บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

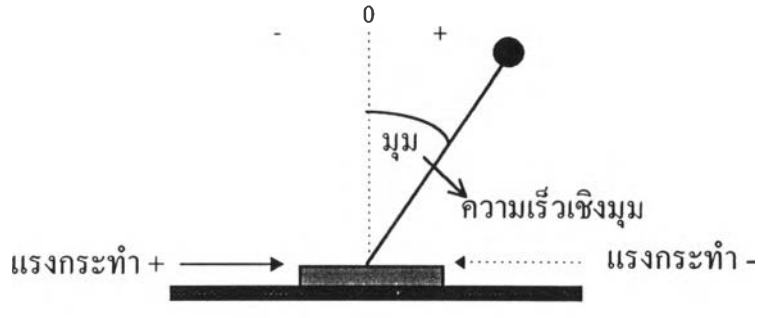
วิศวกรรมควบคุมกระบวนการเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างมากสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตแทบทุกชนิดในปัจจุบัน ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องจากการแข่งขันทางเศรษฐกิจเพื่อที่จะสามารถทำการผลิตได้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตให้ได้มากที่สุด เทคโนโลยีควบการคุมกระบวนการมีบทบาทอย่างมากมายที่จะทำให้วัตถุประสงค์ดังกล่าวเป็นจริง ตัวควบคุมกระบวนการ (Process controller) คือหัวใจสำคัญของระบบควบคุมที่จะช่วยให้ระบบนั้นๆสามารถทำงานได้ดีตรงตามเป้าหมาย การเลือกตัวควบคุมและการปรับจูนที่เหมาะสมสำหรับแต่ละกระบวนการจึงเป็นสิ่งสำคัญที่วิศวกรผู้ออกแบบระบบควบคุมจะต้องพิจารณาเพื่อที่จะสามารถทำให้กระบวนการหรือหน่วยการผลิตนั้นๆ ทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

ที่ผ่านมาการควบคุมกระบวนการแบบต่อเนื่องโดยทั่วไปมักจะใช้ตัวควบคุมแบบเชิงเส้น (Linear controller) ชนิดพีไอดี (PID) เนื่องจากตัวควบคุมแบบนี้มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนและง่ายต่อการปรับจูน ดังนั้นจึงเหมาะสมกับการควบคุมกระบวนการที่มีคุณลักษณ์คงที่ไม่

เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงไม่มาก แต่สำหรับกระบวนการที่มีคุณลักษณ์ไม่คงที่หรือมีความไม่เชิงเส้นค่อนข้างมาก การควบคุมแบบพีไอดีจะไม่ให้ผลที่น่าพอใจ

ฟัซซีลอจิก (Fuzzy logic) เป็นวิธีการที่ค่อนข้างใหม่ของการควบคุมกระบวนการ โดยแนวความคิดของการควบคุมด้วยวิธีนี้ เป็นการเลียนแบบการควบคุมของมนุษย์ที่จะมีลักษณะของการใช้ความรู้ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของกฎที่สร้างจากประสบการณ์ของผู้ควบคุมในการตัดสินใจต่อสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น

พิจารณาตัวอย่างการควบคุมระบบเพนดูลัมในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ระบบเพนดูลัม

รูปที่ 1.1 เป็นตัวอย่างของการนำฟัซซีลอจิกมาใช้ควบคุมระบบเพนดูลัม ระบบประกอบด้วยแกนของเพนดูลัมโดยมีน้ำหนักถ่วงที่ปลาย อีกด้านหนึ่งยึดไว้กับฐาน การควบคุมจะพยายามให้แกนของเพนดูลัมอยู่ในแนวตั้งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยถ้าแกนของเพนดูลัมเอียงไปทางด้านใดด้านหนึ่ง ฐานก็จะเลื่อนไปในทางเดียวกัน ตัวควบคุมฟัซซีจะทำหน้าที่ตรวจสอบความเร็วเชิงมุม และมุมของเพนดูลัม และให้เอาท์พุทออกมาควบคุมโดยจะเป็นแรงที่กระทำกับฐานของเพนดูลัม

การควบคุมแบบฟัซซีลอจิกจะแสดงได้ในรูปแบบของกฎการควบคุมดังตัวอย่าง

กฎที่ 1 ถ้า (มุม เป็น บวกมาก) และ (ความเร็วเชิงมุม เป็น ศูนย์)

ดังนั้น (แรง เป็น บวกมาก)

