บทที่ 6

การสร้างแบบจำลองทางกายภาพการควบคุมโรงงานไนล่อน

6.1 บทนำ

หลังจากนี้เราได้สร้างระบบควบคุมโรงงานไนล่อนด้วย ระบบควบคุมแบบดีซีเอส ทั้งหมดแล้ว ในบทนี้จะพูดถึงการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ โดยแบบจำลองนี้ จะตัดสัญญาณของกระบวนการจริง (ซึ่งเราไม่สามารถหาได้) และใช้ภาษาแบสิก ช่วยในการทำการจำลองค่ากระบวนการจากผลของการควบคุมที่ส่งไป เพื่อช่วยให้เข้าใจ การใช้ระบบดีซีเอส ควบคุมโรงงานได้ง่ายขึ้น

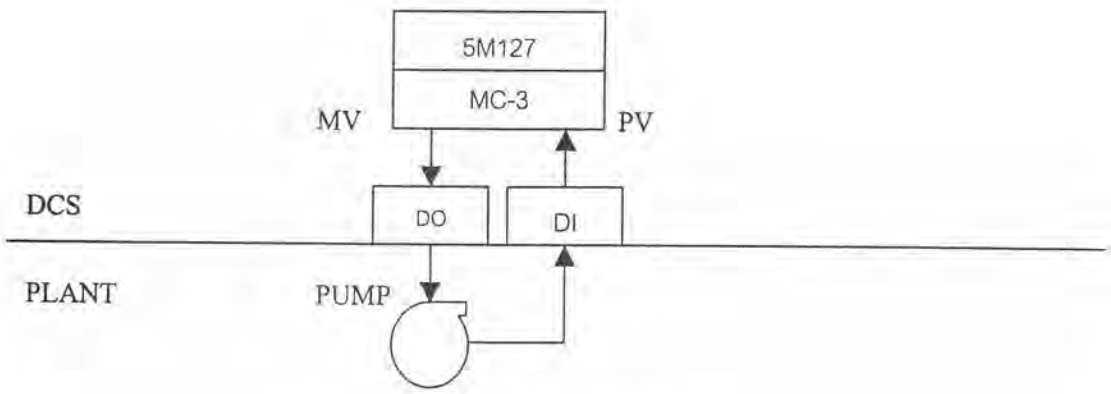
การจำลองสัญญาณ จะทำเฉพาะสัญญาณที่สำคัญบางตัวในการควบคุม โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนสัญญาณดิจิตอลอินพุท และอะนาล็อกอินพุท ดังจะแสดงต่อไป

6.2 การจำลองสัญญาณดิจิตอลอินพุท

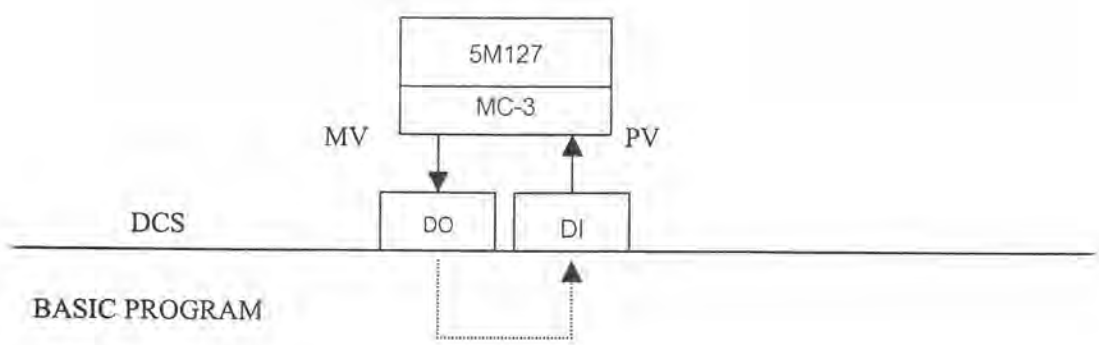
ที่เป็นสัญญาณ ตอบรับการทำงาน (Answer Back) ของปั๊ม และวาล์ว ทุกตัวตามสัญญาณ เอาท์พุทที่ส่งออกไป เพราะสัญญาณตอบรับการทำงาน (Answer Back) ของ ปั๊ม และ วาล์วต่างๆ นี้จะเป็นตัวเช็คใน ขั้นตอนการทำงานต่อๆ ไปเมื่อใดก็ตามที่มีการส่งสัญญาณเอาท์พุท ออกไปแล้วไม่มีสัญญาณตอบรับการทำงาน (Answer Back) กลับมาภายในเวลาที่กำหนด ระบบ ดีซีเอส จะสั่งให้เกิดสัญญาณ

เตือน (ANS+) ขึ้นและ จะเป็นเงื่อนไขในการล็อกและระบบ จะสั่งให้ระบบเข้าสู่ขั้นตอนการ "Hold"

การจำลองสัญญาณ ตัวอย่างในรูปที่ 6.1 และ รูปที่ 6.2



รูปที่ 6.1 การต่อลูพของปั๊มจริงในโรงงาน



รูปที่ 6.2 แสดงการต่อลูพของปั๊มโดยใช้เบสิกโปรแกรมช่วย

ส่วนสัญญาณดิจิตอลอินพุทอื่น เช่นสัญญาณเตือนต่างๆ หรือสัญญาณ บอกให้รับรู้สภาพของปั๊มว่าเป็นอัตโนมัติ หรือต้องส่งจากแบบควบคุมโดยคน (Local/Remote) จะสามารถสั่งโดยการเรียกหมายเลขแท็ก และป้อนค่าที่ต้องการเพื่อดูผลของการควบคุมได้

