ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การจำลองและควบคุมแขนกลสองก้านแบบโครงสร้างยืดหยุ่น

ผู้เขียน นายสันติ ชาญวิกรัย

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ. ดร. แมทธิว โคล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้แสดงวิธีการพิสูจน์สมการการเคลื่อนที่ของแขนกลสองก้านต่อแบบก้านแข็งและก้านยืดหยุ่นเคลื่อนที่ในแนวระนาบโดยใช้ทฤษฎีแฮมิลตัน สมการการเคลื่อนที่ประกอบไปด้วย 3 สมการตามพิกัดอ้างอิง θ_1, θ_2, $w(r,t)$ สมการถูกจัดรูปให้เหมาะสมกับการอินทิเกรต พฤติกรรมของก้านยืดหยุ่นอธิบายโดยใช้วิธีสมมุติโหมดของการสั่น (Assumed modes method) ความถี่ธรรมชาติ 5 โหมดแรกถูกเลือกเพื่อใช้ในการสร้างสมการในรูปของ State-space

โปรแกรม Matlab และ Simulink ถูกใช้เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของแขนกลและการสั่นของก้านยืดหยุ่น

ผลการจำลองพฤติกรรมจากแบบจำลองที่มีองค์ประกอบค่าความหน่วงอย่างง่ายถูกแสดงไว้ แบบจำลองแสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของชุดทดสอบและสามารถทำนายพฤติกรรมการสั่นของแขนกลแบบก้านแข็งและก้านยืดหยุ่นทั้งยังใช้ออกแบบตัวควบคุมเพื่อลดการสั่นของก้านยืดหยุ่นได้

ชุดทดสอบของแขนกลสองก้านต่อแบบก้านแข็งและก้านยืดหยุ่นถูกสร้างเพื่อใช้ในการศึกษา ชุดทดสอบใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับชุดเฟืองขับแบบฮาร์โมนิคไดรฟ์ สเตรนเกจถูกนำมาติดตั้งบริเวณฐานของก้านยืดหยุ่นเพื่อใช้วัดการสั่นของก้านยืดหยุ่น วงจรทางอิเล็กทรอนิคส์ถูกออกแบบเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยทำหน้าที่ในการวัดและควบคุมกระแสไฟฟ้าในมอเตอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในงานวิจัยนี้ความถี่ธรรมชาติของก้านยืดหยุ่นหาได้จากการคำนวณทางทฤษฎีและการทดสอบ ในทางทฤษฎีความถี่ธรรมชาติคำนวณได้จากวิธีการ Eigen value ประกอบกับทฤษฎีของ Euler-Bernoulli โดยใช้เงื่อนไขค่าขอบของก้านยืดหยุ่นแบบฐานก้านยึดแน่นและปลายก้านอิสระ ความถี่ธรรมชาติของชุดทดสอบวัดได้จากสัญญาณเตรนเกจซึ่งทดสอบโดยการเคาะก้านยืดหยุ่น (Tap test) สัญญาณที่ได้จะถูกแปลงจากโดเมนของเวลาเป็นโดเมนของความถี่การสั่นด้วยวิธีการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว หลังจากการแปลงค่ากราฟนี้ถูกใช้เพื่อหาค่าความถี่ธรรมชาติและความหน่วงของก้านยืดหยุ่น

ตัวควบคุมแบบ PD ใช้เพื่อควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ เนื่องจากตัวควบคุมชนิดนี้มีความทนทานต่อความไม่แน่นอนของระบบและมีการตอบสนองของระบบรวดเร็ว ตัวควบคุมแบบ Energy-based ที่ใช้สัญญาณป้อนกลับจากสเตรนเกจใช้สำหรับควบคุมการสั่นของก้านยืดหยุ่นในการทดสอบตัวควบคุมแบบ Energy-based และตัวควบคุมแบบ PD จะถูกใช้ควบคุมกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์พร้อมกัน เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบที่ใช้ตัวควบคุมการสั่นร่วมกับ PD และระบบที่ไม่ใช้ (ใช้ตัวควบคุมแบบ PD อย่างเดียว) ระบบทั้งสองมีค่า Peak time ที่เท่ากัน แต่ระบบที่ใช้ตัวควบคุมการสั่นมีค่า Settling time ที่สั้นกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title Modeling and Control of a Two-link Rigid-flexible Manipulator

Author Mr. Santi Chanwikrai

Degree Master of Engineering (Mechanical Engineering)

Thesis Advisor Assoc. Prof. Dr. Matthew O.T. Cole

ABSTRACT

This thesis presents a method for deriving the dynamic equations of a two link rigid-flexible planar manipulator using Hamilton's principle theory. The dynamics of the manipulator can be described by three equations involving three generalize coordinates θ_1, θ_2, $w(r,t)$. These dynamic equations are simplified and converted to a form suitable for time-step integration. The equation describing deflection of the flexible end-link is discretized using the assumed modes method and a finite number of low frequency first five mode modes retained in a conversion to state-space form. Matlab and Simulink programs are used for numerical simulation of the manipulator motion and vibration of the flexible link.

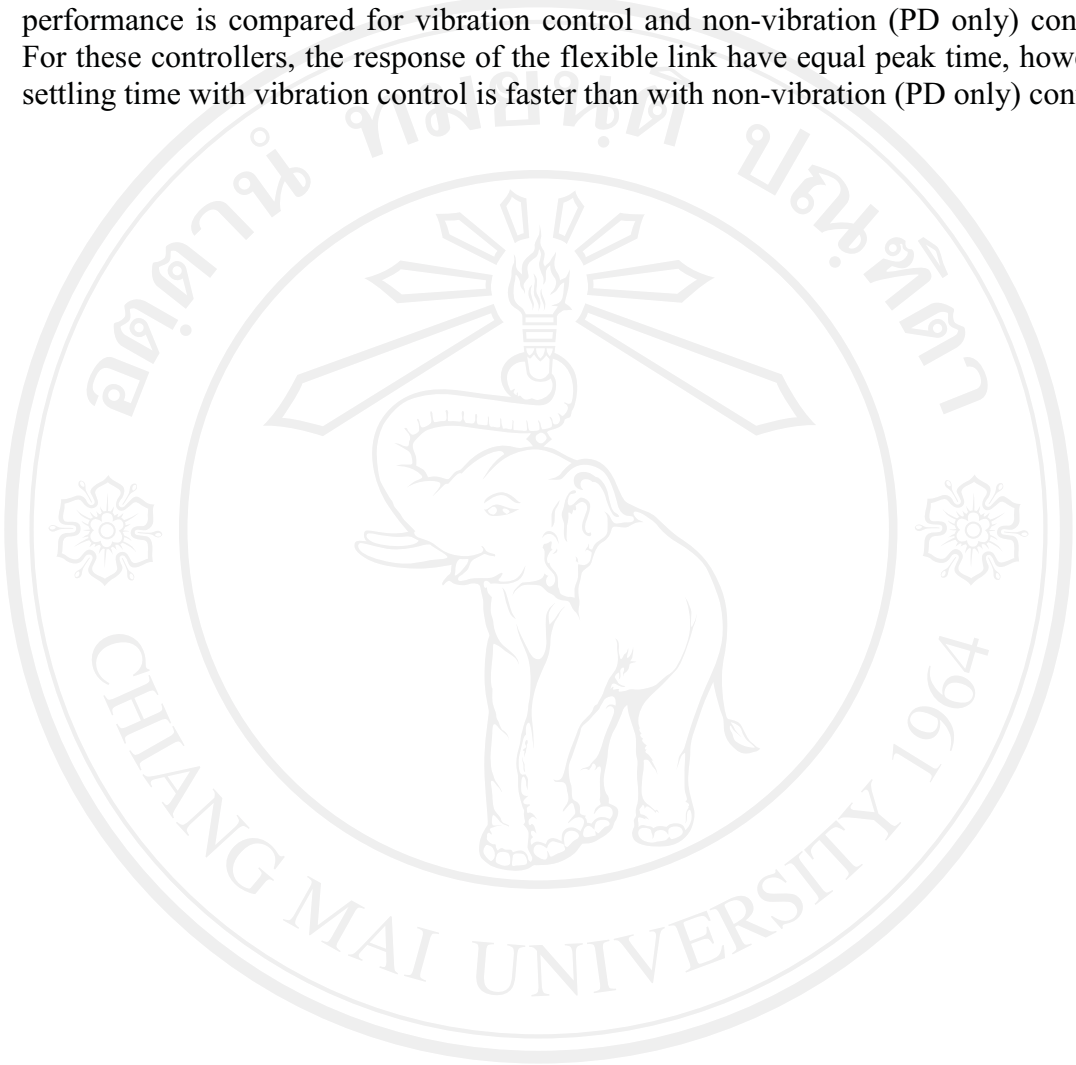
A set of simulation results showing behavior of the model is presented. With the inclusion of a simple damping model, the simulation model gives physically realistic motion behavior and is therefore considered suitable for predicting vibration behavior of a rigid-flexible manipulator and as a tool for designing and testing controllers for reduction of flexible link vibration.

A two link rigid-flexible manipulator test-rig is created for the experimental study. The experimental system is actuated by DC servo motors with harmonic drive gearheads. A strain gauge is used as vibration sensor, mounted at the base of the flexible end-link. Electronic circuits are designed and used to drive the motors by measuring and controlling current.

Natural frequencies of the flexible link are obtained from theory and experiment. For theory, natural frequencies are calculated from eigen value method with Euler-Bernoulli beam theory. Boundary conditions of the link are fixed-free. For experiment, natural frequencies are measured from strain signal graph during tap tests. Strain signal is converted from time domain to frequency domain by Fast Fourier Transform. The modal damping values of the flexible link can also be estimated from the Fast Fourier Transform graph.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

PD controllers are selected for motor position control because this type of controller is robust and can give quick response. An energy-based robust strain feedback controller is also considered for vibration control of the flexible link. The controller regulates the motor current in parallel with the PD controller. System performance is compared for vibration control and non-vibration (PD only) control. For these controllers, the response of the flexible link have equal peak time, however settling time with vibration control is faster than with non-vibration (PD only) control.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved