

ють космічну діяльність, із метою розробки єдиного каталога, дозволить побудувати достатньо повну і точну картину розподілу космічного сміття на низьких орбітах, підвищивши надійність оцінювання безпеки космічних польотів та передбачуваність можливих зіткнень.

Висновки

Подано математичну модель селекції та ідентифікації уламків космічного сміття за відсутності повних даних із каталогів США та Росії. Рішення про ідентичність уламків ухвалюються на основі порівняння компонентів векторів руху об'єктів із порогом нормованої відстані між двома векторами. Модель дозволяє враховувати «щільність» потоку космічного сміття, а також параметри орбіт сміття, що суттєво підвищує ефективність методу.

Рецензент: доктор техн. наук, професор **К. С. Козелкова**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

С. В. Козелков, В. Ф. Фролов

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЛОМКОВ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА НА НИЗКИХ ОРБИТАХ

Предложена математическая модель селекции и идентификации обломков космического мусора на низких орбитах при отсутствии полных данных из соответствующих каталогов.

Определены условия идентификации при разных уровнях засоренности и плотности потоков мусора для возможных параметров их орбит.

Ключевые слова: космический мусор; идентичность обломков мусора; порог нормированного расстояния; плотность потока мусора; селекция обломков; параметры орбиты.

S. V. Kozelkov, V. F. Frolov

MATHEMATICAL MODEL OF THE IDENTIFICATION OF SPACE DEBRIS FRAGMENTS IN LOW ORBITS

The article suggests a mathematical model of selection and identification of space debris fragments in low orbits in the absence of complete data in catalogs.

Conditions of identification at different levels of orbital debris and density of debris flows and parameters of their orbits were determined.

Keywords: space debris; identity of debris fragments; normalized distance limit; debris flow density; selection of fragments; orbital parameters.

УДК 621.385.632.12

Н. М. ДОВЖЕНКО, Г. С. СРОЧИНСЬКА;

М. Г. ТВЕРДОХЛІБ, канд. техн. наук, доцент;

Н. С. ЧУМАК,

Державний університет телекомунікацій, Київ

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОЇ СТРУКТУРИ АКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ

Запропоновано спосіб удосконалення перехідного пристрою електродинамічної структури ширококугової лампи рухомої хвилі, призначеного для забезпечення високочастотного зв'язку між спіральною сповільнювальною системою електродинамічної структури і хвилеводами. В основу цього способу покладено поліпшення теплового режиму роботи сповільнювальної системи, що, у свою чергу, дає змогу підвищити надійність зазначеної лампи.

Ключові слова: лампа рухомої хвилі; електродинамічна структура; перехідний пристрій; хвилевід; спіральна сповільнювальна система; спіраль; діелектричні опори; температурний режим; надійність.

Вступ

У системах зв'язку як активні елементи часто використовуються ширококугові лампи рухомої хвилі (ЛРХ). Така лампа являє собою прилад, робота якого базується на взаємодії біжучої електро-

магнітної хвилі, збуджуваної в сповільнювальній системі (СС) електродинамічної структури (ЕДС), і потоку електронів, які рухаються в одному й тому самому напрямі. ЛРХ застосовують у радіоелектронних та інших пристроях систем зв'язку

передусім для підсилення електромагнітних коливань надвисокої частоти (НВЧ). Кожна ЛРХ включає в себе електронну гармату, ЕДС, фокусуючу систему та колектор.

Електронна гармата створює потік електронів, ЕДС забезпечує взаємодію сигналу НВЧ із потоком електронів, фокусуюча система формує електрони в потік і утримує їх у пролітному каналі ЕДС, а колектор приймає відпрацьовані електрони. Підведення сигналу НВЧ до ЕДС і виведення з неї забезпечується хвилеводами.

Потужність ширококугових ЛРХ обмежується тепловою стійкістю сповільнювальної системи ЕДС [1].

Сповільнювальна система ширококугової ЛРХ являє собою поздовжню спіраль, яка кріпиться у вакуумному циліндричному балоні за допомогою керамічних стрижнів круглого або трапецієдного поперечного перерізу.

Створення потужних спіральних ЛРХ — непросте технічне завдання, ускладнюване перегрівом спіралі СС під час роботи. Спіраль нагрівається, головним чином, за рахунок осідання на неї частини електронів електронного потоку. Підвищення теплової стійкості СС досягається вдосконаленням теплових контактів між елементами СС та підвищенням теплопровідності елементів СС [2].

Для монтажу СС часто використовують метод триангуляції. Згідно з цим методом тонкостінний металевий вакуумний балон (пружну циліндричну оболонку) стискають за допомогою системи з трьох сил, напрямлених радіально. У проміжках між лініями прикладання сил діаметр оболонки, який в недеформованому стані дещо менший за діаметр пакета, що являє собою спіраль із трьома опорними діелектричними стрижнями, збільшується. Це дозволяє з певним зазором увести пакет в оболонку. Після усунення дії зовнішніх впливів оболонка, намагаючись за рахунок сил пружності повернутися до вихідної форми та розмірів, затискує спіраль між діелектричними стрижнями.

Для досягнення необхідної точності щодо відстані між сусідніми витками спіралі (крок спіралі) монтаж СС здійснюють, не знімаючи спіралі з циліндричного металевго стрижня (керна), на який її щільно намотано. Керн забезпечує точність кроку, утримуючи також витки спіралі від прогину під дією радіальних сил, утворюваних пружно деформованою оболонкою. Після вилучення керна пружна деформація перерозподіляється між оболонкою і спіраллю (рис. 1). При цьому точки витків спіралі, що контактують з керамічними опорними стрижнями, переміщуються до осі спіралі на відстань деформації останньої, а точки, розташовані в проміжках між опорами, віддаляються від осі приблизно на таку саму відстань.

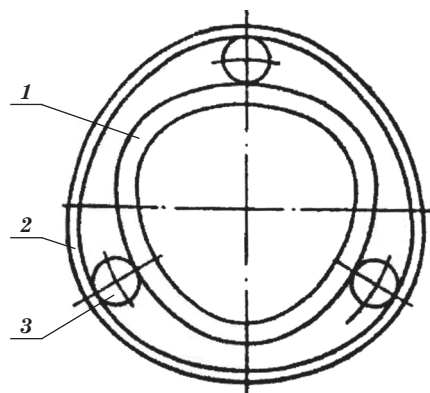


Рис. 1. Перерозподіл пружної деформації між оболонкою і спіраллю після монтажу сповільнювальної системи та вилучення керна (вигляд торця; у СС використано циліндричні опорні стрижні)

Теплопровідність контактів між спіраллю 1, опорами 3 і оболонкою 2 залежить від сил стиснення. Ці сили пропорційні до пружної деформації оболонки та спіралі, які після монтажу СС і вилучення керна перебувають у пружно деформованому стані. Для досягнення максимального стиснення доцільно урівноважувати жорсткість спіралі та балона, яка визначається розмірами й механічними характеристиками матеріалів цих елементів.

Основна частина

Високочастотний зв'язок між спіраллю СС і хвилеводом у ЛРХ здійснюється за допомогою перехідного пристрою. Відома його конструкція містить кільце, яке одним елементом зв'язку (перемичкою) з'єднано з кінцем спіралі, а іншим — з оболонкою, причому кільце введено в порожнину хвилеводу [3]. Проте використання цього пристрою для введення і відведення високочастотної енергії від СС, яка монтується з використанням методу пружної деформації оболонки (тобто триангуляції), може призвести до значного послаблення зусиль притиснення крайніх витків спіралі (рис. 2), що працюють як розрізні кільця, до керамічних

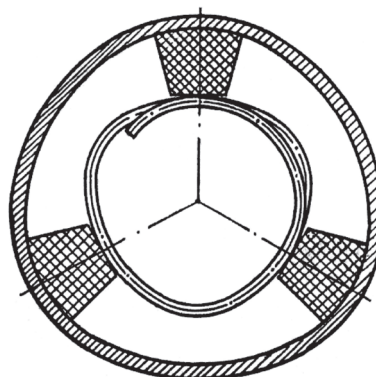


Рис. 2. Форма крайнього витка спіралі у сповільнювальній системі після видалення керна (вигляд торця; у СС використано опорні стрижні трапецієдного поперечного перерізу; кільце та перемички перехідного пристрою на рисунку не показано)

стрижнів або навіть спричинити втрату контакту між ними. Через це погіршується відведення теплоти на стрижні від крайніх витків, а також відбувається їх перегрів або руйнування і, відповідно, вихід із ладу ЛРХ.

За несприятливого взаємного розташування перемичок перехідного пристрою, які з'єднують кільце з кінцем спіралі та оболонкою, зсув точок оболонки після вилучення ядра змушує зміщуватись кінець спіралі в бік віддалення від опорних стрижнів або від одного з них (рис. 3 і 4).

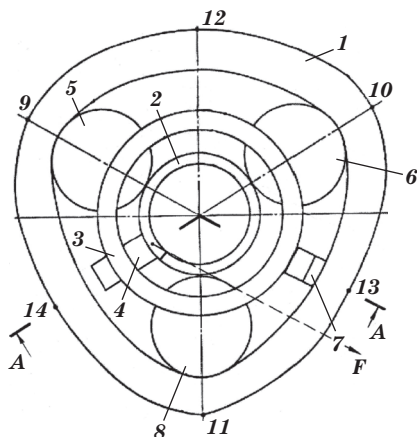


Рис. 3. Видгляд торця сповільнювальної системи з перехідним пристроєм відомої конструкції

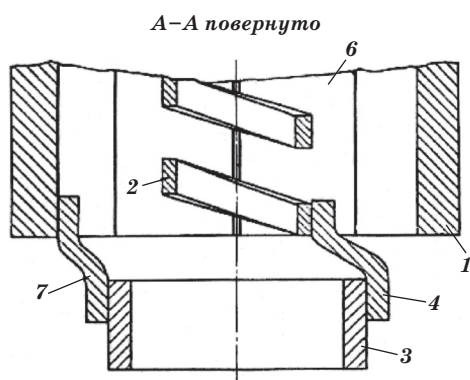


Рис. 4. Поздовжні розрізи А-А сповільнювальних систем із перехідними пристроями відомої та вдосконаленої конструкції (розрізи мають однакові зображення)

Це явище пояснюється так. Після вилучення ядра (на кресленні не показаний) зі спіралі 2 точки 9, 10 та 11 на оболонці, які потрапляють у зону розташування стрижнів 5, 6 і 8, під дією зусиль, створюваних пружно деформованою оболонкою 1, наблизяться до осі спіралі на відстань, що дорівнює прогину спіралі, а точки 12, 13 і 14, розташовані в проміжках між стрижнями, віддаляться від осі спіралі приблизно на таку саму відстань. Зміна положення точки 13 призводить до зміщення з осі СС кільця 3. Останнє через перемичку 4, яка з'єднує його з кінцем спіралі 2, буде відтягувати цей кінець від стрижня 5 і створювати зусилля F , направлене на скручування та зменшення діаметра крайнього витка спіра-

лі. У результаті з'являється зазор між крайнім витком та стрижнем 5, послаблюючи притискання його до наступного за ходом спіралі стрижня 6 (рисунку відповідає права навівка спіралі). Отже, тепловідведення від крайнього витка спіралі на керамічні стрижні буде значно погіршене.

Мета цієї статті — подати спосіб підвищення надійності ЛРХ за рахунок поліпшення тепловідведення від крайніх витків спіралі, які працюють у найбільш несприятливому температурному режимі, унаслідок посилення контакту між ними та діелектричними опорами [4].

Поставлена мета досягається саме тому, що перемички, які з'єднують кінець спіралі з кільцем і кільце з оболонкою (рис. 4 і 5), розташовано таким чином, аби зусилля, яке виникає після вилучення ядра, діяло на розкручування спіралі, притискаючи кінець до найближчої до нього опори.

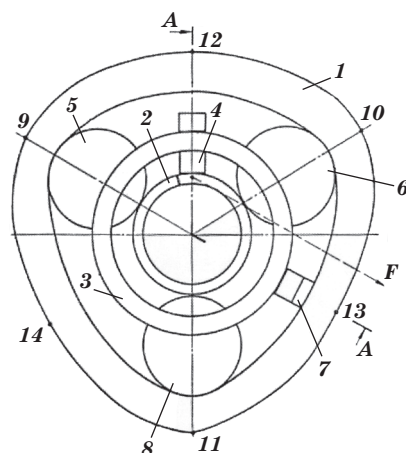


Рис. 5. Видгляд торця сповільнювальної системи з перехідним пристроєм удосконаленої конструкції

Наприклад, перемичка 4, яка з'єднує з кільцем 3 кінець спіралі, може бути розташована між діелектричними стрижнями 5 і 6, а перемичка 7, що з'єднує кільце 3 з оболонкою 1, — посередині наступного за ходом спіралі проміжку між стрижнями 6 і 8. Після вилучення ядра (на кресленні не показаний) зі спіралі 2 точки 9, 10 та 11 на оболонці, що перебувають у зоні розташування стрижнів 5, 6 і 8, під дією зусиль, створюваних пружно деформованою оболонкою 1, наблизяться до осі спіралі на відстань, яка дорівнює прогину спіралі, а точки 12, 13 і 14, що розташовані між цими стрижнями, віддаляться від осі спіралі приблизно на таку саму відстань. Зміна положення точки 13 створює зусилля, що намагається змістити з осі сповільнювальної системи кільце 3, але цьому через перемичку 4 перешкоджає кінець спіралі, котрий спирається на стрижень 6, розташований між перемичками 7 і 4. У результаті виникає зусилля F , яке частково деформує кінець крайнього витка спіралі і притискає його до стрижнів 6 і 8.

Удосконалена конструкція перехідного пристрою електродинамічної структури ЛРХ із пружно деформованою спіральною сповільнювальною системою, в якій використано механічні теплові контакти, дозволяє створити зусилля притиснення крайніх витків спіралі до діелектричних стрижнів, не менші від зусиль притиснення до стрижнів кожного з витків, розташованих у середній частині спіралі [5]. Цим самим забезпечується надійне тепловідведення від крайніх витків, оскільки теплопровідність механічного контакту між витком спіралі та опорним стрижнем зростає зі збільшенням зусилля притиснення їх один до одного.

Висновки

Однією з найбільш поширених причин виходу з ладу лампи рухомої хвилі було, як уже зазначалося, руйнування (розплавлення) від перегріву крайніх витків спіралі. Підвищення теплової стійкості крайніх витків усуває розглянуту причину відмови ЛРХ не лише у процесі експлуатації, а й під час випробувань. Це, відповідно, підвищує надійність і довголіття ЛРХ та зменшує технологічні втрати при виготовленні таких ламп.

Рецензент: доктор техн. наук, професор **В. В. Вишнівський**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

Н. М. Довженко, А. С. Срочинская, Н. Г. Твердохлеб, Н. С. Чумак

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ СВЯЗИ

Предложен способ усовершенствования переходного устройства электродинамической структуры широкополосной лампы бегущей волны, предназначенного для обеспечения высокочастотной связи между спиральной замедляющей системой электродинамической структуры и волноводами. В основу данного способа положено улучшение теплового режима работы замедляющей системы, что, в свою очередь, позволит повысить надежность указанной лампы.

Ключевые слова: лампа бегущей волны; электродинамическая структура; переходное устройство; волновод; спиральная замедляющая система; спираль; диэлектрические опоры; температурный режим; надежность.

N. M. Dovzhenko, A. S. Srochinska, M. G. Tverdohlib, N. S. Chymak

IMPROVEMENT OF ACTIVE ELECTRODYNAMIC ELEMENTS OF COMMUNICATION

This article is about analysis and improvement of structures adapter broadband electrodynamic waves moving lights, designed for high-frequency connection between spiral slowing electrodynamic system structure and waveguides, which improves the thermal conditions of slowing down the system and improve the reliability LRH.

Keywords: lamp moving waves; electrodynamic structure; transition device; waveguide; slowing spiral system; spiral; dielectric resistance; temperature routine; reliability.

Література

1. *Анализ конструкции замедляющей системы, закрепляемой упругими силами. Ч. 1. Разработка методики расчета механических напряжений и перемещений в замедляющей системе / [В. В. Барковский, В. С. Предмирский, А. Н. Скубак, Н. Г. Твердохлеб] // СВЧ-техника. Сер. 1.— 1992.— Вып. 1 (445).— С. 25–29.*

2. *Предмирский, В. С. Метод изготовления высокоточных диэлектрических опор замедляющих систем ЛБВ / В. С. Предмирский, Н. Г. Твердохлеб // Вісник ДУІКТ.— 2005.— Т. 3.— №3–4.— С. 161–164.*

3. *А. с. 576862 СССР Н01J 23/32 / В. Г. Руденко (СССР).— Оpubл. 1972.*

4. *А. с. 743475 СССР Н01J 23/32 / В. Г. Руденко, Н. Г. Твердохлеб.— Оpubл. 1978.*

5. *Анализ конструкции замедляющей системы, закрепляемой упругими силами. Ч. 3. Экспериментальное исследование механических элементов замедляющей системы / [В. В. Барковский, В. С. Предмирский, А. Н. Скубак, Н. Г. Твердохлеб] // СВЧ-техника. Сер. 1.— 1992.— Вып. 3 (447).— С. 28–32.*