



## การควบคุมกระบวนการอัตโนมัติ

## Automatic Process Control

โดย

นายกิริติ อินทปັນ  
นายปฏิคม คงระเรื้อย  
นายศรารุช สมสุวรรณ  
นายชัยศ สิริกำจร  
นายประวิทย์ คงถาวรนันต์  
นายสุชาติ เวตสะภักดิ์

วัน เดือน ปี..... 29 ก.ย. 2541  
เลขทะเบียน..... 038037  
เลขเรียกหนังสือ..... T 99057 ศ 695 ก.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

ปริญญาโทปีการศึกษา 2539


ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง การควบคุมกระบวนการอัตโนมัติ

(Automatic Process Control)

ผู้จัดทำ

นายเกียรติ	อินทปิ่น	37012098
นายปฏิคม	คงระเรื้อย	37012099
นายศราวุธ	สมสุวรรณ	37012118
นายชัยยศ	ศิริกำจร	37013414
นายประวิทย์	คงถาวรนันต์	37013429
นายสุชาติ	เวสสะภักดิ์	37013451



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(วิริยะ กองรัตน์)

## การควบคุมกระบวนการอัตโนมัติ

นายกิติ อินทปิ่น  
นายปฏิคม คงระเรือบ  
นายศราวุธ สมสุวรรณ  
นายชัยศ ศิริกำจร  
นายประวิทย์ คงถาวรนนท์  
นายสุชาติ เวสสะภักดี  
อาจารย์ที่ปรึกษา  
อาจารย์วิริยะ กองรัตน์  
ปีการศึกษา 2539

### บทคัดย่อ

โครงการนี้จะกล่าวถึงนี้เป็นโครงการซึ่งจำลองการควบคุมระดับของของเหลวและการควบคุมความดันของอากาศในถังตามค่าเป้าหมายที่ได้ตั้งเอาไว้ แม้ว่ากระบวนการทั้งสองจะแยกอิสระต่อกันแต่กระบวนการที่กล่าวข้างต้นนี้จะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ PC เพียงตัวเดียวซึ่งใช้ซอฟต์แวร์เจเนซิส ( GENESIS ) เป็นตัวปฏิบัติการ การที่คอมพิวเตอร์จะควบคุมกระบวนการได้นั้นผู้ปฏิบัติงานต้องสร้างรูปการควบคุมให้ตรงตามกระบวนการจริง สำหรับการรับค่าสถานะต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงในการตัดสินใจแก่สมองของคอมพิวเตอร์ ( CPU ) ซึ่งจะก่อให้เกิดการควบคุมที่แม่นยำ, ตรงตามเป้าหมายและมีค่าผิดพลาดที่น้อยที่สุด ทำให้กระบวนการนั้นๆ มีเสถียรภาพคอมพิวเตอร์จะเป็นทั้งสมองส่วนกลางในการตัดสินใจตลอดจนรับค่าสถานะต่างๆ เพื่อแสดงผลให้ผู้ปฏิบัติงานได้ทราบ อีกทั้งยังสามารถเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมายของกระบวนการได้ด้วยแป้นพิมพ์

## AUTOMATIC PROCESS CONTROL



Mr.KEERATI INTAPAN  
Mr.PATIKOM KONGRARAU  
Mr.SARAVUT SOMSUWAN  
Mr.CHAIYOTE SIRIKUMCHORN  
Mr.PRAWIT KONGTAVORNNUN  
Mr.SUCHART WESSAPAKDEE  
ADVISOR  
Mr.VIRIYA KONGRATANA  
ACADEMIC YEAR 1996

### Abstract

Automatic Process Control project is imitating level control of liquid and simulation pressure control of air in tank following setpoint setting. Although both process are independence, but they are controlled by only one PC with genesis software. However it can control those process successful when operator create control loop pertinently with real process. To receive every status of process to be reference data for accurately decide of CPU following setpoint setting, least error and stability of process. Computer is central processing control for every decision, receive data from local, and display every factors to operator. Then operator can change setpoint value by keyboard.

## สารบัญ

	หน้า
บทนำ	1
บทที่ 1 ทฤษฎีการควบคุมกระบวนการ	2
ระบบควบคุมกระบวนการ	2
ประเภทของการควบคุม	4
ผลตอบสนองของระบบควบคุมแบบป้อนกลับแต่ละชนิด	8
บทที่ 2 การควบคุมแบบ PID และการนำไปใช้งาน	18
ลักษณะสมบัติของโปรเซส	18
การปรับค่า PID	21
ผลของ PID ต่อเสถียรของระบบ	24
คุณภาพของการควบคุม	27
วิธีการปรับ PID	28
การรบกวนกันและกันของค่า PID	31
วิธีตั้งค่า PID ในตัวควบคุมที่มีการรบกวนกัน	32
บทที่ 3 ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์	35
ข้อมูลทั่วไป	35
Product Specification	37
การติดตั้ง	39
Signal Connection	48
วงจรที่ใช้ในการควบคุมโปรเซส	51
วงจรแปลงแรงดันเป็นกระแส	51
วงจรไดร์เวอร์สำหรับคิวิตอลเอาต์พุต	52
การนำไปประยุกต์ใช้	53
บทที่ 4 การแนะนำโปรแกรมเจนเนซิส	54
โครงสร้าง GENESIS	54
เข้าสู่ระบบ	54
มาถึงส่วนใช้งาน	58
การเลือกใช้	62
บทที่ 5 การนำเจนเนซิสไปใช้งาน	64
บทที่ 6 การทดลองเรื่อง การศึกษาคุณสมบัติระหว่างรูปการควบคุม	85
แบบเดี่ยว และการควบคุมแบบคาสเคดต่อการตอบสนอง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
ของกระบวนการเมื่อมีสัญญาฉบับรวม	
สรุปโครงการ	89
กิตติกรรมประกาศ	90
บรรณานุกรม	91



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมในประเทศไทยได้มีการเจริญเติบโตอย่างสูง อีกทั้งยังต้องมีการแข่งขันกับอารยประเทศในการผลิตสินค้า (Product) ให้ได้มาตรฐานตามยุคของโลกาภิวัตน์ ซึ่งเปรียบเสมือนโลกไร้พรมแดนด้วยสาเหตุนี้เอง การที่จะผลิตสินค้า (Product) ให้ได้มาตรฐานนั้น จำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูงในการควบคุมตัวแปรในการผลิตต่างๆ มากมาย ซึ่งเกินขีดความสามารถของมนุษย์หรือผู้ปฏิบัติงานที่จะคอยควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ด้วยตนเอง อีกทั้งยังนำมาซึ่งการเบี่ยงเบนการทำงาน ก่อให้เกิดข้อผิดพลาดต่างๆอีกมากมาย

การควบคุมกระบวนการอัตโนมัติ จึงได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อวงการอุตสาหกรรมในประเทศไทย ปัจจุบันได้มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามามีใช้ในการควบคุมกระบวนการ อีกทั้งยังมีบริษัทผู้ผลิตซอฟต์แวร์ชั้นนำได้หันมาให้ความสนใจแก่การเขียนซอฟต์แวร์เพื่อรองรับการควบคุมแบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมให้มีขีดความสามารถมากขึ้นพร้อม ทั้งยังเพิ่มความสะดวกสบายแก่ผู้ปฏิบัติงานให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างเต็มที่ และรักษาคุณภาพของกระบวนการผลิตให้คงที่ได้อีกด้วย

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นจึงนำมาซึ่งวัตถุประสงค์ของคณะผู้จัดทำ กล่าวคือ ถ้าการควบคุมตัวแปรต่างๆ ของกระบวนการสามารถกระทำได้อัตโนมัติบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ตลอดจนสามารถแสดงค่าสถานะต่างๆ ให้ผู้ปฏิบัติงานได้ทราบโดยที่ผู้ปฏิบัติงานอยู่หน้าคอมพิวเตอร์เท่านั้น จะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อระบบการผลิต, สามารถควบคุมคุณภาพสินค้าได้ตรงตามมาตรฐาน ,ลดอัตราการเกิดความเสียหายต่างๆ ต่อระบบการผลิต,ลดต้นทุนในการผลิตและเพิ่มขีดความสามารถในการควบคุมระบบการผลิตที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน ได้ดียิ่งขึ้น

## บทที่ 1

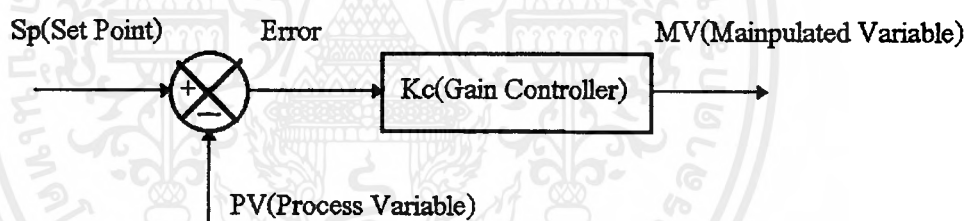
## ทฤษฎีการควบคุมกระบวนการ

## ระบบควบคุมกระบวนการ (process Control System)

## การควบคุมกระบวนการแบบอัตโนมัติ (Automatic Process Control)

การควบคุมกระบวนการแบบอัตโนมัติเป็นเรื่องเกี่ยวข้องกับค่าตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการ (Process Variable) เช่น อุณหภูมิ (temperature) ความดัน (pressure) อัตราการไหล (flows) และตำแหน่งต่าง ๆ (composition) ในการควบคุมกระบวนการให้เป็นผลสำเร็จได้นั้น

เราต้องการความคลาดเคลื่อน (error) โดยการวัด ค่าตัวแปรเหล่านี้ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าตัวแปรที่ตั้งไว้ (set point) แล้วตัดสินใจว่าจะทำอย่างไรกับค่าความแตกต่างนี้ เพื่อให้ได้ค่าที่เราต้องการซึ่งการทำงานเหล่านี้สามารถทำได้โดยใช้ผู้ปฏิบัติการ (operator) แต่ในโรงงานส่วนใหญ่แล้วจะมีค่าตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้มากมาย ทำให้ต้องใช้คนมากมายตามไปด้วย ดังนั้นการใช้เครื่องมือที่มีความสามารถควบคุมกระบวนการได้โดยอัตโนมัติ จึงเป็นวิธีที่ดีกว่า



รูปที่ 1.1 การควบคุมกระบวนการ

ในการทำงานเช่นนี้ ระบบควบคุมจะต้องได้รับการออกแบบมาให้มีส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับการควบคุม 4 อย่าง ดังนี้

1. ตัวตรวจจับสัญญาณ (sensor) เป็นอุปกรณ์ตัวแรก (primary element)
2. ตัวส่งผ่านสัญญาณ (transmitter) เป็นอุปกรณ์ตัวที่สอง (secondary element)
3. ตัวควบคุม (controller) เป็นสมองของระบบควบคุม
4. อุปกรณ์ควบคุมตัวสุดท้าย (final control element) เป็นตัวส่งสัญญาณไปที่ระบบปฏิบัติการ 3 อย่างที่ต้องมีในระบบควบคุม คือ

1. การวัด (Measurement) การวัดค่าตัวแปรที่ถูกควบคุม กระทำโดยตัวตรวจจับสัญญาณและตัวส่งผ่านสัญญาณ

2. การตัดสินใจ (Decision) ขึ้นอยู่กับการวัดตัวควบคุมต้องตัดสินใจว่าจะทำอะไร เพื่อให้ได้ค่าตัวแปรตามที่เราต้องการ

3. การกระทำ (Action) เป็นผลงานของการตัดสินใจของตัวควบคุมระบบจะต้องถูกกระทำโดยอุปกรณ์ควบคุมตัวสุดท้าย

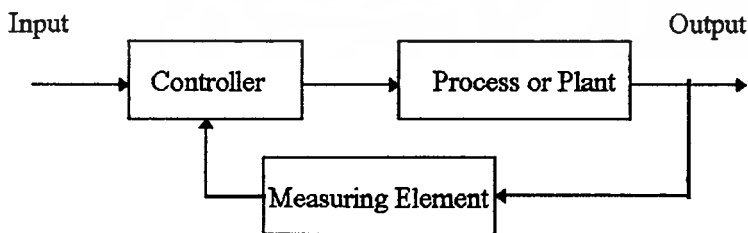
ระบบควบคุมอาจแบ่งอย่างง่ายๆ ออกเป็น 2 แบบคือ ระบบควบคุมแบบ closed loop และระบบควบคุมแบบ open loop

ระบบควบคุมแบบ open loop เป็นระบบควบคุมที่เอาต์พุตของระบบจะไม่มีผลต่อการควบคุมเลย นั่นคือ เอาต์พุตของระบบจะไม่ถูกวัด หรือถูกป้อนกลับเพื่อมาเปรียบเทียบกับอินพุต



รูปที่ 1.2 ระบบควบคุมแบบ open loop

ระบบควบคุมแบบ closed loop เป็นระบบควบคุมแบบหนึ่งซึ่งสัญญาณเอาต์พุตจะมีผลโดยตรงต่อการควบคุม ดังนั้นระบบควบคุมแบบ closed loop ก็คือระบบควบคุมแบบป้อนกลับนั่นเอง สัญญาณค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งเป็นสัญญาณความแตกต่างระหว่างสัญญาณอินพุตกับสัญญาณการป้อนกลับ เพื่อที่จะลดค่าความคลาดเคลื่อน ให้น้อยลงและทำให้เอาต์พุตของระบบมีค่าความที่ต้องการ สัญญาณการป้อนกลับนี้อาจเป็นสัญญาณจากเอาต์พุตโดยตรงหรือเป็นสัญญาณที่อยู่ในรูปของฟังก์ชันก็ได้

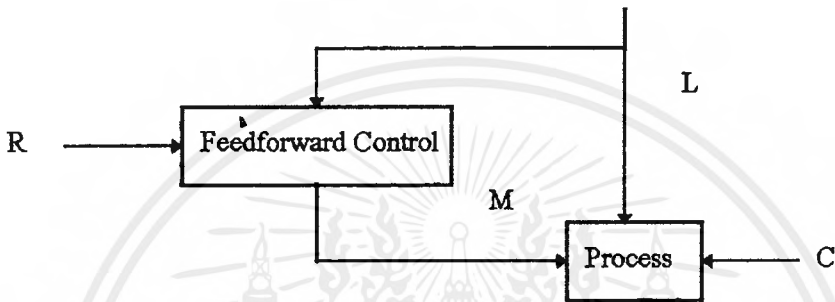


รูปที่ 1.3 ระบบควบคุมแบบ closed loop

## ประเภทของการควบคุม (Control Strategies)

### การควบคุมแบบไปข้างหน้า (Feedforward Control)

จุดประสงค์ของการควบคุมแบบไปข้างหน้า คือ การวัดการรบกวนกระบวนการ และชดเชยให้กับมัน ก่อนที่ค่าตัวแปรที่ถูกควบคุมจะเบี่ยงเบนไปจากค่าที่ตั้งไว้ ถ้าเราประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง ค่าตัวแปรที่ถูกควบคุมจะไม่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย

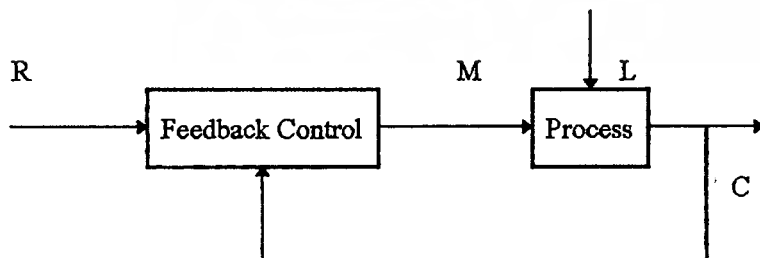


รูปที่ 1.4 การควบคุมแบบไปข้างหน้า (Feedforward Control)

### การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control)

ข้อได้เปรียบ (advantages) ของการควบคุมแบบป้อนกลับ คือ เป็นวิธีการที่ง่ายที่ชดเชยการรบกวนกระบวนการทุกชนิดการรบกวนกระบวนการทุก ๆ ตัว จะมีผลต่อตัวแปรที่ถูกควบคุมและเมื่อค่าตัวแปรเบี่ยงเบนไปจากค่าที่ตั้งไว้ ตัวควบคุมจะเปลี่ยนแปลงค่าเอาที่พุงให้กลับเข้าสู่ค่าเป้าหมาย

ข้อเสียเปรียบ (disadvantages) ของการควบคุมแบบป้อนกลับ คือ มันสามารถชดเชยการรบกวนได้เพียงหลังจากที่ตัวแปรที่ถูกควบคุม เบี่ยงเบนไปจากค่าที่ตั้งไว้แล้วเท่านั้น นั่น คือ การรบกวนจะกระจายไปยังกระบวนการทั้งหมด ก่อนที่การควบคุมแบบป้อนกลับจะชดเชยให้มัน



รูปที่ 1.5 การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control)

## ตัวควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control)

การกระทำของตัวควบคุม (Action of control)

1. Reverse Action, Decrease คือ เมื่อสัญญาณอินพุตเข้าสู่ Controller เพิ่มขึ้นจะทำให้สัญญาณเอาต์พุตของ controller ลดลง
2. Direct Action, Increase คือ เมื่อสัญญาณอินพุตเข้าสู่ controller เพิ่มขึ้นจะทำให้สัญญาณเอาต์พุตของ controller เพิ่มขึ้น

รูปแบบของตัวควบคุมแบบป้อนกลับ (Types of Feedback Controller)

Proportional Controller (P)

ตัวควบคุมแบบ P เป็นแบบที่ง่ายที่สุด หรือที่เรียกว่า on-off controller ซึ่งมีสมการที่อธิบายการทำงานดังนี้

$$m(t) = \bar{m} + K_c [r(t) - c(t)] \quad \text{----- (1)}$$

หรือ

$$m(t) = \bar{m} + K_c e(t) \quad \text{----- (2)}$$

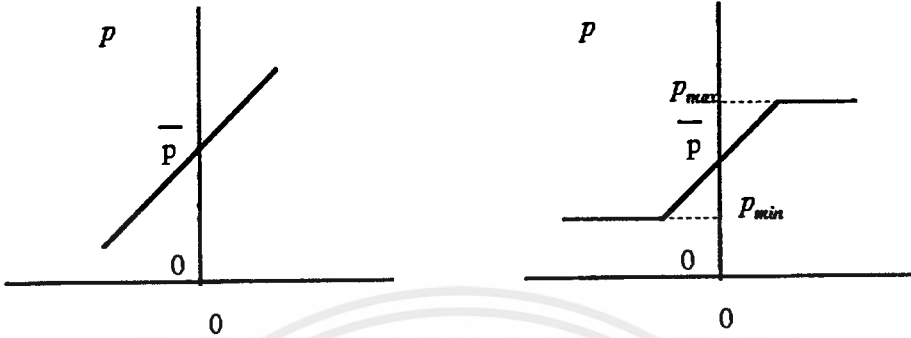
เมื่อ  $m(t)$  = เอาต์พุตจากตัวควบคุม หน่วย psig หรือ mA  
 $r(t)$  = ค่าเป้าหมาย หน่วย psig หรือ mA  
 $c(t)$  = ตัวแปรที่ถูกควบคุม หน่วย psig หรือ mA  
 $e(t)$  = สัญญาณที่ผิดพลาด หน่วย psig หรือ mA (เป็นความแตกต่างระหว่างค่าเป้าหมายและตัวแปรที่ถูกควบคุม)

$K_c$  = ค่า gain ของ controller หน่วย psi/psi หรือ mA/mA

$\bar{m}$  = ค่า bias หน่วย psig หรือ mA ความสำคัญของค่านี้ คือ เอาต์พุตจาก controller เมื่อค่าผิดพลาดมีค่าเป็นศูนย์ ปกติแล้วค่านี้จะถูกตั้งไว้ที่กึ่งกลางสเกลในระหว่างการ calibration ของตัวควบคุม (9 psig หรือ 12 mA)

สมการที่ (1) และ (2) แสดงให้เห็นว่า เอาต์พุตของ controller เป็นสัดส่วน โดยตรงกับ error ระหว่างจุด set point และตัวแปรที่ถูกควบคุม สัดส่วนนี้เกิดขึ้นโดยมีค่า gain ของ controller หรือที่เรียกว่า controller sensitivity

ข้อได้เปรียบของ controller แบบนี้คือ มี tuning parameter เพียงตัวเดียวคือ  $K_c$  แต่ก็มีข้อเสียคือมี OFFSET หรือ steady state error กล่าวคือ error term,  $e(t)$  ไม่สามารถเป็นศูนย์ได้ที่ steady state



รูปที่ 1.6 พฤติกรรมในอุดมคติ Proportional Control (ความชันของเส้น  $K_c$ ), ซ้าย

รูปที่ 1.7 พฤติกรรมตามความเป็นจริงของ Proportional Control, ขวา

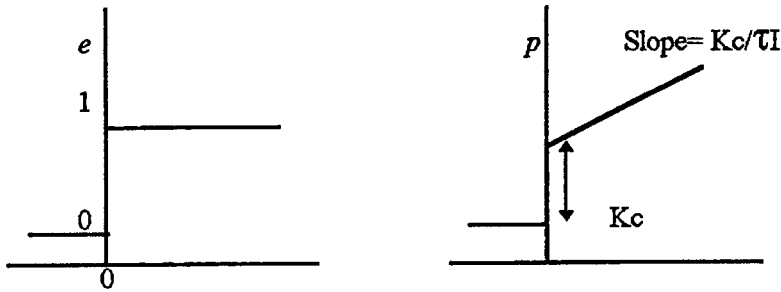
### Proportional Integral Controller (PI)

มีหลายกระบวนการที่ไม่สามารถควบคุมได้ด้วยว่า offset นั่นคือ ต้องถูกควบคุมไว้ที่ set point ในกรณีนี้เรามีการเพิ่มอีกเทอม ของการควบคุมเข้าไป เราเรียกเทอมนี้ว่า integral หรือ reset action ดังสมการดังต่อไปนี้

$$m(t) = \bar{m} + K_c e(t) + (K_c/TI) \int e(t) dt$$

เมื่อ  $TI = \text{integral หรือ reset หน่วย นาทีต่อรอบ}$

นั่นคือ PI Controller จะมีตัวแปรสองตัวคือ  $K_c$  และ  $TI$  ที่ใช้ปรับแต่งให้ได้การควบคุมที่ต้องการ โดยค่า gain จะมากขึ้นเมื่อเพิ่ม integral หรือ reset action และเมื่อใดก็ตามที่ error ยังคงมีอยู่ในสมการ controller จะเปลี่ยนแปลงเอาท์พุทของตัวมัน โดยทำการรวม error เพื่อกำจัด error



รูปที่ 1.8

### Proportional-Integral-Derivative Controller (PID)

จะมีการเพิ่มเทอม derivative action เพื่อให้ controller สามารถทำนายล่วงหน้าได้ในขณะที่กระบวนการกำลังดำเนินอยู่ โดยการคำนวณการเกิดขึ้นของ error สมการที่ใช้อธิบายมีดังนี้

$$m(t) = m + K_c e(t) + (K_c / \tau_I) \int e(t) dt + K_c \tau_D de(t)/dt$$

เมื่อ

$\tau_D$  = derivative หรือ rate time (นาที)

PID Controller จะใช้กระบวนการคงที่เป็นระยะเวลานาน เช่น อุณหภูมิหรือ concentration loop กระบวนการคงที่เป็นเวลาสั้น (มีความจุน้อย) จะเร็วและไวต่อสัญญาณรบกวน Process เช่น Flow loop และกระบวนการที่คงที่กินเวลาเป็นระยะเวลานาน (มีความจุน้อย) มักจะเกิดการแกว่งแต่ความไวต่อสัญญาณรบกวนจะน้อย แต่ต้องระวังการรบกวนในสัญญาณ transmitter

Transfer Function ของการใช้งานจริงมีดังนี้

$$M(s)/E(s) = K_c(1+1/\tau_I)((\tau_D s+1)/(\alpha \tau_D s+1))$$

ค่า  $\alpha$  จะประมาณอยู่ระหว่าง 0.05-0.1

### Proportional-Derivative Controller (PD)

Controller ชนิดนี้จะใช้กับ Process ที่ Proportional เท่านั้นและมีสมการที่ใช้อธิบาย คือ

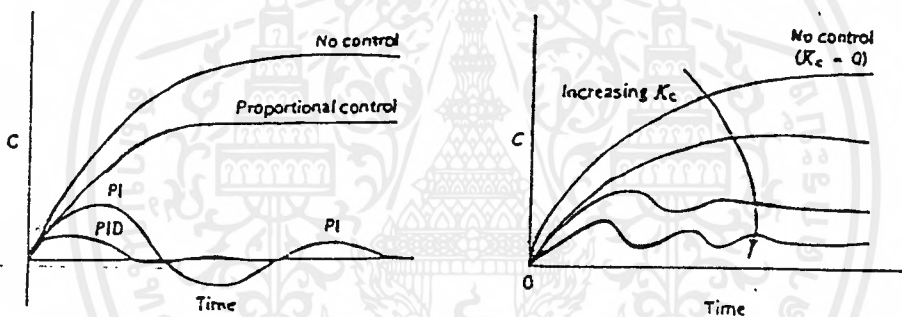
$$m(t) = \bar{m} + K_c e(t) + K_c T_D de(t)/dt$$

และ ideal transfer function คือ

$$M(s)/E(s) = K_c (1+TDs)$$

ข้อเสียของ PD Controller คือการทำงานด้วยค่า Offset ในตัวแปรที่ถูกควบคุมอย่างไรก็ดี PD Controller จะมี gain รวมที่สูงกว่า ส่งผลทำให้มี offer ที่ต่ำใน P Controller ใน loop เดียวกัน

### ผลตอบสนองของระบบควบคุมแบบป้อนกลับแต่ละชนิด (Typical Response of feedback Control System)

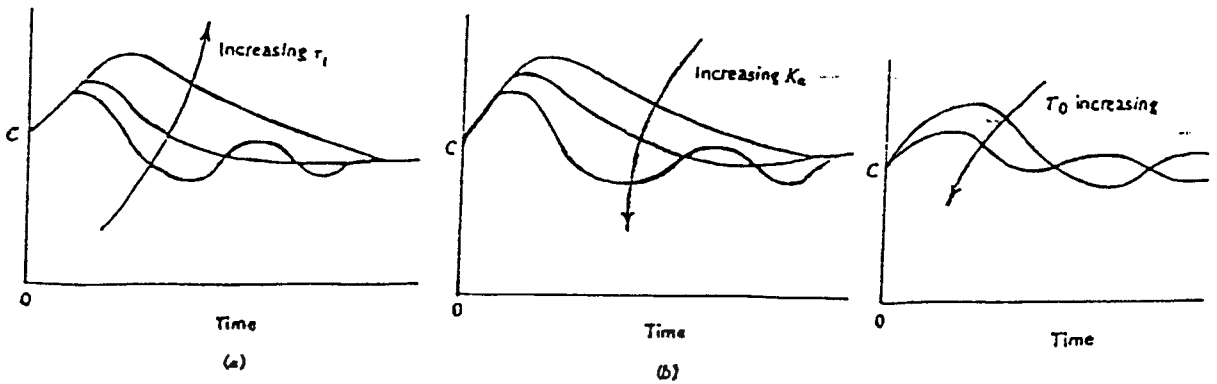


รูปที่ 1.9 ผลตอบสนองของ Process แต่ละชนิดใน Feedback Control

รูปที่ 1.10 ผลของ Gain Controller ใน P control

รูปที่ 1.9 แสดงพฤติกรรมของกระบวนการที่ถูกควบคุมหลังจากเกิดการเปลี่ยนแปลงโหลด (load change) แบบขึ้นบันได (step) ตัวแปรที่ถูกควบคุม C แสดงค่าเบี่ยงเบนจากค่าสถานะเริ่มต้น

ถ้าไม่มีการควบคุมแบบ ป้อนกลับ กระบวนการจะค่อย ๆ ขึ้นไปสู่สถานะคงที่ค่าใหม่การควบคุมแบบ Proportional จะเร่งการตอบสนองของกระบวนการและ ลด offset การเพิ่มกระบวนการควบคุมแบบ integral จะกำจัด offset แต่มีแนวโน้มที่จะแกว่ง (oscillate) มากขึ้น การเพิ่มการกระทำ derivative จะลดขนาดของการ oscillation และเวลาในการตอบสนองการใช้ P,PI,PID Controller ใ้ว่าจะตอบสนองแบบแกว่งเสมอไป ขึ้นอยู่กับ การตั้งค่าของ Controller ( $K_c, \tau_I, \tau_D$ ) และการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการด้วย



รูปที่ 1.11 (a) ผลของ Reset time (b) ผลของ Gain Controller

รูปที่ 1.9-1.11 แสดงผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ที่จัดตั้งไว้ของ controller แต่ละค่า โดยปกติแล้วการเพิ่ม gain มีแนวโน้มที่จะทำให้ผลการตอบสนองของกระบวนการเร็วขึ้น แต่ถ้าค่า  $K_c$  มากเกินไป ผลตอบสนองจะแสดงขนาดของการ oscillation ที่ไม่ต้องการ หรืออาจจะไม่เสถียร (unstable) เลยกี่ได้

การเพิ่ม Reset time จะทำให้การควบคุมแบบ PLPID ช้าลง ในการทฤษฎี offset จะหายไปสำหรับค่า  $\tau_I$  ตั้งแต่ 0 ถึง  $\infty$  แต่สำหรับค่า  $\tau_I$  ที่มีมากเกิดไป ค่าตัวแปรที่ถูกควบคุมจะเข้าสู่ SP ช้าลงมาก ๆ หลังจากการเปลี่ยนแปลง load หรือ SP

เป็นการยากที่จะอธิบายเกี่ยวกับผลของ derivative  $\tau_D$  สำหรับค่า  $\tau_D$  น้อย ๆ การเพิ่มมีแนวโน้มที่จะปรับปรุง ผลสนองโดยการลดการเบี่ยงเบนสูงสุด (maximum deviation) เวลาการตอบสนอง (response time) และขนาดของการแกว่ง (degree of oscillation) อย่างไรก็ตามถ้า  $\tau_D$  มากเกินไป สัญญาณรบกวนจากการวัดมีแนวโน้มที่จะขยาย (amplify) และการตอบสนองจะเริ่ม oscillate นั่นคือ ค่ากลางของ  $\tau_D$  จะดีที่สุด

### First - Order

ผลการตอบสนองของระบบ First - Order

จากความสัมพันธ์สำหรับการตอบสนอง (response) แบบไดนามิกส์ stirred-tank heater แบบง่าย เพื่อหาว่าอุณหภูมิที่ออกมา จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เมื่ออินพุตตัวใดตัวหนึ่ง คือ  $Q(s)$  หรือ  $T(s)$  ถูกเปลี่ยนไปเราจะใช้ transfer function แบบ first order ทั่วๆ ไปเป็น

$$PV(s)/MV(s) = K/\tau s + 1$$

เมื่อค่า  $K$  เป็นค่า gain ของ process และ  $\tau$  เป็นค่า time constant

ในการตรวจรูปแบบเฉพาะของอินพุท  $X(s)$  บางรูปแบบจะได้สมการของ  $PV(s)$  และผลตอบสนองของ  $PV(s)$  ดังนี้

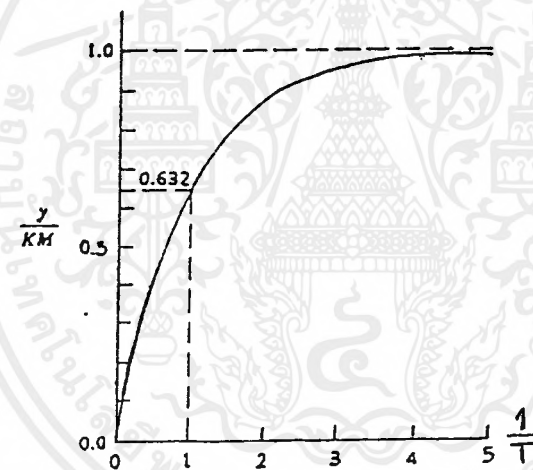
ผลตอบสนองแบบ step (step response)

สำหรับอินพุทแบบ 1 step ที่มีขนาด  $M$ ,  $MV(s) = M/s$  และ

$$PV(s) = MK/s(\tau s + 1)$$

จะได้ผลตอบสนองที่ขึ้นอยู่กับเวลาเป็น

$$PV(t) = MK(1 - e^{-t/\tau})$$



รูปที่ 1.12 ผลตอบสนองของระบบแบบ step สำหรับ first order process

จากรูป curve ของความถี่ที่แสดงว่า process แบบ first order ไม่ได้ตอบสนองอย่างทันทีทันใด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอินพุทอย่างรวดเร็ว ในความจริงแล้วหลังจากเวลาหนึ่งเท่ากับ time constant ของ process กล่าวคือ เราจะพบผลตอบสนองของ process จะไม่เท่ากับค่าใหม่ที่สถานะคงที่ จะประมาณให้มีค่าเป็นค่าใหม่เมื่อ  $t$  เท่ากับ 3 ถึง 5 เท่าของ time constant

## Second order

ผลตอบสนองของระบบแบบ second order

transfer function แบบ second order สามารถเกิดขึ้นได้ตามลักษณะของกายภาพเมื่อไรก็ตามที่ process แบบ first order 2 process ถูกต่อเข้าด้วยกันแบบอนุกรม bandpass filter circuit

ซึ่งจะได้สมการเป็น

$$G(s) = PV(s)/MV(S) = K_1 K_2 / (\tau_1 s + 1) \\ = K / (\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)$$

เมื่อ  $K = K_1 K_2$  และจะพิจารณา transfer function แบบ second order ในกรณีที่มีรูปแบบมาตรฐานเป็น

$$G(s) = K / \tau^2 s^2 + 2\zeta\tau s + 1$$

เราสามารถหวังให้การเกิดขึ้นของกรณีดังกล่าวข้างล่างด้วยเทอมของ time delay transfer function แบบ first order  $K$  เป็นค่า gain ของ process,  $\tau$  กำหนดความเร็วการตอบสนองของระบบถ้า parameter ใหม่  $\zeta$  (zeta) จะไม่มีขนาดเป็นตัววัดจำนวนของ damping ในระบบนั้นคือระดับการแกว่งในผลตอบสนองของระบบหลังจากมีการรบกวนเกิดขึ้นค่าของ  $\zeta$  ที่มีค่าน้อยแสดงว่าเกิด damping เพียงเล็กน้อย

transfer function แบบ second order ส่วนใหญ่ที่ปรากฏบ่อยๆจะเป็นแบบ overdamped และ critically damped

จากของไหลหรือ process อื่นๆ เช่น ท่อเครื่องแบบนิวแมติกส์ (ลม) ที่มีความจุน้อยมากๆหรือจากมาโนมิเตอร์แบบปรอทซึ่งผลของแรงเฉื่อยมีความสำคัญ

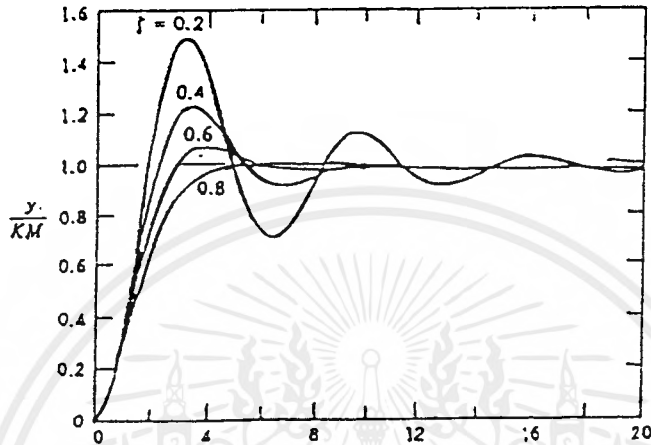
ผลตอบสนองแบบ 1 step

สำหรับอินพุทแบบ 1 step ที่มีรูปแบบสมการเป็น

$$MV(s) = M/s \\ \text{จะได้ } PV(s) = MK/S(\tau^2 s^2 + 2\zeta\tau s + 1)$$

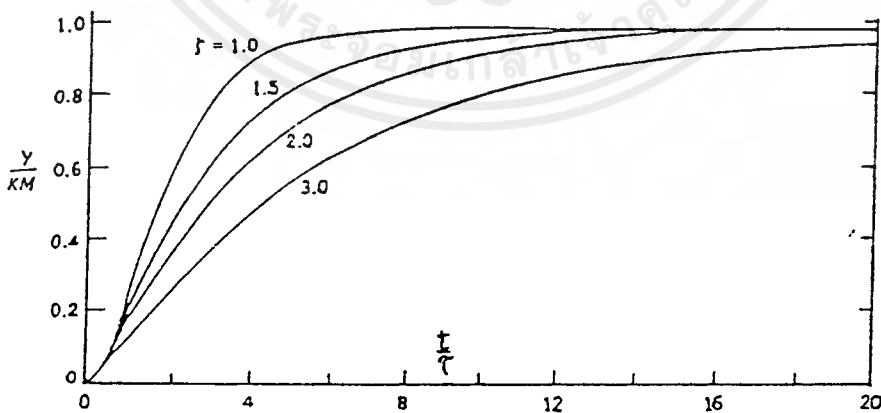
เมื่อ  $\tau$  มีค่าน้อยๆแสดงว่าผลตอบสนองเป็นไปอย่างรวดเร็วข้อสังเกตทั่วไปที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับผลตอบสนองมีดังนี้

1. ผลตอบสนองแสดงให้เห็นการแกว่งและการ over shoot ( $PV/KM > 1$ ) จะเกิดขึ้นเมื่อค่าของ  $\zeta < 1$  เท่านั้น
2. ค่า  $\zeta$  ที่มีค่ามากทำให้ผลตอบสนองช้าลง
3. ผลตอบสนองที่เร็วที่สุดโดยไม่เกิดการ over shoot จะเกิดขึ้นเมื่อเป็นกรณี critically damped ( $\zeta = 1$ )

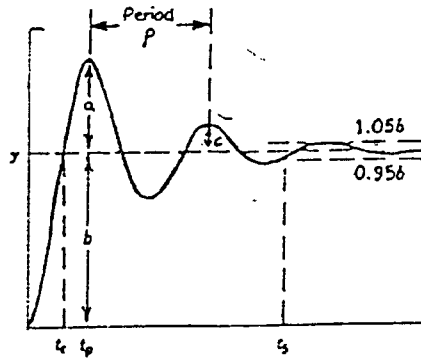


รูปที่ 1.13 ผลตอบสนอง step สำหรับ underdamped second order process

ผู้ออกแบบระบบควบคุมจะพยายามทำให้ผลตอบสนองแบบ step ที่ set point ของตัวแปรที่ถูกควบคุมใกล้เคียงกับผลตอบสนองแบบ step ของระบบ second order แบบ underdamped นั่นคือทำให้มันแสดงให้เห็นถึงจำนวนที่ถูกกำหนดไว้ของการ over shoot และการแกว่งขณะอยู่ที่ operating point ใหม่ ค่าของ  $\zeta$  ในช่วง 0.4-0.8 จะเหมาะสำหรับการระบุถึงการตอบสนองของการควบคุมที่ต้องการ



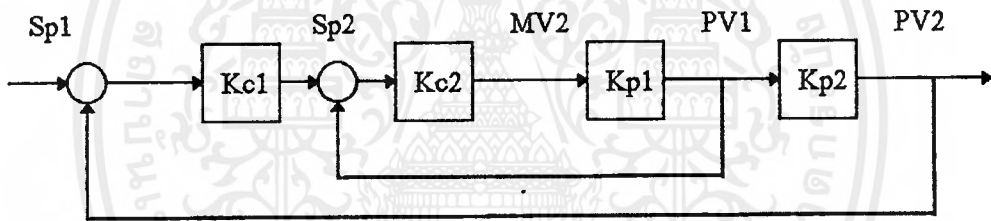
รูปที่ 1.14 ผลตอบสนองแบบ step สำหรับ Critical-damped และ Second Order Process



รูปที่ 1.15 คุณลักษณะที่แสดงสำหรับผลตอบสนองแบบ Step สำหรับ Underdamped Processes

### การควบคุมแบบ Cascade (Cascade control)

การควบคุมแบบ Cascade หรือ การควบคุมแบบลดหลั่นกันไปเป็นการควบคุมที่มีประโยชน์มากในโรงงานอุตสาหกรรม หลักการทำงานคือการต่อ control 2 ตัวเข้าด้วยกันโดยที่ output หรือค่า manipulate variables ของ controller ตัวแรกจะเป็น set point ให้กับ controller ตัวที่ 2 ดังรูป



### การควบคุมแบบ Cascade

โดยทั่วไปแล้ว controller ที่ควบคุมตัวแปรที่ถูกควบคุมตัวแรก จะเรียกว่า master controller, outer controller หรือ primary controller และ controller ที่ตัวควบคุมตัวแปรที่ถูกควบคุมตัวที่ 2 จะเรียกว่า slave controller, inner controller หรือ secondary controller

ในการออกแบบควบคุมแบบ cascade ข้อควรพิจารณาที่สำคัญที่สุด คือ inner หรือ secondary loop ต้องเร็วกว่า outer หรือ Primary loop และข้อพิจารณาี้ สามารถจะขยายไปในหลายๆ loop ได้ เช่น ระบบควบคุมที่มี 3 loop cascade, tertiary loop ต้องเร็วกว่า secondary loop และ primary loop

โดยปกติแล้ว เมื่อเราประยุกต์ใช้อย่างถูกต้อง การควบคุมแบบ cascade จะทำให้ loop ทั้งหมดมีเสถียรภาพมากกว่า และมีการตอบสนองที่เร็วกว่า

มีอยู่ 2 คำถามที่ยังคงอยู่คือ เราจะทำอย่างไรในการเอาการควบคุมแบบ cascade ไล่ลงไปในการปฏิบัติงานแบบ automatic และเราจะ tune controller อย่างไร คำตอบคือ loop ที่อยู่ในสุดจะถูก tune ก่อน และจะถูกเปลี่ยนเป็น automatic ขณะที่ loop ที่อยู่ข้างนอกยังเป็น manual อยู่ ทำให้เหมือนอย่างนี้ เรื่อยไปจน loop นอกสุดเป็น automatic และสิ่งที่สำคัญที่ต้องระวังคือ action ของ controller โดยดูความต้องการของ process และ action ของ control valve

### ตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensors)

ใน automation system ใดๆ ตัว sensors ประกอบเป็นตัวเชื่อมอันดับแรกในสายงานของ control equipment เพื่อจะตรวจสอบดูว่า อะไรจะเกิดขึ้นเหมือนกับการตรวจสอบไม่ให้มีการหักเหไปจากข้อกำหนด

เครื่องมือวัด (measuring instrument) คือการรวมตัวของ sensors และ indicator การวัดสามารถกระทำได้ในวิถีทางหนึ่งของ 2 วิธีคือ คุณสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของ sensors สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยตรง หรือเปลี่ยนแปลงโดยให้เปรียบเทียบกับสิ่งที่เรารู้แล้วแต่ปรับค่าให้มีคุณภาพที่แท้จริงเหมือนกัน ในกรณีนี้ 2 นี้ กรรมวิธีของการวัดเกี่ยวกับการกำหนดค่าที่แน่นอนให้เท่ากัน ระหว่างปริมาณค่า 2 ค่าที่คล้ายกัน ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในวิธีแรกคือ spring balance, thermometer, barometer และ tachometer และวิธีการที่ 2 ได้แก่ scale balance, micrometer และ potentiometer

sensor ต้องมีพื้นฐานที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องรู้ว่าผลอะไรจะเกิดขึ้นเมื่อ sensor กำลังวัดปริมาณค่าอันหนึ่งในกรณีที่ดีที่สุด sensor ไม่ควรจะเปลี่ยนสถานะซึ่งดำรงอยู่ก่อนที่จะทำการวัดในทางปฏิบัติจะกระทำได้ยากมาก

2. sensor บางอย่าง response ต่อคุณสมบัติอื่นเสียมากกว่าสิ่งพื้นฐานที่ต้องการ เช่น voltmeter จะ response ต่อค่า average ของสัญญาณ AC หรือค่า peak ดังนั้นมีความสำคัญในการ sensor จะต้องให้มั่นใจว่ามันจะ response ต่อคุณสมบัติที่เราต้องการเท่านั้น

3. Speed ของ response ที่มีต่อการเปลี่ยนสถานะอย่างรวดเร็วมีความสำคัญยิ่ง

### ระบบการส่งสัญญาณ

ระบบการวัดในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมบางครั้งไม่สามารถจะทำการวัดและ อ่านค่าของตัวแปรในกระบวนการได้โดยตรง ณ จุดที่เครื่องจักรกำลังทำงานได้ ทั้งนี้เพราะเครื่องควบคุมหรือระบบการแสดงผลอยู่อีกที่หนึ่งซึ่งจะต้องมีการส่งค่าของตัวแปรเหล่านั้นจากจุดที่ทำการวัด ไปยังจุดระยะไกล ดังนั้นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับระบบนี้คือ อุปกรณ์ที่จะแปลงค่าตัวแปรให้เป็นสัญญาณที่จะ

ส่งไปในระยะไกลและทำให้สามารถรับค่าตัวแปรได้ สำหรับการส่งสัญญาณที่จะทำการชี้ค่าหรือควบคุมเราอาจแบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ แบบใช้พลังลม หรือ แบบนิวแมติกส์ (pneumatic type) และแบบทางไฟฟ้า (electrical type)

#### ระบบการส่งสัญญาณแบบนิวแมติกส์

ระบบนี้เป็นการส่งสัญญาณที่วัดค่าตัวแปรได้และสัญญาณควบคุมโดยใช้พลังลม ซึ่งแหล่งจ่ายพลังลมจะเป็นส่วนสำคัญของการทำงานของระบบ โดยจะต้องมีระดับความดันสม่ำเสมอและคงที่ ตามปกติจะใช้ความดันประมาณ 20 Psi และ 35 Psi หากมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความดันของอากาศแล้วเราก็จะได้สัญญาณจากตัวแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการนั่นเอง (เมื่อใช้ความดัน 20 Psi จะมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้ระหว่าง 3-15 Psi ระดับความดัน 35 Psi จะมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วัดได้ระหว่าง 6-30 Psi)

ระบบการส่งสัญญาณแบบนี้เครื่องรับจะแสดงค่าหรือบันทึกด้วยเกจความดันซึ่งได้แบ่งสเกลเป็นหน่วยของค่าตัวแปรที่วัดได้ อนึ่งการส่งสัญญาณแบบนี้จะใช้ได้ดีในระยะไม่เกิน 600 ฟุต (ประมาณ 200 เมตร)

#### ระบบการส่งสัญญาณแบบไฟฟ้า

ระบบการส่งสัญญาณแบบนี้ค่าของตัวแปรที่วัดได้จะเป็นฟังก์ชันของกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า ซึ่งโครงสร้างส่วนใหญ่ของเครื่องส่งสัญญาณทั้งสองแบบจะเหมือนกันจะแตกต่างกันเฉพาะส่วนทางออกเท่านั้น กล่าวคือ ในแบบใช้หลักการของฟังก์ชันของกระแสไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าอยู่ในพิสัย 4-20 mA หรือ 10-50 mA ส่วนแบบใช้หลักการฟังก์ชันของแรงดันไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าอยู่ในพิสัย 0-5 VDC หรือ 0-10 VDC สำหรับเครื่องส่งสัญญาณที่ระยะไม่เกิน 1500 ฟุต และชนิดที่ส่งสัญญาณได้ไกลกว่า 1500 ฟุต (มีทั้งชนิดส่งสัญญาณได้น้อยกว่าและมากกว่า 500 เมตร)

ในระบบการส่งสัญญาณแบบทางไฟฟ้านี้ยังมีเครื่องส่งสัญญาณอีกชนิดหนึ่งซึ่งเรียกว่า D/P cell เป็นเครื่องส่งสัญญาณที่ใช้หลักการทำงานของความดันแตกต่างและแรงสมดุล เครื่องส่งสัญญาณแบบนี้ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการไหลระดับของไหล ความหนาแน่นและการวัดความดันต่ำๆ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปติดตั้งในพื้นที่อันตรายได้ด้วย เนื่องจากโครงสร้างภายในสามารถป้องกันความดันได้สูงและสัญญาณออกจะเป็นแบบ 4-20 mA หรือ 10-50 mA ซึ่งจะส่งไปได้ตามตู้สายเช่นเดียวกัน

## วาล์วควบคุม

สมรรถนะของระบบควบคุมแบบ closed loop จะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์แต่ละตัวในระบบรวมทั้งอุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย (final control element) ด้วยอุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายอาจจะได้แก่ damper, ป้อนที่ปรับความเร็วได้, มอเตอร์รีเลย์, หรือวาล์วเป็นต้น

อุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายที่ใช้กันมากในกระบวนการทางอุตสาหกรรมได้แก่ วาล์วควบคุม (control valve) วาล์วควบคุมจะถูกใช้เป็นตัวกำหนดปริมาณของวัสดุหรือพลังงานให้ผ่านเข้าไปในกระบวนการนั้นจะมีความสำคัญกับระยะเปิดปิดของวาล์ว ดังนั้นจึงอาจถือวาล์วควบคุมเป็น orifice ที่เปลี่ยนแปลงขนาดได้

## การเลือกใช้วาล์วควบคุม

ในการเลือกใช้วาล์วควบคุมจะต้องพิจารณาถึงสิ่งต่อไปนี้คือ

1. องค์ประกอบต่างๆรอบด้านเช่น การผูกเรือนเป็นสนิม รอยถลอก อุณหภูมิ แรงดัน เป็นต้น
2. คุณลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของช่วงเปิดปิดของวาล์วกับการไหลตลอดจนคุณลักษณะของกระบวนการและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้

3. ขนาดการเลือกใช้วาล์วผิดขนาดและผิดแบบจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย โดยทั่วไปแล้วถ้าใช้วาล์วที่มีขนาดเล็กที่สุดที่ยอมให้ค่าสูงสุดของการไหลที่ต้องการไหลผ่านได้แล้วจะทำให้การควบคุมดีที่สุดและประหยัดได้สูงสุดด้วย

ในการเลือกใช้วาล์วนั้นส่วนใหญ่จะเลือกใช้วาล์วที่มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเชิงเส้นกับการไหลและให้ค่า gain ที่คงที่ในระบบการควบคุมแบบ closed loop โดยที่ค่า gain เป็นความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตกับอินพุตของระบบซึ่งไม่ได้เป็นฟังก์ชันของ proportional band ของตัวควบคุมเพียงอย่างเดียวแต่จะขึ้นอยู่กับ gain ของอุปกรณ์แต่ละตัวภายใน loop ซึ่งรวมถึง gain ของตัวควบคุมด้วย

## VAVLE ACTUATOR

diaphragm เป็น actuator แบบนิวแมติกส์ที่นิยมใช้กันมากทั้งนี้เพราะราคาไม่แพงและมีสมรรถนะที่ดี สัญญาณนิวแมติกส์ซึ่งเป็นอินพุตของวาล์วจะถูกส่งให้กับแผ่น diaphragm ที่มีพื้นที่มากพอประมาณและโค้งงอได้ที่แผ่น diaphragm นี้จะมี coil spring ติดอยู่ อัตราการขีดหดตัวของสปริงนี้จะมีค่าคงที่เมื่อแผ่น diaphragm ได้รับสัญญาณนิวแมติกส์ก็จะทำให้เกิดแรงขึ้น แรงที่เกิดขึ้นนี้จะถูกต้านด้วย coil spring ดังนั้นตำแหน่งของก้านวาล์วจะอยู่ที่ตำแหน่งที่แรงทั้งสองเกิดการสมดุล แรงนี้จะขึ้นอยู่กับพื้นที่ของแผ่น diaphragm (A) และแรงดันนิวแมติกส์ (P) สำหรับตำแหน่งของก้านวาล์วนั้นก็จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของสปริงและแรง  $F(PA)$

Actuator จะต้องสามารถสร้างแรงที่มากพอเพื่อที่จะกำหนดตำแหน่งของวาล์ว ได้อย่างเที่ยงตรงและจะต้องทนต่อแรงดันใดๆ ที่เกิดจากการไหลและมากระทำบน plug ได้ถ้าแรงดันลมของควบคุมเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยแรงที่เกิดขึ้นอาจมีค่าน้อยเกินไปและไม่สามารถไปกำหนดตำแหน่งของวาล์ว ได้อย่างเที่ยงตรง ในกรณีเช่นนี้จะใช้ valve positioner เพื่อแก้ไขสิ่งบกพร่องต่อไปนี้

1. ความเสียดทานของก้านวาล์ว (stem friction)
2. ผลตอบสนองที่ช้าเนื่องจากตัวควบคุมอยู่ห่างจากวาล์วมาก
3. การเปลี่ยนแปลงของแรงดันในท่อซึ่งอาจทำให้ plug เปลี่ยนตำแหน่งไป
4. plunger friction อันเนื่องมาจากของไหลที่มีความหนืดมาก, ขางหรือตะกอน



## บทที่ 2

### การควบคุมแบบ PID และการนำไปใช้งาน

#### (PID Controller and Its Utilization)

การออกแบบระบบควบคุมทางอุตสาหกรรม (Industrial Control) เป็นงานที่ค่อนข้างจะยุ่งยากซับซ้อน แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถสรุปการออกแบบระบบควบคุมได้ด้วยคำถามสองข้อหลัก คือ เป้าหมายหลักของการควบคุมคืออะไร และเราจะดำเนินการอย่างไรเพื่อบรรลุเป้าหมายดังกล่าว เป็นการยากที่จะตอบคำถามทั้งสองข้อให้ครอบคลุมงานทุกประเภท เราเพียงจะกล่าวในที่นี้ได้ว่า การควบคุมเพื่อบรรลุผลตามเป้าหมายหลักนั้นมักจะเกี่ยวข้องกับการควบคุม โพรเซสย่อยหลายโพรเซส การควบคุมให้ได้ผลจึงประกอบด้วยระบบควบคุมย่อยที่เหมาะสม

ระบบควบคุมย่อยโดยส่วนใหญ่จะเป็นระบบควบคุมแบบง่ายๆที่ใช้หลักการควบคุมแบบป้อนกลับ และโดยทั่วไปตัวควบคุมที่ใช้มักจะเป็นแบบ PID ระบบควบคุมย่อยส่วนน้อยที่จำเป็นต้องใช้หลักการควบคุมแบบซับซ้อน (Complex Control) เช่น Cascade Control, Feedforward-Feedback Control, Selective Control ฯลฯ

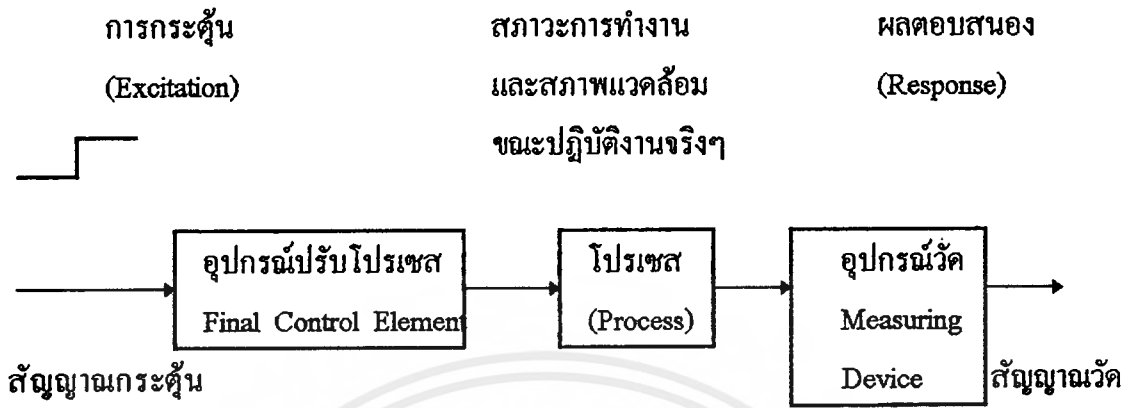
อาจจะกล่าวได้อีกนัยว่าในการกำหนดแบบของการควบคุม เราจะพยายามใช้การควบคุมแบบง่ายๆก่อน ต่อเมื่อการควบคุมแบบง่ายๆใช้ไม่ได้ผล เราจึงจะใช้การควบคุมแบบซับซ้อน

การศึกษาให้เข้าใจการควบคุมแบบง่ายๆ (Simple Control) ซึ่งใช้ตัวควบคุมแบบ PID จึงเป็นความจำเป็นพื้นฐานในการควบคุมทางอุตสาหกรรม

#### ลักษณะสมบัติของโพรเซส (Process Characteristic)

ไม่ว่าเราจะควบคุมสิ่งใด มีชีวิตหรือไม่ก็ตาม เราจำเป็นต้องทราบถึง “ธรรมชาติ” ของสิ่งนั้นว่าตอบสนองอย่างไรต่อการเปลี่ยนแปลงของการกระทำจากภายนอก ในการควบคุมโพรเซสเราจึงควรทำการศึกษาให้เข้าใจลักษณะสมบัติของโพรเซส (Process Characteristic) เสียก่อน

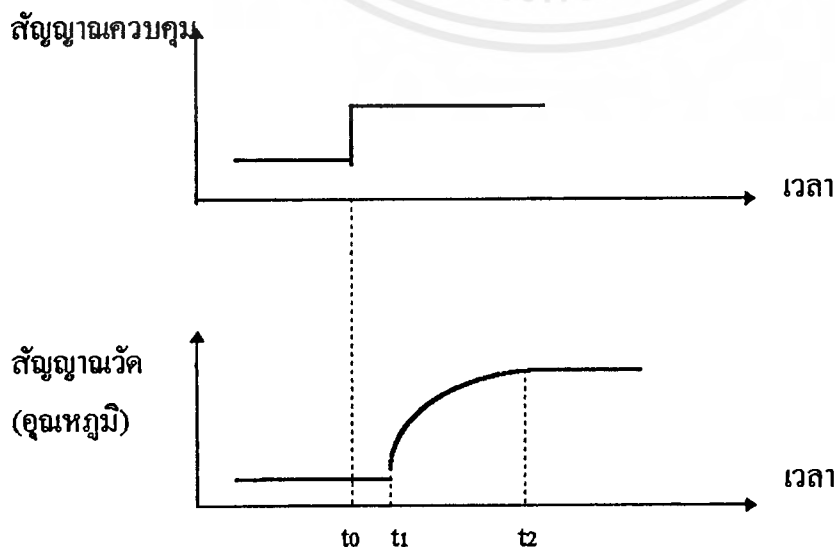
โดยทั่วไปแล้วการศึกษาลักษณะสมบัติของโพรเซสจะเป็นการศึกษาว่าตัวแปรโพรเซสเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อสัญญาณควบคุม สภาวะการทำงาน หรือสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป แต่เพื่อจะลดความยุ่งยาก ในที่นี้เราจะศึกษาลักษณะสมบัติโพรเซสโดยการวัดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรโพรเซสเมื่อสัญญาณควบคุมเปลี่ยนแปลงไปอย่างเฉียบ ขณะที่สภาวะการทำงานและสภาพแวดล้อมมีค่าคงที่ใกล้เคียงกับขณะปฏิบัติงานจริงๆ



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรม

ในการศึกษาลักษณะสมบัติของโปรเซส สัญญาณขาเข้าของอุปกรณ์ปรับโปรเซสจะไม่สัมพันธ์กับสัญญาณวัด อุปกรณ์ปรับโปรเซสจะรับสัญญาณจากแหล่งจ่ายสัญญาณแบบขั้นบันไดแทนดังรูป แหล่งจ่ายสัญญาณดังกล่าวอาจจะเป็น PID Controller ก็ได้

สมมติว่าระบบอยู่ในสภาวะสมดุลย์ (Steady State) สัญญาณควบคุม สัญญาณวัดมีขนาดคงที่ ขณะใดขณะหนึ่งเราทำการเพิ่มสัญญาณอย่างทันทีทันใด ทำให้วาล์วเปิดกว้างขึ้น ให้น้ำไหลผ่านวาล์วสู่ Heat Exchanger มากขึ้น ต่อมาอุณหภูมิของน้ำร้อนขาออกจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าคงที่ที่สภาวะสมดุลย์ใหม่ สัญญาณควบคุมและสัญญาณวัดที่ถูกบันทึกไว้ที่เครื่องบันทึก (Recorder) แสดงไว้ด้วยรูปข้างล่างนี้

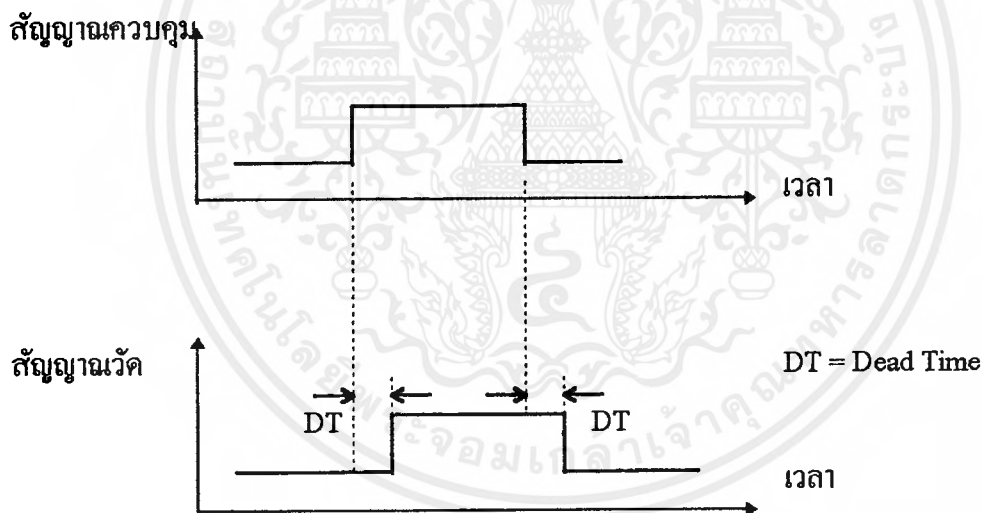


รูปที่ 2.2 ลักษณะสมบัติของ Heat Exchanger

เราพบว่าเมื่อสัญญาณควบคุมเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดที่เวลา  $t = t_0$  สัญญาณวัดของตัวแปรโปรเซสซึ่งได้แก่ อุณหภูมิของน้ำร้อนจะมีค่าคงเดิมจนถึงเวลา  $t_1$  ตัวแปรโปรเซสจึงค่อยๆ เปลี่ยนไปจนกระทั่งมีค่าคงที่ที่  $t_2$  ลักษณะเช่นนี้แสดงว่าโปรเซสมีความช้าในการตอบสนอง (Process Time Lag) ซึ่งอาจพอแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ Deadtime และ Capacity Lag

ก. Deadtime คือ ช่วงเวลาที่นับจากขณะที่สัญญาณควบคุมเปลี่ยนแปลงไปจนกระทั่งสัญญาณวัดของตัวแปรโปรเซส เริ่มเปลี่ยนแปลง ในรูป Deadtime มีค่าเท่ากับ  $t_1 - t_0$  โดยทั่วไปแล้ว Deadtime มักจะเกิดจากการที่วัตถุต้องเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่ง ทำให้ขนาดของ Deadtime ขึ้นอยู่กับความเร็วและระยะทางในการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น เราอาจเรียก Deadtime ได้ว่าเป็น Distance-Velocity Lag หรือ Transportation Lag

