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

ANALYSIS, DESIGN, AND EXPERIMENTAL VALIDATION OF THE THERMAL SUBSYSTEM OF ALAINSAT-1 CUBESAT

by

Ameereh Seyedzadeh

ID: 201304592

Faculty Advisor

Dr. Mohamed Okasha

Department of Mechanical and Aerospace Engineering

College of Engineering

Date & Venue

3:00 PM

Monday, 25th November 2024

Room 1043, F1 Building

Abstract

This thesis investigates the thermal management techniques of AlAinSat-1 during extremely harsh space conditions. It presents a comprehensive analysis of its thermal behavior using numerical techniques and validates the CubeSat's survivability in space via experimental testing. AlAinSat-1 is a nanocube-shaped satellite carrying Earth observation payloads, including RITA (Remote Sensing and Interference Detector with Radiometry and Vegetation Analysis) and Locana. Understanding how the CubeSat behaves in harsh space conditions and maintains thermal stability during its mission is critical to its success. The main aim of this study is to employ finite element analysis (FEA) techniques to simulate the thermal behavior of AlAinSat-1 and then validate the simulated results via experimental testing. However, the validation of simulated results against experimental ones was not achieved due to unexpected circumstances that prevented us from conducting a thermal balance test. Therefore, a different approach to validation is followed. The thermal analysis is conducted using Siemens NX's software. The CubeSat is modeled and analyzed following a series of stages, including idealization, meshing, assigning thermal properties, assembly, and setting up boundary conditions to examine the satellite's temperature response to environmental conditions. The worst hot and cold scenarios are simulated to ensure the mission's success and CubeSat's functionality. Initial results show that AlAinSat-1 can survive in space. Still, the RITA payload is prone to overheating as the calculated temperature range exceeded the maximum operating temperature limitation, which might cause a failure in the mission. However, after multiple trials, including covering the RITA payload with brackets that serve as shields to protect the payload from overheating, the final results show that AlAinSat-1 can survive extremely harsh space conditions because all of its components operate within the operational temperature range. The calculated simulated temperature for the worst hot case of the RITA payload, which should operate from 0°C to 50°C, decreases from 53.304°C to 34.11°C. Bakeout and thermal cycling tests are conducted on AlAinSat-1 using a small Thermal Vacuum Chamber (TVAC) to validate its survivability in space, ensuring it operates within the designated operational temperature limits. The bakeout test lasts 5 hours at 50°C to remove any volatile contaminants from the CubeSat's sensitive components, avoiding outgassing materials. Results of the bakeout test showed a 0.1% total mass loss, which indicates the test's success. On the other hand, the thermal cycling test is conducted for four cycles at the range of -20°C and +50°C for a dwell time of 1 hour for each cycle. The thermal cycling test results are used to check if the components of AlAinsat-1 are operating within the operational range as the simulated results are suggesting. The results of the experimental testing agreed with the simulated results; both show that the components of AlAinSat-1 operate within their operational temperature limits.

Keywords: AlAinSat-1 CubeSat, Bakeout Test, Siemens NX, Simulation, Thermal Analysis, Thermal Cycling Test, Thermal Vacuum Chamber, Transient Analysis, Validation.

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 وكلية الهندسة بدعوتكم لحضور

مناقشة رسالة الماجستير

العنوان

تحليل وتصميم والتحقق التجريبي من النظام الحراري للقمر الصناعي CubeSat AlAinSat-1

للطالبة

أميرة سيدزاده

الرقم الجامعي : 201304592

المشرف

د. محمد عكاشة

قسم الهندسة الميكانيكية والطيران

كلية الهندسة

المكان والزمان

3:00 مساءً

25 نوفمبر 2024

1043، المبنى F1

الملخص

تتناول هذه الرسالة تقنيات إدارة الحرارة للقمر الصناعي AlAinSat-1 أثناء تعرضه لظروف فضائية قاسية للغاية. وتقدم تحليلاً شاملاً لسلوكه الحراري باستخدام تقنيات عددية، والتحقق من قابلية القمر الصناعي من النجاة في الفضاء من خلال اختبار تجريبي. يعد AlAinSat-1 قمرًا صناعيًا نانويًا على شكل مكعب صغير يحمل حمولات لرصد الأرض، بما في ذلك نظام RITA(كشف الاستشعار عن بُعد والتداخل مع التحليل الإشعاعي والنباتي) وLocana.إن فهم كيفية استجابة القمر الصناعي لهذه الظروف القاسية وقدرته على الحفاظ على الاستقرار الحراري أثناء مهمته أمرٌ بالغ الأهمية لنجاحه.

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو استخدام تقنيات التحليل بالعناصر المحدودة (FEA) لمحاكاة السلوك الحراري لـ AlAinSat-1ثم التحقق من صحة النتائج المحاكاة من خلال الاختبار التجريبي. إلا أنه لم يتم التحقق من صحة النتائج المحاكاة مقابل النتائج التجريبية بسبب ظروف غير متوقعة حالت دون إجراء اختبار التوازن الحراري، وبالتالي تم اتباع نهج بديل للتحقق من النتائج. يتم إجراء التحليل الحراري باستخدام برنامج (Siemens NX).

تمت محاكاة أسوأ السيناريوهات الحرارية الباردة والحارة لضمان نجاح المهمة ووظائف القمر الصناعي. تظهر النتائج الأولية أن AlAinSat-1 يمكنه البقاء في الفضاء، إلا أن حمولة RITA عرضة لفرط السخونة حيث تجاوز نطاق درجة الحرارة المسموح بها للتشغيل، مما قد يؤدي إلى فشل في المهمة. ومع ذلك، وبعد محاولات متعددة، بما في ذلك تغطية حمولة RITA بقواعد تعمل كدروع لحمايتها من فرط السخونة، أظهرت النتائج النهائية أن AlAinSat-1 يمكنه البقاء في ظل ظروف فضائية قاسية للغاية، حيث تعمل جميع مكوناته ضمن نطاق درجة الحرارة التشغيلية.

تنخفض درجة الحرارة المحسوبة والمحاكاة في أسوأ الحالات الحارة لحمولةRITA ، والتي يجب أن تعمل من 0 درجة مئوية إلى 50 درجة مئوية، من 53.304 درجة مئوية إلى 34.11 درجة مئوية. يتم إجراء اختبارات التطهير الحراري (Bakeout)والتدوير الحراري (Thermal Cycling) على AlAinSat-1 باستخدام حجرة تفريغ حرارية صغيرة (TVAC)للتحقق من قابليته للبقاء في الفضاء وضمان عمله ضمن الحدود التشغيلية المحددة للحرارة.

يستمر اختبار التطهير الحراري لمدة 5 ساعات عند درجة حرارة 50 درجة مئوية لإزالة أي ملوثات متطايرة من المكونات الحساسة لـ CubeSat، لتجنب انبعاث المواد الغازية. أظهرت نتائج اختبار التطهير الحراري خسارة كتلة كلية بنسبة 0.1٪، مما يشير إلى نجاح الاختبار. أما اختبار التدوير الحراري، فيتم إجراؤه لأربعة دورات ضمن نطاق -20 درجة مئوية و+50 درجة مئوية، بوقت ثبات قدره ساعة لكل دورة. تُستخدم نتائج اختبار التدوير الحراري للتحقق مما إذا كانت مكونات AlAinSat-1 تعمل ضمن النطاق التشغيلي الذي تشير إليه النتائج المحاكاة. وقد اتفقت نتائج الاختبار التجريبي مع النتائج المحاكاة، حيث أظهرت كليهما أن مكونات AlAinSat-1 تعمل ضمن حدود درجة الحرارة التشغيلية الخاصة بها.

كلمات البحث الرئيسية: العين سات-1 القمر الصناعي المكعب، اختبار التطهير الحراري، سيمنز NX، المحاكاة، التحليل الحراري، اختبار التدوير الحراري، غرفة الفراغ الحراري.

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

Digital Library Services Section - قسم الخدمات المكتبية الرقمية