

ОЦЕНКА НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ НА РАДИОУПРАВЛЯЕМИ ИМПРОВИЗИРАНИ ВЗРИВНИ УСТРОЙСТВА С ИЗПОЛЗВАНЕ НА ПРЕДАВАТЕЛИ НА СМУЩЕНИЯ МОНТИРАНИ НА БЛА

Слави Славов¹, Георги Сотиров², Мая Божилова³

¹ИМСТЦХА - Българска академия на науките

²Институт за космически изследвания и технологии - Българска академия на науките

³Институт по отбрана - МО

e-mail: slavi.slavov@gmail.com, gsotirov@space.bas.bg,bojilova@gmail.com

Ключови думи: Радиоуправляеми импровизирани взривни устройства, наблюдение, разузнаване

Резюме: В доклада са представени основните характеристики на радиоуправляемите импровизирани взривни устройства (РУИВУ) и е предложен критерий за оценка на ефективността на противодействието с радиосмущители. Направена е оценка на повишаването на ефективността на противодействието при използване на безпилотни летателни апарати (БЛА).

ASSESSMENT OF POSSIBILITIES FOR COUNTERMEASURES OF RADIO CONTROLLED IMPROVISED EXPLOSIVE DEVICES USING JAMMERS MOUNTED ON UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)

Slavi Slavov¹, Georgi Sotirov², Maya Bozhilova³

¹Institute of Metal Science, equipment, and technologies - Bulgarian Academy of Sciences

²Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

³Defence Institute, Bulgaria

e-mail: slavi.slavov@gmail.com, gsotirov@space.bas.bg,bojilova@gmail.com

Keywords: Radio controlled improvised explosive devices, jammers, countermeasures

Abstract: In this paper are presented in brief primary characteristics of radio controlled improvised explosive devices (RCIED), and a criterion for assessment of jammer performance is introduced. Using this criterion, the possibilities for blocking of RCIED by man packed jammers are assessed.

Въведение

В съвременните военни и мироопазващи операции импровизираните взривни устройства (ИВУ) са сериозна заплаха за военнослужещите. Според отчетни документи на американската армия след 2007 година в Ирак и Афганистан над 80% от нещастните случаи са предизвикани от ИВУ.

„Импровизирани“ означава, че става въпрос за промишлено произведени изделия с гражданско предназначение, които са приспособени в домашни условия за задействане на експлозив.

Най-често използвани са радиоуправляеми ИВУ (РУИВУ), при които се използва радиоприемно устройство за детонационен ключ. Основното предимство на РУИВУ се състои във възможността за разполагане на оператора, на достатъчно разстояние от взривното устройство, което осигурява неговата безопасност. При това може да се извършва визуален контрол на обстановката около обекта и избор на времето за задействане.

Терористите се стараят по възможност да действат скрито, без да привличат вниманието към себе си, както при изпълнението на терористичния акт, така и при подготовката на устройствата за него.

От тази гледна точка, значително по-просто е да се купи готово устройство за дистанционно радиоуправление от типа на пейджър, мобилен телефон, мобилна радиостанция, безжичен телефон, алармено-охранителна система, което елементарно се преработва за използване в конкретната ситуация. Очевидно е, че при това не се изключват и случаи на използване на РУИВУ на базата на специално разработена апаратура.

Актуалността на проблема е довела до търсене и анализиране на различни методи за противодействие на тези средства за тероризъм, включително и радиотехнически.

Основните проблеми при противодействие на РУИВУ са:

- неизвестно е срещу какъв тип комуникационно устройство се противодейства (клетъчен, сателитен или безжичен телефон, устройство за безжичен обмен на данни, walky-talky, дистанционно управление на играчки или гаражни врати и др.);

- широк честотен диапазон – от няколко десетки до няколко хиляди мегагерца;

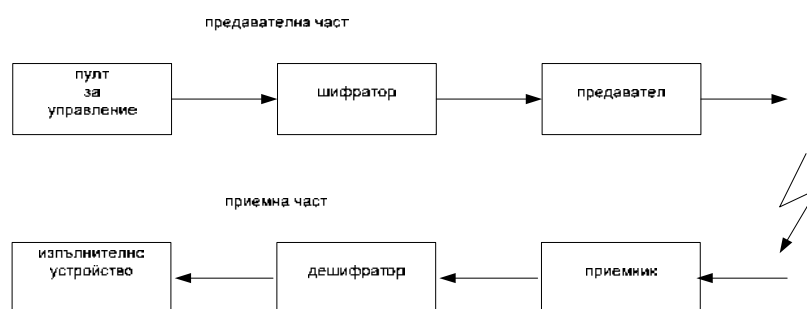
- неизвестно и разстояние между предавателя и приемника на РУИВУ.

Разбирането на тези основни проблеми е от първостепенно значение, тъй като само тогава може да бъде реализирано най-подходящото според конкретната ситуация противодействие.

Тук ще бъдат разгледани накратко основните параметри на РУИВУ, ще бъде предложен критерий за оценка на ефективността на апаратурата за подавяне, по който ще бъдат оценени възможностите за подавяне на РУИВУ с носими предаватели на смущения.

Характеристики на радиолините за управление

Структурната схема РУИВУ е дадена на фиг. 1.



Фиг. 1. Схема на радиолиния за управление на ИВУ

Предаващата част на РУИВУ се състои от пулт за управление, шифратор, формиращ кода на командата, предавател с антена, генериращ и излъчващ радиосигнал с модулация, пренасящ командата до приемната част за възвръщане. Приемната част се състои от антена, приемник на радиосигнала, дешифратор и изпълнително устройство, например електронен ключ или електромагнитно реле. Приемникът осъществява първична честотна селекция на радиосигналите и отделяне на командния сигнал. Кодът на приетата команда се сравнява в дешифратора с опорен код и при неговото съвпадане се формира команда към изпълнителното устройство. Изпълнителното устройство подава напрежение към огневата верига на устройството.

Основните параметри, характеризиращи РУИВУ са следните:

- честотен диапазон;
- далечина на свързката;
- загуби по линията;
- ширина на честотната лента и чувствителност на приемника;
- методи на кодиране и модулация на сигнала.

Изброените параметри на РУИВУ в голяма степен определят възможностите за противодействие.

Работни честоти на РУИВУ

Честотните диапазони, които потенциално могат да бъдат използвани за реализиране на РУИВУ постоянно се увеличават с появата на нови технологии и комуникационни средства. Към момента най-вероятно е използването на честотен диапазон от 20 до 1000 MHz за VHF и UHF радио, а за клетъчните и сателитни комуникационни системи – 400 ÷ 2500 MHz.

Далечина на свръзката

Далечината на свръзката зависи от енергийния потенциал на предавателя и чувствителността на приемника. Енергийният потенциал представлява произведението на стойностите на мощността на изходния усилвател на предавателя и коефициента на усилване на излъчващата антена.

В носимите варианти на предавателите изходната мощност може да бъде до няколко вата. При подаване на командата от автомобил може да се използва автомобилна радиостанция, с изходна мощност до няколко десетки вата. В този случай далечината на действие на РУИВУ може да бъде значително по-голяма.

Ефективното усилване на предавателната и приемната антени се определя от конструкцията и техните допустими размери. Повечето антени, използвани в РУИВУ са ненасочени и са изпълнени във вид на телескопични антени или отрязани парчета проводници. В повечето случаи размерите на антените не съответстват на 0.25λ (λ – дължина на вълната), а са съществено по-къси, тъй като трябва да се обезпечи тяхната скритост. В честотния диапазон 20 ÷ 100 MHz размерите на антените са не повече от $(0.05...0.1)\lambda$, което определя тяхната ниска ефективност. В по-високочестотните диапазони размерите на антените се приближават до 0.25λ , а за честоти 200-500 MHz могат да се използват рамкови антени с размери на навивките от порядъка на 25x50 мм. Неоптималността на размерите на антените води до това, че ефективното им усилване е не повече от минус 6 dB.

Загуби по линията

Загубите на мощност на сигнала по линията могат да бъдат разделени на поляризационни и загуби, свързани с разстоянието. Поляризационите загуби са предизвикани от неоптималното разположение на излъчващата и приемната антена една спрямо друга, поради изискването за скритост. В този случай допълнителните загуби може да се оценят на 3 dB [2].

В градски условия на далечината на действие влияят типа окръжаващите сгради и плътността на застроеност. Поради близостта на линията на разпространение на сигнала близо до земната повърхност, мощността на сигнала намалява пропорционално на 4-та степен вместо на 2-а за случая на разпространение в свободното пространство.

При използване на клетъчни телефони се приема, че мощността на сигнала от базовата станция към телефона намалява пропорционално на 3-та степен.

Ширина на честотната лента и чувствителност на приемника

В РУИВУ могат да се използват приемници, работещи по суперхетеродинна или свърхрегнеративна схема. Съгласуваните със спектъра на командния сигнал честотни ленти на приемника по висока честота представляват 5-20 kHz за суперхетеродинните и 200-300 kHz за свърхрегнеративните. Най-вероятната стойност на чувствителността на приемника е от 2 до 10 μ V при разстояние на действие 100-300 m.

За клетъчните телефони честотната лента е 200 kHz.

Способи на кодиране и модулация на сигнала

В РУИВУ може да се очаква използване на честотно-модулирани и амплитудно-манипулирани сигнали, носещи кодирана информация. При липса на кодиране радиолинията е с ниска устойчивост към смущения, които даже при неголяма мощност може да предизвикат преждевременно сработване на изпълнителното устройство. За намаляване на вероятността за лъжливо сработване се използва кодиран управляващ сигнал. Командите в най-прост вариант могат да се предават във вид на честотно манипулирани съобщения с последователно предаване на кодови комбинации от 2-5 честоти в диапазона 1 ÷ 10 kHz или във вид на двойчен код с дължина 8, 12, 16 бит и повече. Продължителността на съобщението може да бъде между 15 и 2000 ms.

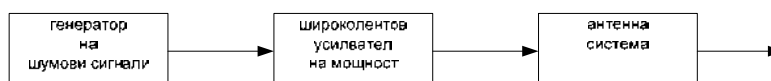
Радиоелектронно подавяне на РУИВУ

Подавянето на РУИВУ може да се осъществи чрез нарушаване на нормалното функциониране, предизвикващо неизпълнение на командата или чрез стимулиране на преждевременно задействане на ИВУ. Последното може да се постигне чрез имитация на команден сигнал, а също и когато в ИВУ не се използва кодиран команден сигнал, но не е предмет на настоящото разглеждане.

За създаване на смущения на РУИВУ могат да бъдат използвани [1, 3]:

- предаватели на правошумови смущения;
- предаватели с модулация на шумовете и/или псевдослучайни последователности;
- честотно-сканиращи предаватели;
- кратковременни предаватели, включително искрови.

Предавателят на радиоелектронни смущения може опростено да се представи във вид на последователно свързани генератор на шумов сигнал, широколентов усилвател на мощност и антенна система, както е показано на фиг. 2.



Фиг. 2. Структурна схема на предавател на радиоелектронни смущения

Генераторът на шумовите сигнали е най-сложната част на предавателя на радиоелектронни смущения. Той се реализира на аналогова и цифрова елементна база, което позволява с помощта на цифрово управление не само да се осъществява контрол на функционирането на предавателя, но и оперативно да се променят параметрите и режимите на създаваните смущения. Формираният шумов сигнал се усилва до необходимата мощност (която също може да се задава оперативно) и се излъчва от антенната система.

Като се има предвид необходимостта от създаване на изключително широколентови смущения за предавателите, е характерно многоканалното изпълнение. Това на първо място е свързано с трудности при реализацията на антенната система. Трудно е да се създаде високоефективна антена с приемливи габарити, покриваща широк честотен диапазон, особено за ниски честоти. Например, антена във вид на полувълнов вибратор за честота 20 MHz ще има размер 7 m, което е недопустимо не само за носим вариант на предавателя, а също и за автомобилен. За покриване на диапазон от 20 до 500 MHz е необходимо да се раздели поне на 2 поддиапазона. При това, за най-нискочестотния диапазон е необходима специална антена, която притежава необходимата ефективност и широколентовост в съчетание с приемливи габарити. При това загубите, възникващи поради неоптималните размери на антената и необходимостта от въвеждане на съгласуващи устройства трябва да се компенсират с увеличение на мощността на подавания към нея шумов сигнал.

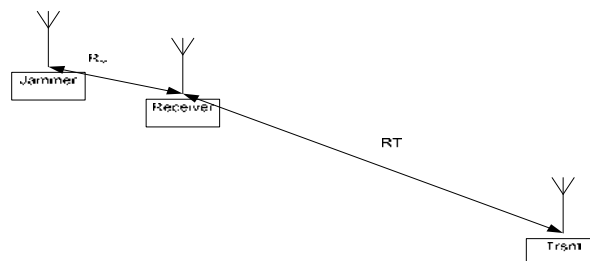
Броят на каналите на предавателя на смущения зависи не само от конфигурацията на антенната система, но и от широколентовостта на крайните усилватели на мощност. Най-доброто решение е всеки изходен усилвател да работи със своя оптимизирана антена. Такова решение обаче е неприемливо за носимите предаватели на смущения, където обикновено се стремят да намалят до минимум броя на антените за сметка на използване на една широколентова антена за високочестотната част на работния диапазон (100 ÷ 1000 MHz) и една антена в нискочестотната област (20 ÷ 100 MHz). За покриване на диапазона от 100 до 1000 MHz ще са необходими поне два широколентови усилвателя на мощност, които чрез честотно избирателен суматор работят на обща антена.

Критерии за радиоелектронно подавяне

Предавателят на смущения създава около себе си зона на безопасност, в която се осигурява ефективно подавяне на приемника на РУИВУ. Тъй като и в предавателя на РУИВУ и в предавателя на смущения се използват обикновено ненасочени антени, зоната на безопасност по своята форма в азимуталната равнина е близка до окръжност, центъра на която съвпада с местоположението на предавателя на смущения.

Ефективността на предавателя на смущения може да бъде оценена по разстоянието от мястото на приемника на ИВУ до предавателя на смущения, при което се осигурява подавяне на радиoliniята, за някакво зададено разстояние между предавателя и приемника на ИВУ. Разстоянието между приемника на РУВ и предавателя на смущения представлява далечина

(радиус) на защита (R_J), което определя размерите на зоната на безопасност. При разстояние между предавателя на смущения и приемника на ИВУ, не по-голямо от R_J , подаваната от предавателя команда няма да доведе до задействане на ИВУ (фиг. 3). От направените проучвания се оказва, че практически във всички рекламни материали не се уточнява разстоянието между предавателя и приемника на ИВУ, което не позволява да се оцени реалната ефективност на един или друг предавател на смущения. Затова използването на R_J на практика е безполезно и подвеждащо.



Фиг. 3. Определяне на коефициента на защита

В реални условия отдалечеността на предавателя от приемника на РУВ е неизвестно и може да си променя в широки граници, а следователно, и далечината на защита, която се осигурява в конкретните условия, може значително да се отличава от посочената в рекламните материали. За обективен критерий за ефективността на защитата може да се използва относителния коефициент, предложен в [2]:

- (1) $K = R_J/R_T$,
където R_T е минималното разстояние между предавателя и приемника на РУВ при зададена далечина на защита R_J , при което все още се осигурява несработване на приемника на РУВ.

Коефициента K е функция на параметрите на предавателя на смущения и РУИВУ и не зависи от взаимното им разположение. За широколентово смущение и разположение на антените на приемника и предавателя на смущения близо до повърхността на земята

$$(2) \quad K = \sqrt[4]{\frac{\eta P_J G_J W_R}{\alpha P_T G_T W_J}},$$

където:

α – прагово отношение шум/сигнал на входа на приемника на РУВ, при което настъпва неговото подавяне;

$P_T G_T$ – енергиен потенциал на предавателя на РУВ;

$P_J G_J$ – енергиен потенциал на предавателя на смущения;

η – коефициент на качеството на смущенията;

W_R – ефективна лента на пропускане на линейната част на приемника на РУВ;

W_J – широчина на спектъра на шумовия сигнал.

Коефициентът на защита ще бъде толкова по-голям, колкото по-голяма е излъчваната мощност от предавателя на смущения и колкото по-тесен е спектъра на шумовия сигнал. С помощта на този показател, за всяка тактическа ситуация, характеризираща се с минимално разстояние, на което може да се приближи предавателят до приемника на РУВ, може да се изчисли далечината на защита, осигурявана от предавателя на смущения.

Коефициентът на защита обикновено се определя експериментално за типови условия (полеви условия, градска среда) и при еднакви параметри на РУИВУ позволява обективно да се сравняват различни типове предаватели на смущения.

Практически интерес представлява стойността на далечината на защита, която трябва да превишава радиуса на зоната на поражение на бойната част на ИВУ. Мощните и сигналните заряди с насочено действие, с възможности за поразяване на голямо разстояние, са достъпни само за подготвени специалисти. За останалите типове заряди, радиусът на зоната на поражение се определя основно от масата на взривното вещество. Типичният радиус на фугасно поражение при мощност на заряда 100-500 g тротил е 2-5 m [2]. При това приемливата далечина на защита ще бъде между 10 и 20 m. Вижда се, че при разстояние между предавателя и приемника на ИВУ 50 m, коефициентът на защита трябва да бъде не по-малък

от $0.2 \div 0.4$ в зависимост от мощността на заряда. При разстояние 100 m може да се използва предавател с коефициент на защита 0.1-0.2.

Енергиен потенциал на преносимите предаватели на смущения

От определението за коефициент на защита следва, че увеличаването на зоната за безопасност може да стане за сметка на увеличаване на енергийния потенциал на предавателя на смущения, подобряване на качеството на смущенията и намаляване на широчината на спескътъра на смущенията. Подобряването на качеството на смущенията теоретично е ограничено. Затова увеличаването на зоната на безопасност може да стане само чрез използване на предавател на смущения с по-голяма изходна мощност и по-голям коефициент на усилване на предавателната антена.

Основните фактори, ограничаващи мощността на смущенията за преносимите устройства са:

- мощността и капацитета на източника на захранване;
- масата и размерите на източника на захранване;
- масата и размерите на необходимите охлаждащи радиатори, както и консумацията на използваните охлаждащи вентилатори;
- необходимостта от разполагане на много антени на ограничена площ;
- допустимото облъчване на обслужващия персонал трябва да бъде в нормите, съгласно БДС 14525-90, БДС 14137-90 (STANAG 2345 не е ратифициран към момента у нас).

Изброените фактори не позволяват да се осигури продължително излъчване на мощен смущаващ сигнал в широка честотна лента при приемливи маса и габарити на предавателя на смущения.

Съществуващите акумулатори с гранични специфични характеристики обезпечават генериране на изходна мощност 120 W в продължение на един час или 60 W в продължение на 2 часа при тегло от 5 до 7 kg.

При това обаче е необходимо да се разсеят минимум 360 W (180 W), което при изисквания за работа при температура на околната среда до 55°C и допустима температура на електронните компоненти 75°C изисква радиатори с тегло около 10 kg и евентуално използване на охлаждащи вентилатори.

Предимства при използване на предаватели на смущения монтирани на БЛА

Монтирането на предавателя на смущения на БЛА практически означава повдигане на предавателната антена и промяна на разпространението на радиовълните излъчени от предавателя.

Особено ефективно е използването на БЛА:

- за противодействие на РУИВУ в честотния диапазон над 400 MHz (GSM900, CDMA, GSM1800, 3G) поради намаляване на дължината на предавателните антени и съответно полесен монтаж на БЛА;
- за противодействие на ИВУ задействани от GPS.

Заклучение

Направени са изчисления за определяне на коефициента на защита при 45 W предавател на смущения за честотната лента $20 \div 1000$ MHz без клетъчните телефони в този диапазон, при мощност на предавателя 5W. Получена е оценка за $K = 0,1$.

За GSM900, CDMA, GSM1800, 3G, и сателитните телефони при 50 W предавател на смущения, оценката е $K = 0,05 \div 0,08$. При използване на предавател на смущения монтиран на БЛА - $K = 0,1 \div 0,16$.

Литература:

1. П а л и й, А. И., Радиоелектронная борьба, М., Воениздат, 1981.
2. И с х а к о в, Б. С., В. Л. К а р а г а ш и н, Л. М. Ю д и н, Проблемы борьбы с радиоуправляемыми взрывными устройствами, Специальная техника, № 2, 2000.
3. A d a m y, D. L., Introduction to Electronic Warfare Modeling and Simulation, Artech House, 2003.
4. П е р у н о в, Ю. М., К. И. Ф о м и ч е в, Л. М. Ю д и н, Радиоелектронное подавление информационных каналов систем управления оружием, М.; Радиотехника, 2003.
5. Ч е р н ы й, Ф. Б., Распространение радиоволн. 2-е изд., доп. и переработ. М., «Сов. Радио», 1972
6. How military radio communications are intercepted? www.aeronautics.ru
7. Planet AeroSpace № 14 Jan.-Feb. - March 2004 pp. 26-30
8. V a k i n, S. A., L. N. S h u s t o v, R. H. D u n w e l l, Fundamentals of Electronic Warfare, Artech House Radar Library, UK, 2001.