

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอตัวควบคุมสำหรับเพนดูลัมผกผันแบบหมุนซึ่งตัวควบคุมประกอบด้วยตัวควบคุมเพื่อแกว่งเพนดูลัมขึ้นและตัวควบคุมรักษาสมดุล ตัวควบคุมเพื่อแกว่งแกว่งเพนดูลัมขึ้นออกแบบเพื่อแกว่งเพนดูลัมให้ขึ้นไปสู่ตำแหน่งตั้งขึ้นซึ่งออกแบบโดยใช้พื้นฐานจากพลังงานของแกว่งเพนดูลัมเนื่องจากระบบมีองศาอิสระเท่ากับสองแต่มีตัวขับเคลื่อนเพียงหนึ่งจึงไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของทั้งสององศาอิสระพร้อมๆกันได้ ด้วยเหตุนี้อินพุตจึงถูกออกแบบเพื่อควบคุมพลังงานทั้งหมดในระบบให้เท่ากับพลังงานศักย์ที่ตำแหน่งตั้งตรงด้วยทิศทางที่ถูกต้องเมื่อเพนดูลัมแกว่งผ่านจุดตั้งตรงตัวควบคุมเพื่อรักษาสมดุลจะเข้ามาทำหน้าที่แทน ซึ่งตัวควบคุมที่สองนี้จะทำหน้าที่รักษาเพนดูลัมให้อยู่ในลักษณะตั้งตรงต่อไป การออกแบบตัวควบคุมรักษาสมดุลจะใช้ตัวควบคุมกำลังสองเชิงเส้นซึ่งเป็นเทคนิคสำหรับระบบเชิงเส้น แต่เพราะที่จุดสมดุลสามารถแปลงระบบเพนดูลัมให้อยู่ในรูปเชิงเส้นได้ ตัวควบคุมเชิงเส้นจึงสามารถนำมาใช้ได้ และในกรณีเพนดูลัมทำมุมกับแนวตั้งตรงเกินกว่า  $\pm 20$  องศา ที่ซึ่งแบบจำลองเชิงเส้นที่จุดตั้งขึ้นไม่สามารถพรรณานวาระบบได้แม่นยำ จะทำการเปลี่ยนกลับไปสู่ตัวควบคุมเพื่อแกว่งเพนดูลัมขึ้นอีกครั้ง ตัวควบคุมที่ออกแบบไว้ทั้งสองตัวจะถูกติดตั้งบนตัวประมวลผลร่วมระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์และเอฟพีจีเอ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมทั้งสองทั้งในส่วนตัวควบคุมแกว่งเพนดูลัมขึ้นและตัวควบคุมรักษาสมดุลให้ผลการทำงานได้ดีและการปรับเปลี่ยนโหมดทำได้อย่างรวดเร็ว

This thesis proposes a controller for a rotary inverted pendulum. The controller consists of two modes, i.e., swing up and stabilization modes. In swing up mode, the controller is designed to bring the pendulum from stable downward equilibrium to unstable upright equilibrium position. The energy based control technique is used in this mode. This is because an inverted pendulum is under-actuated system, single input but two degrees of freedom, the input cannot control motion of both degrees simultaneously. Thus, the input is design to control the total energy in the system that equal to the potential energy at the upright position and the direction of applied torque. Once the pendulum passes the upright equilibrium, the control switches to stabilization mode. In stabilization mode, the controller is designed to maintain the pendulum at the upright position. The LQR control technique is used in this mode. Since pendulum at the upright position can be accurately linearized, a linear control technique such as LQR can be effectively designed. In case that the pendulum position exceeds  $\pm 20$  degrees from the upright position where the linear model at the upright position can not accurately describe the system, the control switches back to swing up mode. The control laws are implemented on microprocessor-FPGA coprocessor.

The experimental result demonstrates that the proposed controller can control the rotary inverted pendulum, both in swing up and stabilization modes. The switching is also smooth.