บทที่ 5

สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทนี้เป็นบทสุดท้ายของวิทยานิพนธ์ซึ่งเป็นการสรุปขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์ที่ได้ทำมา โดยจะกล่าวถึงเหตุผลที่ใช้ แนวการแก้ไขและแนวการปรับปรุง เพื่อพัฒนาตัวควบคุมให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพิ่มขึ้น

สรุปการทำวิทยานิพนธ์

สำหรับการวิจัยนี้มีจุดประสงค์ใหญ่คือ การพัฒนาการควบคุมโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง เพื่อควบคุมกระบวนการที่ไม่ทราบค่าพารามิเตอร์แน่นอนให้มีสมรรถนะดีขึ้น รวมทั้งมีความแม่นยำ และความสะดวกรวดเร็วในการควบคุม การใช้ตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองนี้มีข้อได้เปรียบคือ สามารถที่จะให้ผลตอบของกระบวนการมีค่าเท่ากับค่าที่ตั้งไว้ไม่ว่ากระบวนการที่ควบคุมอยู่จะมีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์หรือมีสิ่งรบกวนต่าง ๆ เกิดขึ้นก็ตาม แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองนี้จะต้องคำนึงถึงเสถียรภาพ สมรรถนะและการลู่เข้าของระบบซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบของกระบวนการและอัลกอริทึมที่ใช้

จากบทที่ได้กล่าวมาแล้วเป็นขั้นตอนที่ได้กระทำก่อนรวบรวมมาเป็นวิทยานิพนธ์ กล่าวโดยย่อคือ เริ่มทำการศึกษาและรวบรวมเอกสารข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวกับการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองเพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ ในขั้นตอนนี้จะพิจารณาความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการนำการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองมาประยุกต์ใช้ โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม และนอกจากนี้ได้ศึกษาวิธีการควบคุมชนิดต่าง ๆ ที่ใช้กับการควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง หลังจากได้พิจารณาอัลกอริทึมของการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองและความเป็นไปได้ต่าง ๆ ของการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองทำให้ตัดสินใจนำเอาการควบคุมดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับระบบควบคุม

แต่การควบคุมแบบจูนปรับตัวเองมีลักษณะการควบคุมหลายชนิด การนำมาใช้จึงต้องพิจารณาว่าการควบคุมชนิดใดบ้างสามารถนำมาประยุกต์ได้โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม เนื่องจากการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองเป็นการควบคุมแบบ Real time ทำให้สมรรถนะของการควบคุมขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของไมโครคอมพิวเตอร์และเวลาที่ใช้ในอัลกอริทึมของการ

ควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง ทำให้ต้องเลือกกระบวนการที่สามารถจะควบคุมได้ด้วยตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง ซึ่งก็ได้กระบวนการควบคุมอุณหภูมิจากห้องปฏิบัติการวัดคุมทางอุตสาหกรรมมาใช้ในการทดลอง แต่ก่อนที่จะทำการทดลองควบคุมกระบวนการดังกล่าวก็ได้ศึกษาลักษณะของการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองชนิดต่าง ๆ และพฤติกรรมของผลตอบของกระบวนการ โดยทำการจำลองการควบคุมกระบวนการแบบเชิงเลขขึ้นมาทำให้ได้ข้อมูลบางส่วนของการใช้ตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง เช่น การเลือกและการตั้งค่าของพารามิเตอร์ที่ใช้ในอัลกอริทึม เป็นต้น จากการจำลองที่ทำขึ้นเป็นการจำลองกระบวนการซึ่งไม่ได้วิเคราะห์ผลของ Noise ซึ่งปกติเป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการเสมอ ทำให้รูปแบบของกระบวนการที่จำลองต่างจากความเป็นจริงในการควบคุม แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทำการทดลองใช้ตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองกับกระบวนการควบคุมอุณหภูมิพบว่าอัลกอริทึมที่ใช้ในการจำลองสามารถใช้ได้กับกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจาก Noise ที่เกิดขึ้นในกระบวนการมีผลต่อการควบคุมน้อย ทำให้การประมาณค่าของพารามิเตอร์สามารถใช้การประมาณแบบ RLS ได้ (ดูในภาคผนวก ก)

ผลของการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองในการจำลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.1 และผลของการควบคุมอุณหภูมิได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.2

จากผลตามตารางจะเห็นว่าเราสามารถประยุกต์การควบคุมแบบจูนปรับตัวเองโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมกระบวนการได้ แต่การใช้วิธีการควบคุมกระบวนการนั้นจะต้องพิจารณาคุณสมบัติของการควบคุมและข้อจำกัดของกระบวนการ ในการจำลองจะเห็นว่าวิธีการควบคุมแบบเล็งเลิศจะมีสมรรถนะเหนือกว่าการควบคุมแบบอื่น ๆ ส่วนในการทดลองควบคุมอุณหภูมิผลตอบของกระบวนการที่ใช้วิธีควบคุมแบบเล็งเลิศจะไม่ดีไปกว่าการควบคุมแบบอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเท่าไรนัก ซึ่งสืบเนื่องมาจากข้อจำกัดของกระบวนการมีมากกว่าในการจำลอง เช่น ขีดจำกัดของลวดนำความร้อน สภาพของกระบวนการ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยหนึ่งที่อาจจะทำให้ผลการควบคุมคลาดเคลื่อนไปจากทฤษฎี แต่อย่างไรก็ตามการทดลองควบคุมกระบวนการด้วยตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง สามารถใช้กับการควบคุมอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลของการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบ PID ในขณะที่ระบบมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ การควบคุมด้วย PID จะไม่สามารถควบคุมกระบวนการได้เลย

ในการเลือกใช้ตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองในระบบควบคุมอุณหภูมินี้จะเห็นว่าการควบคุมชนิดกำหนดโพลซึ่งสามารถกำหนดลักษณะของผลตอบของกระบวนการได้นั้น จะเหมาะสมกับการควบคุมอุณหภูมิเนื่องจากตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงช้า ทำให้ผลตอบของกระบวนการและตัวควบ

ชนิดของตัวควบคุม	ลักษณะผลตอบของกระบวนการ	หมายเหตุ
PID CONTROL	ไม่มีเสถียรภาพ	เนื่องจากการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในกระบวนการทำให้อัตราขยายของระบบเปิดมีค่าสูงกว่าอัตราขยายที่ทำให้ระบบเริ่มแกว่ง
MINIMUM VARIANCE CONTROL	ค่อนข้างไวต่อการเปลี่ยนแปลงของ ERROR ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ทำให้เกิดการแกว่งรอบ ๆค่าที่ตั้งไว้ก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว	อัลกอริทึมนี้จะพยายามลดค่าของ ERROR ที่เกิดขึ้นจึงทำให้กิริยาควบคุมที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามคุณสมบัติของอัลกอริทึม
GENERALIZED MINIMUM VARIANCE CONTROL	SMOOTH กว่าการควบคุมแบบ MV และมีสมรรถนะที่เหนือกว่าการควบคุมแบบอื่น สามารถเข้าสู่สภาวะคงตัวได้อย่างรวดเร็ว	เนื่องจากเป็นอัลกอริทึมชนิดเล็งเลิศที่พยายามลด ERROR และกิริยาควบคุมให้น้อยที่สุดนอกจากนี้ยัง WEIGHT กิริยาควบคุมที่เปลี่ยนแปลงเพื่อลดความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของ ERROR ได้อีกด้วย
POLE PLACEMENT METHOD	มีลักษณะ SMOOTH ไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของ ERROR สามารถเข้าสู่สภาวะคงตัวได้ตามต้องการ	เป็นอัลกอริทึมที่สามารถให้กิริยาควบคุมที่ SMOOTH แต่ไม่เป็นค่าที่เล็งเลิศ ผลตอบจะมีลักษณะตามโพลที่กำหนดให้
PID CONTROL (ON LINE)	จะแกว่งรอบค่าที่ตั้งไว้อยู่นานก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว	เพราะว่าใช้การควบคุมแบบ PID ผลตอบที่ได้จึงมีคุณสมบัติของ PID

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองในการจำลองแบบเชิงเลข

ชนิดของตัวควบคุม	ลักษณะผลตอบของกระบวนการ	หมายเหตุ
PID CONTROL	ไม่เสถียรภาพ	พารามิเตอร์ที่เปลี่ยนไปทำให้อัตราขยายของระบบเปิดสูงขึ้นทำให้ PID ไม่สามารถที่จะควบคุมได้
MINIMUM VARIANCE CONTROL	เกิดการแกว่งรอบค่าที่ตั้งไว้ ต้องใช้เวลานานก่อนเข้าสู่ภาวะคงตัว	เนื่องจากอัลกอริทึมและข้อจำกัดของกระบวนการทำให้กิริยาควบคุมถูกจำกัดไปด้วย
GENERALIZED MINIMUM VARIANCE CONTROL	มีการแกว่งทำนองเดียวกับ MV แต่สามารถเข้าสู่สภาวะคงตัวได้เร็วกว่า	ทำนองเดียวกับ MV ทำให้การควบคุมมีลักษณะไม่เป็นไปตามทฤษฎี
POLE PLACEMENT METHOD	ค่อนข้าง SMOOTH กว่าการควบคุมแบบอื่น มี MAXIMUM OVERSHOOT สูงกว่าสามารถเข้าสู่สภาวะคงตัวได้อย่างรวดเร็ว	เนื่องจากอัลกอริทึมและการกำหนดโพลที่แน่นอนทำให้ผลตอบมีความถี่และ DAMPING RATIO ตามที่ต้องการ
PI CONTROL (ON LINE)	มีการแกว่งรอบค่าที่ตั้งไว้ก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว	การใช้ PI ทำให้ขนาดของกิริยาควบคุมยังอยู่ภายใต้ข้อจำกัด จึงสามารถเข้าสู่สภาวะคงตัวได้อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองในกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ

คุมค่อนข้างเรียบ รวมทั้งสามารถทำงานในช่วงที่เป็นเชิงเส้นของ Actuator ได้ แต่ถ้าสมมติว่าระบบควบคุมอุณหภูมินี้ไม่มีลักษณะของ Actuator เข้ามาเกี่ยวข้อง การควบคุมแบบจูนปรับตัวเองชนิดเล็งเลิศอาจจะให้ผลตอบที่ดีกว่าก็เป็นได้ ซึ่งจะเห็นว่าการเลือกใช้ตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองจะขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการมากทีเดียว ส่วนการที่จะนำการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองนี้ไปใช้ในกระบวนการอื่นนั้นยังสรุปไม่ได้แน่นอนว่าวิธีใดที่น่าจะดีกว่ากัน เนื่องจากการทดลองได้ทำเฉพาะการควบคุมอุณหภูมิเท่านั้น แต่อาจจะคาดเดาได้โดยการพิจารณาจากคุณสมบัติของการควบคุมและลักษณะของกระบวนการได้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การแก้ไขกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ

การแก้ไขกระบวนการควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้สามารถศึกษาการควบคุมและพฤติกรรมของผลการควบคุมได้อย่างชัดเจน อาจจะต้องดัดแปลงบางส่วนภายในกระบวนการให้เหมาะสม ซึ่งที่เห็นจากผลตอบของกระบวนการพบว่า การควบคุมจะถูกจำกัดด้วยกำลังของลวดนำความร้อนซึ่งเป็น Actuator ภายในกระบวนการ และการตั้งค่าอุณหภูมิจะถูกกำหนดด้วย Ultrasonic level meter ทำให้ไม่สามารถตั้งค่าให้สูงมากนัก การแก้ไขสามารถทำได้โดย

1. เพิ่มกำลังของลวดนำความร้อน ซึ่งมีขนาดเพียง 4,000 วัตต์ ให้มากขึ้น จะทำให้เห็นความแตกต่างของการควบคุมแบบต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน

2. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและอุปกรณ์ Interface ที่ใช้ยังไม่ได้มาตรฐานที่จะใช้ควบคุมสามารถแก้ไขได้โดย เปลี่ยนมาใช้ Thermocouple หรือ RTD และใช้ตัวส่งสัญญาณแบบมาตรฐาน ก็จะทำให้ระบบควบคุมที่ใช้ได้มาตรฐาน แต่การนำมาใช้อาจจะต้องพิจารณาถึงการควบคุมด้วย เนื่องจาก Thermocouple มีพิสัยค่อนข้างกว้าง เมื่อนำมาใช้วัดอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงแคบ ๆ อาจจะทำให้สัญญาณที่วัดมีโอกาสผิดพลาดได้มาก หรือ ความละเอียด (Resolution) ของการวัดมีค่าเลวลง

3. เลือกอุปกรณ์วัดระดับใหม่โดยเปลี่ยนจาก Ultrasonic level meter มาใช้ D/P cell แทน

แนวการปรับปรุงของตัวควบคุม

ตัวควบคุมที่ทำขึ้นนี้จัดว่าเป็นตัวควบคุมที่อยู่ในขั้นทดลองใช้ ปัจจัยที่ใช้ในการควบคุมยังมีประสิทธิภาพไม่มากนัก เช่น โปรแกรมและอัลกอริทึมที่ใช้ในการควบคุม อุปกรณ์ Interface

ต่าง ๆ โครงสร้างของอัลกอริทึมและการแทนรูปแบบของกระบวนการ เป็นต้น ซึ่งแต่ละส่วนยังมีรายละเอียดปลีกย่อยอยู่อาจจะต้องปรับปรุงเพื่อความเหมาะสมในการใช้งานมากขึ้น แต่การแก้ไขในส่วนที่สำคัญ ๆ ได้แก้ไขเรียบร้อยแล้ว สำหรับการพัฒนาและปรับปรุงเพื่อให้ตัวควบคุมมีประสิทธิภาพและสมบูรณ์แบบมากขึ้นจะต้องคำนึงถึง

1. โปรแกรมและอัลกอริทึม เทคนิคการเขียนโปรแกรมมีความสำคัญในการควบคุม เนื่องจากการควบคุมกระบวนการในระบบเชิงเลขนี้อาศัยการคำนวณโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ดังนั้นค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ทุกตัวย่อมมีความสำคัญ การเปลี่ยนแปลงค่าหรือแทนค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ในโปรแกรมจะต้องพิจารณาว่าไม่มีผลกระทบต่อตัวแปรหรือพารามิเตอร์ตัวอื่น ส่วนการพัฒนาอัลกอริทึมควรจะให้มีประสิทธิภาพและความมั่นคงสูงมากขึ้น นอกจากนี้ควรพัฒนาเรื่องความเร็วของอัลกอริทึมในการควบคุมและขีดความสามารถ เช่น การเปลี่ยนอัลกอริทึมของการประมาณแบบเชิงเส้นมาใช้การประมาณแบบไม่เชิงเส้น ซึ่งจะทำให้ตัวควบคุมสามารถใช้ได้กับกระบวนการที่มีลักษณะไม่เชิงเส้นได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เป็นต้น และที่สำคัญจะต้องพัฒนาโปรแกรมให้มีความสามารถและมีฟังก์ชันพิเศษต่าง ๆ ในการควบคุมกระบวนการ สามารถที่จะติดต่อกับ Operator หรือ คอมพิวเตอร์อื่น ได้ง่าย และมีระบบ Security ทำหน้าที่ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในระบบควบคุม

2. โครงสร้างของการแทนรูปแบบของกระบวนการ สำหรับในการทดลองเป็นการควบคุมแบบหนึ่งอินพุตหนึ่งเอาต์พุต อัลกอริทึมที่แทนกระบวนการจะอยู่ในรูปของโพลีโนเมียลซึ่งการดัดแปลงเพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการที่มีขนาดใหญ่จะทำได้ยากต้องใช้เวลาในการคำนวณมาก [26] ดังนั้นจึงควรเลือกการแทนรูปแบบที่สามารถดัดแปลงได้ง่ายกว่านี้ ซึ่งจากบทความต่าง ๆ แนวโน้มของการพัฒนาการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองจะนิยมมาใช้การควบคุมชนิดหลายอินพุตหลายเอาต์พุตโดยใช้สมการพลวัตมากขึ้น ซึ่งในอนาคตจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ได้อย่างแน่นอน

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในตัวควบคุม ซึ่งได้แก่ ไมโครโปรเซสเซอร์ วงจร A/D และ D/A ควรเลือกใช้ชนิดที่มีความเร็วสูง จะทำให้การควบคุมกระบวนการให้มีสมรรถนะมากขึ้น และสามารถครอบคลุมปัญหาในการควบคุมได้มากขึ้น

แนวการพัฒนาตัวควบคุม

ตัวควบคุมที่ได้พัฒนาในวิทยานิพนธ์เป็นตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองที่ง่ายที่สุดในบรรดาตัวควบคุมแบบปรับตัวเอง มีลักษณะการควบคุมที่ไม่ยุ่งยากควบคุมกระบวนการแบบหนึ่งอินพุตหนึ่งเอาต์พุตโดยใช้ตัวควบคุมต่ออนุกรมกับกระบวนการ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการพัฒนาตัวควบคุมในต่างประเทศแล้วการพัฒนาชุดนี้จะล้าหลังประมาณสิบปี ดังนั้นการพัฒนาตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองคงจะต้องพัฒนากันต่อไปอีก ลักษณะของการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองที่น่าสนใจและปัจจุบันกำลังพัฒนาอยู่ในต่างประเทศได้แก่ การควบคุมแบบจูนปรับตัวเองชนิดหลายอินพุตหลายเอาต์พุตโดยแทนรูปแบบของกระบวนการในลักษณะของ State space [6,7] และใช้การควบคุมแบบกำหนดโพล ตัวอย่างเช่น A modified state space to multivariable self tuning control with pole assignment [26] เป็นต้น ซึ่งการควบคุมดังกล่าวสามารถที่จะครอบคลุมปัญหาได้กว้างและควบคุมกระบวนการได้เป็นอย่างดี การพัฒนาการควบคุมแบบจูนปรับตัวเองให้ได้อย่างต่างประเทศเป็นจุดที่ควรพัฒนาไปให้ถึง ซึ่งน่าจะพัฒนาต่อจากการพัฒนาในขณะนี้เพราะเมื่อพิจารณาความเป็นไปได้แล้วการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์สามารถที่จะนำมาเป็นตัวควบคุมได้ กรณีที่พัฒนาและนำไปใช้ในการควบคุมกระบวนการอาจจะต้องเลือกกระบวนการที่ค่อนข้างช้าเช่นเดียวกับการพัฒนาชุดนี้ ตัวอย่างเช่น ควบคุมกระบวนการควบคุมอุณหภูมิและกระบวนการควบคุมระดับพร้อม ๆ กันเป็นต้น ในปัจจุบันจะเห็นว่าการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นการลงทุนที่ต่ำและเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์กำลังพัฒนาไปอย่างมากซึ่งในอนาคตอันใกล้นี้ไมโครคอมพิวเตอร์จะมีความเร็วในการคำนวณสูงขึ้น ย่อมเป็นผลดีที่จะใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในงานควบคุม ซึ่งจะสามารถนำมาใช้เป็นตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองชนิดหลายอินพุตหลายเอาต์พุตได้อย่างแน่นอน

สำหรับการพัฒนาที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งได้แก่ การพัฒนาการประมาณแบบไม่เชิงเส้นมาประยุกต์กับการควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง ซึ่งมีลักษณะเดียวกับการควบคุมแบบ Suboptimal adaptive control เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถของตัวควบคุมให้ใช้กับกระบวนการที่ไม่เชิงเส้น ซึ่งจะทำให้การควบคุมสามารถครอบคลุมปัญหาได้มากขึ้น ตัวอย่างของการประมาณแบบไม่เชิงเส้นได้แก่ Shifted Legendre approach [27] เป็นต้น นอกจากนี้การบอกเอกลักษณ์แบบหลายตัวแปร (Identification using multivariable algolithms) [28] ก็เป็นส่วนที่น่าประยุกต์มาใช้ในการควบคุมด้วย

ตัวควบคุมในอุตสาหกรรม

การพัฒนาตัวควบคุมในอุตสาหกรรมถึงแม้ในปัจจุบันตัวควบคุมจะเปลี่ยนจากการควบคุมแบบ Analog มาเป็นการควบคุมแบบ Digital โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมแล้วก็ตาม แต่ลักษณะการควบคุมยังคงใช้การควบคุมแบบ PID เสียเป็นส่วนใหญ่ โดยทั่วไปตัวควบคุมในอุตสาหกรรมจะต้องมีความเชื่อถือ (Reliablity) และความสามารถพิเศษต่าง ๆ เช่น มี Function พิเศษที่ใช้ในระบบควบคุม สามารถทำหน้าที่แบบ Stand alone หรือติดต่อกับ Operator และ Supervisory โดยผ่าน Bus ควบคุมได้ มีระบบ Security ต่าง ๆ เป็นต้น การควบคุมจึงสามารถทำเป็นแบบ Hierachical control system [29,30] ได้ สำหรับตัวควบคุมในปัจจุบันที่น่าสนใจได้แก่ SLPC Programmable indicating controller [29] ซึ่งจัดว่าเป็นตัวควบคุมที่มีประสิทธิภาพ สามารถโปรแกรมใช้งานได้ตามความต้องการของ User มี Function การทำงานหลายอย่างได้แก่ PID control , Cascade control , Autoselector control และ Dead time compensation เป็นต้น แต่การพัฒนาส่วนใหญ่จะเป็นการพัฒนาทางด้านประสิทธิภาพของการควบคุมให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อใช้ในอุตสาหกรรม ซึ่งอย่างไรก็ตาม การพัฒนาตัวควบคุมแบบปรับตัวเองในอุตสาหกรรมก็มีมานานพอสมควร ตัวควบคุมที่น่าสนใจได้แก่ Expert system [31,32] เป็นตัวควบคุมแบบปรับตัวเองชนิดหนึ่งที่ใช้ในอุตสาหกรรม มีลักษณะการควบคุมแตกต่างไปจากการควบคุมแบบจูนปรับตัวเอง เพราะ Expert system เป็นโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาในการควบคุม สามารถควบคุมกระบวนการแบบปรับตัวเองได้ โดยการประยุกต์ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligent) เข้ากับเทคนิคของ Pattern recognition ประกอบกับภายในโปรแกรมได้บรรจุความรู้ (Knowledge) ประสบการณ์ (Experience) และความชำนาญของวิศวกรผู้ควบคุม ทำให้ Expert system สามารถตัดสินการควบคุมและปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมได้ด้วยเหตุผลที่ใกล้เคียงกับคน โดยไม่ต้องอาศัย Mathematical model ของกระบวนการเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับการควบคุมแบบปรับตัวเองทั่ว ๆ ไป นอกจากนี้ Expert system ถูกออกแบบมาใช้ควบคุมกระบวนการแบบ Real time ทำให้การควบคุมมีประสิทธิภาพและถูกออกแบบให้ฉลาด (Intelligent) ทำให้โปรแกรมสามารถตัดสินเองได้ว่าการควบคุมควรเป็นอย่างไร จากบทความล่าสุด [31] ของ Expert system จะมี Function พิเศษ ได้แก่ Gain scheduler เพื่อใช้กับกระบวนการที่ไม่เชิงเส้น จะเห็นว่า Expert system ออกแบบขึ้นด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงและมีโครงสร้างที่ซับซ้อน ตัวอย่างเช่น ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่เป็นแบบ Multi-tasking และใช้โปรแกรมในการ

ควบคุมหลายขั้นตอน เป็นต้น จากปัจจัยทั้งสองนี้เป็นความยากที่จะพัฒนาตัวควบคุมในขณะนี้ให้ไปได้ถึง การพัฒนาตัวควบคุมแบบปรับตัวเองที่เป็นไปได้ในขณะนี้อาจจะพัฒนาจากตัวควบคุมแบบจูนปรับตัวเองที่ได้พัฒนานี้ เนื่องจากเป็นการลงทุนที่ไม่สูงนักประกอบกับโครงสร้างที่ใช้สามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับการควบคุมได้ง่าย ทั้งสามารถควบคุมกระบวนการได้เป็นอย่างดี ในการพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้ในอุตสาหกรรมควรให้มีฟังก์ชันการทำงานเหมือนกับตัวควบคุมที่ใช้ในอุตสาหกรรม เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ร่วมกับระบบควบคุมในอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น สามารถติดต่อกับ Operator และ Supervisory ได้เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะทำให้ตัวควบคุมที่จะพัฒนาเป็นตัวควบคุมแบบปรับตัวเองที่น่าสนใจมากในอุตสาหกรรม