บทที่ 1
บทนำ

การควบคุมแบบป้อนกลับเป็นการควบคุมแบบพื้นฐานที่เข้าใจง่ายและนิยมใช้ในการควบคุมกระบวนการอุตสาหกรรม โครงสร้างของระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการอุตสาหกรรมนั้นเครื่องควบคุมจะทำหน้าที่ตรวจสอบสภาพของกระบวนการ โดยใช้ค่าวัดของตัวแปรกระบวนการจากเครื่องวัดเปรียบเทียบกับเซ็ทพอยท์ของการควบคุมและสร้างสัญญาณควบคุมเพื่อปรับกระบวนการโดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอินพุทของเครื่องควบคุม การตอบสนองของระบบควบคุมจะดีมากหรือน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับการเลือกกำหนดหมวดการควบคุมซึ่งจะมีอยู่ 3 หมวดควบคุม คือ การควบคุมแบบสัดส่วน การควบคุมแบบอินทิกรัล และการควบคุมแบบอนุพันธ์ การจูนเพื่อกำหนดค่าให้แก่ตัวควบคุมจะเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในกระบวนการควบคุมทั้งนี้เนื่องจาก กระบวนการผลิตจะเป็นไปตามการควบคุมหรือตามเป้าหมายของการผลิตเมื่อมีการจูนตัวควบคุมที่ดีและระบบการควบคุมจะล้มเหลวเมื่อกำหนดค่าตัวควบคุมที่ไม่ถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 แรงจูงใจ

การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบกระบวนการมีมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 การพัฒนาในระยะประมาณสี่สิบปีที่ผ่านมาได้ทำให้การออกแบบและเลียนแบบกระบวนการกระทำได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกแบบกระบวนการที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้นตาม

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบัน วิศวกรเคมีไม่ว่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบหรือการวิเคราะห์หรือปรับปรุงระบบตลอดจนถึงการปฏิบัติงานในกระบวนการเองที่มีอยู่ในปัจจุบัน ในกระบวนการทางวิศวกรรมเคมี ขั้นตอนสำคัญ คือ การควบคุมกระบวนการ (Process Control) ถึงแม้ว่าระบบการควบคุมแบบป้อนกลับจะเป็นระบบการควบคุมที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในการควบคุมกระบวนการผลิตก็ตาม แต่ระบบการควบคุมนี้มีข้อด้อยอยู่ที่ตัวควบคุมจะไม่ตอบสนองอันใดต่อโหลดจนกว่าผลของการเปลี่ยนแปลงของโหลดจะทำให้เกิดความแตกต่างของสัญญาณวัดกับค่าเซ็ทพอยท์ ทำให้เป็นข้อจำกัดในการเลือกใช้งานในบางประการ จึงทำให้มีการพัฒนาระบบการควบคุมแบบอื่นๆ ขึ้นโดยบางระบบยังคงโครงสร้างของระบบการควบคุมแบบป้อนกลับไว้ หรือเปลี่ยนโครงสร้างดังกล่าวออกไปเลย เช่นการควบคุมแบบไอเอ็มซี (Internal Model Control) การควบคุมแบบมีการชดเชยค่าเดดไทม์ในแบบต่างๆ เช่น แบบการทำนายค่าของสมิธ (Smith's Predictor) แบบตัวทำนายเชิงวิเคราะห์ (Analytical Predictor) ซึ่งทั้งสามแบบดังกล่าวยังคงโครงสร้างของการควบคุมแบบป้อนกลับไว้เพียงแต่เพิ่มแบบจำลองของการทำนายค่าลงไปในระบบการควบคุมเท่านั้น

การควบคุมรูปแบบจำลองภายในเป็นระบบควบคุมหนึ่งที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อปรับปรุงการควบคุมแบบป้อนกลับให้ดีขึ้น โดยการเพิ่มแบบจำลองการประมาณค่าลงไปในการควบคุม ดังนั้นในการเปรียบเทียบผลการควบคุมระหว่างการควบคุมแบบป้อนกลับแบบดั้งเดิมและการควบคุมแบบจำลองภายในจะทำให้ทราบขีดจำกัดของการควบคุม และความทนทานของระบบควบคุมที่เงื่อนไขของกระบวนการต่างๆ กันไป ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการตัดสินใจในการเลือกใช้ระบบควบคุม และเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมในระยะเวลาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

ในการทำการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้ คือ

1.2.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบการจูนตัวควบคุมแบบป้อนกลับด้วยวิธีการจูนตัวควบคุมแบบซีเกลอร์-นิโคลล์ และการควบคุมแบบไอเอ็มซี เพื่อเลือกใช้การจูนที่ให้ผลการควบคุมที่ดีนำมาควบคุมระบบควบคุม

1.2.2 เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่เหมาะสมของตัวแปรการจูน (Tuning Parameter) ในการควบคุมแบบไอเอ็มซี ในกรณีกระบวนการไม่มีความผิดพลาดและเมื่อกระบวนการมีความผิดพลาดทั้งเวลาของกระบวนการหรือเดดไทม์ เพิ่มขึ้นหรือลดลง 25%

1.2.3 เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาค่าความทนทาน (Robustness) ของการควบคุมแบบไอเอ็มซี และการควบคุมแบบป้อนกลับ เมื่อกระบวนการการเปลี่ยนแปลงไปจากการจูนในครั้งแรกมีความผิดพลาดจากค่าเวลาของกระบวนการหรือเดดไทม์

