บทที่ 1

บทนำ

1.1 มูลเหตุจูงใจ

ระบบควบคุมโดยทั่วไปอาศัยผลต่างระหว่างค่าตัวแปรควบคุมที่ต้องการกับค่าที่วัดได้ ณ เวลาที่ผ่านมา ทำให้ระบบควบคุมทำการควบคุมหลังเกิดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการ ซึ่งในกรณีที่กระบวนที่มีการเปลี่ยนแปลงรุนแรง ระบบควบคุมจึงไม่สามารถควบคุมได้ทัน การนำระบบควบคุมที่อาศัยแบบจำลอง (Model Based Control) เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการ จึงเป็นที่มาของระบบควบคุมเจเนริกโมเดล (Generic Model Control – GMC) และระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟ (Model Predictive Control) ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ภายหลังจากใช้ระบบควบคุมเจเนริกโมเดลกับกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงอย่างกระบวนการของถังปฏิกรณ์เคมีแบบกะที่มีปฏิกิริยาคายความร้อนในงานวิจัยของ Cott และ Macchatto (1989), Kershenbaum และ Kittisupakorn (1994) ตามลำดับ ทำให้มั่นใจว่าระบบควบคุมที่อาศัยแบบจำลองสามารถควบคุมกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงได้ ในงานวิจัยนี้จึงได้นำระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟที่หาค่าตัวแปรปรับที่เหมาะสมล่วงหน้าหลายค่าโดยใช้เทคนิคการออพติไมเซชั่น (Optimization) ทดสอบกับกระบวนการถังปฏิกรณ์เคมีที่มีปฏิกิริยาคายความร้อนสูงและเปรียบเทียบประสิทธิ์ภาพกับระบบควบคุมเจเนริกโมเดลทั้งในการควบคุมปกติและควบคุมภายใต้ความผิดพลาดของค่าคงที่ในกระบวนการ

1.2 งานวิจัยที่ผ่านมา

การควบคุมกระบวนการทางเคมีระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟ (Model Predictive Control-MPC) เป็นระบบควบคุมที่หาตัวแปรปรับล่วงหน้าหลายค่าโดยใช้เทคนิคออพติไมเซชั่น พบในงานวิจัยของ Culter และ Remaker (1980) โดยอัลกอริธึมที่ใช้เรียกว่า ระบบควบคุมไดนามิกเมทริกซ์ (Dynamic Matrix Control – DMC) และในเอกสารการศึกษาที่ Bequette (1991) ได้รวบรวมระบบควบคุมไม่เชิงเส้นได้กล่าวถึงงานวิจัยของ Gracia (1984), Gutta และ Zafirious (1992) ที่ได้เสนอวิธีการนำการแก้ปัญหาในรูปแบบควอเดรติก (Quadratic) เพื่อใช้ในการออพติไมซ์ค่าตัวแปรปรับ เรียกว่าระบบควบคุมนี้ว่าระบบควบคุมควอเดรติกไดนามิกเมทริกซ์ (Quadratic Dynamic Matrix Control – QDMC) ต่อมา Lee และ Ricker (1994) ได้

ศึกษา อัลกอริธึมแบบไม่เชิงเส้นของระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟร่วมกับการประมาณค่าโดยใช้ตัวกรองคาลมาน (Kalman Filter) ตามเอกสารงานวิจัยของ Valliere และ Bonvin (1989), Macauley (1989) และ Liu (1991) ที่อยู่ในรูปสมการสเตท (State Equation) เพื่อให้ได้ค่าที่มีค่าใกล้เคียงค่าจริง

การประยุกต์ใช้ระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟในการควบคุมอุณหภูมิในถังปฏิกรณ์ที่มีปฏิกริยาเคมีที่มีปฏิกิริยาคายความร้อนสูงโดยใช้ระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟ ปรากฏในงานวิจัยของ Sistu and Bequtte (1992) ซึ่งพบว่าระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟสามารถป้องกันอุณหภูมิไม่ให้เกินค่าที่ตั้งไว้(Set Point)ได้ดีกว่าระบบควบคุม Globally Linearlized Control และในงาน Paulo et al. (1996) ระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟที่มีชื่อว่า ระบบควบคุมควอเดรติกไดนามิกเมทริกซ์ (Quadratic Dynamic Matrix Control – QDMC) ถูกใช้ควบคุมอุณหภูมิในถังปฏิกรณ์เคมีแบบต่อเนื่องชนิดถังกวน (Continuous Stirrer Tank Reactor – CSTR) และเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับระบบควบคุมพีไอ (Proportional Integral Control) ซึ่งเป็นระบบควบคุมที่ไม่อาศัยแบบจำลอง พบว่าระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟสามารถควบคุมอุณหภูมิของถังปฏิกริยาขณะที่เกิดสัญญาณรบกวนและเกิดความผิดพลาดของแบบจำลองในขณะที่ระบบควบคุมแบบพีไอไม่สามารถป้องกันได้ และในงานวิจัยของ Abel และ Marquardt (1998) ได้ศึกษาระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟสำหรับการควบคุมอุณหภูมิในถังกวนต่อเนื่องที่มีปฏิกริยาเคมีคายความร้อนที่ไม่สามารถควบคุมปฏิกิริยาภายในได้ ในกรณีทีสารในถังเจ็คเก็ตหยุดไหลและไม่คงที่พบว่าระบบควบคุมสามารถควบคุมอุณหภูมิและความดันของถังปฏิกรณ์ให้อยู่ในขอบเขตที่ปลอดภัยในการทำงานได้

ในการควบคุมถังปฏิกรณ์เคมีแบบกะที่มีปฏิกิริยาคายความร้อน Shinskey (1988) ได้เสนอแบ่งการควบคุมเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงให้ความร้อนเริ่มต้นเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้น และช่วงที่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี (Proportional Integral Derivative – PID) และต่อมา Cluett และผู้ร่วมงาน (1985) จึงมีการประยุกต์การใช้อัลกอริธึมแบบอแด็พทีฟ (Adaptive) แต่ระบบควบคุมทั้งสองไม่สามารถควบคุมกระบวนการขณะที่เกิดปฏิกิริยาอย่างรุนแรงได้ เนื่องจากอัลกอริธึมของระบบควบคุมไม่ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในถังปฏิกรณ์ ทำให้การไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ให้อยู่ในสภาวะที่ต้องการได้ และอาจรุนแรงถึงขั้นระเบิดได้

ในปี 1989 Cott และ Macchato (1989) ได้ประยุกต์ระบบควบคุมที่อาศัยแบบจำลองที่เรียกว่าระบบควบคุมเจเนริกโมเดล (Generic Model Control – GMC) ของ Lee และ Sullivan (1988) และใช้ระบบประมาณค่าแบบเอ็กซโปเนนเชี่ยล (exponential estimation) ของ Jutan และ Uppal (1984) เพื่อประมาณค่าความร้อนที่เกิดในถังปฏิกรณ์ให้กับระบบควบคุม

เจเนริก จากงานวิจัยดังกล่าวพบว่าระบบควบคุมที่อาศัยแบบจำลองสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ขณะที่เกิดปฏิกิริยารุนแรงและยังสามารถควบคุมอุณหภูมิภายใต้ความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มวลของสาร และอัตราการเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการได้

ในงานวิจัยนี้ จะใช้ถังปฏิกรณ์เคมีแบบกะในการทดสอบระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟที่ใช้เทคนิค Lagrace Multiplier ช่วยในการแก้สมการควอแดรดิกของ Ogata (1995) และใช้ตัวกรองคาลมานช่วยในการประมาณค่าความร้อนที่เกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ตามวิธีที่ Astrom และ Wintenmak (1990) เสนอไว้เพื่อใช้ควบคุมอุณหภูมิของถังปฏิกรณ์เคมีแบบกะที่มีปฏิกิริยาคายความร้อน โดยเปรียบเทียบความสามารถกับระบบควบคุมเจเนริกโมเดล และทำการทดสอบระบบควบคุมภายใต้สภาวะที่เกิดความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มวลของสาร อัตราการเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการ และค่าความร้อนของปฏิกิริยา

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 สร้างระบบควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ (Model Predictive Control - MPC) บนโปรแกรมสำเร็จรูป MATLAB เพื่อควบคุมอุณหภูมิของถังปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการเคมีแบบกะที่มีปฏิกิริยาคายความร้อน

1.3.2 ทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิของถังปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการเคมีแบบกะที่มีปฏิกิริยาคายความร้อน

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 สร้างระบบควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ (Model Predictive Control - MPC) บนโปรแกรมสำเร็จรูป MATLAB เพื่อควบคุมอุณหภูมิของถังปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการเคมีแบบกะที่มีปฏิกิริยาคายความร้อน

1.4.2 สร้างตัวกรองคาลมานเพื่อใช้ในการประมาณค่าตัวแปรที่ไม่สามารถวัดได้ในกระบวนการ บนโปรแกรม MATLAB

1.4.3 ทดสอบระบบการควบคุมแบบพรีดิกทีฟโดยการเขียนโปรแกรมบน MATLAB สำหรับถังปฏิกิริยาที่มีปฏิกิริยาคายความร้อนเพื่อกำจัดความผิดพลาดในแบบของกระบวนการ (plant mismatch)

1.5 เนื้อหาวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหา 6 บทที่แยกตามการจำลองในแต่ส่วนในการทดสอบระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟ เพื่อให้สะดวกในการทำความเข้าใจทฤษฎีและหน้าที่ของแต่ละส่วนได้ชัดเจน ดังนี้คือ ในบทที่ 2 จะกล่าวถึง ทฤษฎีของระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟที่ใช้แบบจำลองของกระบวนการและเทคนิคออพติไมเซชั่นในการควบคุมถังปฏิกรณ์เคมีแบบกะที่มีปฏิกิริยาคายความร้อนสำหรับการจำลองการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้การควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟ ในบทที่ 3 จะกล่าวถึงการจำลองกระบวนการจริงจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ความถี่สูงซึ่งใช้แทนกระบวนการจริงบนโปรแกรมสำเร็จรูป MATLAB และในบทที่ 4 จะกล่าวถึงการจำลองการประมาณค่าความร้อนเกิดในถังปฏิกิริยาด้วยตัวกรองคาลมานบนโปรแกรมสำเร็จรูป MATLAB ซึ่งภายหลังจากการทดสอบระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟจะนำผลการทดสอบเปรียบเทียบกับระบบควบคุมเจเนริกโมเดลในบทที่ 5 จากนั้นจะทำการสรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะในบทที่ 6 และภาคผนวกในท้ายของวิทยานิพนธ์จะเป็นการรวบรวมวิธีพิสูจน์ทฤษฎีต่าง ๆ และการเขียนโปรแกรมบน MATLAB

ต้นฉบับ หน้าขาดหาย