ในบางโปรเซสความเข้าใจในการตอบสนอง (Time Lag) อาจจะเป็นแบบ Deadtime เพียงอย่างเดียวดังในรูป



รูปที่ 2.3 โปรเซสที่ความช้าในการตอบสนองเป็นแบบ Deadtime อย่างเดียว

ในระบบควบคุม Deadtime จะเป็นเวลาที่ตัวควบคุมจะต้องคอยเพื่อที่จะทราบผลของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณควบคุมที่ตัวควบคุมได้ส่งออกไปแล้ว ยิ่ง Deadtime มีค่ามากตัวควบคุมยิ่งต้องคอยนาน

“Deadtime ทำให้การควบคุมยากขึ้น”

ในการออกแบบโปรเซสที่ดีเราต้องพยายามลดค่า Deadtime โดยการกำหนด จุดวัดขนาดของภาชนะ ฯลฯ เพื่อลดระยะทางในการส่งวัตถุหรือสัญญาณให้สั้นสุดให้น่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. Capacity Lag ความเข้าใจในการตอบสนองประเภทนี้จะเป็นตัวจำกัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณวัดไม่ให้มีค่ามากเกินไป ซึ่ง Capacity Lag มีค่ามากอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของสัญญาณวัดยังมีค่าน้อย ช่วงเวลาที่สัญญาณวัดเปลี่ยนแปลงจากสภาวะสมดุลย์ (Steady State) เดิม ไปสู่สภาวะสมดุลย์ใหม่จะนานขึ้น

Capacity Lag จะพบในโปรเซสที่มีการกักเก็บพลังงานหรือวัตถุซึ่งจะถูกถ่ายเทเข้าออก จากโปรเซสไปสู่ที่อื่น เราอาจเรียก Capacity Lag ได้อีกอย่างว่า Transfer Lag

ในการควบคุมถ้าโปรเซสมีค่า Capacity Lag ยิ่งมากสัญญาณวัดจะเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ตัวควบคุมสามารถเปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณควบคุมไปต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณวัดได้ง่ายยิ่งขึ้น ทำให้การควบคุมง่ายขึ้น

### “Capacity Lag ทำให้การควบคุมง่ายขึ้น”

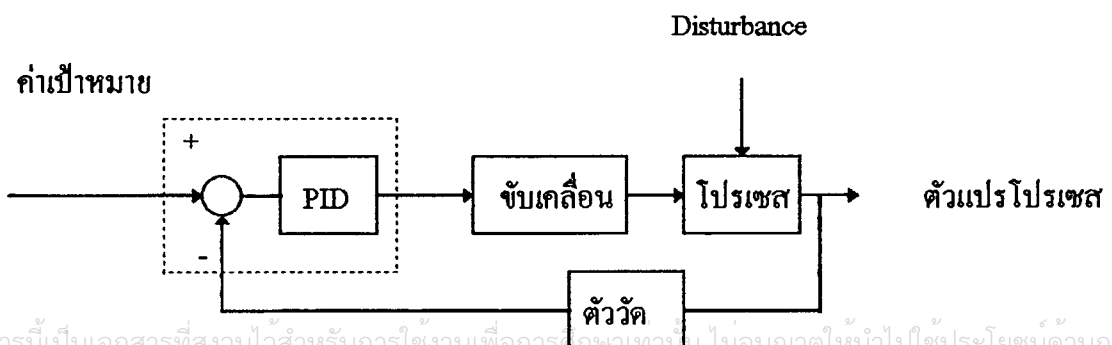
การศึกษาลักษณะสมบัติของโปรเซสในที่นี้ก็เพื่อที่เราจะได้ทราบขนาดของ Deadtime และ Capacity Lag ของโปรเซส ค่า Time Lag ทั้งสองจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความยากง่ายของการควบคุม

ในทางปฏิบัติเราจะใช้ขนาดของ Deadtime และ Capacity Lag เป็นตัวกำหนดแบบของการควบคุม

## การปรับค่า PID

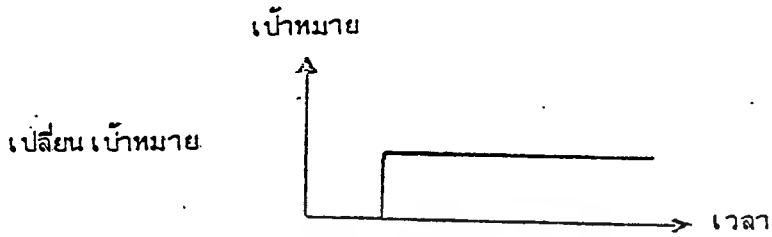
### ผลตอบของการควบคุมที่ดี

ในระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ตัวควบคุมจะพยายามรักษาให้ค่าตัวแปรโปรเซสมีค่าเท่ากับค่าเป้าหมายอยู่เสมอ ในกรณีที่เกิด Disturbance ในระบบหรือมีการเปลี่ยนค่าเป้าหมายจะทำให้ตัวแปรโปรเซส มีค่าต่างจากเป้าหมายไปขณะหนึ่ง ตัวควบคุมจะพยายามควบคุมให้ตัวแปรโปรเซสมีค่าเท่ากับเป้าหมายในที่สุด ลักษณะการนำค่าตัวแปรโปรเซสให้เข้าใกล้ค่าเป้าหมายนี้ จะแตกต่างกันตามคุณสมบัติของระบบควบคุม บางระบบควบคุมอาจควบคุมให้ตัวแปรโปรเซสส่งเข้าหาค่าเป้าหมายได้เร็ว แต่บางระบบอาจทำได้ดีกว่า เราสามารถทดสอบความสามารถของระบบควบคุมนี้โดยดูที่ผลตอบการควบคุม

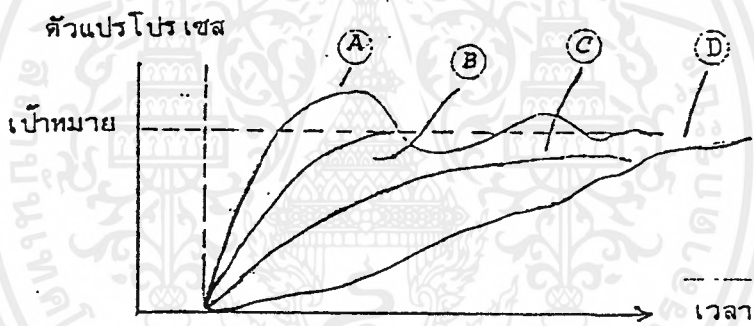


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการเรียนการสอน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.4 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

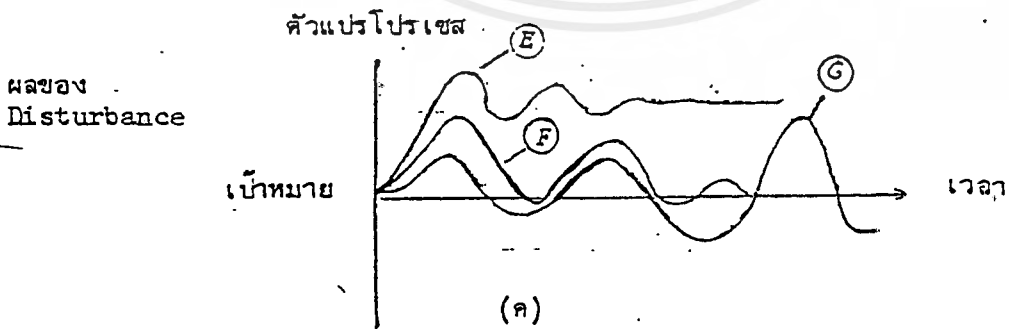
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 2.5 ผลตอบของระบบควบคุมต่างๆ  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมในรูป 2.5 ถ้าลองเปลี่ยนค่าเป้าหมาย ตัวควบคุมจะพยายามควบคุมให้ตัวแปรโปรเซสวิ่งเข้าหาค่าเป้าหมาย ผลตอบของตัวแปรโปรเซสจะมีหลายแบบดังแสดงในรูป

- A มี Overshoot และการแกว่ง
- B ตอบรับเร็ว
- C ตัวแปรโปรเซสมีค่าไม่เท่ากับค่าเป้าหมายแม้เวลาจะผ่านไปนาน เรียกว่าเกิด Offset
- D ตอบรับช้ามาก

เมื่อตัวแปรโปรเซสหยุดนิ่งที่ค่าเป้าหมายในขณะนั้นเกิดมี Disturbance เข้ามารบกวนโปรเซส (Disturbance ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของโหลด การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เป็นต้น) ผลตอบของโปรเซสจะมีหลายแบบดังแสดงในรูป (ค)

- E เกิด Offset ได้ค่าผิดไปจากค่าเป้าหมายเดิม
- F เกิดการแกว่งเล็กน้อย ก่อนกลับเข้าสู่ค่าเป้าหมายเดิม
- G เกิดการแกว่งและขาดเสถียรภาพ

เมื่อพิจารณาผลตอบของการควบคุมชนิดต่างๆเหล่านี้จึงพอสรุปได้ว่า ระบบการควบคุมที่ดี จะต้องมีความสมบัติดังนี้

- ก) มีเสถียรภาพ ไม่เกิดการแกว่ง (Oscillation) เมื่อถูกกระตุ้น
- ข) ตอบรับการเปลี่ยนค่าเป้าหมาย หรือ Disturbance ได้รวดเร็ว
- ค) ไม่เกิด offset

#### ความยากง่ายในการควบคุมของโปรเซส

Deadtime = LE

Time Lag = TE

อัตราส่วน  $LE/TE$  นี้จะเป็นค่าที่ใช้ประเมินความยากง่ายในการควบคุมและใช้เลือกแบบการควบคุม

$LE/TE$	แบบการควบคุมที่เหมาะสมกับโปรเซสนั้น
$LE/TE < 0.2$	ON-OFF, P, PI
$0.2 < LE/TE < 1.0$	PI, PID
$1.0 < LE/TE$	Feed forward, Computer Control

$LE/TE < 1.0$  สามารถใช้การควบคุมแบบ PID ได้ตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุของการขาดเสถียรภาพในระบบ

- ก) ผลของระบบควบคุมข้างเดียว หรือ อื่นๆ
- ข) Disturbance เป็น Periodic
- ค) มี Nonlinear element ในระบบเอง เช่น Backlash ความฝืด Dead band เป็นต้น
- ง) Process gain หรือ Loop gain มีค่าสูงเกินไป
- จ) คุณสมบัติของตัวแปรในระบบไม่คงที่แปรเปลี่ยนตาม Disturbance, ค่าเป้าหมาย, เวลา เป็นต้น

**ผลของ PID ต่อเสถียรของระบบ**

ในระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ซึ่งใช้ตัวควบคุมแบบ PID นั้น ถ้าเราลองแปรค่า PB, Ti และ Td จะมีผลตอบของระบบควบคุมดังนี้

**ผลของ P action**

เมื่อลดค่า PB ลงทำให้อัตราขยายสูงขึ้น จะมีผลทำให้

- ก) offset ลดลง
- ข) period ของการแกว่งเล็กน้อย
- ค) อัตราส่วนช่วงกว้างการแกว่งเพิ่มขึ้น ระบบขาดเสถียรภาพมากขึ้น

**ผลของ I action**

เมื่อให้ P และ D action คงที่แล้วลองลด Ti (Reset time) จะมีผลทำให้

- ก) offset จะหายไป
- ข) ผลตอบจะเร็วขึ้น (Fast response)
- ค) อัตราส่วนของช่วงกว้างการแกว่งเพิ่มขึ้น ระบบขาดเสถียรภาพมากขึ้น

**ผลของ D action**

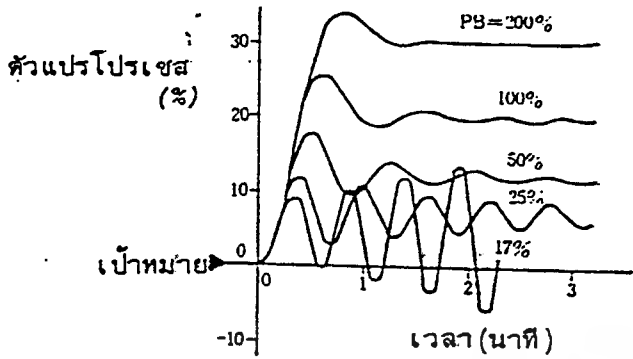
เมื่อให้ P และ I action คงที่แล้วลองเพิ่มเวลา Td (Derivative time) ให้ยาวขึ้นจะมีผลทำให้

- ก) อัตราส่วนของช่วงกว้างการแกว่งลดลง ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น
- ข) period ของการแกว่งสั้นลง

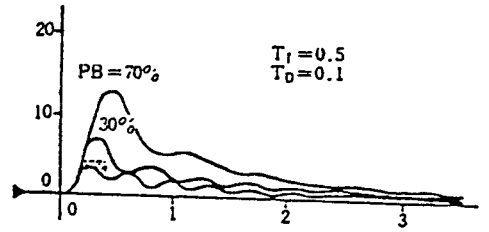
ตามปกติการใช้ค่าเวลา Td ให้ยาวมีแนวโน้มที่จะทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้นก็จริงแต่มีจุดอ่อนตรงตอบรับต่อ Noise ได้ง่าย ทำให้ผลตอบของระบบไวเกินไป

ผลตอบของการควบคุมแบบต่างๆต่อการเปลี่ยนค่าเป้าหมายและการเกิด Disturbance

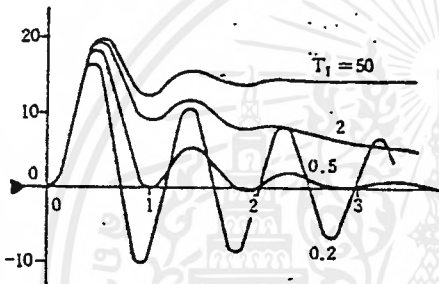
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรรงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า โดยตั้งค่า PB, Ti, และ Td ต่างกัน แสดงในรูปที่ 2.6  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



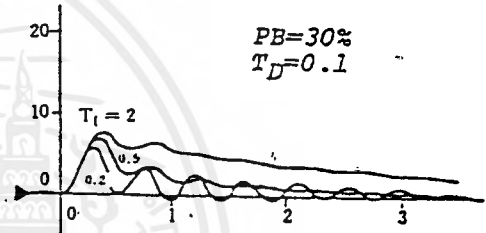
P Control เมื่อเปลี่ยน PB



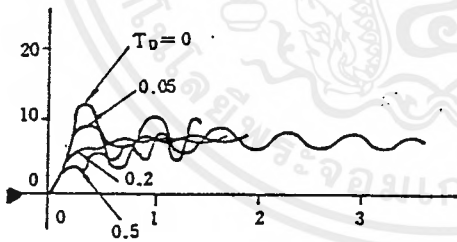
PID Control เมื่อเปลี่ยน PB



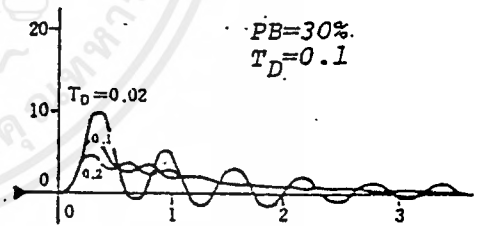
PI Control เมื่อเปลี่ยน TI



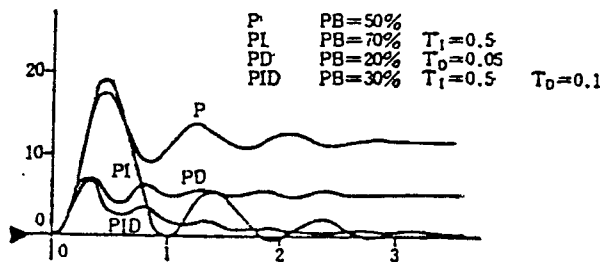
PID Control เมื่อเปลี่ยน TI



PD Control เมื่อเปลี่ยน TD

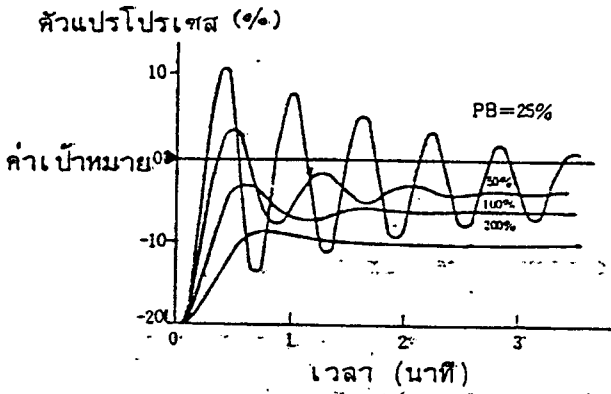


PID Control เมื่อเปลี่ยน TD

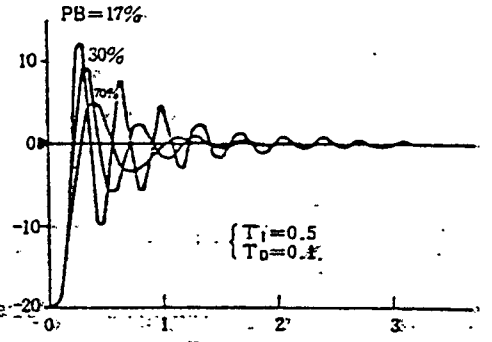


เปรียบเทียบผลตอบของแบบควบคุมต่างๆ

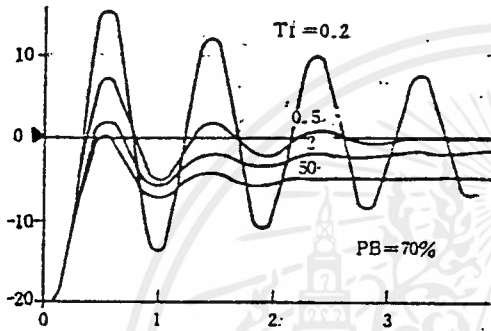
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รูปที่ 2.6 ผลตอบของระบบควบคุมแบบต่างๆ เมื่อมี Disturbance ที่มีการนำไปใช้



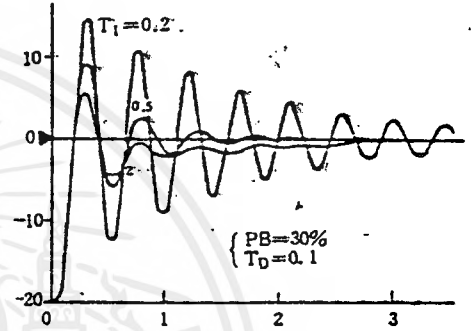
P Control เมื่อเปลี่ยน PB



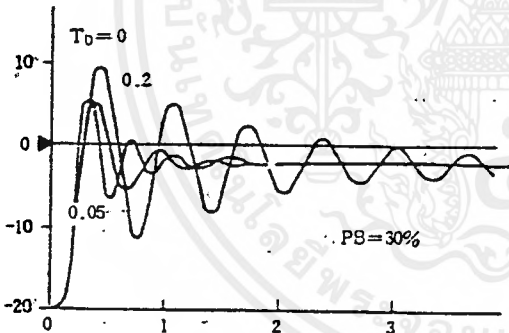
PID Control เมื่อเปลี่ยน PB



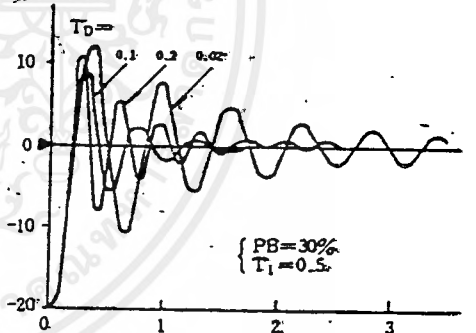
PI Control เมื่อเปลี่ยน  $T_I$



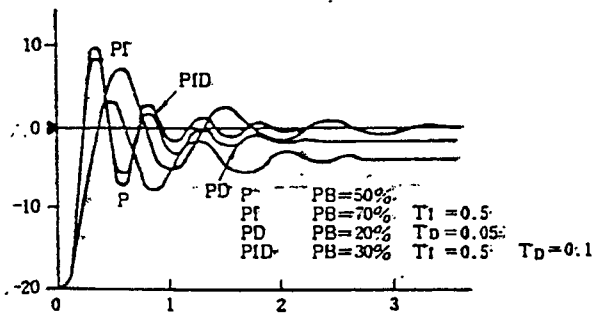
PID Control เมื่อเปลี่ยน  $T_I$



PD Control เมื่อเปลี่ยน  $T_D$



PID Control เมื่อเปลี่ยน  $T_D$



เปรียบเทียบผลตอบของแบบควบคุมต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.7 ผลตอบของระบบควบคุมแบบต่างๆ เมื่อเปลี่ยนค่าเป้าหมาย  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่และดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### คุณภาพของการควบคุม

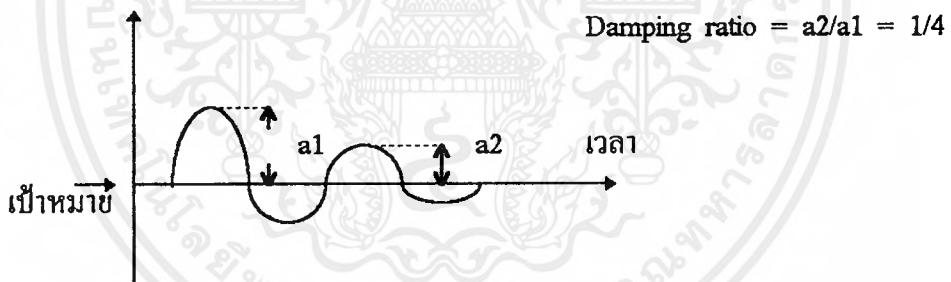
ดังได้กล่าวมาแล้วว่า ระบบควบคุมที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติคือ มีเสถียรภาพ ผลิตตอบเร็ว และไม่เกิด offset แต่จะใช้อะไรในการตัดสินว่าการควบคุมไหนจะดีที่สุด จะต้องมีการวัดที่ตัดสินที่มีหลักเกณฑ์

เกณฑ์ในการวัดที่ใช้ตัดสินคุณภาพการควบคุม มีดังนี้

- ก) อัตราส่วนช่วงกว้างการแกว่ง (Damping ratio criterion)
- ข) พื้นที่การควบคุมน้อยสุด (Minimum control area criterion)
- ค) ความสูงของ Overshoot แรก (Overshoot amplitude criterion)
- ง) ผลิตตอบต่อ Disturbance (Minimum disturbance criterion)
- จ) ผลิตตอบเชิงความถี่ของระบบ (Frequency response criterion)

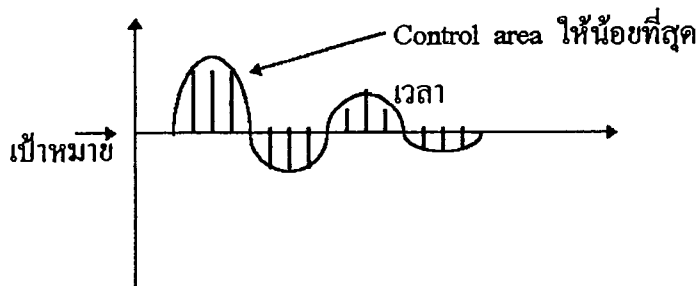
ในการควบคุมโปรเซสเกณฑ์อัตราส่วนช่วงกว้างการแกว่ง เป็นที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะสามารถวัดผลได้ง่าย การควบคุมที่ดีจะให้อัตราส่วนช่วงกว้างการแกว่ง 25% หรือ 1 ต่อ 4

ตัวแปรโปรเซส



รูปที่ 2.8 25% Damping ratio

ตัวแปรโปรเซส



รูปที่ 2.9 พื้นที่การควบคุมน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการปรับ

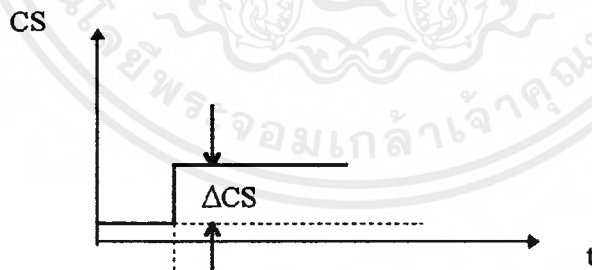
ได้มีนักวิทยาศาสตร์คิดวิธีที่จะหาทางตั้งค่า PID เพื่อให้ได้การควบคุมที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดหลายวิธี ในทางปฏิบัติที่นิยมใช้ในการปรับค่า PID สำหรับการควบคุมเพื่อให้ได้ 25% Damping ratio มี 3 วิธี คือ

1. Reaction Curve method
2. Ultimate Sensitivity method
3. Trial and error

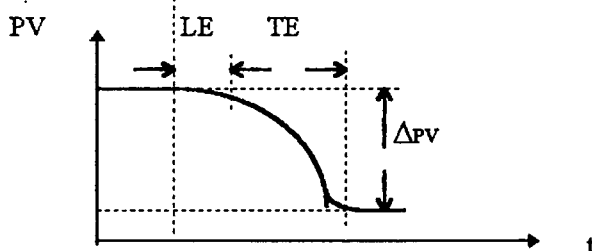
### Reaction Curve method (Transient response method)

#### วิธีการ

1. ให้เปลี่ยนระบบการควบคุมเป็นวงจรมืด (Open Loop)
2. หา Process Characteristic โดยเปลี่ยนค่าสัญญาณควบคุมไป  $\Delta CS$  แล้วบันทึกรูปคลื่นของตัวแปรโปรเซส
3. หา Process gain ( $K_p$ ), deadtime (LE) และค่าคงตัวเวลา (TE) จาก Process Characteristic จากรูป 
$$K_p = \frac{\Delta PV}{\Delta CS}$$
4. นำค่า  $K_p$ , LE, TE ที่หาได้ไปคำนวณหา PB,  $T_i$  และ  $T_d$  จากตาราง



$$K_p = \frac{\Delta PV}{\Delta CS}$$



### Trial and error

เป็นวิธีการที่ใช้หลักการของ Ultimate Sensitivity method เพียงแต่ไม่ต้องคำนวณค่าและใช้การทดลองปรับค่าต่างๆเพื่อหาผลตอบที่ดี่ที่สุด

#### ก) P Control

1. ปรับตัวควบคุมไปที่ Manual mode
2. ปรับ PB ไปสูงสุด  $T_i$  สูงสุด และ  $T_d$  ต่ำสุด
3. ปรับค่าเป้าหมาย (Set point) ไปสู่ค่าที่ต้องการ
4. ปรับ Manual Control จนตัวแปรโปรเซสหรือค่าวัดได้เท่ากับค่าเป้าหมาย
5. ปรับตัวควบคุมไปที่ Automatic mode
6. เปลี่ยนค่าเป้าหมายไปเล็กน้อย เมื่อค่าวัดเริ่มเปลี่ยน จึงลดค่าเป้าหมายกลับมาสู่ที่เดิม
7. ลดค่า PB ลงมาและทำขั้นที่ 6 ใหม่ โดยสังเกตผลตอบของการวัด
8. ทำขั้น 6 และ 7 หลายๆครั้งจนได้อัตราส่วนช่วงกว้างการแกว่งของผลตอบเป็น 25 % Damping ratio

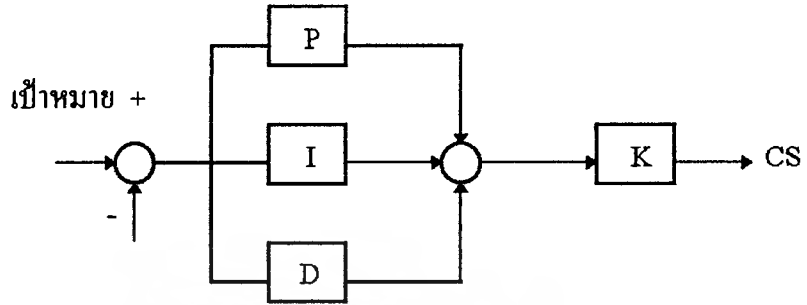
#### ข) PI Control

1. ทำเหมือน P Control จากขั้น 1 ถึง 8 เพื่อหาค่า PB ที่ดี่ที่สุด
2. ลดค่า  $T_i$  จน offset หายไป
3. เพิ่มค่า  $T_i$  ถ้าเกิดการแกว่งขึ้น
4. ทำขั้น 2 และ 3 จนกว่าจะให้ผลตอบ 25% Damping ratio

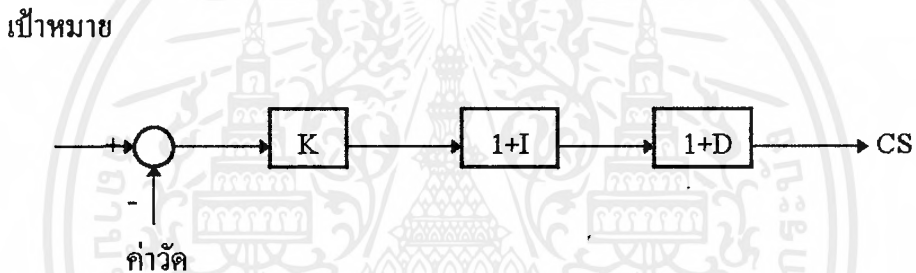
#### ค) PID Control

1. ทำเหมือน P Control จากขั้น 1 ถึง 6
2. ลดค่า PB ลงมาจนเกิดการแกว่ง
3. เพิ่ม  $T_d$  จนการแกว่งหยุด
4. ลดค่า PB จนเกิดการแกว่งใหม่อีก
5. ทำขั้น 2 ถึง 4 หลายครั้งจน  $T_d$  ไม่สามารถหยุดการแกว่งได้
6. เพิ่มค่า PB จนเกิดการแกว่ง
7. ตั้งค่า  $T_i$  ให้เท่ากับ  $T_d$  ค่าสุดท้าย ( $T_i = T_d$  กรณีที่ PID interfere Coefficient เท่ากับ 2)

### การรบกวนกันและกันของค่า PID (PID mutual interference)



รูปที่ 2.12 ตัวควบคุมแบบดีทีสุด



รูปที่ 2.13 ตัวควบคุมทั่วๆไป

รูปแสดง Block diagram ของตัวควบคุมแบบอุดมคติ ซึ่งค่า PID จะสามารถตั้งได้อย่างอิสระไม่มีการรบกวนซึ่งกันและกัน ตัวควบคุมแบบนี้มักจะมีราคาแพง ทั่วๆไปตัวควบคุมที่มีขายในท้องตลาดมักจะตัดแปลงวงจรให้ง่ายลง โดยมี Block diagram ดังรูป จะเห็นว่า I และ D Control ไม่ใช่ออย่างอุดมคติ และจะมีการรบกวนซึ่งกันและกัน (Mutual interfere) ซึ่งได้แก่การเปลี่ยนค่า  $T_i$  จะมีผลทำให้ PB และ  $T_d$  เปลี่ยนแปลงไป หรือถ้าเปลี่ยนค่า  $T_d$  ก็จะมีผลทำให้ PB และ  $T_i$  เปลี่ยนไปเช่นกัน

ดังนั้น เมื่อทำการปรับค่า PID ที่เหมาะสมได้ทำการคำนวณหาค่า PB,  $T_i$  และ  $T_d$  จากวิธีการ Reaction Curve หรือ Ultimate Sensitivity method จะใช้ค่าเหล่านี้นำมาตั้งที่ตัวควบคุมไม่ได้

ให้ PB,  $T_i$ ,  $T_d$  เป็นค่าตั้งที่ตัวควบคุม (Dial Setting)

และ PB',  $T_i'$ ,  $T_d'$  เป็นค่าที่คำนวณได้ (Effective value)

ทั้งสองค่าจะมีความสัมพันธ์กันดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$PB = \mu PB'$$

$$Ti = \frac{Ti'}{\mu}$$

$$Td = \mu Td'$$

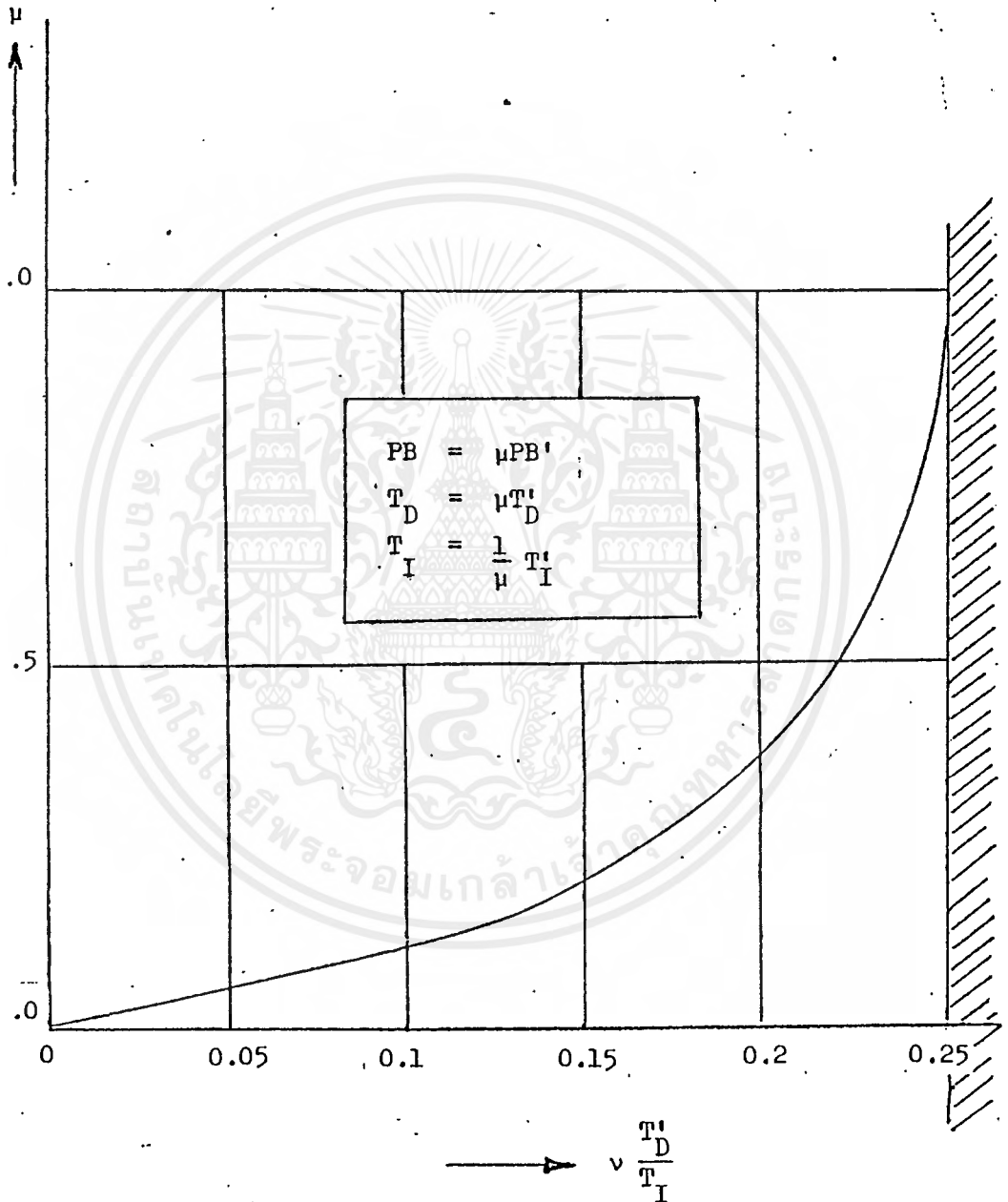
โดยที่  $\mu$  คือ สัมประสิทธิ์การรบกวนซึ่งกันและกัน (Mutual interfere Coefficient)

ค่า  $\mu$  นี้จะมีค่าไม่คงที่แน่นอน จะขึ้นกับอัตราส่วนของ  $Ti$  และ  $Td$  และขึ้นกับชนิดของตัวควบคุมด้วย  $\mu$  นี้สัมพันธ์กับค่า  $\frac{v Td'}{Ti'}$

(  $v$  ค่าคงตัวค่าหนึ่งซึ่งบริษัทผู้ผลิตตัวควบคุมจะต้องกำหนดให้) ซึ่งแสดงตามกราฟในรูป  $\frac{v Td'}{Ti'}$  จะต้องมีค่าน้อยกว่า 0.25 ถ้ามีค่ามากกว่าจะหาความสัมพันธ์ไม่ได้

**วิธีการตั้งค่า PID (Dial Setting) ในตัวควบคุมที่มีการรบกวนกัน**

1. คำนวณหาค่า  $PB'$ ,  $Ti'$ ,  $Td'$  ที่ได้จาก Optimum tuning method
2. คำนวณหาค่า  $\frac{v Td'}{Ti'}$  โดยที่  $v$  หาจากผู้ผลิตตัวควบคุม
3. หา  $\mu$  จากกราฟ
4. คำนวณหาค่า  $PB$ ,  $Ti$ ,  $Td$  จากสูตรข้างบน
5. นำค่า  $PB$ ,  $Ti$ ,  $Td$  ที่คำนวณได้ไปตั้งที่ตัวควบคุม



รูปที่ 2.14 Interference Coefficient

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเลือกแบบการควบคุม (Control mode selection)

## ตาราง ลักษณะสมบัติโปรเซสและแบบการควบคุม

	อุณหภูมิ	การไหล	ความดัน	ระดับ
ลักษณะสมบัติ	2nd order ขึ้นไป	แปรผันโดยตรง	1st order	1st order
ความเร็วผลตอบ	ช้า , ปานกลาง	เร็วมาก	ปานกลาง , เร็ว	ปานกลาง
ค่าคงตัวเวลา	ใหญ่ , ปานกลาง	เล็ก	เล็กมาก	เล็ก,ปานกลาง
Dead time	เล็ก , ใหญ่	เล็ก	เล็ก	เล็ก
แบบการควบคุม	ON-OFF,P,PI,PID	P , PI	ON-OFF,P,PI	ON-OFF,P,PI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์

#### PCL-818

#### 3.1) ข้อมูลทั่วไป

##### 3.1.1) บทนำ

พีซีแอลแปดหนึ่งแปด (PCL-818) เป็นผลงานชั้นสูง, ความเร็วสูง, เป็นแผ่นวงจรซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลได้มากมายกับ ไอบีเอ็มพีซีหรือเอ็กซ์ทีหรือเอที ( IBM PC/XT/AT ) มีคุณสมบัติสูงและมีซอฟต์แวร์สนับสนุนอย่างสมบูรณ์แบบสำหรับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม และห้องทดลองสิ่งแวดล้อมอย่างกว้างขวาง เป็นต้นว่าการรับข้อมูล, การควบคุมกระบวนการ, การทดสอบอัตโนมัติและการควบคุมโรงงานแบบอัตโนมัติ

##### (1) จุดที่สำคัญ ( KEY FEATURE )

จุดที่สำคัญของแผงควบคุมการติดต่อประกอบด้วย

- สวิตช์เลือก 16 จุด (SWITCH SELECTABLE 16 SINGLE-ENDED) หรือ สวิตช์เลือก 8 จุด อนุลอกอินพุตที่แตกต่างกัน (DIFFERENTIAL ANALOG INPUT CHANNEL CONFIGURATION )

- จุดแปลงสัญญาณอนุลอกเป็นดิจิตอลแบบมาตรฐาน 12 บิต (AN INDUSTRIAL STANDARD 12 BITS SUCCESSIVE APPROXIMATION CONVERTER) ถูกใช้เปลี่ยนอินพุตอนุลอก อัตราสูงสุดในการสุ่มตัวอย่างคือ 100 KHZ ใน DMA โหมด

- สองโหมดการควบคุมข่านอินพุตอนุลอก

- โลกอลโหมด (LOCAL MODE) สามารถเลือกได้จากสวิตช์

- รีโมทโหมด (REMOTE MODE) สามารถโปรแกรมผ่านซอฟต์แวร์ควบคุมซึ่งแต่ละ CHANNEL จะมีข่านวัดของตัวเองและการตั้งข่านการวัดจะถูกเก็บใน บรอด RAM

- สวิตช์โลกอลโหมด หรือ ซอฟต์แวร์ (REMOTE MODE) สามารถเลือกได้อย่างกว้างขวางกับข่านอินพุตอนุลอก

- แบบสองข้ว (BIPOLAR) : +/- 0.5V, +/-2.5V, +/-5V, +/-10V

- แบบข้วเดี่ยว (UNIPOLAR) : 0V to +1V, 0Vto +2V, 0Vto +5V, 0Vto +10V

- รหัสต่างๆของการควบคุมข่านวัดอินพุตอนุลอกจะถูกเก็บไว้บนแรม ( BOARD RAM ) ซึ่งจุดเด่นนี้ทำให้พีซีแอลแปดหนึ่งแปด (PCL 818) สามารถเปลี่ยนข่านวัดของแต่ละช่อง (CHANNEL) ได้อย่างอัตโนมัติ เมื่อการเปลี่ยนช่องปราศจากการโปรแกรมซีพียูของพีซี

-สามโหมด การทริก A/D :ทริกโดยซอฟต์แวร์ (SOFTWARE TRIGGER), ทริกโดยการโปรแกรม (PROGRAMMABLE PACER TRIGGER ) และ การทริกโดยสัญญาณพัลส์จากภายนอก (EXTERNAL PULSE TRIGGER )

-การแปลงข้อมูลจากอนาลอกเป็นอินพุต (A/D CONVERSION DATA) สามารถถูกแปลงโดยโปรแกรมควบคุม ( interrupt handler routine) หรือ ดีเอ็มเอทรานเฟอร์ (DMA transfer)

-AN INTEL 8254 PROGRAMMABLE TIMER/ COUNTER จัดหาความเร็ว ( TRIGGER PULSE ) ที่อัตราจาก 2.5MHZ to 0.00023 HZ ( 71MIN /PULSE ) ฐานเวลา คือสวิทช์ที่สามารถเลือก 10 MHZ หรือ 1MHZ มีตัวนับ 16 บิต หนึ่งแชนแนล ( 1 CHANNELCOUNTER CHANNEL 16

BIT ถูกสำรองไว้สำหรับข้อกำหนดของการประยุกต์ของผู้ใช้

-มี 12 บิต มอนดิทิกมัลติพลายอิงแชนแนล ดิจิตอลเป็นอนาลอก 2 ชุด (TWO 12BIT MONDITHIC MULTIPLYING D/A OUTPUT CHANNELS ) เอาท์พุทข่านจาก 0V to +5V (10 V) สามารถถูกสร้างขึ้นโดยการใช้บนบรอดอ้างอิงที่ - 5V (-10V) แหล่งจ่ายเอซี หรือ ดีซี ภายนอกสามารถถูกใช้จ่ายเป็นเอาท์พุทของ ตัวแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอกอื่นๆ ได้

-มีอินพุตดิจิตอล 16 แชนแนล (TTL/DTL COMPATIBLE 16 DIGITAL INPUT) และ มีดิจิตอลเอาท์พุท 16 แชนแนล (16 DIGITAL OUTPUT CHANNELS )

(2) ซอฟต์แวร์ที่รองรับ ( SOFTWARE SUPPORT )

พีซีแอลแปดหนึ่งแปด มีศักยภาพ และง่ายต่อการใช้ฟังก์ชันซอฟต์แวร์ไคร์เวอร์ ที่สามารถถูกเข้าถึงโดยการกำหนดตัวแปรของผู้ใช้ตามตารางตัวแปร

DADISCP เป็นซอฟต์แวร์สำหรับออฟไลน์ (OFF-LINE) วิเคราะห์ข้อมูลและการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลจาก DSP DEVELOPMENT CORP.

LABTECH NOTEBOOK เป็นซอฟต์แวร์รวมข้อมูลที่ได้รับการวิเคราะห์ในเวลาจริง (REALTIME ANALYSIS) , การแสดงผลและการควบคุมกระบวนการจาก LABORATORY TECHNOLOGY CORP

LABTECH ACQUIRE เป็นซอฟต์แวร์ซึ่งรวบรวมข้อมูลที่มีต้นทุนต่ำจาก LABORATORY TECHNOLOGY CORP

PCLAB DAS มีวัตถุประสงค์ทั่วไปสำหรับรวบรวมข้อมูลจาก ADVANTAGE

PC-SCOPE ซอฟต์แวร์การเขียนแบบการเก็บภาพที่ซึ่งต่อจากพีซีไปยังฮาร์ดดิสก์จาก ADVANTECH

SNAP-MASTER for MICROSOFT WINDOWS เป็นซอฟต์แวร์รวบรวมข้อมูลพื้นฐานจาก พีซี วิเคราะห์และแสดงผลกับงานบนไมโครซอฟวินโดว์ และเป็นชุดแรกบนวินโดว์ที่ขอมให้ควบคุม ตัวตรวจจับ (SENSOR),ทรานสดิวเซอร์ (TRANDUSERS),วาล์ว (ACTUATERS) และ

สภาวะต่างๆของสัญญาณ (SIGNAL CONDITIONERS) เหมือนกับเป็นส่วนของระบบการรับข้อมูลจาก HEM DATA CORP.

GENESIS เป็นซอฟต์แวร์ควบคุมกระบวนการแรกที่ใช้ไอคอน (ICON) จาก ICONICS , INC ซึ่งเปลี่ยนมาจากไอบีเอ็มพีซีจนถึงมัลติฟังก์ชันแคดเวอร์คัลเดชั่น (MULTI-FUNCTION CAD workstation ) สำหรับการสร้างกราฟฟิก,การจำลองและการประมวลผลการรับข้อมูลในช่วงเวลาจริง (real time) และกลยุทธ์ในการควบคุมกระบวนการ (process control strategies)

### 3.2) PRODUCT SPECIFICATIONS

#### (1) ANALOG INPUT (A/D CONVERTER)

CHANNEL : 16 single-ended or 8 differential , switch selectable

RESOLUTION : 12 bits

INPUTS RANGE : unipolar : +10V ,+5V, +2V, +1V.

bipolar :+/- 10V, +/-5V, +/-2.5V, +/-1V, +/-0.5V

All input range are switch selectable(local mode)or software programmable(remote mode)

OVER VOLTAGE : Continuous +/-30V max.

CONVERSION SPEED : 100 KHz max.

ACCURACY : +/- (0.01 % of reading) +/- 1 bit

LINEARITY : +/- 1 bit.

TRIGGER MODE : Software trigger, on-board programmable pacer trigger or external trigger.

EXTERNAL TRIGGER : TTL compatible,the load is 0.4mA max at 0.5V and -0.05 mA max. at 2.7V

DATA TRANSFER : Program,interrupt or DMA.

#### (2) ANALOG OUTPUT ( D/A CONVERTER)

CHANNELS : 2 Channels.

RESOLUTION : 12 bits

OUTPUT RANGE : 0 to +5V(+10V) with on-board -5V(-10V) reference.Max + 10 V or -10V with external DC or AC reference.

REFERENCE : Internal -5V,-10V or external DC or AC,+/- 10V max.

CONVERSION TYPE : 12 bits monolithic multiplying.

LINEARITY : +/- 0.5 bit

OUTPUT DRIVE : +/- 5 mA max.

SETTING TIME : 5 microseconds.

### (3) DIGITAL INPUT

CHANNEL : 16 bits

LEVEL : TTL compatible.

INPUT VOLTAGE : Low ----- 0.8V max

High ----- 2.0V max

INPUT LOAD : Low ----- 0.4mA max at 0.5V

High ----- 0.05mA max at 2.7V

### (4) DIGITAL OUTPUT

CHANNEL : 16 bits.

LEVEL : TTL compatible

OUTPUT VOLTAGE : Low ----- Sink 8 mA at 0.5V max

High ----- Source -0.4mA at 2.4V min

### (5) PROGRAMMABLE TIMER/COUNTER

DEVICE : Intel 8254 or equivalent.

COUNTERS : 3 channels, 16 bit. 2 channels are permanently configured as programmable pacer, 1 channel is free for user's application.

INPUT,GATE : TTL/DTL/CMOS compatible.

TIME BASE : Pacer(channel 1 and 2 ):10 MHz or 1 MHz,switch selectable.

Channel 0: Internal 100 MHz or external clock(10 MHz max)

The selection is controlled by the timer/counter Enable Register (BASE+10).

PACER OUTPUT : 0.00023 Hz (71 minutes/pulse)to 2.5 Mhz.

### (6) INTERRUPT CHANNEL

LEVEL : IRQ 2 to 7, software selectable.

ENABLE : Via INTE bit of Control Register(BASE+9).

### (7) GENERAL

POWER CONSUMPTION : +5V:700mA typical,1A max.

+12V:140mA typical,200mA max.

-12V:14mA typical,20mA max.

I/O CONNECTOR : 20 pin post headers for I/O connection Adapter available to

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในหน่วยงานเพื่อการศึกษานั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
convert to 37 pin D-type connector.  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I/O BASE ADDRESS : Require 16 consecutive address definable by the DIP switch  
SW3 for address line A9-A4. (Factory setting is Hex 300)

OPERATING TEMP : 0 to +50 deg. C.

STORAGE TEMP : -20 to +65 deg. C.

WEIGHT : 9.8 oz(277.6 gm).

### 3.2) การติดตั้ง ( INSTALLATION )

#### 3.2.1) SWITCH SETTING

พีซีแอลแปดหนึ่งแปด ถูกออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งานซึ่งจะมี 6 สวิตช์สำหรับกำหนดหน้าที่ต่างๆบน พีซีแอลแปดหนึ่งแปดบรอด ซึ่งข้อดีของสวิตช์ต่างๆจะกล่าวดังต่อไปนี้ (สามารถดูตำแหน่งของสวิตช์ได้จากภาคผนวก B

##### (1) BASE ADDRESS SELECTION

ชื่อสวิตช์: SW3

การทำงานของพีซีแอลแปดหนึ่งแปดถูกควบคุมผ่านอินพุตและเอาต์พุตพอร์ตซึ่งพอร์ตเหล่านี้จะถูกกำหนดที่อยู่การใช้ที่อยู่ของที่ว่างของที่อยู่ ภาคผนวก C จะช่วยในการกำหนดตำแหน่งสำหรับอุปกรณ์ต่างๆ อย่างเหมาะสม

I/O PORT BASED ADDRESS สำหรับ พีซีแอลแปดหนึ่งแปด จะสามารถเลือกโดย D/P SW 6 ตำแหน่ง พีซีแอลแปดหนึ่งแปด ต้องการตำแหน่งของแอดเดรส 16 แอดเดรส ต่อเนื่องกันในที่ว่างของอินพุตเอาต์พุตที่มีแอดเดรสจาก 000H to 3F0H อย่างไรก็ตามคุณอาจจะมีบางแอดเดรสที่ถูกใช้กับอุปกรณ์อื่นแล้ว การตั้งการเลือกรฐานของแอดเดรส (BASE ADDRESS SELECTION) ของคุณจะเป็น 300H ในโรงงาน ถ้าคุณต้องการปรับมันไปยังแอดเดรสอื่น การตั้งสวิตช์สำหรับฐานของแอดเดรสต่างๆ ถูกแสดงดังต่อไปนี้

I/O ADDRESS RANGE ( hex)	SWITCH POSITION					
	1	2	3	4	5	6
	A9	A8	A7	A6	A5	A4
000-00F	0	0	0	0	0	0
010-01F	0	0	0	0	0	1
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
300-30F *	1	1	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3F0-3FF	1	1	1	1	1	1
---------	---	---	---	---	---	---

NOTE : -ON = 0, OFF = 1

-A4...A9 correspond to the PC bus address lines.

-\* means factory setting.

## (2) CHANNEL CONFIGURATION

ชื่อสวิตช์ : SW5

พีซีแอลแปดหนึ่งแปด มี 16 SINGLE-ENDED หรือ 8 DIFFERENTIAL INPUT CHANNELS การเลื่อนสวิตช์ควบคุมต่างๆ จะเป็นการเลือกข้อกำหนดของอนาล็อกอินพุต ถ้าเลื่อนสวิตช์ไปทางขวาจะบ่งบอกว่าเป็น “DIF” ,8 DIFFERENTIAL INPUT , หรือไม่เช่นนั้นการเลื่อนสวิตช์ไปทางซ้ายจะหมายถึงว่าเป็น “S/E” 16 SINGLE ENDED INPUTS ซึ่งจากโรงงานจะตั้งไว้ที่ “DIF”

## (3) INPUT RANGE CONTROL MODE

ชื่อสวิตช์ : SW 6

พีซีแอลแปดหนึ่งแปด จะมีการควบคุมอินพุตของตัวแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัล (A/D INPUT RANGE CONTROL) 2 โหมดคือ โลกอล (LOCAL) และ รีโมท (REMOTE) และการทำงานของแต่ละโหมดจะถูกตั้ง โดยการเลื่อน SW 6 เมื่อ SW 6 ตั้งไว้ที่โลกอล (LOCAL MODE : LCL) ย่านอินพุตจะถูกควบคุมโดยการตั้งของ DIP สวิตช์ SW4 หรือเมื่อ SW6 ถูกตั้งไว้ที่รีโมท (REMOTE MODE : REM)ย่านอินพุตจะถูกควบคุมโดยความเหมาะสมกับแรมบนบอร์ด และการถูกควบคุมโดยซอฟต์แวร์ ซึ่งจากโรงงานจะตั้งไว้ที่ตำแหน่ง “REM”

## (4) LOCAL MODE INPUT RANGE SELECTION

ชื่อสวิตช์ : SW 4

พีซีแอลแปดหนึ่งแปด จะมีการเลือกอินพุตของอนาล็อก (ANALOG INPUT RANGE) ซึ่งย่านอินพุตนี้ถูกแบ่งได้ 2 จำพวก คือ แบบขั้วเดียว (UNIPOLAR) และ แบบสองขั้ว (BIPOLAR) ซึ่งคุณสมบัติของอินพุตของอนาล็อก (ANALOG INPUT RANGE) จะเป็นแบบขั้วเดียว (UNIPOLAR) หรือ แบบสองขั้ว (BIPOLAR) จะถูกเลือกโดย DIP สวิตช์ SW4 จะมี 4 ตำแหน่ง DIP สวิตช์ โดยการตั้งสวิตช์ และย่านอินพุต จะแสดงได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SW4 SWITCH POSITION				UNIPOLAR/ BIPOLAR	INPUT RANG
1 (D0)	2 D1	3 D2	4 D3		
ON	ON	ON	ON	B	+/-5V
OFF	ON	ON	ON	B	+/-2.5V
ON	OFF	ON	ON	B	+/-1V
OFF	OFF	ON	ON	B	+/-0.5V
ON	ON	OFF	ON	U	0 - 10V
OFF	ON	OFF	ON	U	0 - 5V
ON	OFF	OFF	ON	U	0 - 2V
OFF	OFF	OFF	ON	U	0 - 1V
ON	ON	ON	OFF	B	+/-10V

NOTE : -ON = 0, OFF = 1

-\* mean factory setting.

-SW4 function only when SW6 set to local

#### (5) DMA CHANNEL SELECTION

ชื่อสวิตช์ : SW2

การเลือกของการประมวลผลหน่วยความจำโดยตรงระดับหนึ่ง (DMA LEVEL 1) หรือ การประมวลผลหน่วยความจำโดยตรงระดับสาม (DMA LEVEL 3) จะถูกควบคุมโดยการเลื่อน สวิตช์ไปทางซ้าย (DMA LEVEL 1) ถ้าไม่เช่นนั้นถ้าเลื่อนไปทางขวาจะหมายถึง การประมวลผล หน่วยความจำโดยตรงระดับสาม (DMA LEVEL 3)

#### (6) TIMER CLOCK SELECTION

ชื่อสวิตช์ SW1

พีซีแอลแปดหนึ่งแปด มีสองความถี่อินพุท (2 CLOCK INPUT FREQUENCIES) ไปยัง 8254 PROGRAMABLE TIMER/ COUNTER, 10 MHZ หรือ 1 MHZ เพื่อผลิตพัลส์เพื่อเป็นตัว

ทริกตัวแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D) หลังจากที่เรากำหนดอัตราการสุ่มตัวอย่าง (SAMPLING) ของตัวแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D) และการโปรแกรมตัวแปรต่างๆ ตั้งสวิทช์เลื่อนนี้ที่ 10 MHz หรือ 1 MHz โดยที่อัตราการความเร็วไปยังตัวแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D) ถูกคำนวณโดย

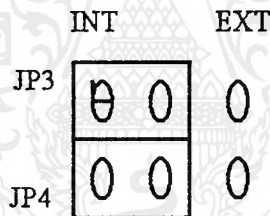
$$\text{PACER RATE} = \text{FCLK} / (\text{DIV1} * \text{DIV2})$$

เมื่อ FCLK คือ 1MHz หรือ 10MHz และถูกกำหนดโดยสวิทช์นี้ SW 1 DIV1, DIV2 คือ ชุดของตัวหารในเกาท์เตอร์ที่หนึ่ง (COUNTER1) และ เกาท์เตอร์ที่สอง (COUNTER2) ตามลำดับ ซึ่งทางโรงงานจะตั้งไว้ที่ 1 MHz

### (7) D/A REFERENCE SELECTION

ชื่อ JUMPER : JP3,JP4

พีซีแอลแปดหนึ่งแปด จะมี 2 จัมเปอร์เพื่อเลือกจุดอ้างอิงของตัวแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก (D/A CONVERTER) ต่างๆ JP3 สำหรับตัวแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอกแชนแนลศูนย์ (D/A CHANNEL 0) และ JP4 สำหรับตัวแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอกแชนแนลศูนย์ (D/A CHANNEL 1) ตามลำดับดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1

เมื่อจัมเปอร์ถูกใส่ที่ด้านซ้ายของ JP3 (2PIN ด้านซ้ายถูกขีด) อินพุตอ้างอิงของ ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแชนแนลศูนย์จะถูกต่อกับแรงดันอ้างอิงบนบอร์ด (อาจจะเป็น -5V หรือ -10V ขึ้นอยู่กับ JP5) และ ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแชนแนลศูนย์ จะมีย่านเอาต์พุต 0V to 5V หรือ 0V to 10V

เมื่อจัมเปอร์ถูกใส่ที่ตำแหน่งด้านขวาของ JP3 (2PIN ด้านขวาถูกขีด) อินพุตอ้างอิงของ ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแชนแนลศูนย์ จะถูกต่อไปยังจุดต่อ CN2 PIN 1 และ แรงดันระหว่าง -10V to +10V สามารถถูกประยุกต์ไปยัง PIN นี้เพื่อเป็นแรงดันอ้างอิงภายนอกของตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแชนแนลศูนย์

เมื่อแรงดันอ้างอิงภายนอกถูกใช้แรงดันนี้คือ แรงดันอ้างอิง (Vref) ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแชนแนลศูนย์ สามารถถูกโปรแกรมจาก 0 V to แรงดันอ้างอิงลบ (-Vref) อินพุตอ้างอิงอาจเป็นสัญญาณคี่ซี หรือ เอซีน้อยกว่า 100 KHZ ก็ได้ในวิธีนี้ ตัวแปลงสัญญาณอนาลอก

เป็นดิจิตอล สามารถถูกใช้เหมือนกับตัวลดทอน (PROGRAMMABLE ATTENUATOR) ปัจจุบันที่ลดทอนระหว่าง อินพุทและ อนุลอกอินพุทคือ

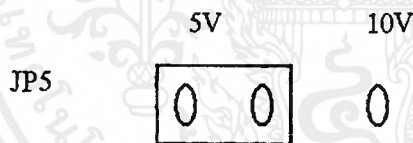
$$\text{ATTENUATOR FACTOR} = G/4095$$

เมื่อ G คือ ข้อมูลที่เขียนไปยัง รีจิสเตอร์ตัวแปลงสัญญาณอนุลอกเป็นดิจิตอล และค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 4095 ตัวอย่างเช่น ถ้าข้อมูล G คือ 2048 ดังนั้น ปัจจุบันการลดทอน (ATTENUATION FACTOR) คือ 0.5 และสัญญาณไซน์เวฟ ของการประยุกต์ขนาดแรงดัน 10 โวลต์ เพื่ออินพุทอ้างอิงจะจ่ายไซน์เวฟของแรงดัน 5 โวลต์ บนอนุลอก เอาท์พุท JP4 จะทำงานเหมือนกับ JP3 การเลือก JP4 คือ สำหรับการเลือกการอ้างอิงของ ตัวแปลงสัญญาณอนุลอกเป็นดิจิตอลแชนแนลหนึ่ง จากโรงงานจะตั้งไว้ที่ INTERNAL REFERENCE สำหรับ ตัวแปลงสัญญาณอนุลอกเป็นดิจิตอล ทั้งสองแชนแนล

#### (8) INTERNAL VOLTAGE REFERENCE SELECTION

ชื่อ JUMPER: JP5

ถ้า JP3 และ JP4 ถูกตั้งเพื่อการเลือกแหล่งจ่ายอ้างอิงภายใน พีซีแอลแปดหนึ่งแปด จะมีแหล่งจ่ายแรงดันดีซี สองแหล่งจ่ายคือ -5 V (5V) และ -10V(10V) และการเลือกจะโดย JP5 จากโรงงานจะตั้งไว้ที่ -5V ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2

#### 2.2.9) TRIG 0 AND GATE 0 SELECTION

ชื่อ JUMPER : JP1, JP2

JP1 และ JP2 ถูกสำรองไว้สำหรับการต่อ TRIG 0 และ GATE 0 ซึ่งความหมายของการตั้งต่างๆคือ

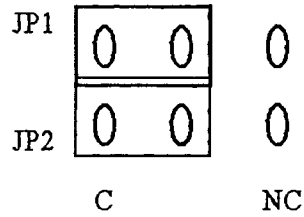
JP1 C-TRIG 0 และ DI 0 ถูกซ้อดเข้าด้วยกัน

NC-TRIG 0 และ DI 0 ถูกแยกจากกัน

JP2 C-GATE 0 และ DI2 ถูกซ้อดเข้าด้วยกัน

NC-GATE 0 และ DI2 ถูกแยกกัน

ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3

ซึ่งโดยทั่วไปจะตั้งไว้ที่ C เมื่อต้องการโดยซอฟต์แวร์ไควร์เวอร์ และจากโรงงานจะตั้งไว้ที่ตำแหน่ง C ทั้ง JP1 ,JP2

### 3.2.3 CONNECTOR PIN ASSIGNMENT

พีซีแอลเบดหนึ่งเบด จะถูกติดตั้งกับคอนเนคเตอร์ 2 ตัวแบบ 20 PIN และ คอนเนคเตอร์บนบอร์ดตัวอื่นๆอีก 3 ตัว ซึ่งคอนเนคเตอร์ เหล่านี้สามารถถูกต่อได้เหมือนกับชนิด FLAT CABLE หรือถูกต่อไปยังคอนเนคเตอร์ 37 PIN ชนิด D-TYPE ผ่านชุดการเดินสาย PCLK-1050 สำหรับตำแหน่งของแต่ละคอนเนคเตอร์ สามารถอ้างอิงได้จากภาคผนวก B

