

บทที่ 6



บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ตัวควบคุมจีเอ็มซี (Generic Model Control, GMC) เป็นตัวควบคุมที่อาศัยแบบจำลองที่ง่าย ไม่ซับซ้อนและสามารถประยุกต์ใช้กับกระบวนการที่เป็นเชิงเส้นหรือไม่เป็นเชิงเส้นต่างๆ ได้ แต่ไม่สามารถใช้กับระบบที่มีค่าระดับสัมพัทธ์มากกว่าหนึ่งได้ ด้วยเหตุนี้จึงนับว่าเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งของตัวควบคุมชนิดนี้ อย่างไรก็ตามข้อจำกัดดังกล่าวสามารถแก้ไขได้เมื่อกำหนดใช้ตัวแปรควบคุมภายในเพิ่มขึ้นมาเทคนิคดังกล่าวจึงเป็นเทคนิคที่ทำให้ตัวควบคุมจีเอ็มซีสามารถควบคุมระบบที่มีค่าระดับสัมพัทธ์มากกว่าหนึ่งได้ ซึ่งการควบคุมได้เพียงอย่างเดียวนั้นยังไม่เพียงพอต่อการนำตัวควบคุมไปประยุกต์ใช้งานจริงแต่ตัวควบคุมจำเป็นต้องมีสมรรถนะและความทนทานที่ดีด้วย โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาว่าตัวควบคุมจีเอ็มซีที่มีการใช้ตัวแปรควบคุมภายในนั้นมีสมรรถนะและความทนทานเป็นเช่นไรเมื่อเทียบกับตัวควบคุมจีแอลซี (Globally Linearizing Control, GLC) ซึ่งมีลักษณะทางโครงสร้างเหมือนกับตัวควบคุมจีเอ็มซีในกรณีที่ใช้กับระบบที่มีค่าระดับสัมพัทธ์หนึ่ง นอกจากนี้ยังได้นำตัวควบคุมพีไอและตัวควบคุมพีไอร่วมกับจีเอ็มซีโดยใช้ตัวแปรควบคุมภายในมาร่วมทดสอบด้วย

6.1 สรุปผล

จากการจำลองผลการควบคุมความเข้มข้นของสารในเครื่องปฏิกรณ์ดังกล่าวต่อเนื่องที่มีปฏิกิริยาคายความร้อนอันดับหนึ่งในทั้งสองกรณีคือกรณีที่มียุทธศาสตร์แบบผันกลับไม่ได้และกรณีที่ปฏิกิริยาเป็นแบบผันกลับได้นั้นพบว่า

- ในการนำตัวควบคุมจีเอ็มซี, จีแอลซี, พีไอร่วมกับจีเอ็มซีและพีไอมาควบคุมความเข้มข้นกรณีที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองกับกระบวนการจริงนั้น จีเอ็มซีจะให้ผลการควบคุมได้ดีที่สุด รองมาคือจีแอลซี, พีไอร่วมกับจีเอ็มซี และตัวควบคุมพีไอให้ผลการควบคุมที่แย่ที่สุด

ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าการควบคุมระบบที่มีค่าระดับสัมพัทธ์สองในกรณีนี้เมื่อใช้ตัวแปรควบคุมภายในเป็นตัวกำหนดสถานะให้กับตัวแปรควบคุมให้ผลดีกว่าการควบคุมตัวแปรควบคุมด้วยตัวแปรปรับโดยตรง และเป็นการย้ำให้เห็นว่าตัวควบคุมที่อาศัยแบบจำลองไม่เชิงเส้นให้ผลการควบคุมได้ดีกว่าตัวควบคุมเชิงเส้นแบบพีไอ ดังจะเห็นได้จากการที่จีแอลซีมีสมรรถนะในการควบคุมความเข้มข้นที่ต่ำกว่าการใช้จีเอ็มซีในทั้งสองรูปการควบคุมเพื่อควบคุมตัวแปรควบคุมและตัวแปรควบคุมภายใน แต่จีแอลซีมีสมรรถนะในการควบคุมความเข้มข้นที่ดีกว่าการควบคุมตัวแปรควบคุมภายในที่เปลี่ยนมาใช้ตัวควบคุมพีไอในรูปนอกของการควบคุมแทน

