บทที่ 3
หลักการควบคุม

3.1 แนวคิดและลักษณะของการควบคุม

ในกระบวนการป้อนสารเคมีเข้าถังผสมและถัง Reactor เป็นการควบคุมแบบอัตโนมัติโดยทำการกำหนดอัตราการไหลของสารแล้วกำหนดเวลาในการไหลเพื่อให้ได้ค่าที่ได้เป็นปริมาตรของสารที่เข้าถังซึ่งเป็นการควบคุมแบบอัตโนมัติ โดยมี Solenoid valve เป็นตัวกำหนดปริมาณการไหล โดยจะทำการเปิดให้สารเคมีไหลผ่านแล้วทำการปิดเมื่อถึงเวลาที่กำหนด (การควบคุมเป็นการควบคุมแบบ On-Off) ในการควบคุมการ Heating และ Cooling จะสั่งการโดย Controller แล้วทำการสั่ง Solenoid Valve ให้ทำการเปิด-ปิดการไหลของ Steam และ Cooling water โดยรับสัญญาณจาก Thermocouple ซึ่งทำการวัดอุณหภูมิของถัง Reactor การป้อนน้ำยาเรซิ่นเข้าถังเก็บจะใช้พนักงานทำการควบคุมจากห้องควบคุม สำหรับการเปลี่ยนส่วนผสมสารมารถทำการเปลี่ยนส่วนผสมของน้ำยาได้ง่าย และเมื่อระบบควบคุมแบบอัตโนมัติไม่สามารถทำงานได้ ต้องมีระบบรองรับหรือสำรองเพื่อทำให้ระบบสามารถทำงานต่อไปได้

3.2 ระบบป้อนสารเคมีเข้าใน Reactor และถังผสม

ในระบบการป้อนสารของน้ำยา Resin และ Binder ตัวแปรอ้างอิงคืออัตราการไหลของสารเคมีที่ต้องการแล้วทำการเปลี่ยนเป็นปริมาตร และตัวแปรควบคุมคือปริมาณของน้ำยาที่เข้าถัง โดยมี Flow meter เป็นตัวตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำยา แล้วทำการส่งสัญญาณไปที่ ซึ่ง Controller เป็นตัวควบคุม ในระบบนี้เป็นการควบคุมการเปิด/ปิด Solenoid valve และ Pump

จากการวัดของ Flow meter ค่าที่วัดได้จะเป็นอัตราการไหล แต่ค่าที่ต้องการเป็นปริมาตรของสารเคมีที่จะทำการผสม ทำการแปลงค่าโดย

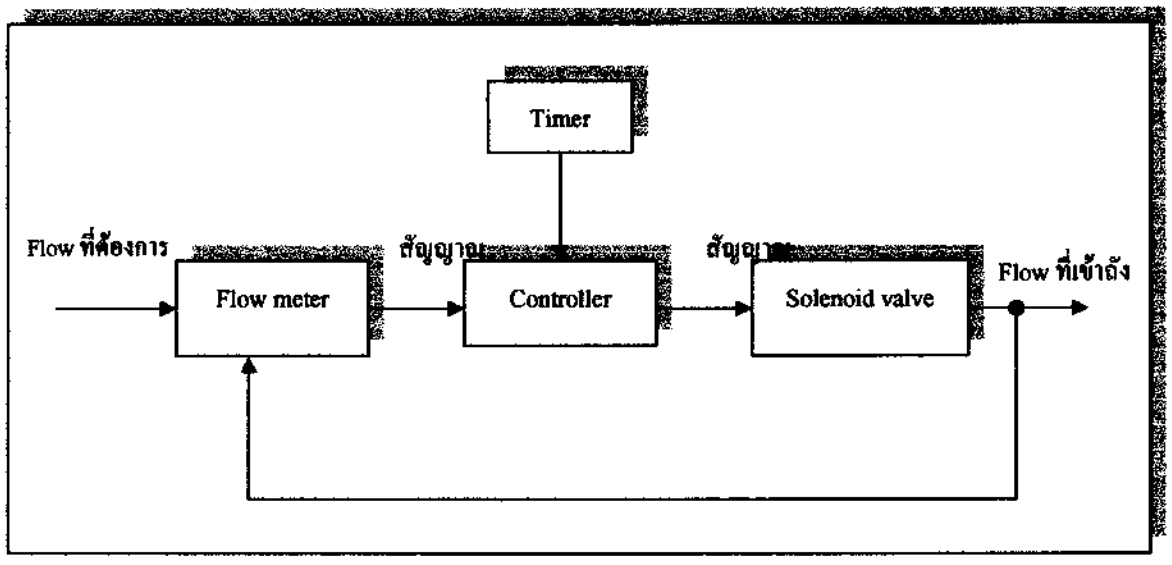
$$\rho = \frac{M}{V}$$

เมื่อ $\rho =$ ความหนาแน่นของสารเคมี (kg/m^3)

$M =$ น้ำหนักของสารเคมี (kg)

$V =$ ปริมาตรของสารเคมี (m^3)

ในระบบควบคุมการป้อนสารใช้ Flow meter วัดค่าและทำการส่งสัญญาณให้ Controller แล้ว Controller จะทำงานควบคู่ไปกับ Timer ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวนับเวลาในการป้อนสารเคมีเข้าถัง โดยที่ Timer เป็นตัวเทียบค่าเวลากับปริมาณสารที่ทำการป้อน แล้ว Controller จะนำค่าที่ได้จาก Timer มาใช้ในการสั่งการ Solenoid valve ให้ทำการปิด-เปิด ซึ่งได้แสดงในรูปที่ 3.1

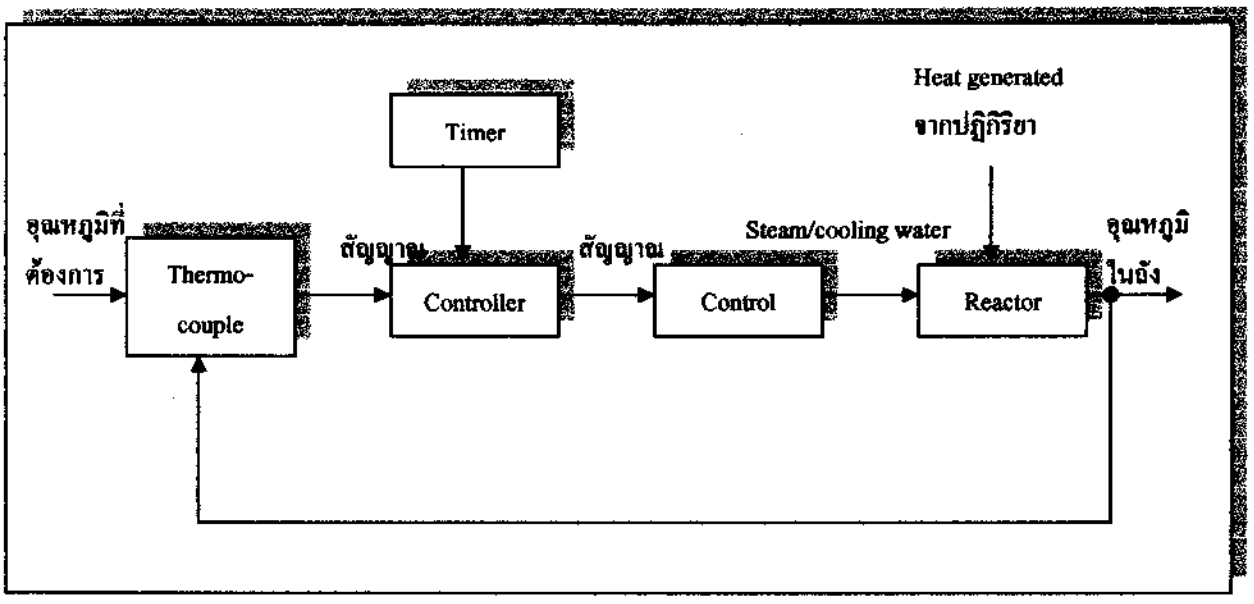


รูปที่ 3.1 Block diagram ของระบบป้อนสารเคมีเข้าใน Reactor และถังผสม

3.3 ระบบควบคุมอุณหภูมิของถัง Reactor ของน้ำยา Resin

ในระบบควบคุมอุณหภูมิของน้ำยา Resin ตัวแปลอ้างอิงคือ อุณหภูมิที่ต้องการ และตัวแปรควบคุมคือ อุณหภูมิของน้ำยาในถัง Reactor โดยมี Temperature controller เป็นตัวควบคุม โดยมี Thermocouple เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำยา และทำการส่งสัญญาณไปให้ตัวควบคุมอุณหภูมิคือ Temperature controller เพื่อทำการสั่ง Control valve ให้ทำการเปิด/ปิดการไหลของ Cooling water/Steam ในการเพิ่มและลดอุณหภูมิของน้ำยา Resin ในถัง Reactor