1.3 ขอบเขตการทำวิทยานิพนธ์

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตต่างๆ ไว้ดังนี้ คือ

1.3.1 สร้างแบบจำลองการควบคุมแบบป้อนกลับที่มีคุณสมบัติดังนี้

- กำหนดลักษณะการควบคุมให้เป็นแบบ พี ไอ ดี (PID)
- กำหนดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณรบกวนให้มีการเปลี่ยนแปลงแบบสเต็พโดยกำหนดการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่ตัวแปรอิสระและเกิดขึ้นแยกกันในแต่ละครั้งของการทดลอง กระบวนการจะเป็นแบบอันดับหนึ่ง (1^{st} order) ที่มีค่าเดดไทม์เข้ามาเกี่ยวข้อง โดยใช้โปรแกรมช่วยวิเคราะห์และออกแบบการควบคุม Matlab

1.3.2 ทำการจูนระบบควบคุมดังกล่าวเพื่อให้การควบคุมแบบป้อนกลับสามารถควบคุมแบบจำลองได้จริง

- กำหนดวิธีการจูนแบบแบบซีเกลอร์-นิโคลส์ (Ziegler-Nichols) และการจูนรูปแบบไอเอ็มซี

- ทำการศึกษาหาช่วงเวลา (Δt) ที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมแบบไอเอ็มซี โดยพิจารณาจากผลรวมค่าความผิดพลาดแบบไอทีเออี (Integral Time Absolute Error)

- วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบการจูนตัวควบคุมแบบป้อนกลับทั้งสองแบบโดยพิจารณาจากกราฟการตอบสนองและผลรวมตามเวลาของค่าความผิดพลาดแบบไอทีเออี

- เปลี่ยนแปลงตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่างๆ และทำการเปรียบเทียบผลการจูน

1.3.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบการควบคุมรูปแบบไอเอ็มซี และแบบป้อนกลับที่จูนแบบ Z-N เมื่อมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในแบบจำลองการควบคุม เพื่อทดสอบสภาพความทนทาน (Robustness) ของระบบควบคุมทั้งสองระบบ

1.3.4 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่เหมาะสมของค่าตัวแปรการจูน กับความสัมพันธ์ของเวลาของกระบวนการและเดดไทม์ เมื่อระบบไม่มีความผิดพลาดในกระบวนการของการควบคุมแบบไอเอ็มซี และกรณีกระบวนการมีความผิดพลาดทั้งเวลาของกระบวนการหรือเดดไทม์เพิ่มขึ้นหรือลดลง 25%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ความสำคัญและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เรียนรู้วิธีการใช้โปรแกรมช่วยวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุม Matlab และ Simulink ซึ่งสามารถใช้ความรู้ดังกล่าวไปสร้างแบบจำลองการจูนในระบบการควบคุมในลักษณะอื่นๆ ต่อไป

1.4.2 ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปกำหนดค่าพีไอดีของการควบคุมแบบป้อนกลับและนำไปวิเคราะห์การตอบสนองของระบบในกระบวนการผลิตจริง

1.4.3 ใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ที่จะเลือกใช้การจูนแบบต่างๆ ของระบบควบคุมป้อนกลับ

1.4.4 สามารถนำไปเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตจริงตลอดจนลดอัตราเสี่ยงที่จะเกิดความผิดพลาดในกระบวนการจูนระบบการควบคุมการผลิต

1.4.5 ได้ค่าความสัมพันธ์ที่เหมาะสมของตัวแปรการจูน เมื่อไม่มีและมีความผิดพลาดของกระบวนการเพิ่มขึ้นหรือลดลง 25% ในการควบคุมรูปแบบไอเอ็มซี

1.4.6 ได้ศึกษาความทนทานของการควบคุมรูปแบบไอเอ็มซี และแบบป้อนกลับที่จูนแบบ Z-N เมื่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงไปจากการจูนในครั้งแรก

1.5 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

รายงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหา ซึ่งเมื่อแยกเป็นบทจะประกอบด้วยบทต่างๆ รวมทั้งสิ้น 5 บท ดังมีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 1 ความเป็นมาของการศึกษาปัญหาระบบควบคุม วัตถุประสงค์ขอบเขตงานวิจัย ตามสำคัญและประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำงานวิจัยตลอดจนโครงสร้างของวิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการควบคุมระบบแบบป้อนกลับและแบบไอเอ็มซี นอกจากนี้เป็นเรื่องของการจูนตัวควบคุม

บทที่ 3 โปรแกรม Matlab ซึ่งนำมาช่วยวิเคราะห์และออกแบบวิธีการใช้งานของโปรแกรม โดยเฉพาะโปรแกรม Simulink ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ Matlab ที่นำมาใช้ในการทำงานวิจัย อีกทั้งตัวอย่างของการนำโปรแกรม Simulink ไปใช้งานในการแก้ปัญหา

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิธีการทดลองหลังจากนำโปรแกรม Matlab และ Simulink ไปใช้ในการศึกษาวิจัย โดยทำการเลียนแบบและแสดงผลในลักษณะกราฟตอบสนองและเอาท์พุท และเปรียบเทียบผลค่าความผิดพลาดไอทีเออี

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย กล่าวถึงปัญหาตลอดถึงข้อแนะนำในการทำการวิจัยในลำดับต่อไป และจากนั้นจะเป็นส่วนของเอกสารอ้างอิง และภาคผนวกที่จะกล่าวถึง ข้อมูล, ตารางผลการทดลอง กราฟต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย