

บทที่ 8

วิจารณ์ผลการทดลอง(ตอนที่ 2)

ผลการจำลองการควบคุมที่สภาวะสมดุลเมื่อตัวแปรต่างๆมีค่าคงที่

ในขั้นแรก กราฟผลการควบคุมแสดงให้เห็นว่าที่สภาวะสมดุลที่มีตัวแปรทุกตัวแปรคงที่ เครื่องควบคุมทั้งสองแบบสามารถปรับตัวเข้าสู่สมดุลได้โดยใช้เวลาไม่ต่างกันมากนัก โดยกรณีควบคุมด้วย PI พบว่ากระบวนการเข้าสู่สมดุลที่ 69 เซลเซียส ณ เวลา 5.39 นาทีนับจากเริ่มเดินเครื่อง กรณีควบคุมด้วย FLC พบว่ากระบวนการเข้าสู่สมดุลที่ 69 เซลเซียส ณ เวลา 4.79 นาทีนับจากเริ่มเดินเครื่อง ดังนั้นจากผลการทดลองในงานวิจัยนี้เครื่องควบคุมแบบ FLC จึงเข้าสู่สมดุลเร็วกว่าเครื่องควบคุมแบบ PI แต่ทั้งนี้ยังมีข้อบ่งชี้ที่ชัดเจนถึงประสิทธิภาพของระบบควบคุมแบบพีซีแอลจิกที่เหนือกว่าเครื่องควบคุมแบบ PI เนื่องจากในทางปฏิบัติสามารถปรับค่าคงที่ proportional gain ของเครื่องควบคุมแบบ PI ใหม่ได้ เพื่อให้มี rising time ลดลง

แต่สำหรับกรณีเกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ เครื่องควบคุมทั้งสองจะตอบสนองต่างกันดังนี้

เมื่อความชื้นในน้ำศาลทรายขาเข้าเปลี่ยนแปลง จะส่งผลกระทบต่อระดับอุณหภูมิของเครื่องที่ควบคุมแบบ PI มากกว่าเครื่องที่ควบคุมแบบ FLC โดยสำหรับในกรณีนี้ทั้งสองกระบวนการจะถึงสภาวะสมดุลที่อุณหภูมิและเวลาเหมือนกับกรณีสภาวะสมดุลข้างต้น สำหรับการควบคุมด้วย PI กระบวนการได้รับผลกระทบจากตัวแปรรอบกวนระหว่าง เวลา 14.1 นาที ถึง 23.4 นาที นับจากเริ่มเดินเครื่องโดยมีอุณหภูมิตกลงเป็น 67 เซลเซียส แต่สำหรับการควบคุมด้วย FLC กระบวนการได้รับผลกระทบโดยมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 70 เซลเซียส ในระหว่างเวลา 6.79-15.3 นาที นับจากเริ่มเดินเครื่อง เมื่อกำหนดความชื้นน้ำศาลทรายเปลี่ยนแปลงระหว่างเวลา 5.59-22.9 นาทีนับจากเริ่มเดินเครื่อง

จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของเครื่องที่ควบคุมด้วย PI ตกลงไปจากที่ควรจะเป็น เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากกรณีสภาวะสมดุลที่ตัวแปรทุกตัวแปรที่มีค่าคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากการมีความชื้นเพิ่มขึ้นในน้ำศาลทำให้มีน้ำในสภาพของเหลวในกระบวนการมากขึ้นความร้อนที่มีจึงถูกดูดไปใช้ในการระเหยมากขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิตกลงเล็กน้อย ขณะที่สำหรับกรณีการควบคุมด้วยเครื่องควบคุมแบบ FLC ที่นำค่าความชื้นน้ำศาลทรายขาเข้ามาพิจารณาด้วยนั้น มีเงื่อนไขอยู่ในชุดกฎควบคุมว่าทุกกรณีที่ความชื้นน้ำศาลทรายขาออกมีค่าเกินต้องการคือ “เปียก” จะต้องเพิ่มความร้อนจำนวน “มาก” ทำให้อุณหภูมิของเครื่องสูงขึ้นจากปกติเล็กน้อยดังผลที่เกิดขึ้นที่ได้กล่าวไปข้างต้นซึ่งมีข้อ

ควรระวังคือ หากกำหนดปริมาณความร้อนมากเกินไปในการกำหนดลักษณะฟังก์ชันการเป็นสมาชิกฟัซซี่เซต “มาก” ของปริมาณความร้อนที่เป็นคำสั่งควบคุมอาจทำให้กระบวนการเสถียรควบคุมได้

เมื่อความชื้นในน้ำตาลทรายขาวออกเปลี่ยนแปลง พบว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับค่าความชื้นเพียงอย่างเดียวไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการมากนัก แต่เนื่องจากเครื่องควบคุมพยายามรักษาอุณหภูมิของกระบวนการไว้โดยเพิ่มความร้อนจำนวนหนึ่งเข้ามาในกระบวนการ ทำให้กรณีที่ใช้ PI ควบคุมกระบวนการจะถึงสมดุลเร็วขึ้น โดยจากผลการควบคุมด้วย PI พบว่ากระบวนการเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ 69 เซลเซียส ณ เวลา 5.19 นาทีนับจากเริ่มเดินเครื่องและไม่พบผลกระทบที่สำคัญจากการเปลี่ยนตัวแปรรบกวน ส่วนผลการควบคุมด้วย FLC พบว่ากระบวนการเข้าสู่สภาวะสมดุลช้าลง แต่ด้วยค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นโดยอยู่ที่ 70 เซลเซียส ณ เวลา 7.09 นาที นับจากเริ่มเดินเครื่อง เมื่อกำหนดให้ความชื้นน้ำตาลทรายขาวออกมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่เวลา 1.9 – 41.2 นาทีนับจากเริ่มเดินเครื่อง สรุปได้ว่าเนื่องจากความชื้น หรือ จำนวนน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นมีค่าน้อยเพียงไม่ถึงร้อยละ 1- 2 โดยน้ำหนัก จึงไม่เห็นผลกระทบที่สำคัญ มีผลเพียงเร่งให้เครื่องควบคุมป้อนความร้อนเข้ามามากขึ้นเท่านั้น

เมื่ออัตราการไหลของน้ำตาลทรายขาวเข้าเปลี่ยนแปลง

พบจากผลการควบคุมแบบ PI ว่า กระบวนการเข้าสู่สมดุลที่ 69 เซลเซียส ณ เวลา 5.39 นาที และกระบวนการไม่ได้รับผลกระทบจากสิ่งรบกวนในเวลาที่กำหนด ส่วนผลการควบคุมแบบ FLC พบว่ากระบวนการเข้าสู่สมดุลที่ 69 เซลเซียส ณ เวลา 4.79 นาทีนับจากเริ่มเดินเครื่อง และกระบวนการได้รับผลกระทบโดยมีอุณหภูมิลดลงจนคงที่อยู่ที่ 61 เซลเซียส ระหว่างเวลา 7.39 – 26.2 นาทีนับจากเริ่มเดินเครื่องเมื่อทดลองกำหนดให้น้ำตาลทรายขาวเข้ามีการหยุดไหลในช่วงเวลาระหว่าง 7.19 – 21.50 นาทีหลังจากเริ่มเดินเครื่อง

ดังนั้นตัวแปรที่น่าจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของอุณหภูมิเครื่องทำแห้ง น่าจะเป็นอัตราการไหลของน้ำตาลทราย ซึ่งจากการจำลองผลการควบคุมพบว่าเห็นแนวโน้มเป็นไปตามที่คาด โดยในกรณีที่น้ำตาลทรายขาวเข้ามีอัตราการไหลเปลี่ยนแปลงไปมากกว่าเช่นกรณีที่ทางโรงงานหยุดการปล่อยน้ำตาลทรายเปียกเข้ามาในเครื่องทำแห้งระยะหนึ่ง ซึ่งในทางปฏิบัติมักเกิดขึ้นบ่อยๆ จากหลายๆสาเหตุ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างชัดเจนในเครื่องทำแห้งที่ควบคุมโดยฟัซซี่ลอจิกกล่าวคือ มีอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน แต่กลับไม่ก่อให้เกิดผลที่สำคัญต่อเครื่องทำแห้งที่ควบคุมด้วยเครื่องควบคุมแบบ PI

การลดลงของอุณหภูมิเครื่องทำแห้งเช่นนี้อาจทำให้น้ำตาลทรายมีความชื้นสูงกว่าที่ต้องการได้ แต่หากน้ำตาลทรายที่ค้างสะสมอยู่ในเครื่องมีปริมาณน้อย และน้ำตาลส่วนใหญ่ไหลออกไปอย่างรวดเร็ว การไม่เพิ่มความร้อนเข้าไปในกระบวนการระเหวานั้นจะทำให้ลดการใช้พลังงานในหน่วยการผลิตนี้ลงไปได้ส่วนหนึ่ง

เมื่ออัตราการไหลของน้ำตาลทรายขาออกเปลี่ยนแปลง

ในกรณีที่น้ำตาลทรายขาออกมีอัตราไหลเปลี่ยนแปลงไปนั้น กำหนดให้อัตราการไหลของน้ำตาลทรายขาออกมีค่าเป็นศูนย์ระหว่าง 4.49 – 29.8 นาทีหลังจากเริ่มเดินเครื่อง พบว่าเครื่องควบคุมทั้งสองสามารถรักษาระดับอุณหภูมิในเครื่องทำแห้งไว้ได้ค่อนข้างดี แต่เครื่องควบคุมแบบ FLC จะมีช่วงเวลาที่ได้รับผลกระทบจากสิ่งรบกวนน้อยกว่าเครื่องควบคุมแบบ PI โดยพบว่าผลการควบคุมด้วย PI นั้นกระบวนการเข้าสู่สมดุลที่ 69 เซลเซียส ณ เวลา 5.49 นาทีหลังจากเริ่มเดินเครื่อง และผลการควบคุมด้วย FLC พบว่ากระบวนการเข้าสู่สมดุลที่ 69 เซลเซียส ณ เวลา 4.79 นาทีหลังจากเริ่มเดินเครื่อง ซึ่งจะเห็นได้ว่า PI เข้าสู่สมดุลช้ากว่ากรณีที่เดินเครื่องที่สภาวะสมดุลที่ตัวแปรทุกตัวแปรคงที่ซึ่งกรณีนั้นจะได้ค่าเวลาสำหรับ PI ที่ 5.39 นาที จะเห็นได้ว่าช้ากว่าเล็กน้อย เนื่องจากกระบวนการต้องเสียความร้อนไปส่วนหนึ่งให้กับมวลที่ยังคงสะสมอยู่ในกระบวนการ

เมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศเปลี่ยนแปลง

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศจะไม่มีผลที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิในเครื่องทำแห้งที่ควบคุมโดยเครื่องควบคุมทั้งสองชนิดให้ต่ำลงได้มากนัก ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องแบบ PI จะคำนวณปริมาณความร้อนที่จะป้อนเข้าไปในเครื่องทำแห้งโดยพิจารณาผลต่างของค่าอุณหภูมิในขณะนั้นกับอุณหภูมิที่ set point เท่านั้น ส่วนระบบควบคุมแบบพีซีลอคอีกนั้นเนื่องจากว่าได้ตั้งกฎให้จ่ายความร้อนปริมาณสูงสุดในทุกกรณีที่พบว่าความชื้นน้ำตาลทรายขาออกที่ค่ามากกว่าที่ควรจะเป็นจึงมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ โดยผลจากการควบคุมด้วย PI พบว่ากระบวนการเข้าสู่สมดุลที่ 69 เซลเซียส ณ เวลา 5.39 นาทีหลังจากเริ่มเดินเครื่อง ไม่พบผลกระทบใดๆจากสิ่งรบกวนในช่วงเวลาที่กำหนด และผลการควบคุมด้วย FLC พบว่ากระบวนการเข้าสู่สมดุลที่ 69 เซลเซียส ณ เวลา 4.79 นาทีหลังจากเริ่มเดินเครื่อง ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้มีค่าเท่ากับในกรณีของการเดินเครื่องที่สภาวะสมดุลทุกประการ และไม่พบผลกระทบใดๆจากสิ่งรบกวนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนดเช่นกัน โดยในการนี้กำหนดให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนแปลงระหว่างช่วงเวลา 9.6 – 24.3 นาทีหลังจากเริ่มเดินเครื่อง

จากผลการวิจัยทั้งหมดในการทดลองตอนที่ 2 สามารถสรุปได้ว่าเครื่องควบคุมแบบพีชซีลอจิกมีขีดความสามารถเพียงพอในการนำมาใช้จริงกับกระบวนการทำแห้งน้ำตาลทรายโดยมีความไวต่อการควบคุม และความทนทานต่อตัวแปรรบกวนใกล้เคียงกับของเครื่องควบคุมแบบ PI ทั้งนี้ประสิทธิภาพขึ้นกับแนวทางที่ผู้ออกแบบเครื่องควบคุมแบบ FLC ได้ออกแบบชุดของกฎการควบคุมและการกำหนดค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกให้กับตัวแปรต่างๆด้วย และจากการจำลองผลการควบคุมแสดงให้เห็นว่าในกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนเช่นนี้การนำเครื่องควบคุมขั้นสูงขึ้นไป ทั้งชนิดที่อิงกับการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์คล้ายกับ PI และแบบที่อาศัยฐานความรู้คล้ายกับ FLC ขึ้นพื้นฐาน มาควบคุม เป็นสิ่งที่ไม่จำเป็น เนื่องจากระบบควบคุมขั้นพื้นฐานที่ไม่ซับซ้อนเช่น PI หรือ FLC ชนิดธรรมดาให้ผลการควบคุมที่ดีเพียงพอแก่ความต้องการแล้ว