กฎที่ 2 ถ้า (มุม เป็น บวกเล็กน้อย) และ (ความเร็วเชิงมุม เป็น ศูนย์)

ดังนั้น (แรง เป็น บวกเล็กน้อย)

กฎที่ 3 ถ้า (มุม เป็น บวกเล็กน้อย) และ (ความเร็วเชิงมุม เป็น บวกเล็กน้อย)

ดังนั้น (แรง เป็น บวกปานกลาง)

กฎที่ 4 ถ้า (มุม เป็น ศูนย์) และ (ความเร็วเชิงมุม เป็น ศูนย์)

ดังนั้น (แรง เป็น ศูนย์)

กฎที่ 5 ถ้า (มุม เป็น ลบมาก) และ (ความเร็วเชิงมุม เป็น ศูนย์)

ดังนั้น (แรง เป็น ลบมาก)

กฎที่ 6 ถ้า (มุม เป็น ลบเล็กน้อย) และ (ความเร็วเชิงมุม เป็น ศูนย์)

ดังนั้น (แรง เป็น ลบเล็กน้อย)

กฎที่ 7 ถ้า (มุม เป็น ลบเล็กน้อย) และ (ความเร็วเชิงมุม เป็น ลบเล็กน้อย)

ดังนั้น (แรง เป็น ลบปานกลาง)

กฎที่ 8 . . . .

ด้วยวิธีการของฟัซซีลอจิกนี้จะเห็นได้ว่า การควบคุมทำได้โดยไม่จำเป็นต้องทราบรูปแบบสมการคณิตศาสตร์ของกระบวนการที่ถูกควบคุม (เพนดูลัม) การควบคุมจะทำโดยกฎที่ได้สร้างขึ้นจากความรู้ความเข้าใจในการควบคุมกระบวนการที่จะควบคุมเท่านั้น

ข้อดีของการควบคุมแบบฟัซซีลอจิกเมื่อเทียบกับการควบคุมกระบวนการโดยใช้ตัวควบคุมแบบตั้งเดิมจะสรุปได้ดังนี้

ก. การควบคุมสามารถทำได้โดยที่ไม่จำเป็นต้องทราบสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แน่ชัดของกระบวนการที่ถูกควบคุม

ข. โครงสร้างของการควบคุมที่ง่ายต่อการเข้าใจ เนื่องจากการใช้ตัวแปรทางภาษา (Linguistic variable) ในการสร้างกฎของการควบคุมเพื่ออธิบายพฤติกรรมของตัวควบคุม

ค. สามารถแก้ไขปัญหาของการควบคุมกระบวนการที่ไม่สามารถแก้ไขได้โดยการควบคุมแบบธรรมดา

ง. การควบคุมมีความทนทาน (Robustness) ต่อสิ่งรบกวนในกระบวนการ

ด้วยข้อดีของระบบควบคุมกระบวนการแบบฟัซซีลอจิกนี้ ในปัจจุบันได้มีการนำไปใช้แทนการควบคุมแบบธรรมดาในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น เครื่องซักผ้าที่สามารถปรับเวลาของการซักโดยอัตโนมัติตามชนิดและปริมาณของผ้า เครื่องปรับอากาศที่ใช้การควบคุมของฟัซซีลอจิกซึ่งสามารถรักษาอุณหภูมิภายในห้องได้อย่างสม่ำเสมอ กล้องถ่ายวิดีโอที่สามารถปรับโฟกัสได้โดยอัตโนมัติและสามารถแยกแยะการสั่นของภาพได้ว่าเกิดจากสาเหตุของมือผู้ถือกล้องเอง หรือเกิดจากการเคลื่อนไหวของวัตถุ หรือใช้ในการควบคุมการทำงานของรถไฟใต้ดินซึ่ง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำตามเวลาเดินรถ การหยุดที่นุ่มนวล การเคลื่อนไหวที่ปลอดภัยและสะดวกสบายต่อผู้โดยสาร