ซึ่งในกระบวนการเพิ่มและลดอุณหภูมิจะมีเงื่อนไขของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องในการควบคุมเพื่อทำให้ปฏิกิริยาของกระบวนการเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจะถูกกำหนดเพื่อใช้ควบคุมการเปิด/ปิด Control valve ในการรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่ต้องการในเวลาที่กำหนดซึ่งได้แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 Block diagram ของระบบ Heating and Cooling

3.4 ขั้นตอนการควบคุมการผลิต

3.4.1. ขั้นตอนการควบคุมการผลิตน้ำยาไบน์เดอร์

1.) เมื่อทำการเปิดเครื่อง ทำการกดสวิทช์เปิดเครื่อง จะเป็นการเปิดมอเตอร์ใบกวนของถัง ถังที่ 1 หรือถังที่2 หรือทั้งสองถังผสม

2.) กดสวิทช์เลือกสูตรการผสมไบน์เดอร์โปรแกรมจะทำการเลือกปริมาณสาร (จากการตั้งโปรแกรมและบันทึกค่าไว้)

3.) กดเลือกถังที่จะทำการผสม (ถัง1 หรือ ถัง2) เพื่อทำการสั่ง Solenoid Valve ให้อยู่ในสภาวะเปิดเพื่อให้สารเข้าทำการผสมที่ ถัง1 หรือ ถัง2 ทีละถัง

4.) กดปุ่มเริ่มกระบวนการผลิต PLC จะทำการสั่งงาน Solenoid Valve ที่อยู่ที่ถังของสารเคมีแต่ละถังให้เปิด ทำการสั่งปั๊มให้ทำงานโดยสารทั้งหมดจะไหลเข้าสู่ถังผสมพร้อมๆกัน สารที่ป้อนเข้าทำการผสมจะไหลผ่าน Flow Transmitter มี timer ตรวจวัดเวลาในการไหลเมื่อถึงเวลาที่กำหนดจะทำการปิด Valve และ Pump

5.) เมื่อสารตัวสุดท้ายได้ทำการป้อนเข้าถังผสมเรียบร้อยแล้ว (เราจะสามารถทราบได้จากการที่ Controller สั่งการให้ปิด Solenoid Valve และ Pump เนื่องมาจากค่าของ Timer ถึง Set Point ที่กำหนดไว้) Timer จะทำการจับเวลาเป็นเวลา 30 นาที

6.) เมื่อครบ 30 นาทีแล้วจะทำการ Alarm โดยเสียงและไฟ เพื่อเป็นสัญญาณให้พนักงานทำการป้อนเข้า Distributor

7.) จากข้อที่ 6 ไบน์เดอร์ทำการผสมเรียบร้อยแล้วเราสามารถที่จะนำไปใช้งานได้โดยการกดปุ่มของพนักงาน

3.4.2. ขั้นตอนการควบคุมการผลิตน้ำยาเรซิ่น

1). เริ่มต้นการทำงานโดยการเปิด Boiler ให้ทำงานและทำการตรวจวัดอุณหภูมิของ Boiler

2). เมื่ออุณหภูมิของ Steam ถึงค่าที่กำหนดแล้วให้ทำการกดเลือกสูตรเรซิ่นที่จะทำการผลิต (สูตรของน้ำยา Resin จะถูกบันทึกไว้ใน PLC เพื่อรอการเลือกใช้)

3). การแสดงผลในห้อง Control Room ที่มีคือ

- อุณหภูมิน้ำยาเรซิ่น
- อุณหภูมิของ Steam ขาเข้าและขาออก
- อุณหภูมิของ Cooling Water ขาเข้าและขาออก
- ค่าความดันในถัง Reactor
- ปริมาณของสารที่ป้อนเข้า Reactor Tank ที่แท้จริง (จะแสดงเป็นลิตร ลูกบาศก์เมตร หรือ กิโลกรัม)

4).กดสวิทช์เริ่มการทำงาน มอเตอร์ของใบกวนจะทำงาน Controller จะทำการสั่งการ Solenoid Valve และ Pump ของ Formalin, Phenol และ Para-Formaldehyde ให้ทำงานTimer จะทำการจับเวลาในการป้อนสาร เมื่อถึงเวลาที่กำหนดจะทำการส่งสัญญาณให้ Controller สั่งการ Solenoid Valve และ Pump ให้ทำการปิด

5).เมื่อ Solenoid Valve ของสารในชุดแรกปิด Controller จะสั่งการ Solenoid Valve ของ Steam ให้ทำการเปิด

6). เมื่ออุณหภูมิของสารใน Reactor Tank มีอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสแล้วให้ทำการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดย Controller จะสั่งการให้ Solenoid Valve และ Pump ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้เปิด และสั่งการให้ Solenoid Valve ของ Steam ให้ทำการปิด

7).เมื่อ Timer จับเวลาการไหลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ถึงจุดที่กำหนดจะทำการสั่งการ Solenoid Valve และ Pump ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ปิด

8).เมื่ออุณหภูมิของถัง Reactor มีค่าเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส Timer จะทำการจับเวลา Controller จะสั่งการ Solenoid Valve ของ Steam ให้ปิด และปิดการทำงานของ Boiler

9).เมื่ออุณหภูมิของถัง Reactor มีค่าเท่ากับ 68 องศาเซลเซียส Controller จะสั่งการSolenoid Valve ของCooling Water ให้เปิด

10).เมื่ออุณหภูมิของถัง Reactor มีค่าเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส Controller จะสั่งการSolenoid Valve ของCooling Water ให้ปิด

11).ในส่วนนี้จะทำงานอยู่อย่างนี้ไปเรื่อยๆจนกว่า Timer จะจับเวลาครบ 3 ชั่วโมง (เป็นการเลี้ยงอุณหภูมิของสารใน Reactor Tank ให้อยู่ระหว่าง 65-68 องศาเซลเซียส)

12).เมื่อ Timer จับเวลาครบ 3 ชั่วโมง Controller จะสั่งการ Solenoid Valve ของCooling Water ให้เปิดแล้วสั่งการ Solenoid Valve ของสารละลายยูเรียให้เปิด สั่งการPump ให้ทำงานเมื่อ Timer จับเวลาในการป้อนสารครบตามกำหนดที่ตั้งไว้ Controller จะทำการสั่งให้ Solenoid Valve และPump ให้หยุดการทำงานตามลำดับ

13).Timer ทำการจับเวลาเมื่อ Solenoid Valve ของสารละลายยูเรียปิด

14).เมื่อ Timer จับเวลาเท่ากับ 3 ชั่วโมงครึ่ง Controller จะทำการสั่งการ Solenoid Valve ของกรดซัลฟูริก ให้เปิด, สั่งการ Pump ให้ทำงานเมื่อถึงเวลาที่กำหนด Controller จะสั่งการ Solenoid Valve ให้ปิดและPump ให้ปิด

15).เมื่ออุณหภูมิอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส Controller จะทำการสั่งการ Solenoid Valve ของ Cooling Water ให้ปิด หยุดการทำงานของปั๊ม และทำการ Alarm เป็นสัญญาณแสงหรือเสียง

16).พนักงานทำการป้อน เรซิ่นเข้าถังเก็บโดยใช้การควบคุมจาก Control Roomทำการปิดการทำงานของระบบโดยการปิดสวิทช์

3.4.3. การผลิตเรซิ่น High-Temp

1.) ทำการควบคุมเหมือน เรซิ่นตั้งแต่ข้อ 1.)-15.)

2.) เมื่ออุณหภูมิเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส Controller จะสั่งการ Solenoid Valve ของ Cooling Water ให้ปิด และ Timer จะทำการจับเวลา

3.) เมื่อ Timer เวลาครบสองชั่วโมง Controller จะทำการสั่ง Solenoid Valve ของ Formalin Catcher, Dicy Solution และน้ำให้เปิด ทำการสั่งการ Pump ให้เปิด Timer จับเวลาการ Feed และตั้งเวลาไว้ที่ 3 ชั่วโมง

4.)เมื่อ Timer จับเวลาครบตามที่กำหนด Controller ทำการสั่งการ Solenoid Valve ของ Formalin Catcher, Dicy Solution และน้ำให้ปิดสั่งการ Pump ให้หยุดการทำงาน

5.)เมื่อ Timer จับเวลาครบ 3 ชั่วโมง Controller จะสั่งการ Solenoid Valve ของCooling Water ให้เปิด

6.) เมื่ออุณหภูมิในถัง Reactor เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส Controller จะสั่งการ Solenoid Valve ของCooling Water ให้ปิด ทำการAlarm เป็นแสงหรือเสียง

7.)พนักงานทำการป้อนเรซิ่น High – Temp เข้าถังเก็บโดยการสั่งการจาก Control Room

8.) ทำการปิดการทำงานของระบบโดยการกดสวิทช์ปิด (ปิดการทำงานของมอเตอร์ ใบกวน ปิด Solenoid Valve ของCooling Water และ Condenser

3.5 ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับระบบการผลิตและระบบรองรับการแก้ปัญหา

3.5.1 การเกิดไฟฟ้าดับขณะมีการผลิต

ต้องพิจารณาว่าเกิดขึ้น ณ กระบวนการใด เพื่อทำการแก้ไขได้ถูกต้อง

1) เกิดที่กระบวนการ Feed สารเข้าถังผสมหรือถัง Reactorในระบบควบคุมได้ทำการกำหนด Solenoid valve ให้ทำการปิดเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้สารเคมีที่ถูก Feed ไหลไม่หยุด เมื่อมีกระแสไฟฟ้าจะ Set ให้ Controllerบันทึกปริมาณสารที่ Feed ไปแล้วและทำการ Feed สารเพิ่มจากที่ Feed ไป

2) เกิดที่กระบวนการ Heating และ cooling ในการผลิตน้ำยาแรซิ่นในระบบควบคุมได้ทำการกำหนด Solenoid valve ให้ทำการปิดเมื่อไม่กระแสไฟฟ้า และได้ทำการติดตั้ง Bypass valve เพื่อใช้แทนระบบอัตโนมัติ

3) น้ำที่ใช้ในการ Cooling ไม่ไหลที่ระบบ Cooling ได้ทำการติดตั้ง Bypass valve ไว้และได้ติดตั้งถังน้ำสำรอง เมื่อจะใช้ให้ทำการเปิดวาล์วของน้ำสำรองให้ไหลเข้า Cooling valve

4) การควบคุมอุณหภูมิของน้ำยาในถัง Reactor ไม่ได้เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิน้ำยาแล้ว อุณหภูมิที่ได้เกินที่กำหนด ซึ่งเท่ากับเกิน 68 $^{\circ}$C และเมื่อทำการ cooling แล้วอุณหภูมิไม่ลด หากคิดว่าควบคุมไม่ได้ต้องทำการปล่อยน้ำยาแรซิ่นออกจากถัง Reactor ในการปล่อยน้ำยาให้ค่อยๆ ทำการปล่อย โดยทำการเปิดวาล์วใต้ถังเพราะในขณะนั้นภายในถังจะมีความดันที่สูงทำให้น้ำยาพุ่งอย่างรุนแรง

3.5.2 ระบบสำรอง

ในการวางระบบสำรองสิ่งที่ต้องมี คือ

1. ระบบปิอนสารเคมีเข้าถังผสม เพราะเมื่อระบบอัตโนมัติใช้ไม่ได้สามารใช้ระบบ Manual ในการควบคุมได้

2. ระบบการทำความสะอาดใน การผลิต ซึ่งในระบบนี้ได้ทำการออกแบบระบบท่อไว้แล้วการตัดการทำงานของ Pump เมื่อทำการป้อน สารครบแล้ว Pump ไม่หยุดทำงาน

3.5.3 สรุปและวิจารณ์

ในระบบควบคุมที่ได้ทำการออกแบบเป็นการวางระบบควบคุมในการผสมสารเคมีและการเพิ่ม-ลดอุณหภูมิในถัง Reactor ซึ่งสามารถปรับค่าได้ การออกแบบเป็นการออกแบบเพื่อนำไปใช้กับการเขียนโปรแกรมของระบบควบคุม PLC ขั้นตอนการควบคุมที่ได้ทำการออกแบบเป็นขั้นตอนอย่างละเอียดซึ่งสามารถนำไปใช้ได้