

บทที่ 1

บทนำ



1.1 คำนำ

เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมเคมีที่ทำการผลิตกาวอุตสาหกรรมเลเท็กซ์ (Latex) หรือสารผลิตภัณฑ์ประเภทใช้เคลือบ (Coating) ซึ่งกระบวนการที่นิยมใช้ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการการเกิดพอลิเมอร์แบบแขวนลอยและ/หรือแบบอิมัลชันในเครื่องปฏิกรณ์แบบเชมิแบตช์ - ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความไม่เป็นเชิงเส้นสูง และมีพฤติกรรมที่คุณสมบัติของสารภายในเครื่องปฏิกรณ์แปรผันตามเวลาตลอดคาบของการดำเนินการผลิต ทำให้มีผลการเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมตามคุณสมบัติของสารด้วย นอกจากนี้บ่อยครั้งที่มีการดำเนินการผลิตติดต่อกันหลายๆ เบตช์ โดยไม่ได้ทำความสะอาดก่อนทำการผลิตเบตช์ต่อไป ทำให้ค่าฟาล์ว (fouling) ที่ผนังของเครื่องปฏิกรณ์เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลของการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมยกตัวอย่างเช่น อุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิของน้ำคูลลิ่ง (เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจากฤดูหนาวไปเป็นฤดูร้อน) และยังมีผลของการที่นำเครื่องปฏิกรณ์แบบเชมิแบตช์นี้ไปดำเนินการผลิตพอลิเมอร์หลายเกรดหรือหลายชนิด ดังนั้นการเลือกแบบการควบคุมจึงมีความจำเป็น

ซึ่งในปัจจุบัน โรงงานเหล่านี้ได้นำเทคนิคการควบคุมมาใช้กันอย่างแพร่หลาย การเลือกใช้ตัวควบคุมเพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตจึงเป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในปัจจุบันตัวควบคุมที่ต้องอาศัยแบบจำลองของกระบวนการที่มีสมรรถนะดีอีกวิธีหนึ่งคือ เจเนริกโมเดลคอนโทรล (Generic Model Control) หรือตัวควบคุมแบบจีเอ็มซี (GMC-Controller) ซึ่งการพัฒนาสูตรตัวควบคุมแบบจีเอ็มซีนี้สามารถใช้แบบจำลองพลวัตที่มีความไม่เป็นเชิงเส้นได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านการทำให้เป็นเชิงเส้น (Linearization) และการควบคุมแบบจีเอ็มซีนี้สามารถรับประกันเสถียรภาพ (Stability) ของระบบที่มีแบบจำลองพลวัตที่มีความไม่เป็นเชิงเส้นสูงๆ ได้ นอกจากนี้การใช้ตัวควบคุมจีเอ็มซีคู่กับการประเมินค่าเสตท และค่าพารามิเตอร์ (State and Parameter Estimation) จะยังสามารถรับประกันเสถียรภาพของระบบที่มีความไม่เป็นเชิงเส้นมากๆ หรือในกรณีที่มีความผิดพลาดในแพลนต์และ/หรือแบบจำลอง (Plant-Model Mismatch) ได้ดีอีกด้วย

การจูนตัวควบคุมจีเอ็มซีนั้นสามารถทำได้ง่าย เนื่องจากมีพารามิเตอร์เพียงแค่สองตัวเท่านั้นที่ต้องทำการปรับจูน (Two-Parameter Tuning) โดยสามารถเลือกผลการตอบสนอง (Response) ตามที่ต้องการได้

ในงานนี้จะทำการทดสอบสมรรถนะของตัวควบคุมจีเอ็มซีที่ใช้คู่กับการประเมินค่าความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาที่เวลาต่างๆ และกระบวนการที่ทำพายุก็คือ เครื่องปฏิกรณ์การเกิดพอลิเมอร์แบบเซมิแบทช์ที่เป็นปฏิกิริยาการคายความร้อนและมีการดำเนินการผลิตแบบอุณหภูมิคงที่ (Isothermal Operation) โดยจะทำการทดสอบสมรรถนะของตัวควบคุมจีเอ็มซีโดยจะเปรียบเทียบกับการควบคุมแบบพีไอดีที่มีใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรม โดยทำการจำลองในคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมแมทแล็บ (MATLAB Program) ซึ่งจะพิจารณาถึงกรณีที่มีความผิดพลาดในแพลนต์และ/หรือแบบจำลอง 3 กรณี ดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมเปลี่ยน
2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยน
3. อัตราการป้อนของสารตั้งต้นเปลี่ยน
4. กรณีที่ 1 และ 2 มีการเปลี่ยนแปลงพร้อมกัน

1.2 มวลเหตุแรงจูงใจการทำวิทยานิพนธ์

เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมเคมีที่ทำการผลิตกาวอุตสาหกรรมเลเท็กซ์ (Latex) หรือสารผลิตภัณฑ์ประเภทใช้เคลือบ (Coating) ซึ่งส่วนใหญ่การดำเนินการผลิตเป็นแบบเก่าไม่มีระบบควบคุมมาใช้แต่ปัจจุบันการแข่งขันทางด้านธุรกิจประเภทนี้มีสูง ดังนั้นการพัฒนาทางด้านความสม่ำเสมอของคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยตั้งอยู่บนความปลอดภัยของบุคลากรและสิ่งแวดล้อมจึงเป็นสิ่งสำคัญ เทคนิคการควบคุมวิธีแรกที่น่านำมาใช้กันส่วนใหญ่จะเป็นการควบคุมป้อนกลับแบบพีไอดี (PID Feedback Control) ปรากฏว่าสมรรถนะการใช้งานยังไม่ดีนัก ยกตัวอย่างเช่น เมื่อเราต้องการควบคุมอุณหภูมิของปฏิกิริยาคายความร้อนในเครื่องปฏิกรณ์โพลีเมอร์แบบเซมิแบทช์ซึ่งการดำเนินการเป็นแบบอุณหภูมิคงที่ที่ 70°C แต่การควบคุมป้อนกลับแบบพีไอดีสามารถควบคุมให้อยู่ในช่วง $68-72^{\circ}\text{C}$ ได้ หรือปฏิกิริยาการเกิดผลิตภัณฑ์บางตัวที่มีการป้อนสารตั้งต้นมาก ๆ ในคาบของการป้อนสั้น ๆ จะเกิดการ โอเวอร์ชูต (Overshooting) ของอุณหภูมิซึ่งอาจเกิดจาก

1.) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนที่มีความร้อนออกมาอย่างต่อเนื่อง

2.) คุณสมบัติทางกายภาพของส่วนผสมของปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงตลอดคาบของการดำเนินการ เช่น ความหนืด, ความหนาแน่น ซึ่งมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมและค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

การเกิดการ โอเวอร์ชูตของอุณหภูมิจึงมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้ต้องทำการหยุดป้อนสารตั้งต้นชั่วคราว หรือทำการป้อนสารตั้งต้นให้น้อยลงทำให้คาบที่ต้องทำการป้อนมากขึ้น ทำให้มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แล้วยังมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการผลิตสารผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งแบทช์มีค่ามากขึ้นด้วย

ดังนั้นจึงมีความตั้งใจที่จะหาตัวควบคุมวิธีอื่นที่มีสมรรถนะดีกว่าการควบคุมป้อนกลับแบบพีไอดีมาใช้แทน ตัวควบคุมตัวหนึ่งที่พิจารณาจะนำมาใช้คือ เจเนริกโมเดลคอนโทรล (Generic Model Control) หรือการควบคุมแบบจีเอ็มซี (GMC-Controller) ซึ่งเป็นการควบคุมที่ใช้โมเดลที่ง่ายแก่การเข้าใจ โดยสามารถแทรกแบบจำลองของกระบวนการที่ไม่เป็นเชิงเส้นนี้ให้อยู่ในจีเอ็มซีอัลกอริทึมได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านการทำให้เป็นเชิงเส้นก่อน ทำให้จีเอ็มซีอัลกอริทึมไม่เป็นเชิงเส้นด้วย ดังนั้นการจูนตัวควบคุมจีเอ็มซีจึงสามารถทำได้เพียงครั้งเดียวได้ถึงแม้ว่ามีสถานะของกระบวนการจะเปลี่ยนตรงใดที่เซ็ทพอยท์ของระบบไม่เปลี่ยน และถ้าการประมาณค่าเสถียร และ

พารามิเตอร์มีความถูกต้องหรือมีความสามารถในการทำงานได้ สิ่งที่ต้องการควบคุมแบบจีเอ็มซีต้องการคือ

1.) ต้องการวัดค่าของตัวแปรควบคุม

2.) ต้องการแบบจำลองของกระบวนการ

และ 3.) การประมาณค่าพารามิเตอร์ และตัวแปรตัวอื่นที่ไม่สามารถวัดค่าได้หรือมีความผิดพลาดจากการวัด

ดังนั้นสมรรถนะของการควบคุมแบบจีเอ็มซีจึงขึ้นกับความผิดพลาดจากการวัดและโครงสร้างของแบบจำลองของกระบวนการ ซึ่งต่างจากการควบคุมแบบอื่นที่มีสมรรถนะการควบคุมขึ้นกับค่าสัมบูรณ์ของความผิดพลาด

ในงานนี้จะนำการควบคุมแบบจีเอ็มซีมาควบคุมอุณหภูมิของปฏิกิริยาความร้อนในเครื่องปฏิกรณ์การเกิดพอลิเมอร์แบบเซมิแบทช์ โดยจะทำการเปรียบเทียบสมรรถนะกับการควบคุมป้อนกลับแบบพีไอดีที่มีใช้อยู่เดิม โดยทำการจำลองในคอมพิวเตอร์บนโปรแกรมแมทแลบ และมีความคาดหวังว่าจะสามารถที่จะนำงานนี้ไปประยุกต์ใช้กับเครื่องปฏิกรณ์ในอุตสาหกรรมการผลิตกาวแลเท็กซ์ได้ในอนาคตได้

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการออกแบบตัวควบคุมอุณหภูมิของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ที่มีการคายความร้อนในเครื่องปฏิกรณ์แบบเซมิแบทช์ โดยใช้เทคนิคการควบคุมแบบเจนเนริกโมเดล

2. เพื่อประเมินสมรรถนะของตัวควบคุมจีเอ็มซีที่ออกแบบได้ โดยให้มีความผิดพลาดของพารามิเตอร์ของเครื่องปฏิกรณ์พอลิเมอร์แบบเซมิแบทช์ เช่น สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม, อัตราการเกิดปฏิกิริยา, อัตราการป้อนสายป้อนสารตั้งต้น เป็นต้น โดยเปรียบเทียบกับตัวควบคุมป้อนกลับแบบพีไอดี

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถออกแบบตัวควบคุมจีเอ็มซีเพื่อใช้ควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์แบบเซมิแบทช์ได้

2. สามารถหาแบบจำลองในการประมาณค่าความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาได้

3. สามารถประเมินสมรรถนะของตัวควบคุมจีเอ็มซีที่ออกแบบขึ้นได้ โดยเปรียบเทียบกับตัวควบคุมป้อนกลับแบบพีไอดี

4. และมีความคาดหวังว่างานวิจัยนี้จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์กาวอุตสาหกรรมซึ่งใช้กระบวนการแบบเซมิแบทช์ได้

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1. นำจีเอ็มซีอัลกอริทึม มาจำลองการควบคุมอุณหภูมิของปฏิกิริยาคายความร้อนในเครื่องปฏิกรณ์พอลิเมอร์แบบเซมิแบทช์ โดยการจำลองบนโปรแกรมเมทแลบ
2. หาแบบจำลองที่เหมาะสมในการประมาณค่าความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์พอลิเมอร์แบบแบทช์ เพื่อนำมาใช้ร่วมกับตัวควบคุมจีเอ็มซี
3. ทำการทดสอบสมรรถนะของตัวควบคุมที่ออกแบบขึ้น โดยกำหนดให้มีความไม่แน่นอนในพารามิเตอร์ของเครื่องปฏิกรณ์พอลิเมอร์แบบเซมิแบทช์ ดังนี้
 - 3.1 เมื่ออัตราการป้อนสายป้อนของสารตั้งต้นเปลี่ยน
 - 3.2 เมื่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมเปลี่ยน
 - 3.3 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยน

1.6 ขั้นตอนการทำงานวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบควบคุมกระบวนการ โดยเฉพาะการควบคุมแบบเจเนริกโมเดล และศึกษากระบวนการผลิตในโรงงานที่มีการดำเนินการผลิตแบบเซมิแบทช์
2. ศึกษาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะโปรแกรมเมทแลบ
3. นำเทคนิคการควบคุมแบบเจเนริกโมเดลมาประยุกต์ใช้ควบคุมอุณหภูมิของปฏิกิริยาคายความร้อนในเครื่องปฏิกรณ์พอลิเมอร์แบบเซมิแบทช์ โดยทำการจำลองบนโปรแกรมเมทแลบ
4. หาแบบจำลองในการประมาณค่าความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยา และนำตัวประมาณค่าความร้อนนี้มาใช้ควบคู่กับตัวควบคุมจีเอ็มซี
5. ประเมินสมรรถนะของตัวควบคุมจีเอ็มซีที่ออกแบบขึ้น โดยการเปลี่ยนพารามิเตอร์ของเครื่องปฏิกรณ์พอลิเมอร์แบบเซมิแบทช์
6. จัดทำวิทยานิพนธ์เป็นรูปเล่ม
7. แก้ไขและปรับปรุงวิทยานิพนธ์