- ในการนำตัวควบคุมจีเอ็มซี, จีแอลซี, พีไอร่วมกับจีเอ็มซีและพีไอมาควบคุมความเข้มข้นกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองกับกระบวนการจริงนั้น พบว่าตัวควบคุมจีแอลซีให้ผลการควบคุมได้ดีที่สุด รองมาคือตัวควบคุมพีไอร่วมกับจีเอ็มซี ส่วนในกรณีที่ตัวควบคุมพีไอสามารถทำการควบคุมได้นั้นก็จะให้ผลการควบคุมที่ดีกว่าจีเอ็มซี ในส่วนของจีแอลซีนั้นถึงแม้ว่าในบางกรณีจะไม่สามารถทำให้ตัวแปรควบคุมเข้าสู่ค่าที่ต้องการได้ แต่ก็สามารถทำให้ตัวแปรควบคุมเข้าสู่ค่าที่สถานะคงตัวได้อย่างรวดเร็วและมีออฟเซตเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ในขณะที่จีเอ็มซีจะมีสมรรถนะในการควบคุมที่ลดลงไปมากเมื่อเทียบกับตอนที่มีความสมบูรณ์ของแบบจำลอง
- การชดเชยความคลาดเคลื่อนของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองกับกระบวนการจริงและการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองสามารถทำให้สมรรถนะในการควบคุมของตัวควบคุมที่อาศัยแบบจำลองดีขึ้น โดยใช้อาร์จีเอ็มซี (Robust Generic Model Control, RGMC) และตัวกรองกาลมานในกรณีของจีเอ็มซี และใช้ตัวกรองกาลมานในส่วนของจีแอลซี ซึ่งทุกวิธีการที่ได้กล่าวถึงนั้นให้ผลการควบคุมที่ดีกว่าตัวควบคุมจีเอ็มซี, จีแอลซี, พีไอร่วมกับจีเอ็มซี และพีไอ เป็นการแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมที่อาศัยแบบจำลองนั้นถึงแม้จะให้สมรรถนะในการควบคุมที่ดีในกรณีที่มีความสมบูรณ์ของแบบจำลองก็ตาม แต่ในสภาวะการใช้งานจริงที่ต้องประสบกับความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบจำลองที่ใช้กับกระบวนการที่แท้จริงนั้นจะทำให้ผลการควบคุมไม่ดี จำเป็นต้องมีวิธีการในการลดผลกระทบดังกล่าวที่มีต่อตัวควบคุมเพื่อเป็นการรับประกันได้ว่าตัวควบคุมที่ใช้ยังให้สมรรถนะที่ดีอยู่แม้ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนดังกล่าว
- อาร์จีเอ็มซีคือจีเอ็มซีที่เพิ่มการชดเชยความคลาดเคลื่อนของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองกับกระบวนการจริงไว้ในโครงสร้างการควบคุมที่ง่ายไม่ซับซ้อน และในงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นแล้วว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบที่มีค่าระดับสัมพัทธ์สองได้ โดยอาร์จีเอ็มซี

สามารถนำไปใช้ได้ง่ายกว่าการใช้ตัวควบคุมร่วมกับตัวประมาณค่าอย่างตัวกรองคาลมาน เนื่องจากตัวกรองคาลมานจำเป็นต้องปรับจูนค่าพารามิเตอร์ก่อน

