที่ออกแบบเพื่อใช้ทดลอง มีมาตรฐานการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดคุมที่แตกต่างกันทั้งชนิดและตำแหน่งของกลุ่มข้อมูล ดังนั้นอุปกรณ์แต่ละชนิดจึงมีวิธีการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และตั้งค่าใน OPC Server แตกต่างกันตามลักษณะมาตรฐานการส่งสัญญาณ จึงจำเป็นต้องมีวิธีกำหนดเพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้เกิดความถูกต้อง โดยมีลำดับขั้นแสดงตามบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้

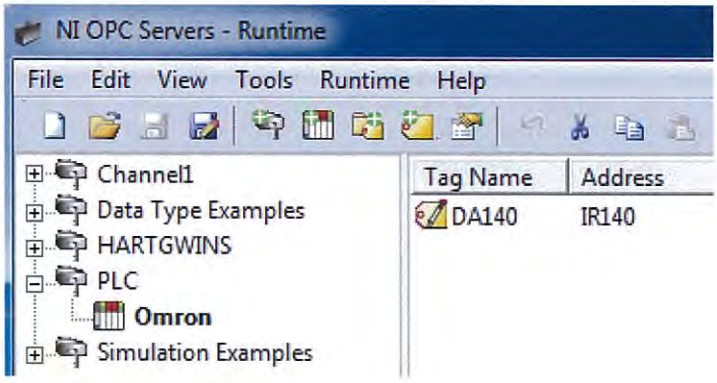


รูปที่ 3.20 บล็อกไดอะแกรมการสร้าง Tag สัญญาณ

3.3.2.1 การเชื่อมสัญญาณพีแอลซี

ในการเชื่อมต่อสัญญาณของพีแอลซี Omron C200H ผ่านสายสัญญาณ RS-232 โดยมีมาตรฐานการเชื่อมต่อหรือเป็นแบบ Omron Host Link ซึ่งมีรูปแบบของการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านคอมพอร์ต และมีตำแหน่งของกลุ่มข้อมูลจากโมดูลอนาลอกเอาต์พุตที่ถูกกำหนดค่าตำแหน่งข้อมูลด้วย IR0 - IR999 ซึ่งมีข้อมูลชนิดเป็น Word ดังรูปที่ 3.21

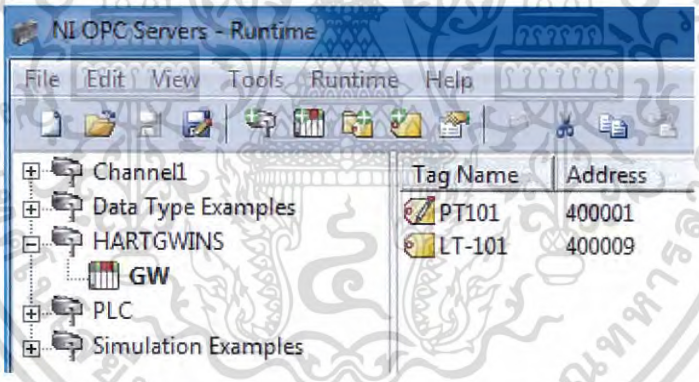
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 การสร้าง Tag ติดต่อกับโมดูลเอาต์พุตอนาลอกของพีแอลซี Omron

3.3.2.2 การเชื่อมสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย

ในการเชื่อมต่อสัญญาณของสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายผ่านสายสัญญาณ LAN หรือการเชื่อมต่อผ่าน Wireless LAN โดยมีมาตรฐานการเชื่อมต่อหรือโปรโตคอลเป็นแบบ Modbus TPC/IP Ethernet โดยมีรูปแบบการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านบรอดคอม และมีตำแหน่งของกลุ่มข้อมูลจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายที่ถูกกำหนดตำแหน่งข้อมูลให้แทนค่าเริ่มต้นด้วย 400001 ซึ่งเป็นข้อมูลชนิด Float ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การสร้าง Tag ติดต่อกับสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย

3.3.3 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองในส่วนนี้มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบสถานะของการเชื่อมต่อ และแสดงค่าสัญญาณของอุปกรณ์จากระบบควบคุมความดันแก๊สสู่มาซอฟต์แวร์ OPC Server โดยสัญญาณที่ถูกเชื่อมต่อจากการวัดค่าความดันแก๊สจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย และสัญญาณที่ส่งไปวาล์วควบคุมจากโมดูลเอาต์พุตอนาลอกของพีแอลซี เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ไปแสดงบน OPC Server โดยอุปกรณ์ทั้งสองชนิดมีมาตรฐานการเชื่อมต่อสัญญาณที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งวิธีการเชื่อมต่อสัญญาณของอุปกรณ์เป็น 2 ชนิด คือ วิธีการเชื่อมต่อสัญญาณความดันแก๊สของทรานสมิตเตอร์จากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย และวิธีการเชื่อมต่อสัญญาณของโมดูลอนาลอกเอาต์พุตจากพีแอลซี มีขั้นตอนดังนี้

1) เชื่อมต่อสัญญาณของสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายจากสัญญาณเราเตอร์ชื่อ HARTGW-INS เข้าสู่คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เชื่อมต่อสัญญาณพีแอลซีผ่านทางสายสัญญาณ RS-232 to USB เข้าสู่คอมพิวเตอร์

3) กำหนดการเชื่อมต่อเข้าถึงข้อมูลของสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายสู่เว็บบราวเซอร์มาตรฐาน เช่น Internet Explorer ด้วยการติดต่อไปยัง IP Address ที่ 192.168.0.10

4) ตั้งค่า Baud Rate ของทรานสมิตเตอร์ให้มีอัตราการส่งสัญญาณไปที่ 1 วินาที

5) สร้างช่องทางการสื่อสารใน OPC Server เพื่อกำหนดมาตรฐานอุปกรณ์วัดคุม

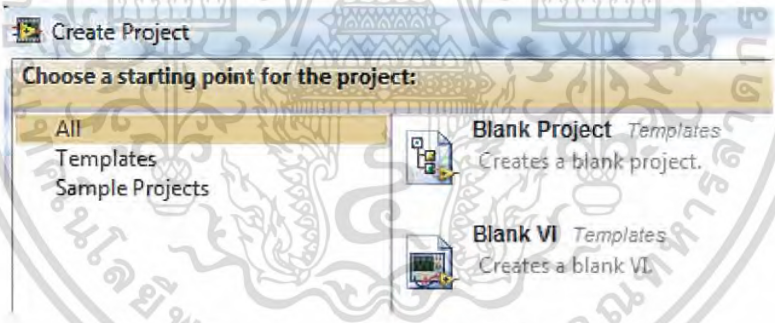
6) สร้าง OPC Tag เพื่อกำหนดชนิดข้อมูลและติดต่อไปยังตำแหน่งข้อมูล โดยค่าของพีแอลซีเป็นชนิด Word ที่ตำแหน่ง IR140 และสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายเป็นชนิด Float ที่ตำแหน่ง 40001

7) ตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อสัญญาณของอุปกรณ์ทั้งสองชนิดที่ Quick Client

3.4 การเชื่อมต่อโปรแกรมแลปวิว

3.4.1 การสร้างโปรแกรมแลปวิว

การสร้างโปรแกรมควบคุมเสมือน และการแสดงผลด้วยโปรแกรมแลปวิว สำหรับการติดต่อสื่อสารร่วมกับเครื่องมือที่อยู่ภายนอก คือ การส่งสัญญาณให้พีแอลซีเพื่อใช้ควบคุมการเปิดวาล์ว และการนำสัญญาณของทรานสมิตเตอร์ความดันเข้ามาแสดงผลเพื่อใช้สังเกตค่าต่าง ๆ ในการควบคุมความดันแก๊ส สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ การสร้าง Blank Project เป็นส่วนที่ช่วยจัดการโปรเจคให้มีความสะดวก เช่น สร้างการเชื่อมต่อสัญญาณจาก OPC Server จากภายนอกเข้าสู่แลปวิว และ Blank VI เป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งานเพื่อเขียนโปรแกรมให้มีการควบคุม และแสดงผลตามคำสั่งที่ผู้ใช้งานสร้างขึ้น ซึ่งทั้งสองส่วนเป็นการเริ่มต้นใช้งานอย่างง่าย ดังรูปที่ 3.23

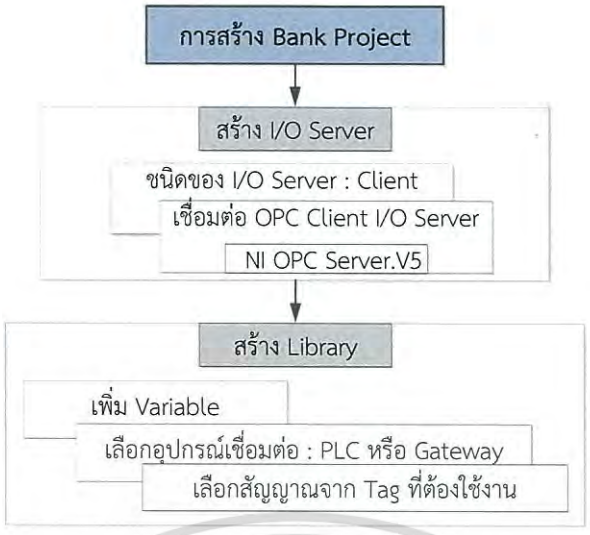


รูปที่ 3.23 หน้าต่าง Blank Project โปรแกรมแลปวิว

3.4.2 การเชื่อมต่อ OPC Server สู่แลปวิว

การนำสัญญาณของระบบควบคุมเข้าสู่โปรแกรมแลปวิว จำเป็นต้องมีการสร้างช่องทางของข้อมูลระหว่าง OPC Server ร่วมกับแลปวิว ด้วยการเข้าสู่ Blank Project เพื่อสร้าง I/O Server ให้เป็น OPC ลูกข่ายที่ใช้ในการติดต่อกับแม่ข่ายของ NI OPC Server ซึ่งสัญญาณทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในไลบรารี่ (Library) จากนั้นจึงสร้าง Variable เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อค่าที่อยู่ในส่วน OPC Tag ให้สามารถนำค่าตัวแปรที่ต้องการเชื่อมต่อได้ตามจำนวนของสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอก โดยสามารถแสดงตามขั้นตอนของบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้

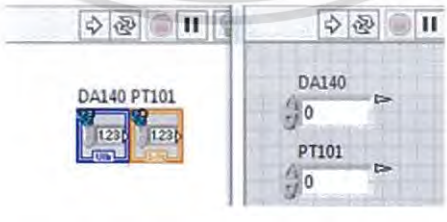
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 บล็อกไดอะแกรมการเชื่อมต่อ OPC Server สู่แลปวิว

การเชื่อมต่อสัญญาณควบคุมจากการสร้าง I/O Server เพื่อเป็นลูกข่ายให้สามารถเชื่อมโยงหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่าน OPC Server ที่ต้องการติดต่อ ดังรูปที่ 3.25 และสร้างไลบรารีเพื่อเป็นส่วนที่เก็บข้อมูลสัญญาณ Tag ที่ต้องการใช้งาน จากนั้นจึงสามารถนำ Tag ไปใช้งานบน VI ของโปรแกรมแลปวิว โดยมีไอค่อนปรากฏขึ้นบนหน้าต่างทั้งสองส่วนของ VI ดังรูปที่ 3.26

รูปที่ 3.25 การเชื่อมต่อ NI OPC Server สู่แลปวิว



รูปที่ 3.26 การนำสัญญาณ Tag มาใช้งานบน Blank VI

3.4.2.1 การเตรียมสัญญาณจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย

สัญญาณที่ได้จากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายเป็นค่าความดันแก๊สที่ถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายเพื่อใช้เป็นสัญญาณอินพุตของตัวควบคุม PID โดยถูกกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของ Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

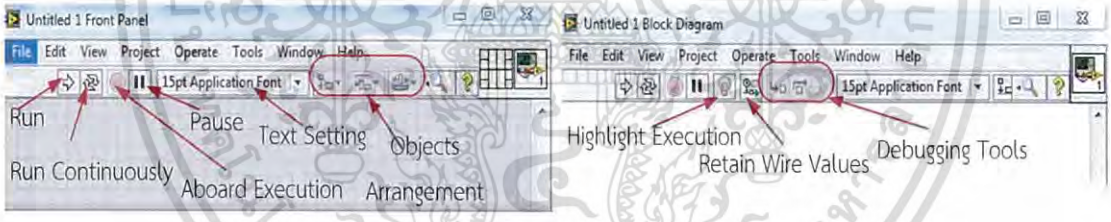
และจะถูกปรับค่าให้อยู่ในรูปแบบของอัตราร้อยละ (0 - 100 เปอร์เซ็น) เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานสำหรับกระบวนการควบคุม

3.4.2.2 การเตรียมสัญญาณของพีแอลซี

สัญญาณที่ได้จากพีแอลซีเป็นค่าของโมดูลอนาลอกที่รับค่าจากเอาต์พุตของตัวควบคุม PID ซึ่งจะถูกกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของ Indicator โดยถูกกำหนดค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมให้อยู่ในช่วง 0 - 100 เปอร์เซ็น จึงต้องถูกปรับค่าให้เหมาะสมเพื่อส่งค่าไปยังพีแอลซี โดยที่พีแอลซีสามารถรับค่าอนาลอกได้ 4096 ระดับ หมายความว่าค่าสัญญาณ 4 - 20 mA จะถูกแสดงเป็น 0 - 4095 ซึ่งเป็นค่าระดับของสัญญาณดิจิตอลดังแสดงในบทที่ 2

3.4.3 การสร้างโปรแกรมควบคุมและแสดงผลด้วยแลปวิว

การสร้างโปรแกรมควบคุมเสมือนด้วยโปรแกรมแลปวิว ด้วยการใช้งานหน้าต่างทั้งสองส่วนให้ทำงานร่วมกัน โดยนำสัญญาณที่ได้จากการเชื่อมต่อ OPC Server จะถูกนำมาแสดงผลผ่านทาง Blank VI เพื่อนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมคำนวณและแสดงผล ให้สามารถติดต่อกับผู้ควบคุมผ่านทางหน้าจอ ซึ่งมีหน้าต่างการใช้งาน 2 ส่วน ประกอบด้วยส่วนของ Block Diagram เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เสมือนเป็นโค้ด โดยใช้โปรแกรมภาษากราฟิก ซึ่งทำหน้าที่รับคำสั่งมาคำนวณค่า และประมวลผล โดยในส่วนของ Front Panel เป็นส่วนที่ใช้สำหรับการแสดงผลและสามารถทำหน้าที่ป้อนคำสั่งหรือตั้งค่าการวัดข้อมูล รวมถึงการอ่านค่าตัวเลขและการแสดงผลในรูปแบบกราฟที่ออกมาจาก block diagram และส่งค่าไปสู่อุปกรณ์ของระบบควบคุม โปรแกรมแลปวิวจึงทำหน้าที่เหมือนเครื่องมือวัดซึ่งสามารถติดต่อกับอินพุตและเอาต์พุตจากภายนอกมาแสดงผลได้ ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 หน้าต่างการทำงานของ Blank VI

3.4.4 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองในส่วนนี้มีจุดประสงค์เพื่อแสดงการเชื่อมต่อสัญญาณความดันแก๊ส และสัญญาณวาล์วควบคุมที่ถูกสร้างเป็น OPC Tag ให้อยู่ใน OPC Server และนำเข้าสู่โปรแกรมแลปวิว เพื่อให้สามารถแสดงค่าของการเชื่อมต่อสัญญาณที่มาจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายและพีแอลซี โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ตรวจสอบสถานะของการเชื่อมต่อ OPC Tag สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายและพีแอลซี

2) สร้าง Blank Project จากโปรแกรมแลปวิว

3) สร้าง I/O server เป็นช่องทางการติดต่อกับสัญญาณจาก OPC Server

4) กำหนดชนิดของ I/O Server ให้เป็น OPC Client เพื่อให้แลปวิวเป็นซอฟแวร์ลูกข่าย และเลือกการเชื่อมต่อเป็น NI OPC Server

5) สร้างค่าตัวแปรเพื่อเลือกสัญญาณ OPC Tag ของอุปกรณ์ทั้งสองชนิด

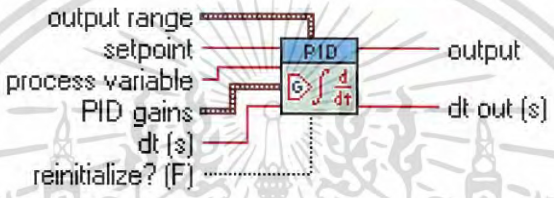
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) เพิ่ม Project ไปสู่ Blank VI เพื่อนำสัญญาณ Tag อุปกรณ์ทั้งสองเข้าสู่โปรแกรมแลปวิว
7) ทดสอบรันโปรแกรมแลปวิวให้อยู่ในสถานะแบบต่อเนื่อง
8) ตรวจสอบการแสดงผลของค่าความดันแก๊สที่ส่งค่ามาจากทรานสมิตเตอร์
9) ตรวจสอบการเชื่อมต่อวาล์วควบคุมด้วยการป้อนตัวเลขในช่วง 0 - 4095

3.5 การเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยแลปวิว

3.5.1 ฟังก์ชั่นตัวควบคุม PID

ฟังก์ชั่นตัวควบคุมแบบ PID เป็นชุดเครื่องมือในโปรแกรมแลปวิว เนื่องจากเป็นอัลกอริทึมสำหรับใช้ในงานควบคุมอย่างง่ายในรูปของสมการทั่วไป ซึ่งง่ายต่อการใช้งานและการหาค่าพารามิเตอร์โดยไม่ต้องสร้างสมการเพิ่มเติม และยังสามารถนำมาออกแบบประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย โดยฟังก์ชั่นตัวควบคุม PID อย่างง่าย ดังรูปที่ 3.24 โดยมีการใช้งานของฟังก์ชั่นดังตารางที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ฟังก์ชั่นตัวควบคุม PID

ตารางที่ 3.1 แสดงการใช้งานของฟังก์ชั่น PID

output range	การกำหนดช่วงเอาต์พุตควบคุมที่มีค่าสูงสุด และต่ำสุดของการส่งออกไปสู่อุปกรณ์ควบคุม โดยมีค่าเริ่มเริ่มต้นที่ถูกกำหนดจากโปรแกรมตั้งแต่ลบ 100 ถึงบวก 100 *** สามารถเปลี่ยนช่วงให้เหมาะสมสำหรับระบบ
set point	การกำหนดค่าเป้าหมายของตัวแปรกระบวนการควบคุม
process variable	คือค่าที่วัดได้จากตัวแปรกระบวนการควบคุม ซึ่งเป็นของการป้อนกลับของวงควบคุม (ตัวตรวจวัด)
PID gains	การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID ประกอบด้วย - proportional gain (Kc) - integral time (Ti นาที) - derivative time (Td นาที)
output	คือค่าเอาท์พุทการควบคุมของอัลกอริทึม PID ที่ใช้ในควบคุมกระบวนการ

3.5.2 การสร้างระบบควบคุมความดันแก๊สและแสดงผลบนโปรแกรมแลปวิว

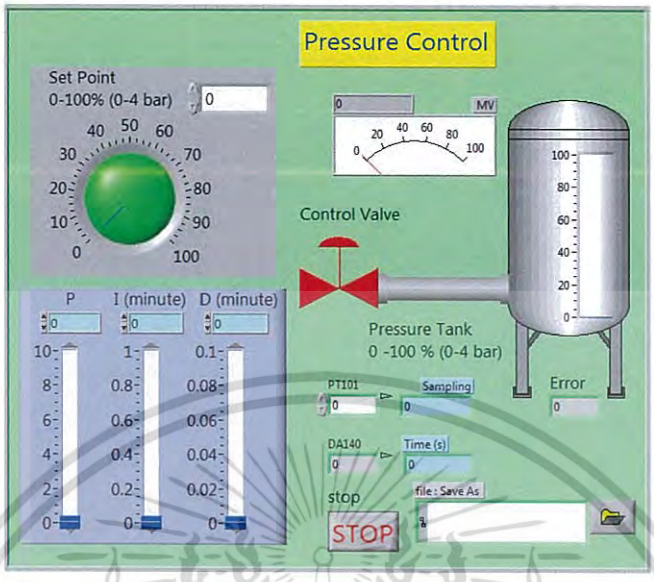
อัลกอริทึมของโปรแกรมแลปวิวมีฟังก์ชั่นการทำงาน ซึ่งเหมาะสมสำหรับระบบควบคุม โดยประกอบด้วยส่วน Block Diagram และ Front Panel ทำหน้าที่ร่วมกันทั้งสองส่วน

3.5.2.1 การสร้าง Front Panel ของโปรแกรมแลปวิว

ในส่วนควบคุมและแสดงผลของโปรแกรมแลปวิว สามารถสร้างผ่าน Front Panel โดยมีเครื่องมือหลายชนิดให้เลือกใช้ เช่น เกจ, สวิตช์ และกราฟแสดงผลชนิดต่าง ๆ โดยการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

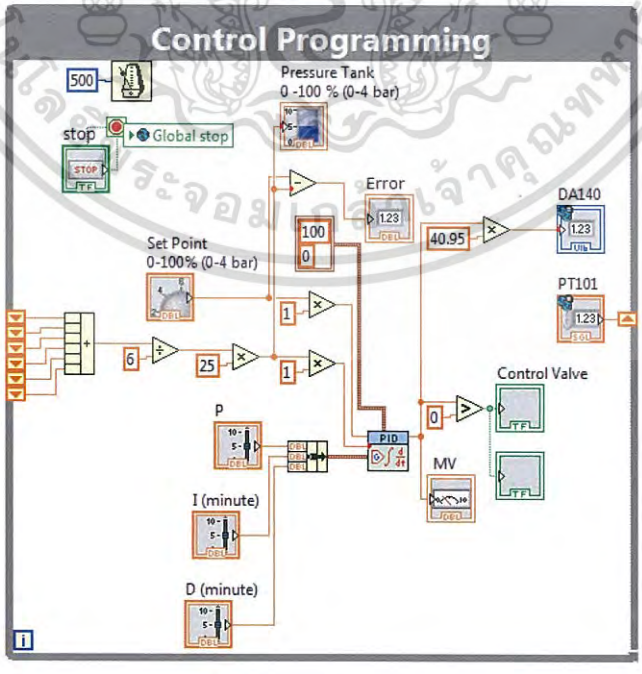
ระบบควบคุมความดันแก๊สด้วยตัวควบคุม PID โดยผู้ออกแบบสามารถประยุกต์ใช้งานฟังก์ชั่นหรือพัฒนาให้โปรแกรมควบคุมมีความซับซ้อนในการควบคุม และแสดงผลได้อย่างหลากหลาย ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลของระบบควบคุมความดันแก๊สด้วย PID

3.5.2.2 การสร้าง Block Diagram โปรแกรมควบคุมด้วย PID

ในส่วนของโปรแกรมรับค่าเพื่อใช้คำนวณและประมาณผลของสัญญาณวัดและควบคุมของระบบควบคุมความดันแก๊สด้วยตัวควบคุม PID สามารถสร้างผ่าน Block Diagram ซึ่งมีเครื่องมือให้เลือกใช้งานอย่างหลากหลาย เพื่อให้การเขียนโปรแกรมหรือคำนวณทางคณิตศาสตร์มีความสะดวก ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมความดันแก๊สด้วย PID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ขั้นตอนการทดลอง