6.3 การจำลองสัญญาณ อะนาล็อก

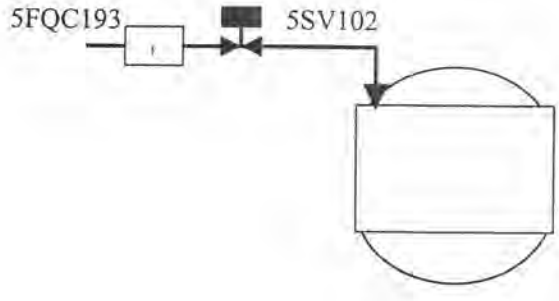
เราจะใช้โปรแกรมภาษาเบสิก เพื่อจำลองสัญญาณอะนาล็อก ที่จำเป็นเพื่อช่วยในการทำความเข้าใจการใช้ระบบ ในการควบคุมโรงงานไนล่อนบางส่วน โดยคำนวณจากค่าเอาท์พุทของลูพควบคุมต่างๆ เป็นหลัก โดยภาษาเบสิก ชื่อโปรแกรม "SETDATA 1" ทำงานบนหน้าสแกรนที่2 และจะวนลูพทำงานทุกๆ 5 วินาที

63.1 การจำลองสัญญาณมวลและระดับสาร

สมมุติฐานในการจำลองสัญญาณ

- ปริมาตรของถังควบคุมต่างๆ อัตราการไหลในท่อต่างๆ และค่าคงที่อื่นๆ จะเป็นค่าที่สมมุติขึ้นเองเพื่อความเหมาะสม
- ระบบเป็นระบบปิด และการระเหยของสารมีผลน้อยมาก

การจำลองค่าอัตราการไหลของคาร์โปแลคแทม หมายเลขป้ายชื่อที่ "5FQC193" คำนวณค่า กระบวนการ (PV) ได้ตามการเปิดวาล์ว 5SV102 ตัวอย่างดังรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 การเติมสารตั้งต้น (Capo-Lactam)

ค่า อัตราการไหล "PV(5FQC193)" จะขึ้นอยู่ การเปิดปิดของ วาล์ว "PV(5SV102)"

$$PV(5FQC193) = PV(5SV102O)*F1_{MAX}+PV(5SV102M)* F1_{MIN} \quad (6.1)$$

$F1_{MAX}$ คือ อัตราการไหลขณะวาล์ว 5SV102 เปิดเต็มที่

$F1_{MIN}$ คือ อัตราการไหลขณะที่หรี่วาล์ว 5SV102

PV(5SV102O) คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ วาล์ว 5SV102 เปิดเต็มที่ จะมีค่าเท่ากับ 1

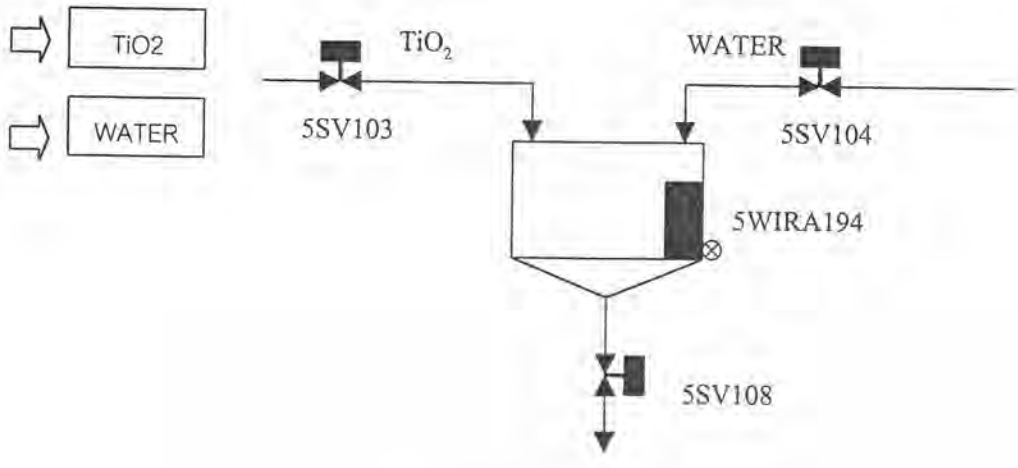
PV(5SV102M) คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ วาล์ว 5SV102 หรี่ จะมีค่าเท่ากับ 1

โดยอัตราการไหลสูงสุด และอัตราการไหลขณะที่หรี่วาล์วจะสามารถกำหนดได้จากโปรแกรม เพื่อให้เหมาะสมกับระยะเวลาในการควบคุม และค่ามวลของการไหล "SUM(5FQC193)" ระบบควบคุมจะคำนวณจากอัตราการไหลคูณกับระยะเวลา

$$SUM(5FQC193)=PV(5FQC193)*time \quad (6.2)$$

time คือ ค่าคาบเวลา

การจำลองค่าน้ำหนักของไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) และ น้ำ ในหมายเลขแท็ก ที่ "5WTRA194" คำนวณค่ากระบวนการ (PV) ได้ตามการเปิดวาล์ว เข้าถังคือ "5SV103. 5SV104" และวาล์วออกจากถังคือ "5SV108" โดยใช้หลักการคำนวณสมดุลย์ของมวล (Mass Balance)



รูปที่ 6.4 รูปการเติมสาร TiO_2 และ น้ำ

ค่าน้ำหนัก "5WIRA194" หาได้จาก

$$PV(5WIRA194)_{NEW} = PV(5WIRA194)_{LAST} - PV(5SV108O)*F4 + F_{TiO2} + F_{WATER} \quad (6.3)$$

เมื่อ

$PV(5WIRA194)_{LAST}$ คือ ค่าน้ำหนักเมื่อ การคำนวณรอบที่แล้ว

5SV108O คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ วาล์ว 5SV108 เปิด จะมีค่าเท่ากับ 1

F4 คือ อัตราการไหลขณะวาล์ว 5SV108 เปิดเต็มที่

F_{TiO2} คือ ค่าผลของอัตราการไหลของ TiO_2

โดย $$F_{TiO2} = PV(5SV103O)*F2_{MAX} + PV(5SV103M)*F2_{MIN} \quad (6.4)$$

F_{WATER} คือ ค่าผลของอัตราการไหลของน้ำ

โดย $$F_{WATER} = PV(5SV103O)*F3_{MAX} + PV(5SV103M)*F3_{MIN} \quad (6.5)$$

เมื่อ

PV(5SV103O) คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ วาล์ว 5SV103 เปิดเต็มที่ จะมีค่าเท่ากับ 1

PV(5SV103M) คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ วาล์ว 5SV103 หรี่ จะมีค่าเท่ากับ 1

PV(5SV104O) คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ วาล์ว 5SV104 เปิดเต็มที่ จะมีค่าเท่ากับ 1

PV(5SV104M) คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ วาล์ว 5SV104 หรี่ จะมีค่าเท่ากับ 1

$F2_{MAX}$ คือ อัตราการไหลขณะวาล์ว 5SV103 เปิดเต็มที่

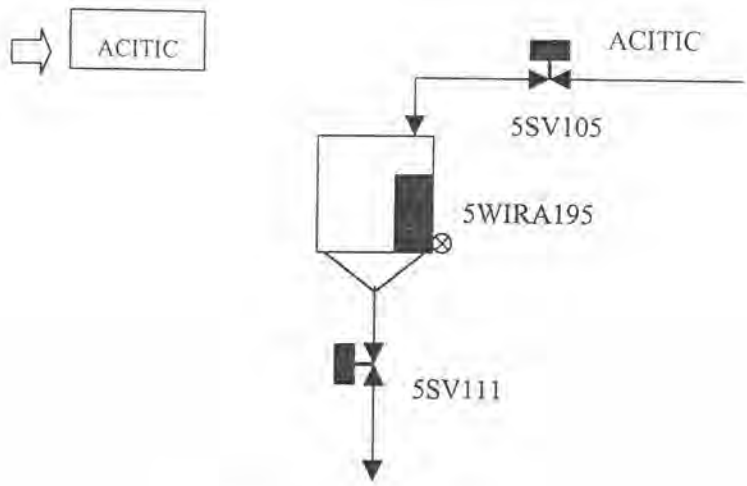
$F2_{MIN}$ คือ อัตราการไหลขณะที่หรี่วาล์ว 5SV103

$F3_{MAX}$ คือ อัตราการไหลขณะวาล์ว 5SV104 เปิดเต็มที่

$F3_{MIN}$ คือ อัตราการไหลขณะที่หรี่วาล์ว 5SV104

โดยอัตราการไหลเข้าสูงสุด อัตราการไหลขณะหรี่วาล์ว และอัตราการไหลออกสูงสุด จะสามารถกำหนดได้จาก โปรแกรมให้เหมาะสม

การจำลองค่าน้ำหนักของอะซิติก ในหมายเลขแท็ก ที่ "5WTRA195" เช่นเดียวกับการคำนวณน้ำหนักของ TiO2 และน้ำ การคำนวณค่ากระบวนการ (PV) ได้ตามการเปิดวาล์ว เข้าถังคือ "5SV105" และวาล์วออกจากถังคือ "5SV111" โดยใช้หลักการคำนวณสมดุลย์ของมวล (Mass Balance)



รูปที่ 6.5 การเติมสาร อะซิติก

ค่าน้ำหนัก "5WIRA195" หาได้จาก

$$PV(5WIRA195)_{NEW} = PV(5WIRA195)_{LAST} - PV(5SV111O)*F6 + F_{Acitic} \quad (6.6)$$

เมื่อ

$PV(5WIRA195)_{LAST}$ คือ ค่าน้ำหนักเมื่อ การคำนวณรอบที่แล้ว

5SV111O คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ วาล์ว 5SV111 เปิด จะมีค่าเท่ากับ 1

F6 คือ อัตราการไหลขณะวาล์ว 5SV111 เปิดเต็มที่

F_{Acitic} คือ ค่าผลของอัตราการไหลของ อะซิติก

โดย $$F_{Acitic} = PV(5SV105O)*F5_{MAX} + PV(5SV105M)*F5_{MIN} \quad (6.7)$$

เมื่อ

PV(5SV105O) คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ วาล์ว 5SV105 เปิดเต็มที่ จะมีค่าเท่ากับ 1

PV(5SV105M) คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ วาล์ว 5SV105 หรี่ จะมีค่าเท่ากับ 1

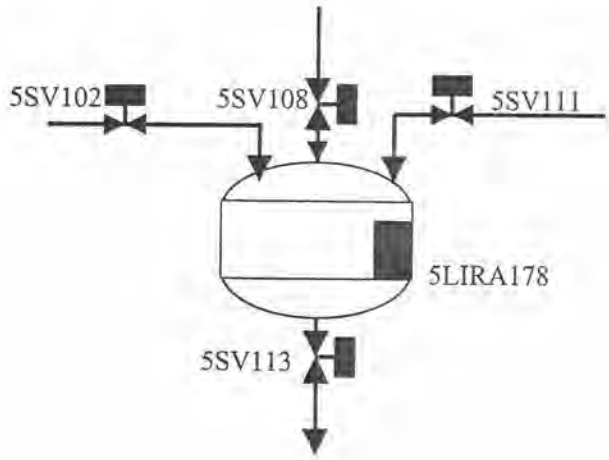
$F5_{MAX}$ คือ อัตราการไหลขณะวาล์ว 5SV105 เปิดเต็มที่

$F5_{MIN}$ คือ อัตราการไหลขณะที่หรี่วาล์ว 5SV105

โดยอัตราการไหลเข้าสูงสุด อัตราการไหลขณะหรี่วาล์ว และอัตราการไหลออกสูงสุด จะสามารถกำหนดได้จาก โปรแกรมให้เหมาะสม

การจำลองค่าระดับของถัง " Mixing"

คือแท็ก "5LIRA178" คำนวณค่ากระบวรการ (PV) แสดงในตัวอย่างในรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 การถังผสมสารตั้งต้น .

โดยสามารถ เขียนระดับของถัง $PV(5LIRA178)_{NEW}$ ได้จาก

$$PV(5LIRA178)_{NEW} = PV(5LIRA178)_{LAST} + \Delta\ PV(5LIRA178) \qquad (6.8)$$

และ

$$\Delta PV(5LICA178) = \frac{\Delta M_{178}}{M_{178MAX}} * 100 \qquad (6.9)$$

และ

$PV(5LIRA178)_{LAST}$ คือ ระดับถังเมื่อ การคำนวณรอบที่แล้ว

ΔM_{178} คือ น้ำหนักในถัง MIXING ขณะปัจจุบัน

M_{178MAX} คือ น้ำหนักเมื่อสารเต็มถัง MIXING

โดยคำนวณน้ำหนักได้จาก

$$\Delta M_{178} = M_{178IN} - M_{178OUT} \qquad (6.10)$$

และ

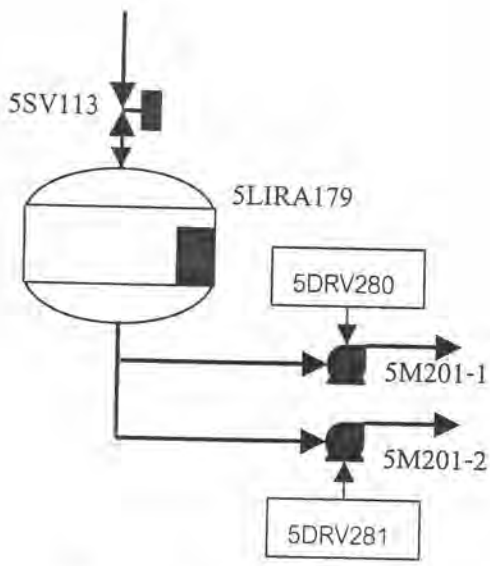
$$\Delta M_{178} = PV(5SV102O)*F1_{MAX} + PV(5SV102M)*F1_{MIN} + PV(5SV108O)*F5 + PV(5SV111O)*F6 - PV(5SV113O)*F7 \qquad (6.11)$$

เมื่อ PV(5SV113O) คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ วาล์ว 5SV113 เปิดเต็มที่ จะมีค่าเท่ากับ 1

F7 คือ อัตราการไหลขณะวาล์ว 5SV111 เปิดเต็มที่

การคำนวณหาค่าระดับของถัง "Inter tank"

คือ แท็ก "5LIRA179" คำนวณค่ากระบวรการ (PV) แสดงในตัวอย่างในรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 ถังเก็บสารตั้งต้น

โดยสามารถ เขียนระดับของถัง $PV(5LIRA179)_{NEW}$ ได้จาก

$$PV(5LIRA179)_{NEW} = PV(5LIRA179)_{LAST} + \Delta\ PV(5LIRA179) \quad (6.12)$$

$$\Delta PV(5LICA179) = \frac{\Delta M_{179}}{M_{179MAX}} * 100 \quad (6.13)$$

และ

$PV(5LIRA179)_{LAST}$ คือ ระดับถังเมื่อ การคำนวณรอบที่แล้ว

ΔM_{179} คือ น้ำหนักในถัง INTERTANK ขณะปัจจุบัน

M_{179MAX} คือ น้ำหนักเมื่อสารเต็มถัง INTERTANK

โดยคำนวณน้ำหนักได้จาก

$$\Delta M_{179} = M_{179IN} - M_{179OUT} \quad (6.14)$$

$$\Delta M_{179} = PV(5SV113O)*F7 - F_{M201-1} - F_{M201-2} \quad (6.15)$$

F_{M201-1} คือ อัตราการไหลขณะเปิดปั๊ม 5M201-1

ซึ่ง

$$F_{M201-1} = \frac{MV(5DRV2011)}{100} * F8 * PV(5M201-1R) \quad (6.16)$$

และ MV(5DRV280) คือค่าเปอร์เซ็นต์การควบคุมความเร็วรอบของปั๊ม 5M201-1

F8 คือ ค่าอัตราการไหลสูงสุด (100%) ของ ปั๊ม 5M201-1

ส่วน F_{M201-2} คือ อัตราการไหลขณะเปิดปั๊ม 5M201-2

PV(5M201-1R) คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ ปั๊ม 5M201-1 เปิด จะมีค่าเท่ากับ 1

ซึ่ง

$$F_{M201-2} = \frac{MV(5DRV2012)}{100} * F9 * PV(5M201-2R) \quad (6.17)$$

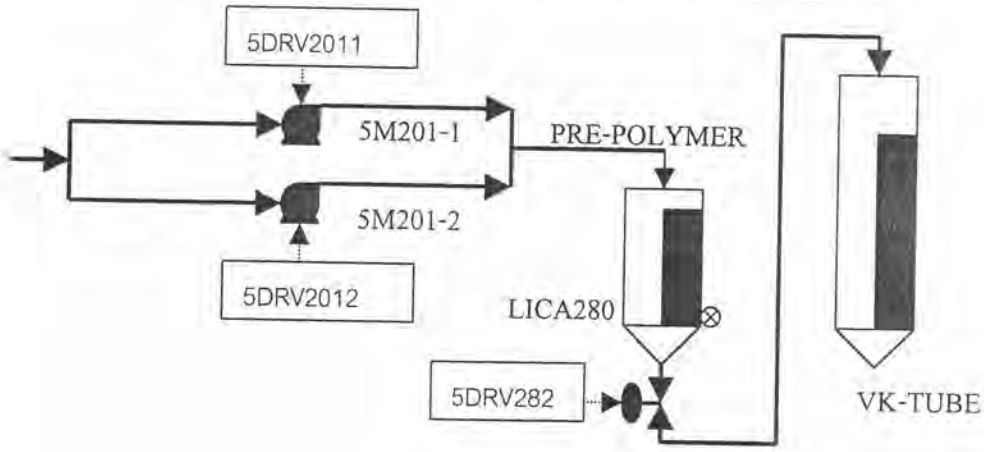
และ MV(5DRV280) คือค่าเปอร์เซ็นต์การควบคุมความเร็วรอบของปั๊ม 5M201-2

F9 คือ ค่าอัตราการไหลสูงสุด (100%) ของ ปั๊ม 5M201-2

PV(5M201-2R) คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ ปั๊ม 5M201-2 เปิด จะมีค่าเท่ากับ 1

การคำนวณค่าปริมาณสารในถัง "Pro-polymer"

คือแท็ก "5LIRA280" คำนวณค่ากระบวนการ (PV) แสดงในตัวอย่างในรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.8 ระดับของหอ Pre-Polymer

โดยสามารถ เขียนระดับของถัง $PV(5LIRA280)_{NEW}$ ได้จาก

$$PV(5LIRA280)_{NEW} = PV(5LIRA280)_{LAST} + \Delta\ PV(5LIRA280) \quad (6.18)$$

$$\Delta PV(5LICA280) = \frac{\Delta M_{280}}{M_{280MAX}} * 100 \quad (6.19)$$

และ

$PV(5LIRA280)_{LAST}$ คือ ระดับถังเมื่อ การคำนวณรอบที่แล้ว

ΔM_{280} คือ น้ำหนักในถัง PRE-POLYMER ขณะปัจจุบัน

M_{280MAX} คือ น้ำหนักเมื่อสารเต็มถัง PRE-POLYMER

โดยคำนวณน้ำหนักได้จาก

$$\Delta M_{280} = M_{280iN} - M_{280OUT} \quad (6.20)$$

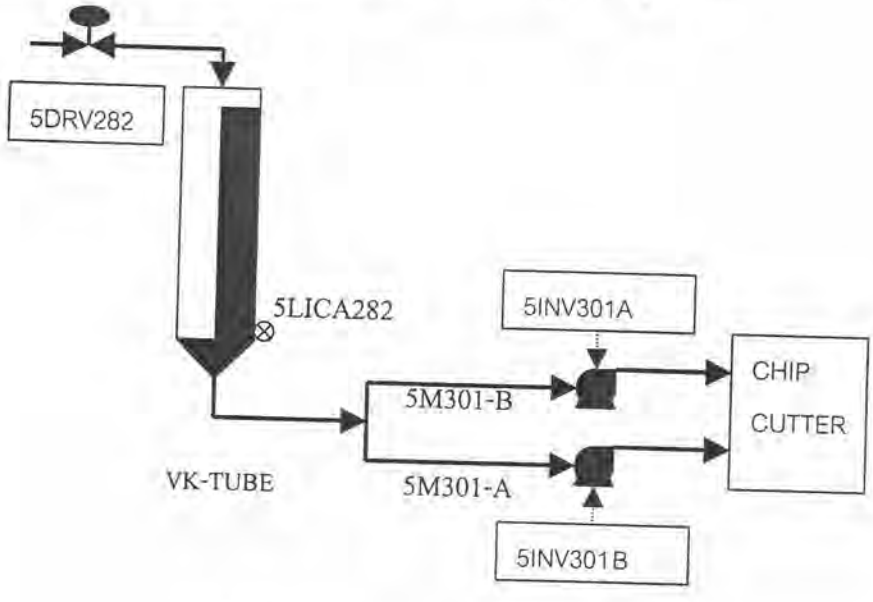
$$\Delta M_{280} = F_{M201\text{-}1} + F_{M201\text{-}2} - PV(5DRV282)*F10/100 \quad (6.21)$$

และ MV(5DRV282) คือค่าเปอร์เซ็นต์การควบคุมวาล์วก้นหอ

F10 คือ ค่าอัตราการไหลสูงสุด (100%) ของ สายออก

การคำนวณค่าปริมาณสารในหอ "POLYMERIZATION"

คือ แท็ก "5LIRA282" คำนวณค่ากระบวรการ (PV) แสดงในตัวอย่างในรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.9 ระดับของหอ Polymerization

โดยสามารถ เขียนระดับของถัง $PV(5LIRA282)_{NEW}$ ได้จาก

$$PV(5LIRA282)_{NEW} = PV(5LIRA282)_{LAST} + \Delta\ PV(5LIRA282) \quad (6.22)$$

$$\Delta PV(5LICA282) = \frac{\Delta M_{282}}{M_{282MAX}} * 100 \quad (6.23)$$

และ

$PV(5LIRA282)_{LAST}$ คือ ระดับถังเมื่อ การคำนวณรอบที่แล้ว

ΔM_{282} คือ น้ำหนักในถัง POLYMERIZATION ขณะปัจจุบัน

M_{282MAX} คือ น้ำหนักเมื่อสารเต็มถัง POLYMERIZATION

โดยคำนวณน้ำหนักได้จาก

$$\Delta M_{282} = M_{282IN} - M_{282OUT} \quad (6.24)$$

$$\Delta M_{282} = PV(5DRV282)*F10/100 - PV(5M301\text{-}AR)*PV(5INV301A) - PV(5M301\text{-}BR)*PV(5INV301B) \quad (6.25)$$

เมื่อ

PV(5M301-AR) คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ ปั๊ม 5M301-A เปิด จะมีค่าเท่ากับ 1

PV(5M301-BR) คือ สัญญาณ สั่งดิจิตอลเมื่อ ปั๊ม 5M301-B เปิด จะมีค่าเท่ากับ 1

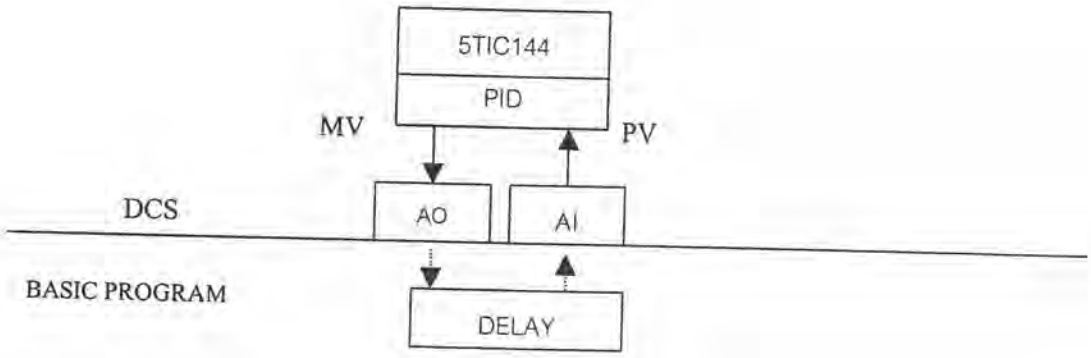
PV(5INV301A) คือ ค่าความเร็วรอบของ ปั๊ม 5M301-A ซึ่งเป็นค่าที่ เซ็ทขึ้น

PV(5INV301B) คือ ค่าความเร็วรอบเมื่อ ปั๊ม 5M301-B ซึ่งเป็นค่าที่ เซ็ทขึ้น

63.2 การจำลองสัญญาณอุณหภูมิ

การจำลองอุณหภูมิในกระบวนการไนล่อนจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาและส่วนที่เกิดปฏิกิริยา

การจำลองสัญญาณอุณหภูมิส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยา จะทำโดยการต่อ เอาท์พุทของตัวควบคุมให้เป็นอิน พุทของตัวควบคุมดังรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 การต่อลูพควบคุมของอุณหภูมิโดยใช้ เบสิกโปรแกรมช่วย

สมมุติฐานในการจำลองสัญญาณอุณหภูมิ

- ปริมาตรของถังควบคุมต่างๆ อัตราการไหลในท่อต่างๆ และค่าคงที่อื่นๆ จะเป็นค่าที่กำหนดเองเพื่อความเหมาะสม
- ระบบเป็นระบบปิด และการระเหยของสารมีผลน้อยมาก
- ปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาอนุพันธ์ อันดับที่ 1 และเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน
- ระบบอยู่ใกล้ Stady State มีการเปลี่ยนระดับของสารน้อย และควบคุมได้เร็วกว่าการควบคุมอุณหภูมิมาก
- อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบๆ
- อุณหภูมิสายเข้าของ วัตถุดิบ และ สายเข้า สายออกของน้ำมันร้อนในแจ็กเก็ต มีค่าคงที่

- อุณหภูมิของหอปฏิกิริยาเท่ากันทั่วทั้งหอ
- การเกิดปฏิกิริยาเป็นแบบ IDEAL PLUG FLOW และเกิดที่ในหอปฏิกิริยาเป็นส่วนใหญ่
- ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาและค่าคงที่ต่างๆ ของสาร จะกำหนดได้เพื่อความเหมาะสมในการจำลอง

โดยใช้หลักการคำนวณสมดุลย์มวลและหลักสมดุลย์พลังงาน (Energy Balance)

$$E = E_{in} - E_{out} - E_{reaction} \tag{6.26}$$

$$V\rho_{NYLON}C_P\frac{\Delta T}{\Delta t} = F_i\rho_i C_P(Ti - T) + E_{reaction} + Q \tag{6.27}$$

โดย

$$E_{reaction} = (-\Delta H)Vk_pC_A \tag{6.28}$$

$$Q = F_{oil}\rho_{oil}(\Delta T_{oil}) \tag{6.29}$$

ดังนั้น

$$V\rho_{NYLON}C_P\frac{\Delta T}{\Delta t} = F_i\rho_i C_{Pi}(Ti - T) + (-\Delta H)Vk_pC_A + F_{oil}\rho_{oil}(\Delta T_{oil}) \tag{6.30}$$

โดย

V คือ ปริมาตรของหอปฏิกิริยา

ρ_{NYLON} คือ ความหนาแน่นของไนล่อน

C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของไนล่อน

Δt คือ คาบเวลาในการคำนวณ

F_i คือ อัตราการไหลของสารตั้งต้น

ρ_i คือ ความหนาแน่นของสารตั้งต้น

$C_{p'}$ คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของสารตั้งต้น

Ti คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของสารตั้งต้น

T คือ อุณหภูมิของหอปฏิกิริยา คือ $PV(5YIC201)_{LAST}$

$(-\Delta H)$ คือ ค่าผลต่างของเอนทาลปีของการเกิดปฏิกิริยา

k_p คือ ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา

C_A คือ ค่าความเข้มข้นของสารตั้งต้น

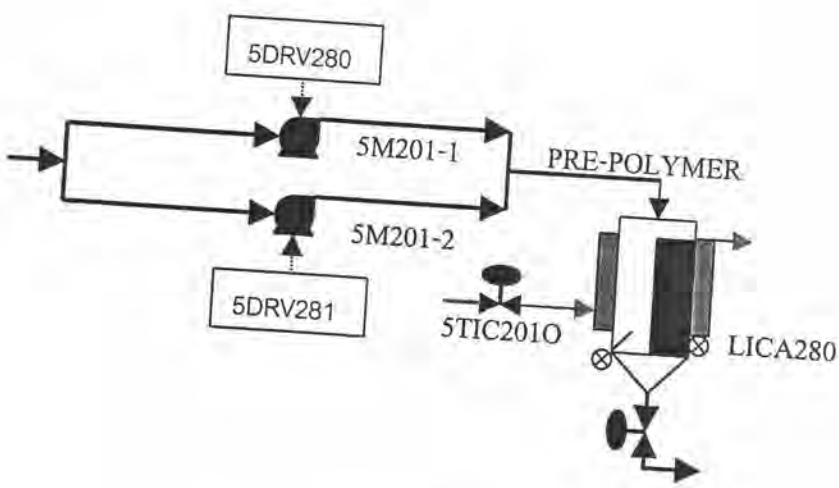
F_{oil} คือ ค่าอัตราการไหลของน้ำมันร้อนในแจ็กเก็ต

ρ_{oil} คือ ความหนาแน่นของน้ำมันร้อน

ΔT_{oil} คือ ค่าผลต่างของอุณหภูมิของน้ำมันร้อน

การคำนวณค่าอุณหภูมิของหอ "PRE-POLYMER"

ลูพควบคุมของหอ PRE-POLYMER คือ ลูพ 5TIC201O



รูปที่ 6.11 อุณหภูมิของหอ Pre-Polymer

$$PV(TIC201O) = PV(TIC201O)_{LAST} + \Delta T \quad (6.31)$$

$PV(TIC201O)_{LAST}$ คือ ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้เมื่อ การคำนวณรอบที่แล้ว

ΔT คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในคาบเวลา

ในจุดนี้เราจะจำลองค่าอุณหภูมิของหอโดยสนใจเฉพาะค่ากระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงและมีการควบคุมส่วนคือ

- ค่าระดับของหอ PV(5LICA280)
- ค่าอัตราการไหลระบบของสารตั้งต้น MV(5DRV280, 5DRV281)
- ค่าอัตราการไหลของน้ำมันร้อน MV(5TICV201O)

ดังนี้

ค่าจะเท่ากับ $$V = PV(5LICA280) * V_{280MAX}/100 \quad (6.32)$$

โดย Vmax คือ ค่าปริมาตรของสารเมื่อเติมสารเต็มถัง

ค่าจะเท่ากับ $Fi = F_{M201-1} + F_{M201-2}$

$$F_{M201-1} = \frac{MV(5DRV2011)}{100} * F8 * PV(5M201-1R) \quad (6.33)$$

$$F_{M201-2} = \frac{MV(5DRV2012)}{100} * F9 * PV(5M201-2R) \quad (6.34)$$

โดย F8,F9 คือ ค่า อัตราการไหลสูงสุดของสาย 5DRV2011 และ 5DRV2012 ตามลำดับ

Ti คือ ค่าอุณหภูมิสารตั้งต้นที่ถือว่าคงที่ PV(5TI118)

ΔToil คือ ค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของ น้ำมันร้อนที่ถือว่าคงที่

$$\Delta T_{oil} = PV(5TIA241)-PV(5TIA212) \tag{6.35}$$

ค่าจะเท่ากับ

$$F_{oil}=MV(5TIC201O)*F11/100 \tag{6.36}$$

โดย F10 คือ ค่าอัตราการไหลสูงสุดของสายน้ำมันร้อน 5TIC201O

จาก สมมุติฐาน IDEAL PLUG FLOW และ first order

หาความสัมพันธ์ ของ C_A ในรูปของ ค่า อัตราการไหลและค่าปริมาตร ได้ดังนี้

$$\int_0^V dV = \frac{v_0}{k}\int_{C_{A0}}^{C_A}\frac{dC_A}{C_A} \tag{6.37}$$

$$V = \frac{v_0}{k}\ln\frac{C_{A0}}{C_A} \tag{6.38}$$

$$C_A = C_{A0} * \exp(-\frac{k_p V}{v_0}) \tag{6.39}$$

เขียนให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรกระบวนการคือ

$$C_A = C_{A_0} * \exp(\frac{k_p * PV(5LICA281)/100 * V_{280MAX}}{(F_{M20I-1}+F_{M20I-2}) * \rho_{NYLON}}) \tag{6.40}$$

จากสมการที่ ลดรูปค่าคงที่อื่นลงเพื่อให้ง่ายขึ้นดังนี้

$$V\rho_{NYLON}C_P\frac{\Delta T}{\Delta t} = F_iC_{Pi}(T_i - T) + (-\Delta H)Vk_pC_A + F_{oil}C_{poil}(\Delta T_{oil}) \tag{6.41}$$

$$\Delta T = K_1\frac{F_i}{V}(T_i - T) - K_2 + K_3\frac{F_{oil}}{V}(\Delta T_{oil}) \tag{6.42}$$

โดยค่า $K_1 = \frac{C_{Pi}}{\rho_{NYLON}C_{PNYLON}} * \Delta t$ (6.43)

$$K_2 = (\Delta H) * k_p * \Delta t \tag{6.44}$$

$$K_3 = \frac{C_{Poil}}{\rho_{NYLON} C_{PNYLON}} * \Delta t \qquad (6.45)$$

$$\Delta T_1 = K_1 \frac{F_{M201-1} + F_{M201-2}}{PV(5LICA280) * V_{280MAX}} (PV(5TI118) - PV(5TIC201O)_{LAST}) \qquad (6.46)$$

$$\Delta T_2 = K_2 C_{A0} * \exp\left(\frac{k_p * PV(5LICA\ 281)/100 * V_{280\ MAX}}{(F_{M\ 201-1} + F_{M\ 201-2}) * \rho_{NYLON}}\right. \qquad (6.47)$$

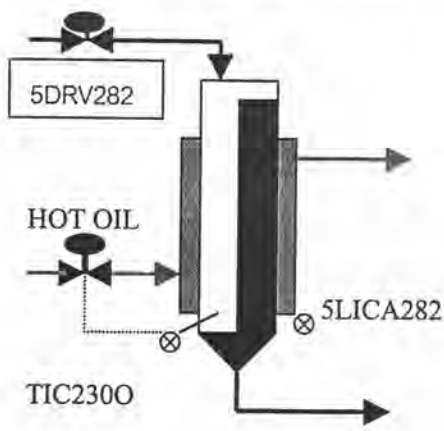
$$\Delta T_3 = K_3 \frac{MV(5TIC201O) * F11}{PV(5LICA280) * V_{280MAX}} (\Delta T_{oil}) \qquad (6.48)$$

$$PV(TIC201O) = PV(TIC201O)_{LAST} + \Delta T1 - \Delta T2 + \Delta T3 \qquad (6.49)$$

