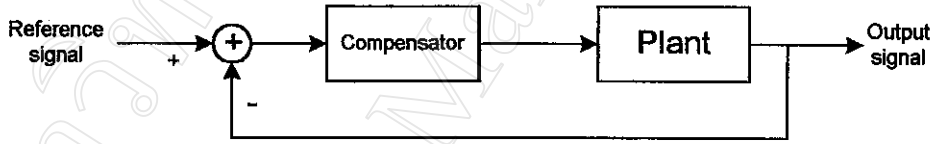
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ระบบควบคุมแบบป้อนกลับโดยทั่วไปประกอบด้วย ส่วนดำเนินการ (plant) อุปกรณ์ชดเชย (compensator) ระบบป้อนกลับ สัญญาณขาออก(output signal) และสัญญาณอ้างอิง(reference signal) หน้าที่ของระบบควบคุมคือ ควบคุมระบบเพื่อให้สัญญาณขาออกมีคุณลักษณะเหมือนกับสัญญาณอ้างอิงตามต้องการ ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ชดเชยนี้อาจเป็น PID (Proportional-Integral-Derivative) , Lead-Lag compensator หรือเป็นระบบที่มีฟังก์ชันการถ่ายโอน (transfer function) ที่เหมาะสมเพื่อให้การตอบสนองของระบบทั้งหมดดีที่สุด แต่อุปกรณ์ชดเชยเหล่านี้ต้องมีการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของอุปกรณ์ชดเชย ทำให้การควบคุมเป็นไปได้ยาก [7]



รูปที่ 1.1 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ที่มีการใช้อุปกรณ์ชดเชย

จากความยุ่งยากในการปรับแต่งอุปกรณ์ชดเชย และความซับซ้อนของแบบจำลองที่สร้างโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ จึงมีแนวคิดจะพัฒนาระบบควบคุมที่มีความสามารถในการเรียนรู้และปรับการทำงานด้วยตัวเอง การใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาทำหน้าที่แทนอุปกรณ์ชดเชยก็เป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ได้ โครงข่ายประสาทเทียมมีการทำงานซึ่งประกอบไปด้วยการคำนวณทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายๆ และสร้างเป็นฮาร์ดแวร์ หรือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ง่าย [4] จากคุณสมบัติของโครงข่ายประสาทเทียมที่สามารถเรียนรู้โดยการปรับค่าน้ำหนักมาเป็นส่วนที่ใช้ปรับปรุงตัวเองให้ได้ผลตอบสนองที่ดีขึ้น โดยไม่ต้องมีการปรับตัวแปรจากผู้ใช้เหมือนกับการใช้อุปกรณ์ชดเชยแบบอื่นๆ

จนถึงปัจจุบันนี้ ได้มีนักวิจัยที่ประยุกต์เอาโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้เป็นอุปกรณ์ชดเชย ซึ่งก็สามารถทำงานได้เป็นอย่างดีแต่ยังมีส่วนที่ต้องปรับปรุงอีก เช่น ระบบควบคุมที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมทำหน้าที่เป็นส่วนผกผันกับส่วนดำเนินการ [1,2,23] ก็ไม่สามารถใช้กับส่วนดำเนิน

การที่ไม่สามารถหาส่วนผกผันได้ หรือระบบควบคุมที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมทำหน้าเป็นอุปกรณ์ชดเชยโดยตรง [12,13,16] ก็ต้องอาศัยการเลือกใช้ระบบอ้างอิงจำลอง (model reference) ที่เหมาะสมด้วย หรือระบบควบคุมแบบป้อนกลับ [21,22] ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพียง 1 ชุด ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ชดเชย ผลการตอบสนองที่ได้ดีมากในสัญญาณที่มีค่าคงที่ แต่การตอบสนองต่อสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาด้อยกว่าการใช้ PID เพราะระบบขาดการเรียนรู้แบบตลอดเวลา (online learning) ส่วนระบบควบคุมความร้อนในเครื่องผสมสารเคมี [17] มีระบบการเรียนรู้ตลอดเวลาของโครงข่ายประสาทเทียม แต่ก็ยังต้องอาศัยการปรับตัวแปรของแบบจำลองอ้างอิงให้เหมาะสมด้วยเช่นกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้กับระบบควบคุม

1.2.2 เพื่อออกแบบและสร้างแบบจำลองระบบควบคุมที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยการปรับแต่งอุปกรณ์ชดเชยโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ระบบควบคุมที่นำเสนอ และใช้ในการทดลองเพื่อสนับสนุนงานวิจัยสร้างโดยใช้การจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (MATLAB)

1.3.2 ส่วนดำเนินการ (plant) ที่ใช้อ้างอิง และเปรียบเทียบผลการทดลองมีฟังก์ชันการถ่ายโอนเป็น $\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{4.3}{s^2 + 7.13s + 6.33}$ และส่วนดำเนินการอื่นๆ โดยเฉพาะส่วนดำเนินการที่ไม่เป็นเชิงเส้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย เชิงทฤษฎี และ/หรือเชิงประยุกต์

1.4.1 สามารถนำระบบจำลองที่ได้จากงานวิจัย มาช่วยในการออกแบบระบบควบคุมโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

1.4.2 สามารถประยุกต์ หรือใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบควบคุมที่สามารถปรับปรุงผลการตอบสนองได้ด้วยตนเอง

1.4.3 สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุม ที่ใช้กับส่วนดำเนินการทั่วไป

1.5 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Bloch., *et al.* [1] ได้นำเอาโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมในโรงงานทำแผ่นเหล็กแห่งหนึ่งในฝรั่งเศส โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการควบคุมตัวแปรต่างๆ เช่น ความร้อน อัตราการไหลของแผ่นเหล็ก โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้เป็นแบบ Radial Basis Function และทำงานเป็นส่วนผกผันของส่วนดำเนินการ

Gawthrop [7] ได้ใช้สมการทางคณิตศาสตร์มาระบุเป็นระบบพื้นฐานของระบบควบคุม แล้วทำการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของ PID จากการคำนวณสมการที่ใช้ในการจำลอง ค่าที่ใช้ในการคำนวณนี้ได้มาจากการป้อนกลับของระบบควบคุม โครงสร้างที่เสนอมีความยุ่งยากทางสมการของคณิตศาสตร์มาก และใช้เวลานานในการคำนวณ

Levin and Narendra [12] กล่าวถึงการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในระบบควบคุม โดยที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ชดเชย หรือระบุส่วนดำเนินการ แต่ไม่ได้นำทั้งสองส่วนมาทำงานร่วมกับและยังต้องใช้แบบจำลองอ้างอิงอยู่

Lightbody and Irwin [13] ทำการควบคุมระบบ CSTR (เป็นระบบที่ใช้ควบคุมความเข้มข้นของการผสมสารเคมี) โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Model Reference Adaptive Control จำลองการทำงานของส่วนดำเนินการ แล้วสร้างอัลกอริทึมในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมอีกส่วนหนึ่ง ให้ส่งสัญญาณควบคุมออกมา ระบบที่ได้มีการตอบสนองที่ดี แต่เหมาะกับระบบที่ไม่ต้องการผลการตอบสนองที่เร็วมากนัก

Nordgren and Meckl [16] ใช้โครงข่ายประสาทเทียมควบคุมการทำงานของส่วนดำเนินการ และมีอัลกอริทึมที่ใช้ในการเรียนรู้โดยใช้ข้อมูลจากระบบ PD Control จุดที่น่าสนใจของรายงานวิจัยเรื่องนี้เป็นการใช้เงื่อนไขของ Lyapunov Stability มาใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบที่ได้

Noriega and Wang [17] เป็นการใช้ Optimizer ทำงานร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมที่เรียนรู้เป็นส่วนดำเนินการ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกรณีที่ไม่ทราบแบบจำลองของส่วนดำเนินการได้

Yun and Haubler [21] ใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มีการเรียนรู้แบบ Genetic เป็นอุปกรณ์ชดเชยของระบบป้อนกลับโดยมีจุดรับสัญญาณ 3 จุด มีชั้นซ่อน 1 ชั้น มีสัญญาณขาออก 1 จุดโดยมีส่วนดำเนินการที่ใช้ในการทดลองมีฟังก์ชันการถ่ายโอนเป็น $\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{4.3}{s^2 + 7.13s + 6.33}$ เมื่อนำระบบควบคุมที่ได้จากงานวิจัยเรื่องนี้มาจำลองการใช้งานกับส่วนดำเนินการดังกล่าว พบว่าผลการตอบสนองที่ได้ดีมาก คือ rise time ประมาณ 1 วินาที มีการเกิด over shoot เล็กน้อย และที่

ช่วงเสถียรสัญญาณขาออกกับสัญญาณอ้างอิงต่างกันประมาณ 0.00016 เมื่อใช้สัญญาณอ้างอิงเป็น unit step แต่ระบบขาดการเรียนรู้แบบตลอดเวลา (online learning) ที่โครงข่ายประสาทเทียม ทำให้ steady state error มีค่าค่อนข้างคงที่

Yun., *et al.* [22] เป็นการพัฒนาจากงานวิจัยเดิมที่อาศัยโครงข่ายประสาทเทียมเป็นอุปกรณ์ชดเชย [9] โดยมีการเพิ่มจุดรับสัญญาณขาเข้าของโครงข่ายประสาทเทียมจาก 3 จุด เป็น 4 จุด เพื่อใช้ในการป้อนกลับสัญญาณควบคุมที่ออกจากโครงข่ายประสาทเทียม ผลการตอบสนองที่ได้ยังเหมือนเดิม แต่ระบบสามารถลดเวลาการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมลงได้

Zbikowski., *et al.* [23] กล่าวถึงการใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาช่วยในระบบควบคุมที่มีรูปแบบของโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป และทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University