บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีทำให้เกิดหลักการและทฤษฎีการควบคุมแบบใหม่ๆ ขึ้นมาอย่างมากมาย โดยมีวัตถุประสงค์ก็เพื่อลดขั้นตอนความยุ่งยากและระยะเวลาของการควบคุมที่มีต่อพลานต์ในภาคอุตสาหกรรม พลานต์ต่างๆ ส่วนมากจะมีความซับซ้อนและไม่เป็นเชิงเส้นโดยมีการรบกวนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก และมีการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทำให้การออกแบบตัวควบคุมโดยใช้วิธีการประมาณค่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพลานต์ทำได้ยาก ซึ่งถ้าการประมาณค่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพลานต์เกิดการผิดพลาดจะทำให้เสถียรภาพและสมรรถนะในการควบคุมระบบลดลงตามไปด้วย

ในทางปฏิบัติการประมาณพลานต์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นเชิงเส้นแทนแบบจำลองของพลานต์ทางกายภาพที่มีลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้นนั้น สามารถทำให้การวิเคราะห์ของพลานต์และการสังเคราะห์ตัวควบคุมกระทำได้ง่าย แต่จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับพลานต์จริง ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ต่อไปจะถูกเรียกแทนว่า “ความไม่แน่นอน” (uncertainty) นอกจากนี้ความไม่แน่นอนรวมถึงการเปลี่ยนแปลงในสภาวะการทำงานซึ่งอาจเกิดจากการสึกหรอของพลานต์ หรือความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์วัด และตัวกระทำที่ไม่ละเอียดพอ ความไม่แน่นอนนี้อาจทำให้พลานต์ขาดเสถียรภาพและสมรรถนะที่ดี ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบตัวควบคุม เพื่อประกันเสถียรภาพและสมรรถนะที่ดีของพลานต์ เมื่อพิจารณากรณีที่มีความไม่แน่นอน ตัวควบคุมดังกล่าวเรียกว่า “ตัวควบคุมคงทน” (robust control) โดยในการออกแบบสิ่งที่สำคัญคือการรวมความไม่แน่นอนไว้กับแบบจำลองด้วย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การควบคุมแบบที่ปรับตัวได้ [1,2] เป็นที่รู้กันดีว่าเป็นวิธีการควบคุมขั้นสูงสำหรับพลานต์ที่มีความไม่แน่นอน และยังสามารถสร้างกฎการควบคุมที่มีความซับซ้อนในทางปฏิบัติด้วยคอมพิวเตอร์ได้ กรณีในพลานต์ของเซอร์โวมอเตอร์นั้นการควบคุมชนิดติดตามแบบจำลองที่ปรับตัวได้ ได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นเทคนิคการควบคุมที่มีประสิทธิผล [3,4] และเนื่องจากอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายในพลานต์ดังกล่าวมีผลตอบสนองทางพลวัตรที่เร็ว ดังนั้นต่อมาตัวควบคุมที่มีผลตอบสนองที่เร็วจึงเป็นสิ่งที่ต้องการในการควบคุมพลานต์ ถึงแม้ว่าทฤษฎีการควบคุมชนิดติดตามแบบจำลองแบบที่ปรับตัวได้ จะได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง แต่โครงสร้างที่ง่ายของพลานต์ควบคุม และการลดความซับซ้อนของกฎการปรับตัวก็ยังเป็นสิ่งที่ต้องการในการวิจัยเพิ่มเติมต่อไป ในปัจจุบันมีความพยายามอีกมากมายเพื่อจะหาวิธีในการเลือกแบบจำลองอ้างอิงที่เหมาะสม และลดความซับซ้อนของกฎการปรับตัว ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอหลักการ

ควบคุมคงทนที่มีพื้นฐานบนหลักการการควบคุมชนิดติดตามแบบจำลองแบบที่ปรับตัวได้ นั่นคือ การออกแบบตัวควบคุมคงทนชนิดติดตามการควบคุมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ วิธีการควบคุมดังกล่าวมีความแตกต่างและมีโครงสร้างการควบคุมพลานต์ที่ง่ายกว่า การควบคุมชนิดติดตามแบบจำลองแบบที่ปรับตัวได้เนื่องจากเป็นการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Nominal model) ของพลานต์เป็นแบบจำลองอ้างอิง (Model Reference) โดยตรงจากนั้นสัญญาณเข้าของแบบจำลองอ้างอิงและพลานต์จะไม่ใช่สัญญาณที่ป้อนจากสัญญาณอ้างอิง แต่เป็นสัญญาณจากตัวควบคุมแบบจำลองซึ่งออก แบบโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพลานต์ โดยเงื่อนไขการติดตามของพลานต์กับแบบจำลองอ้างอิง เมื่อพิจารณาการควบคุมตำแหน่งดีซีมอเตอร์ที่มีความไม่แน่นอน ความไม่แน่นอนนี้สามารถที่จะประกันด้วยสัญญาณที่เพิ่มเข้ามา จากตัวปรับแก้ซึ่งมีโครงสร้างแบบพีไอดีพื้นฐาน ซึ่งสัญญาณอินพุตของกลไกการปรับแก้ดังกล่าวก็คือค่าความผิดพลาด (Error) ระหว่าง พลานต์กับแบบจำลองอ้างอิงนั่นเอง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

พลานต์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมส่วนมากจะพบว่ามีการใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีสำหรับควบคุมระบบเป็นส่วนใหญ่ และเมื่อพิจารณากรณีที่พารามิเตอร์ของพลานต์เกิดความแปรผันมากๆ จะส่งผลให้ผลตอบสนองของระบบเกิดความผิดเพี้ยนไปจากข้อกำหนดที่ต้องการ ซึ่งวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอ โครงสร้างการออกแบบตัวควบคุมคงทนชนิดติดตามการควบคุมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถทำให้พลานต์มีเสถียรภาพคงทนต่อความไม่แน่นอนได้ดีกว่าพลานต์ที่ใช้เพียงตัวควบคุมชนิดพีไอดีอย่างเดียว โดยจะแสดงการเปรียบเทียบถึงผลตอบ สนองของพลานต์ ระหว่างการออกแบบตัวควบคุมคงทนชนิดติดตามการควบคุมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กับการควบคุมแบบดั้งเดิมที่ใช้พีไอดีอย่างเดียว โดยพิจารณาพลานต์การควบคุมตำแหน่งดีซีมอเตอร์ที่มีความไม่แน่นอน

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอ โครงสร้างการออกแบบตัวควบคุมคงทนชนิดติดตามการควบคุมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้รับพัฒนามาจากต้นแบบของการควบคุมชนิดติดตามแบบจำลองที่ปรับตัวได้ โดยวิธีการศึกษาโครงสร้างดังกล่าวจะเริ่มจาก การทดสอบหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพลานต์เพื่อใช้เป็นแบบจำลองอ้างอิงในการควบคุมเพื่อบรรลุข้อกำหนดการติดตามสัญญาณอ้างอิง และการทดสอบหากลไกการปรับแก้ชนิดพีไอดีเพื่อลดค่าความผิดพลาดทางพลวัตรระหว่างพลานต์จริง กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ได้มากที่สุด จากนั้นทำการทดลองโดยนำเอาโครงสร้างดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับพลานต์ของดีซีมอเตอร์ที่มีความไม่แน่นอน สุดท้ายผลการทดลองของพลานต์จะแสดงให้เห็นถึงความมีประสิทธิภาพ และ

ความคงทนต่อความไม่แน่นอนของพลานต์ เมื่อพิจารณากรณีการควบคุมตำแหน่งของดีซีมอเตอร์ โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และกลไกการปรับแก้ จะถูกตรวจสอบด้วยการจำลองพลานต์โดยโปรแกรม MATLAB เพื่อเปรียบเทียบผลของการทดสอบ สุดท้ายผลการทดลองจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิ ภาพของเทคนิคดังกล่าว

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

การควบคุมชนิดติดตามแบบจำลองที่ปรับตัวได้ ได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นเทคนิคการควบคุมที่มีประสิทธิผล และเนื่องจากอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายในพลานต์ดังกล่าวมีผลตอบสนองทางพลวัตรที่เร็ว ดังนั้นต่อมาตัวควบคุมที่มีผลตอบสนองเร็วจึงเป็นสิ่งที่ต้องการ ถึงแม้ว่าทฤษฎีการควบคุมชนิดติดตามแบบจำลองแบบที่ปรับตัวได้จะได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง แต่โครงสร้างที่ง่ายของพลานต์ควบคุม และการลดความซับซ้อนของกฎการปรับตัวก็ยังเป็นสิ่งที่ต้องการในการวิจัยเพิ่มเติมต่อไป ในปัจจุบันมีความพยายามมากมายเพื่อหาวิธีในการเลือกแบบจำลองอ้างอิงที่เหมาะสมและลดความซับซ้อนของกฎการปรับตัว ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมคงทน ที่มีพื้นฐานบนหลักการการควบคุมชนิดติดตามแบบจำลองแบบที่ปรับตัวได้ ซึ่งการออกแบบสามารถทำได้ง่าย และโครงสร้างของการควบคุมที่ง่ายกว่าสามารถลดความซับซ้อนได้ดีกว่าการควบคุมแบบที่ปรับตัวได้ โดยสามารถค้นคว้าเพิ่มเติมจากเอกสารอ้างอิงที่แสดงไว้ในวิทยานิพนธ์

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตในการวิจัยแบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกทำการออกแบบและสร้างการควบคุมตำแหน่งดีซีมอเตอร์ด้วยตัวควบคุมพีไอดี ส่วนที่สองทำการออกแบบและสร้างตัวควบคุมคงทนชนิดติดตามการควบคุมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยส่วนที่สองนี้ทำการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพลานต์ เพื่อใช้เป็นแบบจำลองอ้างอิงในการควบคุมเพื่อบรรลุข้อกำหนดการติดตามสัญญาณอ้างอิงของพลานต์ และทำการทดสอบหากลไกการปรับแก้ชนิดพีไอดีเพื่อลดค่าความผิดพลาดทางพลวัตรระหว่างพลานต์จริง กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ได้มากที่สุด จากนั้นนำเอาโครงสร้างดังกล่าวทั้งสองมาประยุกต์ใช้กับระบบของการควบคุมตำแหน่งดีซีมอเตอร์ที่มีความไม่แน่นอน ซึ่งทำได้โดยการติดตั้งโหลดให้กับเพลาของมอเตอร์ทำให้มอเตอร์มีความผิดเพี้ยนไปจากเดิม และนำผลการทดสอบที่ได้เปรียบเทียบกันระหว่างผลตอบสนองของพลานต์และช่วงเวลาในการไต่ระดับ ซึ่งผลการทดลองจะแสดงให้เห็นถึงความมีประสิทธิภาพและความคงทนสำหรับพลานต์ที่มีความไม่แน่นอน

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ในวิทยานิพนธ์นี้แบ่งขั้นตอนออกได้ 6 บท โดยมีรายละเอียดของแต่ละบทดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงเรื่องที่กำลังศึกษาซึ่งประกอบไปด้วยความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดในการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงเรื่องโครงสร้างโดยทั่วไปของพลานต์การควบคุม ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และวิธีการในการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพลานต์การควบคุม

บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานสำหรับการออกแบบตัวควบคุมเพื่อนำมาควบคุมพลานต์ดีซีมอเตอร์โดยจะแบ่งการอธิบายทฤษฎีพื้นฐานออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะอธิบายถึงทฤษฎีพื้นฐานสำหรับการออกแบบตัวควบคุมแบบดั้งเดิม ส่วนหลังจะอธิบายถึงทฤษฎีพื้นฐานสำหรับการออกแบบตัวควบคุมแบบคงทน และการประมาณค่าความไม่แน่นอนในการวัด

บทที่ 4 กล่าวถึงการออกแบบตัวควบคุมคงทนและการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนในแบบจำลองพลวัตร จะเริ่มจากการทดสอบหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากนั้นทำการออกแบบตัวควบคุมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งต้องอาศัยแบบจำลองในการออกแบบ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบโดยไม่พิจารณาความไม่แน่นอนของพลานต์ และการเปลี่ยนแปลงของโหลดแต่จะเป็นการออกแบบตัวควบคุมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อบรรลุสมรรถนะในการติดตามสัญญาณอ้างอิง และการออกแบบตัวควบคุมปรับแก้ชนิดพีไอดี จะเป็นการอาศัยเงื่อนไขการติดตามแบบจำลองอย่างสมบูรณ์แบบ และใช้กรณีเลวที่สุดของพลานต์ในการออกแบบเพื่อบรรลุเงื่อนไขให้เกิดสมรรถนะของความคงทนต่อความไม่แน่นอน ซึ่งการออกแบบที่แยกอิสระต่อกันระหว่างตัวควบคุมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และตัวปรับแก้ชนิดพีไอดี ซึ่งจะชี้ให้เห็นว่าไม่มีการรบกวนที่เกี่ยวข้องกันระหว่างการออกแบบทั้งสอง ดังนั้นสิ่งนี้จึงเป็นข้อดีที่เด่นชัดของการควบคุมคงทนชนิดติดตามการควบคุมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

บทที่ 5 กล่าวถึงขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็นสองการทดลอง โดยเริ่มจากการทดลองแรกคือการควบคุมตำแหน่งดีซีมอเตอร์ด้วยตัวควบคุมแบบดั้งเดิมกรณีที่การทำงานปกติ และบันทึกผลการทดลองเพื่อเป็นต้นแบบอ้างอิงจาก นั้นทำการทดลองที่สอง คือการควบคุมตำแหน่งดีซีมอเตอร์ด้วยตัวควบคุมแบบดั้งเดิมที่มีความไม่แน่นอนกรณีเลวที่สุด กับการควบคุมตำแหน่งดีซีมอเตอร์ด้วยตัวควบคุมคงทนชนิดติดตามแบบ จำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีความไม่แน่นอนกรณีเลวที่สุด จากนั้นทำการบันทึกผลเพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างตัวควบคุมแบบดั้งเดิม กับตัวควบคุมคงทนชนิดติดตามการควบคุมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีความไม่แน่นอนกรณีเลวที่สุดโดยใช้สัญญาณทดสอบแบบขั้นบันได เพื่อพิจารณาผลของการติดตามสัญญาณตำแหน่งอ้างอิงที่สภาวะการทำงานตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกา

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