- จีเอ็มซีและจีแอลที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ของตัวกรองคาลมานชุดเดียวกันเมื่อนำมาควบคุมความเข้มข้นในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองกับกระบวนการจริงในกรณีเดียวกันนั้น พบว่าจีเอ็มซีให้ผลการควบคุมที่ดีกว่า ดังนั้นจีเอ็มซีจึงเหมาะในการประยุกต์ใช้ในการควบคุมจริงร่วมกับตัวกรองคาลมานได้ดีกว่าจีแอลซี

การใช้ตัวแปรควบคุมภายในเป็นตัวกำหนดสถานะให้ตัวแปรควบคุมเข้าสู่ค่าเป้าหมายที่ต้องการได้นั้น ทำให้สามารถใช้ตัวควบคุมสำหรับระบบที่มีค่าระดับสัมพัทธ์หนึ่งอย่างจีเอ็มซีมาควบคุมระบบที่มีค่าระดับสัมพัทธ์มากกว่าหนึ่งได้ โดยในกรณีของการควบคุมความเข้มข้นของสารในเครื่องปฏิกรณ์ดังกล่าวต่อเนื่องที่มีปฏิกิริยาแบบคายความร้อนอันดับหนึ่งซึ่งเป็นระบบที่มีค่าระดับสัมพัทธ์เป็นสองนั้น การใช้จีเอ็มซีในลักษณะดังกล่าวจะให้ผลการควบคุมที่ดีกว่าตัวควบคุมจีแอลซีในกรณีที่มีความสมบูรณ์ของแบบจำลอง ส่วนในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองกับกระบวนการจริงนั้น จีเอ็มซีที่มีการควบคุมตัวแปรควบคุมภายในก็ให้ผลการควบคุมที่ดีกว่าจีแอลซีเมื่อต่างก็ใช้ร่วมกับตัวกรองคาลมาน นอกจากสมรรถนะที่ดีกว่าแล้วจีเอ็มซียังมีลักษณะในการคำนวณค่าการควบคุมที่ง่ายกว่าจีแอลซีด้วยเมื่อใช้กับระบบที่มีค่าระดับสัมพัทธ์มากกว่าหนึ่ง จีเอ็มซีจึงเป็นตัวควบคุมที่น่าสนใจอีกชนิดหนึ่งในการนำไปใช้กับระบบที่มีค่าระดับสัมพัทธ์มากกว่าหนึ่ง

6.2 ข้อเสนอแนะ

- การควบคุมความเข้มข้นของสารภายในเครื่องปฏิกรณ์ดังกล่าวต่อเนื่องที่มีปฏิกิริยาแบบคายความร้อนอันดับหนึ่งนี้เป็นเพียงกรณีหนึ่งของระบบที่มีค่าระดับสัมพัทธ์มากกว่าหนึ่งเท่านั้น การประยุกต์ใช้ตัวควบคุมจีเอ็มซีกับระบบอื่นที่มีค่าระดับสัมพัทธ์มากกว่าหนึ่งจึงนับว่าเป็นงานที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง
- การคำนวณค่าเป้าหมายให้กับตัวแปรควบคุมภายในในรูปนอกของการควบคุมโดยใช้จีเอ็มซีนั้น อาจทำให้เกิดปัญหาไม่สามารถคำนวณออกมาโดยตรงได้ เช่นในกรณีของการควบคุมความเข้มข้นของสารในเครื่องปฏิกรณ์ดังกล่าวต่อเนื่องที่มีปฏิกิริยาแบบคายความร้อนอันดับ

หนึ่งที่ผันกลับได้ จำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลข(Numerical Methods) มาแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับการหารากของสมการซึ่งอาจทำให้เสียเวลาในการคำนวณไป ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบการใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในการแก้ปัญหาดังกล่าวซึ่งก็ให้ผลการควบคุมเป็นที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในการคำนวณค่าเป้าหมายของตัวแปรควบคุมภายในได้ก็ขอยกตัวอย่างระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพื่อใช้ในการคำนวณไว้ในภาคผนวก ข.