การปรับแต่งตัวควบคุม PID ด้วยวิธีของ ซิกเลอร์-นิโคลส์ เป็นวิธีหาค่าพารามิเตอร์การควบคุมในกรณีไม่ทราบค่าสมการทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการควบคุมความดันแก๊ส โดยวิธีปฏิกิริยากระบวนการจะไม่นำมาใช้ เนื่องจากถังความดันมีขนาดเล็กและมีปริมาตรน้อย จึงอาจทำให้กระบวนการมีผลตอบสนองเข้าสู่สภาวะคงตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้กราฟความชัน (Slope) ของกระบวนการมีค่ามากและจำเป็นต้องพล็อตกราฟผลตอบสนองเพื่อพิจารณาพารามิเตอร์ที่เกิดขึ้นหลายตัวแปร รวมถึงแหล่งจ่ายของกระบวนการไม่มีความเสถียร อาจทำให้การประมาณค่าการทดลองเกิดความคลาดเคลื่อน ดังนั้นการวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีอัตราขยายสูงสุด โดยอาศัยผลตอบสนองของกระบวนการด้วยตัวควบคุมแบบ P ต่อสัญญาณอ้างอิงหนึ่งหน่วยจนเกิดการแกว่งอย่างต่อเนื่อง เพื่อพิจารณาพารามิเตอร์เพียง 2 ค่า คือ K_{cu} และ T_u รวมถึงกระบวนการมีขนาดเล็กจึงใช้ทดลองเวลาสั้น โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1) ปรับแหล่งจ่ายความดันแก๊สให้แรงดันก่อนเข้าวาล์วควบคุมมีขนาดแรงดันที่ 4 bar
2) ตั้งค่าเป้าหมาย (SP) ให้มีค่าเป็นศูนย์
3) ตั้งค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID คือ K_c , T_i และ T_d ให้มีค่าต่ำสุดหรือเป็นศูนย์
4) รันโปรแกรมแลปวิวเพื่อให้ตัวควบคุมทำงาน
5) ป้อนสัญญาณอินพุทที่หนึ่งหน่วยไปที่ค่าเป้าหมาย 50 เปอร์เซ็นต์
6) กำหนดค่าพารามิเตอร์ K_c เพิ่มขึ้นทีละน้อย โดยที่ค่าของ T_i และ T_d ยังมีค่าเป็นศูนย์
7) เพิ่มค่า K_c จนกระทั่งสัญญาณผลตอบสนองแกว่งด้วยแอมพลิจูดและคาบเวลาคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

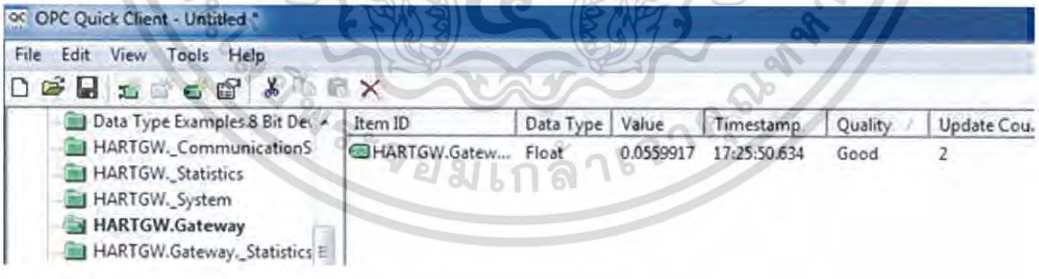
บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบเชื่อมต่อสัญญาณจากอุปกรณ์วัดคุมเข้าสู่ OPC Server โดยการนำสัญญาณค่าความดันแก๊สของทรานสมิตเตอร์ที่ถูกส่งไปสู่สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย รวมถึงสัญญาณที่ส่งออกไปสู่วาล์วควบคุมจากโมดูลเอาต์พุตอนาลอกของพีแอลซี และผลการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของการควบคุมความดันแก๊สด้วยตัวควบคุมแบบ PID จากวิธีอัตราขยายสูงสุดสามารถแบ่งวิธีทดลองระบบควบคุมออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่

1. ผลการทดลองเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดคุม และแสดงสถานะสัญญาณผ่าน OPC Server
2. ผลการทดลองเชื่อมต่อสัญญาณ และแสดงผลผ่านแลปวิว
3 .ผลการทดลองสุ่มข้อมูล (Sampling)
4. ผลการทดลองปรับแต่งตัวควบคุมด้วยวิธีอัตราขยายสูงสุด
5. ผลการทดลองควบคุมความดันแก๊สด้วยตัวควบคุม PID

4.1 ผลการทดลองเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดคุมและแสดงสถานะสัญญาณผ่าน OPC Server

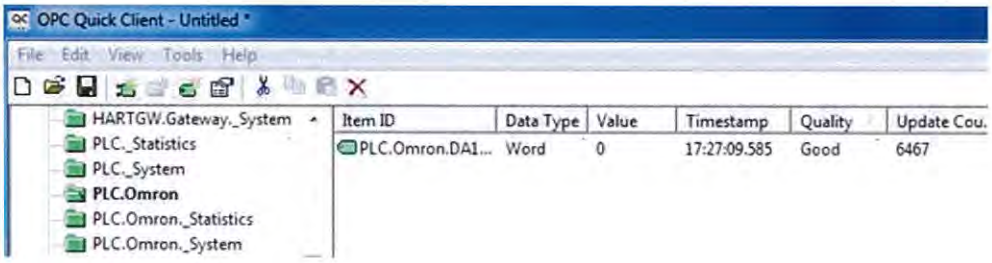
จากการกำหนดมาตรฐาน และวิธีตั้งค่าการเชื่อมต่อสัญญาณความดันแก๊ส โดยค่าความดันแก๊สของทรานสมิตเตอร์ Emerson ที่ส่งมาสู่สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายจะถูกเชื่อมต่อสัญญาณจากเราเตอร์ที่ถูกติดตั้งสำหรับกระจายสัญญาณ เพื่อนำสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์ด้วยการตั้งค่าเชื่อมต่อผ่านมาตรฐานในรูปแบบ Modbus TCP/IP Ethernet ให้สัญญาณเข้าสู่ OPC Server เพื่อตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อสัญญาณ และแสดงค่าของความดันแก๊สที่ถูกส่งมาจากอุปกรณ์สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย โดยเลือกไปที่ชื่อของอุปกรณ์ที่ตั้งค่าตำแหน่งของข้อมูลที่ต้องการ คือ HARTGW.Gateway จากหน้าต่างของ OPC Quick Client ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงสถานะของการเชื่อมต่อสัญญาณจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย

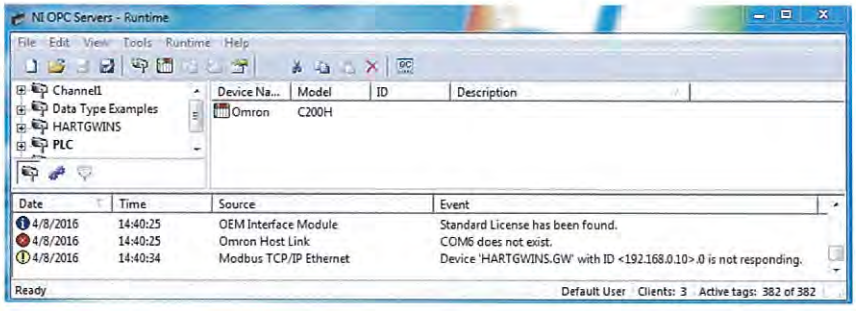
จากการกำหนดมาตรฐานและวิธีการเชื่อมต่อสัญญาณที่ใช้สำหรับวาล์วควบคุม ด้วยการตั้งค่าเชื่อมต่อเพื่อใช้สัญญาณควบคุมจากโมดูลเอาต์พุตอนาลอก 4 - 20 mA ของพีแอลซี Omron ซึ่งถูกติดตั้งเพื่อนำสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ด้วยการตั้งค่าเชื่อมต่อผ่านมาตรฐานในรูปแบบ Omron Host Link โดยนำสัญญาณเข้าสู่ OPC Server เพื่อตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อสัญญาณของพีแอลซี และแสดงค่าการควบคุมที่ถูกส่งไปสู่พีแอลซี โดยเลือกไปยังชื่อของอุปกรณ์ที่ถูกตั้งค่าตำแหน่งของข้อมูลที่ต้องการ คือ PLC.Omron.DA140 จากหน้าต่าง OPC Quick Client ดังแสดงในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงสถานะของการเชื่อมต่อสัญญาณควบคุมจากพีแอลซี

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 แสดงผลทดลองการเชื่อมต่อสัญญาณของระบบควบคุมความดันแก๊สจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย และการเชื่อมต่อจากพีแอลซีตามลำดับ โดยถูกตั้งค่าการเชื่อมต่อสัญญาณให้เข้าสู่ OPC Server ซึ่งแสดงสถานะของสัญญาณการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของค่าความดันแก๊สจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย และค่าสัญญาณควบคุมจากโมดูลเอาต์พุตอนาลอกของพีแอลซีให้เห็นในภาพคอลัมน์ โดยประกอบด้วย ช่องระบุตำแหน่งที่อยู่ข้อมูลของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อใช้งาน (Item ID) ซึ่งเป็นส่วนที่ถูกตั้งชื่อไว้ในขั้นตอนการเลือกวิธีเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบ ช่องระบุชนิดข้อมูล (Data Type) เป็นส่วนที่ใช้ระบุชนิดข้อมูลของอุปกรณ์ที่ถูกเชื่อมต่อ ช่องแสดงค่าของอุปกรณ์ (Value) เป็นส่วนที่ระบุค่าสัญญาณการวัดหรือการควบคุมที่ผ่านสู่ OPC Server ช่องระบุเวลาขณะปฏิบัติงาน (Timestamp) เป็นส่วนที่แสดงเวลาในขณะมีการเชื่อมต่อใช้งานของซอฟต์แวร์ ช่องระบุคุณภาพสัญญาณ (Quality) เป็นส่วนที่แสดงสถานะของสัญญาณการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบ และช่องระบุอัตราการรับส่งข้อมูล (Update Count) เป็นส่วนที่ระบุจำนวนของข้อมูลที่ผ่านเข้าออกยังซอฟต์แวร์ โดย OPC Server สามารถกำหนดค่าความเร็วในการส่งข้อมูลได้ต่ำสุด 50 ms และสามารถตรวจสถานะของการเชื่อมต่อใช้งานอุปกรณ์ได้ในช่องระบุคุณภาพสัญญาณ เพื่อให้สามารถตรวจสอบว่า OPC Tag มีสถานะพร้อมสำหรับติดต่อรับส่งข้อมูลหรือไม่ เมื่อสัญญาณจากอุปกรณ์ในระบบมีการเชื่อมต่อใช้งาน โดยตั้งค่าถูกต้องตามมาตรฐานของอุปกรณ์ที่ใช้งานและสามารถติดต่อสัญญาณได้จากอุปกรณ์จะถูกแสดงค่าให้อยู่ในสถานะ Good นั่นเป็นการแสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่ออุปกรณ์สามารถรับส่งค่าได้ผ่านทาง OPC Server แต่เมื่อมีการตั้งค่าไม่ถูกต้องหรือมีปัจจัยที่ทำให้ไม่สามารถติดต่อสัญญาณจากอุปกรณ์ได้จะแสดงค่าให้อยู่ในสถานะ Bad ซึ่งเป็นสถานะของการเชื่อมต่อที่ไม่พร้อมใช้งาน โดย OPC Server จะแสดงข้อความเตือนขึ้นมาเพื่อให้มีการตรวจสอบไปยังสาเหตุของการเชื่อมต่อสัญญาณของอุปกรณ์ที่ถูกเชื่อมต่อขณะนั้น เพื่อตรวจสอบการแจ้งเตือนความผิดพลาดที่เกิดขึ้น และแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนการตั้งค่าตามมาตรฐานในการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่ถูกเลือกใช้งานได้อย่างถูกต้อง ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงสถานะของการเชื่อมต่อสัญญาณผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

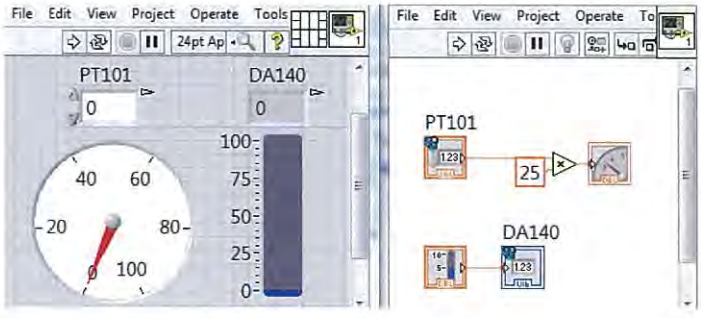
จากรูปที่ 4.3 เป็นการแสดงถึงปัญหาของการเชื่อมต่อสัญญาณ เนื่องจากเกิดความผิดพลาดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบควบคุมความดันแก๊สในขณะนั้น ซึ่งซอฟต์แวร์ OPC Server จะแสดงข้อความแจ้งเตือนสถานะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ขึ้น ให้ทราบปัญหาที่เกิดขึ้นของอุปกรณ์ทั้งหมดที่เชื่อมต่อภายใน OPC Server ในช่องแสดงความผิดพลาดดังรูป โดยแสดงการแจ้งเตือนปัญหาเพื่อให้ผู้ใช้งานตรวจไปยังวิธีการตั้งค่าหรือสัญญาณการเชื่อมต่อจากอุปกรณ์ให้มีความถูกต้อง โดยเชื่อมต่อของ Modbus TCP/IP Ethernet ถูกแจ้งเตือนว่าไม่มีการตอบสนองและ Omron Host Link จะถูกแจ้งเตือนว่า คอมพอร์ต 6 ไม่มีอยู่ในโปรแกรม ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองชนิดจะไม่สามารถเชื่อมต่อสัญญาณเข้าสู่ OPC Server

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองเชื่อมต่อสัญญาณของระบบควบคุมความดันแก๊ส เมื่อพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมต่อสัญญาณของอุปกรณ์วัดคุมทั้งสองชนิด คือ สัญญาณจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายและสัญญาณจากพีแอลซีที่เชื่อมต่อสัญญาณเข้าสู่ OPC Server ซึ่งพบปัญญาที่ทำให้ไม่สามารถเชื่อมต่อกับสัญญาณของอุปกรณ์ทั้งสองชนิด โดยมีปัจจัยหลัก คือ การตั้งค่ามาตรฐานของการเชื่อมต่อไม่ถูกต้อง เช่น การเลือกชนิดฮาร์ดแวร์เชื่อมต่อใช้งาน, การเลือกรุ่นของอุปกรณ์, การเลือกใช้งานชนิดข้อมูลที่ไม่สัมพันธ์กับค่าอุปกรณ์ที่ใช้หรือการกำหนดช่องทางการสื่อสารของอุปกรณ์ที่ไม่ถูกต้อง และเนื่องจากปัญหาของสัญญาณจากอุปกรณ์ทั้งสองขาดการติดต่อ เช่น เกิดความผิดพลาดของพีแอลซีทำให้สัญญาณไม่สามารถส่งสัญญาณมาได้ และนอกจากนี้ยังมีปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้ไม่สามารถเชื่อมต่อกับ OPC Server คือ การเลือกเชื่อมต่อใช้งานอุปกรณ์ที่มีการกำหนดช่องทางการสื่อสารเดียวกันกับ OPC Server จากผู้ผลิตอื่น เช่น การกำหนดพอร์ตคอมซ้ำกันจะทำให้เกิดปัญหาการเชื่อมต่อซ้ำซ้อน

4.2 ผลการทดลองเชื่อมต่อสัญญาณและแสดงผลผ่านแลปวิว

เมื่อสัญญาณจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายและพีแอลซีที่ถูกเชื่อมต่อเข้ามาสู่ OPC Server และถูกสร้างให้อยู่ในรูปแบบของ OPC Tag เพื่อเชื่อมต่อและแสดงสถานะสัญญาณจากอุปกรณ์วัดคุมทั้งสอง สัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์ทั้งสองชนิดจะถูกเชื่อมต่อเพื่อนำค่าไปแสดงผลยังโปรแกรมแลปวิว ซึ่งจะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบวัตถุ (Object) ที่สามารถแสดงค่าเป็นตัวเลขหรือสื่อเคลื่อนไหว เพื่อใช้สร้างโปรแกรมของระบบควบคุมความดันแก๊สด้วยตัวควบคุม PID ที่ถูกออกแบบไว้ข้างต้น โดยสัญญาณทั้งสองถูกดำเนินการบนโปรแกรมเพื่อให้ระบบสามารถควบคุม และแสดงผลของกระบวนการควบคุมความดันแก๊สได้โดยอยู่ในลักษณะของกราฟิกและบล็อกไดอะแกรม ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงสถานะของสัญญาณจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายและพีแอลซีผ่านโปรแกรมแลปวิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นถึงผลของการเชื่อมต่อสัญญาณจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายและพีแอลซี โดยถูกเชื่อมต่อสัญญาณของ OPC Tag ที่อยู่ใน OPC Server เข้าสู่โปรแกรมแลปวิวเพื่อใช้ดำเนินการทางโปรแกรม โดยทดสอบการรับและส่งค่าของระบบควบคุมความดันแก๊ส ซึ่งโปรแกรมจะถูกดำเนินการให้อยู่ในสถานะต่อเนื่องเพื่อให้มีการรับส่งค่าอยู่ตลอดเวลา ซึ่งสัญญาณจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายที่ถูกเชื่อมต่อจากทรานสมิตเตอร์และแสดงผลการวัดค่าความดันแก๊สจะถูกสร้างให้เป็นชื่อ PT101 เมื่อสัญญาณถูกเชื่อมต่อได้อย่างถูกต้อง จะสามารถรับค่าความดันแก๊สเข้ามาสู่แลปวิวให้แสดงผลขึ้นบนหน้าต่างได้ตลอดเวลา ซึ่งตรงกับค่าที่แสดงใน OPC Server และที่ทรานสมิเตอร์วัดค่าได้ดังรูป ส่วนสัญญาณจาก พีแอลซีเป็นการเชื่อมต่อไปสู่โมดูลเอาต์พุตอนาลอกเพื่อควบคุมวาล์วควบคุมถูกสร้างให้เป็นชื่อ DA140 เมื่อสัญญาณถูกเชื่อมต่อได้อย่างถูกต้องจะสามารถป้อนค่าควบคุมการเปิดวาล์วควบคุมผ่านทางหน้าต่างแสดงผลในโปรแกรมแลปวิวเพื่อให้ส่งค่าผ่านออกไปยังพีแอลซีได้ทันที และค่าการควบคุมจะถูกแสดงให้เห็นบน OPC Server หากการเชื่อมต่อสัญญาณเกิดการขัดข้องระหว่าง OPC Server และแลปวิว ทำให้สัญญาณความดันแก๊สที่วัดจากทรานสมิตเตอร์ไม่สามารถรับค่าขึ้นมาแสดงผลได้ และในส่วนของการป้อนค่าสั่งงาน และควบคุมการเปิดวาล์วควบคุมจะไม่สามารถเชื่อมโยงค่าไปสู่ OPC Server ได้เช่นกัน

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการเชื่อมต่อเพื่อนำสัญญาณของอุปกรณ์ในระบบควบคุมความดันแก๊สมาจาก OPC Server เพื่อนำสัญญาณเข้ามาสู่โปรแกรมแลปวิว ให้สามารถเชื่อมต่อสัญญาณจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายและพีแอลซีเพื่อใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง แต่อาจเกิดปัญหาที่ทำให้สัญญาณการเชื่อมต่อเกิดขัดข้องระหว่าง OPC Server ไปสู่โปรแกรทแลปวิว เนื่องจากการตั้งค่าใช้งาน OPC Server ไม่ถูกต้อง และอีกปัญหาประการหนึ่ง คือการเชื่อมต่อ OPC Tag สัญญาณเดียวกันของ OPC Server เพื่อนำสัญญาณเชื่อมต่อไปสู่ซอฟต์แวร์อื่น จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการเชื่อมต่อสัญญาณเนื่องจากความซ้ำซ้อนของการเชื่อมต่อใช้งาน

4.3 ผลการทดลองสุ่มข้อมูล (Sampling)

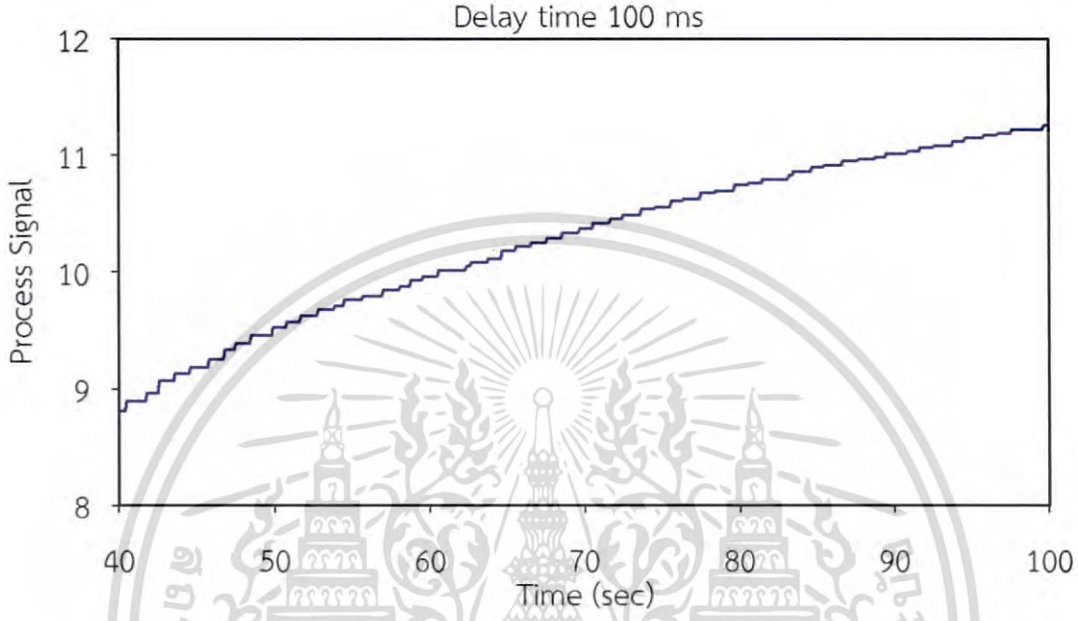
การทดลองในส่วนนี้มีจุดประสงค์เพื่อแสดงวิธีทดสอบการสุ่มข้อมูลจากอุปกรณ์ที่เชื่อมร่วมกับ OPC Server และโปรแกรมแลปวิวด้วยการควบคุมแบบวงเปิด และบันทึกผลการทดลองเพื่อใช้สังเกตลักษณะของความละเอียดในการส่งสัญญาณ และใช้สำหรับการตั้งค่าให้เหมาะสมของอัตราการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์เชื่อมต่อไปสู่ซอฟต์แวร์ทั้งสองส่วน โดยใช้ค่าการทดลองดังนี้

1) ตั้งค่า Burst Rate ของทรานสมิตเตอร์วัดความดันให้มีอัตราส่งเท่ากับ 1 วินาที
2) ตั้งค่า Scan Rate ของ OPC Server และ Update Rate ของแลปวิวให้มีค่าดังต่อไปนี้
   - Scan Rate เท่ากับ 100 ms และ Update Rate เท่ากับ 100 ms
   - Scan Rate เท่ากับ 100 ms และ Update Rate เท่ากับ 1000 ms
   - Scan Rate เท่ากับ 100 ms และ Update Rate เท่ากับ 5000 ms

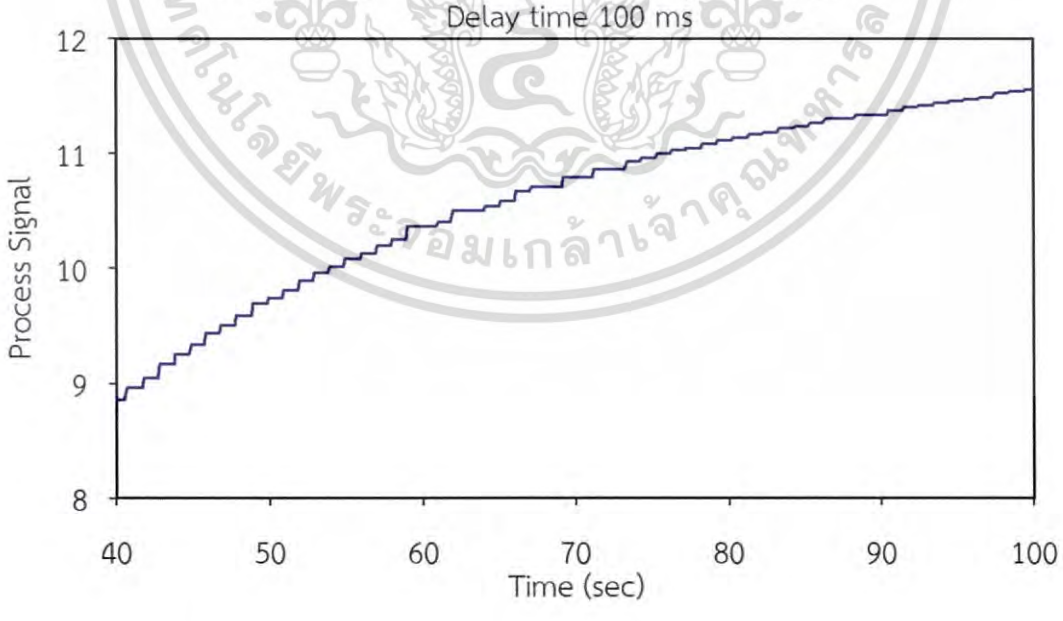
เมื่อทดลองตั้งค่าทดลองการสุ่มอัตราส่งข้อมูลจะสามารถสังเกตได้ว่าโปรแกรมแต่ละส่วนจะทำให้เกิดความสัมพันธ์มันระหว่างการส่งข้อมูล โดย Burst Rate ของทรานสมิตเตอร์วัดความดันถูกตั้งค่าไว้ที่ทุก ๆ 1 วินาที ต่อการส่งข้อมูลหนึ่งชุด จากนั้นข้อมูลค่าความดันแก๊สที่ต้องการใช้งานนั้นถูกส่งเข้ามาสู่สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายเพื่อเชื่อมต่อเข้าสู่ OPC Server เพื่อตั้งค่าการสุ่มอัตราของการรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และส่งข้อมูลให้สามารถเชื่อมโยงเข้ามาสู่แลปวิว ซึ่งการรับค่าข้อมูลที่ส่งจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย ต้องตั้งค่าให้มีความเร็วมากกว่าข้อมูล Burst Rate กำหนดไว้ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลได้ทันจำนวนข้อมูลที่ส่งมา โดยสามารถตั้งค่ารับส่งข้อมูลของ Scan Rate จาก OPC Server และในโปรแกรมแลปวิวสามารถตั้งค่ารับส่งข้อมูลของ Update Rate และค่าเวลาหน่วงในขั้นตอนการเขียนโปรแกรม โดยการตั้งค่าที่เหมาะสมจะมีผลทำให้ได้จำนวนข้อมูลที่ผิดพลาดน้อย ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

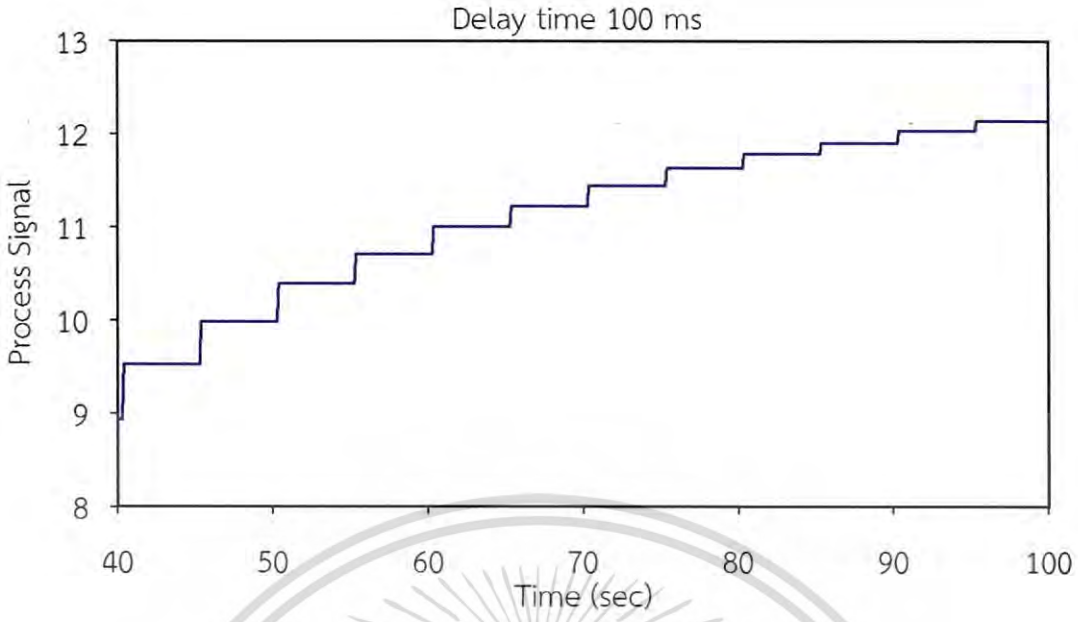


รูปที่ 4.5 กราฟแสดง Scan Rate และ Update Rate เท่ากับ 100 ms



รูปที่ 4.6 กราฟแสดง Scan Rate 100 ms, Update Rate 1000 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดง Scan Rate 100 ms, Update Rate 5000 ms

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.5, 4.6 และ 4.7 แสดงถึงการส่งข้อมูลจาก OPC server เข้ามาสู่โปรแกรมแลปวิว โดยมีการตั้งค่ารับข้อมูลของ Scan Rate และ Update Rate เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของข้อมูลในช่วงเวลาที่เท่ากันของโปรแกรมแลปวิว แสดงให้เห็นว่าการตั้งค่าทดลองสุ่มข้อมูลในรูปที่ 4.5 ถูกกำหนด Scan Rate และ Update Rate ให้มีค่าเท่ากับ 100 ms ทำให้การรับข้อมูลได้จำนวนมากที่สุด เนื่องจากลักษณะของข้อมูลที่แสดงในรูปมีความละเอียดและความต่อเนื่องของข้อมูล ความผิดพลาดที่เกิดจากการรับข้อมูลมีให้เห็นน้อย เนื่องจากการสุ่มข้อมูลที่ส่งมาสู่โปรแกรมแลปวิวจำนวนมาก ในรูปที่ 4.6 ถูกกำหนด Scan Rate ให้มีค่าเท่ากับ 100 ms และ Update Rate มีค่าเท่ากับ 1000 ms ทำให้ลักษณะของข้อมูลที่เกิดขึ้นยังคงมีความละเอียดและความต่อเนื่อง แต่ความผิดพลาดที่เกิดจากการรับข้อมูลยังคงมีให้เห็นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากการสุ่มข้อมูลสู่โปรแกรมแลปวิวได้น้อยกว่า และในรูปที่ 4.7 ซึ่งถูกกำหนด Scan Rate ให้มีค่าเท่ากับ 100 ms และ Update Rate มีค่าเท่ากับ 5000 ms สังเกตได้ว่าสัญญาณที่เข้ามาไม่มีความต่อเนื่อง โดยมีลักษณะเป็นขั้นบันได เนื่องจากข้อมูลที่ส่งเข้าสู่โปรแกรมแลปวิวมีจำนวนน้อย ซึ่งไม่สัมพันธ์กับค่าของ Burst Rate กำหนดไว้ในสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย

วิเคราะห์ผลการทดลอง

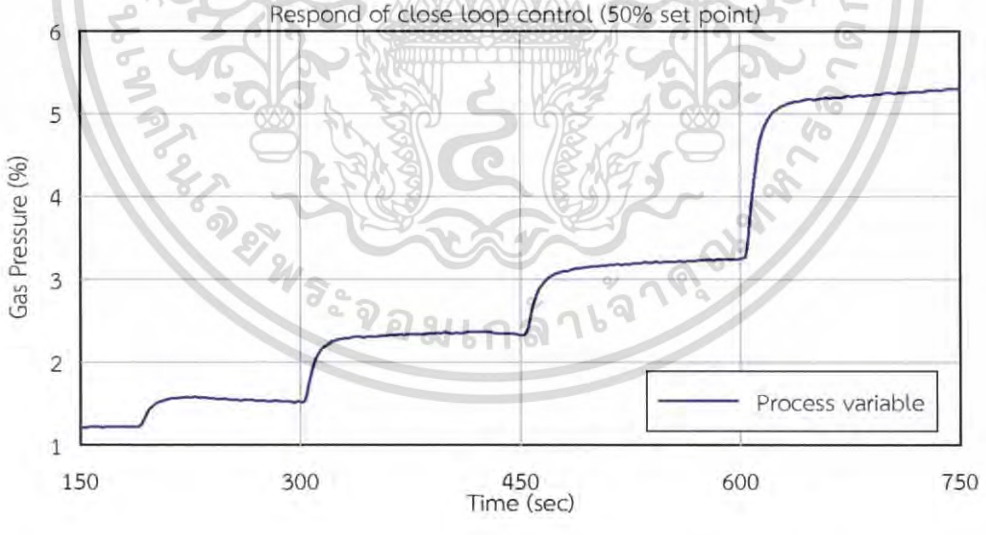
จากการทดลองสุ่มข้อมูลการตั้งค่า Scan Rate ของ OPC Server และ Update Rate ที่อยู่ในโปรแกรมแลปวิว สิ่งที่จำเป็นต้องพิจารณาถึงคือการตั้งค่าต้องให้มีความเหมาะสมกับจำนวนครั้งของข้อมูลที่ถูกส่งเข้าสู่โปรแกรม เนื่องจากมีผลต่อความละเอียดของข้อมูลและการออกแบบตัวควบคุม การตั้งค่า Scan Rate และ Update Rate ที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลช้ากว่า Burst Rate จะทำให้ค่าของข้อมูลที่ถูกส่งเข้ามานั้นมีความไม่ต่อเนื่องของสัญญาณความดันแก๊ส ซึ่งส่งผลให้การตอบสนองของระบบควบคุมเกิดความล่าช้า จนอาจทำให้กระบวนการควบคุมเกิดความผิดพลาดหรืออาจเกิดความคลาดเคลื่อนไปจากการควบคุม แต่ในการตั้งค่าสุ่มจำนวนข้อมูลที่มีความเร็วเกินไปจะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ้นเปลืองหน่วยความจำของเครื่องคอมเตอร์ ในการออกแบบระบบควบคุมความดันแก๊สถูกตั้งค่า Burst Rate ให้มีค่าเป็น 1 วินาที ส่วนค่าของ Scan Rate ของ OPC Server และ Update Rate ของโปรแกรมแลปวิวจะถูกใช้ที่ค่า 100 ms เพื่อให้การเก็บข้อมูลที่ผ่านเข้าสู่แลปวิวจำนวน 10 เท่าของจำนวนข้อมูลที่ถูกส่งเข้ามาจาก OPC Server แต่เวลาหน่วงในการเก็บค่าพารามิเตอร์สำหรับวิเคราะห์กระบวนการถูกกำหนดในขั้นตอนการเขียนโปรแกรมควบคุมให้มีค่าเป็น 500 ms หรือ 2 เท่าของจำนวนข้อมูลที่ส่งเข้าสู่โปรแกรมแลปวิว เนื่องจากระบบที่ออกแบบไม่จำเป็นต้องใช้จำนวนข้อมูลที่ละเอียดมากเกินไป

4.4 ผลการทดลองปรับแต่งตัวควบคุมด้วยวิธีอัตราขยายสูงสุด

จากการทดลองควบคุมความดันแก๊สด้วยระบบควบคุมวงปิด เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการปรับแต่งตัวควบคุม PID โดยใช้การทดสอบจากวิธีอัตราขยายสูงสุด เพื่อให้ได้อัตราขยายเชิงสถิตสูงสุด รวมถึงการหาคาบเวลาสูงสุดของตัวควบคุมชนิด P ได้แก่ K_{cu} และ T_u ตามลำดับ โดยการกำหนดเป้าหมายของการควบคุมด้วยการเพิ่มสัญญาณหนึ่งหน่วยไว้ที่ 50% (2 bar) โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณจากตัวควบคุมชนิด I และ D ให้มีค่าน้อยที่สุดหรือเท่ากับศูนย์ และค่อย ๆ เพิ่มพารามิเตอร์ของสัญญาณจากตัวควบคุมชนิด P พร้อมกับสังเกตและวิเคราะห์ผลตอบสนองที่เกิดขึ้นจากกระบวนการควบคุม และนำผลที่ได้มาใช้ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์คงที่ตามสูตรการคำนวณด้วยวิธีของซิกเลอร์ - นิโคลส์ เพื่อให้เป็นอัตราขยายที่ใช้ในตัวควบคุม PID ดังในบทที่ 2 ซึ่งการทดลองแสดงให้เห็นถึงผลตอบสนองของกระบวนการควบคุม โดยมีกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันแก๊ส (Gas Pressure) ที่แสดงอยู่ในรูปแบบของอัตราร้อยละ และคาบเวลา (Time) ในหน่วยวินาทีได้ดังนี้

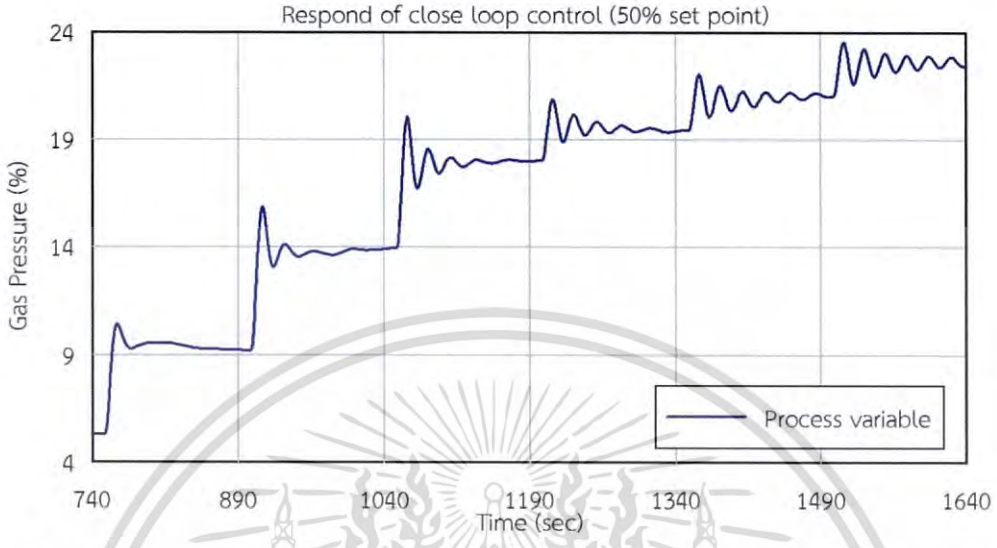


รูปที่ 4.8 ผลตอบสนองของระบบควบคุมจากการป้อนค่าพารามิเตอร์ K_c ในช่วง 0.2 ถึง 1.0

จากรูปที่ 4.8 แสดงผลตอบสนองของการทดลองป้อนค่าพารามิเตอร์ K_c ในช่วงเริ่มต้นที่ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ1.0 ตามลำดับ เมื่อทดลองเพิ่มค่า K_c ไปที่ 0.2 สังเกตว่าสัญญาณควบคุมยังไม่ส่งผลต่อค่าทางกระบวนการทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง และความดันแก๊สอยู่ในสภาวะสมดุลเหมือนสัญญาณค่าเริ่มต้น แต่เมื่อทดลองป้อนค่า K_c เพิ่มขึ้นไปที่ 0.4, 0.6 และ 0.8 สังเกตได้ว่าค่า

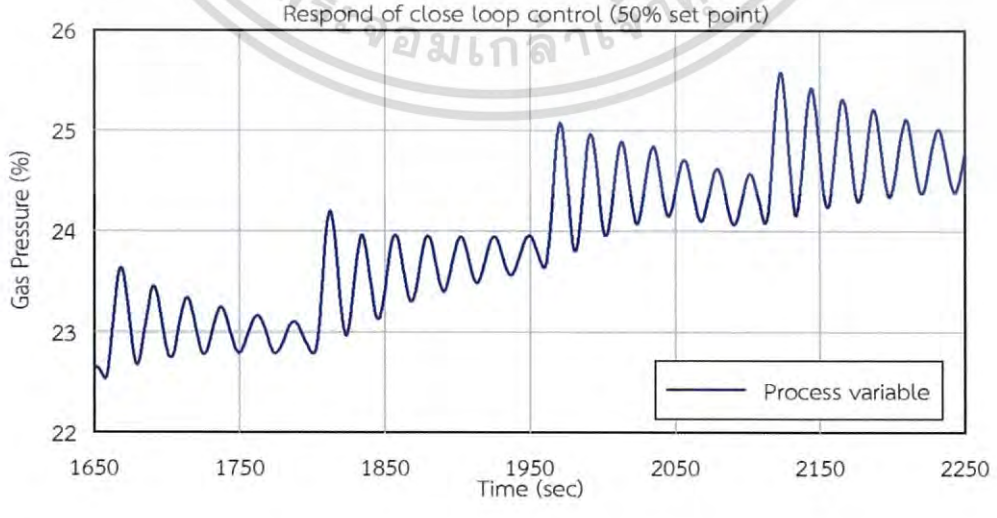
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางกระบวนการมีผลตอบสนองเพิ่มขึ้นเล็กน้อยก่อนลู่เข้าสู่จุดสมดุลค่าใหม่ และเมื่อทดลองป้อนค่า K_c เพิ่มขึ้นไปที่ 1.0 จะพบว่าค่าทางกระบวนการมีผลตอบสนองเพิ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและยังคงลู่เข้าสู่จุดสมดุล แต่ยังเป็นช่วงที่ผลตอบสนองของระบบยังไม่เกิดการแกว่งตัว



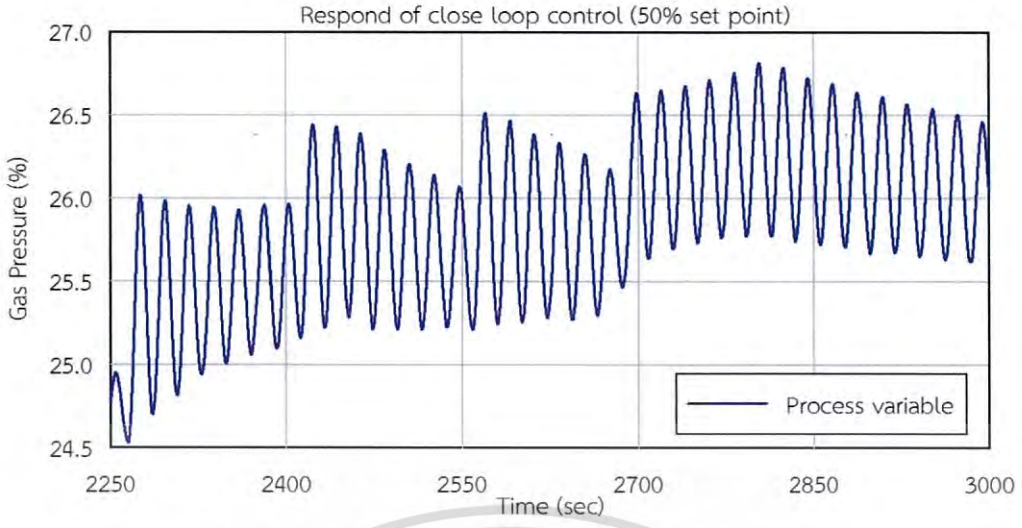
รูปที่ 4.9 ผลตอบสนองของระบบควบคุมจากการป้อนค่าพารามิเตอร์ K_c ในช่วง 1.2 ถึง 1.9

จากรูปที่ 4.9 แสดงผลตอบสนองต่อการทดลองป้อนค่าพารามิเตอร์ K_c เพิ่มขึ้นจากเดิมไปสู่ช่วง 1.2 ถึง 1.9 ตามลำดับ เมื่อทดลองเพิ่มค่า K_c ไปที่ 1.2 สังเกตว่าค่าทางกระบวนการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนทำให้เกิดโอเวอร์ชูตขึ้นเล็กน้อย และเกิดการแกว่งตัวก่อนลดลงเข้าสู่จุดสมดุล เมื่อทดลองป้อนค่า K_c เพิ่มขึ้นไปที่ 1.4 ถึง 1.9 ซึ่งเป็นผลให้ค่าทางกระบวนการมีลักษณะพุ่งขึ้นอย่างรวดเร็ว จนทำให้เกิดโอเวอร์ชูตเพิ่มมากขึ้น และเริ่มมีการแกว่งตัวของค่าทางกระบวนการอย่างชัดเจน แต่ยังคงมีขนาดลดลงจนเข้าสู่จุดสมดุลได้ด้วยระยะเวลายาวนาน ซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้ผลตอบสนองที่มีต่อสัญญาณควบคุมมีการแกว่งตัวรอบจุดสมดุล



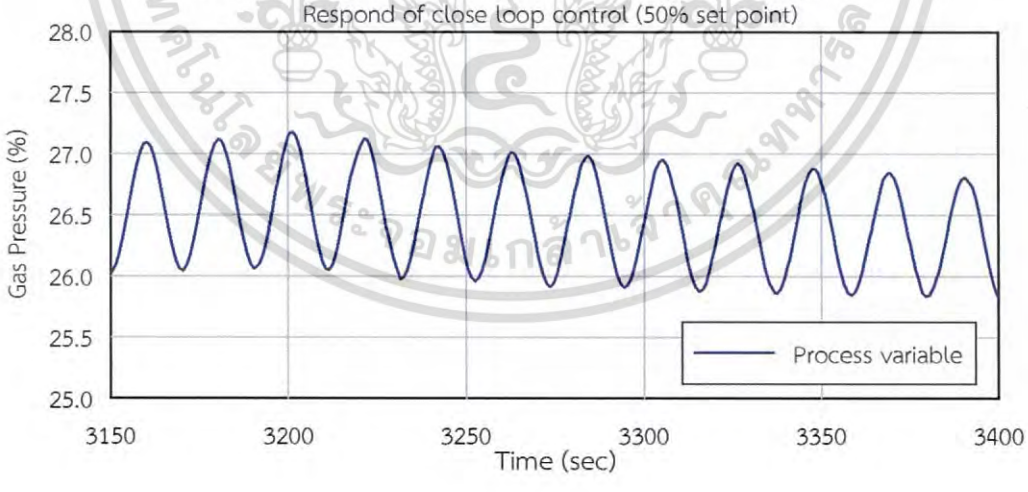
รูปที่ 4.10 ผลตอบสนองของระบบควบคุมจากการป้อนค่าพารามิเตอร์ K_c ในช่วง 1.95 ถึง 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ผลตอบสนองของระบบควบคุมจากการป้อนค่าพารามิเตอร์ K_c ในช่วง 2.15 ถึง 2.225

จากรูปที่ 4.10 แสดงผลตอบสนองต่อการทดลองป้อนค่าพารามิเตอร์ K_c เพิ่มขึ้นจากเดิมไปสู่ช่วง 1.95 ถึง 2.1 พบว่าค่าทางกระบวนการมีผลตอบสนองเพิ่มมากขึ้นจนมีการแกว่งตัวด้วยแอมพลิจูดขนาดเพิ่มขึ้นในช่วงเริ่มต้น และจะลดลงอย่างช้า ๆ แนวโน้มของขนาดผลตอบสนองที่เกิดขึ้นยังคงลู่เข้าสู่จุดสมดุลด้วยเวลาเพิ่มมากขึ้น และในรูปที่ 4.11 แสดงผลตอบสนองต่อการทดลองป้อนค่า K_c ในช่วง 2.15 ถึง 2.225 พบว่าค่าในช่วงนี้มีค่าทางกระบวนการเกิดการแกว่งตัวของสัญญาณขนาดใหญ่ในช่วงแรก และเริ่มมีขนาดเล็กลงจนแกว่งตัวคงที่ โดยสามารถเล็กลงเข้าสู่จุดสมดุลได้ด้วยระยะเวลายาวนาน

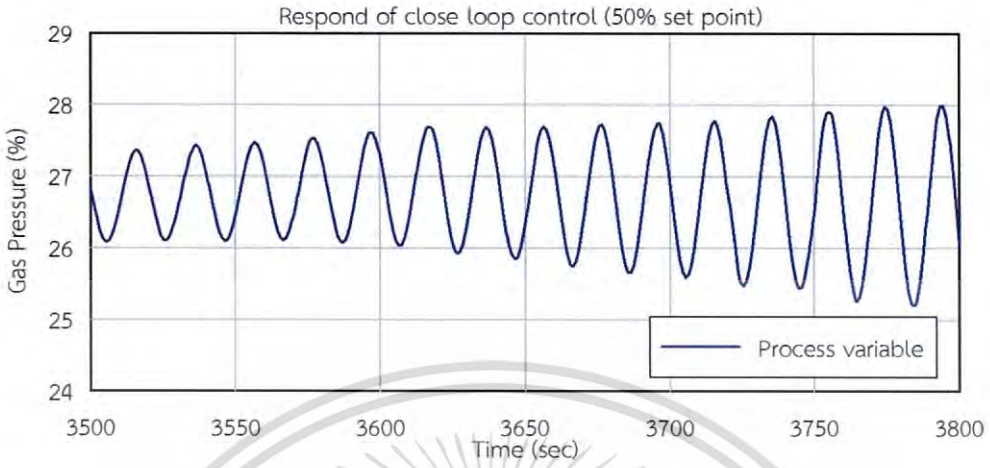


รูปที่ 4.12 ผลตอบสนองของระบบควบคุมจากการป้อนพารามิเตอร์ K_c เท่ากับ 2.25

จากรูปที่ 4.12 แสดงผลตอบสนองต่อการทดลองป้อนค่าพารามิเตอร์ K_c ไปที่ 2.25 ซึ่งพบว่าค่าทางกระบวนการมีผลตอบสนองที่เกิดการแกว่งตัวด้วยแอมพลิจูดและคาบเวลาคงที่อยู่รอบจุดสมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นช่วงที่เรียกว่าอัตราขยายสูงสุดของระบบควบคุม และเป็นช่วงที่มีค่าททำให้เกิดความเสถียรต่อระบบควบคุม



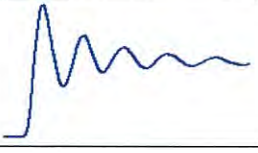
รูปที่ 4.13 ผลตอบสนองของระบบควบคุมจากการป้อนค่าพารามิเตอร์ K_c เท่ากับ 2.275

และจากรูปที่ 4.13 แสดงผลตอบสนองต่อการทดลองป้อนค่าพารามิเตอร์ K_c ขึ้นไปที่ 2.275 พบว่าค่าทางกระบวนการมีผลตอบสนองในลักษณะการแกว่งตัวของแอมพลิจูดขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จนลู่ออกแบบไม่มีขอบเขต และไม่สามารถกลับเข้าสู่ความเสถียร

วิเคราะห์ผลการทดลอง

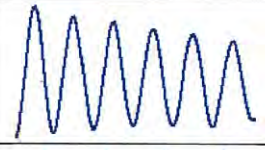
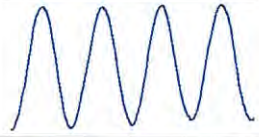
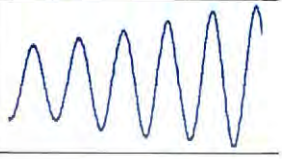
จากผลการทดลองป้อนค่าพารามิเตอร์ K_c เพื่อหาค่าเกนพารามิเตอร์ของการปรับแต่งควบคุม PID ด้วยการทดสอบจากวิธีอัตราขยายสูงสุดสามารถระบุช่วงค่าพารามิเตอร์ K_c ที่ใช้สำหรับการทดลอง โดยแสดงลักษณะการแกว่งของสัญญาณควบคุมที่เกิดขึ้นในช่วงต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองป้อนค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมชนิด P

ค่า K_c	ลักษณะสัญญาณควบคุม PV	ลักษณะผลตอบสนอง
0.2	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	
0.4 - 1.0	เพิ่มขึ้น และเข้าสู่สภาวะสมดุลได้อย่างรวดเร็ว	
1.2	เริ่มจนเกิดโอเวอร์ชูต และเริ่มมีการแกว่งเล็กน้อยก่อนเข้าสู่สภาวะสมดุล	
1.4 - 1.9	มีการแกว่งเพิ่มมากขึ้น และลดลงเข้าสู่สภาวะสมดุล	

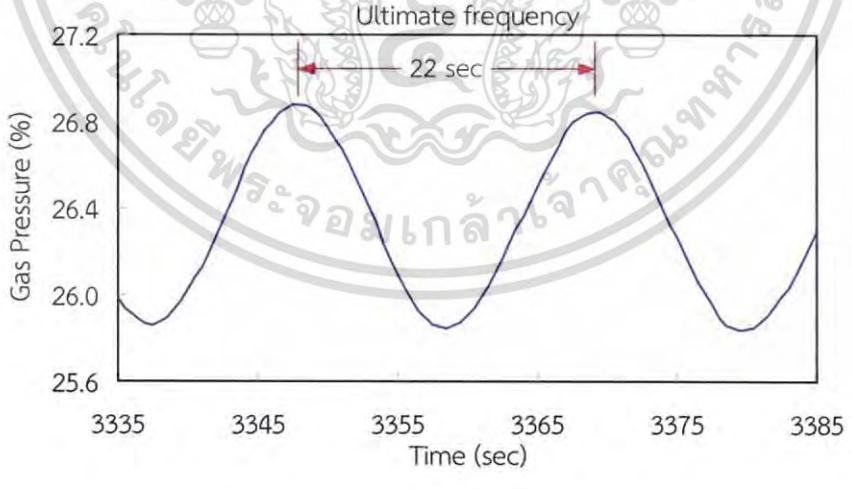
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

1.95 -2.225	แกว่งด้วยขนาดใหญ่ และค่อย ๆ เล็กลง แต่สามารถเข้าสู่สภาวะสมดุลด้วยเวลานาน	
2.25	มีการแกว่งด้วยขนาด และคาบเวลาคงที่	
2.275	แกว่งด้วยขนาดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ	

จากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้ถึงเห็นลักษณะของสัญญาณควบคุมของค่าควบคุม K_c ให้อยู่ในช่วงต่าง ๆ ของที่ถูกทดลองเพื่อหาค่า K_{cu} และ T_u ของตัวควบคุม PID โดยสัญญาณควบคุมที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งค่าพารามิเตอร์ออกเป็นช่วงที่สำคัญได้ดังนี้

ในช่วงที่มีค่า K_c ตั้งแต่ 1.2 ถึง 2.225 เป็นช่วงที่อัตราขยายต่ำกว่าช่วงที่ใช้ในการควบคุม ซึ่งทำให้ผลตอบสนองของระบบควบคุมที่สภาวะนี้เกิดการแกว่งตัวของแอมพลิจูดระหว่างจุดสมดุลมีขนาดลดลงจนกระทั่งไม่เกิดการแกว่งตัวและเข้าสู่จุดสมดุล จึงเรียกการแกว่งตัวในช่วงนี้เป็นแบบ Controller gain less than และในทางตรงกันข้าม ช่วงที่มีการป้อนสัญญาณควบคุมเพิ่มขึ้นไปที่ 2.275 เป็นตำแหน่งที่มีอัตราขยายในช่วงเกินกว่าการควบคุม ซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้ผลตอบสนองของระบบควบคุมมีการแกว่งตัวรอบจุดสมดุลและมีขนาดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนล่ออก และไม่สามารถกลับเข้าสู่สภาวะเสถียร โดยเรียกการแกว่งตัวในช่วงนี้ว่าเป็นแบบ Controller gain greater than



รูปที่ 4.14 แสดงช่วงอัตราขยายเชิงสถิตสูงสุดของการควบคุม $(K_c = K_{cu} = 2.25)$

จากรูปที่ 4.14 แสดงการทดลองหาผลตอบสนองของระบบควบคุมในตำแหน่งอัตราขยายเชิงสถิตสูงสุด ด้วยการทดสอบตามวิธีของซิกเลอร์-นิโคลส์ เมื่อค่าพารามิเตอร์ K_c ถูกป้อนไปให้กับตัวควบคุมชนิด P เท่ากับ 2.25 ซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้ระบบควบคุมไม่มีการหน่วงเกิดขึ้น ทำให้ค่าความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแกว่งตัวของผลตอบสนองในระบบควบคุมที่ตำแหน่งนี้เป็นช่วงความถี่สุดท้าย (Ultimate frequency) ก่อนเข้าสู่สภาวะไร้ความเสถียร ซึ่งอัตราขยายของระบบควบคุมในตำแหน่งนี้ถูกเรียกว่าค่าอัตราขยายเชิงสถิตสูงสุด ทำให้ผลตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมเกิดการแกว่งตัวด้วยแอมพลิจูด และคาบเวลาคงที่อยู่รอบจุดสมดุล ซึ่งเป็นลักษณะการแกว่งตัวของสัญญาณแบบไซน์ (Sinusoid) โดยเรียกช่วงของการแกว่งตัวในช่วงนี้เป็นแบบ Controller gain equal to ซึ่งถือว่าเป็นอัตราขยายอยู่ในช่วงที่เหมาะสมของกระบวนการควบคุม และสามารถวัดคาบเวลาในการแกว่งของสัญญาณได้เท่ากับ 22 วินาที

4.5 ผลการทดลองควบคุมความดันแก๊สด้วยตัวควบคุม PID

การทดลองในส่วนนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำค่าการทดทลองจากวิธีอัตราขยายสูงสุดของซิกเลอร์-นิโคลส์ ด้วยการควบคุมวงปิดเพื่อใช้คำนวณหาพารามิเตอร์คงตัวของการปรับแต่งตัวควบคุม PID สำหรับระบบควบคุมความดันแก๊ส และนำมาป้อนในระบบควบคุมที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมแลปวิว เพื่อใช้สังเกตผลตอบสนองที่เกิดขึ้นจากผลของค่าสัญญาณควบคุมขณะกระบวนการถูกควบคุมดำเนินไป เพื่อให้ได้ผลตอบสนองที่เกิดขึ้นอ้างอิงตามทฤษฎี

การคำนวณปรับแต่งพารามิเตอร์ของตัวควบคุม

จากการทดลองด้วยวิธีอัตราขยายสูงสุดทำให้อัตราขายสูงสุดได้คาบเวลา และหาค่าคงที่สำหรับการคำนวณหาค่าควบคุม PID ดังในบทที่ 2 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีอัตราขยายสูงสุดมีค่า K_{cu} เท่ากับ 2.25 และ T_u เท่ากับ 22 วินาที เนื่องจากสมการของตัวควบคุม PID ในโปรแกรมแลปวิวมีค่าคงที่เวลาในเทอมอนุพันธ์และปริพันธ์ถูกกำหนดให้อยู่ในหน่วยนาที คือ 23/60 = 0.3666 นาที ได้ดังตารางที่ 4.2

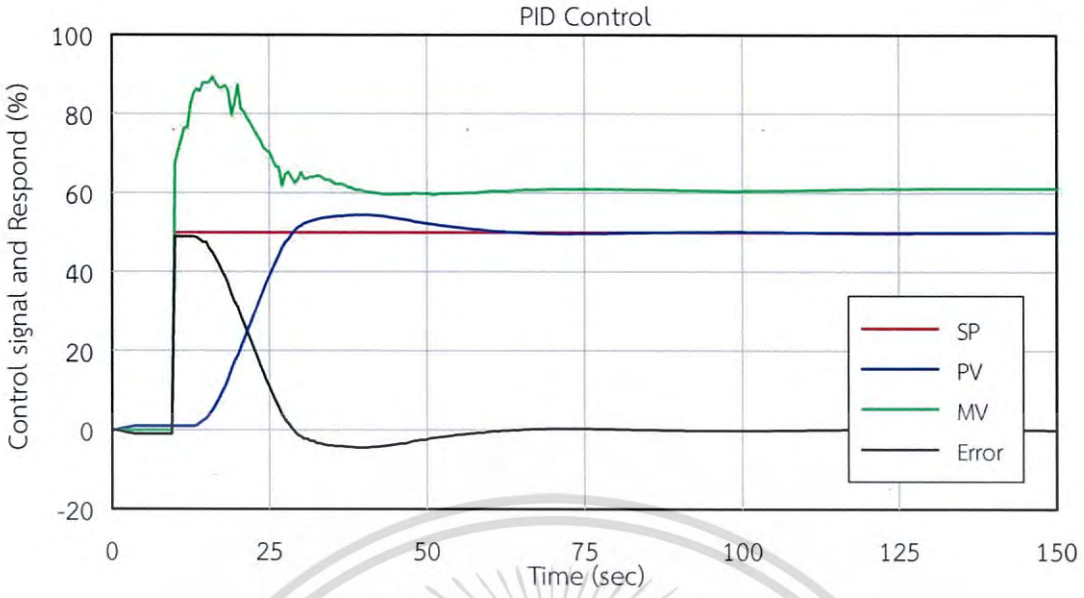
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ป้อนกระบวนการควบคุมในโปรแกรมแลปวิว

ชนิดตัวควบคุม	K_c	T_i (min)	T_d (min)
P	$\frac{K_{cu}}{2}=\frac{2.25}{2}=1.125$	-	-
PI	$\frac{K_{cu}}{2.2}=\frac{2.25}{2.2}=1.0227$	$\frac{T_u}{1.2}=\frac{0.3667}{1.2}=0.3055$	-
PID	$\frac{K_{cu}}{1.7}=\frac{2.25}{1.7}=1.3235$	$\frac{T_u}{2}=\frac{0.3667}{2}=0.1833$	$\frac{T_u}{8}=\frac{0.3667}{8}=0.0458$

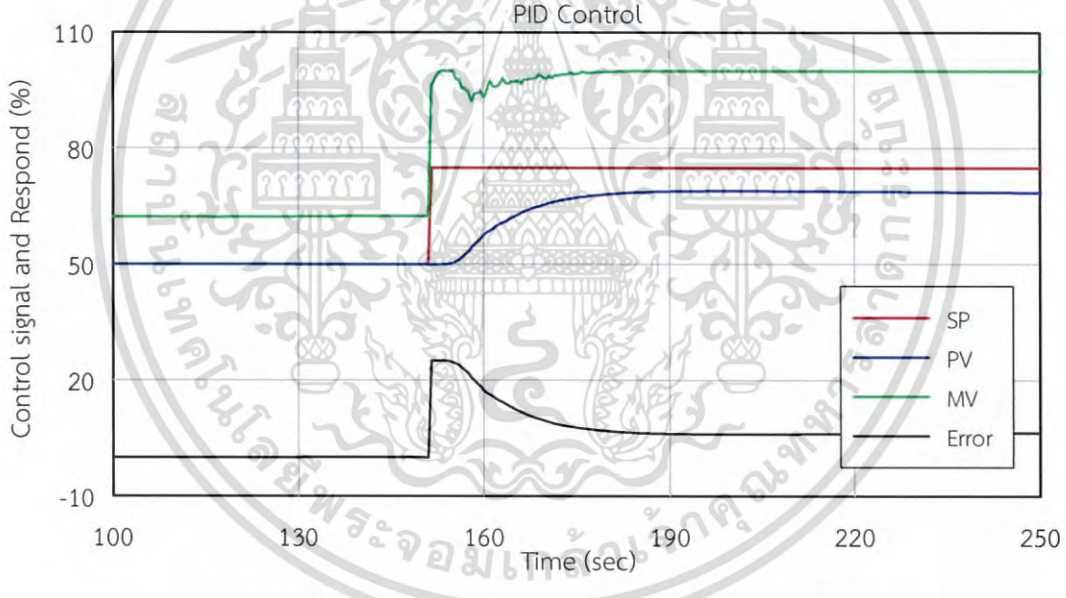
ผลตอบสนองการควบคุมความดันแก๊สด้วยตัวควบคุม PID

การทดลองป้อนค่าการปรับแต่งสัญญาณควบคุมไปสู่ระบบควบคุมความดันแก๊สด้วยตัวควบคุม PID, PI และP จากหาค่าด้วยวิธีอัตราขยายสูงสุดจะได้ค่าของตัวควบคุมที่ต้องการ และการทดลองป้อนสัญญาณอ้างอิงหนึ่งหน่วยที่ค่าเป้าหมาย 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยผลการทดลองสามารถแสดงดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

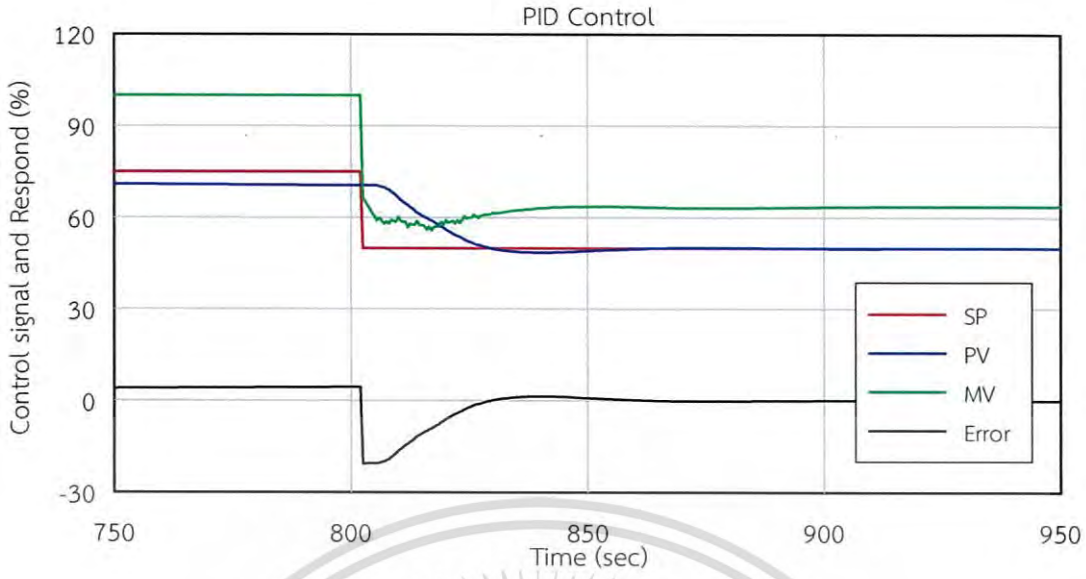


รูปที่ 4.15 ผลตอบสนองด้วยตัวควบคุม PID ที่ค่าเป้าหมาย 50 เปอร์เซ็นต์

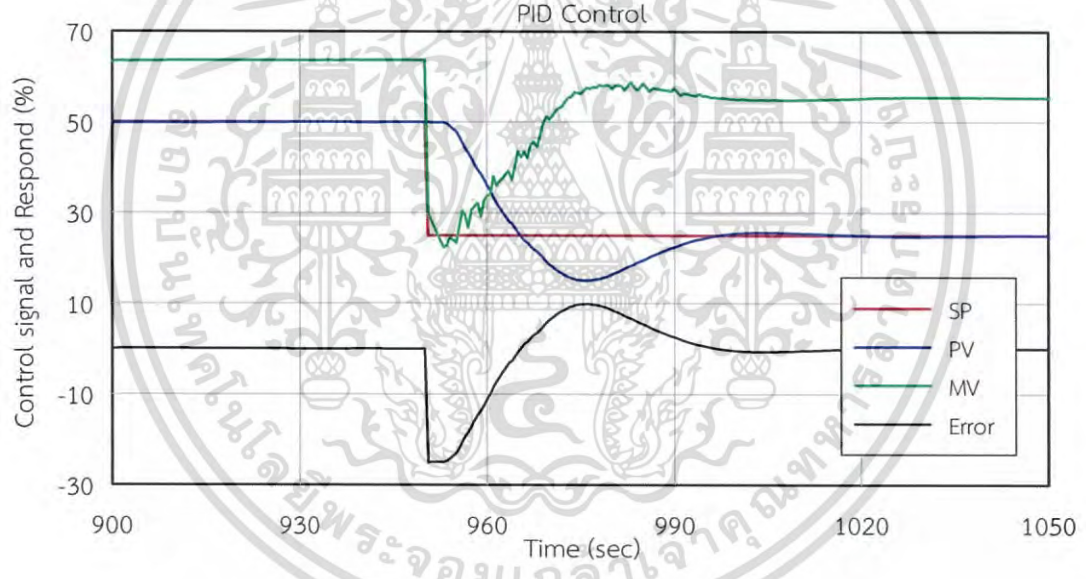


รูปที่ 4.16 ผลตอบสนองด้วยตัวควบคุม PID เพิ่มค่าเป้าหมายไปที่ 75 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ผลตอบสนองด้วยตัวควบคุม PID ลดค่าเป้าหมายไปที่ 50 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.18 ผลตอบสนองด้วยตัวควบคุม PID ลดค่าเป้าหมายไปที่ 25 เปอร์เซ็นต์

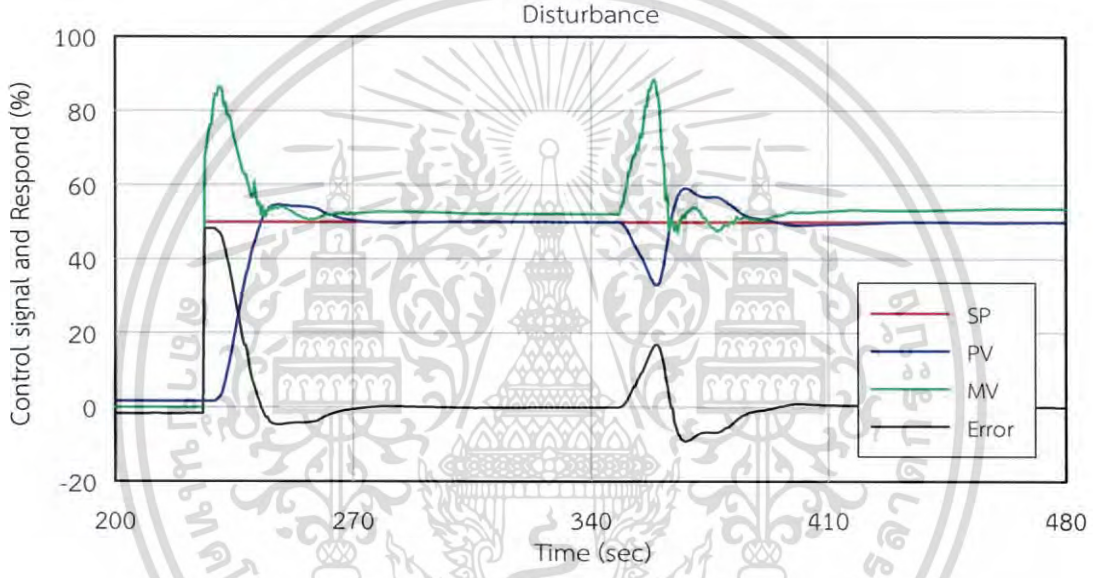
จากผลการทดลองป้อนค่าของการปรับแต่งสัญญาณควบคุมไปสู่ระบบควบคุมความดันแก๊สด้วยตัวควบคุม PID จากกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.15 เป็นการป้อนค่าเป้าหมายขึ้นไปที่ 50 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าระบบควบคุมมีผลตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมจนเกิดโอเวอร์ชูตเพิ่มสูงขึ้นเกินค่าเป้าหมายไป 9.9916 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้อย่างมีเสถียรภาพโดยมีการแกว่งตัวเล็กน้อย จากกราฟที่แสดงในรูป 4.16 เมื่อป้อนค่าเป้าหมายเพิ่มขึ้นไปที่ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่าระบบควบคุมมีผลตอบสนองเพิ่มมากขึ้นแต่ยังมีค่าออฟเซตที่ไม่สามารถเข้าสู่ค่าเป้าหมาย จากกราฟที่แสดงในรูป 4.17 ให้ค่าเป้าหมายลดลงมาที่ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าระบบควบคุมมีผลตอบสนองลู่ลงเข้าสู่ค่าเป้าหมาย โดยเกิดอันเดอร์ชูตต่ำกว่าค่าเป้าหมาย 2.8722 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้อย่างมีเสถียรภาพแต่มีการแกว่งตัวเล็กน้อย และจากกราฟที่แสดงในรูป 4.18 ให้ค่าเป้าหมายลดลงมาที่ 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ ระบบควบคุมมีผลตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมลู่เข้าสู่ค่าเป้าหมาย แต่ทำให้เกิดอันเดอร์ชูตต่ำกว่าค่าเป้าหมาย 69.8096 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสัญญาณควบคุมมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วจนมีค่าอยู่ที่ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้แรงดันลดลงอย่างรวดเร็วก่อนปรับตัวสูงขึ้นเข้าสู่ค่าเป้าหมาย และเวลาไรผลตอบสนองทั้งสามกรณีมีค่าประมาณ 3-3.5 วินาที

ผลตอบสนองต่อสัญญาณรบกวนเมื่อแหล่งจ่ายหายไป (Disturbance)

การทดลองให้สัญญาณรบกวนไปสู่ระบบควบคุมความดันแก๊สโดยใช้ตัวควบคุม PID ที่ค่าเป้าหมาย 50 เปอร์เซ็นต์ โดยการทดลองปิดวาล์วของแหล่งจ่ายแรงดันแก๊สชั่วขณะเป็นเวลา 10 วินาที เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวควบคุม และสังเกตผลตอบสนองของการบวนควบคุมความดันแก๊สที่เกิดขึ้นได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.19 ผลตอบสนองต่อสัญญาณรบกวนเมื่อแหล่งจ่ายหายไป

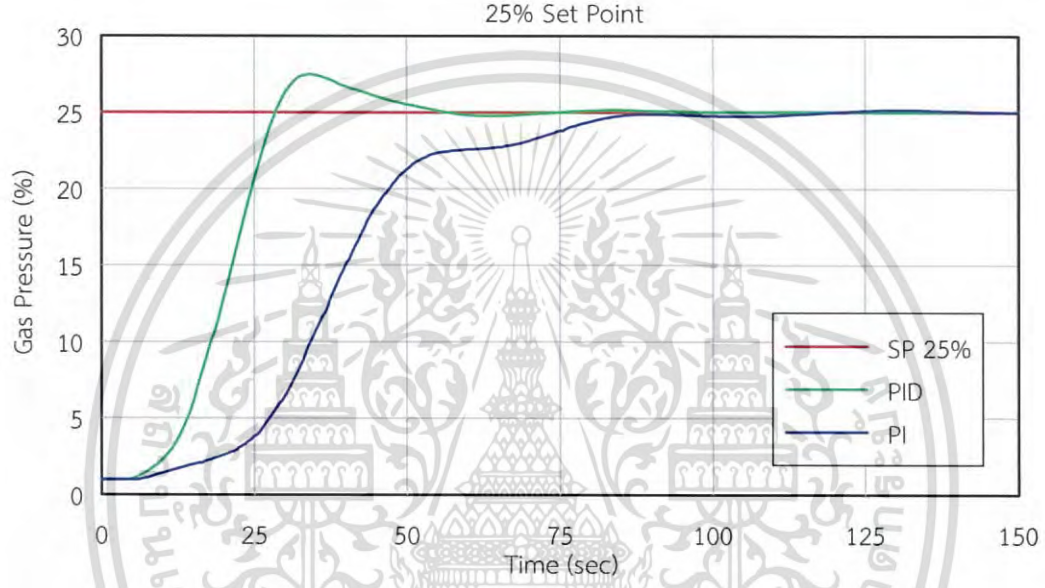
จากผลการทดลองปิดแหล่งจ่ายแก๊สชั่วขณะเป็นเวลา 10 วินาที ดังกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.19 เป็นผลทำให้ความดันแก๊สที่แหล่งจ่ายลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้ผลตอบสนองของกระบวนการควบคุมลดลงต่ำกว่าค่าเป้าหมายอย่างรวดเร็วมาอยู่ที่ 33.8966 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สัญญาณควบคุม (Manipulate Variable) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อรักษาค่าของกระบวนการไว้ แต่ตัวควบคุมไม่สามารถควบคุมระบบได้เนื่องจากความดันแก๊สมีค่าต่ำและไม่เพียงพอต่อการควบคุม จากนั้นเมื่อแหล่งจ่ายถูกทำให้มีค่าความดันแก๊สกลับเข้าสู่สภาวะปกติ มีผลทำให้สัญญาณควบคุมปรับตัวลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากความดันแก๊สจากแหล่งจ่ายที่เข้ามาสู่ถังความดัน ทำให้กระบวนการมีค่าโอเวอร์ชูตเกิดขึ้น 18.298 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลู่เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้อย่างมีเสถียรภาพ โดยมีเวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว 81 วินาที

การเปรียบเทียบผลตอบสนองด้วยการควบคุม PI และ PID

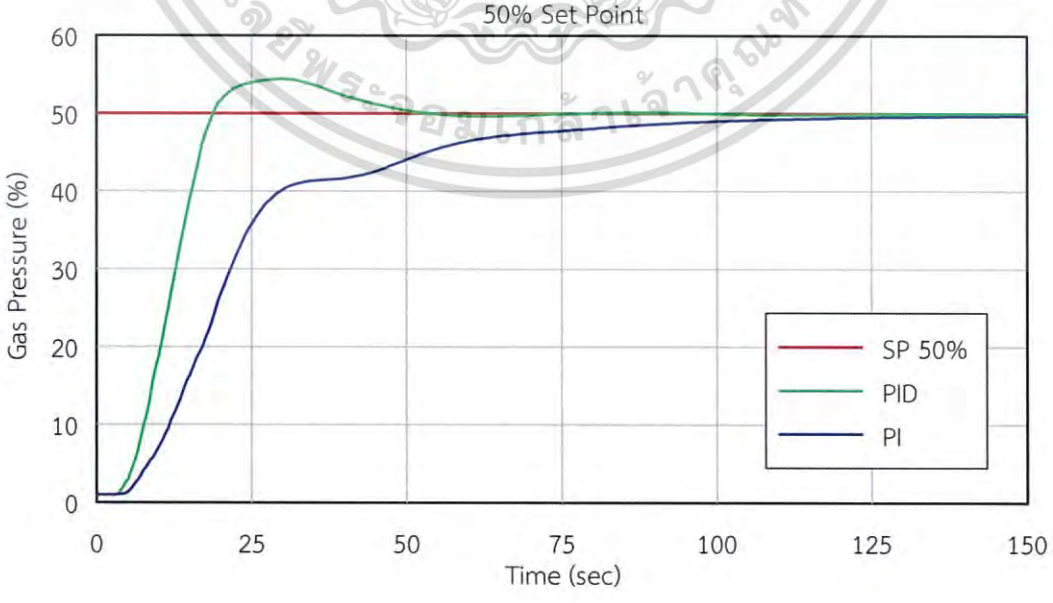
จากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมในตารางที่ 4.2 เมื่อนำมาทดลองเปรียบเทียบค่าทางกระบวนการของตัวควบคุมแต่ละชนิดมาควบคุมความดันแก๊ส เพื่อใช้สังเกตและเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลตอบสนองของกระบวนการที่เกิดขึ้นจากตัวควบคุม PID ที่มีค่า K_c เท่ากับ 1.3235, T_i เท่ากับ 0.1833, T_d เท่ากับ 0.0458 ตัวควบคุม PI ที่มีค่า K_c เท่ากับ 1.0227, T_i เท่ากับ 0.3055 และตัวควบคุม P ที่มีค่า K_c เท่ากับ 1.125 โดยการทดลองแบ่งเป็น 4 กรณีดังนี้ กรณีที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบผลตอบสนองของกระบวนการจากตัวควบคุม PID และ PI ไปที่ค่าเป้าหมาย 25 เปอร์เซ็นต์ กรณีที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบผลตอบสนองของกระบวนการจากตัวควบคุม PID และ PI ที่ค่าเป้าหมาย 50 เปอร์เซ็นต์ กรณีที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบผลตอบสนองของกระบวนการจากตัวควบคุม PID และ PI ที่ค่าเป้าหมาย 75 เปอร์เซ็นต์ และกรณีที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบผลตอบสนองของกระบวนการจากตัวควบคุม P ที่ค่าเป้าหมาย 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยผลการทดลองสามารถแสดงให้เห็นได้ดังนี้

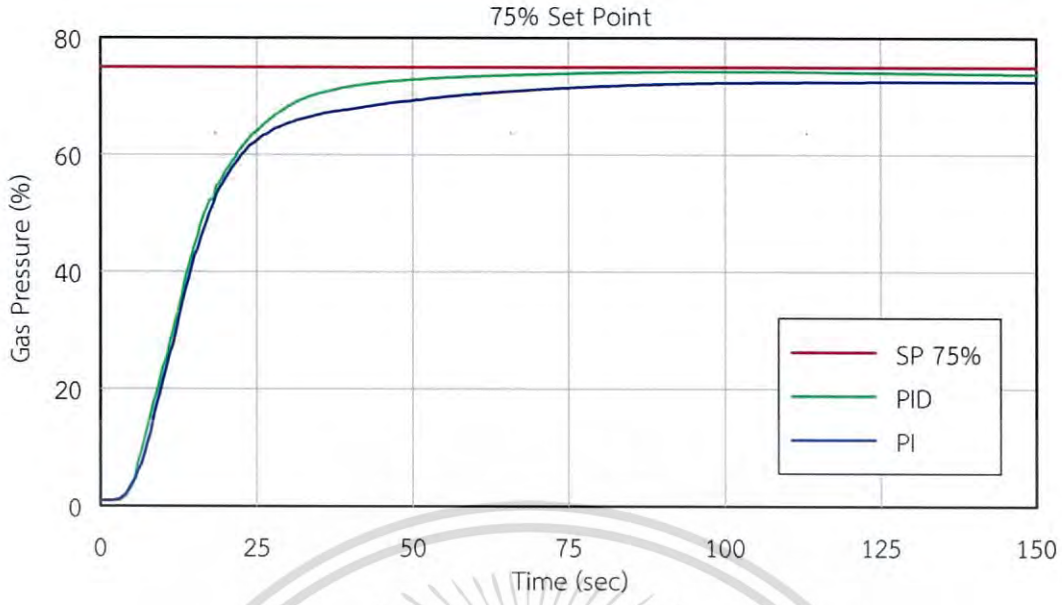


รูปที่ 4.20 การเปรียบเทียบผลตอบสนองด้วยการควบคุมไปสู่ค่าเป้าหมาย 25 เปอร์เซ็นต์

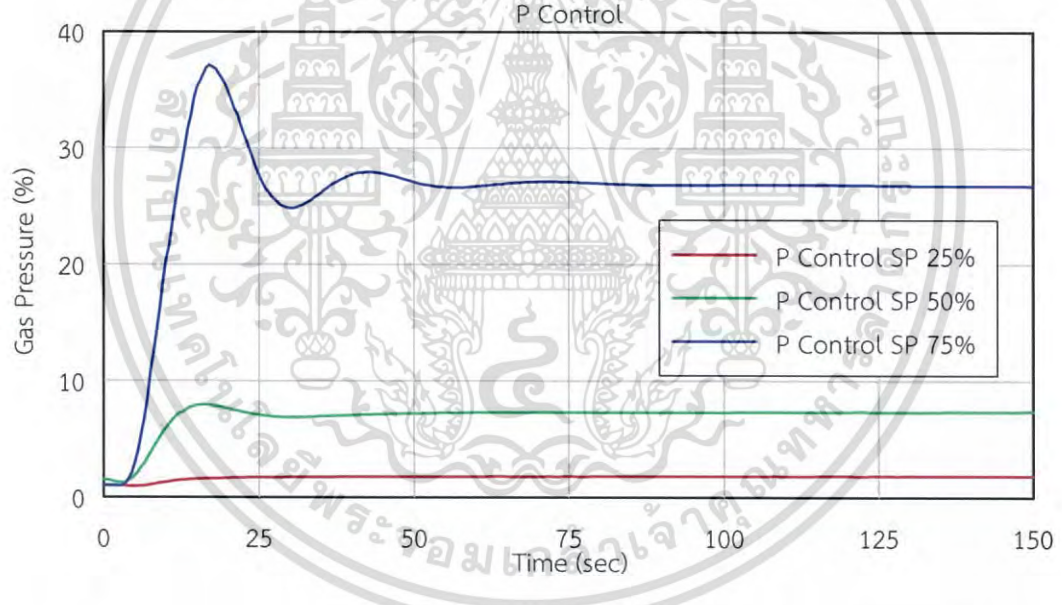


รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบผลตอบสนองด้วยการควบคุมไปสู่ค่าเป้าหมาย 50 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบผลตอบสนองด้วยการควบคุมไปสู่ค่าเป้าหมาย 75 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.23 ผลตอบสนองด้วยการควบคุม P ที่ค่าเป้าหมาย 25 , 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์

จากผลการป้อนค่าเพื่อเปรียบเทียบตัวควบคุมทั้ง 4 กรณีพบว่า จากกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.20 กำหนดค่าเป้าหมายไว้ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ การควบคุมแบบ PID เกิดโอเวอร์ชูตเท่ากับ 9.9916 เปอร์เซ็นต์ มีการแกว่งตัวเล็กน้อยก่อนลู่เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้อย่างราบรื่น จากกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.21 กำหนดค่าเป้าหมายไว้ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ การควบคุมแบบ PID เกิดโอเวอร์ชูตเท่ากับ 8.8494 เปอร์เซ็นต์ มีการแกว่งน้อยกว่าค่าเป้าหมายไว้ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ ก่อนลู่เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้อย่างราบรื่น ในส่วนของการควบคุมแบบ PI ทั้งสองกรณีนั้นไม่เกิดสภาวะโอเวอร์ชูต โดยค่าทางกระบวนการของทั้งสองกรณีมีผลตอบสนองเพิ่มขึ้นเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้แต่ใช้เวลาที่นานกว่าการควบคุมทั้งสองกรณี จากกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.22 กำหนดค่าเป้าหมาย 75 เปอร์เซ็นต์ เกิดออฟเซตต่ำกว่าค่าเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ค่าทางกระบวนการไม่สามารถเข้าสู่ค่าเป้าหมาย และจากกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.23 เป็นผลการทดลองป้อนค่าของการปรับแต่งสัญญาณควบคุมไปสู่ระบบควบคุมความดันแก๊สด้วยการควบคุมแบบ P โดยเปรียบเทียบการป้อนค่าสัญญาณอ้างอิงหนึ่งหน่วยไปที่ค่าเป้าหมาย 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่าระบบควบคุมมีผลตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมเกิดขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่สามารถขึ้นไปสู่ค่าเป้าหมาย

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองควบคุมกระบวนการของระบบควบคุมความดันแก๊สด้วยตัวควบคุม PID, PI และ P ซึ่งในแต่ละกรณีได้ผลตอบสนองที่แตกต่างกัน เนื่องจากพารามิเตอร์ของผลตอบสนองจากทดสอบด้วยวิธีอัตราขยายสูงสุด และการคำนวณเพื่อปรับแต่งพารามิเตอร์ของตัวควบคุมในกรณีของการควบคุม แบบ PID ทำให้ช่วงเวลาขาขึ้นมีความเร็วกว่าการควบคุมแบบ PI มีผลทำให้ผลการควบคุมที่มีโอเวอร์ชูตเกิดขึ้นก่อนลู่เข้าสู่ค่าเป้าหมาย และการควบคุมในกรณีการควบคุมแบบ PI มีผลตอบสนองของเวลาขาขึ้นมากกว่าการควบคุมแบบ PID เนื่องจากมีอัตราขยายในเทอมสัดส่วนน้อยกว่า จากการคำนวณตามสมการของซิกเลอร์-นิโคลส์ และการกำหนดค่าเป้าหมายลงไปที่ 25 เปอร์เซ็นต์ เกิดการแกว่งตัว และอันเดอร์ชูตมากกว่าที่ค่าเป้าหมายไปที่ 50 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากอัตราขยายที่ใช้เป็นการทดสอบในช่วง 50 เปอร์เซ็นต์ และการกำหนดค่าเป้าหมายที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถควบคุมไปสู่ค่าเป้าหมายได้เนื่องจากแหล่งจ่ายลมถูกตั้งค่าแรงดันไว้ที่ 4 bar ทำให้แรงดันที่ถังความดันแก๊สที่หนึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแหล่งจ่าย แต่ถังความดันแก๊สที่สองมีค่าแรงดันลดลงเนื่องจากตัวอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อในระบบเก็บความดัน ซึ่งเป็นผลของสัญญาณรบกวนจากภายนอก ส่วนในการควบคุมแบบ P นั้นไม่สามารถเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้เนื่องจากค่าในเทอมอัตราขยายน้อยเกินไปจึงไม่เหมาะสมกับระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการทดลองเชื่อมต่อสัญญาณจากอุปกรณ์วัดคุม คือสัญญาณค่าความดันแก๊สของทรานสมิตเตอร์ที่ส่งไปมาสู่สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายและสัญญาณควบคุมวาล์วควบคุมที่ได้จากโมดูลเอาต์พุตอนาลอกของพีแอลซี เพื่อเชื่อมต่อสัญญาณของระบบควบคุมมายัง OPC Server และวิธีการทดลองเพื่อหาค่าอัตราขยายในการควบคุมด้วยวิธีอัตราขยายสูงสุดของซิกเลอร์-นิโคลส์ เพื่อใช้ควบคุมความดันแก๊สด้วยตัวควบคุม PID โดยสามารถสรุปผลการวิจัยทดลองเพื่อเป็นกรณีศึกษาได้ดังนี้

จากผลการทดลองเชื่อมต่อสัญญาณและการแลกเปลี่ยนข้อมูลของอุปกรณ์วัดคุมที่มีมาตรฐานแตกต่างกันระหว่างเครื่องมือวัดความดันแก๊ส คือ ฮาร์ททรานสมิตเตอร์ที่ส่งสัญญาณข้อมูลแบบไร้สายมาสู่สมาร์ทเกตเวย์แบบไร้สาย และเชื่อมต่อมาสู่คอมพิวเตอร์ด้วยมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ Modbus TCP/IP Ethernet และเครื่องควบคุม คือ พีแอลซีที่ส่งสัญญาณผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 เพื่อนำสัญญาณควบคุมเข้าสู่คอมพิวเตอร์ด้วยมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ Omron Host Link จากความแตกต่างของมาตรฐานและวิธีการเชื่อมต่อสัญญาณอุปกรณ์ทั้งสองไม่สามารถทำให้อยู่ในวงรอบการควบคุมเดียวกันได้โดยตรง การใช้งาน OPC Server สามารถช่วยให้การเชื่อมต่อสัญญาณสามรถทำได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นซอฟต์แวร์ที่รวบรวมมาตรฐานและวิธีการตั้งค่าของอุปกรณ์วัดคุมหลายชนิดมาเป็นมาตรฐานกลางเพื่อรองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ ซึ่งการเลือกตั้งค่ามาตรฐานในการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต้องศึกษาและทราบวิธีการเชื่อมต่อของอุปกรณ์แต่ละชนิดให้ถูกต้องจึงจะสามารถรับส่งข้อมูลหรือติดต่อกับอุปกรณ์ได้ และ OPC Server เป็นยังซอฟต์แวร์ที่มีเสถียรภาพทั้งความเร็วในการสื่อสาร เนื่องจากการประมวลผลถูกออกแบบให้ใช้งานร่วมกับระบบปฏิบัติการวินโดว์ เมื่อเปิดใช้งาน OPC Server จะสามารถดำเนินการอยู่เบื้องหลังบนระบบปฏิบัติการ ทำให้การเชื่อมต่อข้อมูลจากเกตเวย์และพีแอลซีสามารถเชื่อมต่อใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีการทดสอบเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งสองชนิดพบว่าการตั้งค่าถูกต้องตามมาตรฐานของอุปกรณ์จะทำให้สามารถติดต่อสัญญาณจากได้อุปกรณ์โดย OPC Server ซึ่งจะแสดงค่าอยู่ในสถานะ Good แต่เมื่อมีการตั้งค่าไม่ถูกต้องหรือมีปัจจัยที่ทำให้ไม่สามารถติดต่อสัญญาณจากอุปกรณ์ จะแสดงค่าอยู่ในสถานะ Bad แต่ปัญหาที่ทำให้ไม่สามารถเชื่อมต่อสัญญาณจากอุปกรณ์ทั้งสองชนิดกับ OPC Server มีปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยที่ 1 คือ การตั้งค่าอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง เช่น การเลือกชนิดฮาร์ดแวร์ที่เชื่อมต่อใช้งาน การเลือกรุ่นอุปกรณ์ การเลือกใช้งานชนิดข้อมูลที่ไม่สัมพันธ์กับข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ใช้งาน หรือการตั้งค่าช่องทางการสื่อสารอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง ปัจจัยที่ 2 คือ ปัญหาของสัญญาณจากอุปกรณ์ทั้งสองขาดการติดต่อ เช่น เกิดความผิดพลาดจากตัวอุปกรณ์ที่ทำให้ไม่สามารถส่งสัญญาณมาได้ และปัจจัยที่สำคัญประการ คือ การเลือกเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ถูกกำหนดช่องทางการสื่อสารซ้ำกันระหว่าง OPC Server จากผู้ผลิตอื่น เช่น การกำหนดพอร์ตคอมซ้ำกันทำให้เกิดปัญหาการเชื่อมต่ออุปกรณ์ซ้ำซ้อน เป็นต้น และเนื่องจากคุณสมบัติของ OPC Server เป็นซอฟต์แวร์ที่มีมาตรฐานแบบเปิดที่มีลักษณะการทำงานแบบเป็นแม่ข่ายและลูกข่ายจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์อื่น ๆ ที่เป็น HMI เช่น ใช้งานร่วมกับโปรแกรมแลปวิวดังในงานวิจัยนี้ เพื่อใช้งานสำหรับกระบวนการควบคุมความดันแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองสุ่มข้อมูลระหว่าง OPC Server และโปรแกรมแลปวิวร่วมกับสัญญาณการเชื่อมต่อจากฮาร์ททรานสมิตเตอร์มาสู่สมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สายที่ตั้งค่า Burst Rate ในการส่งข้อมูลค่าความดันแก๊สทุก ๆ 1 วินาที การตั้งค่า Scan Rate และ Update Rate เท่ากับ 100 ms พบว่าสามารถรับค่าข้อมูลได้ 10 เท่าของอัตราการส่งข้อมูลค่าความดันแก๊ส ทำให้มีความละเอียดของสัญญาณมากกว่า Update Rate 1000 ms และ 5000 ms ตามลำดับ เนื่องข้อมูลที่ส่งเข้ามามีจำนวนมาก ดังนั้นการตั้งค่าสุ่มจำนวนข้อมูลต้องมีความเร็วกว่าจำนวนข้อมูลที่ส่งเข้ามา แต่ต้องให้เหมาะสมกับข้อมูลค่าความดันแก๊สจากสมาร์ตเกตเวย์แบบไร้สาย เนื่องจากมีผลต่อสัญญาณควบคุมและกระบวนการ การตั้งค่า Scan Rate และ Update Rate ช้ากว่า Burst Rate ทำให้ผลตอบสนองของระบบควบคุมมีความล่าช้า แต่การตั้งค่าสุ่มจำนวนข้อมูลเร็วเกินไปจะทำให้สิ้นเปลืองหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ ซึ่งในการออกแบบระบบควบคุมความดันแก๊สจึงตั้งค่า Scan Rate ของ OPC Server และ Update Rate ของโปรแกรมแลปวิวให้มีค่าเป็น 100 ms แต่เวลาหน่วงของการควบคุมถูกตั้งค่าในโปรแกรมแลปวิวเป็น 500 ms เพราะในกระบวนการควบคุมไม่จำเป็นต้องใช้ความเร็วและจำนวนข้อมูลละเอียดมาก เนื่องจากพีแอลซีมีความเร็วต่อการตอบสนองต่อตัวควบคุมที่ใช้งานนั้นไม่น้อยกว่า 500 ms

จากผลการทดลองหาค่าพาราของการปรับแต่งตัวควบคุมด้วยวิธีอัตราขยายสูงสุดเพื่อให้ได้อัตราขยายเชิงสถิตสูงสุด K_{cu} และคาบเวลาสูงสุด T_u โดยมีช่วงของการทดลองป้อนค่าสัญญาณควบคุมในเทอมสัดส่วน K_c เริ่มต้นตั้งแต่ 0.2 ถึง 2.275 (ตารางที่ 4.1) ซึ่งสามารถแบ่งช่วงของค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 เรียกว่า Controller gain less than เป็นตำแหน่งที่อัตราขยายต่ำกว่าการควบคุม มีค่าพารามิเตอร์ K_c ตั้งแต่ 0.2 ถึง 2.225 ซึ่งผลตอบสนองของระบบควบคุมที่สภาวะนี้เกิดการแกว่งตัวของแอมพลิจูดระหว่างจุดสมดุลมีขนาดลดลงจนกระทั่งไม่เกิดการแกว่งตัวเข้าสู่จุดสมดุล ในช่วงที่มีค่าพารามิเตอร์น้อย ๆ แต่ในช่วงที่มีค่าพารามิเตอร์เพิ่มมากขึ้นจะมีการแกว่งตัวรอบจุดสมดุลและลดขนาดลงแต่ไม่สามารถเข้าสู่จุดสุมดุล ช่วงที่ 2 เรียกว่า Controller gain equal to เป็นตำแหน่งที่อัตราขยายเท่ากับการควบคุม มีการป้อนค่า K_c เท่ากับ 2.25 ซึ่งผลตอบสนองของระบบควบคุมที่สภาวะนี้เกิดการแกว่งตัวของแอมพลิจูดและคาบเวลาคงที่อยู่รอบจุดสมดุล จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นค่าในการปรับแต่งตัวควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราขยายเชิงสถิตสูงสุด K_{cu} เท่ากับ 2.25 และมีคาบเวลา T_u เท่ากับ 22 วินาที หรือ 0.3667 นาที และช่วงที่ 3 เรียกว่า Controller gain greater than เป็นตำแหน่งที่อัตราขยายเกินกว่าการควบคุม ซึ่งผลตอบสนองของระบบควบคุมที่สภาวะนี้เกิดการแกว่งตัวรอบจุดสมดุลและมีขนาดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนลู่ออกและไม่สามารถกลับสู่สภาวะเสถียร แต่ในการทดลองเพิ่มค่า K_c ที่มีค่าความละเอียดสูง สังเกตได้ว่าค่าความดันแก๊สจะไม่คงที่เนื่องจากแหล่งจ่ายมีไม่ความเสถียร จึงทำให้ผลตอบสนองของการควบคุมมีลักษณะแกว่งตัว ดังแสดงให้เห็นได้ชัดเจนในช่วงการควบคุมที่เริ่มเข้าใกล้อัตราขยายเชิงสถิตสูงสุด

จากผลการทดลองควบคุมความดันแก๊สจากการคำนวณด้วยวิธีของซิกเลอร์-นิโคลส์ เมื่อทดลองกำหนดค่าเป้าหมายไปที่ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าระบบควบคุมมีผลตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมเพิ่มขึ้นจนเกิดโอเวอร์ชูตเพิ่มสูงเกินค่าเป้าหมาย 9.9916 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้อย่างราบรื่นแต่มีการแกว่งตัวเล็กน้อย เมื่อทดลองกำหนดค่าเป้าหมายไปที่ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่าผลตอบสนองของระบบควบคุมให้ไปสู่ค่าเป้าหมายไม่ได้ เนื่องจากแหล่งจ่ายแก๊สถูกตั้งค่าความดันไว้ที่ 4 bar ทำให้ความดันไปไม่ถึงค่าเป้าหมายเนื่องจากมีการต่ออนุกรมแบบสองถัง ทำให้แรงดันลมถูกต้านอยู่ในถังแรกและยังมีปัจจัยจากผลของสัญญาณรบกวนภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องจนทำให้การควบคุมไม่เป็นไปตามค่าเป้าหมาย ในส่วนการลดค่าเป้าหมายจาก 75 มาสู่ 50 เปอร์เซ็นต์สามารถรักษาระดับการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ดีที่อันเดอร์ชูตเท่ากับ 2.8722 เปอร์เซ็นต์ สามารถเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้อย่างราบรื่นและมีการแกว่งตัวเล็กน้อย แต่การลดค่าเป้าหมายจาก 50 มาสู่ 25 เปอร์เซ็นต์ ทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร โดยให้อันเดอร์ชูตเท่ากับ 69.8096 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลมาจากค่าของสัญญาณควบคุมลดต่ำลงมาก ทำให้วาล์วควบคุมมีระยะการเปิดน้อยลงตามไปด้วย ประกอบกับวาล์วควบคุมเป็นชนิด Equal Percentage และระบบมีกระบวนการที่รวดเร็วจึงทำให้ความดันแก๊สลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการรบกวนระบบโดยทำให้แหล่งจ่ายหายไปชั่วขณะที่ค่าเป้าหมาย 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าตัวควบคุมยังคงสามารถรักษาผลตอบสนองของกระบวนการควบคุมไปสู่ค่าเป้าหมายได้อย่างมีเสถียรภาพ และเมื่อนำตัวคุม PID และ PI มาเปรียบเทียบด้วยการกำหนดค่าเป้าหมายไปที่ 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ระบบควบคุมความดันแก๊สจะสามารถให้ผลตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมไปสู่ค่าเป้าหมายได้ดี โดยตัวควบคุม PID จะมีโอเวอร์ชูตเกิดขึ้น ทำให้เกิดการพุ่งขึ้นอย่างรวดเร็วและมีการแกว่งตัวเล็กน้อยก่อนเข้าสู่เป้าหมาย และกรณีของตัวควบคุม PI ซึ่งมีอัตราขยายที่แตกต่างกันจากการคำนวณตามสมการปรับแต่งตัวควบคุมของซิกเลอร์-นิโคลส์ ทำให้มีผลผลตอบสนองของกระบวนการไปสู่ค่าเป้าหมายช้าและไม่เกิดโอเวอร์ชูต และในกรณีตัวควบคุม P ที่เปรียบเทียบการป้อนค่าสัญญาณอ้างอิงหนึ่งหน่วยไปที่ค่าเป้าหมาย 25 , 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นไม่เหมาะสมต่อกระบวนการควบคุมควบเนื่องจากมีอัตราขยายต่ำกว่าช่วงการควบคุม

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยพบว่าการทดลองปรับแต่งตัวควบคุมด้วยวิธีอัตราขยายสูงสุดของซิกเลอร์-นิโคลส์ สามารถทำให้ระบบควบคุมมีผลตอบสนองที่ดีแต่ระบบที่ทดลองจำเป็นต้องมีความเสถียรของแหล่งจ่าย เนื่องจากการป้อนค่าในการควบคุมผลตอบสนองของกระบวนที่มีความละเอียดสูง ในขณะทำการทดลองนั้นทำได้ค่อนข้างลำบากและอาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในช่วงก่อนเข้าสู่อัตราขยายสูงสุด ซึ่งอาจทำให้ผลตอบสนองของสัญญาณในการควบคุมมีลักษณะที่ผิดเพี้ยน จนบางครั้งไม่สามารถนำผลมาวิเคราะห์ได้ ดังนั้นจึงควรมีถังพักเพื่อสำรองปริมาณลมในขณะทำการทดลอง

จากการทดลองศึกษาวิธีการเชื่อมต่อสัญญาณควบคุมมาสู่ OPC Server ช่วยให้มีการสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลสามารถทำได้สะดวกมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ซอฟแวร์ OPC Server ยังมีคุณสมบัติที่สามารถพัฒนาระบบในกระบวนการควบคุม โดยการสร้างให้อยู่ในรูปแบบของเครือข่ายเพื่อใช้เชื่อมโยงและรองรับในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดคุมได้หลายส่วน เช่น การทำระบบแม่ข่ายและลูกข่ายเพื่อให้มีการเชื่อมโยงข้อมูลแบบกระจายส่วน หรือมีความหลากหลายและมีมาตรฐานจากอุปกรณ์วัดคุมที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] น.ต. ฉัตรชัย สุมามาลย์. **การสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์และระบบเครือข่าย.** พระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ.2521. กรุงเทพมหานคร : ด่านสุทธาการพิมพ์. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์.

[2] สุทธิพงษ์ เสนาถี. **เรียนรู้การสร้างระบบ SCADA ด้วย GENESIS32.** พระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ.2549. กรุงเทพฯ : อีดีเอ อินสทรูเม้นท์ แอนด์ ซิสเต็ม. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์.

[3] Cihan Sahin., Emine Dogru Bolat. "Development of remote control and monitoring of web-based distributed OPC system" **Computer Standards & Interfaces 31,** September, 2009. Pp.984-993

[4] Jasmin Velagic., Admir Kaknjo., Nedim Osmic and Tarik Dzananovic. "Networked Based Control and Supervision of Induction Motor Using OPC Server and PLC" **53rd International Symposium ELMAR-2011,** Croatia, September, 2011. Pp.251-255

[5] วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์. **การวัดและควบคุมกระบวนการ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. พระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ.2537. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2550.

[6] พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์. **พลศาสตร์และการควบคุมกระบวนการ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ท. วัฒนาการพิมพ์. พ.ศ.2544.

[7] สุเธียร เกียรติสุนทร. **พื้นฐานวิศวกรรมระบบควบคุมในกระบวนการอุตสาหกรรม 1.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). พ.ศ.2540.

[8] Carlos A. **Practical Process Control for Engineers and Technicians.** Editor. 2nd. New York : John Wily & Sons, Inc.1997.

[9] สุชาติ จันทร์จรมานิตย์. **ระบบควบคุม.** ปรับปรุงแก้ไข : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. พ.ศ.2554.

[10] Tamer Mansour, Editor. **PID Control, Implementation and Tuning.** India : Intech open, Inc.2011.

[11] NATIONAL INSTRUMENTS. **"PID Control Toolkit User Manual."** Edition. [Online]. Available : http://www.ni.com/pdf/manuals/372192d.pdf. Inc.2001.

[12] Carlos A. Smith, Armando B. Corripio. **Principles and Practice of Automatic Process Control.** " Editor. 2nd. New York. John Wiley & Sons. Inc.1997.

[13] IEEE Computer Society. 2007. **Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LRWPANs).** IEEE Std 802.15.4aTM. USA

[14] IEC 62591. 2010. **"Industrial communication networks - Wireless communication network and communication profiles - WirelessHART™."** Editor. 2nd.

[15] **"ISA100 Wireless Standard Review Control & Instrument Manufacturer Perspective."** [Online]. Available : https://www.honeywellprocess.com/library/marketing/whitepapers /ISA100WhitePaper.pdf. Inc.2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[16] HART APPLICATION GUIDE. **"HART FIELD COMMUNICATION PROTOCOL."** HART Communication Foundation. 1999. [Online]. Available : http://www.hartcomm.org.

[17] Márcio S. Costa and Jorge L. M. Amaral. **"Analysis of wireless industrial automation standard : ISA-100.11a and WirelessHART."**[Online]. Available : https://www.isa.org. Inc.2012.

[18] Analog Dialogue. **"HART Communication Networks Are Improved by Small, Flexible, Low-Power Modem ICs."** [Online]. Available : http://www.analog.com. Inc.2012.

[19] SAMSON AG. **"HART Communication."** Technical Information. [Online]. Available. : https://www.samson.de/pdf_en/l452en.pdf. N.d.

[20] HART Communication Foundation. **"WirelessHART - How it works."** [Online]. Available : http://en.hartcomm.org/hcp/tech/wihart/wireless. how it works.html. Inc.2014.

[21] Mark Nixon., "A Comparison of WirelessHART™ and ISA100.11a" **Emerson Process Management,** Inc.2012.

[22] Gengyun Wang. **"Comparison and Evaluation of Industrial Wireless Sensor Network Standards ISA100.11a and WirelessHART."** Chalmers University Of Technology. Sweden. Inc.2011

[23] ROSEMOUNT. **"Emerson™ Smart Wireless Gateway 1420."** United States : EMERSON Process Management. Inc.2015.

[24] ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. **ระบบ PLC.** พิมพ์ครั้งที่ 2. พระราชบัญญัติลิขสิทธิ์. พ.ศ.2537. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย- ญี่ปุ่น). พ.ศ.2542.

[25] ทัศพันธุ์ สุวรรณทัต. **"แนะนำให้รู้จัก PLC."** [Online]. Available : http://www.tatc.ac.th/files/0902050883921110601077 4824.pdf. N.d.

[26] Omron. **"SYSMAC C200H-AD001/DA001 Analog I/O Units."** [Online]. Available : http://www.omronkft.hu/nostree/pdfs/plc/c200h/w127e14_c200h-ad001-da001operationguide.pdf. Inc.2001.

[27] OPC Foundation. **"OPC Data Access Custom Interface Specification 2.04."** Inc.2002.

[28] Pankaj Bhatt and Roger P. Baldevia,. Jr. "Integrate IEDs With OPC Technology." **5th Annual Clemson University Power Systems Conference Clemson,** 14–17, March. 2006.

[29] A. Lakshmi Sangeetha., B. Naveenkumar. "Experimental validation of PID based cascade control system through SCADA–PLC–OPC and internet architectures." **doi:10.1016/j.measurement.2012.01.005.** May 2012, Pp.643-649

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
(วิธีการตั้งค่าเชื่อมต่อ OPC Server)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือการศึกษาการเชื่อมต่อเครื่องวัดและควบคุมการเชื่อมต่อ

โปรแกรม OPC Server จัดเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภทที่ช่วยในการเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลกระบวนการควบคุมเข้าสู่ระบบประมวลผล โดยงานวิจัยมีวิธีการตั้งค่าเชื่อมต่อข้อมูลของสมาร์ทเกตเวย์แบบไร้สายและพีแอลซีดังนี้

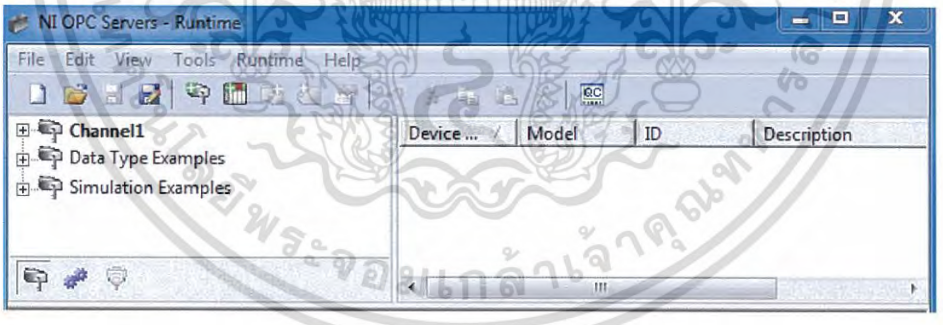
ก. การเชื่อมต่อ OPC Server กับพีแอลซี Omron C200H

ลักษณะของการติดต่อกับเป็นการเชื่อมต่อพีแอลซีผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 โดยถูกแปลงเป็น USB เพื่อให้มีความสะดวกกับการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ดังรูป

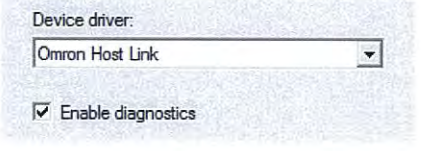
ตัวอย่างการสร้าง Tag Register ของพีแอลซี

ขั้นตอนการสร้าง Tag Register ของพีแอลซีกับโมดูลอนาล็อกเอาต์พุต A/D

1. เปิดโปรแกรม NI OPC Server ในส่วนของ OPC Server configuration จะพบหน้าต่างการตั้งค่าใช้งาน คลิกที่ Runtime แล้วเลือกที่ Connect เพื่อให้อยู่ในโหมดพร้อมใช้งาน

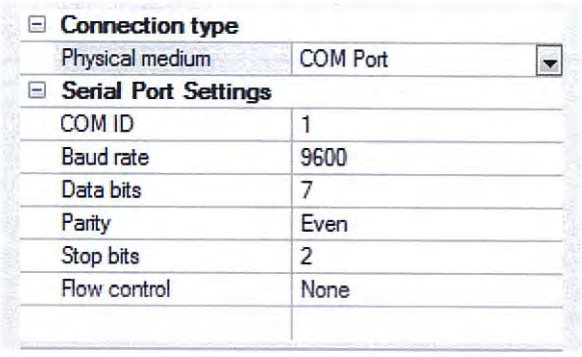


2. คลิกที่ Edit แล้วไปที่ Channels/Device แล้วเลือกที่ New Channel เพื่อสร้างช่องทางการสื่อสารกับอุปกรณ์ ตั้งชื่อให้เหมะสมและเลือกวิธีการติดต่อกับพีแอลซีด้วยมาตรฐาน Omron Host Link แล้วเลือก Enable diagnostics

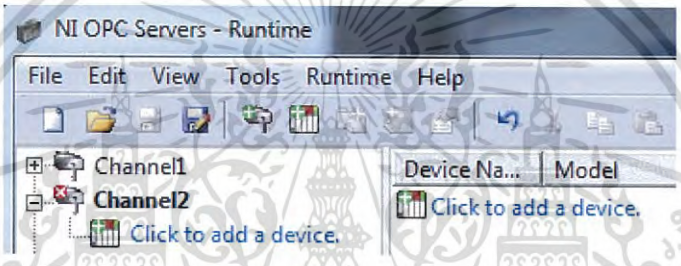


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เลือกวิธีการเชื่อมต่อเป็นแบบ COM Port แล้วเลือก COM ID ตามช่องทางที่เชื่อมต่อ ส่วนการตั้งค่าอื่นจะให้เป็นมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นคลิก Next ไปจนสิ้นสุดขั้นตอน

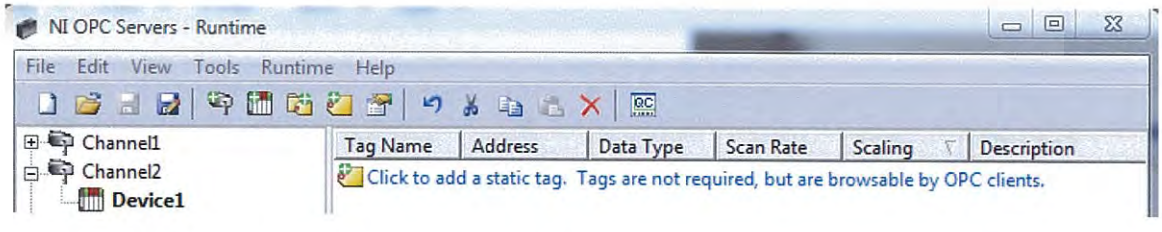


4. จากนั้นคลิกเลือกเพิ่มอุปกรณ์ไปที่ Click to add a device



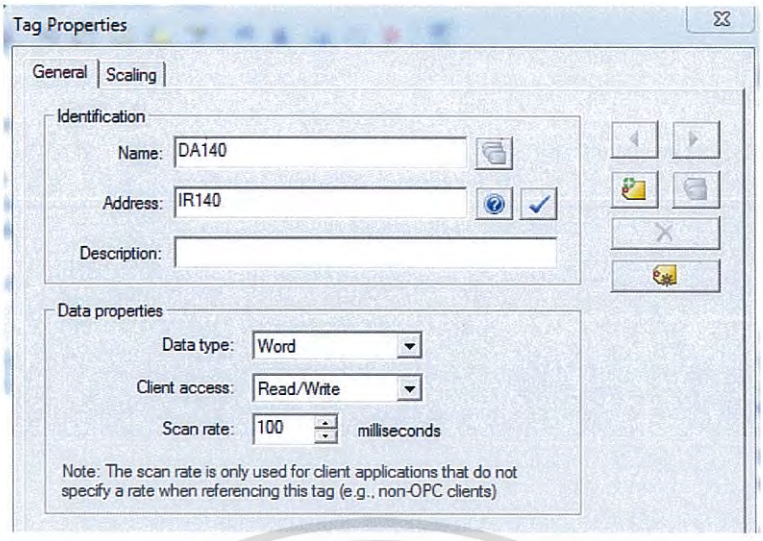
5. ตั้งชื่อให้เหมะสมและเลือกพีแอลซีเป็น C200H จากนั้นคลิก Next ไปถึงขั้นตอนการกำหนด Request timeout และกำหนดค่าให้ต่ำกว่าพีแอลซีประมวลผลคือ 100 ms จากนั้นคลิก Next ไปจนสิ้นสุดขั้นตอน

6. จากนั้นคลิกเลือกสร้างตำแหน่งการติดต่อข้อมูลของอุปกรณ์ไปที่ Click to add a static tag



7. เมื่อเข้าสู่หน้า Tag Properties แล้วตั้งชื่อให้เหมาะสมแล้วกำหนด Address เป็น IR140 และเลือกชนิดของข้อมูลเป็น Word การรับส่งข้อมูลเป็นแบบ Read/Write และ Scan rate มีค่าเท่ากับ 100 ms จากนั้นคลิก Next ไปจนสิ้นสุดขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข. การเชื่อมต่อ OPC Server กับสมาร์ทเกตเวย์แบบไร้สาย Emerson

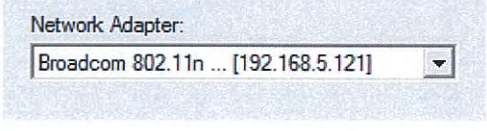
ลักษณะของการติดต่อกับเป็นการเชื่อมต่อสมาร์ทเกตเวย์ผ่านทางพอร์ต LAN ดังรูป

ตัวอย่างการสร้าง Tag Register ของสมาร์ทเกตเวย์แบบไร้สาย

ขั้นตอนการสร้าง Tag Register ของเกตเวย์กับโมดูลอนาล็อกเอาต์พุต A/D

1. เลือกที่ New Channel เพื่อสร้างช่องทางการสื่อสารกับอุปกรณ์ ตั้งชื่อให้เหมะสมและเลือกวิธีการติดต่อกับด้วยมาตรฐาน Modbus TCP/IP Ethernat แล้วเลือก Enable diagnostics

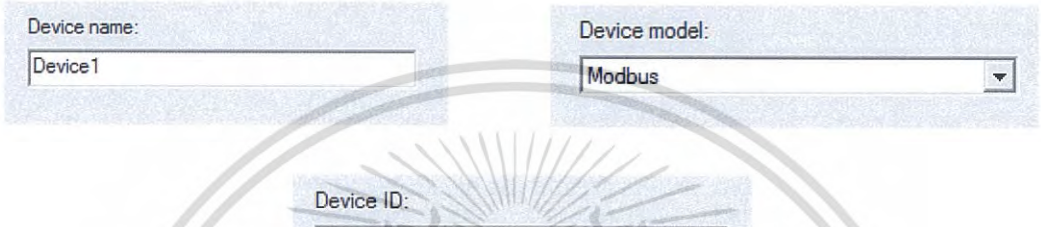
3. เลือกวิธีการเชื่อมต่อผ่าน Network Adapter ให้เป็นไปตามอุปกรณ์ที่คอมพิวเตอร์ถูกเชื่อมต่อ เช่น Broadcom 802.11n...[192.168.5.121] จากนั้นคลิก Next ไปจนสิ้นสุดขั้นตอน



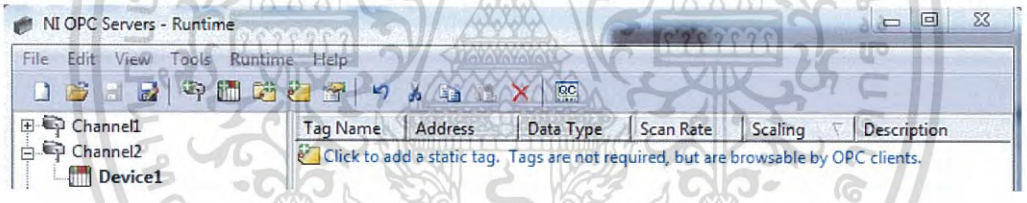
4. จากนั้นคลิกเลือกเพิ่มอุปกรณ์ไปที่ Click to add a device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

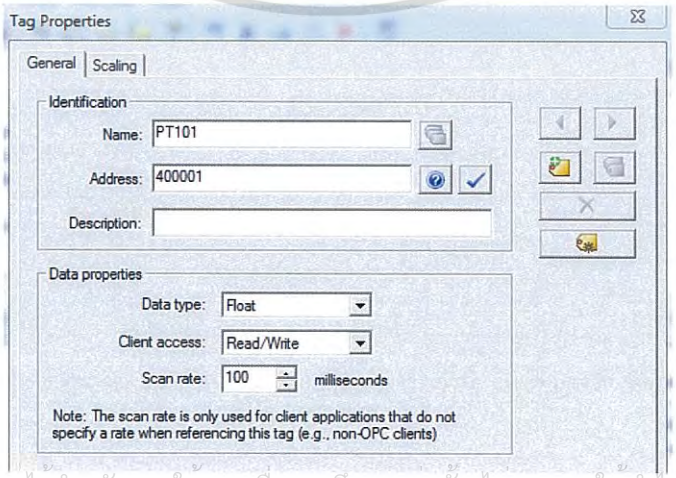
5. ตั้งชื่อให้เหมะสมและเลือกโมเดลเป็น Modbus จากนั้นคลิก Next ไปถึงขั้นตอนการกำหนด IP Address ให้ตรงกับเกตเวย์คือ 192.168.0.10 และกำหนดค่าให้ต่ำกว่าพีแอลซีประมวลผลคือ 100 ms ส่วนการตั้งค่าอื่นจะให้เป็นมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นคลิก Next ไปจนสิ้นสุดขั้นตอน



6. จากนั้นคลิกเลือกสร้างตำแหน่งการติดต่อข้อมูลของอุปกรณ์ไปที่ Click to add a static tag



7. เมื่อเข้าสู่หน้า Tag Properties แล้วตั้งชื่อให้เหมาะสมแล้วกำหนด Address เป็น IR140 และเลือกชนิดของข้อมูลเป็น Float การรับส่งข้อมูลเป็นแบบ Read/Write และ Scan rate มีค่าเท่ากับ 100 ms จากนั้นคลิก Next ไปจนสิ้นสุดขั้นตอน

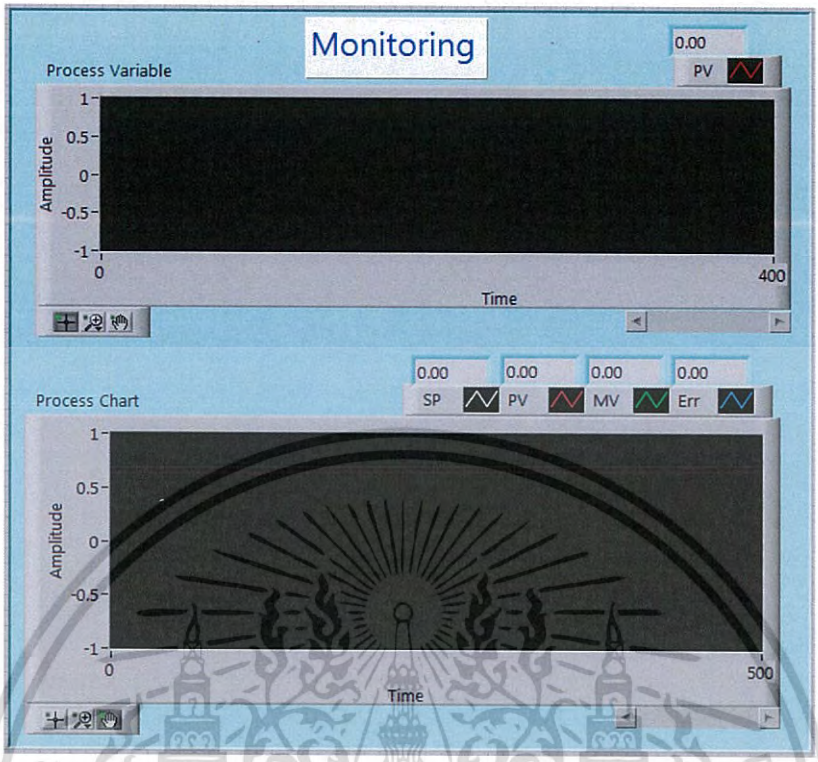


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

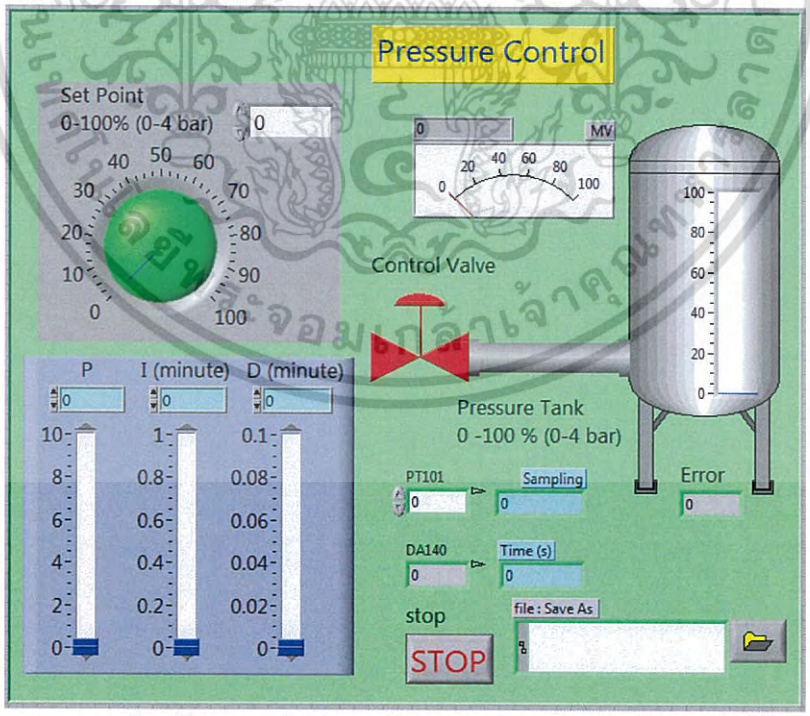
ภาคผนวก ข.
(การสร้างโปรแกรมควบคุมและแสดงผลด้วยแลปวิว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการแสดงผลของ Front Panel

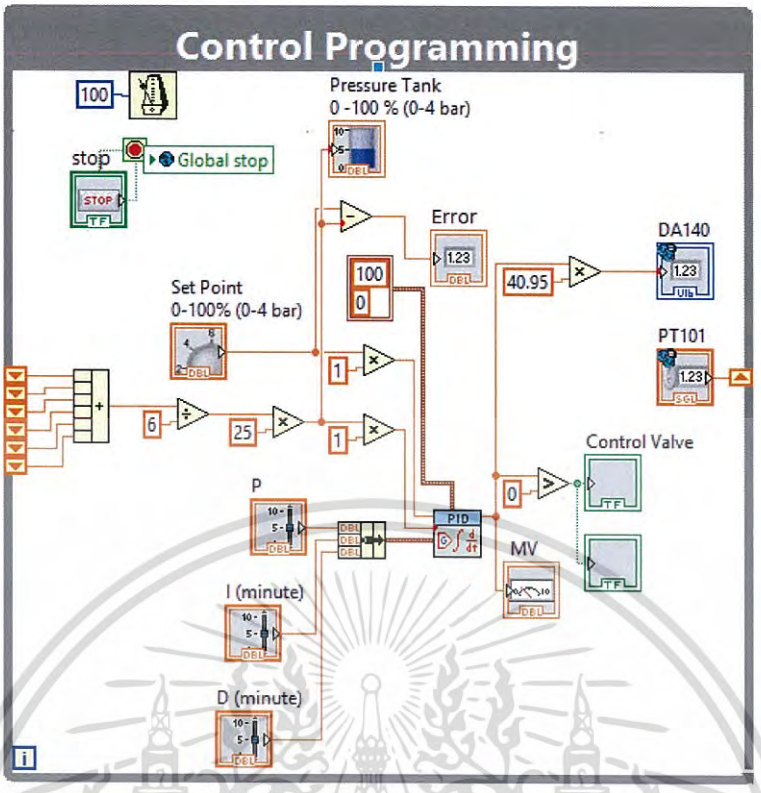


ส่วนการควบคุมของ Front Panel

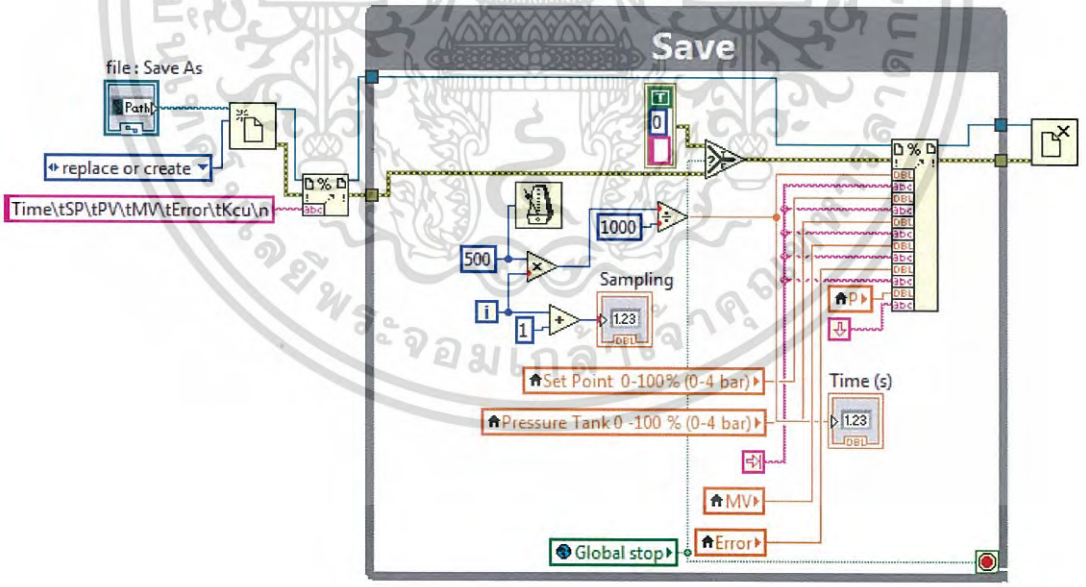


การเขียนโปรแกรมในส่วนการควบคุมของ Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การเขียนโปรแกรมในส่วนการบันทึกผลของ Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

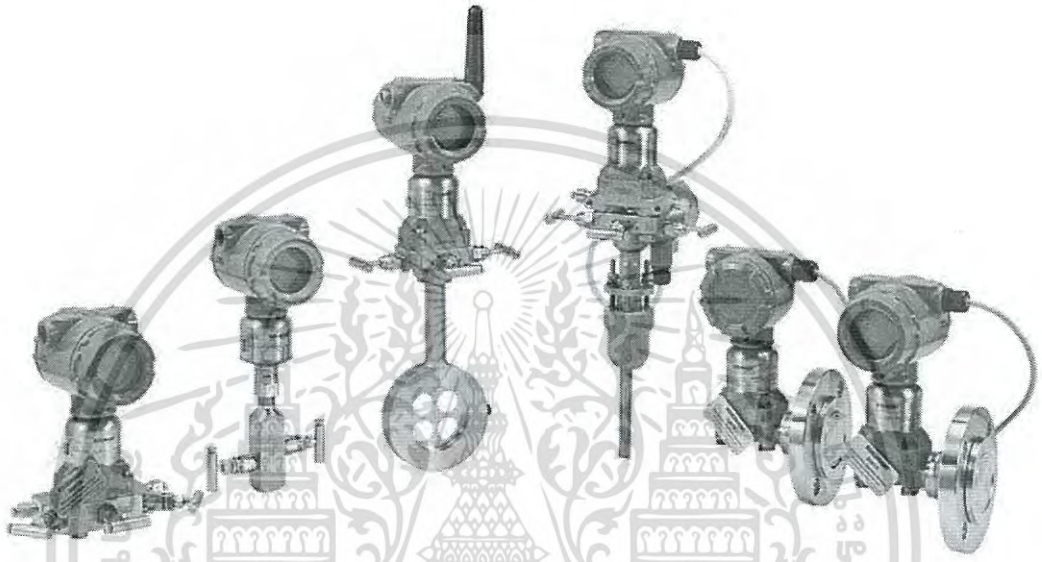
ภาคผนวก ค.
(คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ควบคุม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Product Data Sheet
January 2016
00813-0100-4801, Rev UA

Rosemount™ 3051S Series of Instrumentation

Scalable pressure, flow, and level solutions



Innovation reaching across your operation

With the Rosemount 3051S Series of Instrumentation, operations can be optimized in these critical areas: production, quality, energy efficiency, and safety and environment. By leveraging the power of the scalable Rosemount 3051S across the entire operation, you'll be able to minimize process variability, gain greater process insight, reduce maintenance and downtime, and meet regulatory demands. What's more, it's easy to use, ensuring the full potential of the measurement investment is realized.

EMERSON.
Process Management

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reference Manual
00809-0200-4420, Rev GA
April 2013

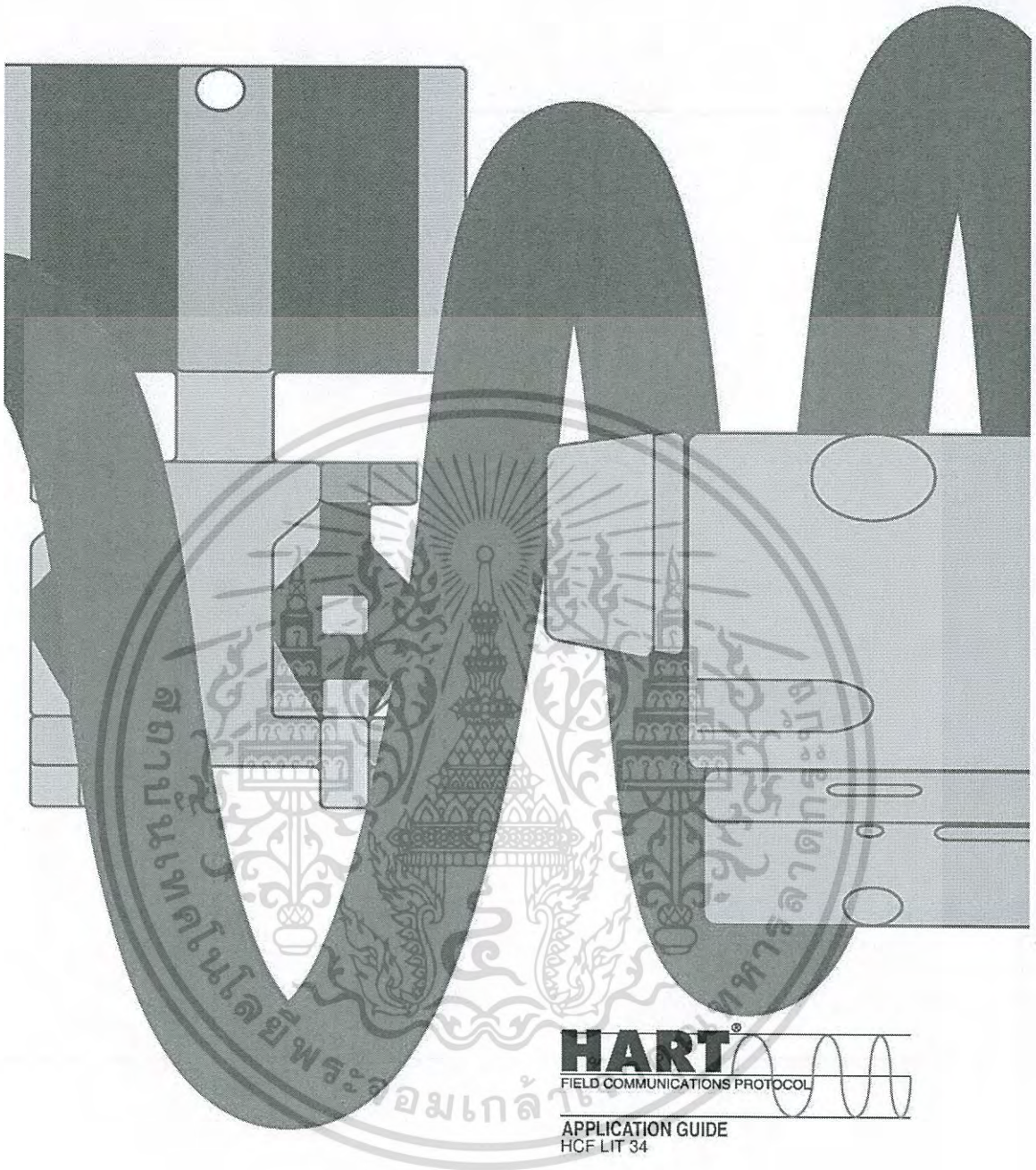
Smart Wireless Gateway

IEC WirelessHART

ROSEMOUNT

EMERSON. Process Management

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cat. No. W235-E1-05

SYSMAC
Programmable Controllers
C200HS

OPERATION MANUAL

OMRON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cat. No. W127-E1-4

SYSMAC

C200H-AD001/DA001

Analog I/O Units

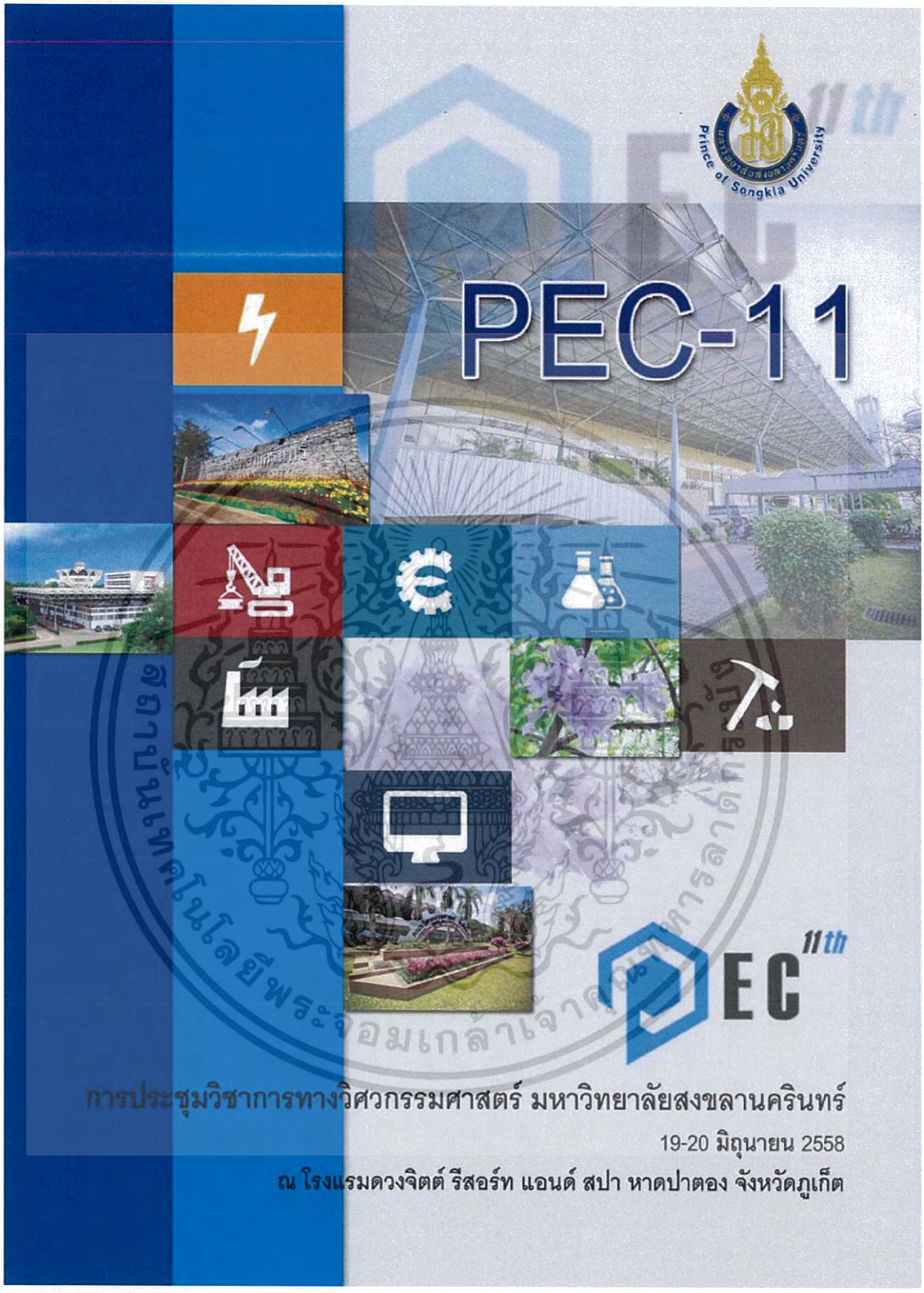
OPERATION GUIDE

OMRON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
(ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งาน OPC Server ร่วมกับอุปกรณ์ฮาร์ททรานสมิตเตอร์แบบไร้สาย เพื่อควบคุมความดันโดยใช้แลปวิว

An Application of OPC Server with Wireless HART Transmitter for Pressure Process Control by LabVIEW

ธิติกานต์ โชติกลาง[1]* วิริยะ กองรัตน์[2]
[1,2]สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม, คณะวิศวกรรมศาสตร์,
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
*อีเมล์ : tkch.karn@gmail.com
Thitikarn Chotklang[1]* Viriya Kongratana[2]
[1,2]Department of Instrumentation Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institude of Technology Ladkrabang, Ladkrabang Bangkok 10520
*E-mail : tkch.karn@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้งาน OPC Server ร่วมกับอุปกรณ์ฮาร์ททรานสมิตเตอร์แบบไร้สาย เพื่อควบคุมความดันลมโดยใช้แลปวิว โดยเน้นที่การออกแบบระบบควบคุมด้วยฮาร์ททรานสมิตเตอร์แบบไร้สายร่วมกับพีแอลซี เพื่อเป็นระบบเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุม งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงวิธีการเชื่อมต่อสัญญาณของระบบที่มีโฮสต์ลิงก์ (Host Link) และฮาร์ทโปรโตคอล (Hart Protocol) สำหรับการวัดและควบคุมความดันลมผ่านโปรแกรมแลปวิว ระบบนี้เป็นการควบคุมด้วยฟังก์ชั่นพีไอดี (PID Control) ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงการควบคุมความดันลมของระบบที่เชื่อมต่อกับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุมที่แตกต่างกัน ผ่านทางมาตรฐานกลาง OPC Server

คำหลัก : ฮาร์ททรานสมิตเตอร์แบบไร้สาย, พีแอลซี, OPC Server

Abstract

This paper presents an application of OPC Server with wireless HART transmitter for pressure process control by LabVIEW. It emphasize process control designed by used wireless hart transmitter and PLC for instrument and control devices. This thesis shows how to connection the signal of host link and hart protocol communication for wind pressure measurement via LabVIEW. This system will be applying PID function for controller. The results of experimental shown wind pressure of process control which connected with instrument and control devices, which differ of communication signal via open standard of OPC server.

Keywords : Wireless HART Transmitter, PLC, OPC Server

1. บทนำ

อุตสาหกรรมในปัจจุบันใช้ผู้ควบคุมเฝ้าสังเกตและสั่งการผ่านทางหน้าจอ โดยมีซอฟแวร์คอยเชื่อมโยงสัญญาณจากเครื่องมือวัดไปแสดงผลและปรับค่าให้เหมาะสมต่อกระบวนการควบคุม เพื่อนำค่าที่ได้ส่งไปยังส่วนควบคุมต่างๆ [2],[3] จากการศึกษาข้อมูลของระบบการควบคุมในอุตสาหกรรม เช่น การควบคุมระดับของเหลว การควบคุมอุณหภูมิ หรือการควบคุมความดัน ฯลฯ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุม ที่มีมาตรฐานการเชื่อมต่อเดียวกัน ซึ่งถือเป็นจุดด้อยของระบบ หากจำเป็นต้องเปลี่ยนเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบ อาจเนื่องจากความล้าสมัยหรือการชำรุดของอุปกรณ์ ทำให้อุปกรณ์มีมาตรฐานการเชื่อมต่อที่แตกต่างไปจากระบบเดิม [1] ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการเชื่อมต่อสัญญาณและมีค่าใช้จ่ายในส่วนการติดตั้งที่สูงขึ้น เพราะความแตกต่างระหว่างไดร์เวอร์ของฮาร์ดแวร์แต่ละบริษัท อันเนื่องจากฮาร์ดแวร์จากผู้ผลิตที่แตกต่างกัน แม้ว่าจะทำหน้าที่เดียวกัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้จึงเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดปัญหาระหว่างอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานแตกต่างกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงต้องมีการพัฒนาซอฟแวร์ OPC (OLE for Process Control) [1],[9] เพื่อเชื่อมต่อสัญญาณ ระหว่างเครื่องมือวัด และอุปกรณ์ควบคุมด้วยรูปแบบมาตรฐานกลางของ OPC Server

ในบทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานของ OPC Server เพื่อเป็นสื่อกลางของการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างทรานสมิตเตอร์ที่มีมาตรฐานการเชื่อมต่อสื่อสารแบบฮาร์ทผ่านทาง Modbus TCP/IP

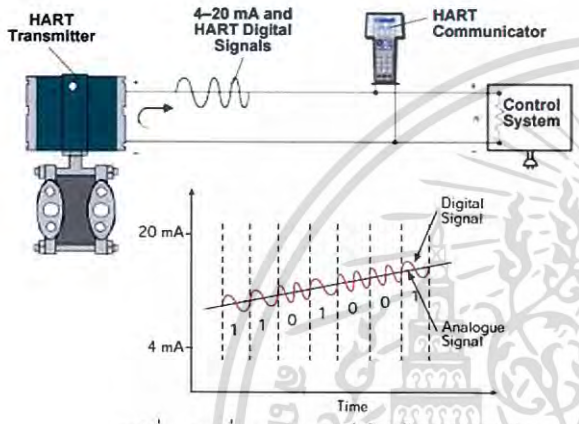
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และพีแอลซีที่มีการเชื่อมต่อสื่อสารแบบโฮสต์ลิงก์ผ่านทาง RS232 [5],[6] โดยสัญญาณจากการรับส่งข้อมูลของอุปกรณ์ทั้งสองจะเป็นพารามิเตอร์เพื่อควบคุมความดันลม และนำสัญญาณไปแสดงผลบนหน้าจอผ่านทางโปรแกรมแลปวิว

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 โปรโตคอล HART (HART Protocol)

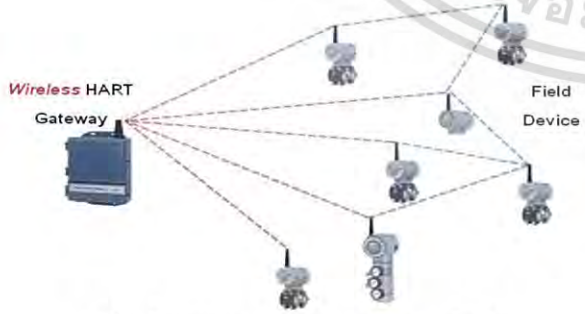
HART (Highway Addressable Route Transducer) เป็นโปรโตคอลของการติดต่อสื่อสารสำหรับเครื่องมือวัดที่เชื่อมต่อโมดูลสัญญาณอนาล็อก 4 - 20 mA ด้วยการสื่อสารในรูปแบบสัญญาณดิจิตอล โดยทั่วไปจะสื่อสารผ่านอุปกรณ์ HART field device ได้ด้วยโปรโตคอลมาตรฐาน [11] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การสื่อสารด้วยฮาร์ทโปรโตคอล

2.2 Wireless Gateway

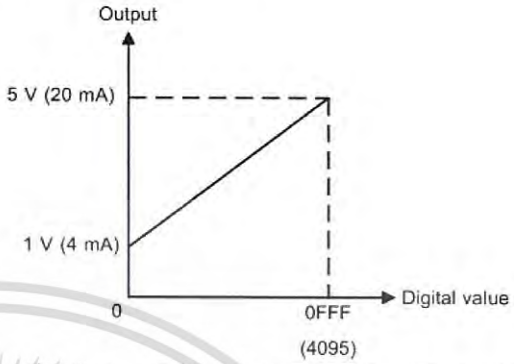
Wireless Gateway คือ จุดต่อเชื่อมของเครือข่ายทำหน้าที่เป็นทางผ่านสู่ระบบเครือข่ายต่างๆ บนอินเทอร์เน็ตที่ใช้เทคโนโลยีของ Wireless HART ในย่านความถี่ 2.4 GHz ซึ่งให้เสถียรภาพการสื่อสารระดับสูงด้วย Mesh Topology [5],[7] โดยเครื่องมือวัดแต่ละตัว มีความสามารถในการหาเส้นทางที่ดีที่สุดด้วยตัวเอง จึงเรียกเทคโนโลยีนี้ว่า Smart Wireless Gateway ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะการส่งสัญญาณของอุปกรณ์ฮาร์ท

2.3 โปรโตคอลโฮสต์ลิงค์ (Host Link Protocol)

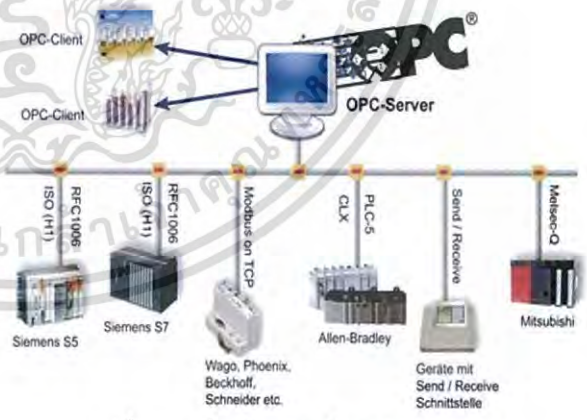
โปรโตคอลโฮสต์ลิงค์ [12],[13] เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อในพีแอลซีของ Omron (C200H) ผ่านพอร์ตอนุกรมมาตรฐานไปสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น RS-232 หรือ RS-485 สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตได้โดยตรง เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบต่างๆ สามารถเลือกสัญญาณการควบคุมภายในโมดูลได้ตามมาตรฐานการส่งสัญญาณ อย่างเช่น สัญญาณการควบคุม 1 - 5 V และกระแส 4 - 20 mA ของโมดูล มีค่าดิจิตอลอยู่ในช่วง 0 - 4095 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 สัญญาณเอาท์พุทอนาล็อก 1 - 5 V และ 4 - 20 mA

2.4 OPC Server

OPC Server เปรียบเหมือนสื่อกลางของเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุมให้สามารถพัฒนาระบบสื่อสารข้อมูลให้เป็นไปตามมาตรฐานเดียวกัน ด้วยรูปแบบมาตรฐานของข้อมูลเปิด เพื่อช่วยให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลจากอุปกรณ์ต่างบริษัท หรือการรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ที่มีความหลากหลาย และมาตรฐานแตกต่างกันได้ง่ายขึ้น โดยมี OPC ต้นทาง (OPC Server) เป็นตัวรับข้อมูลจากเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุมไปสู่ OPC ปลายทาง (OPC Client) [1] ดังรูปที่ 4



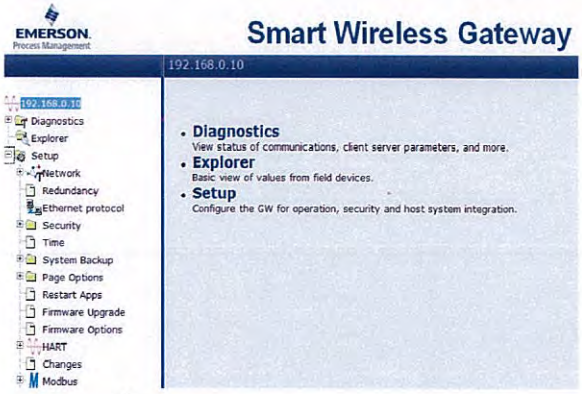
รูปที่ 4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ผ่าน OPC Server

3. การออกแบบระบบควบคุมความดันลม

3.1 การเชื่อมต่อเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุม

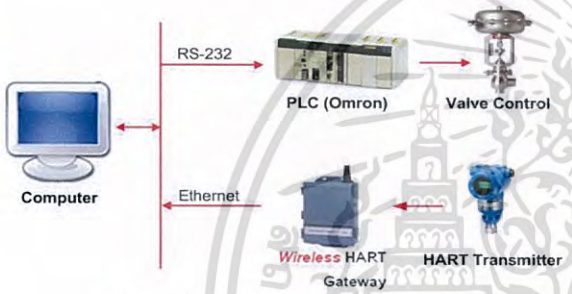
การเชื่อมต่อเข้าสู่การตั้งค่าของ Smart Wireless Gateway ผ่านหมายเลข IP (IP Address) ไปสู่เว็บเบราเซอร์มาตรฐานของ Gateway เพื่อตั้งค่าการใช้งาน [10] เช่น Mapping, Baud rate หรือการเพิ่มอุปกรณ์ฮาร์ท (HART Devices) ดังรูปที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 หน้าหลักของเว็บเบราว์เซอร์ Gateway

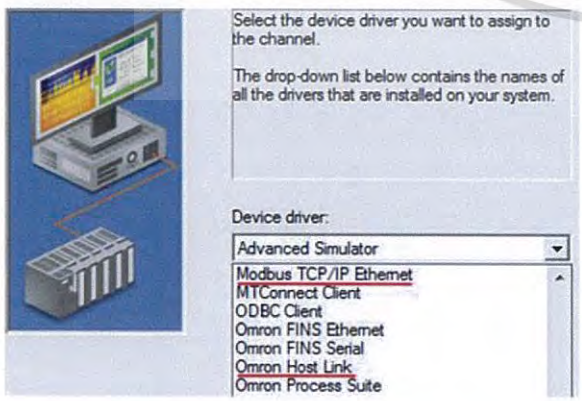
การเชื่อมต่อพีแอลซี Omron สามารถทำผ่านพอร์ตอนุกรมมาตรฐานไปสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อนำสัญญาณออกไปควบคุมความดันลมจากวาล์วควบคุม (Control Valve) และการเชื่อมต่อฮาร์ททรานสมิตเตอร์สามารถทำผ่าน Ethernet ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 มาตรฐานการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุม

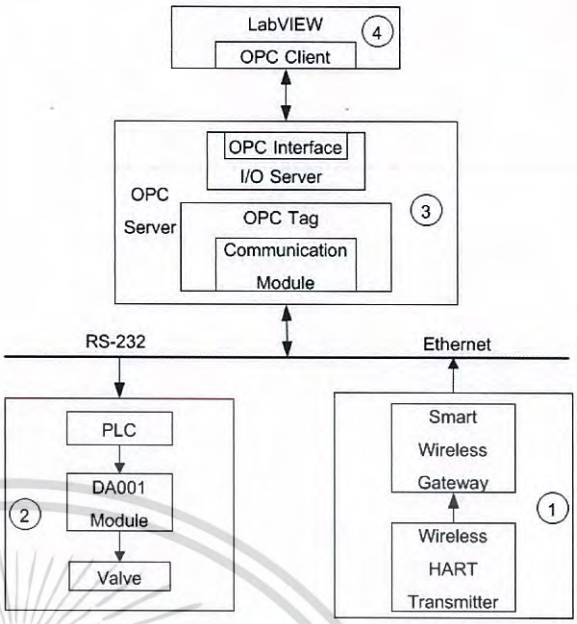
3.2 เชื่อมต่อ OPC Server

การเชื่อมต่อ OPC Server เข้ากับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุม ทำได้ด้วยการสร้าง OPC Tag ที่บอกถึงการติดต่อกับ I/O หรือ Register ภายในอุปกรณ์ [1],[9] และ I/O Server ที่เปรียบเหมือนทางผ่านข้อมูลระหว่าง OPC Server เป็นสัญญาณเชื่อมต่อเพื่อนำไปแสดงผลผ่านโปรแกรมแลปวิว โดยระบบแบ่งการเชื่อมต่อสัญญาณออกเป็นสองส่วน คือ ฮาร์ททรานสมิตเตอร์ผ่าน Modbus TCP/IP Ethernet และพีแอลซีผ่าน Omron Host Link ดังรูปที่ 7



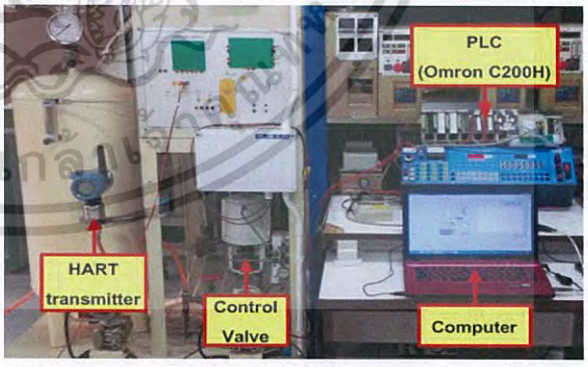
รูปที่ 7 การสร้าง OPC Tag ใน OPC Server

3.3 โครงสร้างของระบบ



รูปที่ 8 โครงสร้างของระบบควบคุม

จากรูปที่ 8 ระบบควบคุมความดันลมมีขั้นตอนการออกแบบเริ่มจากหมายเลข 1 ฮาร์ททรานสมิตเตอร์เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความดันลมเพื่อส่งสัญญาณไร้สายไปสู่ Smart Wireless Gateway และส่งข้อมูลผ่านระบบ Ethernet เข้าสู่ OPC Server หมายเลข 3 เพื่อนำสัญญาณมาสร้างเป็น OPC Tag ส่งไปยัง OPC ปลายทางให้เชื่อมต่อกับโปรแกรมแลปวิว เพื่อเป็นค่าอ้างอิงของกระบวนการควบคุม และหมายเลข 2 พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ควบคุมที่รับคำสั่งจากโปรแกรมแลปวิวส่งไปสู่ OPC ต้นทาง และนำสัญญาณส่งผ่าน RS-232 ไปสู่พีแอลซีเพื่อใช้ควบคุมวาล์ว ดังรูปที่ 9



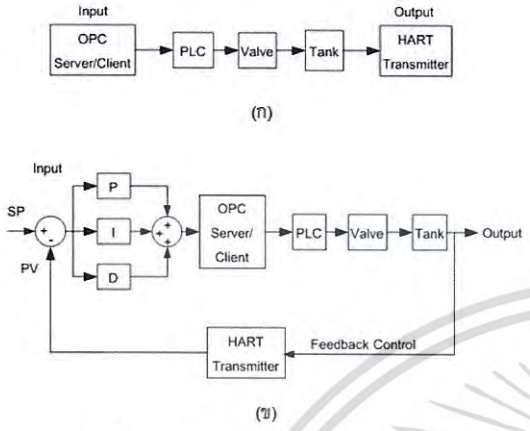
รูปที่ 9 ชุดทดสอบการควบคุมความดันลม

3.4 การควบคุมความดันลม

ระบบควบคุม แบ่งการทดสอบระบบออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่ 1 การควบคุมแบบลูปเปิด (Open Loop) เพื่อทดสอบการเชื่อมต่อระบบและสังเกตเวลาไร้ผลตอบสนอง (Dead time) ด้วยการเพิ่มค่าความดันในถังแรงดันไปสู่สภาวะคงตัว และส่วนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมแบบลูปปิด (Close Loop) ด้วยฟังก์ชั่นการควบคุมแบบพีไอดี [8] โดยสัญญาณเอาต์พุตจะมีผลต่อระบบควบคุม ดังนั้นการควบคุมแบบลูปปิดก็คือการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) สัญญาณจากฮาร์ททรานสมิตเตอร์จะเป็นสัญญาณอ้างอิงของระบบ เพื่อทดสอบควบคุมความดันลมจากโปรแกรมแลปวิวผ่าน OPC ต้นทาง ดังรูปที่ 10

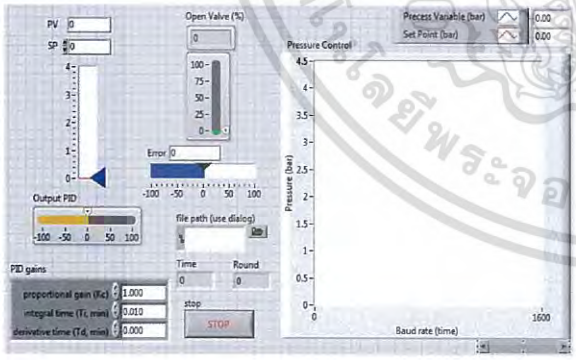


รูปที่ 10 (ก) ลำดับการควบคุมแบบลูปเปิด
(ข) ลำดับการควบคุมแบบลูปปิด

4. ผลการทดสอบควบคุมระบบ

4.1 การแสดงผลผ่านโปรแกรมแลปวิว

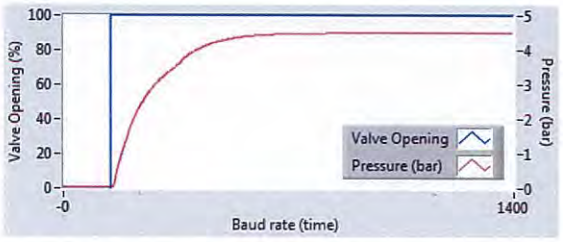
หลังจากระบบถูกติดตั้งและเชื่อมต่อฟังก์ชั่นของการทำงานทั้งหมด ผลการทดสอบสามารถแสดงให้เห็น โดยมีการควบคุมความดันลมผ่านโปรแกรมแลปวิวให้เป็น OPC ปลายทาง เพื่อให้เป็นสื่อกลางของการรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ควบคุมกับส่วนของการควบคุมและแสดงผล ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 หน้าจอควบคุมและแสดงผลผ่านโปรแกรมแลปวิว

4.2 ทดสอบการเชื่อมต่อระบบ

การทดสอบควบคุมความดันลม โดยการทดสอบการควบคุมแบบลูปเปิด ด้วยตั้งค่าการเปิดวาล์วที่ 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทดสอบการเชื่อมต่อของระบบการทำงานของวาล์วควบคุมสามารถทำตามคำสั่งจากโปรแกรมแลปวิว และส่งสัญญาณผ่าน OPC Server ดังรูปที่ 12

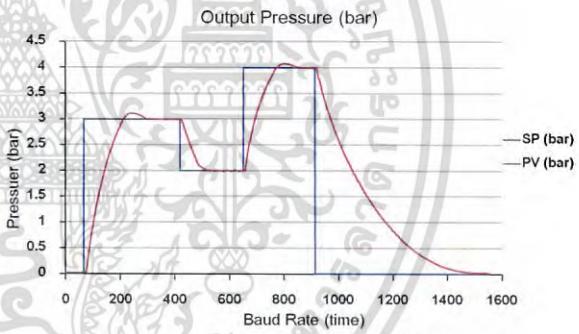


รูปที่ 12 กราฟแสดงการทดสอบส่งค่าควบคุมความดันลม

จากกราฟข้างต้นแสดงให้เห็นว่า เวลาไร้ผลตอบสนองของระบบควบคุมความดันลมมีช่วงที่แคบ จากการสังเกตจุดตัดของเส้นกราฟสีแดงและสีน้ำเงิน เมื่อเทียบกับค่าความดันลมที่เพิ่มขึ้นของกระบวนการควบคุมไปสู่สภาวะคงตัวมีเวลานาน

4.3 การควบคุมความดันด้วยฟังก์ชั่นพีไอดี

จากการทดสอบควบคุมแบบลูปปิด แสดงว่า กระบวนการควบคุมค่าความดันของระบบ ด้วยฟังก์ชั่นการควบคุมแบบพีไอดีของโปรแกรมแลปวิว สามารถเชื่อมต่อสัญญาณผ่าน OPC Server โดยพารามิเตอร์ของฟังก์ชั่นพีไอดี คือ Kc = 0.355, Ti = 0.175 และ Td = 0.008 ผลตอบสนองของระบบควบคุมที่ดี ขึ้นอยู่กับการปรับค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชั่นการควบคุมพีไอดี ให้เหมาะสมต่อกระบวนการควบคุม ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 กราฟแสดงการควบคุมด้วยฟังก์ชั่น PID

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัย เรื่องการประยุกต์ใช้งาน OPC Server ร่วมกับอุปกรณ์ฮาร์ททรานสมิตเตอร์แบบไร้สาย เพื่อควบคุมความดันลม โดยใช้โปรแกรมแลปวิว โดยนำเสนอการควบคุมความดันลมผ่าน OPC Server จากผลการทดลอง ระบบสามารถควบคุมความดันลมได้ด้วยโปรแกรมแลปวิว โดยการเชื่อมต่อสัญญาณจากอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานการเชื่อมต่อต่างกัน คือ ฮาร์ททรานสมิตเตอร์แบบไร้สายและพีแอลซี Omron ผ่านทาง OPC Server ที่เป็นมาตรฐานกลางของการเชื่อมต่อสื่อสาร ระหว่างเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุม โดยที่ช่วงเวลาไร้ผลตอบสนองของระบบควบคุมมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าความดันลมที่เพิ่มขึ้นไปสู่สภาวะคงตัว และในการทดลองการควบคุมแบบลูปปิด แสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมมีผลตอบสนองที่ดีต่อการสั่งงานผ่าน OPC Server ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชั่นการควบคุมพีไอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ เน้นการออกแบบระบบควบคุมความดันลม ด้วยอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานแตกต่างกัน เพื่อเชื่อมต่อผ่าน OPC Server โดยจะนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบควบคุมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์ผลในงานวิจัยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดี เพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์วิริยะ กองรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ แนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องด้านข้อมูลและแนวทางการทำวิจัยที่ถูกต้องตั้งแต่ต้นจนจบ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

หนังสือภาษาไทย

[1] สุทธิพงษ์ เสนาถี. 2549. เรียนรู้การสร้างระบบ SCADA ด้วย GENESIS32. บริษัท อีดีเอ อินสตรูเมนท์ แอนด์ซิสเต็ม จำกัด, กรุงเทพฯ, หน้า 1 - 35.

[2] โอภาส เอี่ยมศิริวงศ์. 2550. เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร. ซีเอ็ดยูเคชั่น จากัด, หน้า 87-134 และ 201-376

English Conference

[3] Dutta, S., Sarkar, A., Samanta, K., Das, R. and Ghosh, A. 2014, Supervision of Control Valve Characteristics Using PLC and Creation of HMI by SCADA, Automation, Control, Energy and Systems (ACES), 2014 First International Conference, Hooghy, Feb. 1-2, 2014: 1-5.

[4] Jasmin Velagic, Admir Kaknjo, Nedim Osmic and Tarik Dzananovic. 2011. Networked Based Control and Supervision of Induction Motor Using OPC Server and PLC. 53rd International Symposium ELMAR-2011, Zadar, Croatia, September 14-16, 2011: 251-255.

[5] JIAN-MING LIAO and JIN-LIANG GE. 2010. STUDY ON WIRELESS HART NETWORK LAYER. International Conference on Apperceiving Computing and Intelligence Analysis (ICACIA), Chengdu, Dec 17-19, 2010: 187-189.

[6] Li Dongjiang Sun Ruiqi. 2011. Implement of Communication between Configuration Software and OPC Server Based on Modbus/TCP. The Tenth International Conference on Electronic Measurement & Instruments, Chengdu, Aug 16-19, 2011: 218-221.

[7] Muller, I., Netto, J.C. and Pereira, C.E. 2011. Wireless HART Field Devices. Instrumentation &c Measurement Magazine, December 1, 2011: 20-25.

[8] Su Haifeng, Hao Gang. Li Pengzhi and Luo Xu. 2010. Feed forward Fuzzy PID Controller for Common-rail Pressure Control of Diesel Engine, International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, Chengdu, March 13-14, 2010: 264-267.

Book

[9] Allen-Bradley. 2007. Modbus Application For PanelView Plus and PanelView Plus CE Terminals. Rockwell Automation, March 2007: 1-88.

[10] EMERSON Process Management. 2013, Reference Manual Smart Wireless Gateway, Rosemount. April 2013.

[11] HART Communication Foundation. 1999. HART Field Communication Protocol Application Guige (HCF LIT 34), 1-51.

[12] Kepware Technologies. 2012. Omron Host Link Driver Help, 1-18.

[13] SYSMAC C200H AD001/DA001 Analog I/O Units Operation Guide, OMRON, Revised February 2001.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อนามสกุล	นายธิติกานต์ โชติกลาง
วัน เดือน ปีเกิด	22 ธันวาคม 2532
ที่อยู่	112 หมู่ 3 ตำบลบ้านโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30310 โทร. 089-7620170
ประวัติการศึกษา	2555 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2549 มัธยมศึกษา โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย จังหวัดนครราชสีมา

ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย

พ.ศ.2558	การประยุกต์ใช้งาน OPC Server ร่วมกับอุปกรณ์ฮาร์ททรานสมิตเตอร์แบบไร้สายเพื่อควบคุมความดันโดยใช้แลปวิว
ความชำนาญ	การใช้งานเครื่องควบคุมพีแอลซี Omron C200H การใช้งานซอฟแวร์ LabVIEW การใช้งานซอฟแวร์ Solid Work

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้