บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงปัญหาของระบบควบคุมกับการควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง จุดประสงค์และขอบเขตของวิทยานิพนธ์ วิธีดำเนินงานและประโยชน์ที่จะได้จากการทำวิทยานิพนธ์

ปัญหาของระบบควบคุม

ในวงการอุตสาหกรรมได้ให้ความสนใจกับตัวควบคุมที่สามารถปรับค่าได้เองอย่างอัตโนมัติมาเป็นเวลานานแล้ว เนื่องจากการปรับค่าของพารามิเตอร์ของตัวควบคุมโดยใช้ความสามารถของคนทำได้ช้าและไม่แน่นอน ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของการควบคุมเลวลง โดยปกติในระบบที่มีพลวัต (Dynamic) ซับซ้อน ตัวอย่างเช่น ระบบที่พารามิเตอร์ (Parameter) เปลี่ยนแปลงตามเวลา หรือมีค่าที่ไม่ทราบ (Unknown) หรือระบบที่มีสิ่งรบกวน (Disturbance) เกิดขึ้น เป็นต้น การออกแบบตัวควบคุมเพื่อใช้ในควบคุมระบบดังกล่าวให้เป็นไปตามข้อกำหนด (Specification) ทำได้ไม่สะดวกนักเพราะว่าค่าพารามิเตอร์ของระบบจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้ไม่สามารถทราบค่าที่แน่นอนได้ การออกแบบตัวควบคุมโดยใช้การควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง (Self-tuning control) เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ได้ดีกับระบบที่ไม่แน่นอน (Uncertainty) เหล่านี้ สามารถปรับค่าของพารามิเตอร์ของตัวควบคุมได้อย่างอัตโนมัติ และยังสามารถที่จะเพิ่มสมรรถนะ (Performance) ของการควบคุมระบบอีกด้วย ตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง (Self tuning controller) เป็นตัวควบคุมแบบปรับตัวเอง (Adaptive controller) ที่ง่ายที่สุด อาศัยการบอกเอกลักษณ์ของพารามิเตอร์ (Parameter identification) กับกฎการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control law) ทำให้อัลกอริทึมของการจูนปรับตัวเอง (Self tuning algorithm) ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน ถึงแม้การควบคุมแบบจูนปรับตัวเองจะไม่ได้ให้ค่าเล็งเลิศ (Optimal) แต่สามารถใช้ควบคุมกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้สมรรถนะที่เหนือกว่าการควบคุมแบบดั้งเดิม (Conventional control)

การนำตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองมาประยุกต์ใช้งานนั้น ในบางกรณีอาจจะไม่สามารถใช้ควบคุมระบบได้ เนื่องจากยังไม่มีทฤษฎีรับรองว่าอัลกอริทึมของการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองจะลู่เข้า (Converge) เสมอ มีทฤษฎีที่รับรองเพียงว่า เมื่ออัลกอริทึมทั้งหมดของการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองสามารถลู่เข้าแล้วผลตอบของตัวควบคุม (Control action) ก็จะลู่เข้าด้วย ความไม่สมบูรณ์ของการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองนั้นมีอีกหลายประการ เช่น อัตราการลู่เข้า (Convergence rate) ที่ไม่แน่นอนทำให้ไม่ทราบว่าระบบจะลู่เข้าเมื่อไร หรือแม้ว่าการควบคุมจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสมแล้ว แต่การควบคุมก็อาจจะลู่ออก (Diverge) ก็ได้ การควบคุมแบบจูนปรับตัวเองส่วนใหญ่ใช้ได้ดีกับระบบเชิงเส้น (Linear system) เนื่องจากใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบเชิงเส้น แต่ก็สามารถใช้ประมาณค่าในระบบที่ไม่เชิงเส้นได้ถ้ามีความไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linearity) ที่ไม่ยุ่งยากนักได้ ตัวอย่างเช่น การควบคุมกระบวนการ pH Neutralisation [1] เป็นต้น

ความคิดเรื่องการปรับค่าพารามิเตอร์อัตโนมัติไม่ใช่เรื่องใหม่ Kalman ได้คิดไว้ตั้งแต่ปี 1958 แต่เนื่องจากขาดทฤษฎีและเทคโนโลยีรองรับทำให้ไม่ได้รับความสนใจ ต่อมาในปี 1970 Peterka ได้พยายามพิสูจน์หาทฤษฎีแต่ก็ไม่สำเร็จ จนในปี 1973 Astrom และ Wittenmark สามารถพิสูจน์และหาทฤษฎีได้ จึงเป็นจุดเริ่มขึ้นของการควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง ทำให้การพัฒนาอัลกอริทึมของการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองได้ถูกเสนอขึ้นอย่างมากมาย เช่น Minimum variance self-tuner [2,3,4] Self-tuning PID controller [5] และ State-space self-tuner [6,7] เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามก็ยังไม่สามารถหาเงื่อนไขของการลู่เข้า (Convergence condition) ได้

แนวเหตุผลที่การควบคุมแบบจูนปรับตัวเองได้รับความนิยมในการใช้งานเนื่องจาก

1. ใช้อัลกอริทึมที่ง่ายทำงานภายใต้โปรแกรมทำให้ค่าใช้จ่ายไม่สูงมาก
2. ใช้ได้ดีกับ Discrete time stochastic system สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในไมโครคอมพิวเตอร์ได้สะดวก
3. การควบคุมแบบจูนปรับตัวเองสามารถให้ผลตอบของกระบวนการเป็นไปตามทฤษฎีในกรณีที่อัลกอริทึมของการควบคุมสามารถลู่เข้าได้
4. สามารถเพิ่มสมรรถนะของการควบคุมระบบให้ดียิ่งขึ้น

นอกจากนี้แล้วการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองยังช่วยลดความยุ่งยากในการออกแบบระบบควบคุมที่ซับซ้อนต่าง ๆ ซึ่งทำไม่ได้ด้วยการออกแบบควบคุมโดยทั่วไป และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพใน

การปรับค่าพารามิเตอร์ได้ดีกว่าการปรับด้วยวิธีที่ใช้กันในทางปฏิบัติ ซึ่งในปัจจุบันคาดว่าจะได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรม

จุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์

สำหรับในวิทยานิพนธ์จะศึกษาปัญหาของการควบคุมและพัฒนาการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์อย่างช้า ๆ ตามเวลา หรือมีสิ่งรบกวนเกิดขึ้น ขณะที่ระบบอยู่ในภาวะคงตัว (Steady state) เพราะเมื่อระบบควบคุมเป็นเช่นนั้นแล้ว ย่อมทำให้สมรรถนะของระบบเลวลง ซึ่งการปรับปรุงแก้ไขสมรรถนะให้ดีขึ้นจะต้องปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น การควบคุมระบบด้วยตัวควบคุมแบบ PID เมื่อระบบมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นจะต้องปรับค่า PID ใหม่เพื่อรักษาหรือปรับปรุงสมรรถนะของระบบให้ดีขึ้น แต่ก็จะต้องเสียเวลาหรือไม่ดีเท่าที่ควร การนำตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองมาประยุกต์ใช้กับระบบที่มีปัญหาข้างต้น จะสามารถแก้ไขและปรับปรุงสมรรถนะของการควบคุมระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยคุณสมบัติของการควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง เมื่อระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น ตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองจะปรับค่าของพารามิเตอร์ของตัวควบคุมอย่างอัตโนมัติเพื่อรักษาผลตอบของระบบให้มีค่าตามที่ตั้งไว้ (Set point) และรักษาสมรรถนะของระบบตามกฎเกณฑ์ (Criteria) ของการควบคุม ตัวอย่างเช่น ตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองชนิด PID ที่ใช้การกำหนดโพล (Self-tuning PID controller using pole placement) จะควบคุมกระบวนการตามข้อกำหนด (Specification) ของการควบคุม หรือตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองชนิดเล็งเลิศที่ควบคุมแบบ Generalized minimum variance control จะควบคุมระบบแบบ Suboptimal โดยใช้การลด Cost Function ให้มีค่าน้อยที่สุดเป็นกฎเกณฑ์ เป็นต้น

สำหรับการทำวิทยานิพนธ์นี้จะพัฒนาการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองเพื่อใช้ควบคุมกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์และมีสิ่งรบกวนเกิดขึ้น ในขณะที่ระบบอยู่ในภาวะคงตัวเท่านั้น ซึ่งไม่รวมถึงการเปลี่ยนแปลงตอนเริ่มต้น ซึ่งจะใช้ตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองที่เป็นแบบพื้นฐานและน่าสนใจได้แก่

1. Basic self-tuning controller เป็นตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองชนิดเล็งเลิศ ควบคุมกระบวนการโดยอาศัยการลดค่าของความแปรปรวนของผลตอบให้มีค่าน้อยที่สุดเสนอโดย Astrom [2] เป็นตัวควบคุมที่ง่ายต่อการศึกษาและการใช้งาน สามารถคำนวณด้วยอัลกอริทึมที่ง่ายและรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือ ผลตอบของกระบวนการและผลตอบของตัวควบคุมจะค่อนข้างไว

ต่อการเปลี่ยนแปลง

2. Generalized self-tuning controller เป็นตัวควบคุมที่มีลักษณะการควบคุมเหมือนในข้อ 1. ซึ่งปรับปรุงโดย Clarke [4] สามารถควบคุมกระบวนการในลักษณะเดียวกับการควบคุมแบบอ้างอิง (Adaptive model-reference control) โดยการกำหนดโพลของผลตอบของกระบวนการและสามารถลดความไวของผลตอบของกระบวนการและผลตอบของของตัวควบคุมได้ มีความมั่นคง (Robust) กว่า Basic self-tuning controller

3. Self-tuning controller using pole placement อาศัยวิธีการกำหนดโพลทำให้สามารถกำหนดลักษณะของผลตอบของการควบคุมได้ตามต้องการ ถึงแม้ผลที่ได้จะไม่เป็นค่าที่เล็งเลิศ แต่การควบคุมด้วยวิธีนี้สามารถใช้กับระบบที่เป็น Non-minimum phase system หรือ ระบบที่มี Delay time เปลี่ยนแปลงตามเวลา ซึ่งการควบคุมแบบเล็งเลิศไม่สามารถควบคุมได้ วิธีนี้จึงสามารถครอบคลุมปัญหาในการควบคุมได้มาก เป็นวิธีที่น่าสนใจ

4. Self-tuning PI controller using Ziegler & Nichols โดยการนำการควบคุมแบบ PI มาประยุกต์กับการควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง สามารถจูนค่า PI ตามวิธีของ Ziegler & Nichols ได้อย่างอัตโนมัติ เป็นการประยุกต์การควบคุมแบบจูนปรับตัวเองเข้ากับการควบคุมอย่างง่าย ๆ

จากตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองที่กล่าวข้างต้นนี้ในวิทยานิพนธ์จะใช้ทดลองเพื่อหาว่าตัวควบคุมแบบใดที่เหมาะกับการควบคุมอุณหภูมิ แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกับการควบคุมแบบ PID ที่จูนค่าด้วยวิธีของ Zeigler & Nichols แบบที่ใช้กัน เหตุผลที่ต้องทดลองตัวควบคุมหลายชนิดอย่างนี้เพื่อศึกษาและทดสอบการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองชนิดต่าง ๆ และต้องการให้ได้ตัวควบคุมอุณหภูมิแบบจูนปรับตัวเองอย่างน้อยหนึ่งตัวในการทำวิทยานิพนธ์ เนื่องจากการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองจะใช้ได้ก็ต่อเมื่ออัลกอริทึมที่ใช้สามารถลู่เข้า ซึ่งขึ้นกับรูปแบบของระบบและขั้นตอนการควบคุม

<u>ขอบเขตของวิทยานิพนธ์</u>

1. พัฒนาตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองเพื่อควบคุมระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์อย่างช้า ๆ ตามเวลา หรือมีสิ่งรบกวนเกิดขึ้น ในขณะที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัว
2. เปรียบเทียบผลของการควบคุมแบบ Conventional PID control กับการควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง

วิธีดำเนินงานของวิทยานิพนธ์

สำหรับขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์จะศึกษาลักษณะของการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองและความเป็นไปได้ของการควบคุมชนิดต่าง ๆ ก่อนซึ่งกล่าวไว้ในบทที่ 2 และทำการทดสอบการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองชนิดต่าง ๆ โดยการจำลองการควบคุมกระบวนการในบทที่ 3 เพื่อหาข้อมูลและข้อสรุปในการนำไปใช้ทดลอง ส่วนการทดลองใช้ตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองกับการควบคุมกระบวนการจริงจะอยู่ในบทที่ 4 ตามลำดับ

ประโยชน์ที่ได้จากการทำวิทยานิพนธ์

เป็นการศึกษาและพัฒนาแง่มุมต่าง ๆ ของการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองเพื่อให้เข้าใจถึงแนวทางในทางปฏิบัติและความเป็นไปได้ในอุตสาหกรรมโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นผู้ที่สนใจหรือผู้เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุผลที่ว่าเป็นการลงทุนที่ต่ำและความก้าวหน้าทางคอมพิวเตอร์ในประเทศมีมากขึ้น การพัฒนาจึงสามารถทำได้ง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับการพัฒนาในต่างประเทศ [8] คาดว่าตัวควบคุมที่พัฒนาจะเป็นที่นิยมในประเทศไทย และเป็นตัวควบคุมที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมกระบวนการตัวหนึ่ง