

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

ІРХА АРТЕМ ВАЛЕРІЙОВИЧ

УДК 621.396.677

МЕТОД РОЗРАХУНКУ НАДШИРОКОСМУГОВИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ
СИСТЕМ ДЛЯ ПОЗАСМУГОВОГО ФУНКЦІОНАЛЬНОГО УРАЖЕННЯ
ЦИФРОВИХ СТАНЦІЙ РАДІОРЕЛЕЙНОГО ЗВ'ЯЗКУ

05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків-2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківському університеті Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Міністерство оборони України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Єрмаков Геннадій Валентинович,
факультет військової підготовки НТУ "ХПІ",
завідувач кафедри бронетанкового озброєння
та військової техніки.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Піскорж Володимир Вікторович,
публічне акціонерне товариство
"АТ Науково-дослідний інститут
радіотехнічних вимірювань",
головний науковий співробітник;

кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник
Гомозов Андрій Володимирович,
Харківське представництво генерального
замовника – Державного космічного
агентства України (філія № 3),
начальник Сертифікаційного
центру ракетно-космічної техніки.

Захист відбудеться “___” _____ 2015 р. о ___ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.03 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 66061, м. Харків, просп. Леніна, 14, ауд. 13.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 66061, м. Харків, просп. Леніна, 14.

Автореферат розіслано “___” _____ 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



В.М. Безрук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Аналіз воєнних конфліктів останнього часу (Югославія, Афганістан, Ірак та ін.) показує, що розвиток перспективних засобів розвідки та автоматизованих систем управління військами набуває нового якісного технічного стрибка. Важлива роль у таких системах відводиться багатоканальним широкосмуговим засобам зв'язку, які відрізняються підвищеною перешкодозахищеністю і об'єднані в єдину інформаційну мережу.

У сучасних цифрових станціях радіорелейного зв'язку (РРЗ) типу “Діамант” застосовуються дзеркальні антени з круговою поляризацією, а також з частотними діапазонами: 2, 4, 6, 8 ГГц. Можливість роботи як у широкосмуговому режимі так і в режимі роботи з псевдохаотичною перебудовою частоти істотно поліпшує перешкодозахищеність станцій РРЗ без застосування додаткових засобів радіомаскування.

Одним з ефективних шляхів протидії станціям РРЗ у широкій смузі частот є їх функціональне придушення або ураження (ФПУ) з використанням потужних електромагнітних імпульсів, випромінюваних засобами функціонального ураження (ФУ) повітряного (безпілотні літальні апарати, крилаті ракети, аеростати тощо) базування.

При цьому перевага віддається впливу потужними короткими (наносекундними) імпульсами. Це обумовлено малим часом спрацьовування сучасних вхідних пристроїв захисту, що становить, наприклад, для антенних перемикачів величину порядку 10 нс і менше.

На відміну від відомих робіт, присвячених формуванню просторово-часових сигналів за допомогою фокусування, в цій роботі для ФПУ буде використовуватися пачка надширокосмугових (НШС) сигналів, властивості яких добре відомі.

Роботи в даному напрямку ведуться в НДІРВ (керівник – професор В. І. Гомозов, С. В. Титов), в ІРЕ НАНУ (професор С. А. Масалов, Г. П. Почанін), у НДПКІ “Молнія” (керівник – професор В. І. Кравченко, А. І. Коробко), в ХФТІ (керівник – професор І. І. Магда, А. С. Солошенко), у Військово-морській академії (Д. Б. Кучер), ХУПС ім. Івана Кожедуба (школа С. М. Шостка, яка представлена сьогодні Є. А. Авчінніковим). Однак більша частина робіт являє собою експериментальні дослідження. Теоретичні відомості представлені у відкритій літературі і стосуються методів розрахунку антенних систем, загальних принципів побудови НШС РТС для ФПУ.

Відзначимо, що смуга пропускання сучасних цифрових станцій РРЗ становить діапазон $2\div 8$ ГГц. Тому на відміну від відомих робіт як основний пропонується використовувати позасмуговий режим функціонального ураження напівпровідникових елементів вхідних каскадів приймально-передавальних пристроїв станцій РРЗ, яке здійснюється за допомогою НШС сигналів з шириною спектра $4,5\div 5,5$ ГГц.

При розгляді механізмів деградації *p-n*-переходів напівпровідникових елементів, як правило, використовується модель теплового ураження

Вунша–Белла. Однак, як показали експериментальні дослідження, деградація напівпровідникових елементів може викликатися іншими механізмами. Тому в роботі вдосконалено метод накопичення пошкоджень для розрахунку ймовірності функціонального ураження вхідних трактів приймальних пристроїв при використанні послідовностей НШС сигналів, а також отримані ймовірнісні оцінки ураження напівпровідникових елементів для нормального і рівномірного розподілів теплової енергії залежно від кількості впливаючих імпульсів і пікової потужності уражального сигналу.

Таким чином, з аналізу стану питання випливає, що тема дисертаційних досліджень направлених на розробку методу розрахунку просторово-часових характеристик надширокосмугових дзеркальних антен з круговою поляризацією для визначення ймовірності функціонального ураження станцій РРЗ при позасмуговому короткоімпульсному впливі, є *актуальною*.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові дослідження, результати яких представлені в дисертаційній роботі, зв'язані з планами наукової та науково-технічної діяльності Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Метрологічного центру військових еталонів Збройних Сил України і знайшли відображення у звіті науково-дослідної роботи “Куниця” на тему: “Розробка пропозицій щодо побудови перспективних радіолокаційних засобів систем зенітного озброєння підрозділів та частин військ ППО Сухопутних військ на основі високоінформативної РЛС розвідки, супроводження та функціонального ураження засобів повітряного нападу на основі випуклих (комформних) решіток з адаптивним скануванням”, №ДР 0101U001505 – 2012 р. (у цій НДР здобувач був виконавцем).

Мета і задачі дослідження. *Метою* досліджень є оцінка ймовірності функціонального позасмугового ураження станцій РРЗ при впливі короткоімпульсного випромінювання з заданими просторово-часовими та енергетичними характеристиками на основі створення радіотехнічних систем з надширокосмуговими дзеркальними антенами з круговою поляризацією.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалися такі задачі дослідження:

– розробка методу розрахунку і аналіз просторово-часових та енергетичних характеристик короткоімпульсної дзеркальної антени з урахуванням опромінювача у вигляді конічної спіралі, що забезпечує необхідні параметри НШС сигналів;

– математичне моделювання просторово-часової форми НШС сигналу при відбитті від підстеляючої поверхні;

– удосконалення методу накопичення пошкоджень для розрахунку ймовірності позасмугового функціонального ураження вхідних трактів приймально-передавальних пристроїв при використанні послідовностей НШС сигналів;

– математичне моделювання і розрахунок імовірнісних оцінок деградації напівпровідникових елементів для нормального і рівномірного законів

розподілу теплової енергії залежно від кількості впливаючих імпульсів і пікової потужності уражального сигналу;

– оцінка ймовірності функціонального позасмугового ураження станцій РРЗ з використанням НШС сигналів і розробка рекомендацій щодо їх застосування.

Об'єктом дослідження є процес формування імпульсного випромінювання із заданою просторово-часовою структурою для позасмугового функціонального ураження станцій РРЗ.

Предметом дослідження є просторово-часові та енергетичні характеристики надширокосмугових дзеркальних антен з круговою поляризацією для оцінки ймовірності функціонального ураження станцій РРЗ при позасмуговому короткоімпульсному впливі.

Методи дослідження базуються на ітераційному електродинамічному методі розрахунку просторово-часових характеристик НШС антенних систем, заснованому на інтегральних представленнях для густини поверхневого струму; Фур'є-аналізі для обчислення просторово-часових характеристик антенних систем; чисельному методі розрахунку антенних систем за допомогою електродинамічних співвідношень; методі розрахунку електричних характеристик ліній передачі; методі теорії ймовірності ФУ радіоелементів вхідних трактів приймально-передавальних пристроїв станцій РРЗ з використанням НШС сигналів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в такому:

1. Набув подальшого розвитку метод розрахунку поля, випромінюваного надширокосмуговою дзеркальною антеною з круговою поляризацією. Новизна методу полягає в тому, що в ньому при отриманні електродинамічних співвідношень ураховані поляризація опромінювача, взаємний вплив дзеркальної антени і опромінювача та інтегральні ефекти, що вносяться крайками дзеркальної антени для густини поверхневого струму спектральних складових НШС сигналу.

2. Удосконалено метод розрахунку ймовірності ФУ елементної бази вхідних трактів станцій РРЗ при використанні пачки НШС сигналів. Метод, на відміну від відомих, дозволяє розраховувати ймовірність деградації напівпровідникових елементів для нормального і рівномірного законів розподілу теплової енергії при позасмуговому впливі залежно від кількості імпульсів у пачці та потужності уражального сигналу.

3. Уточнено метод розрахунку коефіцієнта впливу підстеляючої поверхні у випадку використання НШС сигналів з урахуванням амплітудно-частотного спектра сигналу, просторово-частотної характеристики антени, режиму роботи лінії передачі, дисперсії електричних параметрів ґрунту.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що розроблені методи, методики та програмне забезпечення, а також конструкція НШС дзеркальної антени з опромінювачем у вигляді конічної спіралі є основою для розробки засобів ФУ станцій РРЗ при позасмуговому впливі, застосування яких дозволяє підвищити ефективність дій угруповання Сухопутних військ.

Отримані практичні результати повною мірою можуть використовуватися при обґрунтуванні тактичних вимог до засобів функціонального ураження станцій РРЗ із застосуванням послідовностей НШС сигналів; при обґрунтуванні вибору конструкції і параметрів дзеркальної антени з круговою поляризацією.

Результати дисертаційних досліджень реалізовані під час командно-штабного навчання з бойовими розрахунками командних пунктів в/ч А2682, що підтверджено відповідним актом впровадження.

Достовірність результатів та висновків, що отримано в дисертаційній роботі, підтверджено коректним використанням строгого математичного апарату, збігом з відомими результатами, отриманими іншими авторами, проведенням імітаційного моделювання.

Особистий внесок здобувача. Автор самостійно отримав основні результати дисертаційної роботи. У роботах, виконаних у співавторстві, автору належать: у роботі [1] – запропонований метод і отримані оцінки впливу похибок розташування фазових центрів випромінювачів і установки початкових фаз і несучих частот на характеристики формованих багаточастотних просторово-часових сигналів при просторовому фазо-частотному способі керування для циліндричних фазованих антенних решіток (ФАР); [2] – запропонований удосконалений метод визначення ймовірності деградації напівпровідникових елементів вхідних трактів приймальних пристроїв бортових РЕС при використанні послідовностей потужних ультракоротких сигналів; [3] – обґрунтовано часові та енергетичні параметри ультракоротких сигналів, достатні для функціонального ураження радіокомпонентів; [4] – запропонована ймовірнісна модель функціонального ураження напівпровідникових елементів як результат використання послідовностей потужних ультракоротких сигналів; [10] – розглянуті можливості застосування багаточастотних просторово-часових сигналів для функціонального ураження приймальних трактів радіокерованих вибухових пристроїв; [11] – проведено порівняльний аналіз ймовірнісних характеристик функціонального ураження залежно від типу сигналу і кількості імпульсів у пачці; [12] – проведено аналіз тактики застосування та технічних характеристик радіорелейних станцій у загальновійськових операціях, дана якісна оцінка можливостей радіоелектронної протидії шляхом функціонального ураження при використанні сигналів ультракороткої тривалості; [13] – розраховані часові та енергетичні параметри пачки надширокосмугових сигналів, що забезпечує деградацію напівпровідникових елементів вхідних каскадів приймального пристрою при тепловому режимі ураження; [17] – розрахунок інтенсивності електричного поля проводиться в точці фокусування, просторово-часової структури сигналу отримані в зоні Фраунгофера для різних відстаней; [18] – запропонований метод розрахунку пікової діаграми спрямованості дзеркальної антени з круговою поляризацією з урахуванням взаємного впливу рефлектора та опромінювача при випромінюванні надширокосмугових сигналів; [19] – запропонована методика розрахунку ймовірності деградації напівпровідникових елементів для рівномірного закону розподілення теплової

енергії при використанні надширококустових сигналів, відбитих від підстиляючої поверхні.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень представлялися та обговорювалися на: НТК “Проблеми інформатики і моделювання. Тези 11-ї міжнародної науково-технічної конференції. НТУ ХПІ” в м. Харків у 2011 році; 8-й і 9-й військово-наукових конференціях Харківського університету Повітряних Сил у 2012 та 2013 роках; 4-й і 5-й науково-практичних конференціях Академії внутрішніх військ МВС України в 2012 та 2013 роках; “Інформаційні технології в навігації й управлінні: стан та перспективи розвитку” ДП ЦНДІ НіУ в 2011 році; “11-й науково-технічній конференції Державного науково-випробувального центру ЗС України” в м. Феодосія в 2011 році; 3-й міжнародній науково-технічній конференції “Сучасні напрямки розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засоби управління” – ДП Харківський НДІ технології машинобудування в 2013 році.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 19 друкованих робіт. З них 11 статей у спеціалізованих фахових виданнях, 8 тез доповідей конференцій.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, додатку та списку використаних джерел у кількості 144 найменування. У додаток включені акти впровадження результатів роботи. Робота містить 172 сторінки основного тексту, 43 рисунки і 5 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність вирішення наукової задачі, наведено взаємозв'язок виконаних досліджень із планами наукової та науково-технічної діяльності, сформульовано мету і задачі, визначено об'єкт та предмет досліджень. Визначено наукову новизну і практичне значення результатів дослідження, надано інформацію про публікації, апробації та особистий внесок автора.

У першому розділі дисертації з метою узагальнення характеристик радіорелейних станцій проведено аналіз та узагальнено [7,9,10,11,12] характеристики мобільних радіорелейних станцій (Р-409, Р-414, Р-415, Р-416, Р-419), у тому числі сучасних, типу “Діамант”, що працюють у частотних діапазонах 2, 4, 6, 8 ГГц. Відзначається, що через специфіку побудови радіорелейних ліній (РРЛ) постановка завдань станціям РРЗ утруднена, оскільки їх антенні системи повернуті в бік напрямку своїх командних пунктів. Режим роботи “Ширококустовий сигнал” і “ППРЧ” покращують перешкодозахищеність станції РРЗ без застосування додаткових засобів радіомаскування.

Використання багатопроменевих адаптивних цифрових антенних решіток у станціях РРЗ дозволить багаторазово збільшити перешкодозахищеність таких станцій, протистояти яким традиційними методами придушення буде практично неможливо.

Тому одним з можливих способів протидії РРЗ у широкій смузі частот є їх

функціональне придушення або ураження з використанням потужних електромагнітних імпульсів, випромінюваних засобами функціонального ураження наземного (мобільні комплекси) або повітряного (безпілотні літальні апарати, крилаті ракети, аеростати і т.п.) базування.

Під функціональним ураженням розуміється такий вплив спеціальним чином сформованим ЕМІ, при якому відбувається незворотне виведення з ладу окремих елементів або функціональних пристроїв, що виключає самовідновлення функціонування РЕЗ та вимагає ремонтно-відновлювальних заходів.

У роботі пропонується як ЕМІ використовувати пачку НШС сигналів [3]. Для їх реалізації необхідне створення нових генераторних і антенно-фідерних пристроїв, які в даний час можуть створюватися на існуючій елементній базі. У роботі проаналізовано та узагальнено можливості створення засобів функціонального ураження станцій РРЗ на основі НШС сигналів.

Запропоновано модель та проаналізовано можливості застосування НШС сигналів для функціонального ураження радіоелектронних систем. Основною перевагою застосування НШС сигналів служить той факт, що НШС засіб ФУ не призначений для ураження однієї певної системи або класу систем, але він може використовуватися скоріше для придушення широкого діапазону різних систем.

НШС сигнал – це сигнал, який має суцільний спектр, що дає можливість повного або вибіркового перекриття великої кількості каналів радіозв'язку, які мають різні частоти.

Відмітимо, що у літературі відсутні відомості про розробки антенних систем засобів повітряного або наземного базування для ФУ сучасних цифрових радіорелейних ліній зв'язку. Тому надалі для розробки засобів функціонального ураження станцій РРЗ за допомогою надширокосмугових сигналів необхідно в першу чергу оцінити характеристики каналів формування, випромінювання і поширення для вироблення рекомендацій щодо застосування засобу функціонального ураження станцій РРЗ.

У другому розділі дисертації якісно оцінені просторові характеристики антенної системи засобу функціонального ураження станції РРЗ [13,14,15]. Встановлено, що при недосягненні ФУ вхідних трактів приймального пристрою станції РРЗ у діапазоні $1,5 \div 8,5$ ГГц і повітряному базуванні засобу ФУ доцільно використовувати дзеркальну параболічну антену або вирізку з неї діаметром $d = 50$ см, ширина діаграми спрямованості (ДС) становить $2\theta_{0,5P}^0 = 21^\circ$, КНД $D_{\text{макс}} \approx 70$, які визначаються для найбільшої робочої довжини хвилі $\lambda = 15$ см (діапазон частот $1350 \div 2150$ МГц) станції РРЗ.

Проведено розрахунок конструкції і параметрів опромінювача НШС дзеркальної антени [8] засобу функціонального ураження радіорелейних станцій зв'язку у вигляді конічної спіралі, що забезпечує випромінювання електромагнітного поля з шириною спектра $\Delta f = 4,5 \div 5,5$ ГГц кругової поляризації. Встановлено, що опромінювач має 4 витки; крок спіралі дорівнює

0,01 м; кут при вершині становить 12° ; $D_{реф} = 0,03$ м; $R_{макс} = 0,008$ м; $R_{мин} = 0,006$ м; $l = 0,04$ м. Ширина ДС відповідає 60° .

Обґрунтовано вимоги до часових та енергетичних параметрів пачки НШС сигналів при тепловому режимі функціонального ураження напівпровідникових елементів вхідних каскадів приймального пристрою: тривалість одиночного сигналу $\tau_{ншс} = 1$ нс, середня частота $f_0 = 5$ ГГц, показник широкосмуговості $\mu = 0,2$, період надходження $T_{ншс} = 100$ нс, кількість імпульсів у пачці $N_{имп} = 1000$, скважність $Q = 20$, тривалість пачки – $\tau_{p\Sigma} = 101$ мкс.

Проведені дослідження показали, що співвідношення для кількісної оцінки необхідної потужності на вході напівпровідникового приладу, що призводить до його деградації, можна записати в такому вигляді:

$$P_{\phi n} = K_n \tau_{p\Sigma}^{-\frac{1}{2}} S_{p-n}, \quad (1)$$

де K_n – константа (постійна ушкодження), що залежить від типу напівпровідникового приладу і має розмірність $[\text{кВт (мкс)}^{1/2} \text{ см}^{-2}]$;

$\tau_{p\Sigma}$ – сумарний час впливу пачки коротких імпульсів на придушувані тракти;

S_{p-n} – площа p - n -переходу, в см^2 .

Результати розрахунку відповідно до (1) необхідних значень $P_{\phi n}^{(1)}$ при тривалості пачки 101 мкс і $K_{пол} = 0,5$ для випадку внутрішньосмугового функціонального ураження напівпровідникових елементів при двох значеннях $K_{сн} = 10$ і 15 дБ наведені в табл. 1. В табл. 2 наведені аналогічні значення $P_{\phi n}^{(2)}$ для випадку позасмугового функціонального ураження при двох значеннях $K_{ен} = 30$ і 40 дБ. Там же наведені усереднені значення K_n , отримані теоретично і експериментально, а також можливі значення S_{p-n} для основних типів напівпровідникових приладів.

Таблиця 1 – Необхідні значення $P_{\phi n}^{(1)}$, Вт

Тип НП приладу	K_n	$S_{p-n}, \text{см}^2$	$\tau_{\Sigma}, \text{мкс}$	$P_{\phi n}^{(1)}$	
				$K_{сн} = 10\text{дБ}$	$K_{сн} = 15\text{дБ}$
Діоди НП і транзистори	0,1	$10^{-3} - 5 \cdot 10^{-2}$	101	0,05 – 2,5	0,15 – 7,5
Діоди СВЧ	0,01	$10^{-3} - 5 \cdot 10^{-2}$	101	0,005 – 0,25	0,016 – 0,8
ІС і ВІС	0,1	$10^{-4} - 2 \cdot 10^{-3}$	101	0,005 – 0,01	0,016 – 0,32

Таблиця 2 – Необхідні значення $P_{\phi n}^{(2)}$, Вт

Тип НП приладу	K_n	$S_{p-n}, \text{см}^2$	$\tau_{\Sigma}, \text{мкс}$	$P_{\phi n}^{(2)}$	
				$K_{ен} = 30\text{дБ}$	$K_{ен} = 40\text{дБ}$
Діоди НП і транзистори	0,1	$10^{-3} - 5 \cdot 10^{-2}$	101	5 – 250	50 – 2500
Діоди СВЧ	0,01	$10^{-3} - 5 \cdot 10^{-2}$	101	0,5 – 25	5 – 250

ІС и ВІС	0,1	$10^{-4} - 2 \cdot 10^{-3}$	101	0,5 – 10	5 – 100
----------	-----	-----------------------------	-----	----------	---------

У табл. 1 та 2 введені такі позначення: НП – напівпровідникові; ІС – інтегральні схеми; ВІС – великі інтегральні схеми.

Порівняльний аналіз значень $P_{\phi n}^{(1,2)}$ показує, що енергетично більш вигідним є режим внутрішньосмугового впливу. Однак в аналізованому випадку при зіставленні тривалості НШС сигналу ($\tau_{\text{НШС}} = 1$ нс, ширина спектра $\Delta f_{\text{СШП}} = 1$ ГГц) смуги пропускання станції РРЗ “Діамант” ($\Delta f_{\text{РРС}} = 1,5 \div 8,5$ ГГц) очевидно, що основним режимом проникнення сигналу перешкод буде позасмуговий режим. При цьому необхідно враховувати можливість проникнення сигналу по бічних пелюстках ДС станції РРЗ.

Проведено аналіз можливості застосування НШС сигналів, випромінюваних дзеркальною антеною з круговою поляризацією, для функціонального ураження станцій РРЗ. Результати розрахунків показали, що потужність, яка підводиться до дзеркальної НШС антени для досягнення ФУ станції РРЗ для дальності 1 км становитиме величину $P_{\Sigma} \approx 9$ кВт в одному імпульсі.

У третьому розділі виходячи зі спектрального складу НШС сигналу і геометричних розмірів дзеркальної антени обґрунтований метод приближення фізичної оптики для проведення розрахунків характеристик спрямованості антеної системи. Запропоновано метод визначення ДС НШС дзеркальної антени [1,16,17,18]. Це дозволяє враховувати взаємодію опромінювача і рефлектора, заснований на уточненні наближення фізичної оптики і припускає використання ітераційної процедури визначення густини поверхневих струмів на освітленій та тіньовій сторонах рефлектора.

При розробці методу визначення ДС НШС дзеркальної антени, який дозволяє враховувати взаємодію рефлектора і опромінювача, пропонується використовувати ітераційну процедуру визначення напруженості електричного поля, яка відрізняється від запропонованої, з урахуванням фазових співвідношень, характерних для кругової поляризації поля, збуджуючого рефлектор. Крім цього при розрахунку поля антени в дальній зоні будемо враховувати ефект затінення дзеркала антени сітковим екраном опромінювача.

На рис. 1 наведені основні позначення розрахункових параметрів.

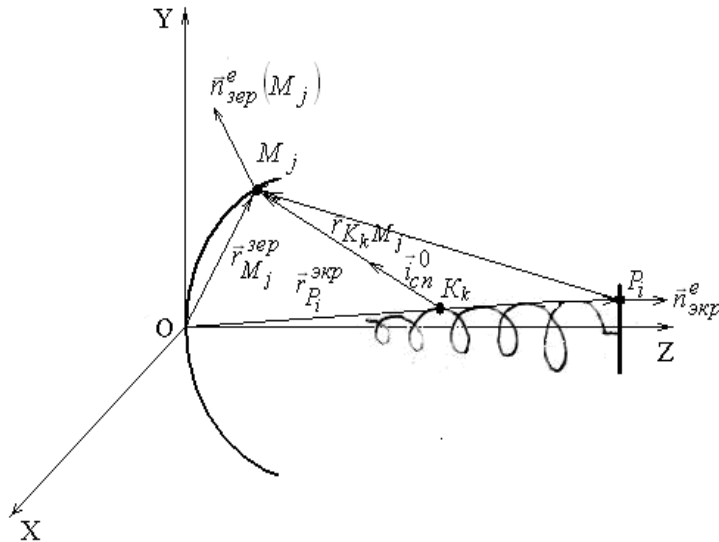


Рис. 1. Позначення розрахункових параметрів

Суть методу полягає в такому.

Перша ітерація передбачає:

1. Визначення складових напруженостей електричного і магнітного полів $\dot{E}_{\Theta}(\omega), \dot{E}_{\varphi}(\omega), \dot{H}_{\Theta}(\omega), \dot{H}_{\varphi}(\omega)$, випромінюваних кінчною спіральною антеною, з урахуванням поляризаційних і фазових характеристик.

2. Визначення складових густини поверхневого струму

на рефлекторі $\vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{\pm \partial z(1)}(M_j, \omega)$ за допомогою методу уточнення наближення фізичної оптики:

$$\vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{\pm \partial z(1)}(M_j, \omega) = \vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{+\partial z(1)}(M_j, \omega) - \vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{-\partial z(1)}(M_j, \omega), \quad (2)$$

де $\vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{+\partial z(1)}, \vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{-\partial z(1)}$ – густина поверхневого струму на внутрішній (+) і зовнішній (-) сторонах рефлектора для поляризаційних складових Θ, φ .

Щоб врахувати поляризаційні відмінності, розрахунок проводиться роздільно для Θ і φ складових поля;

3. Розрахунок напруженості магнітного поля, випромінюваного рефлектором, поблизу сіткового екрана:

$$\begin{aligned} \vec{H}_{(\Theta, \varphi)}^{екр(1)}(P_i, \omega) = & \vec{H}_{(\Theta, \varphi)}^{i\text{ екр}(1)}(P_i, \omega) + \\ & + \frac{1}{4\pi} \int_{S_{\partial z}} \left\{ \text{grad}_{M_j} \frac{\exp[-jk(\omega)r_{P_i M_j}]}{r_{P_i M_j}} \times \vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{\pm \partial z(1)}(M_j, \omega) \right\} dS_{\partial z}, \end{aligned} \quad (3)$$

де $\vec{H}_{(\Theta, \varphi)}^{i\text{ екр}(1)}(P_i, \omega) = \sqrt{\frac{\epsilon_a}{\mu_a}} \frac{\vec{r}_{P_i M_j}}{|\vec{r}_{P_i M_j}|} \times \vec{E}_{(\Theta, \varphi)}(M_j, \omega)$ – напруженість магнітного поля, збуджуваного спіраллю, поблизу дзеркала.

4. Визначення густини поверхневого струму на екрані:

$$\vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{екр(1)}(P_i, \omega) = \vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{+екр(1)}(P_i, \omega) - \vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{-екр(1)}(P_i, \omega), \quad (4)$$

де $\vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{+екр(1)}, \vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{-екр(1)}$ – густина поверхневого струму на внутрішній (+) і зовнішній (-) сторонах сітчастого екрана для поляризаційних складових Θ, φ .

Друга ітерація передбачає:

5. Розрахунок напруженості магнітного поля, випромінюваного сітковим екраном, поблизу рефлектора.

6. Уточнення значення густини поверхневого струму на рефлекторі з урахуванням поля, випромінюваного сітковим екраном:

$$\vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{\pm \partial z(2)}(M_j, \omega) = \vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{+\partial z(2)}(M_j, \omega) - \vec{J}_{S(\Theta, \varphi)}^{-\partial z(2)}(M_j, \omega). \quad (5)$$

7. Повторення кроків (3) – (5).

8. Зупинення ітераційної процедури при

$$\sum_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} \sum_{j=1}^N \left| J_{S(\Theta, \varphi)}^{дз(n)}(M_j, \omega) - J_{S(\Theta, \varphi)}^{дз(n-1)}(M_j, \omega) \right|^2 \leq 0,01, \quad (6)$$

де n – номер ітерації.

Форма НШС сигналу, випроміненого дзеркальною антеною в різних напрямках, наведена на рис. 2 та 3.

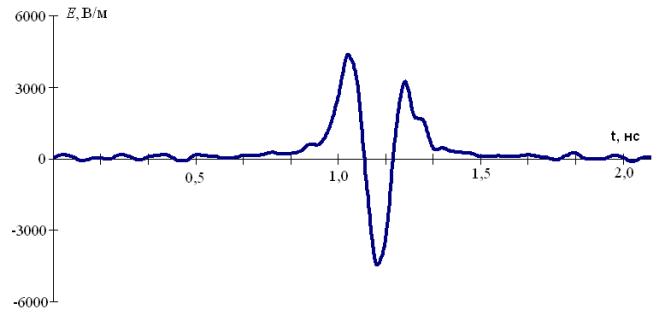
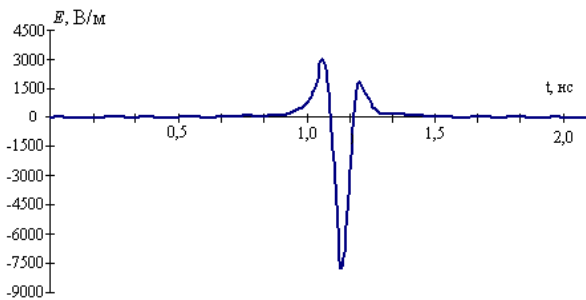


Рис. 2. Форма НШС сигналу в напрямку головного максимуму

Рис. 3. Форма НШС сигналу в напрямку $\Theta = 20^\circ$

Розрахунки показали, що при зміні просторових координат точки спостереження в межах головної пелюстки ДС, форма випромінюваного імпульсу практично не змінюється: значно змінюється лише абсолютне значення від'ємного піка. Ширина пікової ДС по полю становить 15° , КНД – порядку 120, рівень бокового фону – порядку 20 дБ, пікова потужність $P_{\text{пик}} = 9$ кВт.

При значному відхиленні від напрямку головного максимуму форма випромінюваного сигналу зазнає більш істотні зміни: вирівнюються значення позитивного і негативного піків, передній і задній фронти випромінюваного сигналу стають більш пологими (рис. 3). Пікова потужність $P_{\text{пик}} = 6,4$ кВт.

При подальшому відхиленні випромінюваного НШС сигналу від напрямку головного максимуму пікової ДС спостерігаються більш істотні зміни часової структури імпульсу.

Відзначимо, що при подальшому збільшенні кута місця аж до $\Theta = 90^\circ$, зміна форми випромінюваного сигналу практично не відбувається.

Бачимо, що КНД НШС антени залежить від розподілу поля на поверхні антени, характеру частотного спектра або від форми сигналу і його тривалості.

У четвертому розділі запропоновано методику урахування земної поверхні при поширенні НШС сигналів [5,6,19].

Часову структуру НШС сигналу, відбитого від ґрунту, можна визначити за допомогою перетворення Фур'є:

$$E_R(t, \omega) = \text{Re} \left[\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{E}(\omega) \dot{V}(\omega) \dot{R}(\omega, \Theta) \exp(-j\omega t) d\omega \right].$$

На рис. 4 введено такі позначення: крива 1 відповідає випромінюванню імпульсу в напрямку головного максимуму, крива 2 – $\theta=10^\circ$, крива 3 – $\theta=50^\circ$, крива 4 – $\theta=100^\circ$.

Аналіз результатів розрахунків показує, що амплітуда відбитого сигналу для кута ковзання 50° зменшується в 3 рази, для кута 10° – у 6 разів по відношенню до прямого сигналу.

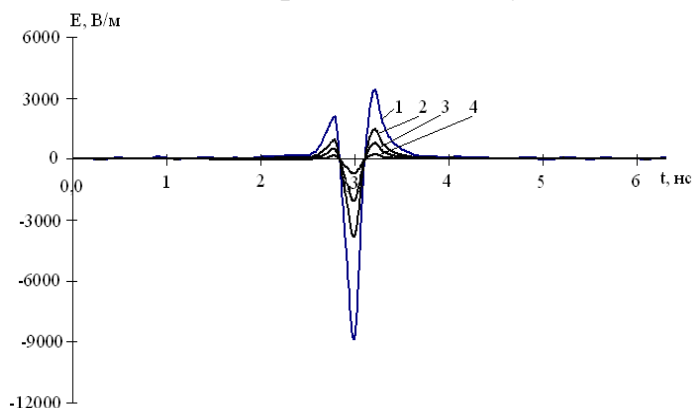


Рис. 4. Форма відбитого від землі НШС сигналу в напрямку головного максимуму для різних кутів ковзання θ

Результати розрахунків також показали, що форма нормованої пікової діаграми спрямованості по амплітуді залишається незмінною, потужність відбитого сигналу значно зменшується вже при куті ковзання в 1° .

Удосконалено метод накопичення пошкоджень для випадку пачки надширококутових сигналів. Метод передбачає використання статистичних характеристик

теплової енергії для оцінювання ймовірності деградації p - n -переходів для нормального (діоди, транзистори) і рівномірного (інтегральні мікросхеми) законів розподілів [2].

Для оцінки імовірності ФУ напівпровідникового елемента [4] припустимо, що енергія послідовності E_a має нормальний закон розподілу з середнім $E_{сеп}$ та дисперсією Δ^2 . Такий закон може бути обґрунтований для простих структур, наприклад, діодів або транзисторів.

Тоді імовірність ФУ (перевищення $p_{кр}$) для $E_{сеп} > E_0$ матиме вигляд: при $E(T, T_{НШС}, \gamma, \eta, \delta) \geq E_{сеп}$

$$P = \Omega \cdot \Delta \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \left\{ \operatorname{erf} \left(\frac{E_{сеп} - E_0}{\sqrt{2}\Delta} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{E(T, T_{НШС}, \gamma, \eta, \delta) - E_{сеп}}{\sqrt{2}\Delta} \right) \right\},$$

при $E_0 < E(T, T_{НШС}, \gamma, \eta, \delta) < E_{сеп}$ (7)

$$P = \Omega \cdot \Delta \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \left\{ \operatorname{erf} \left(\frac{\mathcal{E}_{ср} - \mathcal{E}_0}{\sqrt{2}\Delta} \right) - \operatorname{erf} \left(\frac{\mathcal{E}_{ср} - \mathcal{E}(T, T_{НШС}, \gamma, \eta, \delta)}{\sqrt{2}\Delta} \right) \right\},$$

де E_0 – мінімальне значення енергії активації; $\Omega = \Delta \sqrt{\frac{\pi}{2}} \left\{ 1 + \operatorname{erf} \left(\frac{E_{сеп}}{\sqrt{2}\Delta} \right) \right\}$;

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-u^2) du.$$

Вираз (7) є основним розрахунковим і дає можливість отримати чисельні оцінки ймовірності ФУ P від кількості імпульсів N , від періоду проходження імпульсів послідовності $T_{\text{СШП}}$, від потужності P одного імпульсу.

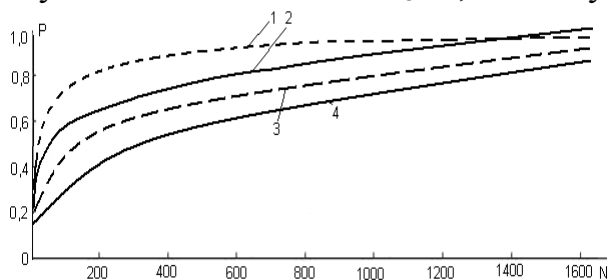


Рис. 5. Залежність ймовірності ФУ p - n -переходу від кількості імпульсів в пачці N для нормального закону розподілу

З наведеного графіка бачимо, що ймовірність виконання бойового завдання збільшується зі збільшенням кількості імпульсів у пачці і гарантовано може бути виконана при досягненні густини потоку потужності для позасмугового ФУ радіоелементів приймального тракту.

Отримано розрахункові співвідношення для оцінки ймовірності блокування (ураження) об'єкта з урахуванням надійності роботи елементів комплексу та протидії противника. Результати розрахунків показали, що ймовірність ураження становить величину $R_{\text{пр}} = 0,89$.

Розрахована ймовірність виконання бойового завдання залежно від кількості імпульсів у пачці: $P_{\text{бз}} = 0,87$ для ФУ.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено нове вирішення актуальної науково-технічної задачі, яка полягає в функціональному ураженні станцій РРЗ при позасмуговому короткоімпульсному впливі з використанням удосконаленого методу розрахунку просторово-часових характеристик надширокосмугових дзеркальних антен з круговою поляризацією, що дає можливість підвищити ймовірність ФУ станцій РРЗ.

1. Незважаючи на різноманіття видів радіозв'язку (радіорелейний, тропосферний, космічний), особливу роль серед них відіграє саме радіорелейний зв'язок, оскільки інформація, що надходить від різних джерел, що знаходяться поблизу лінії фронту в напрямку головного удару та інших напрямках, має бути оброблена, узагальнена та передана на командний пункт (КП) в найкоротші терміни і без втрат.

У сучасних цифрових станціях РРЗ типу "Діамант" застосовуються дзеркальні антени з круговою поляризацією і використовуються такі частотні діапазони: 2, 4, 6, 8 ГГц. Можливість роботи в широкосмуговому режимі і в

На рис. 5 зображена залежність ймовірності ФУ напівпровідникового елемента для нормального закону розподілу P від кількості впливаючих радіоімпульсів N . Графіки побудовані при таких значеннях параметрів: $E_{\text{сер}}/k_B T = 10$; $\delta = 3$, $\gamma = 10^{-4}$. Графік 1 відповідає $T_{\text{НШС}} = 100$ нс, $\Delta/E_{\text{сер}} = 2,0$, $E_{\text{сер}}/E_0 = 2$; графік 2 – $T_{\text{НШС}} = 100$ нс, $\Delta/E_{\text{сер}} = 2,0$, $E_{\text{сер}}/E_0 = 1,5$; графік 3 – $T_{\text{НШС}} = 100$ нс, $\Delta/E_{\text{сер}} = 2,0$, $E_{\text{сер}}/E_0 = 0,5$; графік 4 – $T_{\text{НШС}} = 100$ нс, $\Delta/E_{\text{сер}} = 2,0$, $E_{\text{сер}}/E_0 = 0,25$.

режимі роботи з псевдохаотичною перебудовою частоти істотно поліпшують перешкодозахищеність станцій РРЗ без застосування додаткових засобів радіомаскування.

Тому одним з ефективних шляхів протидії станціям РРЗ в широкій смузі частот є їх функціональне придушення або ураження з використанням потужних електромагнітних імпульсів, випромінюваних засобами функціонального ураження повітряного (безпілотні літальні апарати, крилаті ракети, аеростати тощо) базування.

Смуга пропускання сучасних цифрових станцій РРЗ становить діапазон $2\div 8$ ГГц. Тому на відміну від відомих робіт як основний пропонується використовувати позасмуговий режим функціонального ураження напівпровідникових елементів вхідних каскадів приймально-передавальних пристроїв станцій РРЗ, здійснюваний за допомогою НШС сигналів з шириною спектра $4,5\div 5,5$ ГГц.

Як показали експериментальні дослідження, деградація напівпровідникових елементів може викликатися не тільки тепловими, а й іншими механізмами. Тому в роботі удосконалено метод розрахунку ймовірності функціонального ураження вхідних трактів приймальних пристроїв при використанні послідовностей НШС сигналів, а також отримані ймовірнісні оцінки ураження напівпровідникових елементів для нормального і рівномірного розподілів теплової енергії залежно від кількості впливаючих імпульсів і пікової потужності уражального сигналу.

2. У ході вирішення наукової задачі використані відомі методи, що дозволили отримати науково обгрунтовані результати, які в сукупності вирішують конкретну наукову задачу, яка полягає в розробці методу розрахунку просторово-часових характеристик надширокосмугових дзеркальних антен з круговою поляризацією для визначення ймовірності функціонального ураження станцій РРЗ при позасмуговому короткоімпульсному впливі.

Набув подальшого розвитку метод розрахунку поля, випромінюваного надширокосмуговою дзеркальною антеною з круговою поляризацією. Новизна методу полягає в тому, що в ньому при отриманні електродинамічних співвідношень ураховані поляризація опромінювача, взаємний вплив дзеркальної антени і опромінювача, і інтегральні ефекти, що вносяться крайками дзеркальної антени для щільності поверхневого струму спектральних складових НШС сигналу.

Удосконалено метод розрахунку ймовірності ФУ елементної бази вхідних трактів станцій РРЗ при використанні пачки НШС сигналів. Метод, на відміну від відомих, дозволяє розраховувати ймовірність деградації напівпровідникових елементів для нормального і рівномірного законів розподілу теплової енергії при позасмуговому впливі залежно від кількості імпульсів у пачці і потужності уражального сигналу.

Уточнено метод розрахунку коефіцієнта впливу підстеляючої поверхні в разі використання НШС сигналів за рахунок обліку амплітудно-частотного

спектра сигналу, просторово-частотної характеристики антени, режиму роботи лінії передачі, дисперсії електричних параметрів ґрунту.

При цьому отримані нові результати:

а) просторово-часова структура НШС сигналу, випромінюваного гостронаправленою дзеркальною антеною з круговою поляризацією з урахуванням взаємного впливу рефлектора і опромінювача;

б) при розрахунку ймовірності функціонального ураження напівпровідникових елементів використовуються нормальний і рівномірний закони розподілу теплової енергії при позасмуговому впливі залежно від кількості імпульсів у пачці та потужності уражального сигналу;

в) отримані оцінки просторово-часової структури сигналу, що враховують амплітудно-частотний спектр сигналу, просторово-частотні характеристики антени, дисперсію параметрів лінії передачі, дисперсію електричних параметрів ґрунту.

3. Проведені в дисертаційній роботі дослідження дозволяють сформулювати науково обґрунтовані рекомендації щодо створення засобів функціонального ураження станцій РРЗ із використанням НШС сигналів.

4. Значення отриманих результатів для науки полягає в тому, що розроблений метод, методики та програмне забезпечення, а також конструкції опромінювача дзеркальної антени з круговою поляризацією є основою для розробки засобів функціонального ураження станцій РРЗ, застосування яких дозволяє забезпечити підвищення ефективності їх функціонування.

5. Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що вони дозволяють:

а) визначати просторово-часові та енергетичні характеристики послідовностей НШС сигналів;

б) урахувати дисперсійні характеристики ліній передачі та підстеляючої поверхні;

в) розраховувати спотворення НШС сигналів при поширенні у вільному просторі і при відбитті від підстеляючої поверхні;

г) оцінювати вірогідність ФУ різних напівпровідникових елементів, вузлів і блоків радіоелементної бази станцій РРЗ при впливі послідовностей потужних ультракоротких сигналів;

д) розраховувати ймовірності функціонального ураження різних типів напівпровідникових елементів із використанням нормального і рівномірного законів розподілу теплової енергії, що дозволяє оцінювати можливості функціонального придушення і ураження як при внутрішньосмуговому, так і при позасмуговому способі впливу;

е) оцінювати ефективність існуючих засобів функціонального ураження станцій РРЗ із застосуванням НШС сигналів.

Отримані практичні результати повною мірою можуть використовуватися при обґрунтуванні тактичних вимог до засобів функціонального ураження станцій РРЗ із застосуванням послідовностей НШС сигналів; а також при обґрунтуванні вибору конструкції і параметрів дзеркальної антени з круговою поляризацією.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ермаков Г. В. Анализ точности установки ФАЗ и несущих частот по апертуре цилиндрической ФАР при функциональном поражении бортовых РЭС с использованием пространственно-временных сигналов / Г. В. Ермаков, М. Н. Ясечко, А. В. Ирха // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків : ХУПС, 2011. – № 2 (28). – С. 66 – 69.
2. Метод определения вероятности деградации полупроводниковых элементов приемных устройств при использовании последовательностей многочастотных пространственно-временных сигналов / Г. В. Ермаков, М. Н. Ясечко, А. В. Безверхий, А. В. Ирха // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2011. – № 5 (95). – С. 36 – 40.
3. Ермаков Г. В. Обґрунтування вимог до параметрів сигналів для функціонального ураження засобів зв'язку / Г. В. Ермаков, І. М. Майборода, А. В. Ирха // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – Харків, 2011. – № 2 (18). – С. 36 – 39.
4. Імовірнісна модель функціонального ураження напівпровідникових радіоелементів шляхом застосування послідовностей коротких імпульсів / Г. В. Ермаков, О. О. Казимиров, М. І. Новіков, А. В. Ирха // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – Харків, 2011. – № 2 (18). – С. 40 – 42.
5. Ирха А. В. Математическое моделирование функционального поражения интегральных микросхем при использовании сверхкоротких сигналов / А. В. Ирха // Проблемы информатики и моделирования : тезисы одиннадцатой международной научно-технической конференции. – Харьков : НТУ ХПИ, 2011. – С. 31.
6. Ермаков Г. В. Вероятностная модель функционального повреждения полупроводниковых элементов приемных устройств при использовании последовательностей многочастотных пространственно-временных сигналов / Г. В. Ермаков, М. Н. Ясечко, А. В. Ирха // Інформаційні технології в навігації і управлінні: стан та перспективи розвитку : матеріали другої міжнародної науково-технічної конференції. – К. : ЦНДІ НіУ, 2011. – С. 20.
7. Ермаков Г. В. Аналіз можливостей створення засобів функціонального ураження бортових РЛС з використанням фокусування багаточастотних просторово-часових сигналів / Г. В. Ермаков, М. Н. Ясечко, А. В. Ирха // Збірник матеріалів одинадцятої науково-технічної конференції Державного науково-випробувального центру ЗСУ. – Феодосія, 2011. – С. 58.
8. Ермаков Г. В. Аналіз просторових характеристик біконічної антени для випромінювання надширокосмугових сигналів / Г. В. Ермаков, А. В. Ирха, О. О. Казимиров // Збірник тез доповідей четвертої науково-практичної конференції Академії внутрішніх військ МВС України. – Харків, 2012. – С. 99.

9. Ермаков Г. В. Анализ требований к параметрам сигналов для осуществления функционального поражения систем управления / Г. В. Ермаков, А. Н. Глущенко, А. В. Ирха // Новітні технології – для захисту повітряного простору. : Восьма наукова конференція : тези доп. / Харк. ун-т Повітряних Сил. – Харків : ХУПС, 2012. – С. 285.

10. Анализ возможностей уничтожения радиокерованных взрывовых устройств путем функционального поражения из застосуванням багаточастотних просторово-часових сигналів / Г. В. Єрмаков, О. О. Казимиров, К. В. Власов, А. В. Ирха // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – Харків, 2012. – № 1 (19). – С. 52 – 54.

11. Анализ імовірнісних характеристик функціонального ураження цифрових комунікаційних мереж під час проведення антитерористичних операцій / Г. В. Єрмаков, М. І. Новіков, О. І. Воронін та ін. // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – Харків, 2012. – № 2 (20). – С. 50 – 52.

12. Ирха А. В. Анализ технических возможностей радиоэлектронного подавления радиорелейных станций связи / А. В. Ирха // Системи управління навігації і зв'язку. – К. : ЦНДІ НіУ, 2012. – № 3 (23). – С. 228 – 231.

13. Ирха А. В. Анализ требований к временным и энергетическим характеристикам пачки сверхширокополосных сигналов при создании средства функционального поражения воздушного базирования / А. В. Ирха, Г. В. Ермаков, М. Н. Ясечко // Системи озброєння і військова техніка. Науковий журнал. – Харків : ХУПС, 2012. – № 3 (31). – С. 26 – 30.

14. Ирха А. В. Преимущества воздушного базирования средств функционального поражения радиорелейных станций / А. В. Ирха // Новітні технології – для захисту повітряного простору : Дев'ята наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил. : тези доп. – Харків : ХУПС, 2013. – С. 279 – 280.

15. Ирха А. В. Использование сверхширокополосных сигналов для функционального поражения систем управления и связи / А. В. Ирха // Современные направления развития информационно-коммуникационных технологий и средств управления : материалы третьей международной научно-технической конференции. – Харьков : ДП Харьковский НИИ технологии машиностроения, 2013. – С. 12.

16. Єрмаков Г. В. Вимоги до просторово-часових характеристик циліндричних ФАР для функціонального ураження наземних систем зв'язку / Г. В. Єрмаков, Ю. С. Літвінов, А. В. Ирха // Збірник тез доповідей 5-ї науково-практичної конференції / Академія внутрішніх військ МВС України. – Харків : Академія внутрішніх військ МВС України, 2013. – С. 110 – 111.

17. Irkha A. V. Method of calculation cylindrical array at forming of ultrashort spatio-temporal signal / A. V. Irkha, A. V. Bezverkhy, G. V. Yermakov // International Conference on Antenna Theory and Techniques (ICATT) : Proceedings. – Odessa : Ukraine, 2013. – С. 310 – 312.

18. Ирха А. В. Метод расчета пиковой диаграммы направленности зеркальной антенны с круговой поляризацией при учете взаимного влияния с облучателем при излучении сверхширокополосных сигналов / А. В. Ирха, Г. В. Ермаков, А. В. Ченыкаев // Системи озброєння і військова техніка. Науковий журнал. – Харків : ХУПС, 2013. – № 3 (35). – С. 90 – 93.

19. Ирха А. В. Влияние подстилающей поверхности на вероятность деградации радиоэлементов при излучении сверхширокополосных сигналов / А. В. Ирха, Г. В. Ермаков, А. В. Ченыкаев // Наука і техніка ПС ЗС України. Науковий журнал. – Харків : ХУПС, 2013. – № 3 (12). – С. 95 – 98.

АНОТАЦІЯ

Ирха А. В. Метод розрахунку надширокосмугових радіотехнічних систем для позасмугового функціонального ураження цифрових станцій радіорелейного зв'язку. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи. – Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, МО України, Харків, 2015.

У дисертаційній роботі розроблено метод розрахунку просторово-часових характеристик надширокосмугових дзеркальних антен з круговою поляризацією для визначення ймовірності функціонального ураження станцій РРЗ при позасмуговому короткоімпульсному впливі.

Удосконалено метод розрахунку ймовірності ФУ елементної бази вхідних трактів станцій РРЗ при використанні пачки НШС сигналів. Метод, на відміну від відомих, дозволяє розраховувати ймовірність деградації напівпровідникових елементів для нормального і рівномірного законів розподілу теплової енергії при позасмуговому впливі залежно від кількості імпульсів у пачці і потужності уражального сигналу.

Уточнено метод розрахунку коефіцієнта впливу підстеляючої поверхні в разі використання НШС сигналів за рахунок обліку амплітудно-частотного спектра сигналу, просторово-частотної характеристики антени, режиму роботи лінії передачі, дисперсії електричних параметрів ґрунту.

Отримані практичні результати повною мірою можуть використовуватися при обґрунтуванні тактичних вимог до засобів функціонального ураження станцій РРЗ із застосуванням послідовностей НШС сигналів; при обґрунтуванні вибору конструкції і параметрів дзеркальної антени з круговою поляризацією.

Ключові слова: надширокосмуговий, функціональне ураження, радіорелейний зв'язок.

АННОТАЦИЯ

Ирха А.В. Метод расчета сверхширокополосных радиотехнических систем для внеполосного функционального поражения цифровых станций радиорелейной связи. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.17 – радиотехнические и телевизионные системы. - Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, МО Украины, Харьков, 2015.

В диссертационной работе разработан метод расчета пространственно-временных характеристик сверхширокополосных зеркальных антенн с круговой поляризацией для определения вероятности функционального поражения станций РРС при внеполосном короткоимпульсном воздействии.

Получил дальнейшее развитие метод расчета поля, излучаемого сверхширокополосной зеркальной антенной с круговой поляризацией. Новизна метода заключается в том, что в нем при получении электродинамических соотношений учтены поляризация облучателя, взаимное влияние зеркальной антенны и облучателя, а также интегральные эффекты, вносимые кромками зеркальной антенны для плотности поверхностного тока спектральных составляющих СШП сигнала.

Усовершенствован метод расчета вероятности ФП элементной базы входных трактов станций РРС при использовании пачки СШП сигналов. Метод, в отличие от известных, позволяет рассчитывать вероятность деградации полупроводниковых элементов для нормального и равномерного законов распределения тепловой энергии при внеполосном влиянии зависимости от количества импульсов в пачке и мощности поражающего сигнала.

Уточнен метод расчета коэффициента влияния подстилающей поверхности при использовании СШП сигналов за счет учета амплитудно-частотного спектра сигнала, пространственно-частотной характеристики антенны, режима работы линии передачи, дисперсии электрических параметров грунта.

Полученные практические результаты в полной мере могут применяться при обосновании тактических требований к средствам функционального поражения станций РРС с применением последовательностей СШП сигналов; при обосновании выбора конструкции и параметров зеркальной антенны с круговой поляризацией.

Ключевые слова: сверхширокополосные, функциональное поражение, радиорелейная связь.

ABSTRACT

Irkha A.V. Method of calculation of radio ultra-wideband systems for functional damage-band digital stations relay communication - Manuscript.

Dissertation for a degree of candidate of technical sciences, specialty 05.12.17 - Radio and Television Systems. Kharkiv Kozhedub Air Force University, Ministry of Defense of Ukraine, Kharkiv, 2015.

The thesis developed a method for calculating the spatial and temporal characteristics of ultra-wideband reflector antennas with circular polarization to determine the likelihood of functional lesions stations RR in-band korotkoimpulsnomu impact.

The method of calculating the probability FL cell base stations RR input channels using packs UWB signals. Method, unlike the famous, allows to calculate the probability of degradation of semiconductor components for proper laws and uniform heat distribution in-band impact depending on the number of pulses in a pack and power affects the signal.

Specifies the method of calculation of the influence of the underlying surface when using UWB signals by taking into account the amplitude-frequency spectrum of the signal spatial and frequency characteristics of the antenna, mode of transmission line dispersion of the electrical parameters of the soil.

The obtained practical results are fully vykorystovuvatsya in justifying tactical Requirements for functional lesions stations RR using sequences UWB signals; in justifying the choice of design parameters and reflector antenna with circular polarization.

Keywords: ultrawideband, functional loss, radio relay.

Підп. до друку 11.05.15. Формат 60x84 1/16. Спосіб друку - ризографія.
Умов. друк. арк. 1,2. Облік. вид. арк. 1,1. Тираж 100 прим.
Зам. № 2-279. Ціна договірна.

ХНУРЕ. Україна. 61166, Харків, просп. Леніна. 14

Віддруковано в навчально-науковому
видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ
61166, Харків, просп. Леніна, 14