204171

งานวิจัยนี้ศึกษาการออกแบบตัววัดความเร่งแบบเซอร์โวสำหรับระบบแยกการสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟโดยใช้หลักการของชุดมวลรองรับด้วยสปริง ซึ่งประกอบด้วยมวลติดอยู่บนปลายคานยื่น (cantilever beam) ทำหน้าที่เสมือนสปริงของระบบ ตัวกำเนิดแรงเป็นแบบคอลย์เสียง และใช้ตัววัดความเครียด (strain gauge) เป็นเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ของมวล เพื่อส่งไปยังตัวควบคุม และตัวควบคุมจะส่งสัญญาณควบคุมมาสู่ตัวกำเนิดแรงเพื่อออกแรงในทิศทางตรงข้ามให้มวลหยุดนิ่ง โดยแรงที่ส่งมานั้นสามารถนำไปแปลงเป็นค่าความเร่งที่ต้องการวัด

จากการศึกษาเชิงทฤษฎีพบว่าถ้าต้องการให้ตัววัดความเร่งแบบเซอร์โวมีสมรรถนะที่ดีในแง่ของการลดผลของการรบกวนจากสัญญาณรบกวน จะต้องออกแบบชุดมวลรองรับด้วยสปริงให้มีความถี่ธรรมชาติต่ำ ๆ

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของฟังก์ชั่นถ่ายโอนระหว่างสัญญาณป้อนเข้าและสัญญาณส่งออก ทำโดยใช้เทคนิค system identification ซึ่งได้แบบจำลองอันดับ 6 เพื่อใช้ในการออกแบบตัวควบคุม โดยการใช้ตัวควบคุมแบบ PD และ LQG ซึ่งในการออกแบบตัวควบคุมแบบ PD นั้นได้ออกพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากวิธี root locus โดยคำนึงถึงความถี่ธรรมชาติและอัตราส่วนการหน่วงของระบบควบคุมป้อนกลับ ส่วนในการออกแบบตัวควบคุมแบบ LQG นั้นได้ออกแบบให้ฟังก์ชั่นราคา (cost function) มีค่าน้อยที่สุด เพื่อลดการกระจัดสัมพัทธ์ของชุดมวลรองรับด้วยสปริง

จากการที่ใช้ตัวควบคุมแบบ PD นั้นสามารถทำให้ตัววัดความเร่งแบบเซอร์โววัดค่าความเร่งได้ดีในช่วงความถี่ประมาณ $1-7Hz$ ที่การสั่น $500\mu m/s$ ซึ่งต้องการที่จะวัดความเร่งให้ได้ในช่วงความถี่เพิ่มมากขึ้น ส่วนการออกแบบตัวควบคุมแบบ LQG นั้นสามารถวัดความเร่งได้ดีในช่วงความถี่ใกล้เคียงกันแต่จะมีสัญญาณรบกวนในระดับที่ต่ำกว่า

ในงานวิจัยนี้พบว่าการออกแบบชุดมวลรองรับด้วยสปริง โดยการใช้มวลติดบนปลายคานแบบคานยื่นสำหรับใช้ในตัววัดความเร่งแบบเซอร์โว เนื่องจากตำแหน่งที่วัดการกระจัดอยู่คนละตำแหน่งกับตัวกำเนิดแรง ทำให้ระบบมี zero ทางด้านขวามือของระนาบเชิงซ้อน ซึ่งระบบที่มี zero ทางด้านขวามือนั้น ควบคุมได้ยากกว่าระบบทั่วไป ดังนั้นอาจจะมีการศึกษาออกแบบตัวควบคุมแบบ LQG ในแง่มุมอื่น เช่น การออกแบบ weighting function เป็นต้น การเพิ่ม system bandwidth อาจทำได้โดยการปรับปรุงชุดมวลรองรับด้วยสปริงให้มีความถี่ธรรมชาติค่าที่สองขึ้นไปให้มีค่าห่างจากความถี่ธรรมชาติค่าแรกมาก ๆ

This research is about sprung mass servo accelerometer design for active vibration isolation. The accelerometer consists of a mass on a cantilever beam acting as a spring. The actuator is a voice coil and the sensor is the strain gauges. When the sprung mass is oscillated, the strain gauges detect the proof mass displacement. The signal from strain gauges is used to drive the actuator in order to control the proof mass back to equilibrium position. The acceleration is calculated from the control signal.

Theoretically, sprung mass of servo accelerometer is designed to have low natural frequency to reduce the effect of noise signal.

System identification is used to identify the model of system and the six order model is used to design the controller. PD and LQG controllers are considered. The root locus method is used to design parameters of the PD controller, which is concerned about natural frequency and damping ratio of feedback control system. LQG is designed to minimize a quadratic cost function in order to decrease the relative displacement of sprung mass.

The servo accelerometer with PD controller works within a bandwidth $1-7Hz$ at constant velocity $500\mu m/s$. The servo accelerometer with LQG controller has similar performance to the PD controller; however the noise signal from the accelerometer with LQG control is less than with PD controller.

It is found that the system has zeros on the right half of the complex plane because measurement and actuator position is not collocated which makes the system more difficult to control. LQG controller design should be taken in difference aspect such as weighting function design. To increase the system bandwidth, sprung mass may be re-designed to shift the second mode and higher far away from first mode.