ไดอะแกรมที่จะแสดงดังต่อไปนี้จะเป็นการกำหนดขาของแต่ละคอนเนคเตอร์ตัวต่อไปนี้

- A/D S - Analog input (single-ended)
- A/D H - Analog input high (differential)
- A/D L - Analog input low (differential)
- A GND - Analog ground
- D/A - Analog output
- D/O - Digital output
- D/I - Digital input
- D.GND - Digital and power supply ground
- CLK - Clock input for the 8254
- GATE - Gate input for the 8254
- OUT - Signal output of the 8254
- VREF - Voltage reference
- REFIN - External voltage reference input

## CONNECTOR 1 ( CN1 ) - ANALOG INPUT ( Single-ended channels )

A/D S0	1	2	A/D S8
A/D S1	3	4	A/D S9
A/D S2	5	6	A/D S10
A/D S3	7	8	A/D S11
A/D S4	9	10	A/D S12
A/D S5	11	12	A/D S13
A/D S6	13	14	A/D S14
A/D S7	15	16	A/D S15
A.GND	17	18	A.GND
A.GND	19	20	A.GND

รูปที่ 3.4

## CONNECTOR 1 ( CN1 ) - ANALOG INPUT ( DIFFERENTIAL CHANNELS )

A/D H 0	1	2	A/D L 8
A/D H 1	3	4	A/D L 9
A/D H 2	5	6	A/D L 10
A/D H 3	7	8	A/D L 11
A/D H 4	9	10	A/D L 12
A/D H 5	11	12	A/D L 13
A/D H 6	13	14	A/D L 14
A/D H 7	15	16	A/D L 15
A.GND	17	18	A.GND
A.GND	19	20	A.GND

รูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## CONNECTOR 2 ( CN2 ) - ANALOG OUTPUT

D/A 0 REFIN	1	2	D/A L0
D/A 0 OUT	3	4	D/A 1 OUT
A.GND	5	6	A.GND
-VREF	7	8	
	9	10	
	11	12	
	13	14	
	15	16	
	17	18	
	19	20	

รูปที่ 3.6

## CONNECTOR3 ( CN3 ) - DIGITAL OUTPUT

D/O 0	1	2	D/O 1
D/O 2	3	4	D/O 3
D/O 4	5	6	D/O 5
D/O 6	7	8	D/O 7
D/O 8	9	10	D/O 9
D/O 10	11	12	D/O 11
D/O 12	13	14	D/O 13
D/O 14	15	16	D/O 15
D.GND	17	18	D.GND
+5V	19	20	+12V

รูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## CONNECTOR 4 ( CN4 ) - DIGITAL INPUT

D/I 0	1	2	D/I 1
D/I 2	3	4	D/I 3
D/I 4	5	6	D/I 5
D/I 6	7	8	D/I 7
D/I 8	9	10	D/I 9
D/I 10	11	12	D/I 11
D/I 12	13	14	D/I 13
D/I 14	15	16	D/I 15
D.GND	17	18	D.GND
+5V	19	20	+12V

รูปที่ 3.8

## CONNECTOR 5 ( CN5 ) - COUNTER

TRIG 0	1	2	
	3	4	
	5	6	
	7	8	CTR0 CLK
	9	10	CTR0 OUT
	11	12	CTR0 GATE
	13	14	CTR2 OUT
	15	16	
D.GND	17	18	D.GND
+5V	19	20	

รูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3) SIGNAL CONNECTION

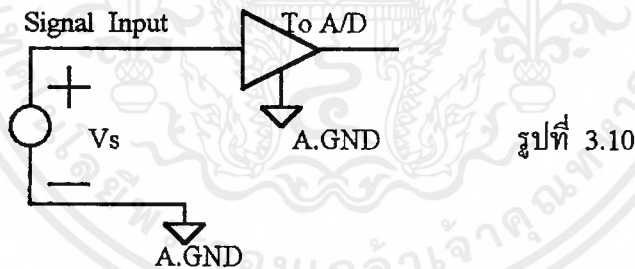
การต่อสัญญาณให้ถูกต้องเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญเพื่อให้การประยุกต์ระบบการส่งเป็นที่แน่นอน หรือการรับข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้องการต่อสัญญาณที่ดีต้องสามารถหลีกเลี่ยงการทำลายไปยังคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ซึ่งต่อไปนี้จะกล่าวถึงข้อมูลในการต่อสัญญาณในแบบต่างๆของการประยุกต์การได้มาซึ่งข้อมูล

#### 3.3.1) ANALOG INPUT CONNECTION

พีซีแอลแปดหนึ่งแปดจะรองรับกับข้อกำหนดทั้ง 16 SINGLE-ENDED หรือ 8 DIFFERENTIAL ANALOG INPUT ซึ่งข้อกำหนดของอินพุท (INPUT CHANNEL) จะถูกเลือกผ่านการสวิตช์ (SW5) บนการ์ด สิ่งที่แตกต่างกันที่สำคัญระหว่าง SINGLE-ENDED และ DIFFERENTIAL INPUT คือ จำนวนของสายอินพุทต่อช่องอินพุท (INPUT CHANNEL)

##### (1) SIGNAL ENDED CHANNEL CONNECTION

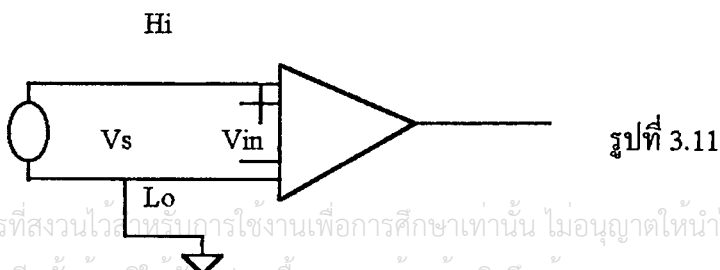
ลักษณะของ SINGLE-ENDED มีเพียงสายสัญญาณ 1 เส้นของแต่ละแชนแนลแรงดันที่ถูกวัดคือแรงดันของสายนี้ที่อ้างอิงกับจุดร่วมกราวด์แหล่งจ่าย 1 แหล่งจ่ายที่ปราศจากกราวด์จะถูกเรียกว่า FLOATING SOURCE : ซึ่งเป็นการง่ายในการต่อ SINGLE ENDED CHANNEL ไปยังสัญญาณ FLOATING SOURCE ซึ่งไดอะแกรมการต่อสายมีลักษณะดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10

##### (2) DIFFERENTIAL CHANNEL CONNECTION

ลักษณะของ DIFFERENTIAL INPUT จะมีสายสัญญาณ 2 เส้นต่อแต่ละแชนแนล โดย DIFFERENTIAL INPUT จะตอบสนองต่อแรงดันแตกต่างระหว่าง HIGH และ LOW อินพุทเท่านั้น ถ้าแหล่งจ่ายสัญญาณไม่ได้ต่อกับกราวด์ จะถูกเรียกว่า FLOATING SOURCE การต่อจะต้องคงอยู่ระหว่าง LOW และกราวด์ เพื่อกำหนดจุดร่วมแรงดันอินพุทสำหรับ FLOATING SIGNAL SOURCE การวัด FLOATING SOURCE อินพุทแชนแนลควรถูกต่อดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11

ถ้าแหล่งจ่ายสัญญาณด้านที่ต่อกับโลกอลกราวด์ การวัดของแหล่งจ่ายสัญญาณ และกราวด์พีซีแอลแปดหนึ่งแปดจะไม่ถูกต้องตามแรงดันเหมือนกับที่พวกมันถูกต่อกลับไปยังกราวด์ของอุปกรณ์และการต่อสายที่สร้างขึ้น ความแตกต่างของกราวด์แรงดันจะอยู่ในรูปของโหมดคร่อมแรงดัน (COMMON MODE VOLTAGE)

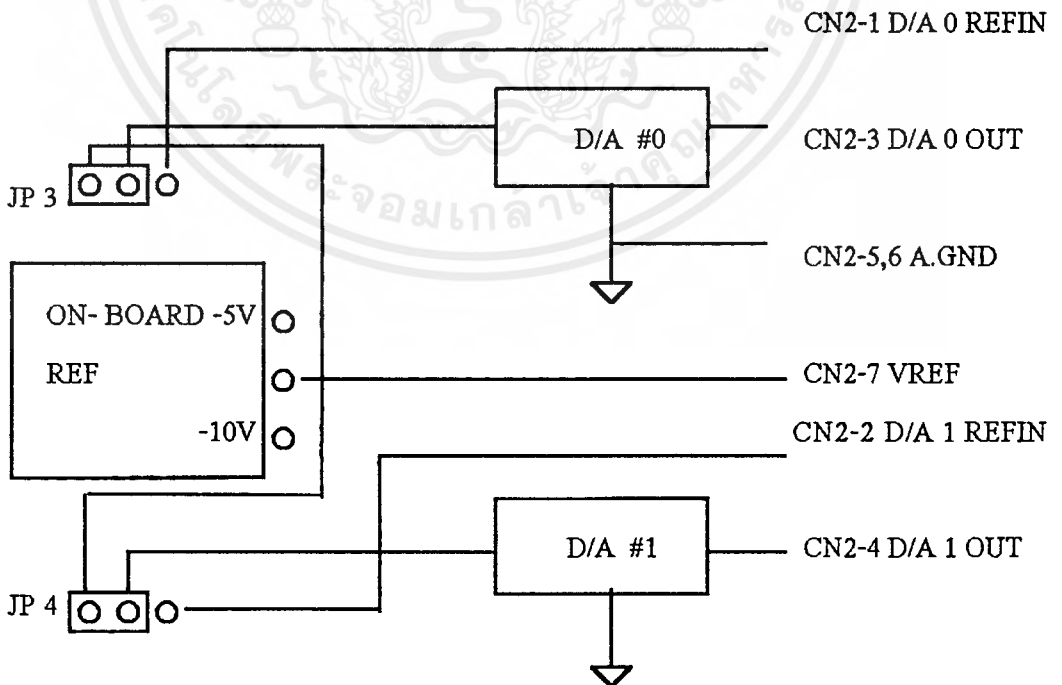
เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบของสัญญาณรบกวน (GROUND LOOP NOISE) สัญญาณกราวด์ ควรต่อกับอินพุท LOW และ LOW INPUT ไม่ควรถูกต่อกับกราวด์ของพีซีแอลแปดหนึ่งแปดโดยตรง

### 3.3.2) ANALOG OUTPUT CONNECTION

พีซีแอลแปดหนึ่งแปดจะมีตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก 2 แชนแนล (2 D/A CHANNELS) ผู้ใช้จะใช้แหล่งจ่ายแรงดันอ้างอิงภายในเพื่อจ่าย 0 ถึง +5 V (+10V) ไปยัง ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลเอาต์พุท ผู้ใช้อาจสร้างขานเอาต์พุทของตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็น

ดิจิทัลอื่นๆโดยผ่านการอ้างอิงจากภายนอก ขานของแรงดันอินพุทสูงสุดคือ +/- 10V และขานของแรงดันเอาต์พุทสูงสุดคือ +/- 10V ขั้วต่อ CN2 ของพีซีแอลแปดหนึ่งแปดถูกใช้สำหรับ

D/A SIGNAL ส่วนที่สำคัญในขั้วต่อสัญญาณ ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล เช่น อินพุทอ้างอิง, D/A OUTPUT และ ANALOG GROUND ดังแสดงดังต่อไปนี้ และกระแสไหลไม่ควรเกิน 5 mA

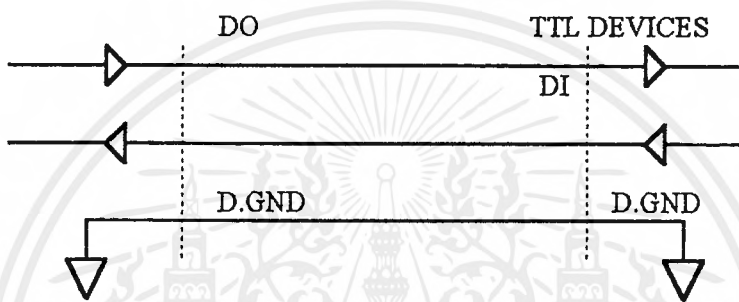


รูปที่ 3.12 D/A CONVERTER SIGNAL CONNECTIONS

### 3.3). DIGITAL SIGNAL CONNECTION

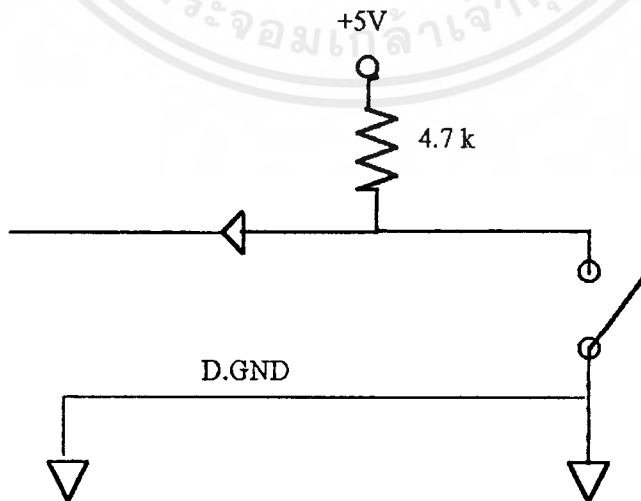
พีซีแอลหนึ่งแรมมี 16 บิต อินพุท และ 16 บิตดิจิตอลเอาต์พุทแชนแนล ระดับของอินพุทเอาต์พุทดิจิตอลคือ ที่ต่อร่วมกับพีซีแอลได้ การส่งหรือการรับสัญญาณดิจิตอล ไปยัง หรือจาก อุปกรณ์ที่พีซีแอลอื่นๆ

การต่อจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13

การรับสัญญาณเปิดหรือข้อจากสวิตช์ หรือ รีเลย์ การใส่ตัวต้านทานจะเพิ่มความแน่นอนของระดับ HIGH เมื่อเปิดวงจรดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วงจรที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ

ชื่อวงจร Voltage to Current Circuit ( V to I convertor )

### หลักการทํางาน

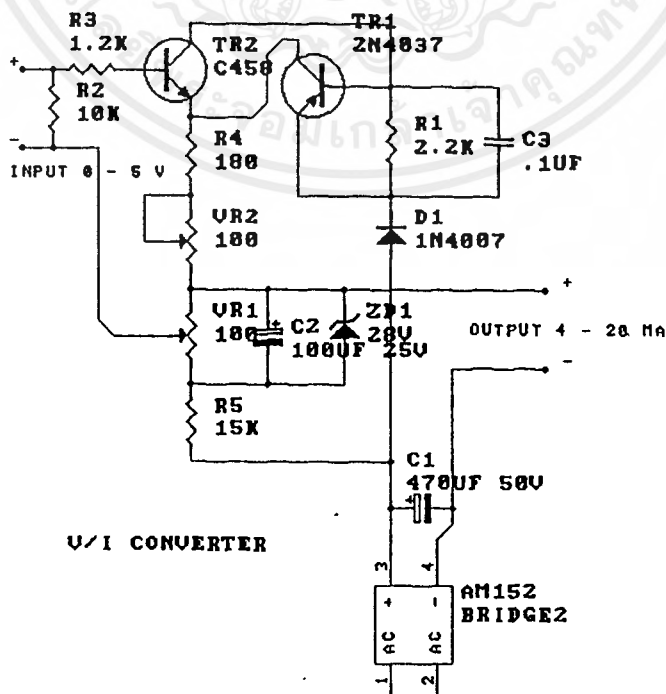
วงจรมีจุดประสงค์คือเพื่อเปลี่ยน แรงดันอินพุต 1-5 V. ให้เป็นกระแสเอาต์พุต 0-20 mA. ใช้ในการเปลี่ยน เอาต์พุต ของ PID Controller ของโปรแกรม Genesis เป็นกระแสควบคุม Control Valve

ลักษณะของวงจรมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงกระแสเอาต์พุตคือ  $Q_1$  และ  $Q_2$  เมื่อ Power Supply จ่ายแรงดันคงที่ 12 V และ แรงดันอินพุต 1-5 Volt. การทํางานเริ่มจากแรงดันอินพุต 1 Volt ป้อนให้  $Q_1$  มี  $R_1$  เป็นตัว Drop กระแสและ  $R_2$  เป็นตัวจัดไบแอสให้กับขา B ของ  $Q_1$  และ  $VR_5$  เพื่อปรับให้ซีโร (Zero) ให้เอาต์พุตเท่ากับ 4 mA.

### การปรับค่ากระแสให้ได้ตามมาตรฐาน (Caribration )

1. เมื่อ  $Q_1$  รับอินพุต 1 volt. ทำให้  $Q_1$  นำกระแสได้ โดยไหลผ่านทาง  $D_2$ ,  $R_7$ ,  $Q_1$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  ไปได้ เป็นกระแสเอาต์พุต เมื่อ  $Q_1$  ทํางานส่งผลให้  $Q_2$  ทํางานด้วยเพราะ แรงดันขา B ต่ำกับขา E มีกระแสไหล 2 ทาง ไปที่เอาต์พุตการปรับให้เอาต์พุตเท่ากับ 4 mA. ทำให้ได้  $VR_5$  ซึ่งควบคุม ไบแอส ของ  $Q_1$

2. การปรับสแปน (Span) คือปรับกระแสเอาต์พุตให้เท่ากับ 20 mA. เมื่ออินพุตเท่ากับ 5 V. โดยปรับ  $VR_4$  ซึ่งเป็นการปรับไบแอสของ  $Q_1$  ด้วยแต่เป็นการจัดไบแอส ที่ขา E อย่างเดียว ต่างกับ  $VR_5$  ซึ่งส่งผลทั้งขา B และขา E เพราะฉะนั้นหลังจากปรับ Span แล้วต้องทดสอบที่ซีโร (Zero) อีกจนกว่าทั้ง 2 ค่าจะได้ตามต้องการ

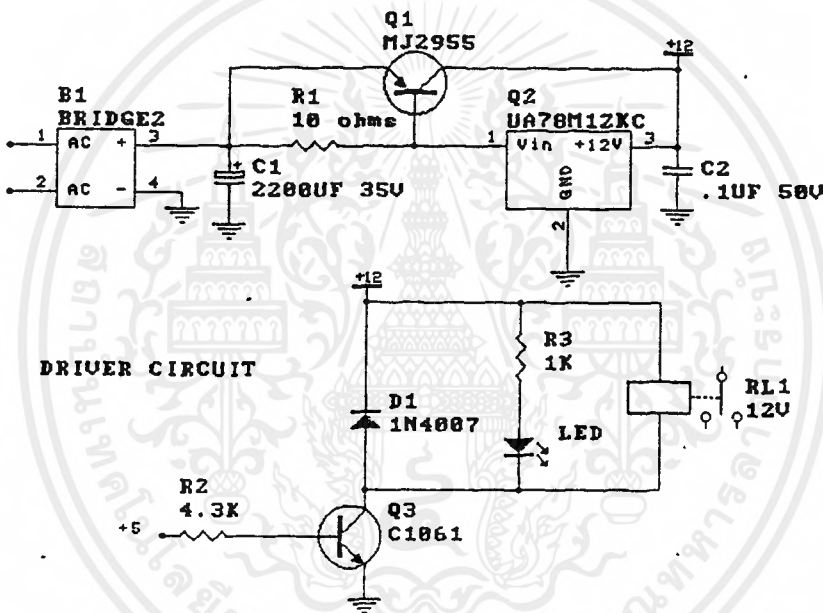


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่รูปที่ 3.15 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ชื่อวงจร วงจรไดรเวอร์สำหรับคิวิตอลเอาท์พุท (Driver circuit)

### การทำงานของวงจรไดรเวอร์

วงจรไดรเวอร์เป็นส่วนของการประยุกต์การในการ์คอินเตอร์เฟสที่มีเอาท์พุทเป็นคิวิตอล 8 แชนแนล ในส่วนเอาท์พุทนี้เป็นการสร้างเงื่อนไขในส่วนการสร้างยุทธวิธี (Strategy Builder) ของโปรแกรมเจนเนซิส การนำไปใช้งานเช่น ควบคุมการปิดเปิดของปั๊มโดยอัตโนมัติตามเงื่อนไขของสัญญาณเตือน หรือ การนำสัญญาณเตือนไปเป็นตัวทรiggerชุดไดรเวอร์เพื่อนำไปขับโหลดอื่นๆ ต่อไป เนื่องจากกระแสที่ออกจากชุดไดรเวอร์ไม่เพียงพอ สำหรับวงจรของชุดไดรเวอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แสดงวงจรไดรเวอร์

วงจรนี้ใช้เพาเวอร์ซัพพลาย 12 โวลต์ ทรานซิสเตอร์เบอร์ C1061 เป็นตัวขับกระแสของรีเลย์ เมื่อสัญญาณเอาท์พุทจากการ์คอินเตอร์เฟสมีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ วงจรนี้จะไม่ทำงานตำแหน่งของขาริเลย์จะอยู่ที่ปกติปิด (NC) แต่เมื่อกระบวนการมีการตอบสนองตามเงื่อนไขที่ตั้งเอาไว้ตามโปรแกรมเจนเนซิส การ์คอินเตอร์เฟสจะจ่ายแรงดัน 3 โวลต์ ทำให้วงจรนี้น่ากระแสมีผลให้รีเลย์ทำงานขาริเลย์อยู่ที่ปกติเปิด (NO) ซึ่งจะนำหน้าสัมผัสของรีเลย์นี้เองไปใช้งาน

## การนำไปประยุกต์ใช้

Driver สำหรับงานที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงซึ่งไม่อยู่ในขอบเขตที่สัญญาณไฟฟ้าจาก Computer จะจ่ายกระแสให้เพียงพอ ในที่นี้มีวงจรดังรูปที่ 3.16

มีการทำงานต่อไปนี้

ใน Card interface PCL 818 มี Digital Output 16 Channel ซึ่งสามารถเขียน Strategy buider ให้มี Output ขึ้นอยู่กับค่าใดๆใน Process ในที่นี้ได้นำมาใช้ 8 Channel เพื่อเป็น input ให้กับ Transistor C1061 ในการขับ Coil Relay อีกครั้งหนึ่ง ในตัวอย่างนี้ต้องใช้ DOUT #0, #1, #2, #3, #7 มีใช้งาน ดังนี้

Dout #0 ---- เป็น Low alarm ของ Level Control ที่ 10% มี output relay ch 1

Dout #1 ---- เป็น High alarm ของ Level Control ที่ 90% มี output relay ch 2

Dout #2 ---- เป็น Low alarm ของ Pressure Control ที่ 0.5 kg/cm<sup>2</sup> มี output relay ch 3

Dout #3 ---- เป็น High alarm ของ Pressure Control ที่ 4.5 kg/cm<sup>2</sup> มี output relay ch 4

Dout #4 ---- เป็น Pump Control ใช้บังคับการปิดเปิด Pump ใน Process Level Control จะปิด Pump เมื่อ Level มากกว่า 90% เป็นเวลา 5 sec. มี Output relay ที่ ch 8

## บทที่ 4

### การแนะนำโปรแกรมเจนเนซิส

#### โครงสร้างของ Genesis

ในรูปที่ 4.1 ได้แสดงโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของเจนเนซิสไว้ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนกำหนดสภาพระบบงาน (Development Environment) และ ส่วนทำงานสภาพงานจริง (Runtime Environment) ซึ่งทั้งสองส่วนนี้จะข้องเกี่ยวกับด้วยฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกำหนดคุณสมบัติและการแสดงค่า (Configuration and Display Database)

ในส่วนกำหนดสภาพระบบ (System Configurator) จะเป็นส่วนที่ผู้ใช้กำหนดสภาพงานต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดวิธีการดำเนินงานในส่วน Strategy การกำหนดส่วนแสดงภาพ (Display) และส่วนที่เกี่ยวข้องของอุปกรณ์ใน (Device Driver) เช่น พีแอลซี(PLC) ด้วยรูปแบบลูป (Loop Controller) ฯลฯ อย่างเหล่านี้เมื่อผู้ใช้สร้างหรือแก้ไขกำหนดต่างๆ เสร็จเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะถูกเก็บไปไว้ยังส่วนฐานข้อมูล

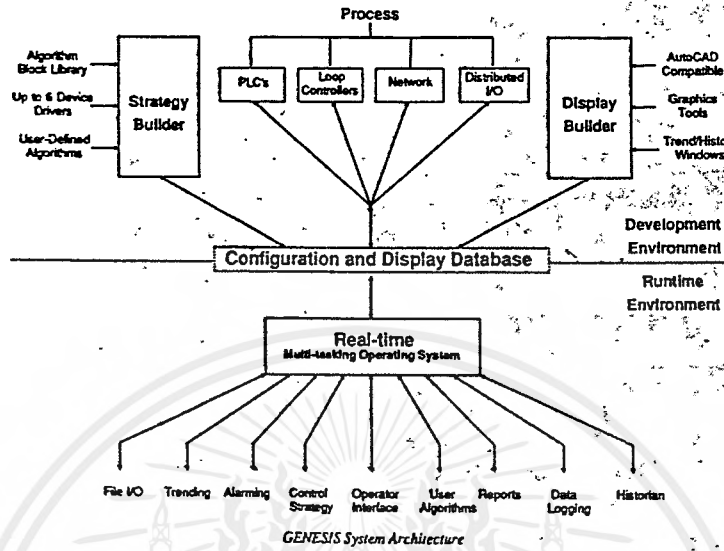
ในส่วนทำงานสภาพใช้งานจริง (Realtime System) จะเป็นส่วนที่นำข้อมูลที่สร้างขึ้นจากส่วนกำหนดสภาพระบบฐานข้อมูลมาดำเนินการตามข้อกำหนดที่ผู้ใช้วางไว้ ซึ่งจะมีหน้าที่กระทำในไฟล์ข้อมูล การแสดงแนวโน้ม การตัดเตือน การควบคุมระบบ การติดต่อกับผู้ใช้งาน การรายงานข้อมูล การเก็บและรวบรวมประวัติข้อมูล ซึ่งงานทั้งหมดนี้ปฏิบัติในลักษณะที่เรียกว่า มัลติทาสกิ้ง (Multi-Tasking) สำหรับการตอบสนองเชิงเวลาจริง (Real Time) อันเป็นหัวใจสำคัญของซอฟต์แวร์ประเภทนี้

จะเห็นได้ว่าสิ่งที่กล่าวมาในคอนต้นั้นไม่ใช่คำเอ่ยที่เกินจริงแต่อย่างใดเลย หากได้พิจารณาจากโครงสร้างของซอฟต์แวร์ก็จะทราบถึงการวางส่วนประกอบที่โยงใยสู่ส่วนย่อยได้อย่างเป็นระบบและในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงกรรมวิธีในการใช้งานที่น่าสนใจ

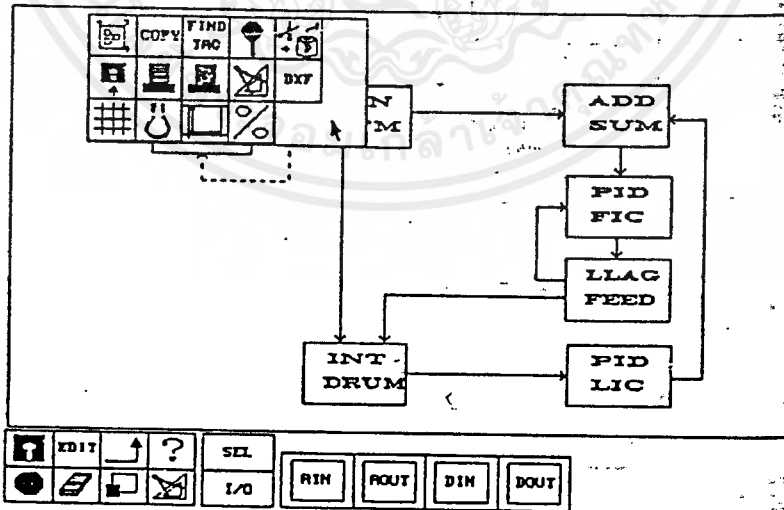
#### เข้าสู่ระบบ

ถ้าจะว่ากันจริงๆ เจนเนซิสมีการใช้งานที่ง่ายมาก มีคำสั่งการใช้น้อย นั่นเป็นเพราะทุกอย่างเป็นไปในลักษณะของกราฟิก กระบวนการที่ผู้ใช้จะเกี่ยวข้องและเสียเวลาอยู่สักหน่อยก็ตรงส่วนกำหนดสภาพระบบนั่นเอง ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความรู้ในด้านการควบคุมทางอุตสาหกรรมอยู่บ้าง สำหรับการสร้างวิธีดำเนินการของระบบและการสร้างภาพที่ต้องการแสดง ตามสัญลักษณ์ในแบบงานควบคุม

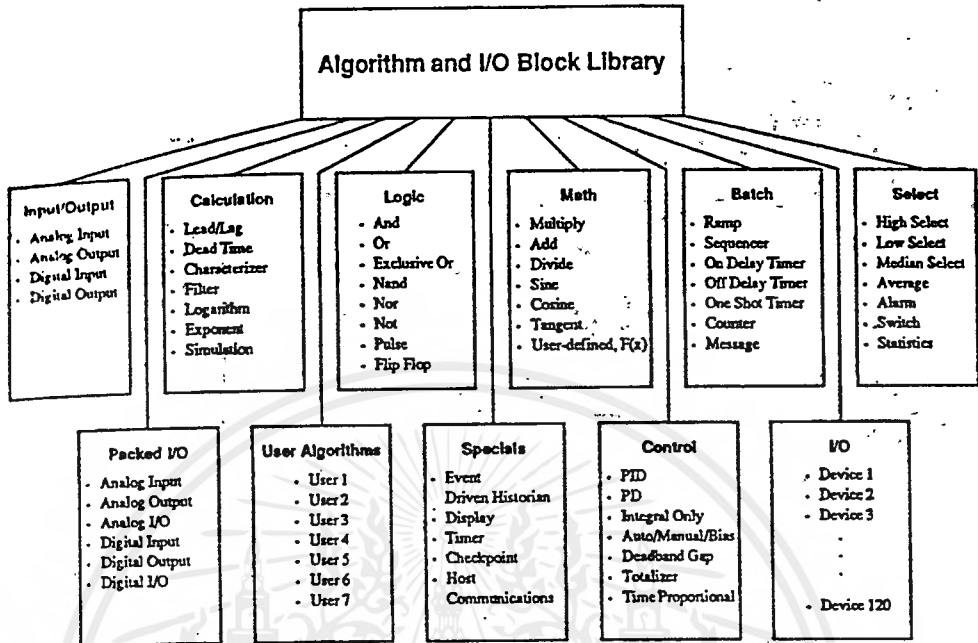
จุดแรกที่ผู้ใช้จะข้องเกี่ยวกับคือ ในส่วนกำหนดสภาพระบบที่ประกอบด้วยส่วน Strategy Builder และ Display Builder จากรูปที่ 4.2 แสดงหน้าเมนูในส่วนของ Strategy Builder จะใช้บล็อกฟังก์ชันแทน ส่วนอินพุตเอาต์พุต อัลกอริทึม แล้วนำมาเขียนต่อภาพกันในลักษณะคล้ายโฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) ในงานเขียนโปรแกรมดังรูปที่ 4.3 ซึ่งเลือกได้โดยมีเมาส์ผู้ใช้สามารถ



รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างทางซอฟต์แวร์ Genesis



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 4.2 แสดงเมนูของส่วน Strategy Builder ในหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

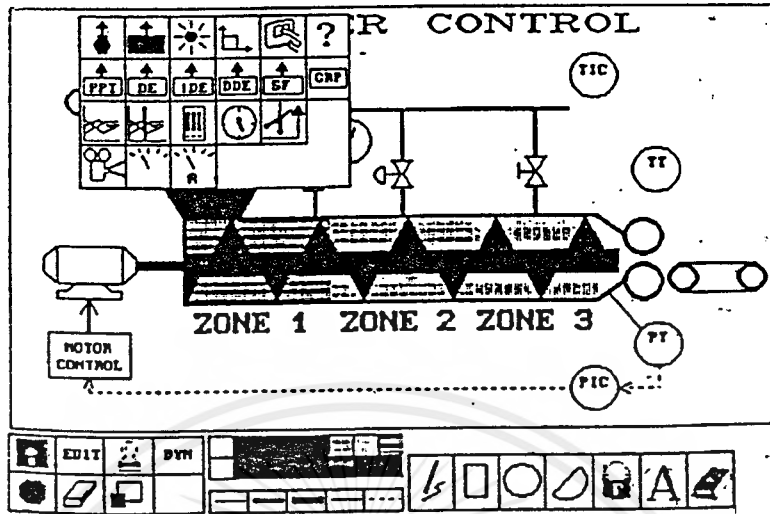


รูปที่ 4.3 แสดงไลบรารีของอัลกอริทึมและ I/O บล็อก

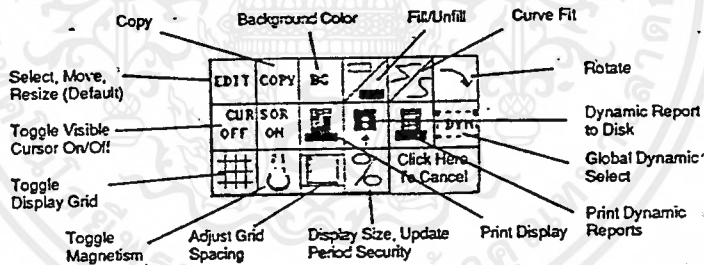
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในรายละเอียดของฟังก์ชันบล็อกอีกได้ด้วยการเรียกหน้าเมนูย่อยที่ซ่อนไว้ภายใน ซึ่งในส่วน Display Builder จะสามารถเรียกใช้ได้จากส่วน Strategy Builder ในบล็อกภาพรูปไม้ฉากกับวงเวียนที่อยู่ได้เครื่องหมาย ? ได้ทันที

ในส่วน Display Builder ดังในรูปที่ 4.4 นั้นจะใช้งานที่มีลักษณะเช่นเดียวกับโปรแกรม Paint Brush โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือส่วนภาพที่แสดงเป็นพื้น และส่วนภาพที่เคลื่อนที่ ซึ่งในแต่ละส่วนจะมีฟังก์ชันสนับสนุนต่อการใช้งานอีก ไม่ว่าจะเลือกสี ขนาด ลายเส้น รูปแบบ ตัวอักษร ขนาดของข้อความและฟังก์ชันใช้งานอื่นๆ อีกนับสิบ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6

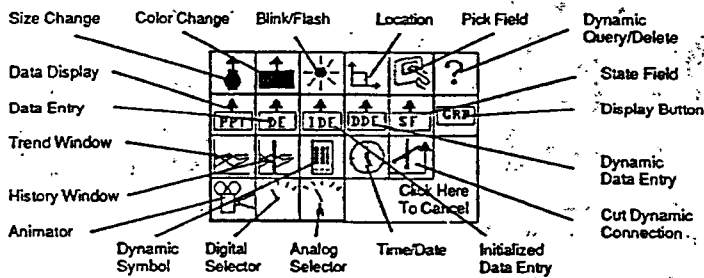
และเมื่อใช้กันมาถึงจุดนี้ ทุกส่วนก็สามารถจะกระทำได้ตามความคิดของผู้วางระบบ iverse ใช้งานเลขที่เดียว และยังคงพร้อมไปด้วยส่วนฟังก์ชันที่เอื้ออำนวยต่อผู้ใช้อีกมากมาย อาทิเช่น ระบบป้องกันส่วนผิดพลาด ซึ่งเมื่อผู้วางระบบสร้างบล็อกภาพไว้ไม่สมบูรณ์ก็จะไม่สามารถใช้คำสั่งอื่นใดได้ ทำให้ผู้ใช้จำเป็นต้องสร้างหรือแก้ไขภาพให้สมบูรณ์เสียก่อน โดยจะมีการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบด้วย



รูปที่ 4.4 แสดงส่วนของ Display Builder

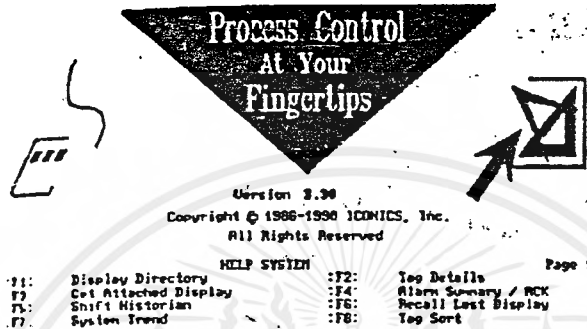


รูปที่ 4.5 แสดงฟังก์ชันการสร้างภาพพื้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 4.6 แสดงฟังก์ชันในการสร้างภาพเคลื่อนไหวไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# GENESIS Control Series™ Run Time



## 4.7 แสดงภาพรูปที่ เมนูในส่วน Runtime

### มาถึงส่วนใช้งาน

เมื่อได้ออกแบบและวางกำหนดระบบงานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว มาถึงตรงนี้ก็พร้อมแล้วสำหรับการใช้งานเพื่อการควบคุมระบบ ซึ่งจะจัดการการทำงานในลักษณะมัลติทาสก์กิ้ง เพื่อให้ระบบควบคุมงานเป็นไปตามเวลาจริง โดยที่การทำงานจะให้ความสำคัญต่องานเก็บข้อมูลและควบคุมระบบก่อนงานอื่นๆ ไม่ว่าในกรณีใด ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดอัตราเวลาในการปฏิบัติงานเก็บข้อมูลและควบคุมระบบในอัตราสูงสุดในทุกๆ 0.05 วินาที

ในส่วนนี้ยังเอื้ออำนวยความสะดวกต่อผู้ควบคุมระบบ ในขณะที่ตรวจสอบข้อมูลจากหน้าจอภาพเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการคีย์ข้อมูลด้วยคีย์คำสั่งที่กำหนดจากผู้ใช้เอง การค้นหาบล็อกฟังก์ชันด้วยการเรียกจากชื่อที่กำหนดไว้หรือการสร้างเมนูภาพแสดงผลเฉพาะผู้ใช้เอง

การเก็บข้อมูลใน Genesis จะเป็นในรูปแบบของ ASCII และ EXCEL ด้วยขนาดไฟล์ที่ไม่จำกัด ซึ่งสามารถใช้งานกับโปรแกรม Lotus 1-2-3 โดยตรง ไฟล์เหล่านี้สามารถพิมพ์แสดงผล เก็บค่าข้อมูลลงดิสก์ หรือส่งผ่านไปยังส่วนข้อมูลกลางในระบบเครือข่าย ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกเก็บข้อมูลได้ใน 2 ลักษณะคือ .

การเก็บข้อมูลตามเหตุการณ์ (Event Driven Historian) เป็นวิธีการเก็บข้อมูลที่ค่อนข้างยืดหยุ่น ผู้ใช้จะสามารถจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดได้ ซึ่งอาจจะเป็นสภาวะหรือเหตุการณ์ภายนอกจากระบบข้อมูลที่เก็บไว้เป็นไฟล์ได้มากถึง 40 ไฟล์ในแต่ละไฟล์สามารถเก็บสัญญาณได้ถึง 20 จุด สำหรับจำนวนสัญญาณข้อมูลที่รับได้ทั้งหมด 800 สัญญาณ ซึ่งสามารถเลือกอัตราเร็วในการเก็บข้อมูลได้ 2 อัตรา หรือจะให้กระทำโดยสัญญาณกระตุ้นจากภายนอกก็ได้

การเก็บข้อมูลตามเวลา (Shift Historian) เป็นระบบการเก็บข้อมูลที่เหมากับความถี่ของการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลายาว ซึ่งจะมีอัตราการเก็บข้อมูลคงที่บนโครงสร้างการเก็บที่แน่นอน การเก็บลักษณะนี้ได้ออกแบบมาสำหรับระบบงานที่ต่อเนื่องโดยจำเป็นต้องมีการรายงานข้อมูลทุกๆ ระยะ ในการเก็บข้อมูลแบบนี้ค่าสัญญาณจะถูกเก็บเข้ามาทุกๆ 10 วินาที โดยสุ่มเก็บ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยและเก็บไว้ในไฟล์ในส่วนชั่วโมง (hourly file) ทุกๆ 30 วินาที ซึ่งในไฟล์ข้อมูลส่วนชั่วโมงเมื่อถึงกำหนดก็จะหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำมาเก็บไว้ในไฟล์ข้อมูลตามเวลา (shift file) ในกระบวนการตรงนี้ก็จะมีกระทำรายงานสำหรับไฟล์ข้อมูลส่วนวันและส่วนสัปดาห์อีกด้วย ทั้งนี้ทั้งนั้นผู้ใช้จะเลือกใช้รูปแบบการเก็บข้อมูลได้ในลักษณะใดลักษณะหนึ่งเท่านั้นสำหรับการใช้งาน

นอกจากนั้นในเรื่องการใช้งานด้านอื่น เช่น การรายงานข้อมูล ซึ่งสามารถทำได้ทั้งในลักษณะกราฟิกและตารางข้อมูล การแสดงข้อมูลแนวโน้มในเวลาจริง (Real-Time Trending) ที่สามารถแสดงแนวโน้มข้อมูลในคราวเดียว 8 ตัวแปร ตามกรอบเวลาที่ผู้ใช้สามารถเลือกได้ตั้งแต่ 0.5 นาที ถึง 48 ชั่วโมง การแจ้งเตือนสัญญาณของระบบ การกึ่งคำสั่งที่ผู้ควบคุมสามารถกำหนดขึ้นเองได้ตามชนิด ส่วนสนับสนุนหน่วยความจำส่วน XMS/EMS ซึ่งมีการใช้ตรงกับโปรแกรม LIM (Lotus Intel Microsoft) เวอร์ชัน 4.0 ส่วนทดสอบและจำลองการทำงานของระบบเพื่อให้ผู้ใช้สามารถทดลองและตรวจสอบการทำงานของระบบก่อนที่จะนำไปใช้งานในระบบจริง ซึ่งเหล่านี้เป็นส่วนที่มีให้กับผู้ใช้อย่างพอเพียงกับความต้องการของผู้ใช้ที่มากไปกว่านั้น

ในซอฟต์แวร์ Genesis ตัวนี้ ยังมีส่วนเสริมเพิ่มเติมอีกสำหรับความต้องการของผู้ใช้งานที่มากไปกว่านั้น ซึ่งสามารถเพิ่มเติมไว้ให้ผู้ใช้เลือกใช้งาน อันได้แก่ ระบบรายงานและใบสั่ง (Report & Recipe) ซึ่งเป็นส่วนเสริมให้ระบบรายงานของ Genesis มีประสิทธิภาพที่มากไปกว่าธรรมดาด้วยระบบรายงานทั้งทางหน้าจอเครื่องพิมพ์ หรือในเครือข่ายงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในระบบใบสั่งนั้นผู้ใช้สามารถแก้ไขและสร้างด้วยไฟล์ ASCII ใดๆ ก็ได้ทันที

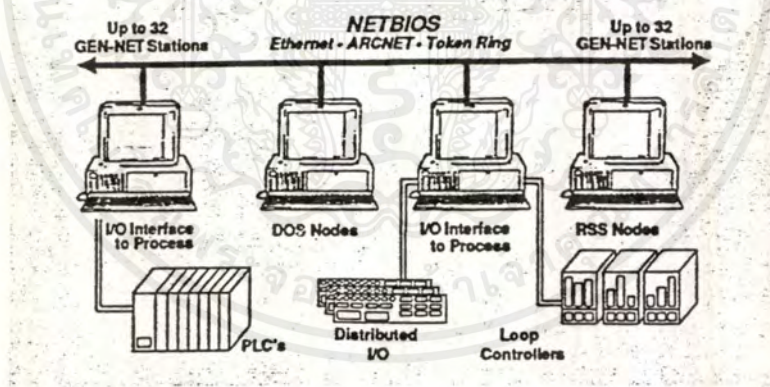
ระบบเครือข่าย (Networking) สำหรับความต้องการของผู้ใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูลให้เป็นที่ไปในลักษณะของเครือข่าย โดยทุกจุดทำงานแยกอิสระต่อกัน สามารถใช้งานได้ในรูปแบบ Ethernet, ARCNET Topology, Token-Ring หรือ Novell lan Topology จึงมีความง่ายสบายสำหรับระบบงานเพิ่มเติมที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตด้วยการลงทุนที่คุ้มค่ากว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อเชิงเครือข่ายจะไม่ก่อให้เกิดความล่าช้าแต่อย่างใด เมื่อมีการขยายส่วนเชื่อมโยงเพิ่ม และเมื่อเกิดความผิดปกติในส่วนทำงานจุดใดจุดหนึ่งก็จะไม่มีผลกระทบแต่อย่างใดกับจุดทำงานอื่นที่เชื่อมโยงอยู่ อีกทั้งในส่วนเพิ่มเติมส่วนนี้ยังเพิ่มส่วนตรวจสอบค้นหาความผิดปกติของระบบ (Fault-Tolerant) และการแก้ไขความผิดพลาดด้วยการซ้อนระบบ (system redundancy) ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่ทำให้ระบบควบคุมการผลิตมีความปลอดภัยจากสาเหตุที่ระบบควบคุมล้มเหลวอย่างแน่นอน

ระบบสถานีสั่งการระยะไกล (Remote Supervisory Station) เป็นส่วนเสริมให้ผู้ใช้ที่ต้องการควบคุมระยะไกลโดยมีส่วนประกอบหลักอยู่สองส่วนคือ ส่วน RSS-Remote และส่วน RSS-Master ซึ่ง RSS-Remote เป็นส่วนโปรแกรมที่ทำการรับ-ส่งข้อมูลต่างๆ คู่ตัวแม่ (Master) โดยปฏิบัติการในลักษณะเช่นเดียวกับส่วนเครือข่ายจึงทำให้ผู้ใช้สามารถมีระบบที่ผสมผสานในรูปแบบเครือข่ายพร้อมๆ การสั่งการระยะไกล ซึ่งสามารถเชื่อมต่อส่วนสถานีระยะไกล (Remote Station) ได้มากถึง 32 สถานี

ระบบควบคุมงานและคุณภาพเชิงสถิติ (Statistical Process Control & Statistical Quality Control) ซึ่งใช้ความสามารถและกรรมวิธีทางคณิตศาสตร์สถิติมาใช้ในการควบคุมและระบบคุณภาพการผลิต โดยนำรายละเอียดของข้อมูลที่ระบบรับเข้ามา มาประมวลผลและสรุปรายงานแสดงหน้าจอให้ผู้ใช้ได้ทราบเชิงสถิติดังรูปที่ 4.8

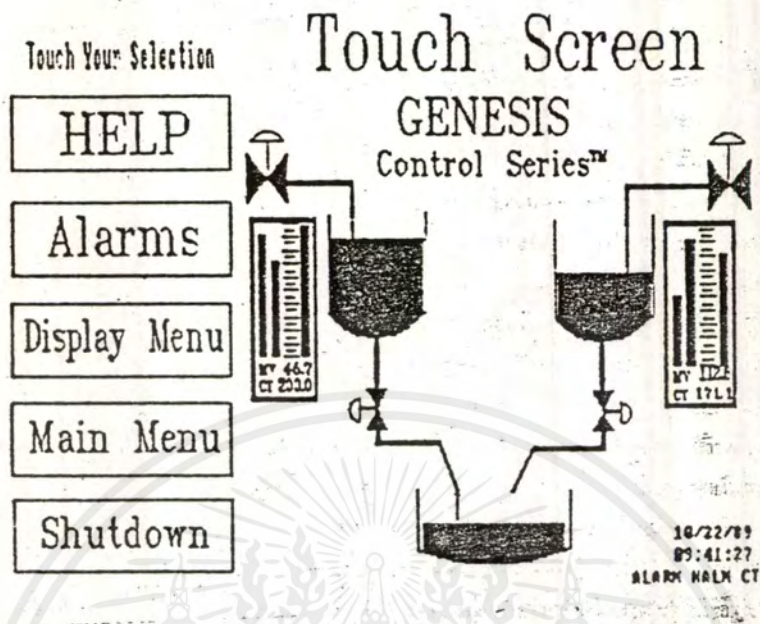


รูปที่ 4.8 แสดงโครงสร้างระบบเครือข่ายของ Genesis

ระบบติดต่อแบบสัมผัสหน้าจอ (Touch Screen Interface) ซึ่งมีความสะดวกในการใช้งานต่อผู้ควบคุมระบบเป็นอย่างมาก และมีระบบการสร้างข้อความ (Text Messaging System) ซึ่งให้ความสะดวกในการควบคุมผ่านหน้าจอภาพอย่างรวดเร็ว ดังตัวอย่างรูปที่ 4.9

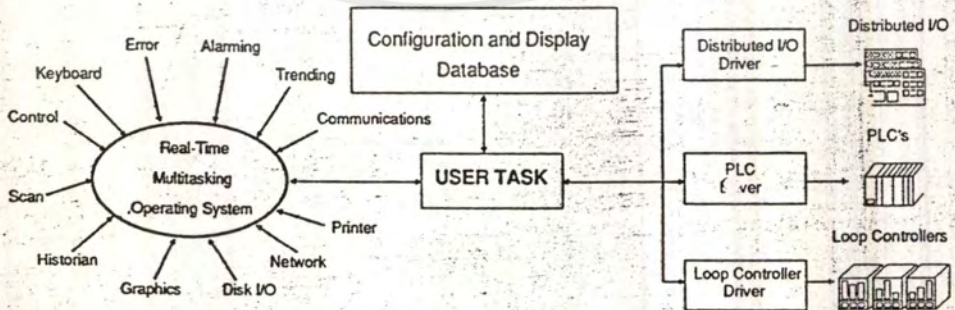
ระบบช่วยติดต่อกับมินิคอมพิวเตอร์ (Host Communication) มีไว้เพื่อการติดต่อกับ Host computer ที่พร้อมจะสื่อสารทั้งในระบบ RS-232C และ RS-422 ด้วยมาตรฐานการสื่อสารโปรโตคอล KERMIT และอีกระบบที่ให้ความสะดวกกับใช้นั้นคือการสื่อสารข้อมูลด้วยการเชื่อมต่อทางโมเด็ม (Modem Interface)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงภาพเมนูของระบบติดต่อแบบสัมผัสหน้าจอ

สุดท้ายยังให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาความสามารถของ Genesis ตามความต้องการได้ด้วยชุดพัฒนาระบบสำหรับผู้ใช้ (User Development Kit) และชุดพัฒนาอุปกรณ์ไมโครเวอร์ (Device Driver Development Kit) ที่เปิดกว้างทางสถาปัตยกรรมให้ผู้ใช้ดำเนินการเอง ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมอุปกรณ์สนับสนุนเพิ่มขีดความสามารถให้ Genesis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเลือกใช้

จากเรื่องราวของ Genesis ที่กล่าวมาทั้งสิ้นนี้ หากสรุปกันแล้วก็เห็นชุดอนุกรมซอฟต์แวร์ที่มีความยืดหยุ่นในการเลือกใช้และให้ความต้องการที่ตรงเป้าหมายในการใช้งานของผู้ใช้มากที่สุด และเนื่องจากความต้องการใช้งานของระบบที่แตกต่างกัน Genesis จึงมีระดับที่ลดหลั่นกันในการปฏิบัติงานและฟังก์ชันในการทำงาน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้ตรงตามขนาดของระบบถึง 3 แบบ คือ GEN-BASIC, Genesis SCADA และ Genesis Control System ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันดังนี้

GEN-BASIC เป็นชุดที่เหมาะสมสำหรับสภาพงานที่ต้องการพัฒนาในงานควบคุมขนาดเล็ก อาทิเช่น ในห้องแล็บ สาขาการผลิตขนาดเล็ก ฯลฯ ซึ่งในชุดนี้จะมีความสามารถที่ครบถ้วนเหมือนในชุด Control ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานหรือความเร็ว เพียงแต่มีความสามารถในการควบคุมจำนวนอินพุตเอาต์พุตที่น้อยกว่านั่นเอง

Genesis-SCADA เป็นชุดที่เน้นความสามารถในการเก็บข้อมูลและการควบคุมที่ซับซ้อนขึ้น อาทิเช่น การจัดการสัญญาณแจ้งเตือน การแสดงผลแนวโน้มความสามารถทางกราฟิก และการบันทึกรายงานข้อมูล ซึ่งครบครันไปทั้งส่วน Strategy Builder, Display Builder และ Runtime System

Genesis Control System เป็นชุดที่รวบรวมเอาความสามารถทั้งหมดของ SCADA เข้าไว้พร้อมเสริมส่วนที่มากขึ้นให้เหมาะกับงานควบคุมที่สมบูรณ์แบบ จึงนับได้ว่าในชุดนี้จะให้ความสมบูรณ์ต่อการใช้งานของผู้ใช้มากที่สุด พร้อมทั้งการให้ความสะดวกต่อผู้ใช้ในการตัดแปลงพัฒนาส่วนการใช้งานของผู้ใช้เองได้ด้วยโปรแกรมภาษาซีของไมโครซอฟต์

ซอฟต์แวร์ของ Genesis แต่ละชุดจะมีโครงสร้างเดียวกัน ทำให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดของซอฟต์แวร์ได้ตามความต้องการเมื่อระบบงานมีส่วนขยายเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดนี้ผู้ใช้สามารถเลือกส่วนอุปกรณ์ไดรเวอร์ (Device Driver) ที่มีให้เลือกมากกว่า 100 ชนิดจากผู้ผลิตอุปกรณ์ควบคุมในงานอุตสาหกรรมชั้นนำทั่วโลก ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางที่ 3 ท้ายเรื่อง

นอกจากนั้น Genesis ยังมีชุดซอฟต์แวร์ที่พิเศษไปกว่านั้นสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการติดตั้งในระบบงานที่มีลักษณะอย่างเดียวกันซึ่งเป็นส่วนประกอบของชุดใหญ่ที่แยกออกมา ให้ผู้ใช้งานได้เลือกในรุ่น Stand alone Runtime System ซึ่งจะเหมาะกับงานที่ต้องการการทำงานที่มีคุณลักษณะเหมือนๆ กันในหลายๆ เครื่อง เพราะผู้ใช้สามารถนำไปใช้งานกับระบบของตัวอื่นได้ทันทีโดยไม่ต้องพัฒนาแต่อย่างใดเลย และสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการส่วนโปรแกรมติดต่อกับอุปกรณ์ไดรเวอร์ (device driver) หลายตัว Genesis ทั้งชุด SCADA และ Control System ก็ยังเอื้ออำนวยให้สามารถทำงานควบคุมอุปกรณ์ได้มากถึง 6 ตัวในเวลาเดียวกัน แม้ว่าจะเป็นอุปกรณ์ที่ต่างผู้ผลิตก็ไม่มีปัญหาแต่อย่างใดในการใช้งาน

ผลิตภัณฑ์ของ Genesis จะมีความเหมือนในการใช้งานทั้งหมดในทุกรุ่นทุกชุด ซึ่งหากผู้ใช้จะเริ่มจากหนึ่งในชุดใดก็ตามเมื่อความต้องการของผู้ใช้มีมากขึ้นก็เพียงแค่เปลี่ยนแปลงระบบที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าด้วยเวลาเพียงน้อยนิดและง่ายดายกว่ามากเมื่อเทียบกับซอฟต์แวร์ตัวอื่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### การนำเจนเนซิสไปใช้งาน

การเริ่มต้นการใช้งานมีความจำเป็นที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับระบบการควบคุมของ process ที่ใช้งานจริงก่อน รวมทั้งวิเคราะห์ process เหล่านั้นว่ามีการควบคุมแบบไหน และมี block และ loop control อย่างไรบ้าง จากนั้นจึงนำไปเขียน loop control ในโปรแกรม genesis เป็นขั้นตอนถัดไป

การสร้าง loop control สำหรับ level control แบบ case cascade



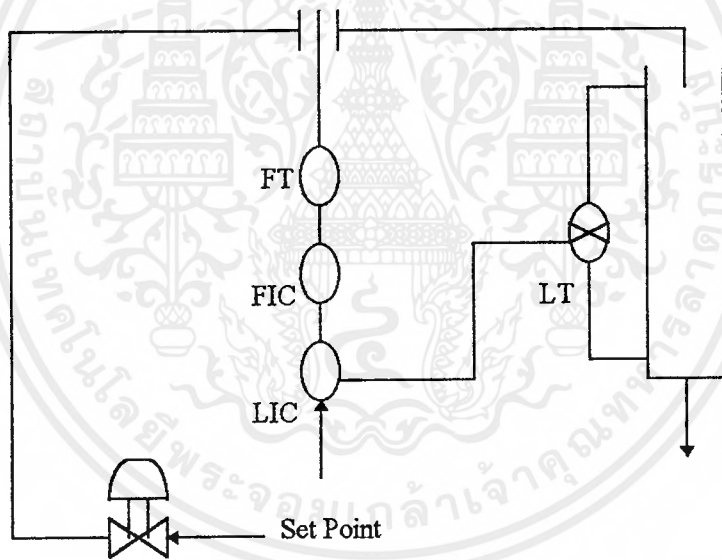
รูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก plant ดังรูปที่ 4.1 เราสามารถวิเคราะห์ loop control ที่ใช้ในการควบคุมแบบ level control ซึ่งมีอุปกรณ์ในการใช้งานและควบคุมดังต่อไปนี้

1. Level transmitter
2. Flow transmitter
3. Orifice plate
4. Control valve
5. I/P
6. Controller (ใช้ controller ซึ่งอยู่ในโปรแกรม genesis)
7. V/I

จากการวิเคราะห์ level control สามารถเขียน loop control และนำ loop control นี้ไปใช้เป็นตัวอย่างอิงสำหรับเขียน strategy builder ในโปรแกรม genesis ซึ่งสามารถเขียน loop control ของระบบ level control ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2

เมื่อทราบว่า loop control มีการควบคุมอย่างไรซึ่งจากรูปเป็นการควบคุมระดับของเหลวในถัง A มีลักษณะการควบคุมแบบ cascade ระดับของเหลวในถังถูกวัดค่าโดย level transmitter แล้วส่งเป็นสัญญาณ 4-20 mA มาให้กับ level controller เมื่อ controller ประมวลผลแล้วค่า MV ที่เป็นของเอาต์พุทของ level controller ถูกนำไปเป็นค่า set point ของ flow controller โดยที่ flow controller นี้รับค่า measurement จากการวัดของ orifice และส่งมาโดย flow transmitter เมื่อ flow controller ทำการเปรียบเทียบและประมวลผลส่งสัญญาณไปควบคุมที่ control valve เป็น final control แต่เนื่องจากสัญญาณที่ออกจาก controller เป็นกระแสไฟฟ้า จำเป็นต้องใช้ I/P ในการทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ 4-20 mA เป็นแรงดันลม 3-15 Psi

เอกสารขั้นตอนการสร้าง strategy builder ของ level control เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เมื่อเข้าโปรแกรม genesis (GFW project manager) แล้วทำการเปิด file ใหม่เพื่อเก็บ strategy builder นี้ไว้ในการใช้งาน

2. เข้าไปใน icon RTS แล้วทำการเลือก block เพื่อสร้างระบบควบคุมดังนี้

2.1 เลือก block PID Control ตาม loop control ข้างต้นต้องใช้ PID Controller 2 ตัวเป็น level controller และ flow controller

2.2 เลือก block AIN 2 block เป็นอินพุทให้ controller แต่ละตัว

2.3 เลือก block AOUT ใช้ในการควบคุม control valve

2.4 ส่วน application ของระบบ

1) DOUT 3 ตัว ใช้ควบคุม low alarm และ high alarm และควบคุมปั๊ม

2) not gate, or gate, time ใช้ประกอบวงจร interlock

2.5 เลือก card จาก I/O hardware ซึ่งสามารถรองรับการใช้งาน ในที่นี้ใช้ pcl 818

2.6 ทำการใส่ข้อมูลในแต่ละ block ตามความเหมาะสมกับการใช้งานซึ่งสามารถแสดงดังข้อมูลต่อไปนี้

GENESIS Control Series (tm) Genesis For Windows  
CONNECTION SIGNAL LIST REPORT

File Name -L\$F.CIR Tue Nov 05 19:59:33 1996

conn #	TAG	BLOCK	TYPE	VARIABLE	to	TAG	BLOCK	TYPE	VARIABLE
0	DEV 1	PCL818	AIN	#0	to	LT-001	( AIN )		AIN
1	LT-001	( AIN )	OUT		to	LIC-001	( PID )		MEAS
2	LIC-001	( PID )	OUT		to	FIC-001	( PID )		SP
3	FIC-001	( PID )	OUT		to	AOUT-01	( AOUT )		MEAS
4	DEV 1	PCL818	AIN	#1	to	FT-001	( AIN )		AIN
5	FT-001	( AIN )	OUT		to	FIC-001	( PID )		MEAS
6	AOUT-01	( AOUT )	AOUT		to	DEV 1	PCL818	D/A	OUT #0
7	LT-001	( AIN )	LALM		to	LARM	( DOUT )		INP
8	LT-001	( AIN )	HALM		to	HARM	( DOUT )		INP
9	LARM	( DOUT )	DOUT		to	DEV 1	PCL818	DOUT	#0
10	HARM	( DOUT )	DOUT		to	DEV 1	PCL818	DOUT	#1
11	PUMP	( DOUT )	DOUT		to	DEV 1	PCL818	DOUT	#7
12	LT-001	( AIN )	HALM		to	TIME	( TON )		CONT
13	TIME	( TON )	DOUT		to	NOT	( NOT )		INP
14	NOT	( NOT )	DOUT		to	PUMP	( DOUT )		INP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ID = 0      *** Analog Input Block (AIN) ***
TAG NAME   LT-001          UNITS      =
DESC       =
DISPLAY    =              SCAN      0.5
HI RANGE   100            FULL SCAN N
LO RANGE   0.0            SQR     N
INH ALM    N              PRIORITY 0
HI ALM     90             RATE ALM 0.0
LO ALM     10             ENT VAL  0.0
ALMDBAND   0.0           FIL TIME  0.0
TRACK      N              MANUAL    N
INSTR HRG  100           INSTR LRG -25
ACK VALUE  N

ID = 1      *** Analog Input Block (AIN) ***
TAG NAME   FT-001          UNITS      =
DESC       =
DISPLAY    =              SCAN      0.5
HI RANGE   100            FULL SCAN N
LO RANGE   0.0            SQR     Y
INH ALM    N              PRIORITY 0
HI ALM     100            RATE ALM 0.0
LO ALM     0.0            ENT VAL  0.0
ALMDBAND   0.0           FIL TIME  0.0
TRACK      N              MANUAL    N
INSTR HRG  100           INSTR LRG -25
ACK VALUE  N

ID = 2      *** Analog Output Block (AOUT) ***
TAG NAME   AOUT-01        UNITS      PERCENT
DESC       =
DISPLAY    =              SCAN      0.5
RAW RNG    4096           DOWNLOAD  Y
RAW LOW    0              REVERSE  N
DEADBAND   0.0           MANUAL    N

ID = 3      *** Digital Output Block (DOU) ***
TAG NAME   LARM           SCAN      0.5
DESC       =
DISPLAY    =              PULSE    N
HI NAME    =              LO NAME   =
ENT BIT    0              DOWNLOAD  Y
TRACK      N              MANUAL    N

ID = 4      *** Digital Output Block (DOU) ***
TAG NAME   HARM           SCAN      0.5
DESC       =
DISPLAY    =              PULSE    N
HI NAME    =              LO NAME   =
ENT BIT    0              DOWNLOAD  Y
TRACK      N              MANUAL    N

ID = 6      *** PID Controller Block (PID) ***

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TAG NAME	LIC-001	UNITS	=
DESC	=		
DISPLAY	=	SCAN	0.5
HI RANGE	100	HI LIMIT	100
LO RANGE	0.0	LO LIMIT	0.0
INH ALM	N	PRIORITY	0
HI ALM	90	DEV ALM	0.0
LO ALM	0.0	DV DBAND	0.0
ALMDBAND	0.0	EXT FBK	N
PBAND	100	BIAS	0.0
INTGR	1	KBIAS	0.0
DERV	0.0	MN LIMIT	N
REM SETP	N		
SETPT	0.0	INC/INC	N
TRACK	N	MANUAL	N

ID = 7           \*\*\*   PID Controller Block (PID)   \*\*\*

TAG NAME	FIC-001	UNITS	=
DESC	=		
DISPLAY	=	SCAN	0.5
HI RANGE	100	HI LIMIT	100
LO RANGE	0.0	LO LIMIT	20
INH ALM	N	PRIORITY	0
HI ALM	100	DEV ALM	0.0
LO ALM	0.0	DV DBAND	0.0
ALMDBAND	0.0	EXT FBK	N
PBAND	100	BIAS	0.0
INTGR	1	KBIAS	0.0
DERV	0.0	MN LIMIT	N
REM SETP	Y		
SETPT	0.0	INC/INC	N
TRACK	N	MANUAL	N

ID = 8           \*\*\*   Not Logic Block (NOT)   \*\*\*

TAG NAME	NOT		
DESC	=		
DISPLAY	=	SCAN	0.5
HI NAME	=	LO NAME	=
INH ALM	N	PRIORITY	0
ALM VAL	0	ALM->EVT	N

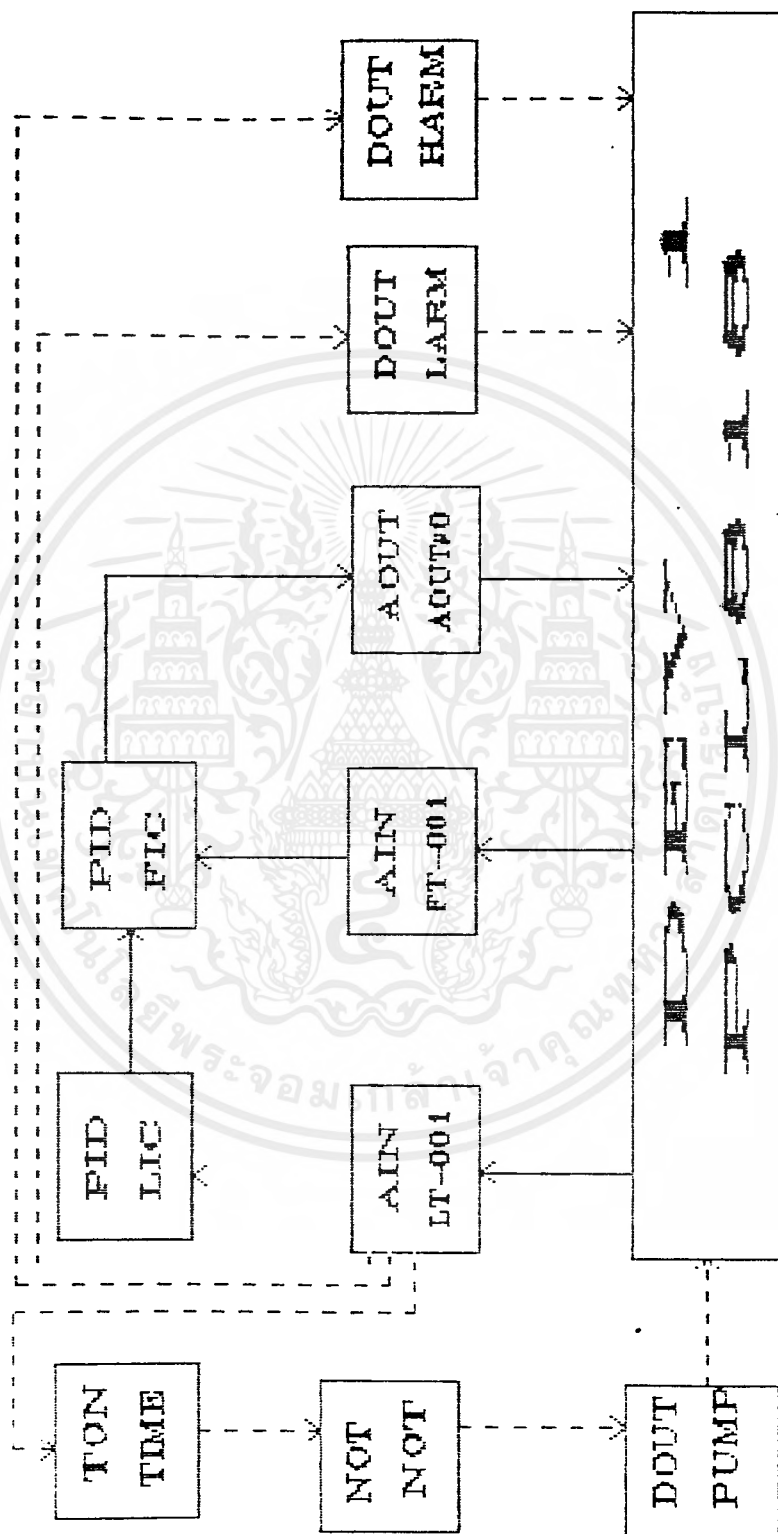
ID = 9           \*\*\*   On Delay Timer Block (TON)   \*\*\*

TAG NAME	TIME		
DESC	=		
DISPLAY	=	SCAN	0.5
HI NAME	=	LO NAME	=
RESET	N	HOLD	N
ON DELAY	10		

ID = 10          \*\*\*   Digital Output Block (DOUT)   \*\*\*

TAG NAME	PUMP	SCAN	0.5
DESC	=		
DISPLAY	=	PULSE	N
HI NAME	=	LO NAME	=
ENT BIT	0	DOWNLOAD	Y
TRACK	N	MANUAL	N

2.7 ทำการเชื่อมโยง block ให้สัมพันธ์กับ loop control ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 4.3 แสดงการเขียน Strategy Builder ของ Level & Flow Control โยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การสร้าง display เพื่อแสดงผลการทำงานของ process ที่มีการควบคุมมาจาก strategy builder ใช้การทำงานใน icon Graph Worx+ มีขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 นำ file ที่ใช้เก็บ strategy builder มาใช้อ้างอิงกราฟฟิค

3.2 เขียนรูปกราฟฟิค แสดงการควบคุมระดับ (level control) ตามรูปที่ 4.4

ส่วนที่แสดงระดับ มีการเปลี่ยนแปลงตามค่าที่วัดได้จาก transmitter โดยการเลือก size action และเลือกให้แสดงผลตามค่าใน Tag Number ในที่นี้ใช้ LT.001.out.

3.3 การแสดงผลเป็นตัวเลขใช้ block process point ในที่นี้แสดงผลของ

PV ของ level transmitter อ้างอิงจาก Tag lic-001.meas

SP ของ level transmitter อ้างอิงจาก Tag lic-001.setp

MV ของ level transmitter อ้างอิงจาก Tag lic-001.out

ค่า PID ของ level controller

PBAND อ้างอิงจาก Tag lic-001.pb

INTEGRAL อ้างอิงจาก Tag lic-001.intg

DERIVATIVE อ้างอิงจาก Tag lic-001.derv

PV ของ flow transmitter อ้างอิงจาก Tag fic-001.meas

MV ของ flow transmitter อ้างอิงจาก Tag fic-001.out

ค่า PID ของ flow transmitter

PBAND อ้างอิงจาก Tag fic-001.pb

INTEGRAL อ้างอิงจาก Tag fic-001.intg

DERIVATIVE อ้างอิงจาก Tag fic-001.derv

เมื่อสร้าง display เสร็จแล้วทำการเก็บข้อมูลใน file. l&f.gdf

4. การสร้าง display แบบกราฟเส้น (มีลักษณะเดียวกับ DCS)

กราฟเส้นเหล่านี้ใช้แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลามีขั้นตอนดังนี้

4.1 เข้าไปที่ icon. TrendWorx+ Window แล้วจะสามารถกำหนดขนาดของกรอบแสดงเส้นกราฟ

4.2 เข้าไปที่ edit pen แล้วเลือก Tag. มาอ้างอิงทำให้ค่าที่แสดงผลโดยกราฟนำเอาข้อมูลใน Tag นั้นๆ มาแสดงผล ในที่นี้ใช้กราฟทั้งหมด 5 เส้นใช้ Tag ต่อไปนี้

สีน้ำเงิน ใช้ข้อมูลจาก Tag lic-001.setp แสดงค่า Set point ของ level controller

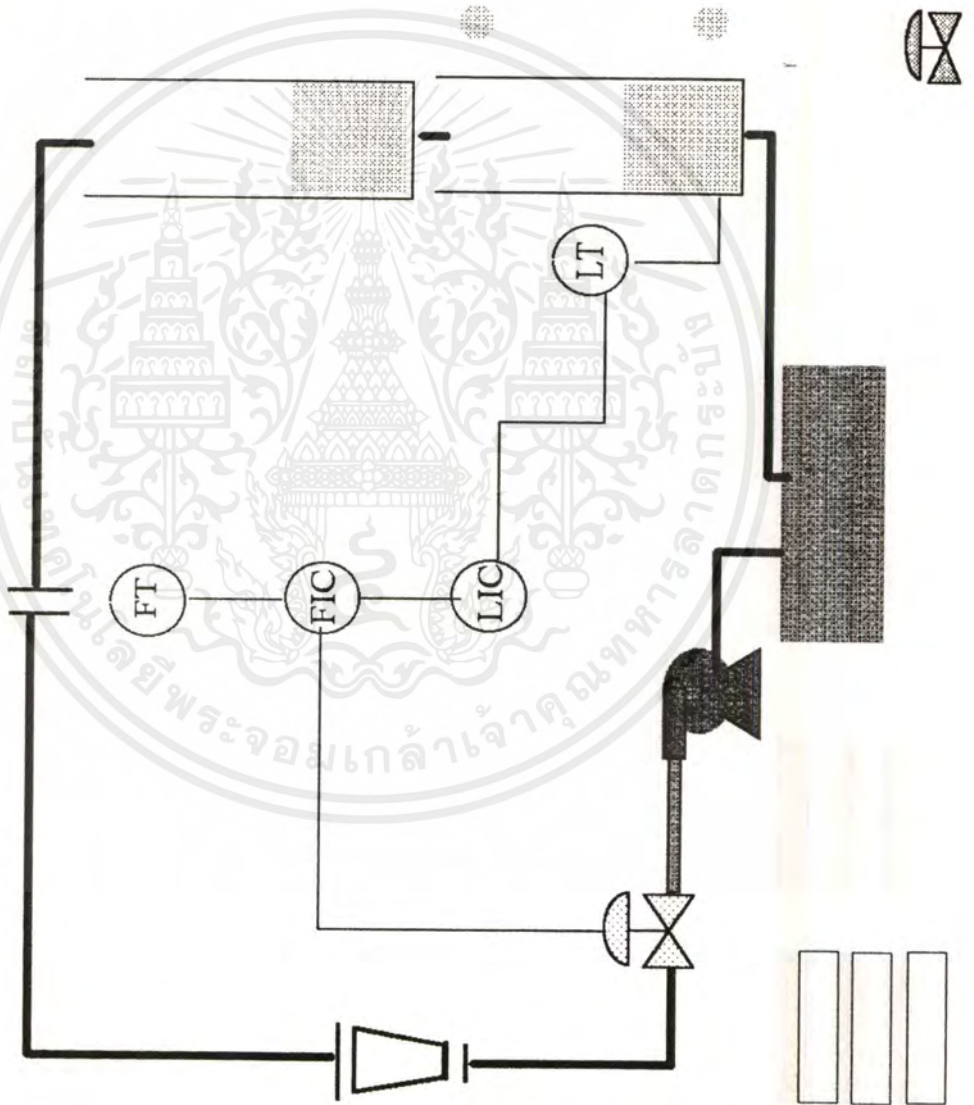
สีชมพู ใช้ข้อมูลจาก Tag lic-001.meas แสดงค่า process Variable ของ level controller

สีแดง ใช้ข้อมูลจาก Tag lic-001.out แสดงค่า MV ที่เป็นค่าเอาต์พุตของ level controller

สีเขียว ใช้ข้อมูลจาก Tag fic-001.meas แสดงค่า process variable

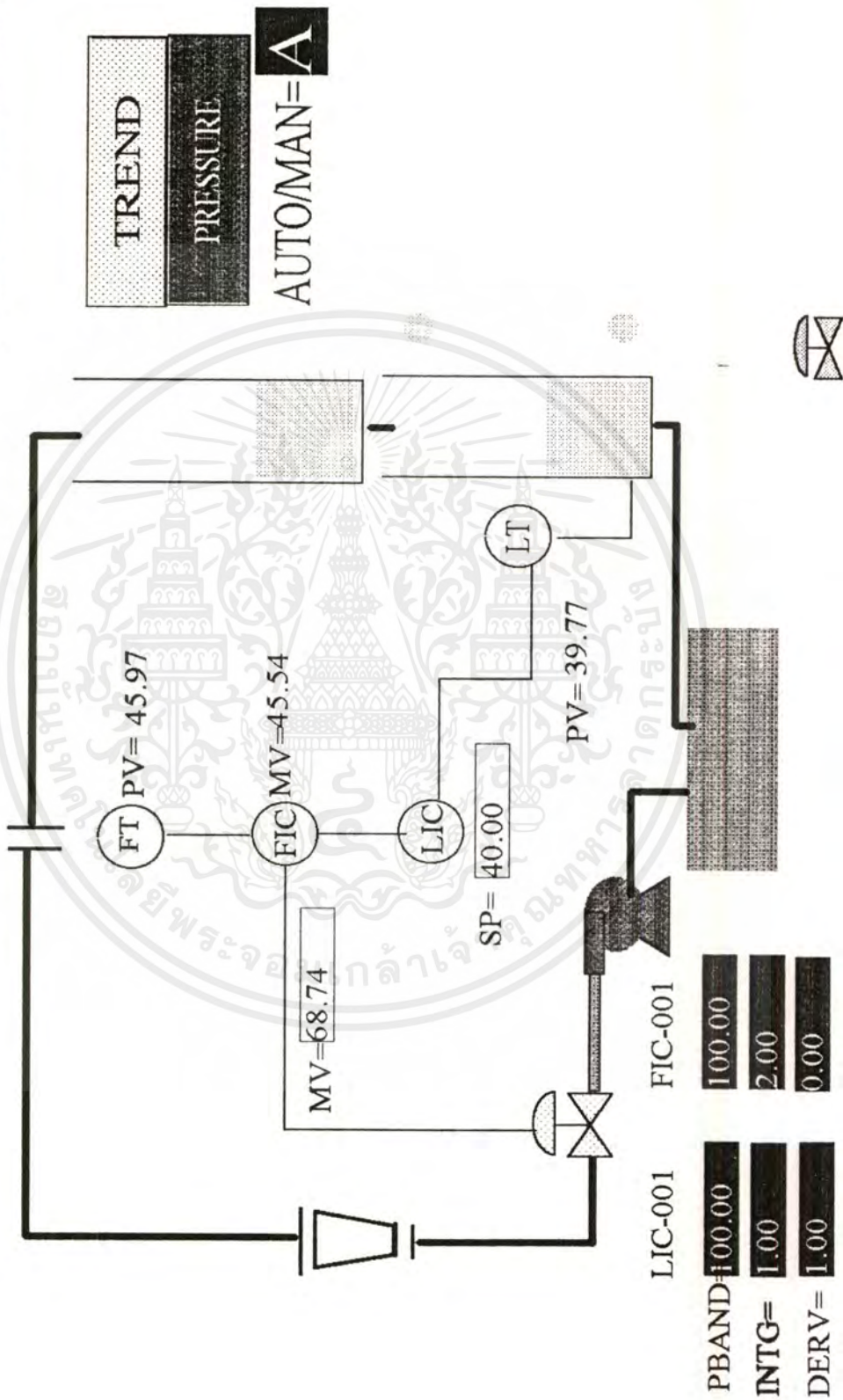
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LEVEL & FLOW CONTROL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 4:4 แสดงการเขียน Graphic ของ Level & Flow Control ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

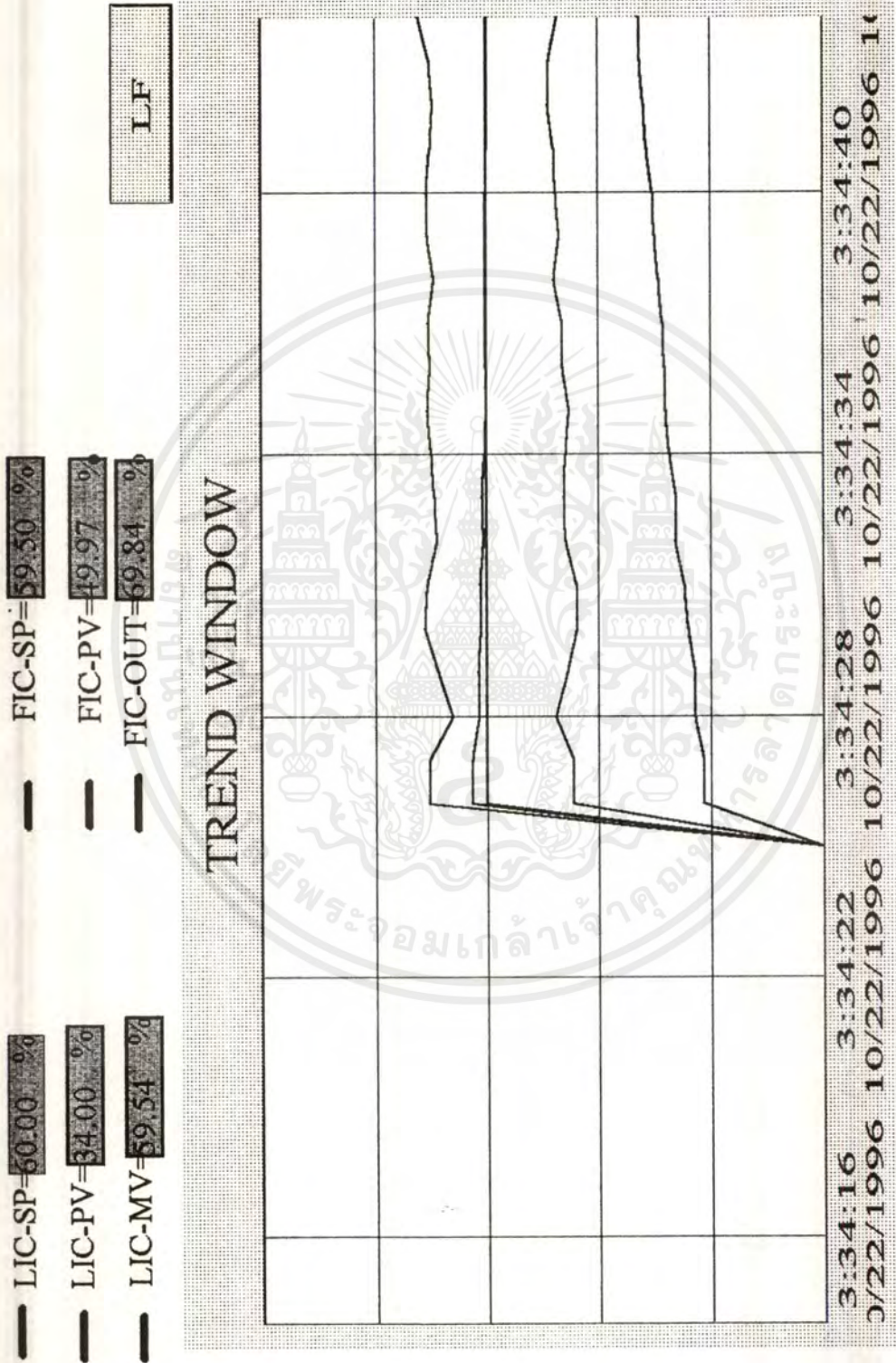
# LEVEL & FLOW CONTROL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์

สื่ค่า ใช้ข้อมูลจาก Tag fic-001.out .ใช้แสดงค่า MV ซึ่งเป็นเอาต์พุตของ flow controller ไปควบคุม valve รูปกราฟที่ได้จะมีค่าเวลาต่อ 1 ช่อง = 6sec และความสูงของกราฟ maximum เท่ากับ 100 % แล้วทำการเก็บข้อมูลใน file Trend.gdf ซึ่งรูปกราฟเส้น level control สามารถแสดง ดังรูปที่ 4.6





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รูปที่ 4.6 แสดงกราฟอัตราผลตอบแทนของระบบวันการควบคุมระดับที่มีการนำไปใช้

**การสร้างยุทธวิธี ( Strategy Builder ) เพื่อควบคุมความดัน ( pressure )**  
มีลำดับการสร้างดังต่อไปนี้

1. จากกระบวนการ การควบคุมความดัน มีลักษณะดังรูปที่ 4.7



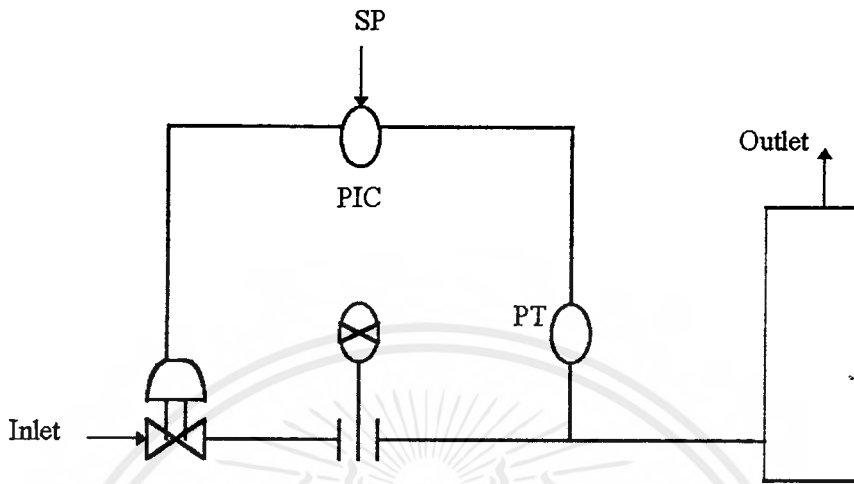
รูปที่ 4.7 แสดงภาพกระบวนการควบคุมความดัน

จาก plant ของ pressure control สามารถนำมาวิเคราะห์อุปกรณ์แต่ละมือวัดเพื่อนำไปเขียน loop control ได้ดังต่อไปนี้

1. Pressure Transmitter
2. Flow Transmitter
3. Orifice plate
4. Control Valve
5. Pressure Gauge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำกระบวนการของ Pressure Control มาเขียนเป็น Loop Control หรือวิเคราะห์การทำงานได้ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงภาพ Loop Control ของ Pressure Control

การทำงานของ Loop Control .

การทำงานของระบบนี้คือ ความดันที่ป้อนเข้ามาทาง Inlet จะถูกเก็บในถังพักรักษาความดัน โดยถูกควบคุมการเปิดปิดโดย Control Valve ขั้นตอนการควบคุมเกิดจาก Pressure Transmitter วัดความในถังแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า 4-20 mA ส่งให้กับ Flow Controller ทำการเปรียบเทียบและประมวลผลให้ Output หรือ MV เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า 4-20 mA ไปควบคุม Control Valve แต่ต้องเปลี่ยนเป็นสัญญาณลม ความดัน 3-15 psi ก่อนจะเข้าควบคุม Control Valve

ขั้นตอนการสร้าง strategy buider

1. กรณีนี้สามารถสร้าง strategy buider เก็บ file เดียวกับส่วนของ Level Control ได้เลย
2. ทำการเลือก block ที่ใช้ประกอบการสร้างระบบควบคุม Pressure ได้ดังต่อไปนี้
  - 2.1 เลือก block PID Control 1 ตัว ใช้ในการคำนวณและส่งสัญญาณควบคุม Pressure
  - 2.2 เลือก block A/IN 2 ตัว ทำหน้าที่ รับหน้าที่จาก Pressure Transmitter และอีก 1 ตัว ทำหน้าที่รับข้อมูล flow rate
  - 2.3 เลือก block A/OUT 1 ตัว มีหน้าที่ส่งสัญญาณไปควบคุม Valve ผ่านทาง Card Interface ใน Channel 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ส่วน Application

D/OUT 2 ตัว ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเตือนเมื่อระดับ แรงดันที่ Low และ High Alarm อยู่ในส่วนของ Digital Output Channel #2,3

2.5 เลือกใช้ Card interface จาก I/O hardware ให้รองรับการใช้งานของ Process นี้ได้ในกรณีนี้ใช้ตัวเดียวกันกับ Level Control คือ PCL 818

2.6 ทำการใส่ข้อมูลในแต่ละ block ให้เหมาะสมกับการใช้งานจะได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

GENESIS Control Series (tm) Genesis For Windows  
C O N N E C T I O N   S I G N A L   L I S T   R E P O R T

File Name -PRESSURE.CIR

Tue Oct 22 04:23:07 1996

conn #	TAG	BLOCK TYPE	VARIABLE		TAG	BLOCK TYPE	VARIABLE
0	PT-001	( AIN )	OUT	to	PIC-001	( PID )	MEAS
1	PIC-001	( PID )	OUT	to	AOUT-001	( AOUT )	MEAS
2	AOUT-001	( AOUT )	AOUT	to	DEV 1	PCL818 D/A	OUT #0
3	DEV 1	PCL818	AIN #0	to	PT-001	( AIN )	AIN
4	DEV 1	PCL818	AIN #1	to	FT-002	( AIN )	AIN
5	PT-001	( AIN )	LALM	to	LARM	( DOUT )	INP
6	PT-001	( AIN )	HALM	to	HARM	( DOUT )	INP
7	LARM	( DOUT )	DOUT	to	DEV 1	PCL818	DOUT #2
8	HARM	( DOUT )	DOUT	to	DEV 1	PCL818	DOUT #3

```

ID = 0          *** Analog Input Block (AIN) ***
TAG NAME      PT-001          UNITS      =
DESC          =
DISPLAY       =              SCAN        0.5
HI RANGE      5              FULL SCAN N
LO RANGE      0.0            SQRRT      N
INH ALM       N              PRIORITY   0
HI ALM        4.5            RATE ALM   0.0
LO ALM        0.5            ENT VAL    0.0
ALMDBAND      0.0            FIL TIME   0.0
TRACK         N              MANUAL     N
INSTR HRG     5              INSTR LRG  -1.25
ACK VALUE     N

ID = 1          *** Analog Input Block (AIN) ***
TAG NAME      FT-002          UNITS      =
DESC          =
DISPLAY       =              SCAN        0.5
HI RANGE      40             FULL SCAN N
LO RANGE      0.0            SQRRT      N
INH ALM       N              PRIORITY   0
HI ALM        0.0            RATE ALM   0.0
LO ALM        0.0            ENT VAL    0.0
ALMDBAND      0.0            FIL TIME   0.0
TRACK         N              MANUAL     N
INSTR HRG     40             INSTR LRG  -10
ACK VALUE     N

ID = 2          *** Analog Output Block (AOUT) ***
TAG NAME      AOUT-001        UNITS      PERCENT
DESC          =
DISPLAY       =              SCAN        0.5
RAW RNG       4096            DOWNLOAD   N
RAW LOW       0              REVERSE   N
DEADBAND      0.0            MANUAL     N

ID = 3          *** Digital Output Block (DOUT) ***
TAG NAME      LARM            SCAN        0.5
DESC          =
DISPLAY       =              PULSE      N
HI NAME       =              LO NAME     =
ENT BIT       0              DOWNLOAD   Y
TRACK         N              MANUAL     N

ID = 4          *** Digital Output Block (DOUT) ***
TAG NAME      HARM            SCAN        0.5
DESC          =
DISPLAY       =              PULSE      N
HI NAME       =              LO NAME     =
ENT BIT       0              DOWNLOAD   Y
TRACK         N              MANUAL     N

```

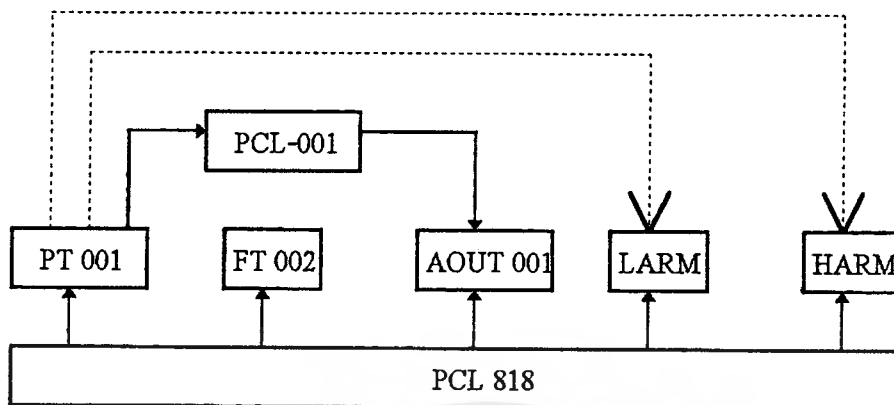
เอกสารนี้เป็น ID = 6 สำหรับใช้ PID Controller Block (PID) \*\*\* ระบุชื่อโครงการค่า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TAG NAME	PIC-001	UNITS	=
DESC	=		
DISPLAY	=	SCAN	0.5
HI RANGE	100	HI LIMIT	100
LO RANGE	0.0	LO LIMIT	0.0
INH ALM	N	PRIORITY	0
HI ALM	100	DEV ALM	0.0
LO ALM	0.0	DV DBAND	0.0
ALMDBAND	0.0	EXT FBK	N
PBAND	100	BIAS	0.0
INTGR	1	KBIAS	0.0
DERV	0.0	MN LIMIT	N
REM SETP	N		
SETPT	0.0	INC/INC	N
TRACK	N	MANUAL	N



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ทำการเชื่อมโยง block ให้สัมพันธ์กับ Loop Control สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงภาพ Strategy Builder ของ Pressure Control

3. การสร้าง Display แสดงการทำงานของ Process Pressure Control ทั้งนี้ต้องอ้างอิงข้อมูลจาก Strategy builder เช่นกัน มีขั้นตอนดังนี้

3.1 เปิด file ที่ใช้เก็บ Strategy builder ของ Pressure Control คือ l&f . dds

3.2 สร้างรูปจำลองกระบวนการ ( Graphic ) ในที่นี้ได้แสดงดังรูปที่ 4.10

เราสามารถแสดงระดับของแรงดันในถังพักด้วยกราฟแท่งดังรูปข้างต้น โดยอ้างอิงข้อมูลจาก Tag pic-001.meas

3.3 การแสดงผลเป็นตัวเลข เลือก Block Pressure Point ในที่นี้แสดงผลของ

PV จาก Pressure Transmitter อ้างอิงข้อมูลจาก Tag pic - 001 . meas

SP ของ Pressure Control อ้างอิงข้อมูลจาก Tag pic - 001 . setp

MV ของ Pressure Controller อ้างอิงข้อมูลจาก Tag pic - 001 . out

ค่า PID ของ Pressure Control

PBAND ของ Pressure Control อ้างอิงข้อมูลจาก Tag pic - 001 . pb

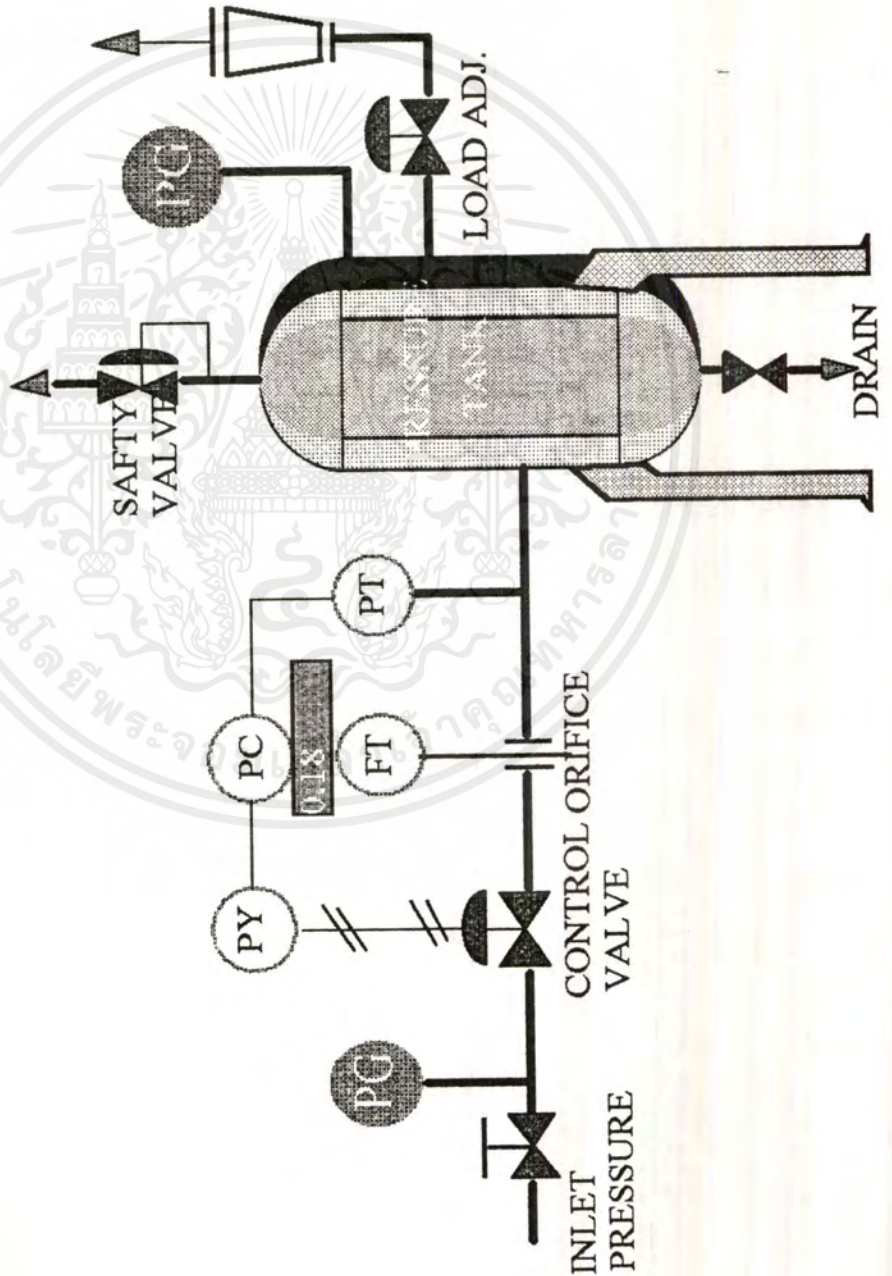
INTEGRAL ของ Pressure Control อ้างอิงข้อมูล Tag pic - 001 . intg

DERIVATIVE ของ Pressure Control อ้างอิงข้อมูลจาก Tag pic - 001 . derv

การแสดงผลในขณะ Runtime แสดงได้ดังรูปที่ 4.11

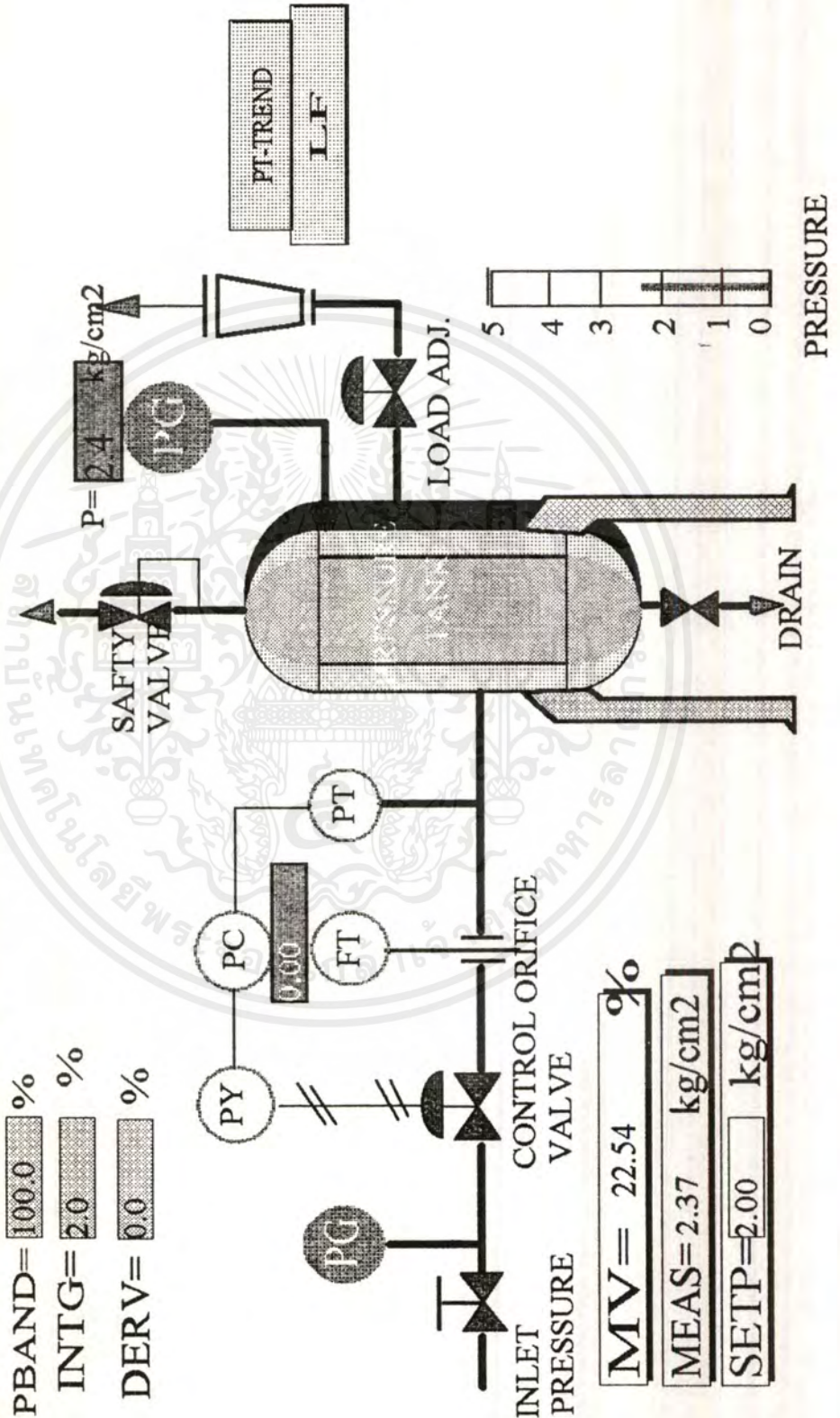
22-0-96 (3327A)

# PRESSURE CONTROL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 4.10 แสดงภาพกราฟฟิคของ Pressure Control  
 ไม่วาทกรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและตองอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# PRESSURE CONTROL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 4.11 แสดงภาพกราฟฟิคในขณะ Runtime  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การแสดงผลกราฟเส้น ใช้แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในระบบของ Pressure Control เปลี่ยนแปลงต่อเวลา มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 เข้าไปที่ icon Trendworx + window แล้วกำหนดขนาดกรอบรูปกราฟเส้น

4.2 เข้าไปที่ edit pen เพื่อเลือก Tag มาเป็นข้อมูลอ้างอิงให้แสดงผลโดยกราฟเส้นใน Pressure Control ใช้จำนวนกราฟ 3 เส้น

สีน้ำเงิน ใช้ข้อมูลจาก Tag pic -001 . setp สำหรับแสดงค่า Setpoint ของ Pressure Control

สีแดง ใช้ข้อมูลจาก Tag pic - 001 . meas สำหรับแสดงค่า PV ที่วัดมาจากถังพักความดัน

สีเขียว ใช้ข้อมูลจาก Tag pic -001 . out สำหรับแสดงค่า MV ซึ่งเป็น Output จาก Pressure

Controller

จากกราฟเส้นนี้จะมีเวลาต่อ 1 ช่อง เท่ากับ 6 sec. และความสูงกราฟ Maximum เท่ากับ 100% เมื่อเขียนตารางกราฟและกำหนดข้อมูลเรียบร้อยแล้วทำการเก็บข้อมูลใน file pt-trend . tdf

ซึ่งกราฟเส้นของ Pressure Control สามารถทดสอบได้ดังรูปที่ 4.12

การสร้าง menu ระหว่าง Level Control และ Pressure Control

ในที่นี้มีการใช้งานของโปรแกรมไปควบคุม 2 กระบวนการจึงควรมี menu สำหรับใช้เลือกกระบวนการอย่างใดอย่างหนึ่งมารับข้อมูลจาก Operator หรือมาแสดงค่าทั้งนี้ต้องทราบก่อนว่าเราได้เก็บ file ของ strategy buider , display ทั้งแบบรูปกระบวนการและรูปกราฟมีขั้นตอนดังนี้

1. เข้าไปยัง file l&f . gdf ซึ่งเป็นที่เก็บข้อมูล Display ของ Level Control แบบแสดงกระบวนการ ซึ่งใน file นี้ สามารถเลือก Window มาแสดงได้ 2 Window คือ กราฟเส้นของ Level Control ใช้ Bottom TREND อ้างอิงข้อมูลจาก file trend.gdf และสามารถแสดงได้อีก 1 Window คือ Bottom Pressure ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจาก file pressure . gdf เป็นการแสดงกระบวนการของ Pressure Control ซึ่งสามารถสั่ง

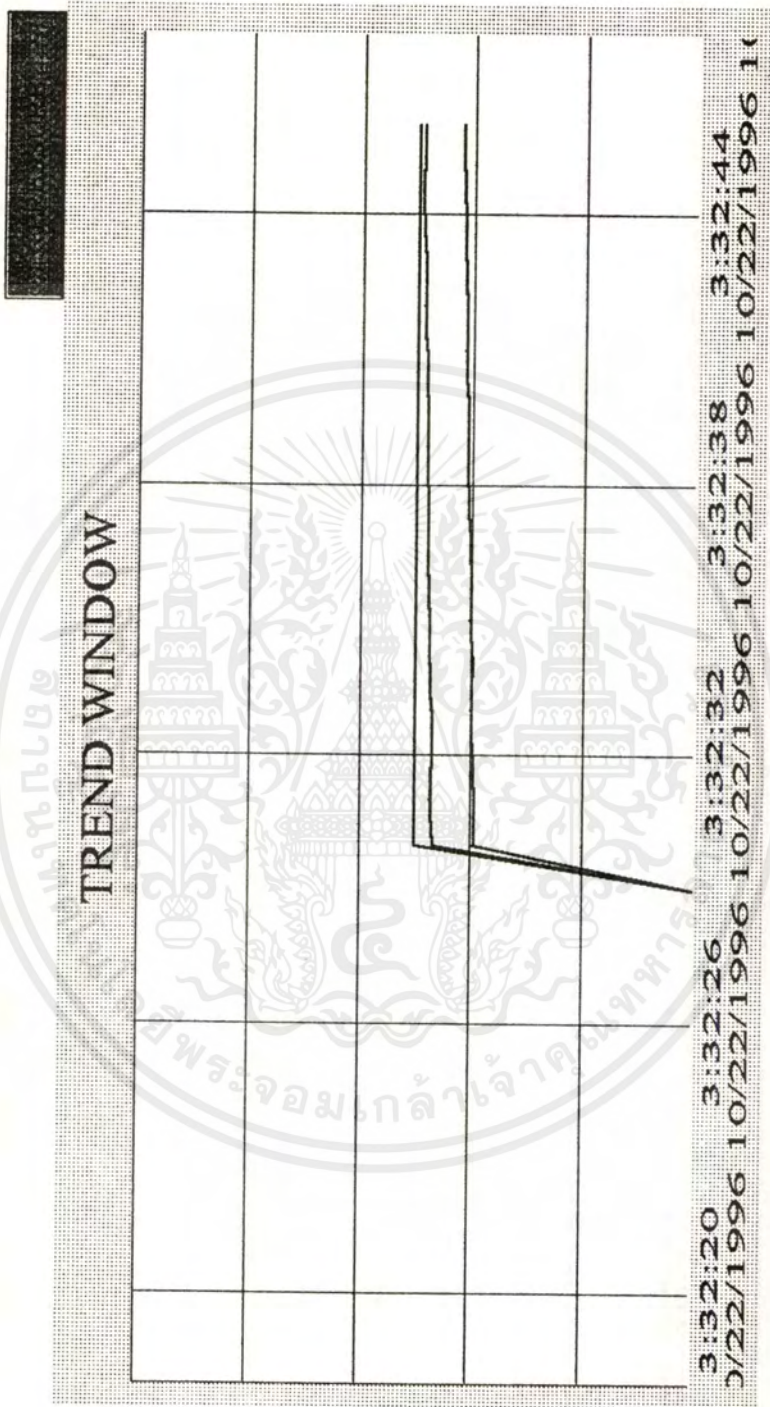
การทำงานและป้อนข้อมูลได้

2. เมื่อเข้าไปที่ file pressure .gdf สามารถเลือก menu ได้ 2 Window คือ Bottom pt-trend เป็นกราฟเส้นของ Pressure Control ในที่นี้อ้างอิงข้อมูลของ pt- trend .gdf

นอกจากนี้อีก 1 Window เป็น Bottom LF ซึ่งเก็บ file l&f .gdf สำหรับแสดงกระบวนการ Level Control

3. ที่ file pt-trend.gdf ซึ่งแสดงรูปกราฟ Pressure Control ได้สร้าง Bottom Pressure ซึ่งเก็บข้อมูล file pressure.gdf ทำให้สามารถย้อนกลับไปดูกระบวนการ Pressure Control ได้อีก

4. ที่ file trend.gdf สร้าง Bottom LF ซึ่งเก็บข้อมูล file l&f .gdf เป็นกระบวนการของ Level Control ทำให้จาก Window นี้ย้อนกลับไปดูกระบวนการ Level Control และสั่งงานได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 4.12 แสดงภาพกราฟการตอบสนองต่อกระบวนการ Pressure Control ยกระดับการค่า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

## การทดลอง

**เรื่อง** การศึกษาคุณสมบัติระหว่างรูปการควบคุมแบบเดี่ยว (Single Loop) และการควบคุมแบบคาสเคด (Cascade Control) ต่อการตอบสนองของกระบวนการเมื่อมีสัญญาณรบกวน

**วัตถุประสงค์** 1) เพื่อศึกษาคุณสมบัติระหว่างรูปการควบคุมแบบเดี่ยว (Single Loop) และการควบคุมแบบคาสเคด (Cascade Control) ต่อการตอบสนองของกระบวนการเมื่อมีสัญญาณรบกวน  
2) เพื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของระหว่าง รูปการควบคุมแบบเดี่ยว (Single Loop) และการควบคุมแบบคาสเคด (Cascade Control)

**ขั้นตอนการทดลอง**

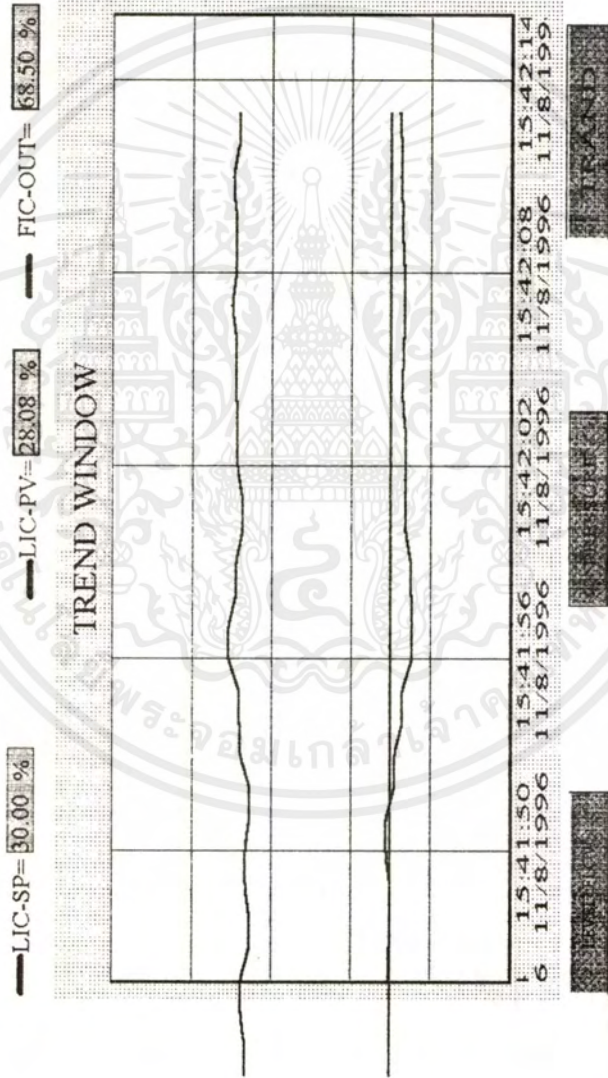
- 1) สร้างรูปการควบคุมแบบเดี่ยว (Single Loop Control) ซึ่งประกอบด้วยการสร้าง ส่วนยุทธวิธี (Strategy Builder) และ การสร้างส่วนแสดงผล (Display Builder)
- 2) รันโปรแกรมและตั้งค่าเป้าหมายไว้ที่ 30 %
- 3) ร้องกราฟการตอบสนองของกระบวนการเข้าสู่ค่าเป้าหมาย
- 4) ทดลองเพิ่มสัญญาณรบกวนให้กับกระบวนการ โดยการปรับต่อความดันย้อนกลับขึ้นลงเพื่อจำลองสัญญาณรบกวน
- 5) บันทึกผลกราฟการตอบสนองของกระบวนการ
- 6) วิเคราะห์กราฟการตอบสนองต่อกระบวนการ
- 7) เริ่มต้นตั้งแต่ข้อ 1-6 โดยใช้รูปการควบคุมแบบคาสเคด

**ผลการทดลอง****การวิเคราะห์กราฟ**

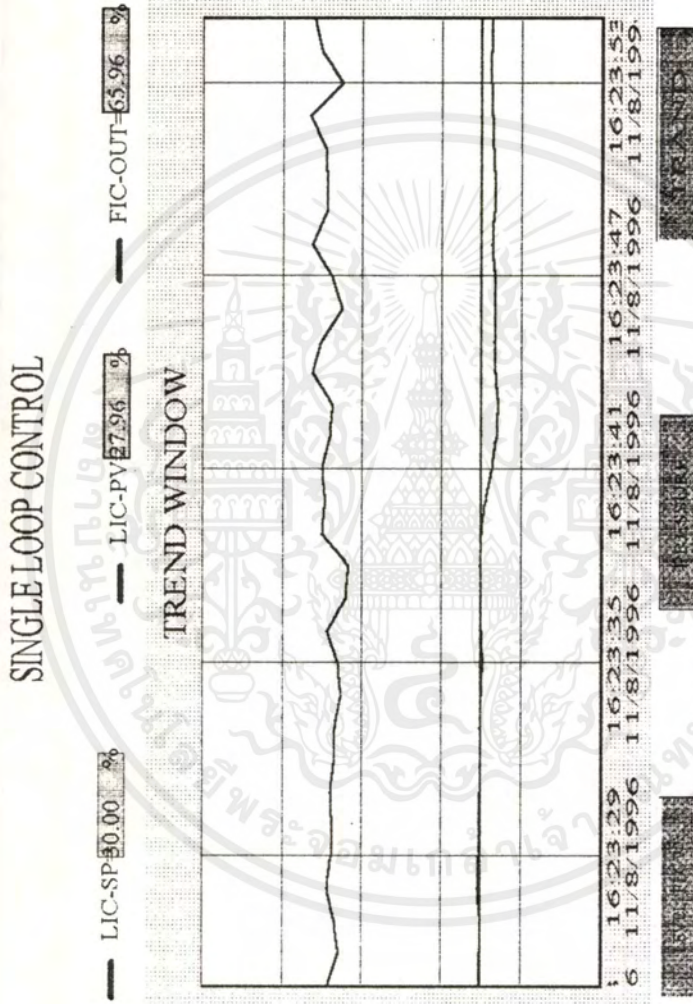
จากการทดลองจากภาพการตอบสนองของระบบของคาสเคดคอนโทรลกับ ซึ่งเกิดรูปคอนโทรลจะเห็นว่าเมื่อมีสัญญาณรบกวนเข้ามากราฟการตอบสนองของระบบของ ซึ่งเกิดรูปจะเปลี่ยนแปลงไปมากกว่าแบบคาสเคดที่ค่าเป้าหมายเดียวกัน และกราฟแสดงการตอบสนองของระบบทั้งสองแบบเมื่อมีสัญญาณรบกวนจะแสดงได้ดังรูป



### CASE CADE CONTROL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 6.1 แสดงรูปกราฟการตอบสนองของระบบแบบป้อนกลับเชิงประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สรุปที่ 6.2 แสดงรูปกราฟการตอบสนองของระบบแบบซิงเกิ้ลลูปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์กราฟการควบคุมแบบคาสเคดจะมีข้อดีคือจะไม่ไวต่อสัญญาณรบกวนแต่การควบคุมแบบซิงเกิ้ลรูปจะไวต่อสัญญาณรบกวนที่มีเข้ามาสู่ระบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปโครงการ

โครงการนี้เกิดขึ้นจากความคิดที่จะสร้างแบบจำลองของการควบคุมสัดส่วนการผสมของเหลว (Ratio Control) ซึ่งได้วางแผนการทำงานเป็นส่วนของ Hardware และ Software ในส่วน Hardware จะทำการสร้างเป็นแบบจำลองขนาดเล็กแต่ทำงานได้จริงโดยใช้อุปกรณ์บางส่วนจากการประปานครหลวง และบางส่วนจากภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมฯ และส่วนของ Software จะใช้โปรแกรม genesis ในการควบคุม แต่เนื่องจากเกิดปัญหาทางงบประมาณด้าน Hardware แต่ในภาควิชามี Hardware ซึ่งประกอบเป็นแบบจำลองไว้บางส่วนแล้ว นักศึกษาผู้ทำโครงการนี้จึงใช้ Hardware ที่มีอยู่แล้วมาใช้กับ Software Program Genesis

### ส่วนของโครงการด้าน Hardware

ทางกลุ่มผู้ทำโครงการได้นำ Hardware ของเดิมซึ่งเป็นการควบคุมระดับของเหลวแบบ Single Loop ซึ่งมีลักษณะของการเข้าหา Setpoint เร็วแต่มีการแกว่งมากมาเป็นแบบ Cascade ระหว่างเป้าหมายที่ต้องการในรูปของระดับแต่การควบคุมอัตราการไหลใช้การวัดค่า PV จากอัตราการไหลของของเหลวที่ผ่าน Orific

นอกจากนี้ยังมี Hardware อีกชุดหนึ่งซึ่งเชื่อมต่อกับ Card PCL คือ ชุดควบคุมความดัน (Pressure Control) ในการเชื่อมต่อของ Card Interface ยังต้องมี Hardware ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าไปเป็นกระแสส่งให้กับ Control Valve

Hardware สำหรับขับอุปกรณ์ที่ใช้กำลังสูงได้แก่ Pump และ Alarm ส่วนนี้เป็นการประยุกต์การใช้งานให้เหมาะสมกับ Process แต่ละแบบ กรณีนี้ทางกลุ่มได้จัดทำ Driver 8 Channel ที่ควบคุมมาจาก Software Genesis โดย Output นำไปใช้งานเป็นคอนแทกซ์รีเลย์ ซึ่งใช้กับแรงดัน 250 Volts และกระแส 10 Amps

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เป็นเพราะด้วยความกรุณาให้คำปรึกษาและช่วยเหลือทางด้านเทคนิค ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ จากอาจารย์ที่ปรึกษาและภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์วีริยะ กองรัตน์ เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ในภาควิชาทุกท่าน ที่กรุณาให้คำชี้แนะเกี่ยวกับข้อผิดพลาดต่างๆ ในการนำเสนอปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผอ. อุดร วิเศษสาทร หัวหน้ากองเครื่องมือวัด การประปานครหลวง ที่กรุณาให้คำปรึกษาในทุกๆ ปัญหาที่เกิดขึ้น ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการให้ข้อมูลอ้างอิงต่างๆ ในการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณพี่น้อง นวลปลอด วิศวกร 6 ประจำกองเครื่องมือวัด การประปานครหลวง

ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้านให้กับน้องๆ อีกทั้งยังกรุณาให้คำปรึกษาอีกมากมายเกี่ยวกับโครงการนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณบริษัท COMPLEX TECHNOLOGY CO.,LTD. ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ซอฟต์แวร์ GENESIS โดยไม่คิดมูลค่า

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ ของคณะผู้จัดทำ ที่กรุณาให้กำลังใจ ตลอดจนทุนทรัพย์มาโดยตลอด

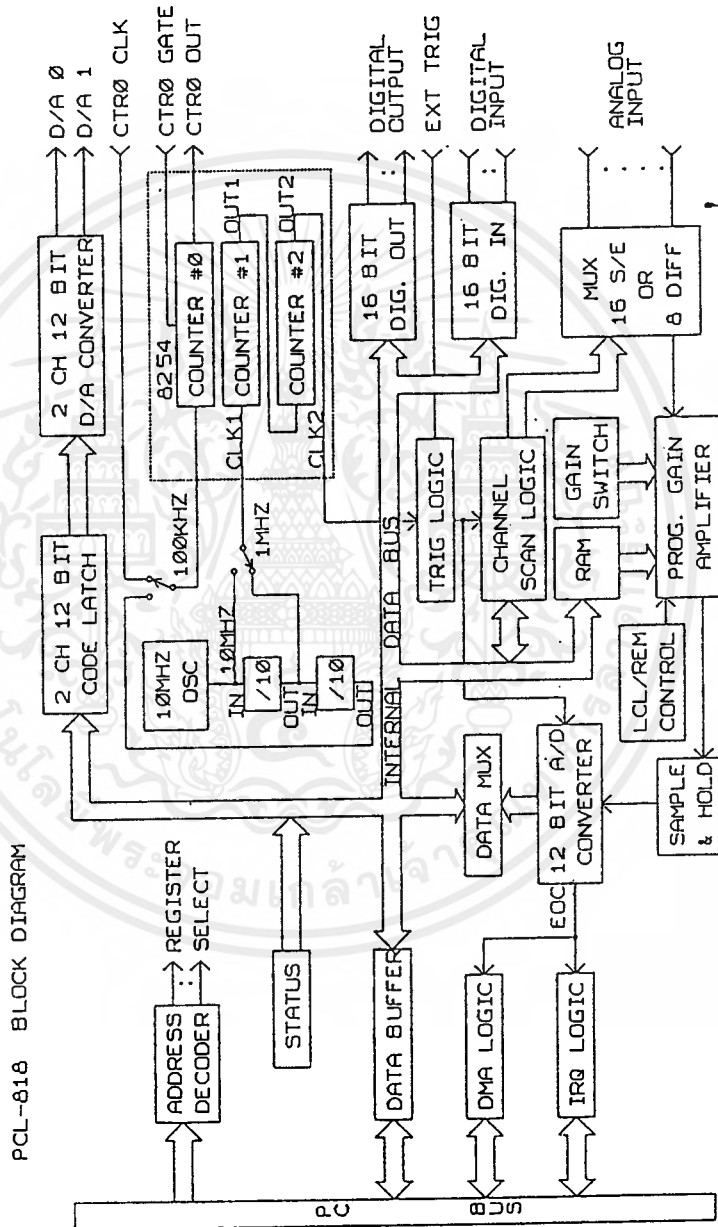
## หนังสืออ้างอิง

1. เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง การสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) สุพจน์ ตุงกษรวงศ์
2. การควบคุมอัตโนมัติเบื้องต้น กฤษดา วิศวธีรานนท์ , พินิจ กฤติขรังสรรค์
3. Genesis Windows Training Manual
4. PC-Lapcard User's Manual
5. Modern Control Engineering 2nd , Katsuhiko Ogata



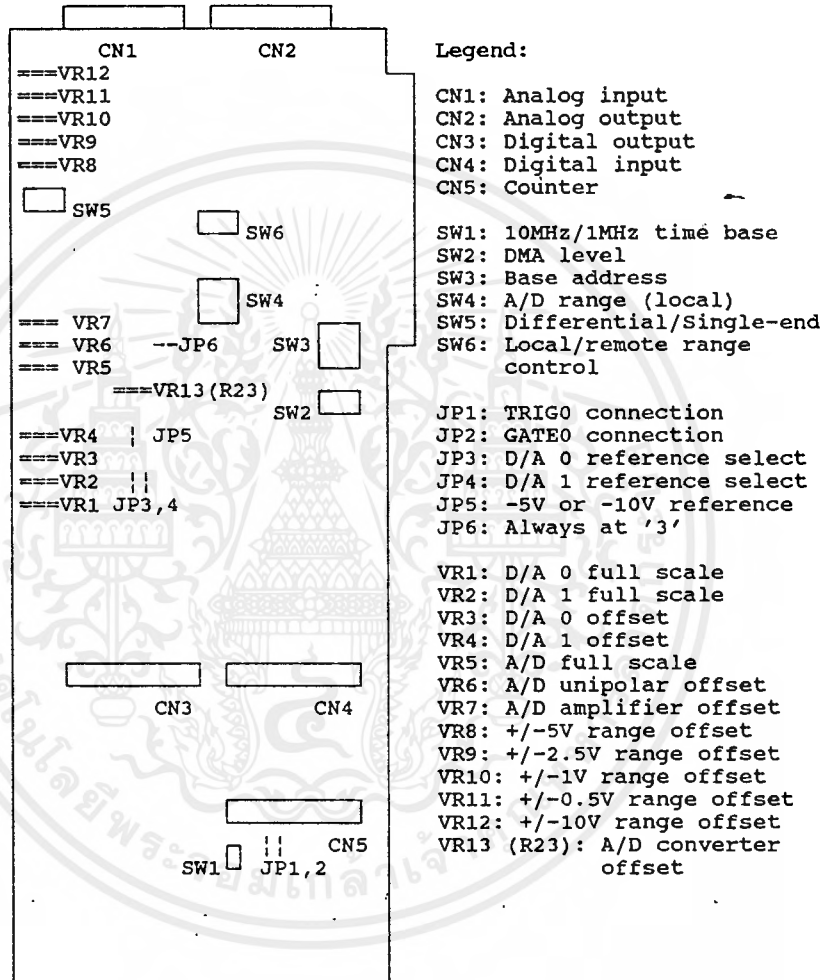
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## APPENDIX A BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## APPENDIX B CONNECTOR, SWITCH & VR LOCATIONS



## APPENDIX C PC I/O PORT ADDRESS MAP

I/O Address Range (hex)	Function
000 - 1FF	Base system
200	Reserved
201	Game control
202 - 277	Reserved
278 - 27F	LPT2: (2nd printer port)
280 - 2F7	Reserved
2F8 - 2FF	COM2:
300 - 377	Reserved
378 - 37F	LPT1: (1st printer port)
380 - 3AF	Reserved
3B0 - 3BF	Mono Display/Print adapter
3C0 - 3CF	Reserved
3D0 - 3DF	Color/Graphics
3E0 - 3EF	Reserved
3F0 - 3F7	Floppy disk drive
3F8 - 3FF	COM1: