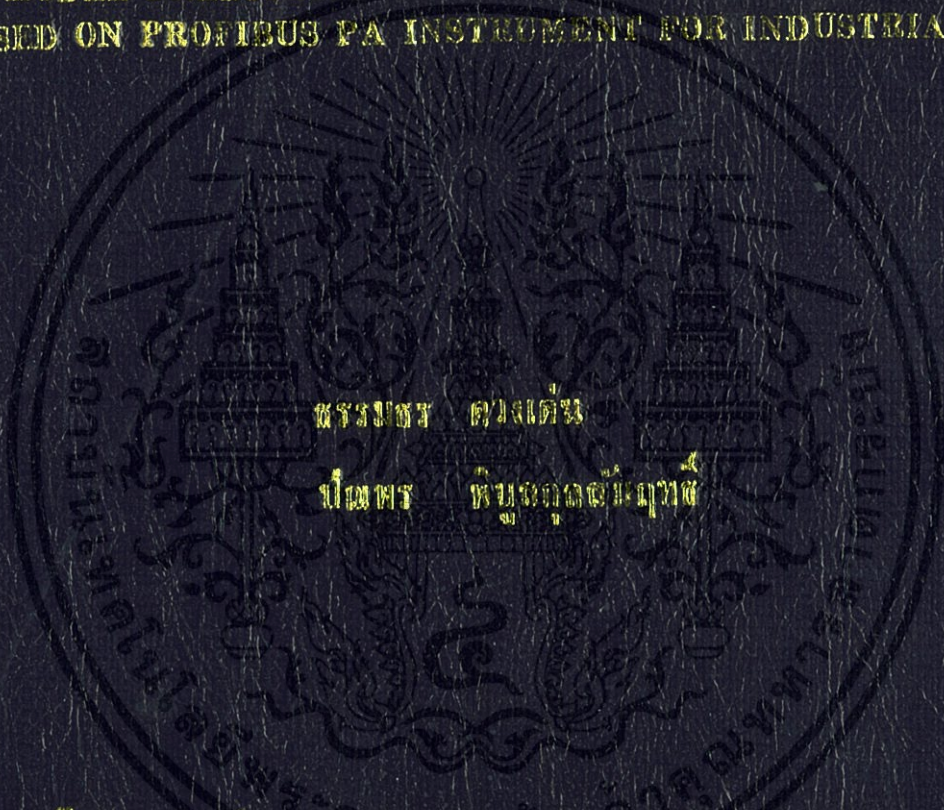


การออกแบบตัวควบคุมที่คาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลในระบบควบคุมแบบ
กระจายตัวบน ตัวควบคุมที่ระบุด้วยแบบโปรแกรมได้สำหรับตนเอง

วิทยานิพนธ์ที่เสนอขึ้นเพื่อขอรับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

DESIGNING MODEL PREDICTIVE CONTROLLER ON DISTRIBUTED CONTROL
SYSTEM BASED ON PROFIBUS PA INSTRUMENT FOR INDUSTRIAL PROCESS



พรรณษา ดวงเด่น

ปัทมา หินบุญทดตั้งปัญญาดี

ปริญญาโทที่เสนอขึ้นเพื่อขอรับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การออกแบบตัวควบคุมที่คาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลบนระบบควบคุมแบบ
กระจายส่วน ด้วยอุปกรณ์วัดแบบโปรฟิบบัสพีเอส
สำหรับกระบวนการเชิงอุตสาหกรรม

Designing Model Predictive Controller on Distributed Control
System based on Profibus PA instrument for industrial Process



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และนำข้อมูลไปแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2556

Designing Model Predictive Controller on Distributed Control
System based on Profibus PA instrument for industrial Process



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DRGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENT ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส KING KONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG ระเบียบด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ACADEMIC YEAR 2013

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การออกแบบตัวควบคุมที่คาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลบนระบบควบคุม
กระจายส่วนด้วยอุปกรณ์วัดแบบโปรพิบัสพีเอสสำหรับกระบวนการเชิง
อุตสาหกรรม

นักศึกษาผู้จัดทำ นาย ธรรมธร ดวงเด่น รหัสนักศึกษา 53010706
นางสาวปณพร พิบูลกุลสัมฤทธิ์ รหัสนักศึกษา 53010910

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2556

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์ สักกริยา ชิตวงศ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การออกแบบตัวควบคุมที่คาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลบนระบบควบคุมกระจายส่วนด้วยอุปกรณ์วัดแบบโปรฟิบบัสพีเอสำหรับกระบวนการเชิงอุตสาหกรรม

Designing Model Predictive Controller on Distributed Control System based on Profibus PA instrument for industrial Process

นักศึกษาผู้จัดทำ นาย ธรรมธร ดวงเด่น รหัสนักศึกษา 53010706

นางสาว ปณพร พิบูลกุลสัมฤทธิ์ รหัสนักศึกษา 53010910

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ สักกรียา ชิตวงศ์

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการใช้งานฟังก์ชันของการควบคุมที่คาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลบนระบบควบคุมแบบกระจายส่วนรุ่นพีซีเอส 7 จากซีเมนส์ ซึ่งเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดด้วยโปรฟิบบัสพีเอ ซึ่งเป็นกรณีศึกษาการควบคุมตัวแปรกระบวนการหลายตัวแปร ซึ่งก็คือ ความดันและอัตราการไหล ซึ่งฟังก์ชันตัวควบคุมคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลนี้สามารถประยุกต์ใช้งานกับกระบวนการหลายตัวแปร ซึ่งโครงการนี้จะเป็นการออกแบบตัวควบคุมที่คาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลเพื่อนำไปควบคุมกระบวนการให้เหมาะสม ขั้นตอนแรก ทำการกำหนดค่าตัวโมเดลตัวควบคุมแบบกระจายส่วนให้ตรงกับโปรแกรมเพื่อความเข้าใจที่ตรงกันระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ จากนั้นทำการต่อแผนภาพ CFC แล้วเฝ้าดูผลการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์จากแนวโน้มกระบวนการ เพื่อสังเกตค่าตัวแปรกระบวนการเข้าใกล้ค่าเป้าหมาย โดยดูจากพฤติกรรมของการแกว่ง จนเห็นว่าสมควรแล้วจึงนำค่าที่ได้มาทำการประยุกต์ใช้งาน ตัวตัวควบคุมคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล เพื่อให้ระบบเกิดความเสถียรมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Designing Model Predictive Controller on Distributed Control System based on Profibus PA instrument for industrial Process
Authors	Mr. Thammathorn Doungden Miss. Panaporn Phiboongulsumrid
Thesis Advisor	Associate Professor Sakreya Chitwong
Year	2013

ABSTRACT

This thesis presents using the function of model predictive control on distributed control system, namely PCS 7 from Siemens, at which connection between field instruments is via Profibus PA. In case of multivariable process control, pressure and flow rate is studied at which the function of model predictive controller can apply to a multivariable process. In this thesis, the model predictive control is designed in order to control process appropriately. First, hardware configuration is performed to correspond with between hardware and software. Second, programming is with CFC by monitoring results of tuning parameter from process trend to see a process variable process reached to a set-point by seeing behavior of oscillation. Final, until the best result is gotten, such parameters are implemented for model predictive controller in order to the stable results.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีทั้งนี้เนื่องจากได้รับคำแนะนำจากรองศาสตราจารย์ สักกรียา ชิตวงศ์ ตลอดจนความดูแลและความเอาใจใส่ อีกทั้งยังเอื้อเพื่ออุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ เพื่อความสะดวกในการทำงานให้โครงการสำเร็จลุล่วง ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ชัย นิลาศ ที่คอยให้คำแนะนำ และดักเตือนสั่งสอนในแง่ของการทำงานและการดำรงชีวิตด้วยดีมาตลอด

ขอขอบพระคุณคุณแม่ผู้เป็นที่รัก ที่คอยให้การสนับสนุน และเป็นแรงบัลดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์จากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ธรรมธร ดวงเด่น
ปณพร พิบูลกุลสัมฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	1
1.3 ขอบเขตงานของปริญญานิพนธ์.....	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 คำนำ.....	3
2.2 ระบบควบคุม.....	3
2.2.1 ระบบควบคุมวงเปิด (open-loop control).....	3
2.2.2 ระบบควบคุมวงปิด (closed-loop control).....	4
2.3 ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS System).....	4
2.3.1 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน.....	4
2.4 ตัวควบคุมแบบพีไอดี.....	7
2.4.1 สัดส่วน.....	8
2.4.2 ปริพันธ์.....	8
2.4.3 อนุพันธ์.....	9
2.5 ตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล.....	11
2.5.1 คำนำ.....	11
2.5.2 หลักการโดยทั่วไป.....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5.2.1 รูปแบบจำลองของกระบวนการ (Process Model).....	13
2.5.2.1.1 ผลตอบสนองอิมพัลซ์ (Impulse response).....	13
2.5.2.1.2 ผลตอบสนองแบบขั้นบันได (Step response).....	14
2.5.2.1.3 ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer function).....	14
2.5.2.1.4 สเตทสเปซ (State space).....	15
2.5.3 โครงสร้างของตัวควบคุมแบบคาคการณลวงหน้าเชิงโมเดล.....	15
2.5.4 องค์ประกอบพื้นฐาน.....	16
2.6 ข้อเปรียบเทียบระหว่างตัวควบคุมแบบพีโอดีและโมเดลพรีดิกทีฟคอนโทรล.....	17
2.7 หลักการพื้นฐานของอุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหล.....	18
2.8 วาล์วควบคุม.....	19
2.8.1 ส่วนประกอบของวาล์วควบคุม.....	20
2.8.2 ตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์ว (Valve Positioner).....	21
2.9 ค่าสัมประสิทธิ์ของวาล์วควบคุม (Valve Coefficient).....	23
2.10 การสื่อสารข้อมูลเชิงอุตสาหกรรม.....	23
2.10.1 มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลอนุกรม RS-485.....	23
2.10.2 โพรไฟบัส (PROFIBUS).....	24
2.10.2.1 โพรไฟบัสดีพี (PROFIBUS-DP).....	25
2.10.2.2 โพรไฟบัสพีเอ (PROFIBUS-PA).....	26
2.11 สรุป.....	26
บทที่ 3 การดำเนินการออกแบบตัวควบคุมการบวนการ.....	27
3.1 คำนำ.....	
3.2 กระบวนการจำลอง (Process).....	27
3.2.1 แผนภาพกระบวนการ (piping and instrumentation diagram).....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2.1.1 สัญลักษณ์ของเส้นในแผนภาพ.....	27
3.2.1.2 สัญลักษณ์การรวมความหมายของตัวอักษร.....	28
3.2.1.3 สัญลักษณ์ของฟังก์ชันตัวควบคุม.....	28
3.2.1.4 การเขียนแบบแผนภาพกระบวนการ.....	28
3.2.2 อุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์.....	32
3.2.2.1 อุปกรณ์ตรวจวัด/ทรานสมิตเตอร์.....	32
3.2.2.2 ตัวควบคุม.....	34
3.2.2.3 อุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย.....	34
3.2.2.4 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ.....	35
3.3 การจัดการในส่วนโปรแกรมควบคุม (software).....	39
3.3.1 การกำหนดค่าฮาร์ดแวร์	39
3.3.2 การเขียนโปรแกรมควบคุม CFC (Continuous Flow Chart).....	45
3.3.2.1 โหมดการทำงานฟังก์ชันตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล.....	47
3.4 เครื่องมือสื่อสารของระบบควบคุม.....	48
3.5 การออกแบบตัวควบคุมการบวนการ.....	48
3.5.1 การสร้างค่าข้อมูลประกอบการวินิจฉัย.....	48
3.5.2 การกำหนดค่าฟังก์ชันตัวควบคุมล่วงหน้าเชิงโมเดล.....	50
3.5.3 การออกแบบตัวควบคุม.....	51
3.5.4 การนำ SCL Code ไปใช้.....	52
3.6 สรุป.....	53
บทที่ 4 การทดลองผลการวิเคราะห์การออกแบบตัวควบคุมการบวนการ.....	54
4.1 บทนำ.....	54
4.2 ผลการสร้างค่าข้อมูลประกอบการวินิจฉัย.....	54
4.3 ผลการออกแบบตัวควบคุม.....	55
4.4 ผลการทดลอง.....	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.5 สรุป.....	61
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	62
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	62
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	62
บรรณานุกรม.....	63
ภาคผนวก.....	64
ภาคผนวก ก.....	64



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างตัวควบคุมแบบพีไอดีและตัวควบคุมแบบคาคการณล่งหน้าเชิงโมเดล.....	17
4.1(ก) ข้อมูลในการสร้างข้อมูลการวัด.....	54
4.1(ข) ข้อมูลในการสร้าง Measurement Data.....	55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และอ้างอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

ตารางที่	หน้า
2.1 ระบบควบคุมวงเปิด.....	3
2.2 ระบบควบคุมวงปิด.....	4
2.3 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน.....	7
2.4 แสดงกราฟการควบคุมแบบสัดส่วน.....	8
2.5 แสดงกราฟการควบคุมแบบปริพันธ์.....	9
2.6 แสดงกราฟการควบคุมแบบอนุพันธ์.....	10
2.7 แสดงการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบพีไอดี.....	11
2.8 แสดงโครงสร้างของตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล.....	15
2.9 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล.....	16
2.10 แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กและกฎมือขวา.....	18
2.11 แสดงส่วนประกอบของวาล์วควบคุม.....	20
2.12 แสดงอุปกรณ์แปลงสัญญาณแบบนิวเมติกส์-นิวเมติกส์.....	21
2.13 แสดงอุปกรณ์แปลงสัญญาณแบบไฟฟ้า-นิวเมติกส์.....	22
2.14 แสดงอุปกรณ์แปลงสัญญาณแบบสมาร์ท.....	22
2.15 แสดงสายต่อตัวเมียของ RS-485.....	23
2.16 การเชื่อมโยงสายสื่อสารภายในเครือข่ายของ RS-485.....	24
2.17 แสดงสายโปรฟิบบัส.....	25
2.18 เครือข่ายระบบควบคุมผ่านการสื่อสารแบบโปรฟิบบัส.....	26
3.1 หน้าต่างโปรแกรมเขียนแบบ AUTOCAD P&ID.....	29
3.2 แสดงแผนภาพกระบวนการจำลอง (piping and instrumentation diagram).....	30
3.3 แสดงอุปกรณ์วัดและควบคุมความดันในระบบ.....	31
3.4 แสดงอุปกรณ์วัดและควบคุมอัตราการไหลในระบบ.....	32
3.5 แสดงทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหล (Flow indicating Transmitter)	33
3.6 แสดงทรานสมิตเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter)	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
3.7 แสดงตัวควบคุม (Controller)	34
3.8 วาล์วควบคุมความดัน.....	35
3.9 วาล์วควบคุมอัตราการไหล.....	35
3.10 แสดงอุปกรณ์แปลงสัญญาณ FDC 157-0.....	36
3.11 ตัวแปลงสัญญาณ IF303.....	36
3.12 แสดงตัวแปลงสัญญาณ FI303.....	37
3.13 การต่อวงจรของอุปกรณ์แปลงสัญญาณ FI303 และ IF303.....	37
3.14 แสดงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า.....	38
3.15 แสดงอุปกรณ์แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นนิวเมติกส์.....	38
3.16 แสดงแบร์รีเออร์.....	39
3.17 แสดงการสร้างโปรเจคใหม่.....	40
3.18 แสดงการเลือกอุปกรณ์.....	41
3.19 การกำหนดค่าฮาร์ดแวร์.....	42
3.20(ก) แสดงการกำหนดความเร็วการรับส่งข้อมูล.....	42
3.20(ข) แสดงการกำหนดความเร็วการรับส่งข้อมูล.....	43
3.21 การกำหนดค่าเครือข่าย.....	43
3.22 หน้าต่างการกำหนดค่าเครือข่าย.....	44
3.23 แสดงการเลือกชนิดอินเตอร์เฟซ.....	44
3.24(ก) แผนผังการเชื่อมต่อฟังก์ชันสำเร็จรูปใน CFC.....	45
3.24(ข) แผนผังการเชื่อมต่อฟังก์ชันสำเร็จรูปใน CFC.....	46
3.24(ค) แผนผังการเชื่อมต่อฟังก์ชันสำเร็จรูปใน CFC.....	47
3.25 การเปลี่ยนโหมดของฟังก์ชันตัวควบคุมคาดการณ์ล่วงหน้า.....	48
3.26 การเข้าสู่เมนูเทรนดิสเพล.....	49
3.27 การตั้งค่าการบันทึกค่าพารามิเตอร์.....	49
3.28 ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการพิจารณา.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
3.29 การส่งออกข้อมูลประกอบการวินิจฉัย.....	50
3.30 หน้าต่างการกำหนดค่าตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล.....	51
3.31 ขั้นตอนการดาวโหลดโปรแกรมเข้าสู่ฟังก์ชัน.....	52
3.32 การนำโค้ด SCL ที่ได้ไปใช้ในการสร้างฟังก์ชัน.....	52
4.1 หน้าต่างการกำหนดค่าตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล.....	56
4.2 แนวโน้มการประเมินประสิทธิภาพในการควบคุมระบบ.....	56
4.3 หน้าต่างส่งออกโค้ด SCL เพื่อใช้ในการสร้างฟังก์ชัน.....	57
4.4(ก) ส่วนของแบบจำลองในการประมวลผล.....	54
4.4(ข) ส่วนของแบบจำลองในการประมาณผล.....	55
4.5 ส่วนของการแสดงผลค่าความไม่แน่นอนของระบบ.....	58
4.6 แสดงการประเมินข้อมูลในการสร้าง Model data.....	59
4.7 ผลตอบสนองของระบบควบคุมความดัน.....	60
4.8 ผลตอบสนองของระบบควบคุมอัตราการไหล.....	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันระบบควบคุมอัตโนมัติมีใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมการผลิตเคมีภัณฑ์ และอุตสาหกรรมผลิตอื่นๆอีกมากมาย ซึ่งนับว่าระบบควบคุมอัตโนมัติเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับโลกของอุตสาหกรรม โดยส่วนมากตัวควบคุมที่เป็นที่รู้จักและได้รับการยอมรับคือตัวควบคุมแบบพีไอดี (Proportional-Integral-Derivative controller : PID) ซึ่งหลายท่านคงจะเคยได้ทราบถึงข้อมูลของตัวควบคุมแบบพีไอดีมาบ้างแล้ว ซึ่งตัวควบคุมแบบพีไอดี มีความเหมาะสมกับลักษณะงานที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์แบบหนึ่งอินพุตหนึ่งเอาต์พุต (Single Input Single Output : SISO) แต่ก็มีลักษณะงานบางประเภทที่จำเป็นต้องใช้ตัวควบคุมที่มีความสามารถปรับค่าพารามิเตอร์แบบสองอินพุตสองเอาต์พุต (Multiple In Multiple Out : MIMO) ยกตัวอย่างกรณีศึกษา การควบคุมอุณหภูมิยอตหอและได้หอกลิ้น ในอุตสาหกรรมทางเคมี เป็นต้น ซึ่งตัวควบคุมที่มีความสามารถดังกล่าว คือ ตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล (Model Predictive Control : MPC)

โครงการนี้จะกล่าวถึงตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล ซึ่งสามารถควบคุมกระบวนการที่เป็นแบบสองอินพุตสองเอาต์พุต ซึ่งเป็นที่รู้จักและใช้งานอย่างแพร่หลายเช่นกัน มีข้อเปรียบเทียบที่ดีกว่าตัวควบคุมแบบพีไอดีหลายประการ โดยการศึกษาในหัวข้อโครงการนี้มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับการศึกษาระบบควบคุม ความสามารถในการเพิ่มศักยภาพของการควบคุมกระบวนการให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น รวมถึงสามารถนำไปต่อยอดในการทำงานจริงได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาและทดลองใช้งานโปรแกรม SIMETIC S7 เพื่อเรียนรู้การทำงานอย่างละเอียด
2. ศึกษาข้อมูลของฮาร์ดแวร์ที่ใช้ร่วมกับซอฟต์แวร์ระบบควบคุมกระจายส่วน (DCS)
3. ศึกษาการใช้แผนภาพซีเอฟซี continuous function chart (CFC) รวมถึงฟังก์ชันสำเร็จรูปใน Advanced process Library
4. ศึกษาระบบสื่อสารที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม
5. ศึกษาการใช้งานฟังก์ชันตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล

1.3 ขอบเขตงานของปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ความลับสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์นี้สงวนไว้สำหรับเจ้าของเอกสารขอสงวนสิทธิ์ในการนำไปใช้

1. เข้าใจหลักการใช้งานแผนภาพซีเอฟซี
2. สามารถนำฟังก์ชันตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลมาประยุกต์ใช้งานได้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาการทำงานของระบบควบคุม รวมถึงประเภทและการใช้งานของอุปกรณ์การวัด
2. ศึกษาและดำเนินการเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์
3. ทำการติดตั้ง ศึกษา และใช้งานโปรแกรมควบคุม SIMETIC S7 สำหรับการควบคุมตัวควบคุม S7-400
4. จัดทำแบบพีแอนไอที (Piping and Instrumentation Diagram) ของกระบวนการ
5. จัดทำ Wiring Diagram ของกระบวนการ
6. เขียนโปรแกรมควบคุมในรูปแบบของแผนภาพซีเอฟซี
7. ควบคุมอัตราการไหลและความดันของกระบวนการจำลองในโหมดปรับมือ โดยสร้างข้อมูลประกอบการวินิจฉัย (Trend Display)
8. นำข้อมูลประกอบการวินิจฉัยมาออกแบบตัวควบคุมให้สามารถทำงานในโหมดอัตโนมัติได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้เกี่ยวกับระบบโครงสร้างของระบบควบคุมแบบกระจายส่วนที่ใช้อย่างแพร่หลาย
2. ได้รู้ความแตกต่าง ข้อดีข้อเสีย ของตัวควบคุมแบบพีไอที และ ตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล เพื่อการนำไปใช้งาน
3. ได้ทบทวนความรู้เรื่องการสื่อสารทางอุตสาหกรรม
4. ได้รู้จักการทำงานของอุปกรณ์วัดและอุปกรณ์ควบคุม รวมไปถึงหลักการการทำงาน
5. สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตการทำงานต่อไปได้

1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

PID controller คือ ตัวควบคุมแบบพีไอที

MPC controller คือ ตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล

SISO: คือ การควบคุมแบบหนึ่งอินพุตหนึ่งเอาต์พุต

MIMO: คือ การควบคุมแบบสองอินพุตสองเอาต์พุต

DCS System: คือ ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

CFC คือ ชาร์ตที่แสดงการเชื่อมต่อฟังก์ชันต่างๆในโปรแกรมควบคุม

P&ID คือ แผนภาพแสดงกระบวนการ (Piping and Instrumentation Diagram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น การนำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานของตัวควบคุม และการสื่อสารข้อมูลเชิงอุตสาหกรรม

2.1 คำนำ

ตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลที่ได้ทำการศึกษาเป็นฟังก์ชันหนึ่งในโปรแกรมควบคุม SIMETIC S7 ใช้ร่วมกันกับตัวควบคุมรุ่น S7-400 ผ่านการสื่อสารแบบโปรฟิัส บนมาตรฐานของการสื่อสารแบบอนุกรม ซึ่งถูกกำหนดขึ้นมาโดยกลุ่มพันธมิตรอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศสหรัฐอเมริกา (Electronic Industries Alliance: EIA)

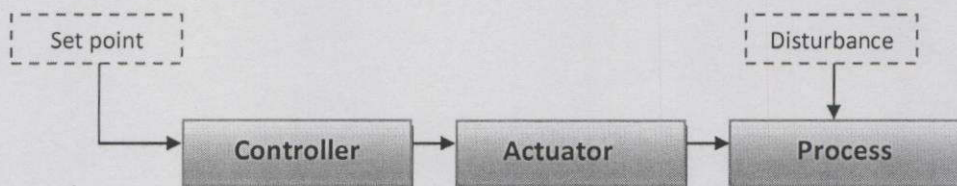
2.2 ระบบควบคุม

ระบบควบคุมคือระบบที่มีการควบคุมพลศาสตร์ ให้มีค่าเอาต์พุตของกระบวนการได้ตามที่ต้องการ โดยมีการป้อนค่าอินพุตให้กับกระบวนการ เราสามารถแบ่งระบบควบคุมได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งโดยทั่วไปสามารถแบ่งระบบควบคุมออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ระบบควบคุมวงเปิด (Open-loop Control) คือ ระบบควบคุมที่ไม่ได้ใช้สัญญาณจากเอาต์พุต
2. ระบบควบคุมวงปิด (Closed-loop Control) หรือ ระบบป้อนกลับ (Feedback Control)

2.2.1 ระบบควบคุมวงเปิด (open-loop control)

