

**Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя**

Стросінський Степан Васильович

УДК 621:382

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ
СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РУХОМ МІКРОСУПУТНИКА
З ВРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ІОНІЗАЦІЙНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

8.05090102 – Телекомунікації та радіотехніка

Автореферат дипломної роботи магістра

Тернопіль – 2017

Роботу виконано на кафедрі радіотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри радіотехнічних систем,
декан факультету прикладних інформаційних технологій
та електроінженерії
Яськів Володимир Іванович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри біотехнічних систем
Яворська Євгенія Богданівна,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 лютого 2017 р. о 10:00 годині на засіданні екзаменаційної комісії №26 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-612.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Всі сучасні види телекомунікації (інтернет, GPS, зв'язок спеціального призначення та ін.) використовують радіоелектронні системи космічних апаратів (супутників), що знаходяться в зоні радіаційних поясів Землі. До складу радіоелектронних систем супутників входять вироби напівпровідникової електроніки, які в умовах тривалого космічного польоту (10-15 років) піддаються безперервному впливу іонізуючого випромінювання космічних променів низької інтенсивності з потужністю дози порядку $10^{-6} \div 10^{-2}$ Р/с. У зв'язку з великою енергією всіх компонентів космічних променів вони мають високу проникаючу здатність і можуть істотно змінити параметри напівпровідникових інтегральних схем і привести до відмови систем зв'язку при їх тривалій роботі в Космосі.

Завдання, що покладаються на штучні супутники Землі, постійно ускладнюються. Це призводить до необхідності вдосконалення їх систем керування. Особливо це відноситься до систем стабілізації та орієнтації (ССО) малогабаритних космічних апаратів (МКА) тривалого існування. При розробці ССО таких МКА доводиться враховувати обмеження на можливості їх виконавчих пристроїв (ВП). Найбільш раціональним є використання в якості виконуючого пристрою (ВП) або тільки двигунів-маховиків (ДМ), або тільки магнітних виконавчих органів (МІО).

Системи керування суттєво відрізняються один від одного, в залежності від того, яка природа керуючого впливу на рух КА, які способи реалізації та які потрібні при цьому пристрої системи керування рухом. Від роботи системи керування залежить робота всіх інших підсистем космічного апарата, а також якість здійснюємих робіт, обумовлених корисним навантаженням апарата. У зв'язку з тим, що, практично, перед кожним космічним апаратом ставляться специфічні конкретні цілі й завдання, система керування для кожного апарата, незважаючи на обов'язкові елементи конструкції, розробляється індивідуально під відповідне призначення.

Таким чином, проблема керування рухом мікросупутника потребує подальшого дослідження, а тому розроблення системи керування на базі математичної моделі для мікросупутників, яка уможливить врахувати вплив іонізуючого випромінювання, є актуальною науковою задачею.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження* є побудова математичної моделі системи керування рухом мікросупутника для підвищення ефективності систем радіаційного захисту.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз відомих моделей основних елементів мікро- і наносупутників для обґрунтування напрямку наукового дослідження.
2. Побудувати модель системи керування рухом мікросупутника з врахуванням його структури.
3. Розробити систему захисту мікросупутника на основі моделі з метою виявлення моментів впливу іонізуючого випромінювання.
4. Використовуючи методи комп'ютерного моделювання проходження електронів через шаруватий композиційний матеріал, для порівняння ефективності захисних властивостей шаруватих матеріалів.

Об'єкт дослідження: процес керування рухом мікросупутника із врахуванням впливу іонізуючого випромінювання.

Предмет дослідження: математична модель системи керування рухом мікросупутника.

Методи дослідження побудовано на базі теорії обчислювальних процесів для обґрунтування створення системи керування рухом мікросупутника. Для програмної реалізації алгоритмів опрацювання використано пакет прикладних програм MATLAB.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблено метод комп'ютерного аналізу композиційних матеріалів, що забезпечує підвищення ефективності захисних властивостей шаруватих матеріалів.

Апробація результатів дисертації. Викладені в дипломній роботі результати доповідалися і обговорювалися на ІХ Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“ (м. Тернопіль, 2016р.).

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 145 сторінках, списку використаних джерел з 44 назв на 5 сторінках, додатків на 7 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 160 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях і семінарах.

У першому розділі «Стан і тенденції розвитку космічних апаратів» проаналізовано вигляд перспективної активно-пасивної системи керування кутовим рухом малих космічних апаратів (на прикладі наносупутників), компонентну модель, та архітектуру системи керування супутника

У другому розділі «Модель керування рухом мікросупутника» сформовано вигляд перспективної активно-пасивної системи управління кутовим рухом наносупутників, що забезпечує підвищений термін служби в порівнянні із зарубіжними аналогами активного типу.

У третьому розділі «Системи захисту космічного апарату» за допомогою методу Монте-Карло проведено комп'ютерне моделювання процесу проходження електронів з енергією 2 MeV через композиційний матеріал, що представляє собою набір з двох пластин різних металів. Досліджено енергетичний спектр, який суттєво змінюється в залежності від послідовності важкий-легкий метал. Встановлено, що густина ймовірності проходження гамма-квантів для випадку важкий-легкий метал більша у всьому енергетичному діапазоні, ніж при послідовності легкий-важкий метал.

Проведено візуальне порівняння спектрів гамма-квантів шаруватого матеріалу (легкий-важкий) зі спектром гамма-квантів, отриманим при моделюванні опромінення електронами пластини зі свинцю такої ж товщини, як і весь композит (2 мм). Зроблено припущення про можливість створення ефективного захисту від

гамма-квантів будь-яких енергій за допомогою шарів матеріалу з набору різних металів, з'єднаних між собою у твердій фазі.

У четвертому розділі «Дослідження композитних наноматеріалів для захисту космічного апарату» із застосуванням засобу програмного забезпечення MATLAB реалізовано структуру моделі «Система орієнтації супутника», алгоритм роботи системи орієнтації супутника, що визначає поточне кутове положення супутника під дією всіх зовнішніх чинників, що збурюють рух керуючих моментів. Розглянуто й проаналізовано існуючі моделі електромагнітного виконавчого органа, що уможливорює визначення керуючого обертаючого моменту, який виникає при взаємодії його з електромагнітним полем Землі. Алгоритми реалізовані у середовищі MATLAB/Simulink.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» побудовано модель мікросупутника разом з магнітометром і давачем координат сонця в середовищі Simulink, і в ній для оцінки кутової орієнтації був використаний QUEST. Дана модель відповідає реальному мікросупутнику, а QUEST в повній мірі забезпечує адекватну оцінку точності кутової орієнтації мікросупутника.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 70132,91 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розкрито питання, яке стосується міжнародних організацій в сфері охорони праці та організації наукових досліджень в галузі охорони праці. Щодо питання безпеки в надзвичайних ситуаціях, то розкрито суть забезпечення стійкості роботи об'єктів зв'язку, радіомовлення і телебачення до дії уражаючих факторів надзвичайних ситуацій та здійснення заходів щодо зниження дії радіоактивних випромінювань.

У восьмому розділі «Екологія» висвітлено загальні відомості про іонізуюче випромінювання та норми радіаційної безпеки.

У додатках наведено тексти програм (з коментарями) для MATLAB.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розв'язано актуальну наукову задачу вирішення проблеми керування рухом мікросупутника шляхом розроблення системи керування на базі математичної моделі для мікросупутників, яка уможливить врахувати вплив іонізуючого випромінювання.

При цьому отримано такі результати:

1. Досліджено вигляд перспективної активно-пасивної системи керування кутовим рухом малих космічних апаратів (на прикладі наносупутників), компонентну модель, та архітектуру системи керування супутника

2. Сформовано вигляд перспективної активно-пасивної системи управління

кутовим рухом наносупутників, що забезпечує підвищений термін служби в порівнянні із зарубіжними аналогами активного типу.

3. За допомогою методу Монте-Карло проведено комп'ютерне моделювання процесу проходження електронів з енергією 2 МеВ через композиційний матеріал, що представляє собою набір з двох пластин різних металів. Досліджено енергетичний спектр, який суттєво змінюється в залежності від послідовності важкий-легкий метал. Встановлено, що густина ймовірності проходження гамма-квантів для випадку важкий-легкий метал більша у всьому енергетичному діапазоні, ніж при послідовності легкий-важкий метал.

4. Проведено візуальне порівняння спектрів гамма-квантів шаруватого матеріалу (легкий-важкий) зі спектром гамма-квантів, отриманим при моделюванні опромінення електронами пластини зі свинцю такої ж товщини, як і весь композит (2 мм). Зроблено припущення про можливість створення ефективного захисту від гамма-квантів будь-яких енергій за допомогою шарів матеріалу з набору різних металів, з'єднаних між собою у твердій фазі.

5. Складена структура моделі «Система орієнтації супутника», алгоритм роботи системи орієнтації супутника, що визначає поточне кутове положення супутника під дією всіх зовнішніх чинників, що збуджують рух керуючих моментів. Розглянуто й проаналізовано існуючі моделі електромагнітного виконавчого органа, що уможлиблює визначення керуючого обертаючого моменту, який виникає при взаємодії його з електромагнітним полем Землі. Алгоритми реалізовані у середовищі MATLAB/Simulink.

ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Стросінський С.В. Вплив іонізуючого випромінювання космічного простору на властивості напівпровідникових приладів / С.В. Стросінський // Матеріали ІХ Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 20-21 квітня 2016 року — Тернопіль : ТНТУ, 2016 — Том 1. — С. 225-226.

АНОТАЦІЯ

Стросінський Степан Васильович. Математична модель системи керування рухом мікросупутника з врахуванням впливу іонізаційного випромінювання. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 8.05090102 – Телекомунікації та радіотехніка, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2017.

Дипломну роботу магістра присвячено питанню удосконалення систем керування рухом мікросупутника. У магістерській роботі проведено аналіз відомих моделей основних елементів мікро та наносупутників. Побудовано математичну модель керування рухом супутника та проведено її верифікацію.

Ключові слова: мікросупутник, система керування, система захисту, іонізуюче випромінювання, математична модель, верифікація.

SUMMARY

Strosinskyy Stepan. Mathematical model of motion control microsatellite taking into account the impact of ionizing radiation. – Manuscript.

Thesis work of master's degree after speciality 8.05090102 – Telecommunications and Radio Engineering, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2017.

Master's thesis devoted to the improvement of motion control microsatellite. In the master's work analyzes the models known basic elements of micro and nano-satellites. The mathematical model of motion control satellite and conducted its verification.

Keywords: microsatellite, control system, security system, ionizing radiation, mathematical model, verification.