การออกแบบและจำลองระบบควบคุมตัวขับเคลื่อนไฟฟ้าเชิงกลปีกบังคับสำหรับจรวดแบบพื้นสู่พื้นพิสัยใกล้

A Design and Simulation of Electro-Mechanical Fin Actuator Control System for a Short Range Surface-to-Surface Missile

สุริยา ดวงสี

ส่วนงานวิศวกรรมระบบควบคุมและการสื่อสาร ฝ่ายวิจัยและพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน)
ติดต่อ: suriya.d@dti.or.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาการควบคุมปีกบังคับของจรวดนำวิถีแบบพื้นสู่พื้นพิสัยใกล้ โดยใช้ระบบควบคุมตัวขับเคลื่อนแบบไฟฟ้าเชิงกลซึ่งสร้างขึ้นจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกลไกเฟืองทดและเกลียวขับกำลังเพื่อไปขับปีกบังคับของจรวด โดยมีการป้อนกลับของตำแหน่งมุมปีกบังคับด้วยโพเทนชิโอมิเตอร์ในการทดลองระบบควบคุมใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี โดยใช้ตัวแบบจำลองเชิงคณิตสาตร์ของระบบควบคุมปีกบังคับ ซึ่งใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's law) ในการคำนวณหาตัวแบบจำลองเชิงคณิตสาตร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าและใช้กฎของนิวตัน (Newton's law) ในการคำนวณหาตัวแบบจำลองเชิงคณิตสาตร์ของชุดกลไกขับปีกบังคับที่ต่อกับเพลามอเตอร์ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์และออกแบบตัวควบคุมตำแหน่งแบบพีไอดี (PID controller) เพื่อใช้ในการควบคุมระบบ พบว่าผลของการตอบสนองชั่วขณะมีการตอบสนองที่ดี การตอบสนองของระบบต่อสัญญาณอินพุตอ้างอิงของระบบมีช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) และเวลาเข้าที่ (Settling Time)ในระยะเวลาที่สั้น โดยไม่มีการเกิดโอเวอร์ชูต (Overshoot) และระบบสามารถที่จะเข้าสู่สถานะคงตัว (Steady State) ได้

คำหลัก: ตัวขับเคลื่อนแบบไฟฟ้าเชิงกล,มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, การควบคุมปีกบังคับจรวด, การควบคุมแบบพีไอดี, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Abstract

This paper investigates a fin actuator control system for a short-range surface-to-surface missile using electromechanical actuation system. The assembled actuator consists of a DC motor with integrated planetary gearhead to drive the screw shaft. The output shaft of an assembled actuator is connected to a linear slide via a lever mechanism to drive its fin. A potentiometer is mounted at the rear side of its fin in order to report fin positions back to the controller. This controller is an on-board computer to control attitude and direction of a missile. This simulation demonstrates a control system with conventional PID position controller using mathematical model of electromechanical fin actuator control system. It uses the Kirchhoff's law to compute a DC motor model and uses the Newton's law to calculate a model of fin actuator mechanism. As a result, the simulated model shows transient response having shorter rise time and faster settling time without overshoot. The designed model of electromechanical fin actuator control system achieves response with steady state.

Keywords: Electromechanical actuator , DC motor, Control surface, PID control, Mathematic model

1. บทนำ

การควบคุมท่าทาง (Attitude) และทิศทาง (Direction) ของจรวดให้สามารถรักษาลักษณะท่าทางการบินให้มีเสถียรภาพ (Stability) และควบคุมทิศทางไปยังตำแหน่งเป้าหมายได้ถูกต้องและแม่นยำนั้น จะต้องใช้ส่วนขับเคลื่อนปีกบังคับ (Control surface) หรือที่เรียกว่า Fin Actuator เป็นตัวขับเคลื่อนหลักในการควบคุม ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีของการขับเคลื่อนแบบไฟฟ้าเชิงกล (Electromechanical Actuation) หรือมอเตอร์ (Motor) เป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมด้านการบินและอวกาศมากขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว จึงทำให้สามารถพัฒนาและสร้างอุปกรณ์ระบบขับเคลื่อนแบบไฟฟ้าเชิงกลได้ง่ายขึ้นและมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพ ที่สำคัญสามารถหาใช้งานได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไปได้ ทั้งในแง่ของการผลิตขึ้นมาใหม่และซ่อมบำรุง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกนำมาใช้งานกันมาก ในระบบขับเคลื่อนของแพนบังคับและปีกบังคับของอากาศยาน สำหรับงานวิจัยนี้ได้พิจารณาระบบขับเคลื่อนแบบไฟฟ้าเชิงกลสำหรับการควบคุมปีกบังคับของจรวดนำวิถีแบบพื้นสู่พื้นพิสัยใกล้ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และมีการป้อนกลับตำแหน่งของปีกบังคับมาที่ตัว