

ПЕРСПЕКТИВНІ ЗАСОБИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО УРАЖЕННЯ СКЛАДОВИХ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ КОМПЛЕКСІВ В УМОВАХ ІНФОРМАЦІЙНОГО КОНФЛІКТУ

В роботі визначаються шляхи створення електромагнітних засобів функціонального ураження радіоелектронних пристроїв, систем та комплексів широкого спектру використання. Аналізується відмінність побудови й принципів дії засобів функціонального ураження та радіоелектронного придушення, наводяться окремі країни їх розробки та виробництва. Розглядаються питання підвищення ефективності засобів радіоелектронної боротьби за рахунок комплексного застосування їх із засобами функціонального ураження, деякі переваги яких можуть ефективно компенсувати недоліки сучасних засобів радіоелектронної боротьби.

Ключові слова: радіоелектронні комплекси, інформаційний конфлікт, заводо захищеність, радіокерування, станція активних завод.

В сучасних умовах крайнього прояву конфлікту в інформаційному просторі України слід очікувати можливого застосування силових методів радіоелектронної боротьби з боку протидіючої сторони. Мова йде, перш за все, про придушення наших радіоелектронних засобів (РЕЗ) не тільки звичайними, широко використовуваними у конфліктах минулого засобами радіоелектронного придушення, а й новими засобами так званого функціонального ураження інформаційних систем, які працюють в електромагнітних полях.

Аналіз конфліктів останніх десятиліть із всією очевидністю свідчить про те, що хід і результат сучасних конфліктів будь-якого масштабу поряд з іншими факторами багато в чому визначаються мистецтвом ведення протиборства в інформаційній сфері і, зокрема, ведення радіоелектронної боротьби (РЕБ). Інформаційний простір, у якому функціонують засоби радіо й радіолокаційної розвідки, радіозв'язку, навігації, радіокерування об'єктами став ареною протиріч і, як наслідок, конфліктів [1-6].

Радіоелектронна боротьба - боротьба в інформаційному просторі, активно виходить за традиційні рамки забезпечення бойових дій, роблячи значний вплив на хід і результат бойових операцій.

Так, в результаті застосування традиційних засобів РЕБ в операціях і бойових діях бойові можливості сухопутних військ підвищуються в 1,5 рази, утрати літаків знижуються в 4...6 разів, кораблів - у 2...3 рази [7]. Таке зниження втрат є досить близьким до гранично досяжного в середньому рівневі для традиційних засобів ураження. При цьому вартість техніки РЕБ стосовно вартості основних видів озброєнь складає лише 5...8 %.

Перелік основних факторів і мір, що визначають високу потенційну заводо захищеність РЕЗ (радіотехнічних, оптоелектронних, обчислювальних) стосовно традиційних видів заводових впливів, сполучення апаратурних засобів з алгоритмічними методами досить розгорнуто наведений в [7].

Реалізація перерахованих мір забезпечення заводо захищеності РЕЗ еквівалентна зниженню енергії заводи, здатної ефективно впливати на РЕЗ, що придушуються, на 30...60 дБ у порівнянні із ситуацією, коли такі міри відсутні. Тому реальні на сьогоднішній день енергетичні потенціали найбільш могутніх станцій активних завод (САЗ), що складають $10^6...10^7$ Вт [1], у багатьох бойових ситуаціях є недостатніми для досягнення необхідного рівня придушення РЕЗ.

Таким чином, актуальним є пошук нових шляхів зниження ефективності радіоелектронних засобів і систем потенційного противника, підвищення ефективності своїх електронних засобів РЕБ.

Домогтися підвищення ефективності РЕБ можна при спільному використанні зі звичайними засобами РЕБ засобів придушення (ураження), які реалізують нові фізичні принципи впливу на РЕЗ.

Одним з таких шляхів є створення електромагнітних засобів функціонального ураження (придушення), вражаюча дія яких націлена на руйнування чутливих елементів

приймачів (датчиків) інформації, яка переноситься електромагнітним полем, і в цьому сенсі засоби функціонального ураження є засобами інформаційної боротьби.

Назва «функціональне ураження» (ФУ) досить широко використовується в колі фахівців. Під функціональним ураженням, як правило, розуміють ефект впливу надвисокочастотного випромінювання (НВЧ-випромінювання), що приводить до погіршення характеристик електронних засобів, тимчасового або необоротного виходу їх з ладу. Основною відмінністю функціонального ураження від радіоелектронного придушення (РЕП) є фізичні принципи нанесення противникові інформаційного збитку. При функціональному ураженні збиток заподіюється шляхом необоротної (катастрофічної) або оборотної (відновлюваної) зміни фізико-хімічної структури елементів електронних систем унаслідок впливу ЕМП на радіо- і конструкційні матеріали, що входять до складу електронних і напівпровідникових приладів, а також і інших компонентів цих систем.

Густина потоку енергії, при якій надійно уражаються сучасні електронні об'єкти, на 8...10 порядків вище відповідних енергетичних показників традиційних навмисних завод, створюваних навіть самими могутніми літаковими (вертолітними) і наземними станціями завод. До теперішнього часу сформувалися два напрямки розробки й використання засобів ФУ.

Перший напрямок припускає створення мобільного засобу багаторазового застосування на базі генераторів потужного імпульсного НВЧ-випромінювання (як правило, наземного базування).

Другий напрямок — це створення засобів одноразового застосування на основі електромагнітних боеприпасів (ЕМБ) найрізноманітнішого застосування. При вибуху ЕМБ навіть малих калібрів 100...120 мм електронним цілям можуть бути нанесені такі ушкодження [2]: на видаленні $D_M = 6...10$ м від цілі штучно ініціюється підриг детонатора звичайних вибухових речовин (ВР); на видаленні $D_M = 30$ м виводиться з ладу система державного впізнання цілей і блокується пуск зенітних керованих ракет (ЗКР) переносних зенітних ракетних комплексів (ПЗРК); на видаленні $D_M = 50$ м виводяться з ладу протитанкові магнітні міни.

Прикладом засобів одноразового застосування може служити вибуховомагнітний генератор (ВМГ). Головне, що відрізняє його від традиційних засобів ураження фугасної або осколкової дії - це незначний, майже непомітний вплив на елементи конструкції об'єктів, що вражаються. Вибух ВМГ не приводить до помітних фізичних руйнувань. Основне призначення ВМГ заключається в завданні інформаційних збитків електронним пристроям противника шляхом ФУ його елементів і модулів, сприйнятливих до впливу сильних ЕМП.

Істотний недолік сучасних електронних засобів полягає в тому, що вони поки що не мають надійного захисту від впливу сильних електромагнітних полів (ЕМП). Незахищені електронні ланцюги досить легко виводяться з ладу досить чутливі напівпровідникові елементи, самим уразливим місцем яких є електричні переходи товщиною одиниць мікрон і менше. Можливість необоротного ураження твердотільних напівпровідникових приладів зростає в зв'язку з винятково високою і безупинно зростаючою щільністю їхньої інтеграції в мікросхемах. Електромагнітне випромінювання (ЕМВ), що виникає при вибуху ЕМБ, порівняно легко проходить не тільки через полімерні захисні матеріали, але і крізь екрани, за рахунок щілин, люків, технологічних отворів у захисних кожухах приладів, через роз'єми і ланцюги живлення.

Розробки засобів ФУ ведуться в ряді країн світу, особливо в США і Росії. Однак в останні роки кількість відкритих публікацій на цю тему значно зменшилось, що може свідчити про значні досягнення в сфері сучасних розробок бойових засобів ФУ.

Російські розробники займають провідні позиції у створенні зброї ЕМІ. На сьогодні в Росії вже є експериментальні зразки 100-мм і 130-мм снарядів, 125-мм і 105-мм реактивних гранат, 122-мм бойових частин некерованих ракет (НКР) і навіть 40-мм реактивної гранати

“Атрупс” (від грецького «невідворотна»), призначених для електромагнітного придушення системи активного захисту танка [3].

Принцип застосування 40-мм реактивної гранати “Атрупс” такий [2]. Ручний протитанковий гранатомет має крім кумулятивної гранати ще електромагнітну гранату «Атрупс». При пострілі спочатку запускається двигун електромагнітної й (з невеликою затримкою) кумулятивної гранати. Радіолокаційний перетин першої дуже малий, тому система захисту танка противника пропускає її. Розриваючись на броні танка, електромагнітна граната імпульсом випромінювання тимчасово засліплює систему захисту танка, забезпечуючи прорив кумулятивної гранати до броні. Радіус «осліплення» усього 2-3 м, але цього цілком достатньо. В разі підвищення чутливості системи активного захисту танка це не допоможе танку: хоча в цьому випадку гранату «Атрупс» знищать на підльоті, однак кумулятивна вразить машину — захисту вже не залишиться часу для повторної реакції. ЕМБ як засоби одноразового застосування можуть розміщатися на ракетах класу «поверхня-поверхня», «повітря-поверхня», «поверхня-повітря», «повітря-повітря», у керованих авіаційних бомбах, бойових касетах, некерованих снарядах. Перше згадування про бойове застосування ЕМБ відноситься до 1991 року. Під час першої війни з Іраком США використовували новий клас секретних боеголовки, що несуть могутні джерела ЕМВ. Цими боеголовками комплектувалися ракети «Томагавк» [9]. Під час другої війни з Іраком 26 березня 2003 року також були застосовані ЕМБ для ураження іракських об'єктів бойового управління, насичених електронною технікою, електротехнічним устаткуванням і кабельними мережами.

Успіхи в створенні одноразових генераторів могутнього НВЧ-випромінювання дозволяють пророчити прийдешній якісний стрибок у бойовому застосуванні засобів ФУ. Могутній НВЧ-випромінювач буде застосовуватися не замість бойової частини ракети (бомби, снаряда), а разом з нею. При цьому за рахунок добору частини енергії вибуху бойової частини на випромінювання зона ураження цілей осколками буде менше, ніж у звичайних боеприпасів, але зате в кілька разів зросте радіус ураження електронної апаратури об'єктів-цілей [7].

Засоби ФУ внаслідок специфічної дій на РЕЗ відрізняються від традиційних засобів РЕБ. Однак вони мають можливість суттєво підвищити ефективність традиційних засобів створення активних завад, компенсуючи деякі недоліки традиційних засобів у разі їх сумісного (комплексного) застосування у складі комплексів РЕБ.

Причиною високої ймовірності включення багаторазових засобів ФУ до складу комплексів РЕБ є те, що вони практично повністю вільні від недоліків традиційних засобів радіоелектронного придушення. Для засобів створення активних завад характерний прояв ефекту малих дальностей. Цей ефект полягає в тому, що при зближенні об'єкта, який прикривається активними завадами, з радіолокаційною станцією (РЛС), що придушується, відношення потужностей завади й сигналу на вході приймача РЛС міняється на користь сигналу. Швидкість такої зміни залежить від того, як створюється завада. При самоприкритті об'єкта, коли станція активних завад перебуває на самому об'єкті, що прикривається, зазначене відношення зменшується пропорційно квадрату зменшення дальності. У випадку створення завад з нерухливої зони збільшення відношення сигнал/завада буде пропорційно четвертому ступеню зменшення дальності від РЛС до об'єкта, що прикривається завадами. У результаті при незмінному енергетичному потенціалі станції активних завад, починаючи з деякої дальності між об'єктом і РЛС, завада перестає забезпечувати прикриття об'єкта. Цей ефект ілюструється графіками на рис. 1 і 2 [7]. Залежності на рис. 1 розраховані для випадку самоприкриття. На видаленнях цілі від РЛС $D_{ц} < 50$ км активна завада неефективна. На таких

дальностях поточне відношення завада/сигнал $k = \left(\frac{P_n}{P_c} \right)_{\text{вх}}$ стає менше коефіцієнта придушення даної РЛС $k_n = 3$. Таким чином, діапазон дальностей ліворуч від вертикальної

штрихової лінії визначає область непридушення РЛС. Праворуч від цієї лінії лежить область придушення, де завада ефективна.

На рис. 2 наведені залежності тих же параметрів від дальності для випадку прикриття цілі постановником завад з нерухливої зони. При дальності до цілі $D_{ц} = 100$ км на вході приймача РЛС відношення потужностей завади й сигналу становить $k = 20$. При коефіцієнті придушення $k_n=3$ завада стає неефективною, починаючи з дальності $D_{ц} = 62,2$ км і ближче до РЛС.

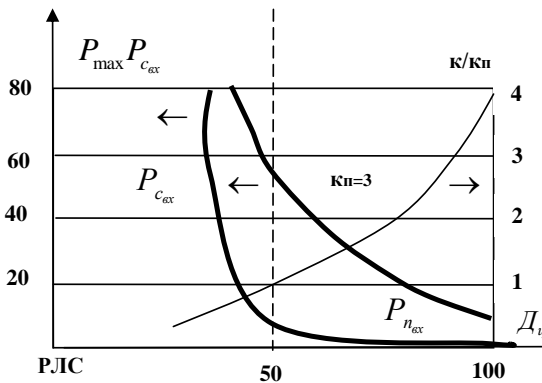


Рис. 1. Зміни потужності корисного сигналу $P_{свх}$ і завади $P_{пвх}$, а також k/k_n на вході приймача РЛС, яка подавляється, при наближенні цілі-постановника завад до РЛС

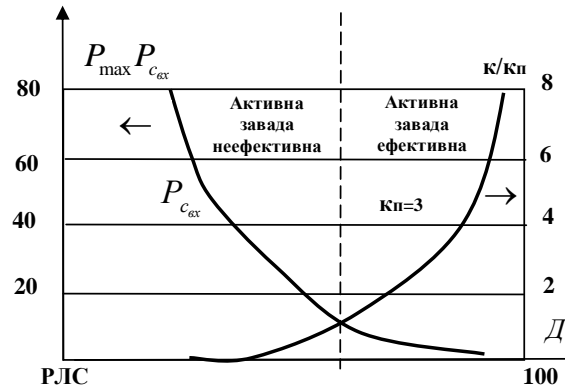


Рис. 2. Зміни потужності $P_{свх}$ і $P_{пвх}$, а також k/k_n при прикритті цілі завадами, які ставляться постановником завад із нерухливої зони

Хід кривих $P_{свх}$ і $P_{звх}$ указує на те, що на деякій дальності вони перетинаються, а при подальшому зменшенні дальності $P_{свх}$ перевищує $P_{звх}$.

Рухаючись традиційним шляхом, вищезгаданий недолік можна усунути за рахунок збільшення енергетичного потенціалу станцій активних перешкод і зменшення ЕПР об'єктів, що захищаються. Причому знадобиться сумарне збільшення енергопотенціалу й зменшення ефективної поверхні розсіювання (ЕПР) на 2...3 порядки. Для цього буде потрібно неприйнятне для літальних апаратів (ЛА) збільшення маси й габаритів станцій активних завад, а також перехід на нову технологію виробництва малопомітних ЛА.

Ефективність засобів ФУ на відміну від традиційних станцій активних завад зростає в міру зближення з керованими засобами ураження, оскільки основним вражаючим фактором засобів ФУ є рівень щільності потоку потужності (енергії) НВЧ-випромінювання, створюваний у районі цілі.

Тому можливий підбір такого співвідношення потужностей (енергетичних потенціалів) засобу РЕП і засобу ФУ, при якому неприпустиме зниження ефективності засобів РЕП, що настає на відомій дальності в процесі зближення його з РЕЗ, що придушується, компенсується високою ефективністю засобу ФУ.

Відзначимо й інші недоліки традиційних засобів РЕП, які компенсуються застосуванням засобів ФУ.

1. Традиційним засобам РЕБ притаманно практично непереборне запізнювання у відповідній реакції на несподівані (непередбачені) дії противника, зокрема на зміну режиму роботи, виду й параметрів сигналів РЕЗ. У станціях завад з генераторним принципом роботи подібна затримка може доходити до десятих часток секунди.

2. Тривалість порушення нормального функціонування РЕЗ практично дорівнює тривалості ефективної дії завади. Зниження ефективності завади або її вимикання автоматично веде до відновлення режиму нормального функціонування РЕЗ.

Сам ефект ФУ проявляється в трьох видах.

По-перше, припинення функціонування окремих елементів РЕЗ або РЕЗ у цілому,

викликане руйнуванням структури цих елементів.

Руйнування структури приводить до невідновлюваних (катастрофічних, необоротних) відмов РЕЗ або їх елементів.

По-друге, порушення функціонування окремих елементів РЕЗ або РЕЗ у цілому, викликане зміною фізичної структури цих елементів. Таке порушення приводить до відновлюваних (тимчасових, оборотних) відмов, супроводжуваних погіршенням параметрів РЕЗ після їхнього відновлення, або до збереження цих параметрів, якщо згодом структура елементів відновиться повністю. Інтервал тимчасового виходу з ладу елементів РЕЗ змінюється в широких межах - від одиниць мілісекунд до десятків хвилин (а іноді й годин) [8,9].

У третій, функціональні порушення працездатності РЕЗ, характерні для традиційних видів завод (неправильні спрацьовування й збої в роботі виконавчих схем, викривлення вихідних сигналів пристроїв виявлення цілей і т.д.).

Перший вид відмов часто називають функціональним ураженням, а другий і третій види - функціональним придушенням.

3. Орієнтація кожного конкретного зразка засобу РЕБ на створення завод (придушення) тільки РЕЗ певного класу й у порівняно вузькому діапазоні частот край утруднює і практично унеможлиблює створення скільки-небудь універсального комплексу РЕБ, здатного протистояти кожному з можливих засобів противника.

А засіб ФУ вражає РЕЗ будь-якого класу навіть тоді, коли робоча частота потужного НВЧ-випромінювання далеко відстоїть від смуги пропускання основного каналу приймача РЕЗ, що придушується. У результаті засіб ФУ здатний вражати вузли й елементи таких електронних засобів, які не піддані впливу традиційних видів завод, а саме: передавальні пристрої, блоки живлення, інерціальні системи наведення, обчислювальні засоби, елементи антенно-фідерних трактів, волоконно-оптичні лінії зв'язку і т.д.. Це дозволяє забезпечити ураження широкої номенклатури РЕЗ всіякого функціонального призначення за допомогою засобів ФУ одного типу. У цьому смислі засоби ФУ є універсальними.

4. НВЧ-випромінювання проникає в електронні системи не тільки через антену, але й по ланцюгах живлення, через різні технологічні люки, зазори, тріщини, отвори й тому подібні неоднорідності суцільних екранів. Іноді про такі шляхи говорять, що НВЧ-випромінювання проникає через точки «чорного входу».

Таким чином, у наявності не протистояння традиційних засобів РЕП і засобів ФУ, а, навпроти, їхня здатність істотно доповнювати один одного в рамках рішення одного й того ж завдання надійного придушення й навіть ураження РЕЗ противника. Є всі підстави вести мову про комплексування різних засобів радіоелектронного придушення.

Тому можна припустити, що засоби ФУ згодом рівноправно ввійдуть в арсенал засобів РЕБ. Загроза застосування засобів ФУ уже тепер стала реальністю, тому актуальними завданнями на теперішній час та на перспективу є створення засобів захисту від них і розробка способів їх застосування. Завдання захисту від засобів ФУ можуть бути вирішені такими шляхами: створенням технічних засобів захисту; розробкою способів застосування засобів захисту; розробкою організаційних заходів захисту.

Технічні засоби захисту за функціональним призначенням можуть бути засобами виявлення та попередження про застосування засобів ФУ та засоби безпосередньо пасивного та активного захисту.

Способи застосування засобів захисту можуть відрізнятися масштабами (вибіркового, групового, масового застосування), конструктивно-технічною реалізацією (екранування, маскування, створення спеціальних конструкцій і т. ін.).

Організаційні заходи щодо захисту від засобів ФУ можуть бути превентивними (поточними у часі, тактичними, оперативно-тактичними). До них можуть відноситися розвідка, вивчення та аналіз обстановки (радіоелектронної, радіаційної, хіміко-біологічної, сейсмічної, морально-психологічної, медичної і т. ін.); обладнання місцевості, створення

оманних об'єктів; введення особливих режимів функціонування, зв'язку і т. ін.; маскування (інженерне, радіоелектронне), протидія іноземним технічним розвідкам (ІТР).

Вибір способів застосування засобів захисту від засобів ФУ визначається можливостями, особливостями засобів, умовами застосування. Вибір організаційних заходів, крім того, визначається рівнем загрози та масштабами застосування засобів ФУ, оперативної тактичною обстановкою на театрі воєнних дій та іншими обставинами.

Слід зазначити, що інтенсивні дослідження в напрямі створення засобів ФУ та випробування деяких їх зразків в локальних збройних конфліктах останнього десятиліття ставлять ряд нових вимог до розвідувальних систем стосовно засобів ФУ. Зокрема, постає проблема розробки нових датчиків для швидкого виявлення не тільки факту застосування таких засобів ФУ, але й факту підготовки до їх застосування (за змогою). Це дозволить своєчасно вживати заходів щодо захисту від їх вражаючих факторів. Це завдання є вкрай складним, оскільки в багатьох випадках мова буде йти про виявлення факту застосування засобів ФУ в досить короткі терміни – від десятків і сотень пикосекунд до одиниць й десятків наносекунд, впродовж яких діє одиночний імпульс засобу ФУ.

Висновки. Засоби ФУ як потужне імпульсне НВЧ-випромінювання будуть важливим елементом інформаційних технологій ХХІ століття. Теоретичні й експериментальні дослідження цього випромінювання, генеруемого у вигляді коротких імпульсів тривалістю одиниць й десятки наносекунд, а згодом пикосекунд, дозволяють зробити висновок про те, що область використання такого випромінювання винятково широка.

Вкрай необхідно підтримувати наукові дослідження (в тому числі в умовах ведення бойових дій фіксувати і протоколювати всі випадки незвичайного виходу з ладу РЕЗ розвідки, зв'язку, навігації і т.д.), спрямовані на вивчення демаскуючих ознак засобів ФУ з метою розробки засобів їх розвідки. Це дозволить своєчасно вживати заходів щодо захисту від їх вражаючих факторів.

Якщо країна не буде мати можливості протидіяти засобам ФУ, то це приведе до певної приреченості країни під час війни, дозволить противнику використати технологічну незахищеність країни і забезпечити перемогу її в інформаційно-психологічному протиборстві.

Література

1. Дружинін В.А. Проблеми формування та обробки радіолокаційної інформації в системах радіобачення: монографія / В.А. Дружинін. - К.: Логос, 2013. – 230 с.
2. Дружинін В.А. Шляхи підвищення оптимального керування радіолокаційними системами з урахуванням забезпечення мінімального ураження від самонавідної зброї/ В.А. Дружинін, О.Т. Гордієвський, Д.Г. Васильєв // Системи озброєння і військова техніка. –2012. – № 4 (32)' – С. 24–29.
3. Резонансні методи отримання і використання інформації в радіотехнології: монографія / В.А. Дружинін, І.Р. Пархомей, С.В. Толюпа, В.С. Наконечний. - К.: Логос, 2013. - 146 с.
4. Дружинін В.А. Використання теорії ігор для рішення задач управління інформаційною безпекою в сучасних інформаційних системах / В.А. Дружинін, С.В. Толюпа // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Науковий журнал. – 2012. - №8. – С. 119-124.
5. Дружинін В.А. Теоретичні основи фрактально-резонансної селекції сигналів в радіотехнічних системах / В.А. Дружинін, С.В. Толюпа, С.Д. Войтенко // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2012. - Т.10, №2. – С. 58-64.
6. Дружинін В.А. Принципи оптимального керування випромінюваннями електромагнітної енергії в багатопозиційних системах радіолокації // В.А. Дружинін, С.В. Толюпа, // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. - К., 2012. - №38. - с. 93-102.
7. Радиоэлектронная борьба. Силитовое поражение радиоэлектронных систем / В.Д. Добыкин, А.И. Куприянов, В.Г. Пономарев, Л.Н. Шустов; под ред. А.И. Куприянова. - М.: Вузовская книга, 2007. - 468 с.
8. Прищепенко А.Б. Взрывы и волны. Взрывные источники электромагнитного излучения радиочастотного диапазона / А.Б. Прищепенко. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 208 с.
9. Зброя на нетрадиційних принципах дії (стан, тенденції, принципи дії та захист від неї) / О.П. Ковтуненко, В.В. Богучарський, В.І. Слюсар, П.М. Федоров. - Полтава. Видавництво ПВІЗ, 2006. - 248 с.