โดยค่าคงที่ คือ F8, F9, F11, V_{MAX} T_i , K_1 , K_2 , K_3 สามารถ เซ็ทได้จากโปรแกรม

การคำนวณค่าอุณหภูมิของหอ "POLYMERIZATION"

ลูพควบคุมของหอ POLYMERIZATION คือ ลูพ 5TIC230O



รูปที่ 6.12 อุณหภูมิของหอ Polymerization

$$PV(TIC230O) = PV(TIC230O)_{LAST} + \Delta T \qquad (6.50)$$

$PV(TIC230O)_{LAST}$ คือค่าอุณหภูมิที่อ่านได้เมื่อ การคำนวณรอบที่แล้ว

ΔT คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในคาบเวลา

ในจุดนี้เราจะจำลองค่าอุณหภูมิของหอโดยสนใจเฉพาะค่ากระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงและมีการควบคุมส่วนคือ

- ค่าระดับของหอ PV(5LICA282)
- ค่าอัตราการไหลระบบของสารตั้งต้น MV(5DRV282)
- ค่าอัตราการไหลของน้ำมันร้อน MV(5TIC230O)

ดังนี้

ค่า $$V = PV(5LICA282)*V_{282MAX}/100 \quad (6.51)$$

โดย Vmax คือ ค่าปริมาตรของสารเมื่อเติมสารเต็มถัง

ค่า $$F_i = MV(5DRV282)*F10/100 \quad (6.52)$$

โดย F11 คือ ค่า อัตราการไหลสูงสุดของสาย 5DRV282

ค่า $$F_{oil} = MV(5TIC230O)*F12/100 \quad (6.53)$$

Ti คือ ค่าอุณหภูมิสารตั้งต้นที่ถือว่าคงที่ PV(5TIC201O)

ΔToil คือ ค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของ น้ำมันร้อนที่ถือว่าคงที่

$$\Delta Toil = PV(5TIA241)-PV(5TIA224) \quad (6.54)$$

โดย F12 คือ ค่าอัตราการไหลสูงสุดของสาย 5TIC230O

จาก สมมุติฐาน IDEAL PLUG FLOW และ first order

หาความสัมพันธ์ ของ C_A ในรูปของ ค่า อัตราการไหลและค่าปริมาตร ได้ดังนี้

$$\int_0^V dV = \frac{v_0}{k}\int_{C_{A0}}^{C_A}\frac{dC_A}{C_A} \quad (6.55)$$

$$V = \frac{v_0}{k} \ln \frac{C_{A1}}{C_A} \tag{6.56}$$

$$C_A = C_{A1} * \exp(-\frac{k_p V}{v_0}) \tag{6.57}$$

เขียนให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรกระบวนการคือ

$$C_A = C_{A1} * \exp(\frac{k_p * PV(5LICA282)/100 * V_{282MAX}}{MV(5DRV282) * F_{10}/100 * \rho_{NYLON}} \tag{6.58}$$

จากสมการที่ ลดรูปค่าคงที่อื่นลงเพื่อให้ง่ายขึ้นดังนี้

จากสมการที่ (6.30) ลดรูปค่าคงที่อื่นลงเพื่อให้ง่ายขึ้นดังนี้

$$V\rho_{NYLON}C_P \frac{\Delta T}{\Delta t} = F_i C_{Pi}(T_i - T) + (-\Delta H)Vk_p C_A + F_{oil} C_{poil}(\Delta T_{oil}) \tag{6.59}$$

$$\Delta T = K_4 \frac{F_i}{V}(T_i - T) - K_5 + K_6 \frac{F_{oil}}{V}(\Delta T_{oil}) \tag{6.60}$$

โดยค่า

$$K_4 = \frac{C_{Pi}}{\rho_{NYLON} C_{PNYLON}} * \Delta t \tag{6.61}$$

$$K_5 = (\Delta H) * k_p * \Delta t \tag{6.62}$$

$$K_6 = \frac{C_{Poil}}{\rho_{NYLON} C_{PNYLON}} * \Delta t \tag{6.63}$$

$$\Delta T_4 = K_4 \frac{MV(5DRV282) \cdot F10/100}{PV(5LICA282) \cdot V_{282MAX}} (PV(5TIC201O) - PV(5TIC230O)_{LAST}) \quad (6.64)$$

$$\Delta T_5 = K_5 C_{A1} * \exp\left(\frac{k_p * PV(5LICA282)/100 * V_{282MAX}}{MV(5DRV282) * F_{10}/100 * \rho_{NYLON}}\right) \quad (6.65)$$

$$\Delta T_6 = K_6 \frac{MV(5TIC230O) \cdot F12/100}{PV(5LICA280) \cdot V_{282MAX}} (\Delta T_{oil}) \quad (6.66)$$

$$PV(TIC230O)=PV(TIC230O)_{LAST} + \Delta T4 - \Delta T5 + \Delta T6 \quad (6.54)$$

โดยค่า คงที่ คือ F10 , F12 , V_{282MAX} K_4, K_5, K_6 สามารถเซ็ทได้จากโปรแกรม

6.4 สรุป

ในบทนี้พูดถึงการจำลองค่ากระบวนการโดยใช้ค่าเอาท์พุทของดีซีเอสมาจำนวนซึ่งเพียงต้องการแสดงให้เห็นภาพการควบคุมด้วยดีซีเอสอย่างง่าย ๆ เพื่อแสดงความสัมพันธ์เฉพาะตัวแปรที่สนใจเท่านั้น และจะตัดทอนรายละเอียดบางส่วนออกไป แบบจำลอง ก็ยังแสดงภาพการทำงานคร่าวๆ ในการใช้ดีซีเอส ในโรงงานอุตสาหกรรมจริง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาพัฒนาระบบต่อไป ตัวอย่างโปรแกรมและผลการทดลองสามารถดูได้จากภาคผนวกที่ 4