จะเห็นได้ว่าระบบควบคุมแบบฟัซซีลอจิก สามารถเอื้ออำนวยประโยชน์ให้กับมนุษย์ได้เป็นอย่างมาก ดังนั้นการพัฒนาปรับปรุงหรือคิดค้นแนวทางใหม่ๆ เพื่อที่จะพัฒนาตัวควบคุมจึงมีขึ้นอย่างมากมาย ในรายละเอียดของงานวิจัยนี้จะได้เสนอถึงอีกแนวทางของการพัฒนาตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิก เพื่อที่จะใช้ได้กับกระบวนการทางวิศวกรรมเคมีที่มีความยุ่งยากซับซ้อนในการพัฒนาสมการคณิตศาสตร์ของกระบวนการ โดยที่จะอาศัยเพียงความรู้ความเข้าใจในกระบวนการของวิศวกรผู้ออกแบบเพื่อใช้สร้างกฎการควบคุมเท่านั้น และด้วยวิธีนี้จะทำให้ตัวควบคุมที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ได้กับการควบคุมกระบวนการทางเคมีต่างๆ ที่ซับซ้อน หรือมีคุณลักษณ์แบบไม่เป็นเชิงเส้นได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์

ก. เพื่อศึกษาถึงวิธีการควบคุมกระบวนการโดยใช้หลักการของฟัซซีลอจิก

ข. เพื่อพัฒนาโปรแกรมตัวควบคุมกระบวนการที่ใช้หลักการของฟัซซีลอจิกและนำไปใช้ในการควบคุมระดับน้ำในถังทรงกลม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ก. ออกแบบและสร้างกระบวนการเพื่อใช้ในการทดลอง โดยที่กระบวนการคือถังทรงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร และทำการทดลองตัวควบคุมฟัซซีเพื่อประเมินสมรรถนะเทียบกับตัวควบคุมพีไอดี (PID controller) และพีไอดีแบบกำหนดเกนต่างๆ กัน (Gain scheduling PID controller) โดยที่ตัวควบคุมทั้งหมดรันอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านอุปกรณ์แปลงสัญญาณอะนาล็อก/ดิจิตัล ดิจิตัล/อะนาล็อก โดยมีวัตถุประสงค์คือ ทำการควบคุมระดับของน้ำให้อยู่ในระดับที่ต้องการ

ข. เขียนโปรแกรมตัวควบคุมกระบวนการแบบฟัซซีลอจิโดยมีการแสดงผลแบบกราฟฟิคทำงานบนดอสในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1) ค้นคว้าและศึกษาเอกสารผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในช่วงเวลาที่ผ่านมา

2) จัดสร้างชุดทดลองที่ใช้สาธิตการควบคุมระดับน้ำในถังทรงกลมที่ใช้ในงานวิจัย

3) ศึกษาวิธีการเก็บและส่งผ่านข้อมูลระหว่างชุดทดลองกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้อินเตอร์เฟซการ์ด และอุปกรณ์แปลงสัญญาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

4) พัฒนาโปรแกรมตัวควบคุมพีไอดี พีไอดีแบบกำหนดเกนต่างๆ กัน เพื่อใช้ทดสอบเปรียบเทียบการทำงานกับตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

5) ปรับจูนตัวควบคุมที่สร้างขึ้นให้ได้ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่เหมาะสมที่สุด แล้วทำการทดสอบกับชุดทดลองโดยการทดสอบแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

ก. กลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงสเต็พของค่าเป้าหมาย คือระดับของของเหลวในย่านปฏิบัติการปกติ

ข. กลุ่มที่มีการรบกวนเข้าสู่ระบบ คือการไหลของของเหลวซึ่งไม่ใช่ตัวแปรปรับเข้าสู่ระบบย่านปฏิบัติการปกติ

ค. กลุ่มที่มีการเปลี่ยนย่านปฏิบัติการของการควบคุม คือการเปลี่ยนค่าเป้าหมายไปสู่ระดับที่มีเกนกระบวนการสูงทั้งสองย่าน และกรณีมีความผิดพลาดของการปรับจูนตัวควบคุมฟัซซี

6) เปรียบเทียบสมรรถนะของตัวควบคุมที่สร้างขึ้นทั้งหมด

7) วิเคราะห์ สรุป และวิจารณ์ผลการทดสอบ

1.5 เนื้อหาวิทยานิพนธ์

เนื้อหาในบทที่ 2 จะกล่าวถึงการประยุกต์ใช้งานของฟัซซีลอจิกสำหรับระบบควบคุมในอุตสาหกรรม และผลงานวิจัยที่มีการนำฟัซซีลอจิกมาใช้สร้างตัวควบคุมในทางวิศวกรรมเคมี เช่นการนำไปใช้ในระบบการควบคุมการทำงานของหอกลั่น เครื่องปฏิกรณ์เคมี เตาเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบ็ด (Fluidized-bed combustor) กระบวนการบำบัดน้ำเสีย การควบคุมระดับของเหลวในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ การควบคุมระดับพีเอช (pH control) ใช้ในระบบการควบ

คุมความดันและระดับของเหลวพร้อมกันในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ และแนวทางในการพัฒนาตัวควบคุมฟัซซีของงานวิจัยนี้

ในบทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีของฟัซซีเซ็ต (Fuzzy set theory) โดยเบื้องต้นซึ่งใช้เป็นพื้นฐานของทฤษฎีฟัซซีลอจิก และเข้าสู่เนื้อหาของฟัซซีลอจิกซึ่งแสดงความสัมพันธ์ฟัซซี (Fuzzy relation) ด้วยสมการความสัมพันธ์ (Relational equations) พร้อมทั้งกล่าวถึงวิธีการให้เหตุผลแบบฟัซซี (Fuzzy resoning methods) ระบบผู้เชี่ยวชาญแบบอิงกฎฟัซซี (Fuzzy rule-based expert systems) การแก้สมการความสัมพันธ์ฟัซซีเพื่อหาค่าคำตอบของระบบโดยแสดงทั้งในแบบของสมการความสัมพันธ์และในแบบกราฟฟิค (Graphical computation technique) การแปลงค่าคำตอบฟัซซีให้เป็นคำตอบแบบคริสพ์ (Crisp solution) ด้วยกระบวนการดีฟัซซี (Defuzzification process) และในส่วนหลังจะกล่าวถึงระบบของการควบคุมแบบฟัซซีลอจิกและแนวทางในการออกแบบตัวควบคุมได้แก่ กระบวนการฟัซซิฟิเคชัน (Fuzzification process) กฎฟัซซี (Fuzzy rules) กระบวนการอนุมาน (Inference process) และกระบวนการดีฟัซซี

บทที่ 4 จะแสดงถึงกระบวนการตัวอย่างซึ่งใช้เป็นตัวแทนของกระบวนการแบบไม่เชิงเส้นที่ใช้ในงานวิจัย โดยจะกล่าวถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการ (Mathematical process model) และชี้ให้เห็นถึงความไม่เชิงเส้นซึ่งเป็นปัญหาของการควบคุม ส่วนต่อมาจะกล่าวถึงตัวควบคุมแบบเชิงเส้นที่ใช้โดยทั่วไปอันได้แก่ตัวควบคุมแบบพี พีไอ พีไอดีและพีดี รวมทั้งตัวควบคุมพีไอแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear PI controller) และในส่วนสุดท้ายจะอธิบายถึงปัญหาในการควบคุมกระบวนการตัวอย่างโดยตัวควบคุมแบบเชิงเส้น

เนื้อหาในบทที่ 5 อธิบายถึงการออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิกในงานวิจัย ซึ่งแก้ปัญหาของการควบคุมกระบวนการตัวอย่างโดยใช้กลยุทธ์การแบ่งย่านการทำงานภายในกระบวนการออกตามลักษณะเกนของกระบวนการ ได้แก่ย่านเกนสูง และย่านเกนต่ำ โดยแต่ละย่านจะมีกฎที่ใช้ต่างกัน จากนั้นจะกล่าวถึงเทคนิคที่ใช้ในการฟัซซิฟีเคชัน การอนุมาน และการดีฟัซซิ ในส่วนสุดท้ายจะแสดงถึงเทคนิคที่ใช้ปรับจูนตัวควบคุมฟัซซีที่สร้างขึ้นพร้อมทั้งตัวอย่างของการปรับจูน

เนื้อหาในบทที่ 6 เป็นการแสดงรายละเอียดของระบบการทดลอง การทำงานและรายการอุปกรณ์ต่างๆ พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดของโปรแกรมตัวควบคุมฟัซซีที่ได้สร้างขึ้นตลอดจนวิธีการใช้งานของโปรแกรม และในส่วนสุดท้ายเป็นขั้นตอนต่างๆ ในการทดลองเพื่อทดสอบสมรรถนะของตัวควบคุม

ในบทที่ 7 แสดงรายละเอียดของผลการทดลองและการวิเคราะห์ถึงสมรรถนะของการควบคุมของตัวควบคุมฟัซซีเทียบกับตัวควบคุมพีไอดี และพีไอดีแบบกำหนดเกนต่างๆ กัน ในกรณีการทดสอบการตอบสนองต่อการเปลี่ยนค่าเซ็ทพอยท์ การรบกวน และทดสอบความทนทาน ในส่วนสุดท้ายจะเป็นการสรุปผลการทดลองทั้งหมดและข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป