

УДК 621.396.677

Г. В. Єрмаков, О. О. Казіміров, К. В. Власов, А. В. Ірха

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗНИЩЕННЯ РАДІОКЕРОВАНИХ ВИБУХОВИХ ПРИСТРОЇВ ШЛЯХОМ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО УРАЖЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БАГАТОЧАСТОТНИХ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ СИГНАЛІВ

Розглянуті можливості застосування багаточастотних просторово-часових сигналів для функціонального ураження приймальних трактів радіокерованих вибухових пристроїв. Наведені чисельні значення часових та енергетичних характеристик послідовностей випромінюваних сигналів, що забезпечують деградацію напівпровідникових елементів у разі внутрішньосмугового впливу.

К л ю ч о в і с л о в а: багаточастотний, просторово-часовий, функціональне ураження, радіокеровані вибухові пристрої.

Постановка проблеми. Статистика показує, що на сьогоднішній день радіокеровані вибухові пристрої (РКВП) все більше застосовують у проведенні терористичних акцій. Відомо, що більше ніж у 97 % таких випадків радіолінію створюють на базі загальнодоступної апаратури широкого частотного діапазону. Наприклад, розподілення радіочастот, що виділені в різних країнах для радіокерування згідно з регламентом радіозв'язку, охоплює ділянки частотного діапазону від 20 до 500 МГц. Мобільні радіостанції загального застосування, системи пейджингового й сотового зв'язку працюють в окремих ділянках діапазону частот до 2000 МГц, який виділений також для наукових, промислових і медичних потреб. Сьогодні інтенсивно освоюється діапазон частот 2300...2400 МГц, у перспективі слід очікувати розширення діапазону РКВП до 3000 МГц.

Актуальність проблеми спонукає до пошуку та аналізу різних способів протидії радіокерованим засобам тероризму, в тому числі й радіотехнічними методами. Одним із нових напрямків протидії РКВП є вплив на них потужного електромагнітного імпульсу (ЕМІ) наносекундної тривалості [1], за допомогою якого можливо здійснювати функціональне подавлення та ураження приймального пристрою РКВП. Під функціональним ураженням розуміється такий вплив спеціальним чином сформованого ЕМІ, за якого відбувається критичний вихід із ладу окремих елементів або функціональних пристроїв, виключене самовідновлення функціонування електронної апаратури та потрібні ремонтно-відновлювальні заходи [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наразі відомі й застосовуються засоби для блокування (подавлення) приймальних пристроїв радіотехнічних систем воєнного призначення ("Родіола", РП-377 АМ, "Бакай" та ін.). Основу їх складає комплект всеспрямованих антен, що працюють в різних частотних діапазонах, з лінійною поляризацією та невисоким коефіцієнтом підсилення (близько 8 дБ).

Існує два основних напрямки створення засобів функціонального ураження з малою тривалістю впливаючих імпульсів:

- на основі надширокосмугових (НШС) сигналів відеоімпульсного типу [3];
- на основі фокусування багаточастотних просторово-часових сигналів (БЧ ПЧС) у передавальних фазованих антенних решітках [2].

Зазначені напрямки істотно різняться як за структурою полів, що формуються в точці знаходження вражаємих об'єктів, так і за механізмом впливу на них.

З урахуванням структури полів указані відмінності, в першу чергу, обумовлені їхніми спектральними характеристиками: надширокосмугові сигнали не мають високочастотного заповнення, їх спектр теоретично може займати область частот 0,1...10 ГГц і більше [3]; під час випромінювання НШС сигналу антена відразу збуджується відеоімпульсом струму. Багаточастотні просторово-часові сигнали являють собою набір гармонік, що генеруються на визначеній частоті, їхній спектр може займати будь-яке місце в межах всього радіочастотного діапазону [2]; у процесі випромінювання БЧ ПЧС застосовуються фазовані антенні решітки (ФАР), в яких кожний випромінювач (або окрема група) збуджується окремою гармонікою.

Особливості спектра НШС сигналів створюють серйозні проблеми для роботи інших радіотехнічних засобів в силу безперервності їхнього спектра; для другого напрямку у разі використання БЧ ПЧС можливе створення гостроспрямованого випромінювання, що дозволяє

забезпечити електромагнітну сумісність радіотехнічних засобів.

Метою статті є аналіз можливостей функціонального ураження РКВП за допомогою багаточастотних просторово-часових сигналів.

Виклад основного матеріалу. Одним із перспективних напрямків створення засобів функціонального ураження (ЗФУ) РКВП є розроблення багатофункціональних радіотехнічних систем з передавальними ФАР, за допомогою яких можливе фокусування ЕМІ в задану точку простору. При цьому параметрами, що управляють формуванням заданої структури поля (тривалість, крутизна фронтів) й досягненням необхідних рівнів потужності, є не тільки амплітудний і фазовий розподіли полів по апертурі ФАР, а й частотний та часовий розподіли.

Енергетичний поріг для досягнення ефекту деградації радіоелектронних компонентів визначається часом релаксації теплових процесів, який для напівпровідникових елементів й інтегральних мікросхем складає $\tau_{ПЧС} \geq 10...100$ нс [2]. Для підсилення теплового впливу, який спричинює деградацію радіоелементів, необхідно застосовувати періодичні послідовності БЧ ПЧС. Аналіз розрахунків показує, що для найбільш очікуваного діапазону частот (800...2000 МГц), який можуть використовувати терористи, доцільно застосовувати послідовність БЧ ПЧС з такими параметрами: тривалість $\tau_{ПЧС} \leq 5$ нс, період слідування імпульсів $T_{ПЧС} = 250$ нс, кількість імпульсів у пачці $N_{\text{имп}} = 1000$, шпаруватість $Q = 50$, тривалість пачки $\tau_{p\Sigma} = 255$ мкс.

У процесі побудови ЗФУ РКВП необхідно враховувати смугу пропускання та чутливість приймача виконуючого пристрою. Узгоджені із спектром командного сигналу смуги пропускання приймачів РКВП високої частоти складають 5...20 кГц для супергетеродинних і 200...300 кГц для надрегенеративних приймачів. Найбільш імовірне очікуване значення чутливості приймачів складає від 2 до 10 мкВ.

У таблиці наведені оцінки значень потужності внутрішньосмугового впливу (через антену) пачки ультракоротких імпульсів тривалістю $\tau_{\Sigma} = 255$ мкс, достатньої для деградації радіоелектронних елементів.

Т а б л и ц я

Оцінка потужності послідовності БЧ ПЧС $P_{\Phi V}$ для деградації напівпровідникових елементів при внутрішньосмуговому впливі

Тип елемента	K_n	S_{p-n} , см ²	$\tau_{p\Sigma}$, мкс	$K_{\text{пол}}$	
				$P_{\Phi V}$, Вт	
				$K_{\text{сн}} = 10$ дБ	$K_{\text{сн}} = 15$ дБ
Діоди комутуючі, транзистори малопотужні	0,2	$10^{-3}...5 \cdot 10^{-2}$	255,0	0,06...3,1	0,2...9,48
Діоди мікрохвильові	0,02	$10^{-3}...5 \cdot 10^{-2}$	255,0	0,006...0,31	0,002...0,95
Схеми інтегральні	0,2	$10^{-4}...2 \cdot 10^{-3}$	255,0	0,006...0,012	0,002...0,4

У таблиці позначені: K_n – константа (стала ушкодження), що залежить від типу напівпровідникового елемента та має розмірність $[\text{кВт} \cdot (\text{мкс})^{1/2} \cdot \text{см}^{-2}]$; $\tau_{p\Sigma}$ – сумарний час впливу пачки коротких імпульсів; S_{p-n} – площа $p-n$ переходу, см² [4]; $K_{\text{пол}} = 0,5$ – коефіцієнт втрат на поляризацію випромінюючої антенної системи (кругова); $K_{\text{сн}}$ – коефіцієнт втрат через непогодження ширини спектра ЕМІ зі смугою пропускання приймача РКВП.

Як видно з таблиці, максимальна потужність внутрішньосмугового ураження, необхідна для деградації напівпровідникових діодів і транзисторів, складає 9,5 Вт. Як показують розрахунки, така потужність може бути забезпечена фокусуванням ЕМІ за допомогою ФАР в область розташування

об'єкта, тобто шляхом створення в заданій точці простору в зоні Фраунгофера БЧ ПЧС визначеної структури шляхом синфазного додавання гармонійних складових, що випромінюються окремими випромінювачами ФАР. Синфазність окремих гармонік забезпечується системою просторово-фазо-частотного управління полів на апертурі.

Результати розрахунків показали, що в зоні Фраунгофера доцільно застосовувати одноступеневе та багатоступеневе V-подібне розподілення частот по апертурі випромінюючої ФАР. Це дозволяє сформулювати в області фокусування ультракороткий просторово-часовий сигнал. За межами цієї області часова структура випромінювання має шумоподібний характер.

Висновки

У статті наведені часові та енергетичні характеристики послідовностей багаточастотних просторово-часових ультракоротких сигналів, достатні для функціонального ураження елементної напівпровідникової бази вхідних трактів приймальних пристроїв радіокерованих вибухових пристроїв. Отримані дані можуть бути використані у розробленні вимог до антенних систем засобів функціонального ураження.

Список використаних джерел

1. Хабаров, В. Б. Еще раз о перспективах развития радиоуправляемых взрывных устройств и способов борьбы с ними [Текст] / В. Б. Хабаров // Специальная техника. – 2004. – № 1. – С. 16–24.
2. Фокусировка электромагнитного излучения и ее применение в радиоэлектронных средствах СВЧ [Текст] / А. В. Гомозов, В. И. Гомозов, Г. В. Ермаков, С. В. Титов; под ред. В. И. Гомозова. – Х. : Городская типография, 2011. – 330 с.
3. Кравченко, В. И. Электромагнитное оружие [Текст] / В. И. Кравченко. – Х. : НТУ “ХПИ”, 2008. – 185 с.
4. Панов, В. В. Некоторые аспекты проблемы создания СВЧ средств функционального поражения [Текст] / В. В. Панов, А. А. Саркисян // Зарубежная радиоэлектроника. – 1993. – № 10. – С. 22–24.

Стаття надійшла до редакції 02.02.2012 р.