UAEU جامعة الإمارات العربية المتحدة United Arab Emirates University

The College of Graduate Studies and the College of Engineering Cordially Invite You to a

Master Thesis Defense

Entitled

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF ATTITUDE CONTROL SYSTEM FOR GNSSAS 6U CUBESAT

by

Anoud Nasser Abdullah Alkatheeri

ID: 201205598

Faculty Advisor

Dr. Mohamed Okasha

Department of Mechanical and Aerospace Engineering

College of Engineering

Date & Venue

10:00 am

Friday, 22nd November 2024

Room 1043, F1 Building

Abstract

This thesis presents the design and simulation of the Attitude Control System (ACS) for the GNSSaS 6U CubeSat, developed by the National Space Science and Technology Center (NSSTC) at UAE University. The CubeSat's mission is to enhance GNSS signal accuracy, which requires precise attitude control to achieve this objective. The ACS utilizes magnetorquers and reaction wheels for actuation. The primary objective of this thesis is to design an ACS that fulfills the mission's performance requirements, including maintaining pointing accuracy in both fine and medium pointing modes. To achieve this, a comprehensive disturbance analysis was conducted, leading to the selection of suitable actuators and control strategies. The ACS implements both PID and LQR controllers to achieve stable and accurate pointing in different operational modes. The ACS was modeled and simulated using MATLAB, focusing on various operational modes, including detumbling, medium pointing, and fine pointing, with sub-modes such as nadir pointing, sun pointing, and ground station tracking. The simulation results demonstrate that the GNSSaS CubeSat achieves stable control and meets its pointing accuracy requirements. The LQR controller proved particularly effective in fine pointing mode, enabling precise and stable transitions between sub-modes by balancing precision and energy consumption. Furthermore, LQR's tuning flexibility allowed for smoother and more stable responses, with minimal oscillation. This work contributes to the development of robust ACS designs for CubeSats, addressing key challenges such as managing external disturbances and ensuring reliable control through effective momentum management. The findings confirm that the GNSSaS ACS meets all mission requirements and lays a solid foundation for future CubeSat missions.

Keywords: Attitude Control System (ACS), CubeSat, Detumbling, Disturbance Analysis, LQR Controller, PID Controller

UAEU عمادة المكتبات Libraries Deanship جامعة الإمارات العربية المتحدة United Arab Emirates University

Digital Library Services Section - قسم الخدمات المكتبية الرقمية

UAEU جامعة الإمارات العربية المتحدة
United Arab Emirates University

تتشرف كلية الدراسات العليا و كلية الهندسة بدعوتكم لحضور

مناقشة رسالة الماجستير

العنوان

تصميم ومحاكاة نظام التحكم في التوجيه للقمر GNSSaS CubeSat بحجم U6

للطالبة

عنود ناصر عبدالله الكثيري

الرقم الجامعي: 201205598

المشرف

د. محمد عكاشة

قسم الهندسة الميكانيكية والطيران

كلية الهندسة

المكان والزمان

10:00 صباحا

22 نوفمبر 2024

1043، المبنى F1

الملخص

تتناول هذه الرسالة تصميم ومحاكاة نظام التحكم في التوجيه (ACS) الخاص بالقمر الصناعي GNSSaS بحجم U6، الذي تم تطويره في المركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا الفضاء (NSSTC) بجامعة الإمارات العربية المتحدة. تهدف مهمة القمر الصناعي إلى تحسين دقة إشارات نظام تحديد المواقع العالمي(GNSS) ، مما يتطلب تحكمًا دقيقا في اتجاه القمر الصناعي لتحقيق هذا الهدف. يعتمد نظام التحكم في التوجيه على استخدام المحركات المغناطيسية وعجلات التحكم لتحقيق الاستقرار المطلوب. الهدف الرئيسي من هذا البحث هو تصميم نظام تحكم في التوجيه يلبي متطلبات المهمة، بما في ذلك الحفاظ على دقة التوجيه في وضعي التوجيه الدقيق والتوجيه المتوسط. لتحقيق ذلك، تم إجراء تحليل شامل للاضطرابات الخارجية الناتجة عن البيئة المحيطة بالقمر الصناعي، مما ساعد في اختيار المشغلات المناسبة واستراتيجيات التحكم الفعالة مثل PID وLQR.

تمت نمذجة النظام ومحاكاته باستخدام برنامجMATLAB ، مع التركيز على أوضاع التشغيل المختلفة، مثل إزالة الدوران الأولي (detumbling)، والتوجيه المتوسط، والتوجيه الدقيق، بالإضافة إلى الأنماط الفرعية مثل التوجيه نحو الاتجاه العمودي نحو الأرض(nadir) ، والتوجيه نحو الشمس، وتعقب المحطة الأرضية. في وضع التوجيه الدقيق، تم استخدام وحدة التحكم LQR، حيث أثبتت فعاليتها في تحقيق انتقالات دقيقة ومستقرة بين الأوضاع الفرعية من خلال الموازنة بين الدقة واستهلاك الطاقة، بينما تم استخدام وحدة التحكم PID في وضع التوجيه المتوسط.

تُظهر نتائج المحاكاة أن القمر الصناعي GNSSaS قادر على الحفاظ على استقرار التوجيه ويلبي متطلبات الدقة في جميع أوضاع التشغيل، مع إدارة فعالة للزخم باستخدام عجلات التحكم. يساهم هذا العمل في تطوير تصاميم قوية لأنظمة التحكم في التوجيه للأقمار الصناعية الصغيرة(CubeSats) ، من خلال معالجة التحديات الرئيسية مثل إدارة الاضطرابات الخارجية وضمان التحكم الموثوق من خلال إدارة الزخم بفعالية. وتؤكد النتائج أن نظام التحكم في التوجيه للقمر الصناعي GNSSaS يفي بجميع متطلبات المهمة ويشكل أساسًا قويًا لمهام CubeSat المستقبلية.

كلمات البحث الرئيسية: نظام التحكم في الاتجاه(ACS) ، القمر الصناعيCubeSat ، تحليل الاضطرابات، آلية التحكم LQR، آلية التحكم PID.

UAEU عمادة المكتبات Libraries Deanship
جامعة الإمارات العربية المتحدة United Arab Emirates University
Digital Library Services Section - قسم الخدمات المكتبية الرقمية