บทที่ 1

บทนำ

1.1 ประวัติความเป็นมาของตัวควบคุม PID แบบปรับจูนตัวเอง

การควบคุมกระบวนการในทางอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ตัวควบคุมที่ได้รับความเชื่อถือคือตัวควบคุม PID เนื่องมาจากต้องการค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญเพียง 3 ตัว โครงสร้างของตัวควบคุมไม่ซับซ้อน อีกทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้กับอุตสาหกรรมได้กว้างขวาง นอกจากนี้ยังเป็นการง่ายที่จะพิจารณาความหมายทางกายภาพของตัวควบคุมในการสร้างสัญญาณควบคุม โดยสัญญาณควบคุมที่ได้จากตัวควบคุมจะแปรตามสัญญาณคลาดเคลื่อนระหว่างสัญญาณที่จุดปรับตั้งกับสัญญาณที่ต้องการควบคุม ซึ่งอาจจะเป็นตัวแปรหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะควบคุมในทางอุตสาหกรรม

ถึงแม้ว่าตัวควบคุม PID จะมีข้อดีมากมายตามที่กล่าวถึงมาแล้วข้างต้นก็ตาม แต่การปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมทั้ง 3 ตัวให้มีประสิทธิภาพก็ยังต้องอาศัยการลองผิดลองถูก และประสบการณ์ จึงมีความพยายามที่จะคิดค้นสูตรการปรับจูนอย่างเป็นแบบแผน เพื่อให้ง่ายต่อการปรับจูนตัวควบคุม PID เช่น สูตรการปรับจูน Ziegler-Nichols สูตรการปรับจูน Cohen Coon สูตรการปรับจูน Shinsky และสูตรการปรับจูน Ziegler-Nichols แบบปรับปรุง (refined Ziegler-Nichols) เป็นต้น [4] แต่สูตรการปรับจูนเหล่านี้อาศัยสมมติฐานที่ว่ากระบวนการที่จะทำการควบคุมสามารถประมาณได้ด้วยแบบจำลองอย่างง่าย คือ กระบวนการอันดับหนึ่งที่มีการประวิงเวลา (first order plus time delay) [4] หากนำไปใช้กับกระบวนการที่ไม่อยู่ภายใต้สมมติฐานข้างต้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมของตัวควบคุม PID ที่ปรับจูนได้ลดลง

ในการปรับจูนตัวควบคุม PID โดยอาศัยสูตรต่างๆข้างต้น ข้อมูลที่สำคัญสำหรับสูตรการปรับจูนแบบต่างๆ คือ ข้อมูลที่จุดวิกฤต คือ ความถี่วิกฤต (critical frequency) และ อัตราขยายวิกฤต (critical gain) ซึ่งสามารถหาได้จากการทดลองโดยอาศัยการเพิ่มค่าอัตราขยายในระบบวงปิดจนกระทั่งผลตอบสนองเกิดการแกว่ง และพิจารณาหาค่าอัตราขยายวิกฤตจากค่าอัตราขยายในระบบวงปิดที่ทำให้เกิดการแกว่งของผลตอบสนอง สำหรับความถี่วิกฤตก็พิจารณาจากความถี่ของผลตอบสนองที่มีการแกว่ง แต่วิธีนี้จะไม่สามารถควบคุมการแกว่งให้อยู่ภายในขอบเขตที่ควบคุมได้ อาจทำให้เกิดความไม่เสถียรในระบบ จนทำให้เกิดความเสียหายแก่กระบวนการ จึงมีความพยายามที่

จะออกแบบตัวควบคุม PID แบบปรับจูนตัวเอง (auto-tuning PID) โดย Astrom และ Hagglund [3] ได้เสนอแนวคิดการปรับจูนตัวเองโดยใช้เทคนิคการป้อนกลับด้วยรีเลย์ (relay feedback) สำหรับใช้ในการหาอัตราขยายวิกฤต (critical gain) และคาบวิกฤต (critical period) หลังจากที่ได้ค่าอัตราขยายวิกฤตและคาบวิกฤตแล้ว นำไปคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID จากวิธีนี้ทำให้ควบคุมให้ผลตอบสนองเกิดการแกว่งในขอบเขตจำกัดได้ ป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นจากวิธีการหาข้อมูลที่จุดวิกฤตแบบเก่า และจากข้อดีที่กล่าวข้างต้น จึงมีการนำโครงสร้างการปรับจูนตัวควบคุม PID โดยอาศัยการป้อนกลับด้วยรีเลย์นี้ไปใช้สำหรับการปรับจูนตัวควบคุม PID ในทางอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย [15]

ถึงแม้ว่าตัวควบคุม PID จะเป็นตัวควบคุมที่มีโครงสร้างง่ายๆ และสามารถใช้ควบคุมกระบวนการต่างๆในทางอุตสาหกกรรมได้ดี แต่ข้อจำกัดของตัวควบคุม PID คือไม่สามารถจัดการกับกระบวนการที่มีการประวิงเวลา (time delay) ยาวนานได้ [14] จำเป็นที่จะต้องอาศัยการชดเชยผลของการประวิงเวลา (dead time compensation) อีกทั้งจำเป็นที่จะต้องปรับจูนพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID ทุกครั้งที่พารามิเตอร์ของกระบวนการเปลี่ยนแปลง อันเป็นผลเนื่องมาจากจุดทำงานที่เปลี่ยนไป เป็นต้น มิฉะนั้นประสิทธิภาพของตัวควบคุม PID จะลดลง

การประยุกต์ใช้ข่ายงานระบบประสาทในระบบควบคุม

การประยุกต์ใช้ข่ายงานระบบประสาทในการควบคุมในระยะแรกได้แก่บทความของ Narendra และ Parthasarathy [29] ซึ่งใช้ข่ายงานระบบประสาทในการควบคุมปรับตัวอ้างอิงแบบจำลอง (Model Reference Adaptive Control หรือ MRAC) และทดสอบผลโดยวิธีการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์กับระบบเชิงเส้นและระบบไม่เชิงเส้น ในขณะที่ Chen [7] ได้เสนอการใช้ข่ายงานระบบประสาทในโครงสร้างของตัวควบคุมแบบปรับตัวเอง (self tuning adaptive controller) กับระบบไม่เชิงเส้นที่อยู่ในรูปของสมการเวลาเต็มหน่วย (discrete time) และไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ของระบบ

นอกจากนี้ ยังมีความพยายามในการประยุกต์ใช้ข่ายงานระบบประสาทในการออกแบบระบบควบคุม ดังเช่น Cui และ Shin [11] ออกแบบตัวควบคุมแบบปรับตัวโดยตรง (direct adaptive controller) กับระบบไม่เชิงเส้น ระบบที่มีเขตไร้ผลสนอง (dead zone) และระบบที่มีการประวิงเวลา Yang และ Linkens [45] ได้ใช้ตัวควบคุมแบบปรับตัวในเวลาจริงที่อาศัยข่ายงานระบบประสาท (on-line adaptive neural network controller) ควบคุมถังปฏิกรณ์เคมี (stirred tank reactor) ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของระบบไม่เชิงเส้น และหลังจากนั้น Irwin และ Lightbody [21] ได้เสนอตัวควบ

คุมปรับตัวอ้างอิงแบบจำลองในการควบคุมถังปฏิกรณ์เคมีเช่นกัน ในการเปรียบเทียบผลการควบคุมกับตัวควบคุม PI พบว่าผลตอบสนองที่ได้สามารถตามรอยสัญญาณอ้างอิงได้ดีกว่าตัวควบคุม PI มาก จากงานวิจัยข้างต้น ทำให้ทราบว่าการประยุกต์ใช้ข่ายงานระบบประสาทในระบบควบคุมสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวควบคุมให้ดีขึ้น

การประยุกต์ใช้ข่ายงานระบบประสาทในการปรับจูนตัวควบคุม PID แบบปรับจูนตัวเอง

การประยุกต์ใช้ข่ายงานระบบประสาทในระบบควบคุม สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวควบคุมให้ดีขึ้น จึงมีแนวคิดในการนำเอาข่ายงานระบบประสาทมาใช้ในการปรับจูนตัวเองของตัวควบคุม PID เนื่องจากวิธีการปรับจูนตัวควบคุม PID แบบพื้นฐานไม่เหมาะที่จะใช้ในการควบคุมระบบไม่เชิงเส้น Akhyar และ Omatu [2] จึงเสนอโครงสร้างของตัวควบคุม PID แบบปรับตัวเอง (self-tuning PID controller) ซึ่งนำข่ายงานระบบประสาทมาสร้างแบบจำลองของกระบวนการ เพื่อใช้ในการปรับจูนตัวควบคุม PID จากผลการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ พบว่าจากโครงสร้างของตัวควบคุม PID ที่ใช้ สามารถควบคุมให้ผลตอบสนองของระบบเชิงเส้นและระบบไม่เชิงเส้นเปลี่ยนแปลงตามค่าจุดปรับตั้งได้อย่างรวดเร็ว และจากการทดลองจริงกับกระบวนการควบคุมอุณหภูมิของน้ำ โดยเปรียบเทียบกับผลตอบสนองจากการควบคุมด้วยตัวควบคุม PID ที่ปรับด้วยสูตรการปรับจูน Ziegler-Nichols พบว่าผลตอบสนองที่ได้จากตัวควบคุมPID แบบปรับตัวเองที่อาศัยข่ายงานระบบประสาท สามารถลดค่าพุ่งเกินได้ดีและให้ผลตอบสนองที่เปลี่ยนแปลงตามค่าจุดปรับตั้งได้เร็วกว่า

หลังจากนั้นมีความพยายามที่จะนำเอาข่ายงานระบบประสาทมาใช้ในการหาคุณลักษณ์ของระบบที่มีการประวิงเวลา แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID แบบปรับจูนตัวเอง [23], [39], [40] เนื่องจากสูตรการปรับจูน Ziegler-Nichols และ สูตรการปรับจูน Ziegler-Nichols แบบปรับปรุง ไม่เหมาะที่จะใช้ในการปรับตัวควบคุม PID สำหรับการควบคุมกระบวนการที่มีค่าการประวิงเวลามาก จากผลการควบคุมระบบเชิงเส้นในงานวิจัยของ Katsumata [23] พบว่าสามารถควบคุมให้ผลตอบสนองตามรอยสัญญาณจากแบบจำลองอ้างอิงได้ดี และจากผลการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ในงานวิจัยของ Tan และ Keyser [39], [40] กับระบบไม่เชิงเส้นที่มีค่าการประวิงเวลายาวนาน และการทดลองจริงกับกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าสามารถควบคุมให้ผลตอบสนองเปลี่ยนแปลงตามจุดปรับตั้งได้รวดเร็ว และสามารถชดเชยผลของการประวิงเวลายาวนานได้ โดยทำการเปรียบเทียบกับผลตอบสนองจากการควบคุมด้วยตัวควบคุม PID ที่ปรับด้วยสูตรการปรับจูน Ziegler-Nichols

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและพัฒนาการปรับจูนตัวเองของตัวควบคุม PID โดยใช้ข่ายงานระบบประสาทเป็นตัวหาคุณลักษณ์ของกระบวนการ

1.3 ขอบเขตของงานวิทยานิพนธ์

ในหัวข้อวิทยานิพนธ์นี้ จะนำข่ายงานระบบประสาทมาประยุกต์ใช้ในการหาคุณลักษณ์ของกระบวนการ (identification) เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการปรับจูนตัวเองของตัวควบคุม PID แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกทำการศึกษาและปรับปรุงวิธีการปรับจูนตัวเองของควบคุม PID โดยอาศัยข่ายงานระบบประสาทจากผลการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ หลังจากขั้นตอนแรกเสร็จสิ้น จะนำโครงสร้างของตัวควบคุม PID แบบปรับจูนตัวเองนี้ไปใช้ในการควบคุมกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) จริง และทำการเปรียบเทียบผลการทดลองกับการปรับจูนตัวเองของตัวควบคุม PID โดยอาศัยเทคนิคการป้อนกลับด้วยรีเลย์

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. ศึกษาวิธีการควบคุมกระบวนการด้วยตัวควบคุม PID แบบปรับจูนตัวเองที่ผ่านมา

2. ศึกษาข่ายงานระบบประสาทและการประยุกต์ใช้ในงานด้านระบบควบคุม

3. นำข่ายงานระบบประสาทมาใช้ในการปรับจูนตัวเองของตัวควบคุมPID โดยการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์

4. ศึกษากระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อหาแบบจำลองที่จะใช้ในการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบผลการทดลองกับเทคนิคการปรับจูนตัวควบคุม PID แบบอื่นๆ เช่น สูตรการปรับจูน Ziegler-Nichols สูตรการปรับจูน Ziegler-Nichols แบบปรับปรุง และการปรับจูนตัวเองของตัวควบคุม PID โดยอาศัยการป้อนกลับด้วยรีเลย์

5. นำตัวควบคุมที่ออกแบบไว้ไปใช้กับกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนในเวลาจริง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นพื้นฐานในการออกแบบตัวควบคุม PID แบบปรับจูนตัวเองโดยนำเอาข่ายงานระบบประสาทมาประยุกต์ใช้เป็นตัวประมาณผลตอบสนองของกระบวนการล่วงหน้า ซึ่งสามารถชดเชยผลของการประวิงเวลาในระบบ และปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวควบคุม PID

1.6 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 เป็นการกล่าวนำถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา จากนั้นเป็นส่วนของวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนในการดำเนินงาน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

บทที่ 2 กล่าวถึงหลักการและวิธีการในการปรับจูนตัวเองของตัวควบคุม PID โดยอาศัยการป้อนกลับด้วยรีเลย์

บทที่ 3 กล่าวถึงหลักการของตัวควบคุมทำนายแบบจำลอง และลักษณะโดยทั่วไปของข่ายงานระบบประสาท และการนำข่ายงานระบบประสาทมาใช้ในการทำนายผลตอบสนองล่วงหน้าของกระบวนการ

บทที่ 4 กล่าวถึงโครงสร้างและวิธีการปรับจูนตัวเองของตัวควบคุม PID โดยใช้ข่ายงานระบบประสาท และผลการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ของกระบวนการเชิงเส้นแบบต่างๆ

บทที่ 5 กล่าวถึงผลการจำลองแบบและการควบคุมกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนในเวลาจริง โดยอาศัยตัวควบคุม PID ที่ปรับจูนได้ด้วยวิธีที่เสนอเปรียบเทียบกับวิธีปรับจูนตัวเองแบบอื่น

บทที่ 6 เป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะ โดยกล่าวถึงหลักการโดยรวมอย่างย่อ พร้อมทั้งข้อดีและข้อเสียของวิธีการควบคุม และได้แสดงข้อเสนอแนะไว้ตอนท้าย