

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการควบคุมเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน และในทางอุตสาหกรรม ดังตัวอย่างที่พบเห็น เช่น การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ การควบคุมตำแหน่งของงานรับสัญญาณดาวเทียม ตลอดจนการควบคุมการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น จะเห็นได้ว่า นับวันการควบคุมเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน และการทำงานมากขึ้น

ดังนั้น การศึกษาระบบการควบคุม ทั้งทางด้านทฤษฎี และการปฏิบัติ ทำให้เราเข้าใจการทำงานของระบบต่าง ๆ ได้ดีขึ้น สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัย ไม่ทำให้ระบบเสียหาย อีกทั้งยังสามารถออกแบบตัวควบคุม เพื่อที่จะทำให้ระบบที่ถูกออกแบบนั้นทำงานได้ประสิทธิภาพดีขึ้น

โดยในวิทยานิพนธ์นี้ ได้เลือกแบบจำลองการควบคุม ที่เรียกว่า ลูกตุ้มผกผัน (Inverted Pendulum) ซึ่งเป็นแบบจำลองทางด้านกายภาพที่แสดงถึง กระบวนการที่ไม่มีเสถียรภาพ ใช้หลักการคล้ายกับการเลี้ยงไม้บนมือ เพื่อที่จะรักษาสสมดุล ของไม้ไม่ให้ล้ม ลูกตุ้มผกผัน มีลักษณะคล้ายกับลูกตุ้มนาฬิกาแต่กลับหัว มีจุดหมุนติดกับฐานที่ประกบกับตัวรถ โดยลูกตุ้มนี้อาจเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ในที่นี้จะบังคับให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่ได้เฉพาะแกนเดียวเท่านั้น ส่วนตัวรถสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้บนรางในแนวราบ โดยขับเคลื่อนด้วยแรงจากมอเตอร์

โดยปรกติแล้ว ลูกตุ้มจะสามารถตั้งตรงในแนวตั้งได้ แต่ถ้ามีแรงมากกระทำเพียงเล็กน้อย ลูกตุ้มก็จะล้ม นั่นก็แสดงให้เห็นว่า กระบวนการของลูกตุ้มผกผัน เป็นกระบวนการที่มีจุดสมดุลเพียงจุดเดียวเท่านั้น คือ จุดตั้งฉากกับแนวราบ ดังนั้นถ้าไม่มีการควบคุม ลูกตุ้มก็จะล้มเมื่อมีแรงมากกระทำ ดังนั้นเป้าหมายของการควบคุมกระบวนการของลูกตุ้มผกผัน คือต้องการควบคุมไม่ให้ลูกตุ้มล้ม และตัวรถอยู่ใน ตำแหน่งที่ต้องการ ส่วนมากแล้วจะกำหนดให้อยู่ตำแหน่งกึ่งกลางของราง ลักษณะการทำงานของ การควบคุมลูกตุ้มผกผัน คือ ในกรณีที่ลูกตุ้มล้มไปทางซ้ายมือ ก็ควบคุมให้ตัวรถเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ ด้วยความเร็วที่เร็วกว่าการล้มของลูกตุ้ม การกระทำเช่นนี้ ก็เพื่อที่จะสร้างแรงเพื่อที่จะเอาชนะแรงที่ทำให้ลูกตุ้มล้ม เมื่อแรงที่ได้จากการเคลื่อนที่ของตัวรถ

สามารถเอาชนะแรงที่ทำให้ลูกตุ้มล้มได้ ก็จะทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของลูกตุ้ม กลับทิศทางมาทางด้านขวามือ จนเข้าสู่จุดสมดุล ลูกตุ้มก็จะไม่ล้ม

จะเห็นได้ว่า ลูกตุ้มผกผันเป็นแบบจำลองที่ดี ที่ใช้เป็นแบบจำลองของการควบคุม กระบวนการที่ไม่มีเสถียรภาพได้เป็นอย่างดี เพราะเป็นกระบวนการที่ยากแก่การควบคุม เพราะเป็นกระบวนการที่มีการตอบสนองต่อสัญญาณรบกวนค่อนข้างเร็ว โดยตัวควบคุมบางตัว ก็ไม่สามารถที่จะควบคุมระบบนี้ได้ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ให้เป็นกระบวนการที่มี อินพุตเดียวเอาต์พุตเดียว (Single Input Single Output) หรือระบบ SISO และเป็นได้ทั้งกระบวนการที่มี อินพุตเดียวหลายเอาต์พุต (Single Input Multi Output) หรือระบบ SIMO โดยในวิทยานิพนธ์นี้ จะพิจารณาในกรณีที่เป็นกระบวนการที่มี อินพุตเดียวหลายเอาต์พุต

เหตุผลอีกประการหนึ่งของการเลือกใช้แบบจำลองของลูกตุ้มผกผัน ก็คือ สามารถสร้างขึ้นได้ง่าย โครงสร้างไม่ซับซ้อน มีขนาดเล็ก เหมาะที่จะนำมาสาธิตถึงระบบการควบคุมได้ง่าย ซึ่งหลักการของการควบคุมของลูกตุ้มผกผัน มีหลักการคล้ายกับ ระบบอื่น ๆ เช่น การควบคุมการปล่อยของยานอวกาศขึ้นสู่ท้องฟ้า , การควบคุมสมดุลของเครื่องบิน เป็นต้น ซึ่งสามารถนำความรู้ที่ได้จากการควบคุมระบบนี้ ไปประยุกต์ใช้กับการควบคุมของระบบอื่น ๆ ได้อย่างมากมาย

วิธีการควบคุม ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ เป็นวิธีที่ใช้ในการควบคุมสมัยใหม่ (Modern control) โดยจำลองระบบให้อยู่ในรูปของสมการสเตต (State equation) วิธีการควบคุม จะใช้วิธีของ Linear Quadratic Regulator หรือ LQR ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการที่เป็นแบบหลายอินพุตหลายเอาต์พุต (Multi Input Multi Output) หรือ MIMO อีกทั้งเป็น การควบคุมที่เหมาะสมที่สุด (Optimum control)

ตัวแปรสเตต (State variable) ของลูกตุ้มผกผัน ที่พิจารณาในวิทยานิพนธ์นี้ จะมีอยู่ 4 ตัว คือ ตำแหน่งของตัวรถ มุมของลูกตุ้ม ความเร็วของตัวรถ และ ความเร็วของลูกตุ้ม แต่วัดค่าของตัวแปรสเตตเพียง 2 ตัวเท่านั้น คือ ตำแหน่งของตัวรถ กับ มุมของลูกตุ้ม ส่วนตัวแปรสเตตที่ไม่ได้วัด คือ ความเร็วของตัวรถ กับ ความเร็วของลูกตุ้ม จะใช้การประมาณค่า โดยใช้ ตัวประมาณค่า (Estimator) ออกแบบโดยใช้วิธี Reduced Order Estimator

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อที่ศึกษาและสร้างแบบจำลองการควบคุมลูกตุ้มผกผัน ซึ่งสามารถวัดค่ามุมของลูกตุ้ม และตำแหน่งของตัวรถได้ เพื่อที่จะให้แบบจำลองนี้ ใช้ในการทดสอบการควบคุมของตัวควบคุมที่ออกแบบโดยใช้วิธีต่าง ๆ

1.2.2. เพื่อที่จะศึกษาถึงทฤษฎีการควบคุมแบบต่าง ๆ ตลอดจนการออกแบบตัวควบคุม เพื่อที่จะนำมาควบคุมแบบจำลองนี้ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นตัวช่วยในการออกแบบ

1.2.3. เพื่อที่จะศึกษาถึงวิธีการออกแบบ และสร้างตัวควบคุมในทางด้านทฤษฎีและทางปฏิบัติ

1.2.4. เพื่อที่จะศึกษาการเปรียบเทียบผลที่ได้จากทางด้านทฤษฎี และทางด้านปฏิบัติ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 สร้างแบบจำลองการควบคุมลูกตุ้มผกผัน ที่สามารถวัดตำแหน่งของตัวรถ และสามารถวัดมุมของลูกตุ้มได้ พร้อมทั้งสร้างวงจรขับมอเตอร์

1.3.2 หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ของลูกตุ้มผกผัน

1.3.3 ออกแบบการควบคุม และสร้างตัวควบคุมที่ได้จากการออกแบบ โดยใช้วงจรทางด้านอิเล็กทรอนิกส์

1.3.4 ทดสอบการควบคุมของลูกตุ้มผกผัน โดยสามารถควบคุมไม่ให้ลูกตุ้มล้ม และสามารถกำหนดตำแหน่งของตัวรถได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ได้แบบจำลองลูกตุ้มผกผัน ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดสอบ กับตัวควบคุมแบบต่าง ๆ

1.4.2 ได้ศึกษาถึงทฤษฎีและการออกแบบตัวควบคุม ของลูกตุ้มผกผัน ซึ่งสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

1.4.3 สามารถนำความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับการวิจัยได้ เช่น ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ เครื่องกล เครื่องมือวัด และการควบคุม

1.4.4 สามารถนำความรู้ที่ได้ นำไปประยุกต์กับกระบวนการต่าง ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกัน และเป็นพื้นฐานของการควบคุมระบบอื่น ๆ