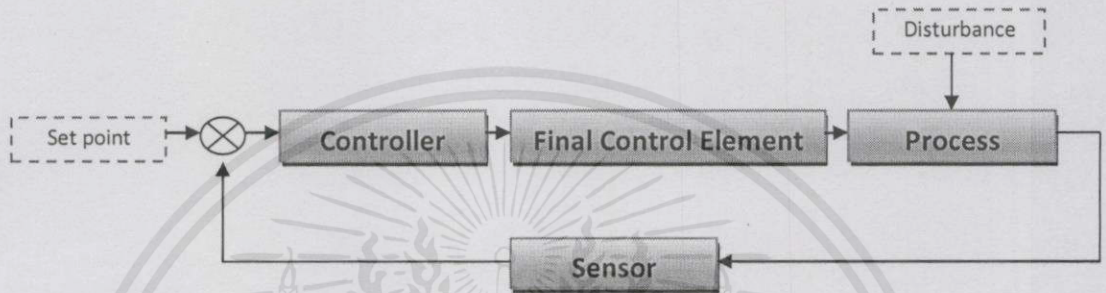
ระบบควบคุมวงเปิด คือ ระบบที่ไม่มีการป้อนเอาต์พุตกลับไปยังอินพุตของกระบวนการ หรือระบบควบคุมแบบที่ไม่มีการป้อนกลับ (Non-feedback Control Systems) โดยการควบคุมในลักษณะนี้ต้องอาศัยการคาดคะเนและตัดสินใจของมนุษย์ ยกตัวอย่างเช่น ระบบที่มีการควบคุมแค่เปิด-ปิดเท่านั้น ทั้งนี้อาจมีปัจจัยจากภายนอกเข้ามารบกวนกระบวนการได้ ดังรูปที่ 2.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงรูปที่ 2.1 ระบบควบคุมวงเปิดของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ระบบควบคุมวงปิด (closed-loop control)

ระบบควบคุมวงปิด คือ ระบบที่มีการป้อนเอาต์พุตกลับไปยังอินพุตของกระบวนการหรือระบบควบคุมแบบที่มีการป้อนกลับ เป็นการแก้ไขปัญหาด้านเสถียรภาพของระบบควบคุมแบบวงเปิด มีการตรวจจับความคลาดเคลื่อนระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณเอาต์พุตแล้วส่งให้คอนโทรลเลอร์เพื่อทำการปรับส่วนควบคุมขั้นสุดท้าย ตัวอย่างเช่น วาล์วควบคุม เป็นต้น ปรับแต่งเอาต์พุตจนกระทั่งเข้าใกล้ค่าอ้างอิงมากที่สุด ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ระบบควบคุมวงปิด

2.3 ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน หรือ ระบบดีซีเอส ย่อมาจาก Distributed Control System (DCS) เป็นระบบควบคุมและเฝ้าดูกระบวนการผลิตที่ใหญ่ที่สุดเมื่อเทียบกับระบบควบคุมทั้งหมดและเป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น โรงกลั่นน้ำมัน แท่นขุดเจาะน้ำมัน และก๊าซ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีคอลทั้งหลาย ทั้งนี้ระบบควบคุมแบบกระจายส่วนยังมีให้เลือกใช้หลายยี่ห้อด้วยกัน เช่น Honeywell, Yokogawa, Siemens, Emerson และ ABB เป็นต้น และระบบควบคุมแบบกระจายส่วนนั้นยังมีความเสถียรและแม่นยำค่อนข้างสูงมาก ประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก คือ ส่วนควบคุม ซึ่งคล้ายกับการควบคุมแบบพีแอลซี แต่มีขนาดใหญ่กว่าและมีความสามารถสูงกว่า มีข้อดีคือ สามารถควบคุมกระบวนการผลิตต่างๆได้จากหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยให้ประหยัดเวลาในการทำงานได้ และยังสามารถแจ้งเตือนทั้งบนหน้าจอคอมพิวเตอร์และสัญญาณเสียงเมื่อมีความผิดปกติของกระบวนการผลิตเกิดขึ้น

2.3.1 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

ส่วนประกอบหลักของระบบระบบควบคุมแบบกระจายส่วน มีอยู่ 8 ส่วนดังต่อไปนี้ ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หน่วยเชื่อมต่อกระบวนการ (Process Interface Module)

เป็นอุปกรณ์ติดต่อระหว่างระบบควบคุมแบบกระจายส่วนกับกระบวนการผลิต ทำหน้าที่รับสัญญาณวัดจากกระบวนการผลิตให้กับระบบควบคุมแบบกระจายส่วน และส่งสัญญาณควบคุมจากระบบควบคุมแบบกระจายส่วน ไปยังกระบวนการผลิต หน่วยเชื่อมต่อกระบวนการ เบื้องต้นของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน ประกอบด้วยหน่วยรับสัญญาณอนาล็อก หน่วยส่งสัญญาณอนาล็อก หน่วยรับสัญญาณดิจิทัล และหน่วยส่งสัญญาณดิจิทัล

2. หน่วยควบคุมกระบวนการ (Process Control Module)

เป็นอุปกรณ์หลักของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน สำหรับควบคุมกระบวนการผลิต โดยรับข้อมูลของกระบวนการผลิตจากหน่วยเชื่อมต่อกระบวนการเพื่อคำนวณค่าของสัญญาณควบคุมและส่งกลับไปยังหน่วยเชื่อมต่อกระบวนการเพื่อควบคุมกระบวนการผลิตอีกทีหนึ่งหน่วยเชื่อมต่อกระบวนการจะติดต่อกับหน่วยควบคุมกระบวนการโดยเครือข่ายย่อยความเร็วต่ำของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน การควบคุมกระบวนการผลิตเบื้องต้นของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน ประกอบด้วย การควบคุมแบบดิจิทัลโดยตรงและการควบคุมแบบติดและดับ

3. หน่วยติดต่อและปฏิบัติงานของพนักงาน (Operator Interface Module) และหน่วยปฏิบัติการของวิศวกร (Engineering Workstation)

เป็นอุปกรณ์ติดต่อระหว่างระบบควบคุมแบบกระจายส่วนกับผู้ใช้ระดับวิศวกรและพนักงานทั่วไประบบควบคุมแบบกระจายส่วน ซึ่งอาจแยกหน่วยติดต่อและปฏิบัติการของพนักงานและวิศวกรออกเป็นอุปกรณ์สองชุด หรืออาจใช้อุปกรณ์ชุดเดียวกันทำหน้าที่เป็นหน่วยติดต่อและปฏิบัติการของพนักงานและวิศวกร

หน่วยติดต่อและปฏิบัติการของพนักงาน ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ติดต่อกับพนักงานเพื่อตรวจสอบและควบคุมกระบวนการผลิต ส่วนหน่วยปฏิบัติการของวิศวกร ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ติดต่อระหว่างระบบควบคุมแบบกระจายส่วน กับวิศวกรสำหรับการจัดโครงสร้างของระบบควบคุมและเชื่อมต่อเครื่องมือภายในระบบระบบควบคุมแบบกระจายส่วน การกำหนดรายละเอียดและลำดับการแสดงภาพกราฟิกสำหรับพนักงาน การเก็บบันทึกข้อมูลแสดงแนวโน้มประวัติกระบวนการ และข้อมูลเตือนเหตุการณ์ต่างๆ ของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

4. หน่วยเชื่อมต่อเครือข่าย (Communication Module)

เป็นอุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกส่วนของระบบควบคุมแบบกระจายส่วนกับเครือข่ายคมนาคม หน่วยเชื่อมต่อเครือข่ายเบื้องต้นของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน จะเชื่อมโยงอุปกรณ์ควบคุมกระบวนการกับอุปกรณ์ติดต่อและปฏิบัติการของพนักงาน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หน่วยเก็บข้อมูลและประวัติกระบวนการ (Process Data and History Module)

เป็นอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลสำหรับการควบคุมกระบวนการผลิตของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน และข้อมูลประวัติของกระบวนการหน่วยเก็บข้อมูลและประวัติกระบวนการของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน มักติดตั้งร่วมกับหน่วยติดต่อและปฏิบัติการของพนักงานและวิศวกร แต่ระบบควบคุมแบบกระจายส่วนอาจแยกหน่วยเก็บข้อมูลและประวัติกระบวนการอุปกรณ์อิสระโดยมีอุปกรณ์เชื่อมต่อกับเครือข่ายคมนาคมของตนเอง

อุปกรณ์เก็บข้อมูลเบื้องต้นของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน ประกอบด้วยอุปกรณ์เก็บข้อมูลชนิดจากแม่เหล็ก และเทปแม่เหล็ก

6. หน่วยเชื่อมต่อกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network Interface Module)

เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน กับเครือข่ายของคอมพิวเตอร์อื่นสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลและบริหารระบบควบคุมระบบควบคุมแบบกระจายส่วน สามารถติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ภายนอกระบบโดยใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อของหน่วยติดต่อและปฏิบัติการของพนักงานและวิศวกร หรือเชื่อมต่อกับเครือข่ายของระบบควบคุมแบบกระจายส่วนโดยตรงโดยใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์

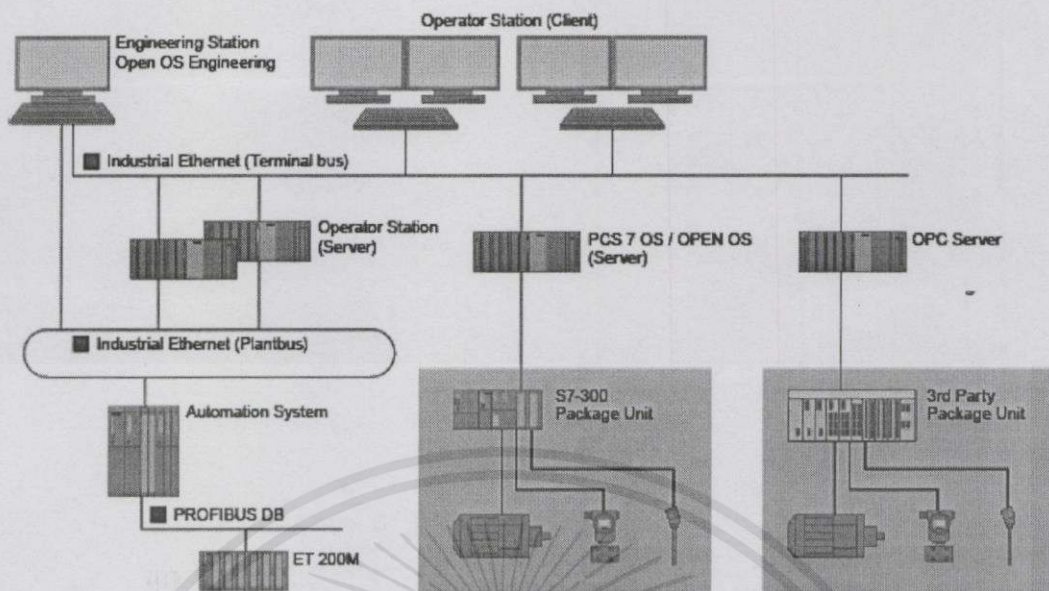
7. หน่วยเชื่อมต่อกับระบบเครื่องมือย่อย (Subsystem Interface Module)

เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างระบบควบคุมแบบกระจายส่วน เครื่องมืออื่นในระบบควบคุมภายนอกระบบระบบควบคุมแบบกระจายส่วน เช่น พีแอลซี ก๊าซโครมาโตกราฟ อุปกรณ์รับและส่งข้อมูลระยะไกล และเครื่องมืออื่นๆ ในระบบควบคุมที่มีหน่วยประมวลผลของตนเองระบบควบคุมแบบกระจายส่วน สามารถติดต่อกับเครื่องมืออื่นในระบบควบคุมโดยผ่านเครือข่ายย่อยของหน่วยเชื่อมต่อกระบวนการหรือเชื่อมต่อกับเครือข่ายคมนาคมของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน โดยตรงโดยใช้หน่วยเชื่อมต่อกับระบบเครื่องมือย่อยเช่นเดียวกับการเชื่อมต่อกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ระบบอื่น

8. หน่วยจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Supply Module)

เป็นอุปกรณ์จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ทุกส่วนของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน อุปกรณ์จ่ายกำลังไฟฟ้าทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนและปรับระดับแรงดันให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบ และเก็บพลังงานไฟฟ้าสำรองสำหรับระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

2.4 ตัวควบคุมแบบพีไอดี (PID controller)

ระบบควบคุมส่วนใหญ่ที่ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมจะเป็นตัวควบคุมแบบพีไอดี ซึ่งค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ ค่าตัวแปรของพีไอดี ที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบ

วิธีคำนวณของพีไอดี ขึ้นอยู่กับสามตัวแปรคือค่าสัดส่วน, ปริพันธ์ และ อนุพันธ์ ค่าสัดส่วนกำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน, ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลลบพื้นฐานของผลรวมความผิดพลาดที่ซึ่งพ่วงผ่านไป, และค่าอนุพันธ์กำหนดจากผลลบพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด น้ำหนักที่เกิดจากการรวมกันของทั้งสามนี้จะใช้ในการปรับกระบวนการ

โดยการปรับค่าคงที่ในพีไอดี ตัวควบคุมสามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะสมกับที่กระบวนการต้องการได้ การตอบสนองของตัวควบคุมจะอยู่ในรูปของการไหวตัวของตัวควบคุมจนถึงค่าความผิดพลาด ค่าโอเวอร์ชูต (Overshoots) และ ค่าแกว่งของระบบ (Oscillation) วิธีของพีไอดีไม่รับประกันได้ว่าจะเป็นระบบควบคุมที่เหมาะสมที่สุดหรือสามารถทำให้กระบวนการมีความเสถียรแน่นอน

การประยุกต์ใช้งานบางครั้งอาจใช้เพียงหนึ่งถึงสองรูปแบบ ขึ้นอยู่กับกระบวนการเป็นสำคัญ พีไอดีบางครั้งจะถูกเรียกว่าการควบคุมแบบ PI, PD, P หรือ I ขึ้นอยู่กับว่าใช้รูปแบบใดบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 สัดส่วน

เทอมของสัดส่วน (บางครั้งเรียก อัตราขยาย) จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนของค่าความผิดพลาด การตอบสนองของสัดส่วนสามารถทำได้โดยการคูณค่าความผิดพลาดด้วยค่าคงที่ K_p , หรือที่เรียกว่าอัตราขยายสัดส่วน ซึ่งถ้าผลอัตราขยายสัดส่วนที่สูงค่าความผิดพลาดก็จะเปลี่ยนแปลงมากเช่นกัน แต่ถ้าสูงเกินไประบบจะไม่เสถียรได้ ในทางตรงกันข้าม ผลอัตราขยายสัดส่วนที่ต่ำ ระบบควบคุมจะมีผลตอบสนองต่อกระบวนการน้อยตามไปด้วย ผลตอบสนองสามารถแสดงดังรูปที่ 2.4 และสมการสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$P_{out} = K_p e(t) \quad (2.1)$$

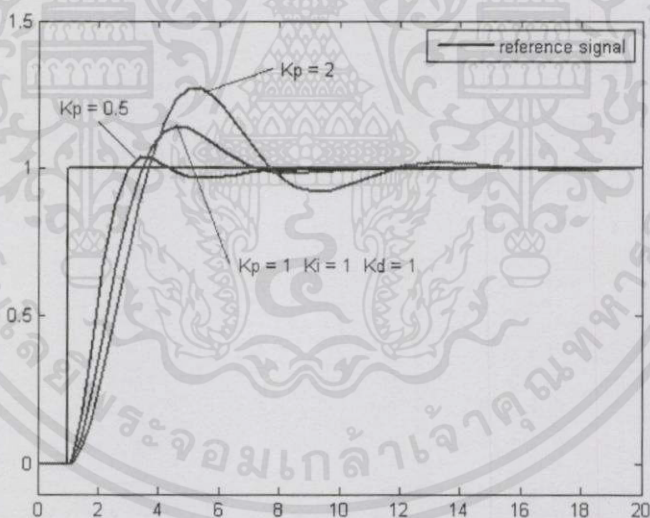
โดยที่

P_{out} คือ สัญญาณขาออกของเทอมสัดส่วน

K_p คือ อัตราขยายสัดส่วน, ตัวแปรปรับค่าได้

e คือ ค่าความผิดพลาด = $SP - PV$

t คือ เวลา



รูปที่ 2.4 แสดงกราฟการควบคุมแบบสัดส่วน

2.4.2 ปริพันธ์

ผลจากเทอมปริพันธ์ (บางครั้งเรียก Reset) เป็นสัดส่วนของขนาดความผิดพลาดและระยะเวลาของความผิดพลาด ผลรวมของความผิดพลาดในทุกช่วงเวลา (ปริพันธ์ของความผิดพลาด) จะให้ออฟเซตสะสมที่ควรจะเป็นในก่อนหน้า ความผิดพลาดสะสมจะถูกคูณโดยอัตราขยายปริพันธ์ ขนาดของผลของเทอมปริพันธ์จะกำหนดโดยอัตราขยายปริพันธ์ K_i ซึ่งเทอมปริพันธ์ (เมื่อรวมกับ

เทอมสัดส่วน) จะเร่งกระบวนการให้เข้าสู่จุดที่ต้องการและขจัดความผิดพลาดที่เหลืออยู่ที่เกิดจากการใช้เพียงเทอมสัดส่วน อย่างไรก็ตาม เทอมของปริพันธ์เป็นการตอบสนองต่อความผิดพลาดสะสมในอดีต จึงสามารถทำให้เกิดโอเวอร์ชูดได้ (ข้ามจุดที่ต้องการและเกิดการหันเหไปทางทิศทางอื่น) ผลตอบสนองสามารถแสดงดังรูปที่ 2.5 และสมการการคำนวณสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau) dt \quad (2.2)$$

โดยที่

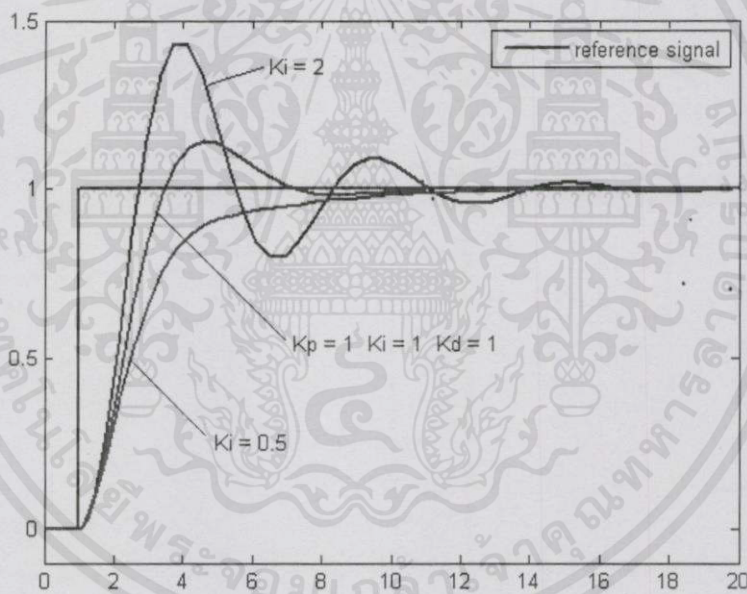
I_{out} คือ สัญญาณขาออกของเทอมปริพันธ์

K_i คือ อัตราขยายปริพันธ์, ตัวแปรปรับค่าได้

e คือ ความผิดพลาด = $SP - PV$

t คือ เวลา

τ คือ ตัวแปรปริพันธ์



รูปที่ 2.5 แสดงกราฟการควบคุมแบบปริพันธ์

2.4.3 อนุพันธ์

อัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดจากกระบวนการนั้นคำนวณหาจากความชันของความผิดพลาดทุกๆเวลา (นั่นคือ เป็นอนุพันธ์อันดับหนึ่งสัมพันธ์กับเวลา) และคูณด้วยอัตราขยายอนุพันธ์ K_d ขนาดของผลของเทอมอนุพันธ์ (บางครั้งเรียก อัตรา) ขึ้นกับ อัตราขยายอนุพันธ์ K_d ซึ่งเทอมอนุพันธ์จะชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณขาออกของระบบควบคุมและด้วยผลนี้จะช่วยให้ระบบควบคุมเข้าสู่จุดที่ต้องการ ดังนั้นเทอมอนุพันธ์จะใช้ในการลดขนาดของโอเวอร์ชูดที่เกิดขึ้น

จาเทอมปริพันธ์และทำให้เสถียรภาพของการรวมกันของระบบควบคุมดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอนุพันธ์ของสัญญาณรบกวนที่ถูกขยายในระบบควบคุมจะไวมากต่อการรบกวนในเทอมของความผิดพลาด และสามารถทำให้กระบวนการไม่เสถียรได้ถ้าสัญญาณรบกวนและอัตราขยายอนุพันธ์มีขนาดใหญ่เพียงพอ ผลตอบสนองสามารถแสดงดังรูปที่ 2.6

$$D_{out} = K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (2.3)$$

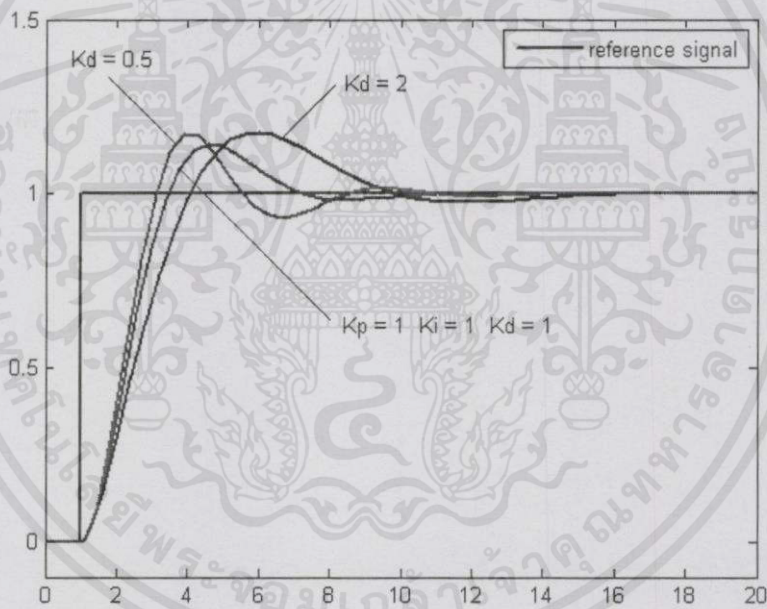
โดยที่

D_{out} คือ สัญญาณขาออกของเทอมอนุพันธ์

K_d คือ อัตราขยายอนุพันธ์, ตัวแปรปรับค่าได้

e คือ ความผิดพลาด $SP - PV$

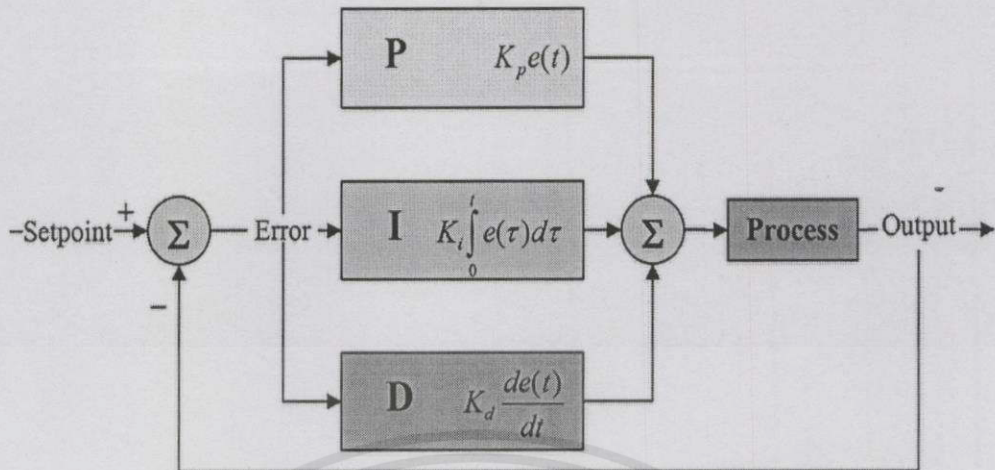
t คือ เวลา



รูปที่ 2.6 แสดงกราฟการควบคุมแบบอนุพันธ์

การใช้ตัวควบคุมพีไอดีขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของกระบวนการ ทั้งนี้ เมื่อนำมาใช้สามารถแสดงแผนภาพการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบพีไอดีได้ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบพีไอดี

2.5 ตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล

2.5.1 คำนำ

ตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล คือ การควบคุมขั้นสูงในกระบวนการควบคุมซึ่งถูกใช้อย่างมากในอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมันและโรงงานทางเคมี มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 และถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมไฟฟ้ากำลังไม่นานมานี้ ตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลมีความสามารถคาดการณ์ในอนาคตและสร้างการควบคุมได้อย่างอัตโนมัติ ในทางกลับกันตัวควบคุมแบบพีไอดีไม่มีความสามารถในการทำนายนี้ โดยในช่วงเวลาที่ผ่านมามีการพัฒนาตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลอย่างต่อเนื่องดังนี้

ในปี ค.ศ. 1978 : Model Algorithmic Control (MAC)

- Finite impulse response model

ในปี ค.ศ. 1980 : Dynamic Matrix Control (DMC) (1980)

- Step response model
- Control calculation by least-squares method (no constraints)

ในปี ค.ศ. 1984 : Quadratic Dynamic Matrix Control (QDMC) (1984)

- Step response model
- Control calculation by quadratic programming (with constraints)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุผลเบี่ยงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี ค.ศ. 1987 : Generalized Predictive Control (GPC) (1987)

- Transfer function model

ปัจจุบัน : Nonlinear Model Predictive Control (NMPC)

2.5.2 หลักการทั่วไป

ตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลเป็นการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ที่มีโมเดลในการควบคุมผลตอบสนองล่วงหน้าของกระบวนการ สามารถควบคุมกระบวนการที่มีหลายตัวแปร อาทิ กระบวนการในระบบไดนามิก ซึ่งอาจมีตัวแปรจัดการ (Manipulated Variables: MV) ตัวแปรควบคุม (Controlled Variables: CV) ตลอดจนตัวแปรรบกวน (Disturbance Variables) นอกจากนั้นยังสามารถใช้ควบคุมกระบวนการแบบหนึ่งอินพุตหนึ่งเอาต์พุต ได้อีกด้วย ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าตัวควบคุมแบบพีโอดี

ยกตัวอย่างในระบบที่มีการตอบสนองแกว่งไปมารุนแรง ซึ่งช่วงเวลาในแต่ละขั้นตอนของการควบคุมของตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล จะมีการคำนวณและปรับแต่งลำดับของตัวแปรจัดการล่วงหน้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการให้มีความแม่นยำมากขึ้น โดยอินพุตตัวแรกที่มีลำดับที่ดีที่สุดจะถูกส่งค่าเข้ามาใช้ในกระบวนการ การคำนวณทั้งหมดนี้จะถูกนำมาคำนวณซ้ำอีกในอินพุตลำดับถัดไปแต่เดิมนั้นตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแต่เดิมนั้นตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลถูกพัฒนาขึ้น เพื่อตอบสนองการควบคุมเฉพาะอย่างได้ตรงความต้องการของโรงงานไฟฟ้าและโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งเหมาะสำหรับกระบวนการที่ยากต่อการควบคุมด้วยตัวควบคุมในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าการใช้งานตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลอยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งด้านเคมี อุตสาหกรรมอาหาร ยานยนต์ รวมไปถึงการบินและอวกาศ

วิธีการของตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลที่สามารถควบคุมได้หลายตัวแปรในเวลาเดียวกันจะใช้ข้อมูลจากการควบคุมที่ผ่านมาแล้วในอดีตและการประมาณค่า Cost Function J เหนือเส้น Prediction Horizon โดยการคำนวณค่าดังกล่าวกำหนดโดยสมการ

$$j = \sum_{i=1}^N W_{X_i} (r_i - x_i)^2 + \sum_{i=1}^N W_{u_i} \Delta U_i^2 \quad (2.4)$$

โดยที่

- X_i คือ ตัวแปรควบคุม (CV)
- r_i คือ ตัวแปรอ้างอิง (reference variables)
- U_i คือ ตัวแปรจัดการ (MV)
- W_{X_i} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่สัมพันธ์กับตัวแปรควบคุม
- W_{u_i} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการปรับชดเชยค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรจัดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าในอนาคตของตัวแปรเอาต์พุตถูกทำนายโดยไดนามิคโมเดลของกระบวนการและค่าที่วัดได้ในปัจจุบันควบคู่กันไป การคำนวณค่าการควบคุมอยู่บนพื้นฐานของการทำนายค่าในอนาคตและค่าที่วัดได้ในปัจจุบัน

2.5.2.1 รูปแบบจำลองของกระบวนการ (Process Model)

สูตรทางคณิตศาสตร์ที่เป็นรูปแบบของตัวควบคุมแบบคาคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

2.5.2.1.1 ผลตอบสนองอิมพัลส์ (Impulse response)

เอาต์พุตของกระบวนการมีความสัมพันธ์กับอินพุตดังสมการต่อไปนี้

$$y(t) = \sum_{i=1}^{\infty} h_i u(t - i) \tag{2.5}$$

โดยที่ h_i คือ ค่าตัวอย่างเอาต์พุต เมื่อกระบวนการถูกกระตุ้นโดยอิมพัลส์ ซึ่งผลรวมจะถูกย่อลงเหลือเพียงค่าที่สนใจ (N) เฉพาะแค่ช่วงที่กระบวนการคงที่ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการดังต่อไปนี้

ซึ่ง

$$y(t) = \sum_{i=1}^N h_i u(t - i) = H(z^{-1})u(t) \tag{2.6}$$

$$H(z^{-1}) = h_1 z^{-1} + h_2 z^{-2} + \dots + h_n z^{-n} \tag{2.7}$$

ความไม่เหมาะสมของผลตอบสนองอิมพัลส์นี้คือ มีจำนวนของตัวแปรมากเกินไป ค่าที่สนใจมักจะมีค่ามาก ซึ่งสมการที่จะทำนายกระบวนการต่อไปสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$\hat{y}(t + k \parallel t) = \sum_{i=1}^N h_i u(t + k - i \parallel t) = H(z^{-1})u(t + k \parallel t) \tag{2.8}$$

อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเนื่องจากได้ผลลัพธ์ค่าตัวแปรจัดการที่ชัดเจนบนเอาต์พุตที่สนใจ ในกรณีถ้ากระบวนการมีหลายตัวแปรกระบวนการ ความแตกต่างของเอาต์พุตจะมีผลต่อจำนวนอินพุต m จำนวน โดยแสดงโดยสมการดังกล่าว ได้ดังนี้

$$y_j(t) = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^N h_i^{kj} u^k(t - i) \tag{2.9}$$

2.5.2.1.2 ผลตอบสนองแบบขั้นบันได (Step response)

วิธีการนี้ถูกใช้โดย Dynamic Matrix Control ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับผลตอบสนองอิมพัลซ์ ยกเว้นสัญญาณอินพุตของวิธีการนี้จะเป็นสัญญาณแบบขั้นบันได สำหรับระบบที่คงที่ เอาต์พุตสามารถแสดงด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$y(t) = y_0 + \sum_{i=1}^N g_i \Delta u(t - i) = y_0 + G(z^{-1})(1 - z^{-1})u(t) \quad (2.10)$$

โดยที่

g_i คือ ตัวอย่างค่าเอาต์พุตสำหรับอินพุตแบบขั้นบันได

ค่าสามารถทำให้เป็น 0 โดยไม่ขัดกับกฎใดใด ซึ่งการทำนายค่าเอาต์พุตสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\hat{y}(t + k \parallel t) = \sum_{i=1}^N g_i \Delta u(t + k - i \parallel t) \quad (2.11)$$

โดยที่

$$h_i = g_i - g_{i-1}$$

และ

$$g_i = \sum_{j=1}^i h_j$$

2.5.2.1.3 ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer function)

พื้นฐานของฟังก์ชันถ่ายโอน คือ อัตราส่วนของเอาต์พุตต่ออินพุต $G = B/A$ ซึ่งเอาต์พุตสามารถแสดงได้ตามสมการ

$$A(z^{-1})y(t) = B(z^{-1})u(t) \quad (2.12)$$

โดยที่

$$A(z^{-1}) = 1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_{na} z^{-na} \quad (2.13)$$

$$B(z^{-1}) = b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots + b_{nb} z^{-nb} \quad (2.14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เพราะฉะนั้นสมการการทำนายของระบบคือ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้

$$\hat{y}(t + k \parallel t) = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} u(t + k \parallel t) \tag{2.15}$$

2.5.2.1.4 สเตตสเปซ (State space)

$$x(t) = Ax(t - 1) + Bu(t - 1) \tag{2.16}$$

$$y(t) = Cx(t) \tag{2.17}$$

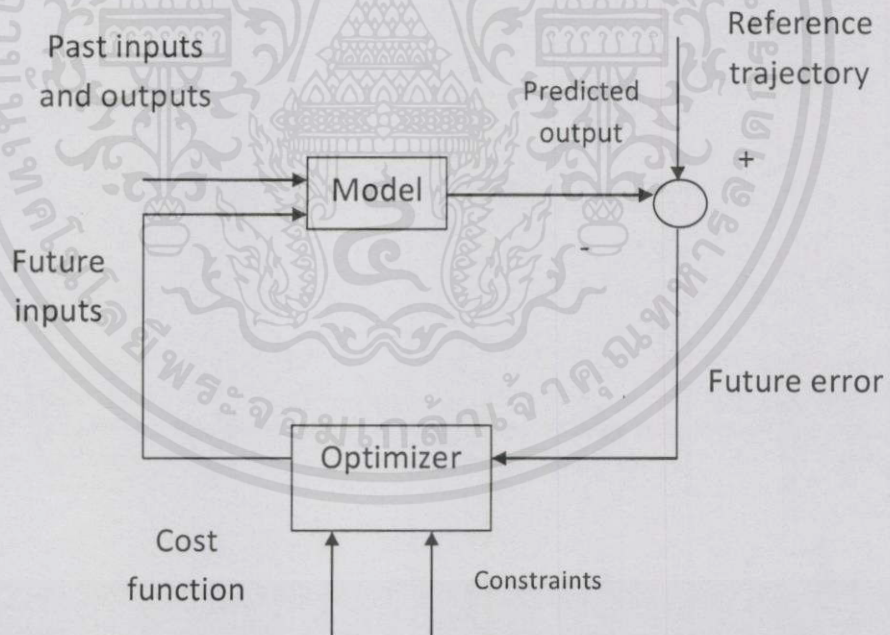
โดยที่

- X คือ ค่าสภาวะ
- A, B และ C คือ เมทริกซ์ของระบบ

เพราะฉะนั้นสมการการทำนายของระบบคือ

$$\hat{y}(t + k \parallel t) = C\hat{x}(t + k \parallel t) = C[A^k x(t) + \sum_{i=1}^k A^{i-1} Bu(t + k - i \parallel t)] \tag{2.18}$$

2.5.3 โครงสร้างของตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล

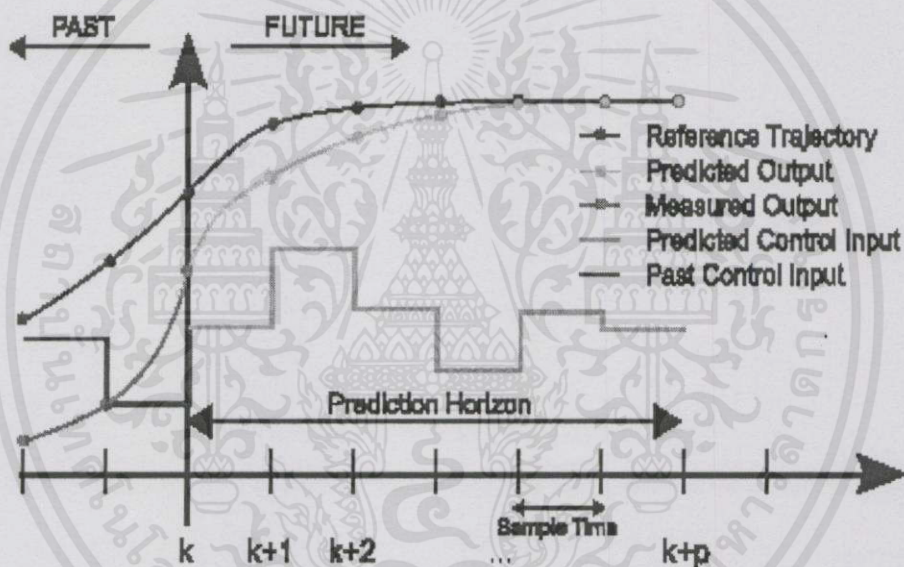
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 จากรูปที่ 2.8 ในส่วนของโมเดล ตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล
 ของกระบวนการนี้จะได้จากการทดลอง เพื่อใช้ในการทำนายค่าเอาต์พุตในอนาคต โดยมีพื้นฐานจาก

ค่าข้อมูลที่ได้ในอดีต รวมไปถึงค่าอินพุตจากการดำเนินการส่วนการควบคุมในอนาคต เมื่อมีการพิจารณาความผิดพลาดในอนาคต ซึ่งได้มาจากการคำนวณค่า cost function รวมไปถึงข้อจำกัดต่างๆ ที่ส่วนของตัวดำเนินการ

โมเดลของกระบวนการจะเป็นตัวกำหนดบทบาทของตัวแปรต่างๆ ที่ส่วนของตัวควบคุม โดยโมเดลที่เลือกจะต้องเข้าใจง่ายและสะดวกในหาใช้งาน และสามารถจัดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการให้สามารถทำนายค่าเอาต์พุตในอนาคตได้อย่างแม่นยำ

2.5.4 องค์ประกอบพื้นฐาน

จากรูปที่ 2.9 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล



รูปที่ 2.9 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล

ประกอบด้วย

- เส้นแนววิถีอ้างอิง (Reference Trajectory)
- ค่าจากการทำนายค่าเอาต์พุตของกระบวนการ
- ค่าเอาต์พุตที่วัดได้ของแบบจำลอง
- การทำนายค่า Control Action ของกระบวนการ
- ค่า Control Action ที่ผ่านมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการควบคุมต้องมีการคำนวณชุดของค่าตัวแปรจัดการ ซึ่งสร้างการทำงาน ที่ถูกต้องให้ใกล้เคียงกับค่าแนววิถีอ้างอิงมากที่สุด

การคำนวณ

1. ที่แซมเปิล K-th ค่า ตัวแปรจัดการ U ณ control horizon ต่อไปจะถูกคำนวณ เช่น $[u(k), u(k+1), u(k+M-1)]$ ชุดของตัวแปรจัดการ ถูกคำนวณขึ้นเพื่อลดความแตกต่างระหว่างค่าตัวแปรควบคุมกับค่า แนววิถีอ้างอิง
2. เมื่อตัวแปรควบคุมการเคลื่อนที่ตัวแรก $u(k)$ ได้ดำเนินการแล้ว
3. ที่แซมเปิลตัวต่อไป K+1 ตัวแปรควบคุมการเคลื่อนที่ที่จะถูกคำนวณขึ้นมาใหม่และดำเนินการตัวแปรควบคุมการเคลื่อนที่ตัวต่อไป $u(k+1)$

2.6 ข้อเปรียบเทียบระหว่างตัวควบคุมแบบพีไอดี และตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล

จากข้อมูลข้างต้นตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลและตัวควบคุมแบบพีไอดี มีหลักการในการควบคุมที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.1 อย่างไรก็ตามตัวควบคุมทั้งสองนี้เป็นที่รู้จักและใช้กันอย่างแพร่หลายมากในอุตสาหกรรม เนื่องจากมีประสิทธิภาพ และความแม่นยำในการควบคุมตัวแปรกระบวนการสูง

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างตัวควบคุมแบบพีไอดีและตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล

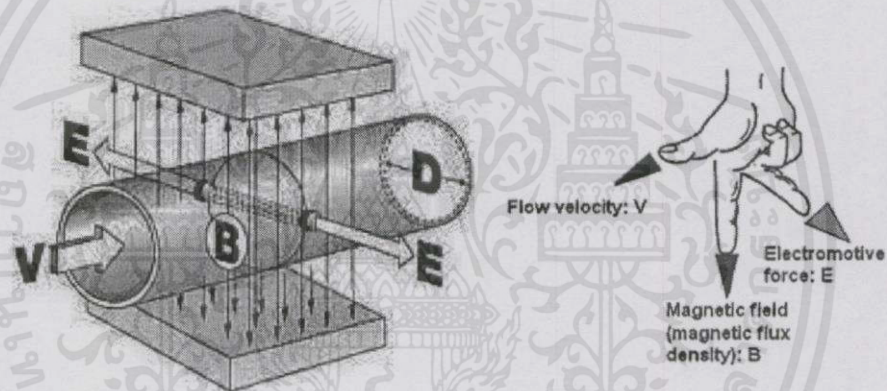
	ตัวควบคุมแบบพีไอดี	ตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล
SISO/MIMO	SISO	SISO/MIMO
ประสิทธิภาพของการควบคุม		
พื้นที่ของ CPU	ต่ำ	สูง
การควบคุมกระบวนการด้วย dead time	แย่	ดีมาก
การชดเชยสำหรับ Feed forward disturbance	สามารถเพิ่มเติมได้	รวมอยู่ในตัวแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางสถาบันฯ ถือว่าผิดกฎหมายและต้องรับผิดชอบต่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ (โครงการฉบับนี้เน้นศึกษาประเด็นหลักไปที่ตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล ซึ่งสามารถรับค่าอินพุตได้มากกว่าหนึ่งตัวแปร และส่งออกเอาต์พุตมากกว่าหนึ่งตัวแปร (ในที่นี้ศึกษาตัวแปรแบบสองอินพุต-สองเอาต์พุต)

2.7 หลักการพื้นฐานของอุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหล

Magnetic Flow meter เป็นเครื่องมือวัดอัตราการไหลที่ใช้หลักการของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Magnetic Field) โดยหลักการเครื่องมือวัดอัตราการไหล คือการให้ของไหลที่มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าได้ดีไหลผ่านท่อที่ไม่ใช่ตัวนำไฟฟ้า ซึ่งภายในอุปกรณ์ตรวจวัดจะมีแท่งอิเล็กโทรดวางบริเวณแนวเส้นแรงแม่เหล็ก เมื่อใดที่มีของเหลวไหลผ่านจะทำให้เกิดการถ่ายเทอิเล็กโตรดที่แท่งอิเล็กโทรดทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้นภายในขดลวดตัวนำกระแสไฟฟ้านี้จะไปตัดกับสนามแม่เหล็กทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปใช้เป็นสวนแสดงผล

เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบแม่เหล็ก มีข้อดีคือ เครื่องวัดชนิดนี้ให้ความแม่นยำสูง มีความน่าเชื่อถือสูง มีเสถียรภาพในการใช้งาน และสามารถวัดอัตราการไหลได้ทั้งสองทิศทาง การวัดไม่มีส่วนเคลื่อนที่และไม่มีการสัมผัสกับของไหลโดยตรง ทำให้ไม่มีการสูญเสียเมื่อติดตั้งในระบบ เหมาะสำหรับของไหลที่กัดกร่อนสูง และของไหลที่มีสารแขวนลอยซึ่งอาจทำให้เกิดการเสียดสีขึ้นภายในท่อ



รูปที่ 2.10 ทิศทางของสนามแม่เหล็กและกฎมือขวา

จากรูปที่ 2.10 แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กและกฎมือขวา อุปกรณ์ชนิดนี้ใช้ประโยชน์จากกฎของฟาราเดย์ ซึ่งกล่าวว่า “เมื่อใดก็ตามที่ตัวนำเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก แรงเคลื่อนไฟฟ้า ตัวหนึ่งจะเหนี่ยวนำในตัวนำ ซึ่งเป็นสัดส่วนกับความเร็ว ที่เปรียบเทียบตัวนำกับสนามแม่เหล็ก” แนวความคิดนี้ถูกใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในกรณีของมิเตอร์วัดการไหลแม่เหล็ก ของเหลวที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่กำลังไหลจะทำงานเหมือนกับตัวนำ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะได้จากสมการดังนี้

สูตรคำนวณ

$$E = CBLV \quad (2.19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลง CBL จึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = \frac{E}{CBL} \quad (2.20)$$

โดยที่

- E คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า หน่วย โวลต์ (Volt)
- B คือ สนามแม่เหล็ก หน่วย เวเบอร์ต่อตารางเมตร (*weber/m²*)
- V คือ ความเร็วของของไหล หน่วย เมตรต่อวินาที (*m/s*)
- C คือ ค่าคงที่ทางขนาด

สมการการไหลต่อเนื่อง เพื่อเปลี่ยนความเร็วเป็นอัตราการไหลเชิงปริมาตร แสดงโดยสมการ

$$Q = VA \quad (2.21)$$

โดยที่

- Q คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร
- V คือ ความเร็วของของไหล
- A คือ พื้นที่หน้าตัดของมีเตอร์วัดการไหล

นำค่า V แทนลงในสมการ อัตราการไหลเชิงปริมาตรจะกลายเป็น

$$Q = \frac{EA}{CBL} \quad (2.22)$$

กำหนดให้ ตัวแปร A,B,C,L เป็นค่าคงที่

ดังนั้น

$$Q = KE \quad (2.23)$$

เมื่อ

$$K = \frac{A}{CBL} \quad (2.24)$$

จากสมการข้างต้นสามารถกล่าวได้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเป็นสัดส่วนโดยตรงและเป็นเชิงเส้นกับอัตราการไหลเชิงปริมาตร

2.8 วาล์วควบคุม

ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ นั้นประกอบไปด้วยวงรอบการควบคุมต่างๆ มากมาย ซึ่งแต่ละลูบก็ จะทำงานด้วยกัน เพื่อที่จะผลิตสินค้าได้ตามต้องการ ในแต่ละวงรอบเหล่านี้ก็จะรักษาค่าตัวแปรที่สำคัญต่างๆ ไว้ เช่น แรงดัน อัตราการไหล ระดับ อุณหภูมิ และอื่นๆ อีกมากมาย โดยแต่ละลูบควบคุม จะรับสัญญาณ จากภายนอกและสร้างสัญญาณรบกวนจากตัวอุปกรณ์เอง หรือรับ

สัญญาณรบกวนมาจากวงรอบอื่นๆ ก็มี อุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายส่วนใหญ่ที่ใช้จะเป็น วาล์วควบคุม จะควบคุมการไหลของของไหล เช่น แก๊ส ไอน้ำ น้ำ หรือสารเคมีต่างๆ

สรุปได้ว่าวาล์วควบคุมนั้นเป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญมาก ที่จะช่วยให้ตัวแปรกระบวนการ ต่างๆ มีค่าคงที่อยู่เสมอ รวมถึงวาล์วควบคุม จะสัมผัสโดยตรงกับของไหลตลอด ดังนั้น การเลือกวาล์วควบคุมมาใช้งานให้เหมาะสม จึงมีความจำเป็นอย่างมาก

2.8.1 ส่วนประกอบของวาล์วควบคุม

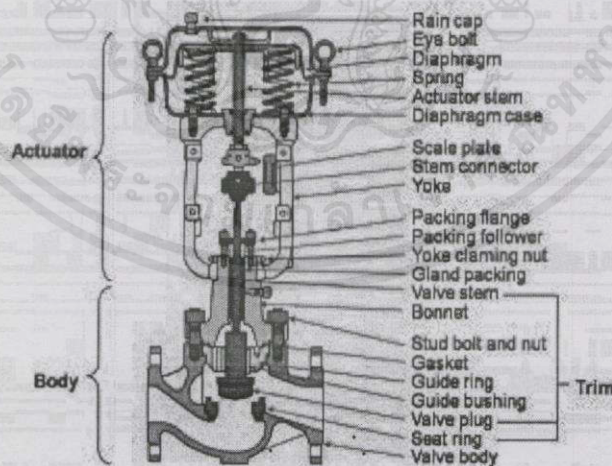
จากรูปที่ 2.11 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของวาล์วควบคุม โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้ดังนี้

1. ส่วนตัวควบคุมวาล์ว (Actuator Part)

สำหรับวาล์วควบคุมที่นิยมใช้กันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมบ้านเรานั้น จะเป็น ตัวควบคุมวาล์วแบบนิวเมติกส์ หรือตัวควบคุมวาล์วที่ควบคุมด้วยลมมันเอง เนื่องจากง่ายต่อการ บำรุงรักษา โครงสร้างไม่ยุ่งยาก ซึ่งตัวควบคุมวาล์วนั้นก็จะรวมไปถึงส่วนของโยค (Yoke) ด้วยเช่นกัน

2. ส่วนบอดี้ (Body Part)

ส่วนของบอดี้ นั้นจะรวมไปถึงในส่วนของบอนเน็ต (Bonnet) ของวาล์วด้วย ซึ่ง ส่วนนี้จะสัมผัสกับของไหล โดยตรง ดังนั้นการเลือกใช้งานจำเป็นต้องพิจารณาคุณสมบัติวัสดุให้ดี ทั้ง โดยคำนึงถึงชนิดของไหล อุณหภูมิ ความดัน และ อื่นๆ



รูปที่ 2.11 แสดงส่วนประกอบของวาล์วควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 ตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์ว (Valve Positioner)

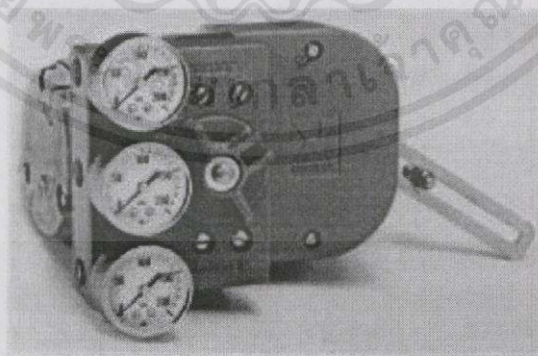
การที่จะให้วาล์วควบคุมปิด-เปิดได้ตามตำแหน่งที่ต้องการนั้นวาล์วควบคุมจะต้องมีอุปกรณ์ตัวอื่นมาช่วย เช่น ตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์ว ทำหน้าที่ตรวจจับค่าของตำแหน่งของก้านวาล์วที่เคลื่อนตัวไปแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมาย (ได้จากสัญญาณจากตัวควบคุม) ส่วนใหญ่ติดที่ด้านข้างของโยค หรือที่ด้านบนของส่วนควบคุม โดยที่ตัวควบคุมตำแหน่งจะต้องมีคุณสมบัติ คือ ทำให้วาล์วควบคุมทำงานตามค่าของสัญญาณควบคุมได้ถูกต้อง ทำให้วาล์วควบคุมทำงานตามการตอบสนองของสัญญาณได้รวดเร็วขึ้น ทำให้วาล์วควบคุมรักษาเสถียรภาพของกระบวนการ ทำให้วาล์วควบคุมทำงานตามเงื่อนไขของระบบควบคุม

แบ่งประเภทของ ตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์ว ได้ดังนี้

1. ตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์ว แบบนิวเมติกส์-นิวเมติกส์ (Pneumatic-Pneumatic Valve Positioner)

จากรูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างของตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์ว แบบนิวเมติกส์-นิวเมติกส์ ซึ่งได้มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมส เนื่องจากมีความน่าเชื่อถือที่สูงและง่ายต่อการซ่อมบำรุงรักษา

ตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์ว แบบนิวเมติกส์-นิวเมติกส์ จะรับสัญญาณโดยตรงมาจากตัวควบคุม ที่ช่วง 4 - 20 mA จากระบบควบคุมแบบกระจายส่วน และผ่านตัวแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นลมมีคุณสมบัติคือมีความไวในการตอบสนองต่อสัญญาณและเสถียรภาพที่สูงสามารถทำงานได้แม้ว่าหน้างานจะมีการสั่นสะเทือน ง่ายในการซ่อมบำรุงรักษา เนื่องจากมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่อันตรายได้ เนื่องจากอุปกรณ์ทำจากวัสดุที่ทนการกัดกร่อน



รูปที่ 2.12 แสดงอุปกรณ์แปลงสัญญาณแบบนิวเมติกส์-นิวเมติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์วแบบไฟฟ้า-นิวเมติกส์ (Analog Electro-Pneumatic Valve Positioner)

ในช่วงปี 1970 สัญญาณไฟฟ้าถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อให้เป็นสัญญาณมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ช่วง 4 – 20 mA เป็นมาตรฐานสากลสำหรับสัญญาณไฟฟ้า ตัวควบคุมส่วนใหญ่ (รวมถึงระบบควบคุมแบบกระจายส่วน) จะให้ค่าสัญญาณ 4 – 20 mA ไปที่วาล์วควบคุม โดยที่ตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์ว จะรับสัญญาณมาและแปลงเป็นพลังงานลมที่จะไปขับเคลื่อนที่ส่วนตัวควบคุมวาล์วต่อไป

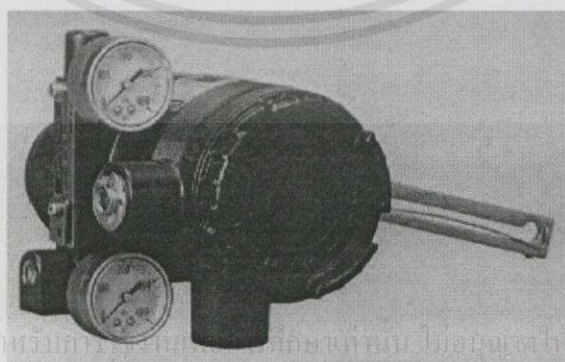
ตัวอย่างของอุปกรณ์แปลงสัญญาณแบบไฟฟ้า-นิวเมติกส์ แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 อุปกรณ์แปลงสัญญาณแบบไฟฟ้า-นิวเมติกส์

3. ตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์ว แบบสมาร์ท (Smart Valve Positioners)

จากรูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างของตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์ว แบบสมาร์ท ใช้วิธีการควบคุมตำแหน่งวาล์วด้วยไมโครโพรเซสเซอร์ โดยหลักการทำงานจะอยู่ในระบบดิจิทัลซึ่งมีความสะดวกในการใช้งานเป็นอย่างมากไม่ว่าจะเป็นการปรับเทียบและสอบเทียบซึ่งจะประกอบไปด้วยโครงสร้างที่เป็นทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์



รูปที่ 2.14 แสดงอุปกรณ์แปลงสัญญาณแบบสมาร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ค่าสัมประสิทธิ์ของวาล์วควบคุม (Control Valve Coefficient)

ค่าสัมประสิทธิ์ของวาล์วควบคุม คือ ค่าที่บ่งบอกขีดจำกัดของอัตราการไหลของของไหลของวาล์วควบคุมแต่ละตัว หรือ ปริมาณน้ำ(แกลลอน)ที่ไหลผ่านวาล์วภายในหนึ่ง ที่อุณหภูมิ 60 F และมีแรงดันตกคร่อมที่ตัววาล์ว 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi). โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$C_v = \text{อัตราการไหล} \times m \sqrt{\frac{\text{ค่าความถ่วงจำเพาะ}}{\text{ความดันตกคร่อมวาล์ว}}} \quad (2.25)$$

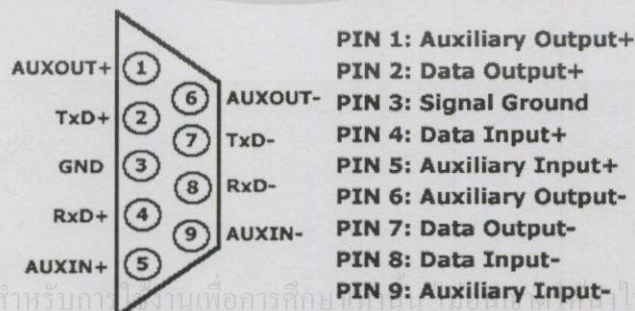
2.10 การสื่อสารข้อมูลเชิงอุตสาหกรรม

2.10.1 มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลอนุกรม RS-485

RS-485 เป็นหนึ่งในมาตรฐานการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication) ที่ถูกกำหนดขึ้นมาโดยกลุ่มพันธมิตรอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้งานที่ต้องการเชื่อมต่ออุปกรณ์หลายๆ ตัวบนข่ายสายเดียวกัน โดยมีระยะทางการสื่อสารที่ไกลขึ้น และมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่สูงขึ้น เมื่อเทียบกับมาตรฐานการสื่อสาร RS-232 เป็นเพราะ RS-485 ใช้เทคนิคสัญญาณรับส่งแบบดิฟเฟอเรนเชียล (Differential Mode) ขณะที่ RS-232 ใช้เทคนิคสัญญาณรับส่งแบบคอมมอน (Common Mode)

สัญญาณรับส่งแบบคอมมอนนั้นจะใช้สัญญาณกราวด์ เป็นตัวเปรียบเทียบปัญหาจะเกิดขึ้นเมื่อระดับสัญญาณกราวด์ของตัวรับและตัวส่งไม่เท่ากัน ยิ่งระดับสัญญาณแตกต่างกันมากเท่าไร ก็ยิ่งมีผลต่อความผิดพลาดในการสื่อสารมากขึ้นเท่านั้น เพราะการตีความข้อมูลที่รับเข้ามาว่าเป็นศูนย์หรือหนึ่ง จะดูจากระดับความแตกต่างระหว่างสัญญาณกราวด์กับสัญญาณข้อมูลที่รับเข้ามา และยิ่งเมื่อมีสัญญาณรบกวน สอดแทรกเข้ามาในสายสัญญาณมากเท่าไร ก็ยิ่งทำให้การตีความสัญญาณมีโอกาสผิดพลาดสูงมากยิ่งขึ้น พุดง่าย ๆ ก็คือระดับความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลจะสูงขึ้นจนไม่สามารถสื่อสารกันได้ หรือต้องลดระดับความเร็วในการสื่อสารลงมา

RS-422/485 DB-9 Female Pinout

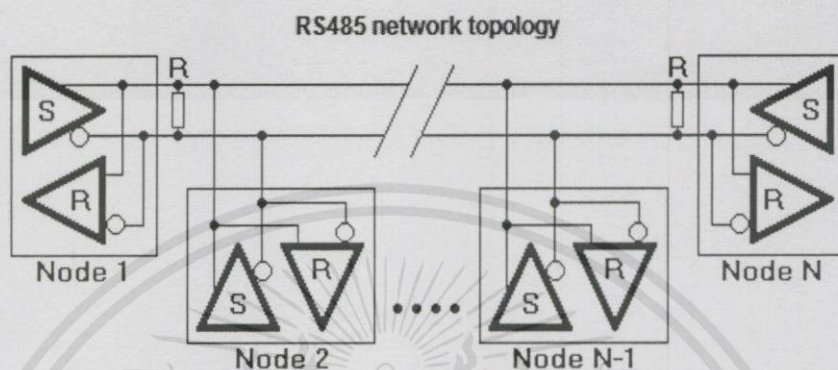


PIN 1: Auxiliary Output+
 PIN 2: Data Output+
 PIN 3: Signal Ground
 PIN 4: Data Input+
 PIN 5: Auxiliary Input+
 PIN 6: Auxiliary Output-
 PIN 7: Data Output-
 PIN 8: Data Input-
 PIN 9: Auxiliary Input-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 รูปที่ 2.15 สายต่อตัวเมียของ RS-485

จากรูปที่ 2.15 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์สื่อสาร RS-485 ข้างบน จะพบว่าอุปกรณ์ข้างต้นจะเชื่อมต่ออยู่บนสายเครือข่ายเดียวกันในลักษณะพ่วงอยู่บนสายสัญญาณเดียวกัน ในกรณีรับส่งสัญญาณที่ความเร็วสูง ในระยะทางไกล ๆ การต่อความต้านทาน 100 โอห์ม เข้าที่ปลายสายสัญญาณทั้งสอง ด้านเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดปัญหาสัญญาณสะท้อนกลับ



รูปที่ 2.16 การเชื่อมโยงสายสื่อสารภายในเครือข่ายของ RS-485

จากรูปที่ 2.16 แสดงการเชื่อมโยงสายสื่อสารของ RS-485 เข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในเครือข่าย พบว่าอุปกรณ์ข้างต้นจะเชื่อมต่ออยู่บนสายเครือข่ายเดียวกันในลักษณะพ่วงอยู่บนสายสัญญาณเดียวกัน ในกรณีรับส่งสัญญาณที่ความเร็วสูงในระยะทางไกล ๆ การต่อความต้านทาน 100 โอห์ม เข้าที่ปลายสายสัญญาณทั้งสอง ด้านเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดปัญหาสัญญาณสะท้อนกลับซึ่งเป็นอีกหนึ่งซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้มาตรฐานการสื่อสาร RS-485 เป็นที่นิยมนำมาใช้ในงานควบคุมและตรวจวัด อุปกรณ์รับส่งสัญญาณ RS-485 โดยทั่วไปนั้นจะสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์บนเครือข่ายได้ 32 อุปกรณ์ ถ้าความต้านทานขาเข้า ของอุปกรณ์ดังกล่าวมีค่าอยู่ที่ 12 กิโลโอห์ม

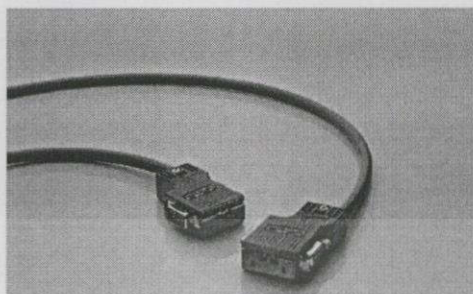
ปัจจุบันนี้มีอุปกรณ์รับส่งสัญญาณ RS-485 ที่มีความต้านทานสูงสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์บนเครือข่ายเดียวกันได้ถึง 256 อุปกรณ์ ด้วยอุปกรณ์ทวนสัญญาณ RS-485 เราสามารถเพิ่มจำนวน อุปกรณ์บนเครือข่ายได้ถึงหลายพันตัว

2.10.2 โพรฟิบบัส (PROFIBUS)

โพรฟิบบัสเป็นมาตรฐานแบบหนึ่งในการสื่อสารแบบอนุกรมกับอุปกรณ์ต่างๆในกระบวนการมีข้อดีคือทำให้สามารถลดจำนวนสายลงแต่เพิ่มความเร็วในการสื่อสารได้มากขึ้นและมีความถูกต้องแม่นยำสูง

โพรฟิบบัสเป็นมาตรฐานสำหรับการผลิตและควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศ (IEC61158 , EN50170 , 50240) เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้มาตรฐานนี้สามารถติดต่อและใช้ร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์เหมาะสมในการติดต่อกันระหว่างอุปกรณ์ที่

หลากหลาย ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น โพรฟิบบัสดีพี (PROFIBUS DP) และ โพรฟิบบัสพีเอ (PROFIBUS PA) ตัวอย่างของสายสื่อสารแบบโพรฟิบบัส แสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 สายสื่อสารโพรฟิบบัส

โพรฟิบบัสที่ใช้ในโรงงานนี้เป็นการสื่อสารแบบดิจิทัลที่มีการส่งข้อมูลเป็นแบบบิตอนุกรมซึ่งการสื่อสารในระดับควบคุมจะเป็นการสื่อสารแบบโพรฟิบบัส ดีพี ซึ่งความเร็วในการสื่อสารจะอยู่ที่ 45.45 Kbit/s และการสื่อสารในระดับภาคสนามจะเป็นการสื่อสารแบบโพรฟิบบัส พีเอซึ่งความเร็วในการสื่อสารจะอยู่ที่ 31.25 Kbit/s

2.10.2.1 โพรฟิบบัสดีพี

โพรฟิบบัสดีพี ส่วนมากใช้กับการส่งข้อมูลที่ใช้ความเร็วมาก เช่น ระบบไฟฟ้ากำลัง พีแอลซี เป็นต้น ซึ่งในโรงงานนี้ใช้งานในส่วนควบคุมของกระบวนการ

จากรูปที่ 2.18 แสดงเครือข่ายระบบควบคุมผ่านการสื่อสารแบบโพรฟิบบัส โดยอุปกรณ์ในระบบโพรฟิบบัสดีพีแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

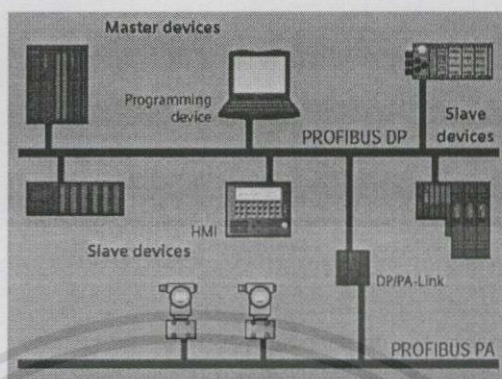
1. Master

เป็นผู้กำหนดข้อมูลการสื่อสารบนโพรฟิบบัส โดยจะส่งข้อความที่ปราศจากการกระตุ้นจากภายนอก เนื่องจาก Master เป็นผู้ถือครองบัสจึงสามารถเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า สถานีกระตุ้น (Active Stations) และยังมีอำนาจในการครอบครองบัสตามเวลาที่กำหนด หลังจากผ่านช่วงเวลาดังกล่าวจะส่งอำนาจการครอบครองบัสหรือ Token ให้กับ Master ตัวถัดไปที่อยู่บนบัส โดยจะสื่อสารกันผ่านกระบวนการ Token Passing

2. Slave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สถานีถูกกระทำ (Passive Station) เนื่องจากหน้าที่ไม่มีความสามารถในการถือครองบัส มีความสามารถเพียงรับส่งข้อมูลจากการร้องขอของ Master ได้แก่ อุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตต่างๆ โดยที่ Master จะเป็นผู้ส่งข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนดต่างๆของรูปแบบ

การสื่อสารเพื่อเป็นข้อตกลงที่ใช้ระหว่างร่วมกันในการแลกเปลี่ยนข้อมูล โดย Master จะวนมาสอบถามข้อมูลของ Slave ทุกตัวที่อยู่ในระบบอยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 2.18 เครือข่ายระบบควบคุมผ่านการสื่อสารแบบโปรฟิบบัส

2.10.2.2 โปรฟิบบัสพีเอ

โปรฟิบบัสพีเอ ส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดส่วนใหญ่ใช้สำหรับพื้นที่ที่ต้องการความปลอดภัย เช่น โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานปิโตรเคมี

สรุปคือ โปรฟิบบัส ดีพี ใช้สำหรับการส่งข้อมูลที่มีความเร็วมาก เช่น อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์, พีแอลซี, ระบบไฟฟ้ากำลัง และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ต้องการการต่อเชื่อมด้วยความเร็วสูง ส่วนโปรฟิบบัส พีเอ ใช้เพื่อทดแทนระบบที่ใช้การสื่อสารสัญญาณแบบ 4-20 mA, และแบบ HART ถูกออกแบบมาให้ใช้ได้ทั้งในส่วนที่ต้องการความปลอดภัยจากการระเบิด โดยเพิ่มความสามารถในการถอดลด และเพิ่มได้โดยไม่มีผลต่ออุปกรณ์อื่นๆ ในบัส

2.11 สรุป

จากทฤษฎีที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้นเป็นพื้นฐานสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการนี้ โดยผู้ศึกษา ได้ศึกษาหลักการที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วยทฤษฎีระบบควบคุม ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน แบ่งออกเป็นตัวควบคุมที่เป็นที่รู้จักและใช้อย่างแพร่หลาย คือตัวควบคุมแบบพีเอ็ด และตัวควบคุมคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล ศึกษาข้อดีข้อเสีย หลักการ ความแตกต่าง และการใช้งานตัวควบคุมทั้งสองแบบ ศึกษาหลักการตัววัดอัตราการไหล หลักการของวาล์วควบคุม และการสื่อสารเชิงอุตสาหกรรม

ทั้งนี้เพื่อการนำมาซึ่งการควบคุมกระบวนการให้ได้ค่าเป้าหมายตามที่ต้องการ เราจำเป็นต้องทราบหลักการของแต่ละอุปกรณ์ จนไปถึงการทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ขออนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

บทที่ 3

การดำเนินการออกแบบตัวควบคุมกระบวนการ

3.1 คำนำ

หลังจากที่เราได้ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการควบคุมกระบวนการจึงมาถึงขั้นตอนของการในการดำเนินการออกแบบตัวควบคุม ในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาระบวนการตั้งแต่การเขียนแผนภาพที่แอนไอตี การศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์วัด อุปกรณ์แปลงสัญญาณรวมถึงอุปกรณ์ควบคุม จากนั้นจะเป็นรูปแบบการกำหนดค่าฮาร์ดแวร์คอนฟิก การกำหนดค่าเครือข่าย และการสร้างข้อมูลประกอบการวินิจฉัย เพื่อสร้างการควบคุมในโหมดอัตโนมัติต่อไป

3.2 กระบวนการ (Process)

กระบวนการที่ใช้สำหรับโครงการนี้เป็นกระบวนการที่จำลองพฤติกรรมอัตราการไหลและความดันในระบบของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีหรืออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์การตรวจวัดอัตราการไหล และความดัน ตัวควบคุม ปัม อุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายหรือเป็นที่รู้จักคือ วาล์วควบคุมนั่นเอง องค์ประกอบเหล่านี้ทำให้เกิดระบบควบคุมวงปิด ซึ่งสามารถเฝ้าดูและติดตามค่าอัตราการไหล และแรงดันดังกล่าวได้ โดยผ่านการแปลงสัญญาณจากค่าที่วัดได้เป็นค่าสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mA หรือ 1-5 V

3.2.1 แผนภาพกระบวนการ (Piping and Instrumentation Diagram)

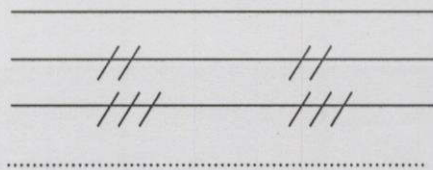
3.2.1.1 สัญลักษณ์ของเส้นในแผนภาพ (Instrument Line Symbols)

เส้นที่เชื่อมต่อของกระบวนการ

สัญญาณนิวเมติกส์ 3-15 PSI

สัญญาณทางไฟฟ้า

หรือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 สัญลักษณ์การรวมความหมายของตัวอักษร (Typical Letter Combination)

- P คือ ความดัน/สุญญากาศ (Pressure/Vacuum)
 PY คือ อุปกรณ์แปลงสัญญาณของวาล์วปรับความดัน
 PIC คือ ตัวควบคุมของลูปความดัน (Pressure indicating Controller)
 PT คือ ทรานสมิตเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter)
 F คือ อัตราการไหล (Flow Rate)
 FY คือ อุปกรณ์แปลงสัญญาณของวาล์วปรับอัตราการไหล
 FIC คือ ตัวควบคุมของลูปอัตราการไหล (Flow indicating Controller)
 FIT คือ ทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหล (Flow indicating Transmitter)

3.2.1.3 สัญลักษณ์ของฟังก์ชันตัวควบคุม (General Instrument or Function Symbols)

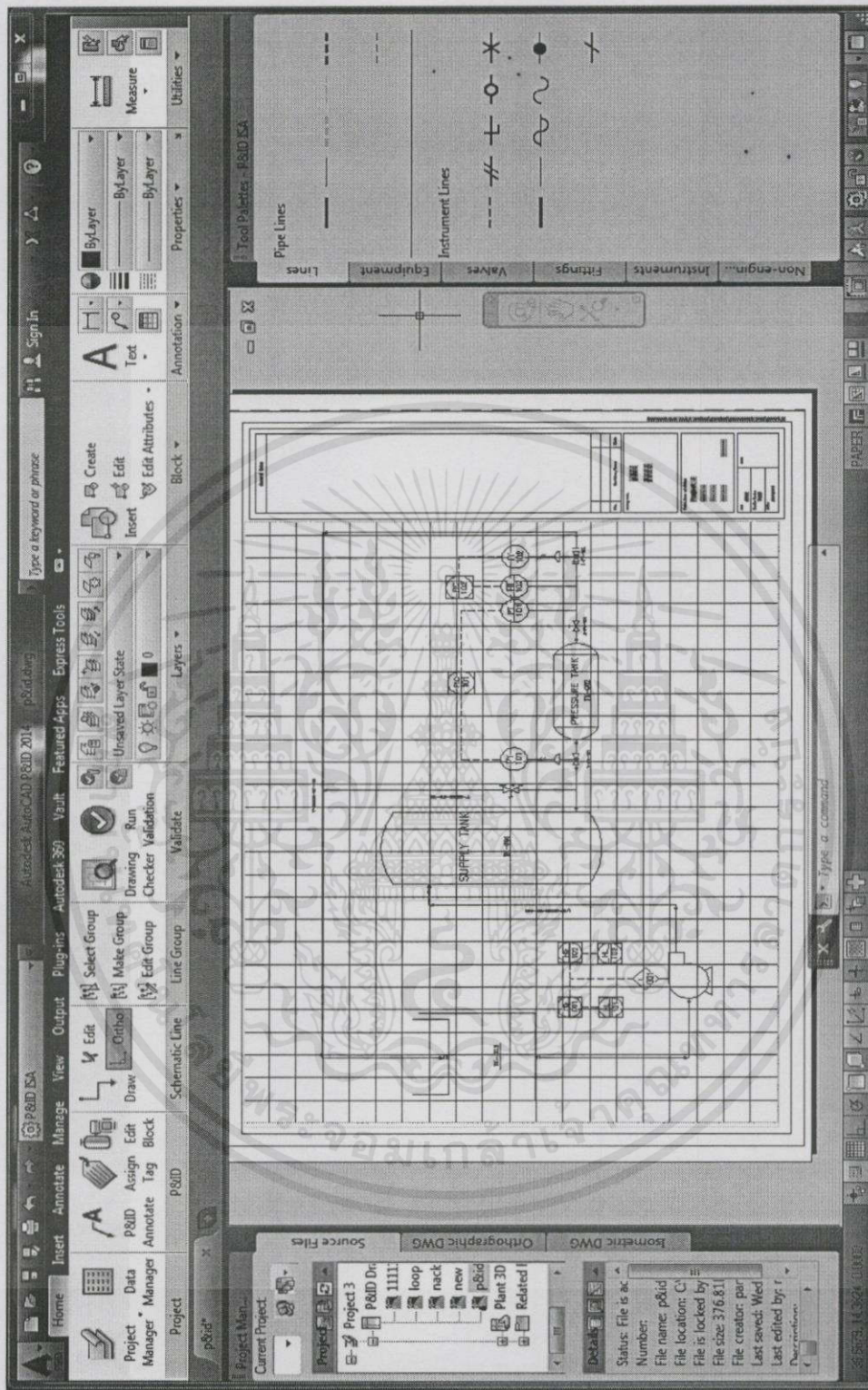


3.2.1.4 การเขียนแผนภาพกระบวนการ (Piping And Instrumentation Diagram)

โปรแกรมที่ใช้สำหรับเขียนแบบในโรงงานนี้คือ โปรแกรม AUTOCAD P&ID Version 2014 โดยใช้มาตรฐาน ISA (The Instrument Society of America) โปรแกรมที่ใช้สร้างแผนภาพกระบวนการแสดงได้ดังรูป 3.1 และแสดงแผนภาพกระบวนการได้ดังรูป

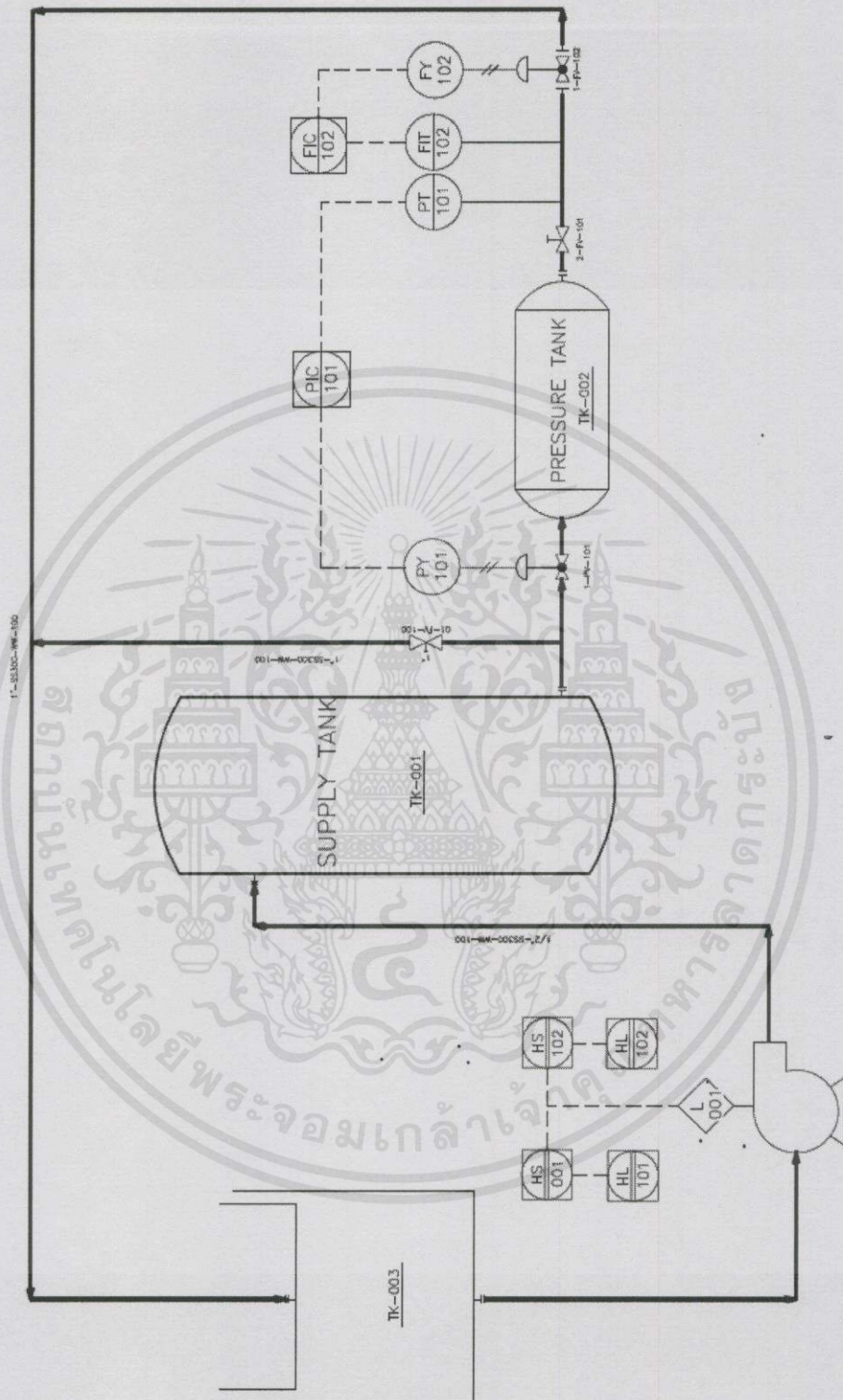
3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 หน้าต่างโปรแกรมเขียนแบบ AUTOCAD P&ID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



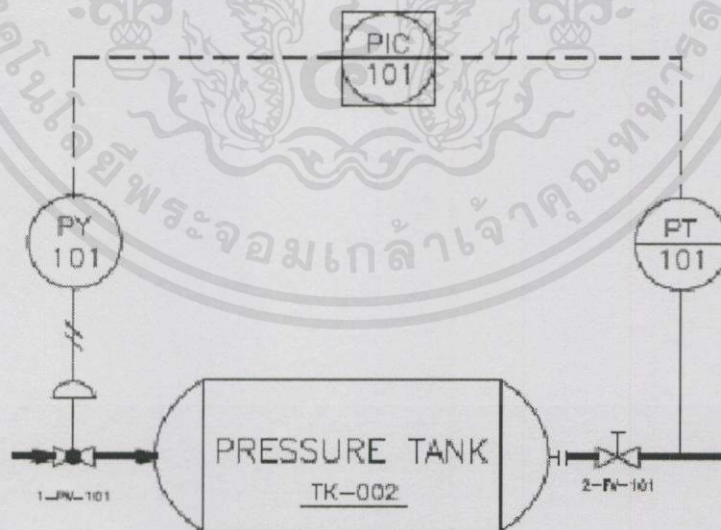
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 แผนภาพกระบวนการจำลอง

จากรูปกระบวนการจำลอง จะประกอบไปด้วยสองส่วนใหญ่ๆ ที่ทำงานปรับค่าความดันและอัตราการไหลไปพร้อมๆกัน กล่าวคือ 1. ลูปการวัดและควบคุมความดันในระบบ 2. ลูปการวัดและควบคุมอัตราการไหลในระบบ ซึ่งทั้งสองลูปดังกล่าวมีโครงสร้างการทำงานสำหรับการควบคุมเหมือนกัน คือรับค่าความดันและอัตราการไหลเข้ามาแล้วแปลงเป็นสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mA หรือ 1-5 V เพื่อส่งเป็นสัญญาณให้กับตัวควบคุมได้ประมวลผล จากนั้นตัวควบคุมจะส่งสัญญาณควบคุมไปที่อุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย คือวาล์วควบคุม ผ่านทรานสดิวเซอร์เพื่อแปลงสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นสัญญาณนิวเมติกส์ ในการดันไดอะแฟรมของวาล์ว เพื่อปรับก้านวาล์วขึ้น-ลง ทำให้ระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงและเข้าสู่สภาวะในแนววิถีอ้างอิง โดยลูปการควบคุมแสดงได้ดังรูปที่ 3.3 และ 3.4

สำหรับการวัดและควบคุมความดันในระบบจะประกอบไปด้วย

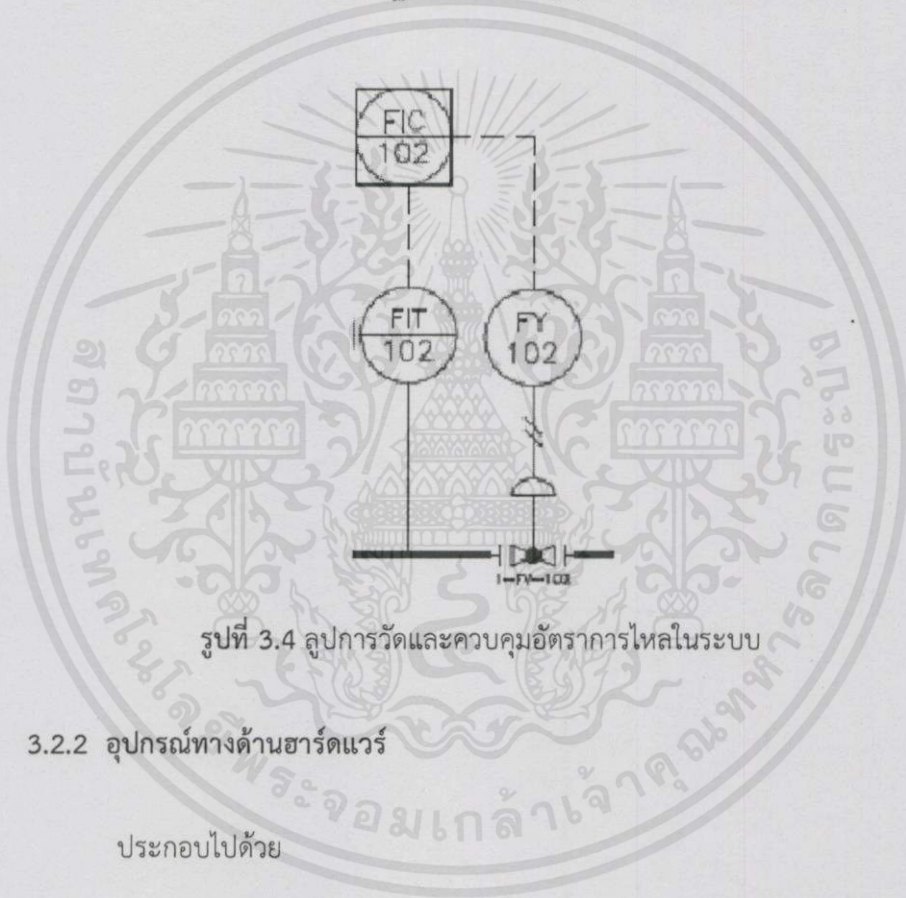
อุปกรณ์ตรวจวัด	คือ ตรวจวัดความดันในระบบ
ทรานสมิตเตอร์	คือ แปลงค่าความดันเป็นสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mA หรือ 1-5 V
ตัวควบคุม	คือ ประมวลผลสัญญาณที่ได้รับเข้ามาให้เข้าใกล้ค่าเป้าหมายแล้วส่งออกไปควบคุมวาล์ว
ตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์ว	คือ ควบคุมให้วาล์วเปิด-ปิดได้ตามต้องการโดยแปลงสัญญาณมาตรฐานกลับเป็นสัญญาณนิวเมติกส์ดันก้านวาล์ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.3 ลูปการวัดและควบคุมความดันในระบบให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการวัดและควบคุมความดันในระบบจะประกอบไปด้วย

อุปกรณ์ตรวจวัด	คือ ตรวจวัดความดันในระบบ
ทรานสมิตเตอร์	คือ แปลงค่าความดันเป็นสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mA หรือ 1-5 V
ตัวควบคุม	คือ ประมวลผลสัญญาณที่ได้รับเข้ามาให้เข้าใกล้ค่าเป้าหมายแล้ว ส่งออกไปควบคุมวาล์ว
ตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์ว	คือ ควบคุมให้วาล์วเปิด-ปิดได้ตามต้องการโดยแปลงสัญญาณ มาตรฐานกลับเป็นสัญญาณนิวเมติกส์ดันก้านวาล์ว



รูปที่ 3.4 ลูปการวัดและควบคุมอัตราการไหลในระบบ

3.2.2 อุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์

ประกอบไปด้วย

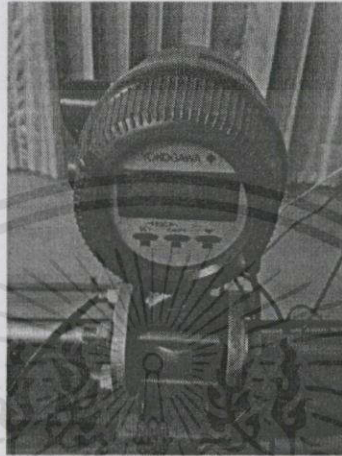
3.2.2.1 อุปกรณ์ตรวจวัด/ทรานสมิตเตอร์

ทรานสมิตเตอร์มีหลักการทำงาน คือ วัดปริมาณต่างๆในระบบ แล้วแปลงค่าทางกายภาพให้เป็นค่าสัญญาณมาตรฐานต่างๆ แล้วส่งไปยังตัวควบคุมเพื่อการประมวลผล รวมไปถึงการสั่งการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหลชนิดแม่เหล็กไฟฟ้ามีย่านการวัดอยู่ในช่วง 0-40 ลิตรต่อนาที แปลงอัตราการไหลเป็นสัญญาณมาตรฐานกระแสไฟฟ้าในช่วง 4-20 mA โดยอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.5

FIT ยี่ห้อ โยโกกาว่า (Yokogawa) รุ่น ADMAG AXF015G



รูปที่ 3.5 แสดงทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหล

อุปกรณ์ตรวจวัดความดันมีย่านการวัดอยู่ในช่วง 0-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แปลงความดันเป็นสัญญาณมาตรฐานกระแสไฟฟ้าในช่วง 4-20 mA โดยอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.6

ยี่ห้อ Burkert รุ่น 8323

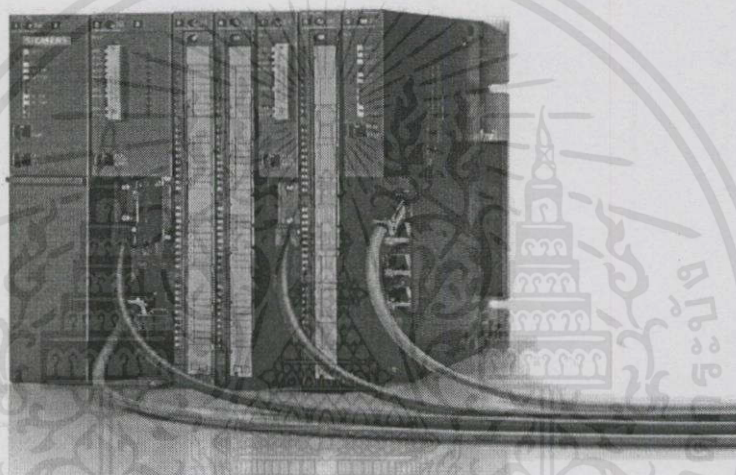


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 3.6 แสดงทรานสมิตเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter) ซึ่งประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 ตัวควบคุม

ตัวควบคุมเปรียบเสมือนหัวใจหลักที่ทำหน้าที่ตัดสินใจ สั่งการและควบคุมกระบวนการ ซึ่งถือเป็นส่วนสำคัญที่สุดของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน เพราะเป็นตัวที่เชื่อมต่อโดยตรงกับเครื่องวัดหรืออุปกรณ์ในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ตัวควบคุมยังถือเป็นสมองของระบบควบคุมแบบกระจายส่วนเลยทีเดียวเพราะมีส่วนประมวลผลที่ทำหน้าที่รันโปรแกรมต่างๆที่รับมาจากส่วนของเซิร์ฟเวอร์นั่นเอง โดยตัวควบคุมนั้นมีมากมายหลายรุ่นและหลายยี่ห้อ การเลือกใช้ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน แสดงได้ดังรูปที่ 3.7

ตัวควบคุม ยี่ห้อ siemens รุ่น S7-400



รูปที่ 3.7 ตัวควบคุม

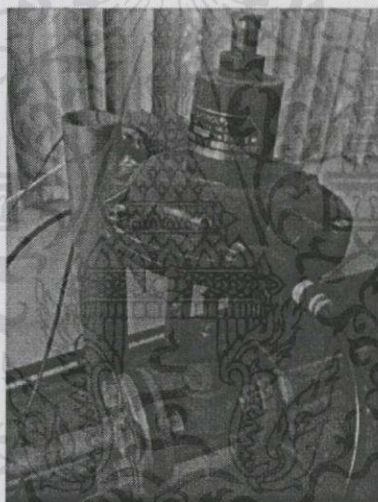
3.2.2.3 อุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย

อุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายหรือวาล์วควบคุม เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญกับกระบวนการในอุตสาหกรรม ทำหน้าที่ปรับค่าทางกายภาพต่างๆให้เข้าสู่สภาวะที่ต้องการ โดยการสั่งงานเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าแล้วแปลงเป็นสัญญาณนิวมติกไปดันแผ่นไดอะแฟรมให้ดันก้านวาล์วขึ้นลง ซึ่งวาล์วควบคุมประกอบด้วยหลายชนิดด้วยกัน แต่ในที่นี้เป็นวาล์วควบคุมแบบไดอะแฟรม ทำงานแบบ Air-to-close ด้วยสัญญาณลม 3-15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีค่าสัมประสิทธิ์ $CV = 2.5$ อุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.8 และ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วาล์วควบคุมความดัน



รูปที่ 3.9 วาล์วควบคุมอัตราการไหล

3.2.2.4 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ

อุปกรณ์แปลงสัญญาณถือเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอีกชิ้นหนึ่ง ซึ่งใน

โครงการนี้ประกอบไปด้วย

FDC 157-0

ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากโปรพิบัสดีพีเป็นโปรพิบัสพีเอ

IF303

ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากกระแสไฟฟ้า 4-20 mA เป็นโปรพิบัส

FI303

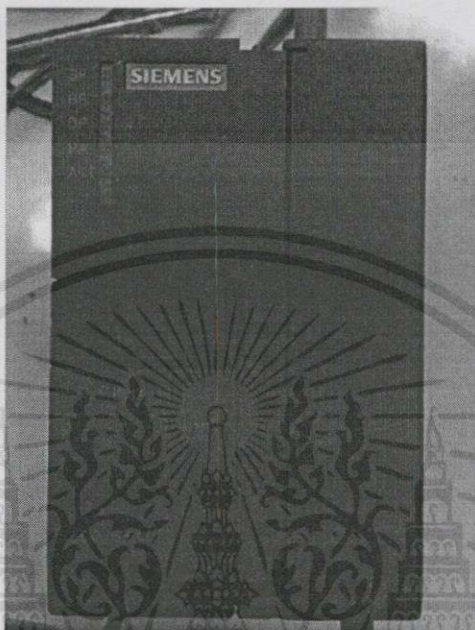
ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากโปรพิบัสเป็นกระแสไฟฟ้า 4-20 mA

Samson

อุปกรณ์แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นนิวเมติกส์

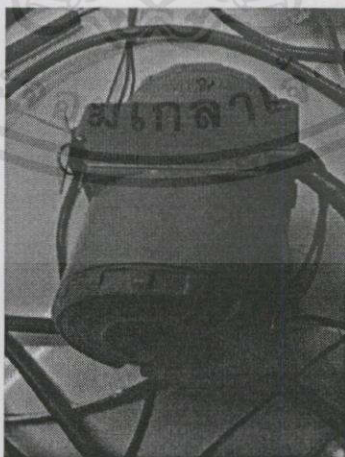
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Siemens FDC 157-0 คือ ตัวแปลงสัญญาณจากโปรพิบัสดีพีเป็น โปรพิบัสพีเอ ทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ระดับควบคุมอุปกรณ์หน้างาน โดยทำการแปลงสัญญาณ อุปกรณ์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ FDC 157-0

อุปกรณ์แปลงสัญญาณ ยี่ห้อ SMAR รุ่น IF303 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากโปรพิบัส เป็น กระแสไฟฟ้า 4-20 mA โดยอุปกรณ์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.11



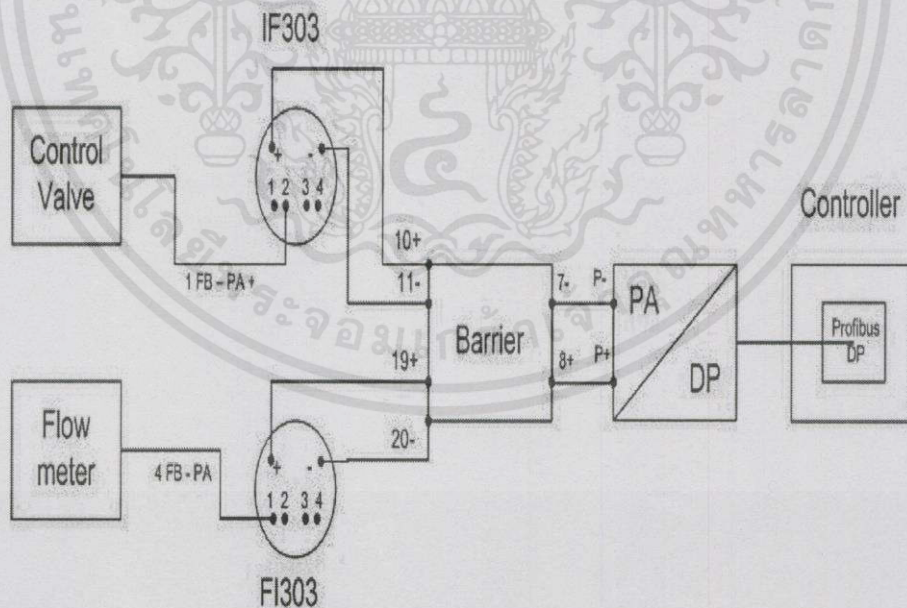
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกรูปที่ 3.11 ตัวแปลงสัญญาณ IF303ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์แปลงสัญญาณ ยี่ห้อ SMAR รุ่น FI303 แปลงสัญญาณจาก โปรพิบัส เป็น กระแสไฟฟ้า 4-20 mA โดยอุปกรณ์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.12



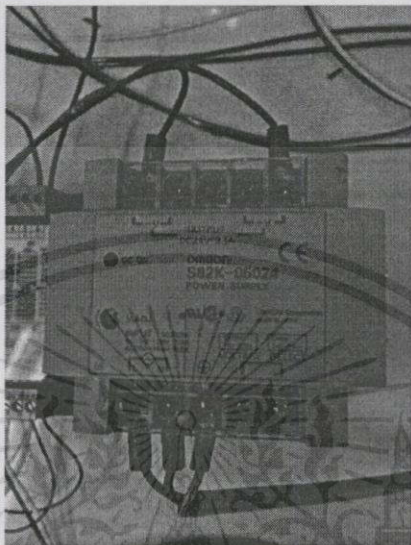
รูปที่ 3.12 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ FI303

แผนภาพการต่อวงจรของอุปกรณ์แปลงสัญญาณเพื่อใช้ในการส่งสัญญาณจาก ตัวควบคุมไปวาล์วควบคุม แสดงได้ดังรูปที่ 3.13



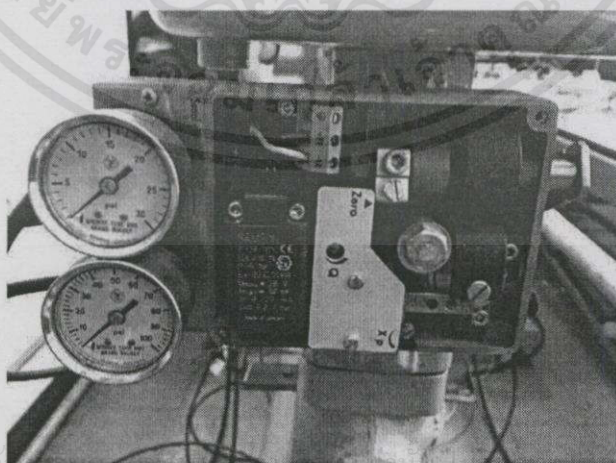
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สง รูปที่ 3.13 การต่อวงจรของอุปกรณ์แปลงสัญญาณ FI303 และ IF303 ซึ่งประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า เป็นตัวจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์แปลงสัญญาณแบบโปรแกรมยี่ห้อ OMRON รุ่น S82K05024 จ่ายไฟกระแสตรง 24 โวลต์ โดยอุปกรณ์ดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

อุปกรณ์แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นนิวเมติกส์ ในการสั่งวาล์วควบคุมให้ทำงานตามที่ต้องการได้นั้น ต้องอาศัยตัวแปลงสัญญาณจากสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นสัญญาณนิวเมติกส์ เพื่อจ่ายลมให้ต้นไดอะแฟรมในการขยับก้านวาล์วขึ้น-ลง ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวจะต้องทำการสอบเทียบเพื่อความเที่ยงตรงอย่างเป็นประจำ แสดงได้ดังรูปที่ 3.15

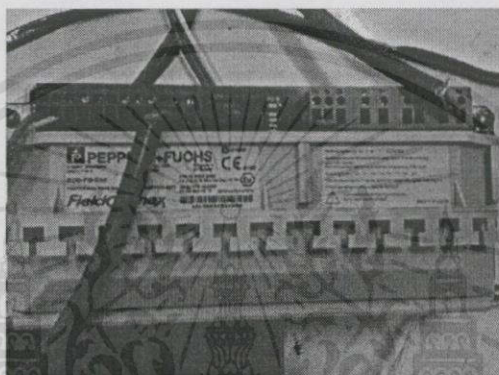


รูปที่ 3.15 อุปกรณ์แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นนิวเมติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบร์รีเออร์ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณกับโปรพิบัสพีเอซีเพื่อการป้องกันการลัดวงจรของกระแสไฟฟ้าอันเนื่องมาจากการเกิดกระแสไฟฟ้าเกิน เพื่อให้สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ในกระบวนการและยังมีอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณต่างๆ ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อแยกสัญญาณทางไฟฟ้า ในระบบการวัดออกจากกันอย่างอิสระจากระบบการแสดงผลและปรับสภาพของสัญญาณที่ได้ โดยใช้สัญญาณแสงหรือสัญญาณอื่นๆ ออกจากระบบวัดคุมอุตสาหกรรม โดยอุปกรณ์ดังกล่าวแสดงได้ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แบร์รีเออร์

3.3 การจัดการในส่วนโปรแกรมควบคุม (software)

3.3.1 การกำหนดค่าฮาร์ดแวร์ (Hardware Configuration)

การกำหนดค่าฮาร์ดแวร์ เป็นการสร้างการติดต่อสื่อสารระหว่างส่วนของซอฟต์แวร์กับส่วนของฮาร์ดแวร์ ถือเป็นส่วนสำคัญเนื่องจาก ถ้าสองส่วนนี้เกิดความเข้าใจที่ไม่ตรงกัน ยกตัวอย่าง เช่น การกำหนดค่าส่วนของซอฟต์แวร์ไม่ตรงตามรุ่นของตัวฮาร์ดแวร์ ก็จะไม่สามารถสั่งงานหรือปฏิบัติการใดใดเกี่ยวกับกระบวนการได้ ซึ่งนอกจากทำการกำหนดชนิดของ ฮาร์ดแวร์ ให้ตรงแล้วยังต้องกำหนดแอดเดรส อินพุต-เอาต์พุตให้กับอุปกรณ์อีกด้วย ซึ่งในส่วนของการทำฮาร์ดแวร์คอนฟิก มีรายการดังต่อไปนี้

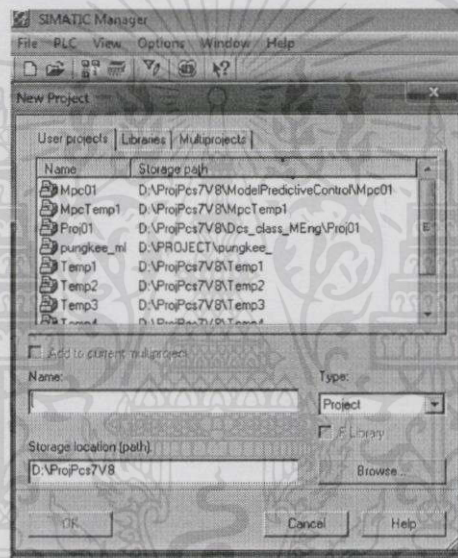
- RACK : UR2ALU
- แหล่งจ่ายไฟฟ้า : PS 407 10A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ให้หน่วยประมวลผล : CPU 416-3 PN/DP นั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกข้อห้าม MPI/DP Address 2 , ความเร็วการรับส่ง 187.5 Kbps การทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อนาล็อกเอาต์พุต/อินพุต โมดูล
- อุปกรณ์แปลงสัญญาณ
 - FDC 157-0 : แปลงสัญญาณจากโปรพิบัสดีพีเป็น โปรพิบัสพีเอ
 - IF303 : แปลงสัญญาณจาก กระแสไฟฟ้า 4-20 mA เป็นโปรพิบัส
 - FI303 : แปลงสัญญาณจากโปรพิบัสเป็นกระแสไฟฟ้า 4-20 mA

การกำหนดค่าฮาร์ดแวร์มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

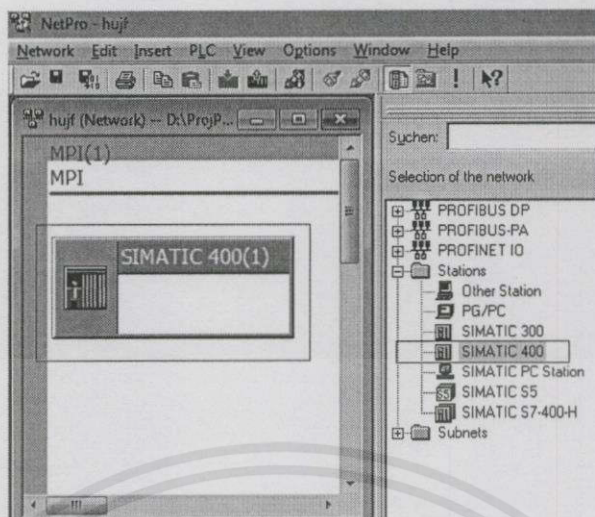
1. เปิดสร้างโปรเจกใหม่ เลือก New>ตั้งชื่อโปรเจก>OK>MPI แสดงได้ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การสร้างโปรเจกใหม่

2. เลือกรุ่นของ station > SIMATIC 400 จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

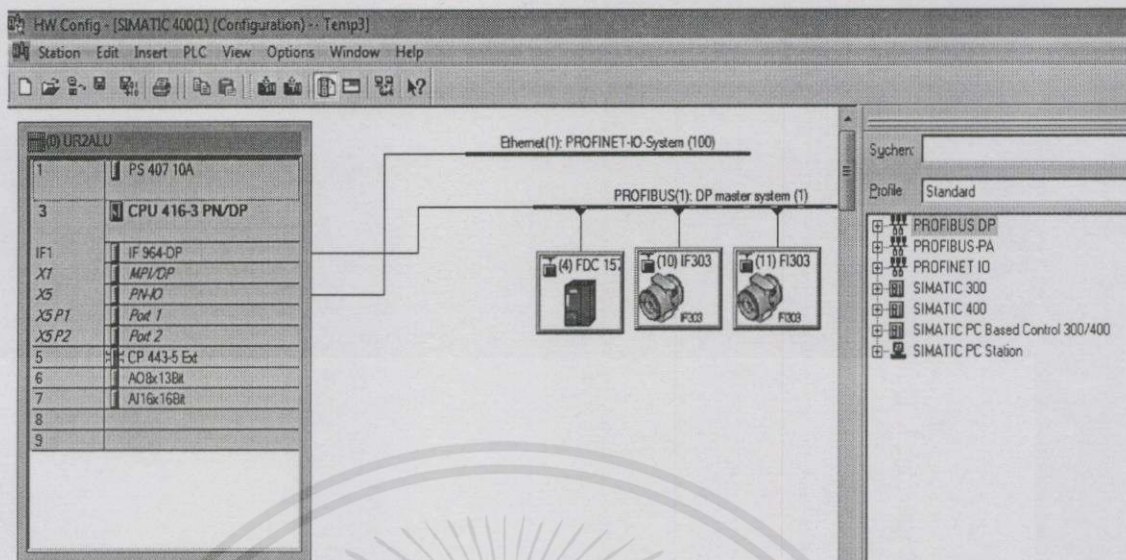


รูปที่ 3.18 การเลือกอุปกรณ์

3. ในหน้าต่างเมื่อกดเลือก station SIMATIC 400(1) จะเข้าสู่หน้าต่างกำหนดค่าฮาร์ดแวร์ แสดงได้ดังรูปที่ 3.19 จากนั้นทำการเลือกอุปกรณ์ให้ตรงตามชนิดและรุ่นของฮาร์ดแวร์จริง ซึ่งส่วนของตัวควบคุมมีส่วนประกอบดังนี้

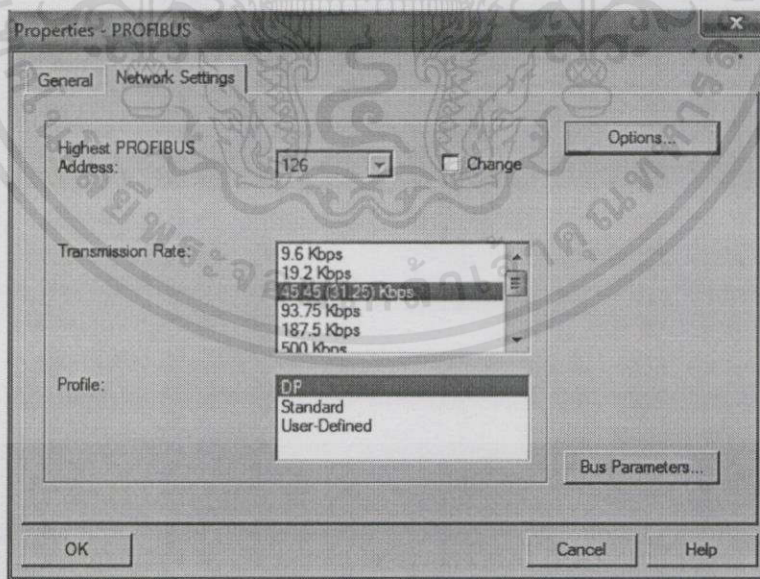
- RACK : UR2ALU
- แหล่งจ่ายไฟฟ้า : PS 407 10A
- หน่วยประมวลผล : CPU 416-3 PN/DP
- MPI/DP : Address 2 , ความเร็วการรับส่ง 187.5 Kbps
- อนาล็อกเอาต์พุต/อินพุต โมดูล
- โพรพิบัส
 - อุปกรณ์แปลงสัญญาณ FDC 157-0
 - อุปกรณ์แปลงสัญญาณ IF303
 - อุปกรณ์แปลงสัญญาณ FI303

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

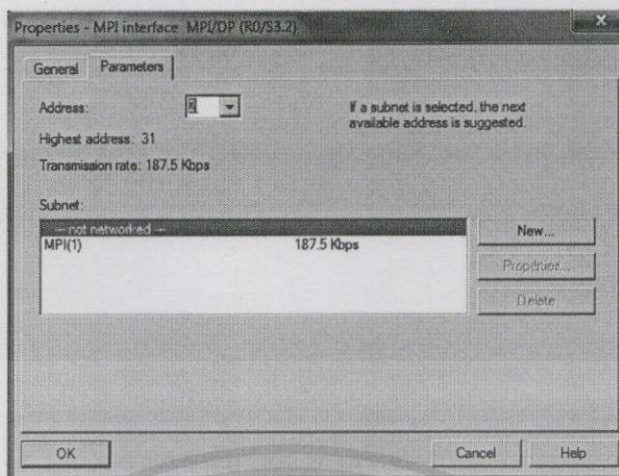


รูปที่ 3.19 การกำหนดค่าฮาร์ดแวร์

4. การกำหนดแอดเดรส และอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลให้บัส MPI และ โปรไฟบัสดีพี ทำได้ดังนี้ คือบัส MPI ให้มีแอดเดรสเป็น 2 และมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลเท่ากับ 187.5 Kbps และ โปรไฟบัสดีพี มีแอดเดรสเป็น 2 และมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลเท่ากับ 45.45 Kbps แสดงได้ ดังรูปที่ 3.20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการ (ก) เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

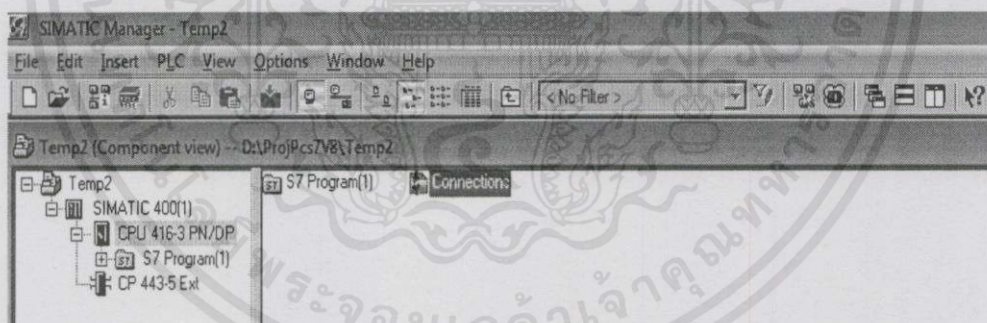


(ข)

รูปที่ 3.20 (ก) และ (ข) การกำหนดความเร็วการรับส่งข้อมูล

การกำหนดค่าเครือข่าย (Network Configuration) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

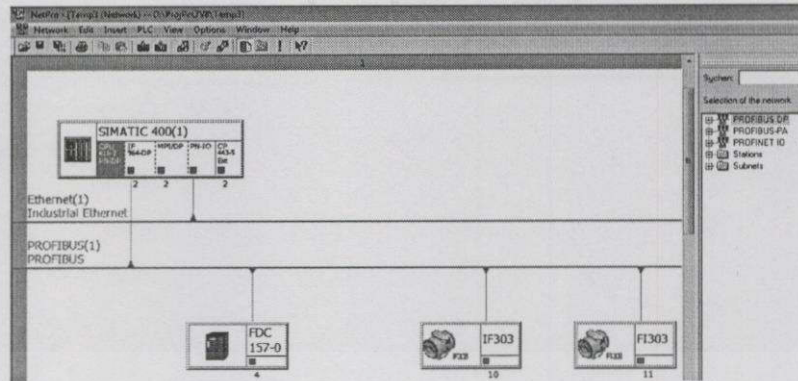
1. ในหน้าต่างหลักเลือก SIMATIC400(1)> 416-3 PN/DP > Connections เพื่อทำการเปิดหน้าต่างการกำหนดค่าเครือข่าย แสดงได้ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การกำหนดค่าเครือข่าย

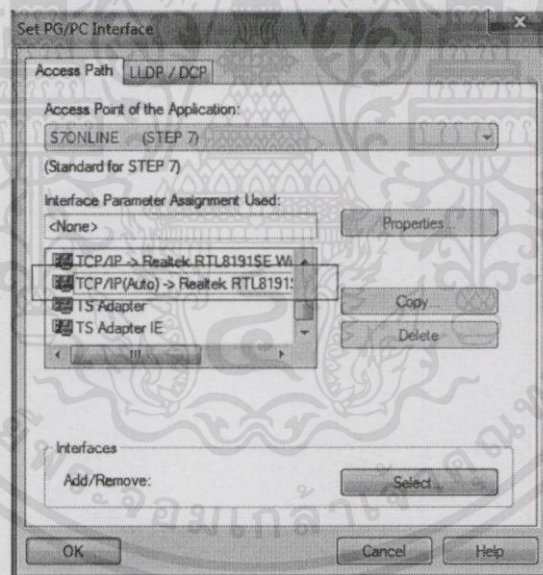
2. ทำการสร้างการเชื่อมต่อ แสดงได้ดังรูปที่ 3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 หน้าต่างการกำหนดค่าเครือข่าย

- การตั้งค่าอินเตอร์เฟซสำหรับคอมพิวเตอร์และตัวควบคุม ทำการเลือกเมนู option> Set PG/PC Interface>เลือกอินเตอร์เฟซแบบ TCP/IP Auto Realtek RTL8191SE Wire แสดงได้ดังรูปที่ 3.23



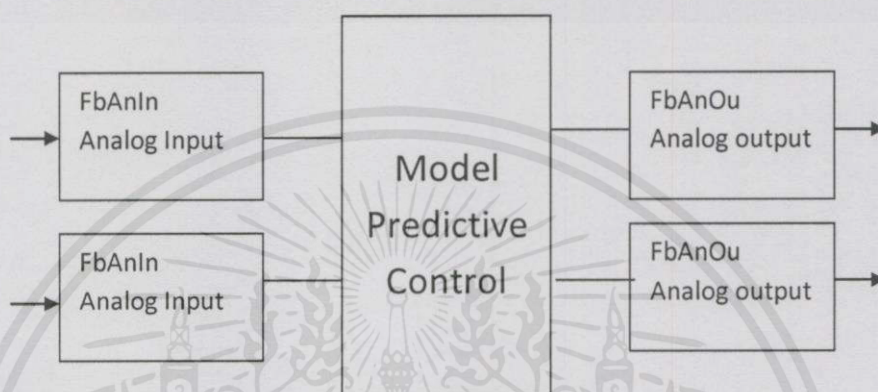
รูปที่ 3.23 การเลือกชนิดของอินเตอร์เฟซ

- ทำการบันทึกและ compile
- นำการกำหนดค่าเครือข่ายดังกล่าวดาวโหลดลงในตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

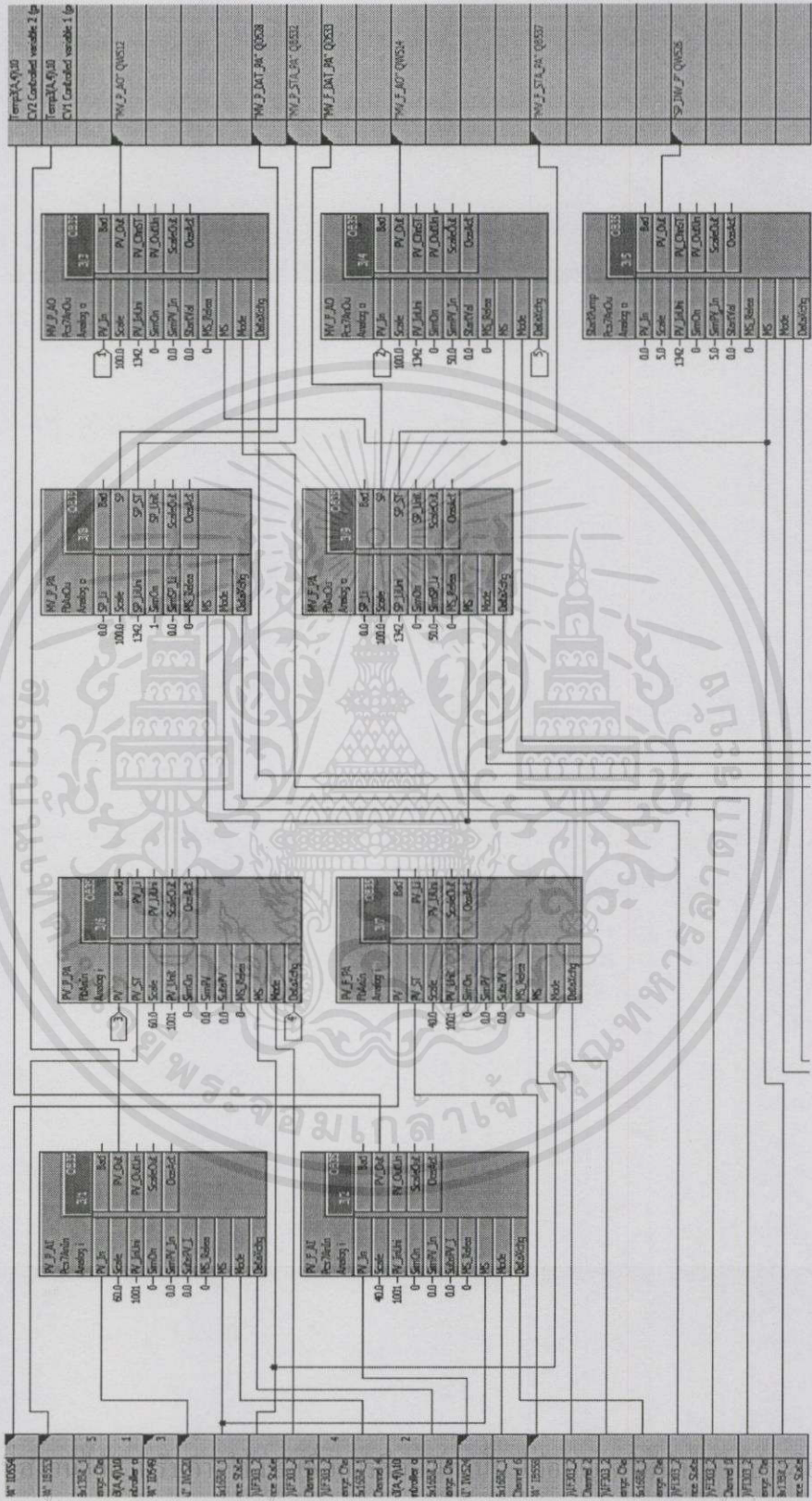
3.3.2 การเขียนโปรแกรมควบคุม CFC

การเขียน CFC ถือเป็นหัวใจสำคัญในการใช้โปรแกรม ซึ่งจะเป็นการเชื่อมบล็อกเข้ากับ แอแดปเตอร์ของฮาร์ดแวร์ ตามที่เรากำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดค่าฮาร์ดแวร์ ด้วยกันขึ้นอยู่กับหน้าที่การทำงาน โดยเริ่มจากการสร้างบล็อกพื้นฐานในการรับค่า อินพุต และ ส่งออกค่าเอาต์พุต แสดงได้ ดังรูปที่ 3.24 (ก),(ข) และ (ค)



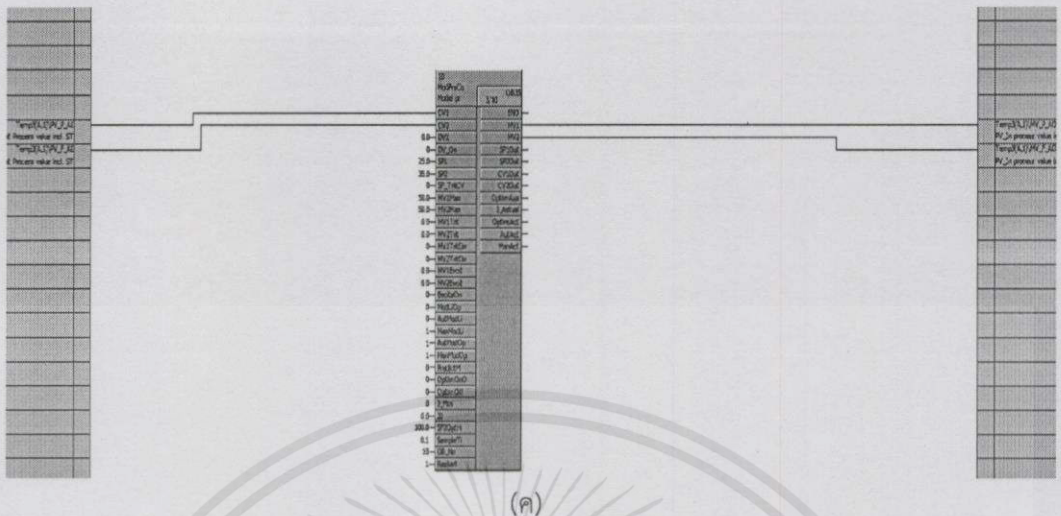
(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทเอกชนด้านบริการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



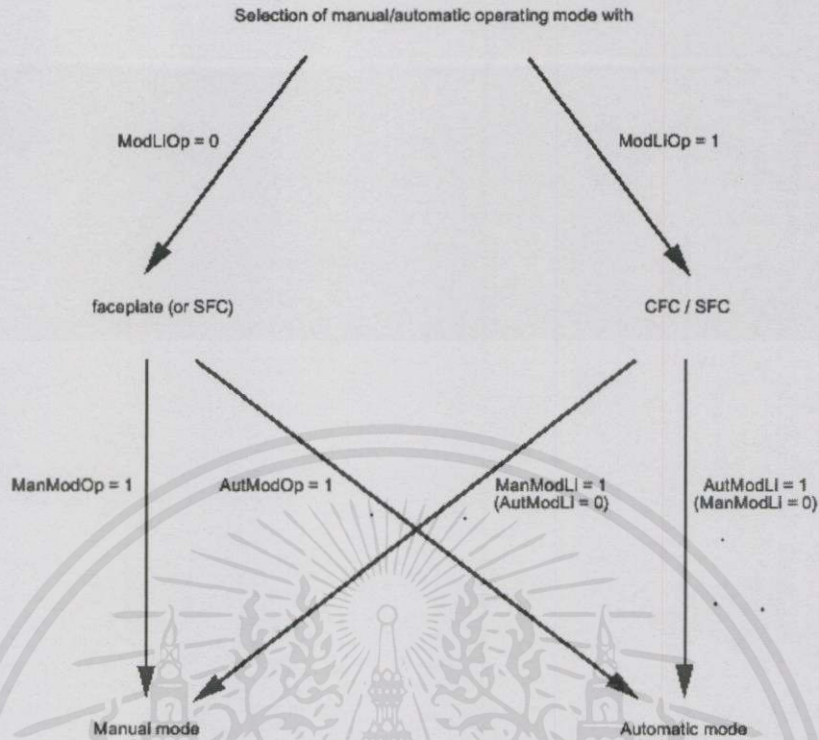
รูปที่ 3.24 (ก) ,(ข) และ (ค) แผนผังการเชื่อมต่อฟังก์ชันสำเร็จรูปใน CFC

เมื่อทำการกำหนดค่าอินพุตและเอาต์พุตเชื่อมต่อกับบล็อกข้างต้นเรียบร้อยแล้ว จึงนำค่าที่ได้มาใช้งานร่วมกับฟังก์ชันสำเร็จรูป ModPreCon (Model Predictive Control) ทำการทดลองการควบคุมกระบวนการที่มีหลายตัวแปรกระบวนการโดยใช้ฟังก์ชันตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล ในโปรแกรม PCS7 ใช้ตัวควบคุมแบบกระจายส่วน ยี่ห้อ Siemens รุ่น S7-400 ซึ่งหลังจากที่ได้ทำการกำหนดค่าฮาร์ดแวร์ และเขียน CFC แล้ว จึงดาวน์โหลดโปรแกรมลงไปที่ตัวควบคุม แล้วเข้าสู่ Test Mode และทำการเปลี่ยนโหมดของฟังก์ชัน ModPreCon ให้อยู่ในโหมดอัตโนมัติ จากนั้นสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรควบคุม,ค่าเป้าหมาย และค่าตัวแปรจัดการ ว่าระบบสามารถเข้าสู่สถานะ steady-state หรือไม่กล่าวคือสถานะที่มีการตอบสนองของเอาต์พุตได้ค่าตามที่ต้องการ สามารถดูความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรต่างๆจากหน้าต่างเทรนด์ดิสเพล โดยเลือกเมนู View > Trend Display แล้วทำการนำเข้าค่าตัวแปรต่างๆที่เราสนใจจากบล็อกในหน้าต่าง CFC มาไว้ที่หน้านี้เพื่อดูความพฤติกรรมในลักษณะของกราฟ เมื่อระบบสามารถเข้าสู่สถานะ steady-state แล้วจึงบันทึกค่าเก็บไว้เป็นไฟล์นามสกุล SVC. เพื่อใช้ในการกำหนดค่า MPC Block ต่อไป

3.3.2.1 โหมดการทำงานฟังก์ชันตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล

ฟังก์ชันตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลมีโหมดการทำงานอยู่ 3 โหมด กล่าวคือ โหมดอัตโนมัติ, โหมดปรับมือและ Out of Service ซึ่งสามารถใช้คำสั่ง แสดงได้ดังรูปที่ 3.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 การเปลี่ยนโหมดของฟังก์ชันตัวควบคุมคาดการณ์ล่วงหน้า

3.4 เครื่องมือการสื่อสารของระบบควบคุม

ในส่วนของการสื่อสารเราสามารถแบ่งออกได้เป็นสองระดับ กล่าวคือในส่วนของระดับควบคุมจะใช้เป็นโปรโตคอลพี และในส่วนของการนำคำสั่งจะใช้เป็นโปรโตคอลเอโดยผ่านตัวแปลงสัญญาณ FDC 157-0 จาก โปรโตคอลพี เป็น โปรโตคอลเอ

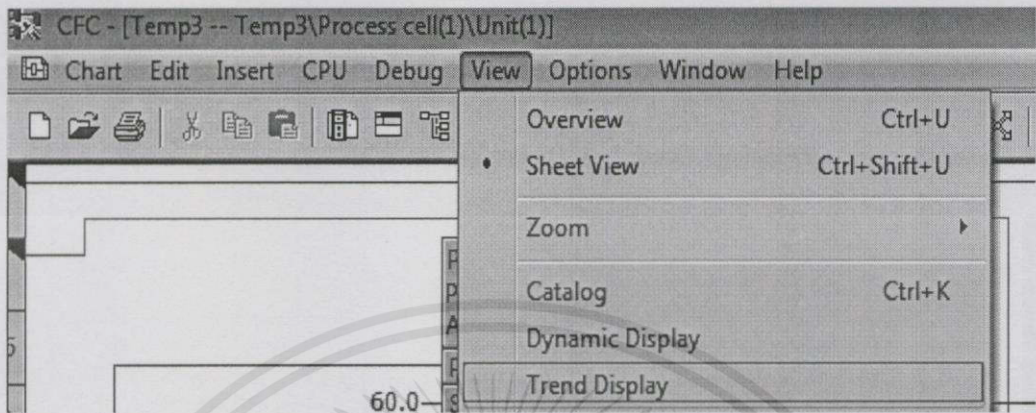
3.5 การออกแบบตัวควบคุมการบวนการ

3.5.1 การสร้างค่าข้อมูลประกอบการวินิจฉัย

การสร้างค่าข้อมูลการวัด เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในการออกแบบตัวควบคุมนั้น เราจะใช้ค่าที่ได้จากการปรับค่าตัวแปรจัดการเพื่อให้ค่าตัวแปรควบคุม เข้าใกล้สู่ค่าเป้าหมาย ในโหมดปรับมือเพื่อสร้างพฤติกรรมต้นแบบให้โปรแกรมจำไว้ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์และทำตาม เป็นแนวทางสำหรับการทำงานในโหมดอัตโนมัติต่อไป

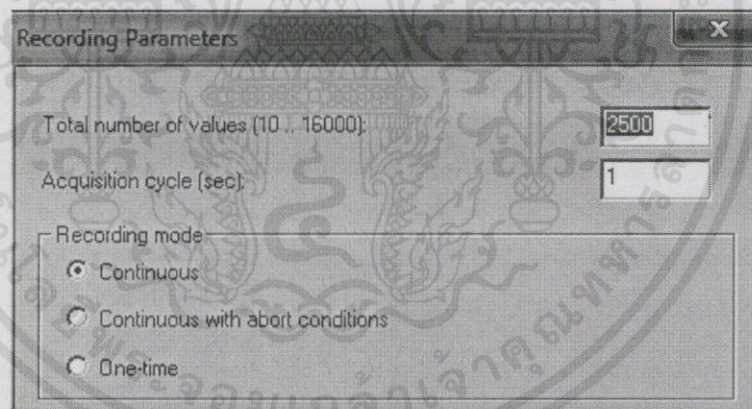
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ในหน้าต่าง CFC เลือกเมนู View > Trend Display ในหน้าต่าง CFC จะปรากฏหน้าต่างดังกล่าว แสดงได้ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 การเข้าสู่เมนูเทรนด์ดิสเพล

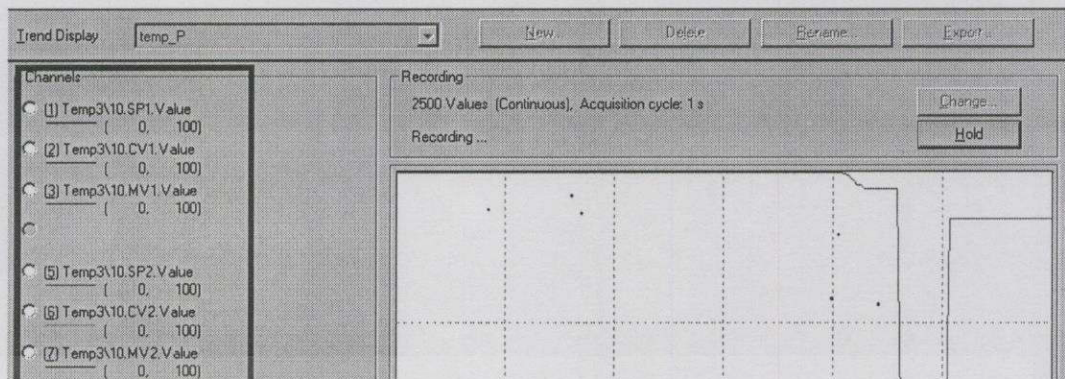
2. ตั้งค่าการบันทึกค่าข้อมูลของการวัด (Measurement Data) โดยเลือกปุ่ม change ปรับเปลี่ยนจำนวนค่าที่ต้องการบันทึก สามารถเลือกได้ตั้งแต่ 10 ถึง 16000 ตัวอย่าง และเลือกโหมดการบันทึกเป็นโหมดต่อเนื่อง แล้วกดปุ่มตกลง แสดงได้ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 การตั้งค่าการบันทึกค่าพารามิเตอร์

3. เลือกตัวแปรที่เราต้องการตามดูค่าพฤติกรรม จากฟังก์ชันตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลมาไว้ที่หน้าต่างเทรนด์ดิสเพล ในที่นี้ประกอบไปด้วยตัวแปรจัดการ, ตัวแปรควบคุม และค่าเป้าหมาย แสดงได้ดังรูปที่ 3.28

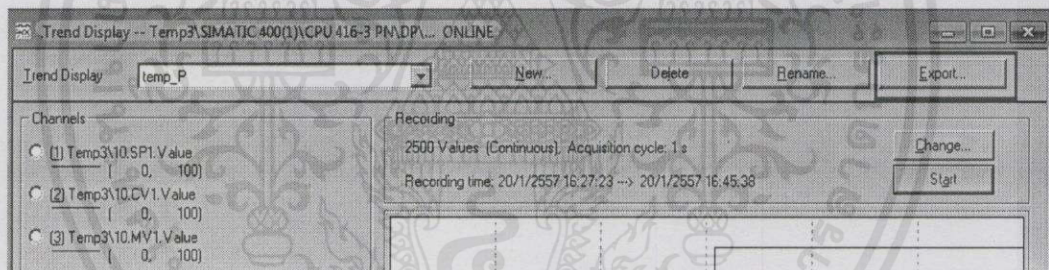
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการพิจารณา

4. เริ่มการบันทึกค่าข้อมูลของการวัด โดยเข้าสู่ test Mode ในหน้าต่าง CFC ทำการตั้งค่าเป้าหมายของความดันและอัตราการไหลในระบบไว้ที่จุดๆหนึ่ง แล้วปรับค่าตัวแปรจัดการให้ค่าตัวแปรควบคุมเข้าใกล้กับค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้

5. เมื่อได้ค่าข้อมูลของการวัด ที่ต้องการแล้ว ทำการกดปุ่ม export เพื่อส่งออกไปเก็บไว้ในรูปแบบ CSV-file เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการคอนฟิกตัวฟังก์ชันต่อไป แสดงได้ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 การส่งออกข้อมูลประกอบการวินิจฉัย

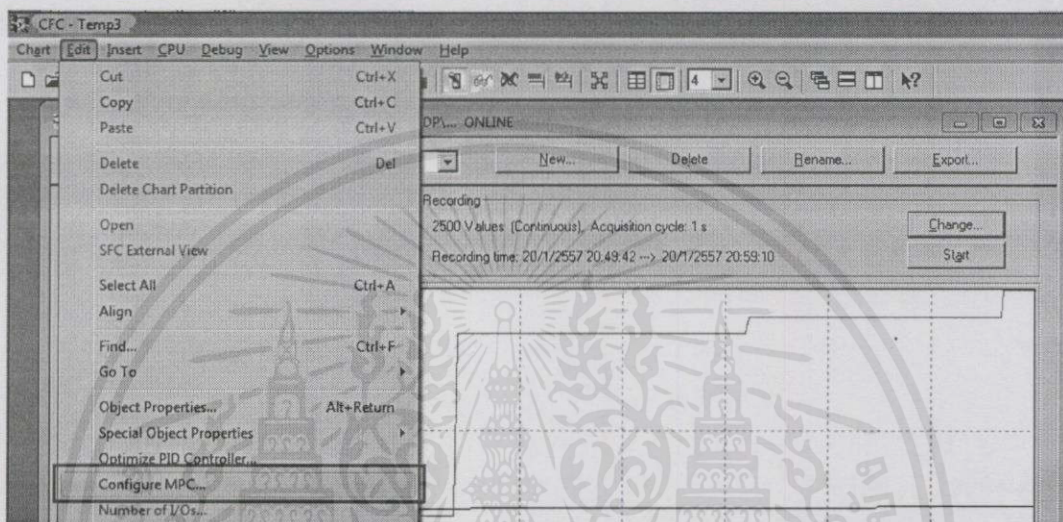
3.5.2 การกำหนดค่าฟังก์ชันตัวควบคุมล่วงหน้าเชิงโมเดล

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำค่าข้อมูลของการวัด ที่ได้เก็บไว้ในรูปแบบ CSV-file นำมา กำหนดค่าให้กับฟังก์ชันตัวควบคุมคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล โดยโปรแกรมจะทำการคำนวณและประมวลผลประสิทธิภาพของการควบคุมออกมาว่ามีความแม่นยำมากน้อยเพียงใด

ในหน้าต่าง CFC กดเลือกที่ฟังก์ชันฟังก์ชันตัวควบคุมคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล แล้วเลือกเมนู EDIT>Configuration MPC จะปรากฏหน้าต่างดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ขั้นตอนต่อไปเป็นการกำหนดค่าฟังก์ชันตัวควบคุมคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ออกกฎหมายให้ชัดเจนเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เลือกค่าข้อมูลของการวัด โดยกดปุ่ม Load Data แล้วเลือก identify จะปรากฏหน้าต่างดังนี้
2. เลือกประเภทของตัวแปรให้ตรงกับข้อมูลในข้อมูลของการวัด แล้วเลือก identify จะปรากฏความแม่นยำของข้อมูลที่จะใช้ในการออกแบบตัวควบคุม เพื่อการตัดสินใจว่าเพียงพอหรือไม่สำหรับการนำข้อมูลของการวัด ดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบตัวควบคุม แสดงได้ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 หน้าต่างการกำหนดค่าตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล

3.5.3 การออกแบบตัวควบคุม

อัลกอริทึมของฟังก์ชันตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลที่ใช้เลือกค่าความผิดพลาดและการเคลื่อนไหวของตัวแปรจัดการ สามารถอธิบายได้จากสมการที่ 3.1

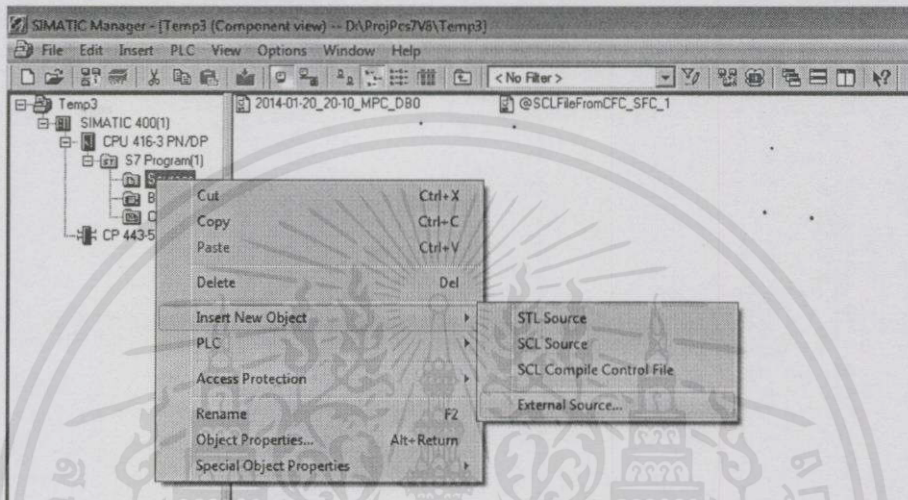
$$j = \sum_{i=1}^N W_{x_i} (r_i - x_i)^2 + \sum_{i=1}^N W_{u_i} \Delta U_i^2 \quad (3.1)$$

เมื่อกดเลือก Design Controlled จะปรากฏหน้าต่างดังกล่าว แล้วให้โหลดข้อมูลลงไปในส่วน “Verification of the process model” โปรแกรมจะเปรียบเทียบระหว่างค่าข้อมูลของการวัดและ simulation results อย่างอัตโนมัติ เมื่อโปรแกรมประมวลผลว่ามีประสิทธิภาพการควบคุมในโหมดอัตโนมัติที่เพียงพอแล้ว ให้กดปุ่ม “Export SCL code”

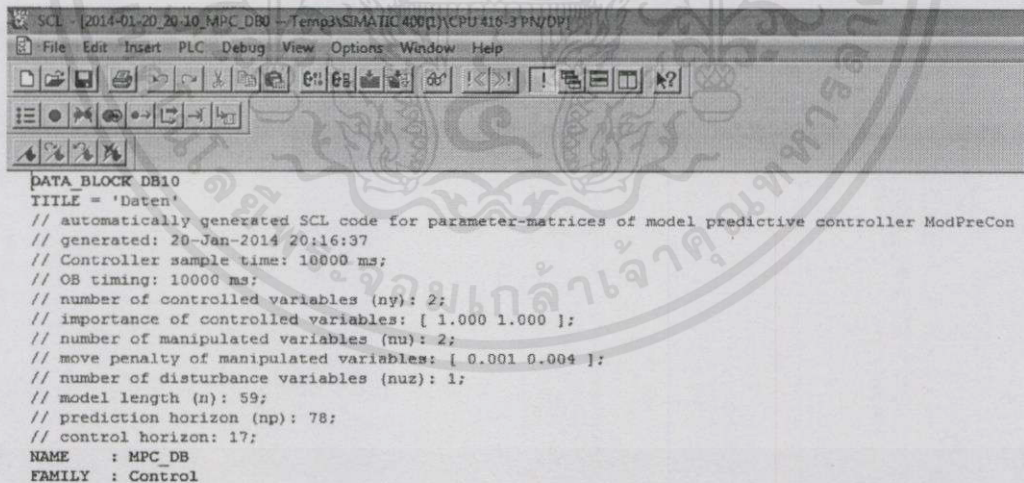
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การนำ SCL Code ไปใช้

ในส่วนของ component view ในหน้าต่าง SIMATIC Manager ให้กดเลือกโพล์เตอร์ “Source” ในหัวข้อย่อย S7-program กดเลือก SCL Code โดยคลิกขวาเลือก “Insert new object > External source” หลังจากนั้น Data Block จะสามารถดาวน์โหลดลงใน Automation Station และสร้างการควบคุมในโหมดอัตโนมัติ แสดงได้ดังรูปที่ 3.31 และ 3.32



รูปที่ 3.31 ขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรมเข้าสู่ฟังก์ชัน



รูปที่ 3.32 การนำโค้ด SCL ที่ได้ไปใช้ในการสร้างฟังก์ชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 สรุป

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นทำให้ทราบว่า ในการสร้างรูปการควบคุม จำเป็นจะต้องทราบความสามารถของแต่ละอุปกรณ์ การนำมาใช้ร่วมกันเป็นรูปควบคุม รวมถึงการสร้างการกำหนดค่าฮาร์ดแวร์และการกำหนดค่าเครือข่าย ซึ่งในหัวข้อที่กล่าวมาข้างต้นเป็นพื้นฐานสำหรับการนำไปใช้ในหัวข้อถัดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองผลการวิเคราะห์การออกแบบตัวควบคุมกระบวนการ

4.1 บทนำ

จากการทดลองการใช้ฟังก์ชันตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลในการควบคุมกระบวนการที่มีหลายตัวแปรและมีผลโดยตรงซึ่งกันและกัน ในที่นี้คือ อัตราการไหลและความดันในระบบ เมื่อปรับค่าอัตราการไหลเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความดันในระบบลดลง ในทางตรงกันข้ามเมื่อปรับค่าอัตราการไหลลดลงจะส่งผลให้ความดันในระบบเพิ่มขึ้น โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวทำให้ผู้ทดลองเลือกใช้ตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลเนื่องจากตัวควบคุมดังกล่าวสามารถจัดการกับตัวแปรกระบวนการได้หลายตัวพร้อมๆกัน โดยผลจากการออกแบบตัวควบคุมให้เหมาะสมกับกระบวนการ มีดังต่อไปนี้

4.2 ผลการสร้างค่าข้อมูลประกอบการวินิจฉัย

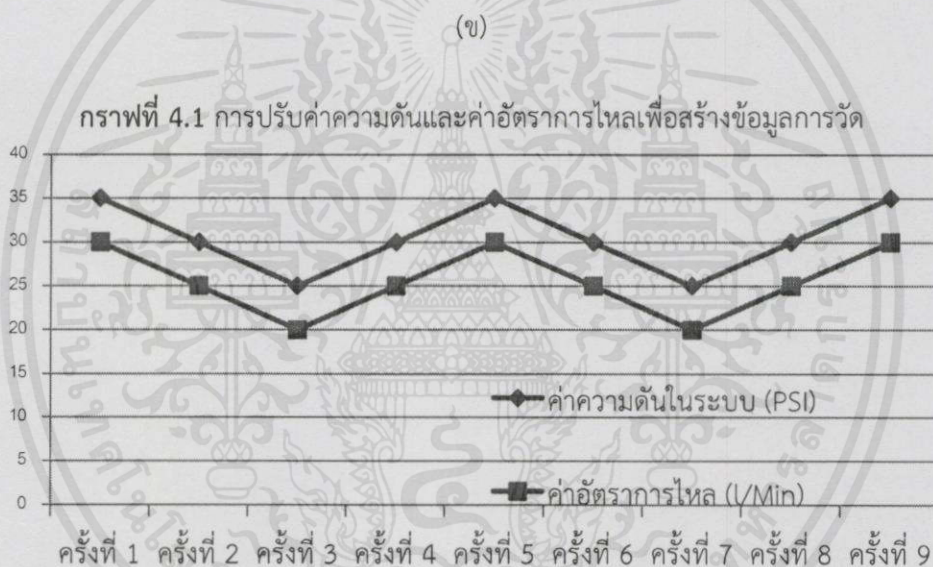
การสร้างค่าข้อมูลการวัดเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์นั้นเป็นกระบวนการที่สร้างแนวโน้มการปรับจูนระบบให้มีค่าความดันและอัตราการไหลเท่ากับค่าแนววิถีอ้างอิงหรือค่าเป้าหมายที่เราได้กำหนดไว้ โดยกระบวนการดังกล่าวนี้เป็นการกระทำในโหมดปรับด้วยมือ เพื่อสร้างค่าให้กับฟังก์ชันสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติในโหมดอัตโนมัติ กล่าวคือเมื่อปรับโหมดการทำงานเป็นอัตโนมัติแล้วทำการเปลี่ยนค่าเป้าหมาย ระบบสามารถทำงานปรับค่าความดันและอัตราการไหลให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายนั้นๆได้ด้วยตัวเอง โดยในการสร้างค่าข้อมูลการวัดเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบการวินิจฉัย ทำการปรับค่าเป้าหมายและเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรจัดการ ได้ดังตารางที่ 4.1 (ก) และ (ข)

ตารางที่ 4.1 (ก) และ (ข) ข้อมูลในการสร้างข้อมูลการวัด

ครั้งที่	ค่าเป้าหมาย ความดัน (PSI)	ค่าเป้าหมาย อัตราการไหล(L/min)
1(เริ่มต้น)	35	30
2	30	25
3	25	20
4	30	25
5	35	30
6	30	25
7	25	20
8	30	25
9	35	30

(ก)

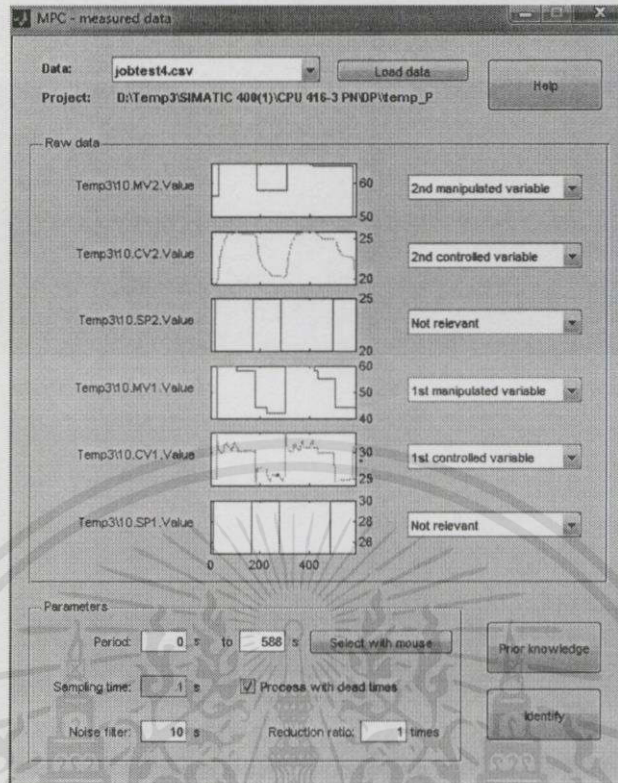
ครั้งที่	CV ความดัน (PSI)	CV อัตราการไหล (L/min)	MV ความดัน (PSI)	MV อัตราการไหล (L/min)	Time ความดัน (sec)	Time อัตราการ ไหล (sec)
1(เริ่มต้น)	34.97	29.94	58.64	79.77	67:04	76:46
2	30.04	24.83	41.75	70.56	36:08	46:41
3	25.06	19.84	30.19	62.56	41:33	43:49
4	29.95	25.21	42.39	71.46	37:08	37:08
5	35.02	30.13	57.09	77.89	58:74	64:31
6	30.09	24.78	41.53	69.99	51:08	36:65
7	25.01	19.83	30.27	62.44	38:04	41:23
8	29.95	25.24	42.20	71.11	43:81	41:18
9	34.98	30.19	56.28	76.85	42:45	53:48



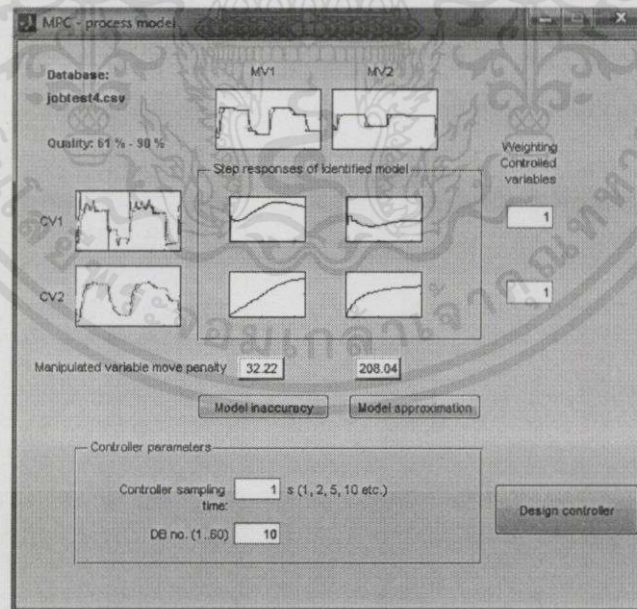
4.3 ผลการออกแบบตัวควบคุม

เมื่อได้ทำการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ ตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว คอมพิวเตอร์จะประมวลผลจากข้อมูลที่ได้ตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งมีขั้นตอนดังแสดงได้ในรูปที่ 4.1-4.3 และมีผลการออกแบบตัวควบคุมดังแสดงได้ในรูปที่ 4.4-4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



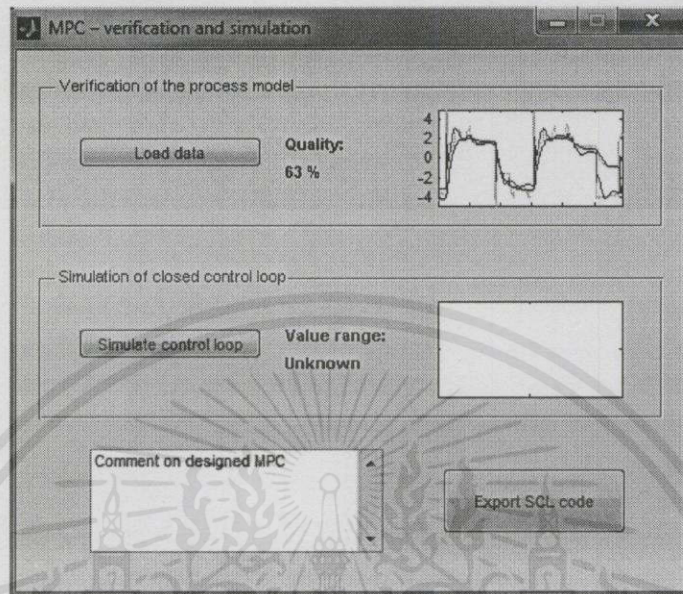
รูปที่ 4.1 หน้าต่างการกำหนดค่าตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล



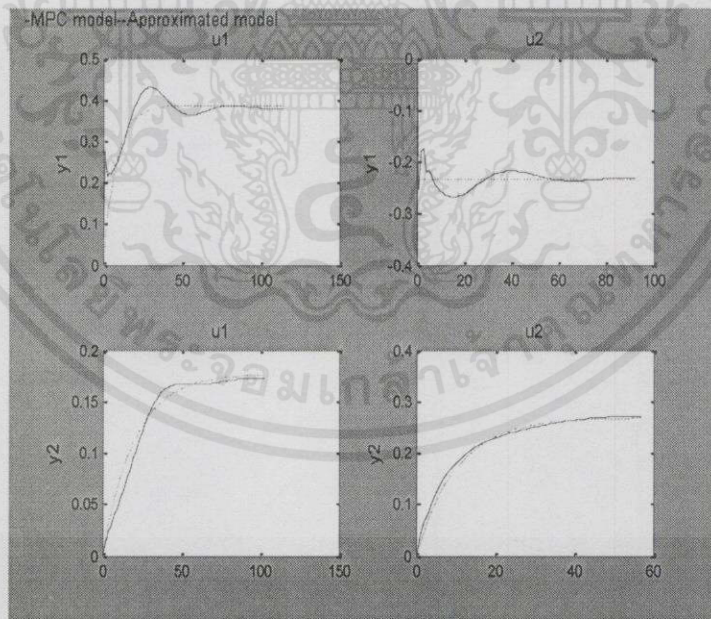
รูปที่ 4.2 แนวโน้มการประเมินประสิทธิภาพในการควบคุมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 ส่วนแสดงผลของตัวควบคุม แสดงให้เห็นว่ากระบวนการนี้มีคุณภาพอยู่ที่ช่วง 61-90%



รูปที่ 4.3 หน้าต่างส่งออกโค้ด SCL เพื่อใช้ในการสร้างฟังก์ชัน



(ก)

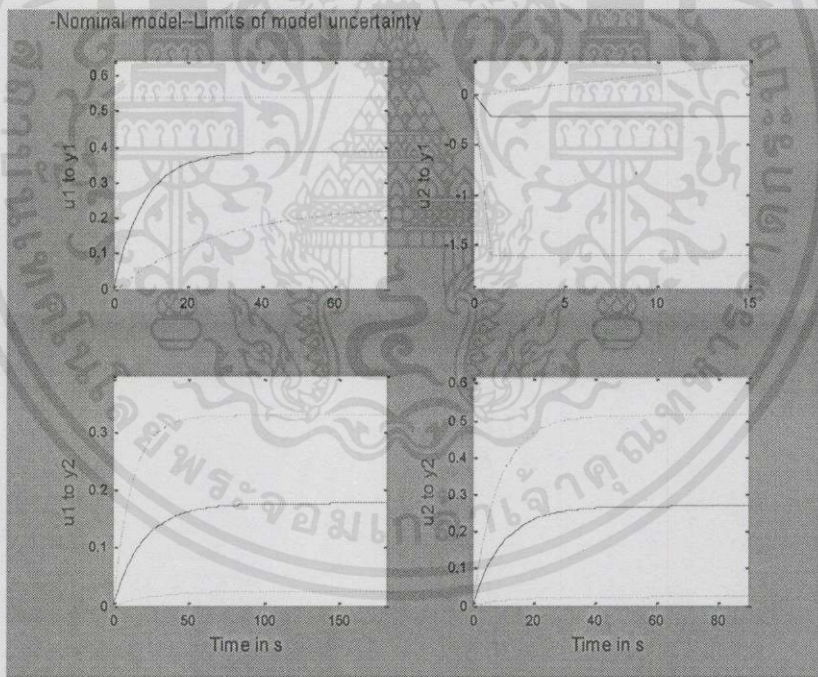
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G = \begin{array}{cc} \frac{3.86e^{-1}}{1 + 8.32s} & \frac{-2.34e^{-1}}{1 + 0s} \\ \frac{1.77e^{-1}}{1 + 20.2s} & \frac{2.68e^{-1}}{1 + 10.13s} \end{array}$$

Times in s, Gains in [CV Unit]/[MV Unit]

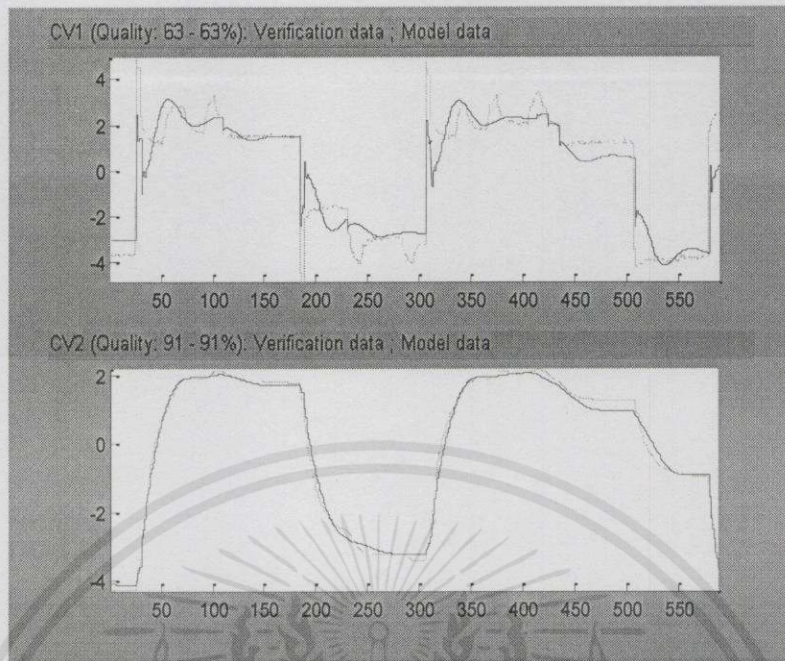
(ข)

รูปที่ 4.4 (ก) และ (ข) ส่วนของแบบจำลองในการประมวลผล



รูปที่ 4.5 ส่วนของการแสดงผลค่าความไม่แน่นอนของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การประเมินข้อมูลในการสร้าง Model data

4.4 ผลการทดลอง

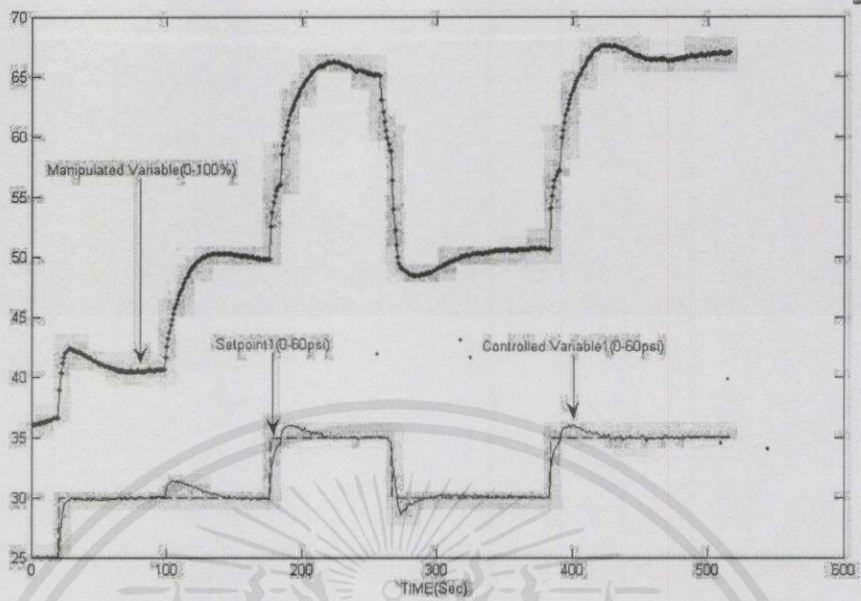
ผลการทดลองควบคุมความดันในระบบ โดยกำหนดค่าเป้าหมายของความดัน เริ่มต้นให้คงที่ที่ 25 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) จากนั้นทดลองปรับค่าเป้าหมาย ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลตอบสนองของระบบควบคุมความดัน

ค่าเป้าหมาย (psi)	เวลาในการเข้าสู่ค่าเป้าหมาย (วินาที)
25	-
30	10
35	40
30	23
35	39

ระหว่างการทดลอง ทำการบันทึกค่า Measurement Data จากหน้าต่างสร้างค่าข้อมูล ประกอบการวินิจฉัยเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ตัวแปรค่าเป้าหมาย ตัวแปรกระบวนการ และตัวแปรจัดการ ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



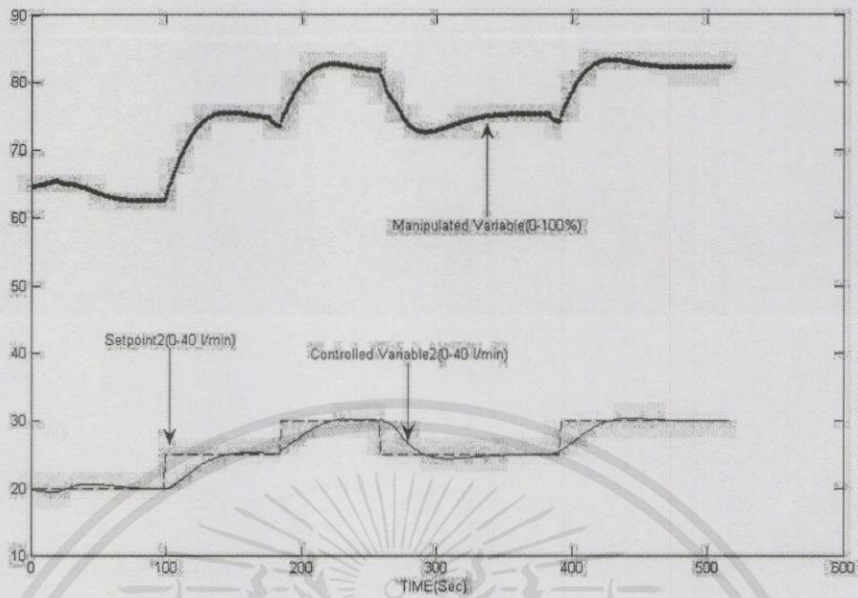
รูปที่ 4.7 ผลตอบสนองของระบบควบคุมความดัน

ผลการทดลองควบคุมอัตราการไหลในระบบ โดยกำหนดค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเริ่มต้นให้คงที่ที่ 25 ลิตรต่อนาที (l/m) จากนั้นทดลองปรับค่าเป้าหมาย ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลตอบสนองของระบบควบคุมอัตราการไหล

ค่าเป้าหมาย (l/m)	เวลาในการเข้าสู่ค่าเป้าหมาย (วินาที)
20	-
25	47
30	39
25	33
30	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ผลตอบสนองของระบบควบคุมอัตราการไหล

4.5 สรุป

จากการทดลองผลการออกแบบกระบวนการพบว่า หลังจากที่เราได้นำข้อมูลประกอบการวินิจฉัยมาทำการกำหนดค่าให้กับตัวฟังก์ชันตัวคาดการณ์ล่วงหน้าแล้ว ก็สามารถควบคุมกระบวนการในโหมดอัตโนมัติได้ โดยผลการออกแบบตัวควบคุม มีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 61-90% ซึ่งสามารถควบคุมให้กระบวนการเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ในเวลาอันสั้นและใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการปฏิบัติงานในโครงการนี้ผู้ปฏิบัติได้เรียนรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมแบบกระจายส่วนที่มีใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเคมี โรงไฟฟ้า ตั้งแต่โครงสร้าง หลักการทำงาน การลงมือปฏิบัติ รวมไปถึงการประยุกต์นำมาใช้งานได้ โดยในหัวข้อปริญาณิพนธ์เรื่องนี้นำเสนอการจัดการกับตัวแปรกระบวนการที่มากกว่าหนึ่งตัวแปรและมีผลกระทบโดยตรงซึ่งกันและกัน จากสิ่งเหล่านี้สามารถใช้ตัวควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้า เพื่อควบคุมตัวแปรกระบวนการสองตัวนี้ไปพร้อมๆกัน โดยขั้นตอนการสร้างการทำงานให้กับฟังก์ชัน เราจะต้องสร้างค่าการวัดเพื่อให้ระบบประมวลผลและจดจำรูปแบบการปรับแต่งค่าไว้ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้สามารถการปรับเปลี่ยนค่าของตัวแปรจัดการมีผลต่อค่าตัวแปรควบคุมในการเข้าสู่ค่าเป้าหมาย

ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการสร้างค่าการวัดเพื่อใช้ในการออกแบบตัวควบคุมแล้ว คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลใช้ฟังก์ชันทำงานในโหมดอัตโนมัติได้สำเร็จ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรควบคุมทั้งอัตราการไหลและความดันในระบบจะค่อยๆปรับเข้าสู่ค่าเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ตัวควบคุมดังกล่าวมีประสิทธิภาพอยู่ที่ 63%-90% ซึ่งถือว่ามีความแม่นยำในระดับที่เชื่อถือได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลการทดลองในการปรับค่าจัดการนี้ ต้องทำการปรับซ้ำๆ ทั้งขาขึ้นและขาลงเรื่อยๆ ยังมีตัวอย่างการปรับจูนมาก ฟังก์ชันก็จะสามารถประเมินแนวโน้มการปรับจูนได้ดีเท่านั้น แต่ทั้งนี้ก็ไม่เป็นจริงเสมอไปขึ้นอยู่กับหลายๆปัจจัยมาเป็นส่วนประกอบด้วย การรู้ค่าย่านการวัดของอุปกรณ์ก็เป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้ข้อมูลของอุปกรณ์จากผู้ผลิตเป็นข้อมูลที่ผู้ใช้งานควรคำนึงถึง ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวมีความเหมาะสมกับการใช้งานในหน้างานจริงของผู้ใช้งานหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อประสิทธิภาพในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Michèle Arnold, Göran Andersson. Model Predictive Control for energy storage including uncertain forecasts. ETH Zurich, Zurich, Switzerland.
- [2] S. Joe Qinna, Thomas A. Badgwellb. A survey of industrial model predictive control technology. aDepartment of Chemical Engineering, The University of Texas at Austin, Texas Lonhorns, C0400, Austin, TX 78712, USA, bAspen Technology, Inc., 1293 Eldridge Parkway, Houston, TX 77077, USA, 2002.
- [3] D. Q. Maynea, J. B. Rawlingsb, C. V. Raob, P. O. M. Scokaertc. Constrained model predictive control: Stability and optimality. aDepartment of Electrical and Electronic Engineering, Imperial College of Science, Technology and Medicine, London SW7 2BT, UK, bDepartment of Chemical Engineering, University of Wisconsin, Madison, USA, cCentre National d'Etudes des Telecommunications, France Telecom, France, 1999.
- [4] E.F Camacho and C. Bordons. Model Predictive Control. Second edition. London: Springer; 2004.
- [5] Michael Nikolaou. Model predictive controllers: A critical synthesis of theory and industrial needs. Advances in Chemical Engineering, Academic Press. 2001;26:131-204.
- [6] National Taipei University of Technology. Model Predictive Control,[online]
- [7] Siemens AG. PCS 7 PoT V7.0, Version 1.0.
- [8] Siemens AG. Applications & Tools, Version V1.0.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ฟังก์ชันสำเร็จรูปที่ใช้ในโปรแกรม

ก.1 ModPreCon (Model Predictive Controller)

ประเภท+หมายเลข : FB 1843

หมวด : คอนโทรล

แอปพลิเคชันของตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลใช้ในแนวทางเดียวกันกับตัวควบคุมแบบพีไอดี คือการคอนโทรลแบบค่าเป้าหมายคงที่, การคอนโทรลแบบแคสเคด, เรทโทรคอนโทรล, Split-range คอนโทรล ในทางตรงกันข้ามกับตัวควบคุมแบบพีไอดี ต่างจากตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดล คือการคอนโทรลที่มีหลายตัวแปรกระบวนการ อ้างอิงจาก Advanced Process Library V7.1.4 ซึ่งเวอร์ชันใหม่มีการปรับปรุงดังนี้

- รวบรวม static operating point ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น
- การทำนายกระบวนการโดยปราศจากการคอนโทรลและแสดงการทำนายของการเคลื่อนที่อย่างอิสระ
- ระบบกระตุ้นอัตโนมัติสำหรับโมเดลบ่งชี้
- ตรวจสอบช่วงเวลาการแซมปลิง

วิธีการปฏิบัติการและพื้นที่ของแอปพลิเคชัน

ฟังก์ชันนี้ใช้สำหรับการคอนโทรลตัวแปรกระบวนการหลายๆตัวในระบบที่มีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา สามารถจัดการกับค่าตัวแปรจัดการได้สี่ค่า และตัวแปรที่ถูกควบคุม เช่นเดียวกับค่าวัดที่ถูกรบกวน

ในบางกรณีตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลสามารถใช้กับระบบไดนามิกใดๆได้, ระบบคอนโทรลตัวแปรเดียว ซึ่งดีกว่าตัวควบคุมแบบพีไอดี

วิธีขั้นตอนของฟังก์ชันตัวคาดการณ์ล่วงหน้าเชิงโมเดลเฉพาะในระบบที่สเถียรด้วยการตอบสนองแบบขั้นบันไดซึ่งรับมือกับค่าคงที่ในเวลาที่ยาว แต่ถ้าระบบไม่สเถียร การตอบสนองจะต้องไม่ว่ากรณีทำให้สเถียรด้วยคอนโทรลเลอร์ตัวที่สอง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวควบคุมอย่างง่ายแบบสัดส่วน เพียงพอแล้วที่จะควบคุมระบบ โดยใส่เข้าไประหว่างเอาต์พุตของตัวแปรจัดการ จาก ModPreCon และเป็นอินพุต ให้กับระบบที่ไม่เสถียรและรับเอาต์พุตของส่วนกระบวนการเช่นเดียวกับค่า MV

บันทึกเกี่ยวกับพื้นที่การใช้งานแอปพลิเคชันของตัวควบคุม

เนื่องจากตามทฤษฎีเวลาที่ใช้ของคอนโทรลเลอร์หลายตัวแปรนั้นนานกว่าเวลาที่ใช้ของตัวควบคุมแบบพีไอดี เพราะ การคำนวณเมทริกในอัลกอริทึมซับซ้อนมากกว่าเวลาที่ใช้ ถูกพิจารณาโดยหมายเลขของกระบวนการ และค่าตัวแปรจัดการ ในคอนโทรลอัลกอริทึม เหตุนี้เป็นเหตุผลทำไมคอนโทรลเลอร์หลายตัวแปรไม่เหมาะสมสำหรับ rapid control และส่วนมากใช้เพื่อระบบช้าๆ, ควบคุมอย่างซับซ้อน

หน่วยประมวลผลต้องการ computation time มาชัดเจนค่าจริง ซึ่งมี sample times เข้ามาก > 20s ใช้สำหรับแอปพลิเคชัน ModPreCon ซึ่ง ModPreCon มักจะอยู่ใน OB30 และสามารถถูกรบกวนโดย OBs ที่เร็วกว่า

การเพิ่มประสิทธิภาพจะถูกเรียกภายในบล็อก ModPreCon ในส่วนของโปรแกรมซึ่ง OB1 ถูกดำเนินการ ในวัฏจักรการปฏิบัติงาน

ทฤษฎีการปฏิบัติงาน

บล็อก ModPreCon คือตัวควบคุมหลายตัวแปรที่ทำนายกระบวนการเกี่ยวกับโมเดลใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ ของระบบไดนามิครวมถึงการเชื่อมต่อทั้งหมดในส่วนตัวควบคุม โมเดลอนุญาตให้การตอบสนองของระบบทำนายช่วงเวลาในอนาคต รู้ได้จากเส้นแนวราบของส่วน การทำนาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นฐานของการทำนาย , การเลือกให้พอดี (คุณภาพ) มีการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการเปลี่ยนแปลงดังนี้

- W ประกอบด้วย time series ของค่าเป้าหมายในอนาคต
- Y ประกอบด้วย เวกเตอร์ของตัวแปรควบคุมในอนาคต
- Δu ประกอบด้วย การเปลี่ยนเป็นค่า ตัวแปรจัดการ ในอนาคต

ถ้าเพิ่มน้ำหนักของ Q เมทริกเส้นทแยงมุม ควบคุมการเคลื่อนย้ายตัวแปรจัดการมากขึ้น ผลคือช้ากว่าแต่คอนโทรลแอกชันแข็งแกร่งกว่า ใช้น้ำหนักเพคเตอร์ของ R เมทริกเส้นทแยงมุม โดยระบุมความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรควบคุม higher weighting สำหรับตัวแปรคอนโทรลหมายถึง การย้ายได้อย่างรวดเร็วต่อ 1 ค่าเป้าหมาย และยังคงแม่นยำที่ค่าเป้าหมายใน สภาวะสแตเดีย ถ้ามันเป็นไปไม่ได้ที่จะประสบความสำเร็จอย่างแม่นยำ

การคอนฟิก

ใช้ CFC editor เพื่อติดตั้งบล็อกในวัฏจักร OB (OB30 to OB38) บล็อกจะถูกติดตั้งอัตโนมัติ ใน startup OB (OB100).

หลังจากติดตั้งใน CFC ทำตามขั้นตอนดังนี้

- 1 กระตุ้นกระบวนการด้วยตัวควบคุมในโหมดปรับมือโดยเปลี่ยนปลั๊กของค่าตัวแปรจัดการในการเปลี่ยนแปลงสแต็บ
- 2 บันทึกค่าที่วัดด้วย CFC เทรนดิสเพล และนำออกเป็น archive file
- 3 ใส่หมายเลขของบล็อกข้อมูล ที่ DB_No เป็นตัวแปรอินพุตของบล็อก MPC ค่าถูกรับเข้าในตัวควบคุมโดยการ restart บล็อก ใช้ตัวแปรอินพุตที่เริ่มใหม่
- 4 เลือก ModPreCon ใน CFC เริ่มการ Configurator ด้วยคำสั่ง Edit > MPC Configurator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อื่นๆเช่น การอื่นใดบนโลกใบนี้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5 ใช้ตัวคอนฟิก สร้างแหล่งโคัดสำหรับบล็อก user data (DB) ประกอบด้วยโมเดลและเมทริก เป็นที่ต้องการสำหรับ ModPreConinstance

6 Compile SCL source code ใน ES และ download ลง AS

Startup characteristics

เมื่อหน่วยประมวลผลเริ่มต้นทำงาน บล็อกจะเริ่มต้นในโหมดปรับมือเสมอ เป็นไปได้ที่จะเปลี่ยนเป็นโหมดอัตโนมัติ เมื่อบล็อก user data ถูกเพิ่มข้อมูล และค่าที่ถูกวัดภายในหน่วยความจำ ถูกเติมลงไป

ก.2 FbAnIn (Analog input driver for field devices)

ประเภท+หมายเลข : FB 1813

ตระกูล : Channel

พื้นที่ของแอปพลิเคชัน

บล็อกนี้ใช้สำหรับการประมวลผลสัญญาณตามทรานสมิตเตอร์ ด้วยโปรฟิบบัสพีเอของ อนาล็อกคอินพุต คือ อุปกรณ์หน้างานแบบพีเอด้วยโปรฟิบบัส 3.0 class A and B, ตัวช่วยการเปลี่ยนแปลงของอุปกรณ์ HART และสำหรับอุปกรณ์หน้างานแบบ foundation field bus

การทำงาน

บล็อก FbAnIn จะอ่านค่าของกระบวนการและสถานะสัญญาณของอุปกรณ์หน้างาน จาก process image ค่าของกระบวนการสามารถเข้าถึงได้แบบตัวแปรฟิสิเคิล และสัญญาณสถานะประกอบไปด้วยข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของอุปกรณ์หน้างาน

การคอนฟิก

ใช้ CFC editor เพื่อติดตั้งบล็อกในวัฏจักร interrupt OB (OB30 to OB38) เชื่อมต่อกับสัญลักษณ์ที่สร้างขึ้นฮาร์ดแวร์คอนฟิกสำหรับอินพุตแชลเนล ด้วยตัวแปรอินพุตของตัวแปรกระบวนการ
ไม่ว่ากรณีใดก็ตามเมื่อฟังก์ชัน CFC ชื่อ "Generate module drivers" ถูกใช้สิ่งเหล่านี้จะเกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติ คือ

ตัวแปรอินพุตเอาต์พุต เชื่อมต่อกับพารามิเตอร์ corresponding output ชื่อ OMODE_xx ของบล็อก MOD_PAL0, FF_MOD32- or MOD_PAX0 , ตัวแปรอินพุตเอาต์พุต เชื่อมต่อกับพารามิเตอร์ corresponding output ชื่อ DXCHG_xx ของบล็อก MOD_PAL0, FF_MOD32 - or MOD_PAX0 , ไอคอนสำหรับสถานะสัญญาณของเซลล์ลอจิกอินพุต เชื่อมต่อกับอินพุต PV_ST และ ตัวแปร MS เชื่อมต่อกับ ตัวแปรเอาต์พุต O_MS ของบล็อกไดรเวอร์ที่วินิจัย

n.3 FbAnOu (Analog output driver for field devices)

ประเภท+หมายเลข : FB 1814

ตระกูล : Channel

พื้นที่ของแอปพลิเคชัน

บล็อกนี้ใช้สำหรับการประมวลผลสัญญาณตามตัวกระทำ (Actuator) ด้วยโปรพิบัส พีเอ ของลอจิกอินพุต คือ อุปกรณ์หน้างานแบบพีเอด้วยโปรพิบัส 3.0 class A and B, ตัวช่วยการเปลี่ยนแปลงของอุปกรณ์ HART และสำหรับอุปกรณ์หน้างานแบบ foundation field bus

การทำงาน

บล็อก FbAnOu จะอ่านค่าของกระบวนการและสถานะสัญญาณของอุปกรณ์หน้างาน จาก process image ค่า process value สามารถเข้าถึงได้แบบตัวแปรฟิลิเคิล และสัญญาณสถานะประกอบไปด้วยข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของอุปกรณ์หน้างาน

การคอนฟิก

ใช้ CFC editor เพื่อติดตั้งบล็อกในวัฏจักร interrupt OB (OB30 to OB38) บล็อกจะติดตั้งอย่างอัตโนมัติใน startup OB (OB100). คุณต้องเชื่อมต่อแต่ละสัญญาณของบล็อกด้วยสัญลักษณ์ที่กำหนดไว้ในฮาร์ดแวร์คอนฟิกหรือใน symbol table ตามการคอนฟิกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ PA	ประเภทของข้อมูล	I/O
Rbk	REAL	อินพุต
RCasOut	REAL	อินพุต
PosD	BYTE	อินพุต
SP	REAL	เอาต์พุต
RCasIn	REAL	เอาต์พุต

เมื่อฟังก์ชัน CFC ชื่อ "Generate module drivers" ถูกใช้ สิ่งเหล่านี้จะเกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติ คือ ตัวแปรตัวแปรอินพุตเอาต์พุต เชื่อมต่อกับพารามิเตอร์ corresponding output ชื่อ OMode_xx ของบล็อก MOD_PAL0, FF_MOD32- or MOD_PAX0, ตัวแปรตัวแปรอินพุตเอาต์พุต เชื่อมต่อกับพารามิเตอร์ corresponding output ชื่อ DataXchg ของบล็อก MOD_PAL0, FF_MOD32- or MOD_PAX0, ตัวแปร MS เชื่อมต่อกับ ตัวแปรเอาต์พุต O_MS ของบล็อกไดร์เวอร์ ที่วินิจฉัย และ การตอบสนองของ signal status จะถูกเชื่อมต่อขึ้นอยู่กับการ configuration ข้อมูล อ้างอิง

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ PA	ประเภทของข้อมูล	I/O
RbkST	BYTE	อินพุต
RCasOutST	BYTE	อินพุต
PosD_ST	BYTE	อินพุต
SP_ST	BYTE	เอาต์พุต
RCasIn_ST	BYTE	เอาต์พุต
CbkBy0	BYTE	อินพุต
CbkBy1	BYTE	อินพุต
CbkBy2	BYTE	อินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้