



ОЦЕНКА ВЛИЯНИЕТО НА ПРЕДНАМЕРЕНИ СМУЩЕНИЯ ВЪРХУ КОМУНИКАЦИОННИ КАНАЛИ В УСЛОВИЯ НА РАДИОЕЛЕКТРОНЕН КОНФЛИКТ

Антонио Андонов, Филип Илиев, Петър Димкин
andonov@vtu.bg, fgi@mail.bg, p_dimkin@abv.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”,
Факултет „Комуникации и електрообзавеждане в транспорта”
София 1574, ул. Гео Милев 158,
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: *радиоелектронен конфликт, комуникационен канал, преднамерени смущения.*

Резюме: *Съвременните достижения в областта на теоретичните основи на комуникациите, теорията на сложните системи, на информацията, широкото интегриране на техническите средства за комуникация с компютърните системи в съчетание с новите достижения в областта на събирането, обработката и предаването на информация, позволяват да се говори за появата в областта на информационните технологии на такова понятие като „информационна война”, респ. електронна война (Electronic Warfare), като комплекс мерки с използване на средства за електромагнитно излъчване, насочени към снижаване на ефективността или възпрепятстване на използването от противника на електромагнитния спектър. Информационната война води до разработване и развитие на нови принципи на формиране на смущения с оглед подавяне на радиокомуникационните системи. Процесът на функциониране на системата за радиовръзка в условия на радиопротиводействие чрез създаването за тази цел на т.нар. преднамерени смущения, по същество представлява радиоелектронен конфликт.*

В статията е предложена класификация, обобщени статистически модели и оценка на ефективността на основните видове преднамерени смущения, както и основните подходи за обработка на сигнали в условия на радиоелектронен конфликт.

1. Увод

Съвременните достижения в областта на теоретичните основи на комуникациите, теорията на сложните системи, информацията, широкото интегриране на техническите средства за комуникация с компютърните системи, в съчетание с новите достижения в областта на събирането, обработката и предаването на информация, позволяват да се говори за появата в областта на информационните технологии на такова понятие като „информационна борба, респ. война”. Принципната новост, комплексност и многостранност на проявлението, изобилието на различни форми и методи за водене на информационна война, превръщат самото понятие твърде сложно и дискусивно за една пълна коректна дефиниция [1, 2]. От началото на 1990г.

са станали известни два основополагащи документа: Директива на МО на САЩ № TS – 3600.1 „Информационна война” от 21.12.1992г. и Меморандум на комитета на началник щабвете на ВС на САЩ № 30 „Борба със системите за управление” от 08.03.1992г. Тук фактически е формирано понятието „електронна война” (Electronic Warfare) в широк смисъл на думата. В тези източници електронната война се възприема като „комплекс от мерки с използване на средства за електромагнитно излъчване, насочени към снижаване на ефективността или възпрепятстване на използването от противника на електромагнитния спектър, а също така осигуряване на ефективното използване на електромагнитния спектър от своите войски.

Радиоелектронната война (EW) включва в себе си три базови компоненти:

- радиоелектронна поддръжка (Electronic Support Measures – ESM);
- радиоелектронно противодействие (Electronic Counter Measures – ECM);
- радиоелектронна защита (Electronic Protection Measures – EPM).

Информационната борба на враждуващите страни доведе до принципи на формиране на смушения с оглед подавяне на комуникационни системи. В общ случай радиоелектронното подавяне (РЕП) включва два последователни етапа: радиотехническо разузнаване и радиопротиводействие. Целта на радиотехническото разузнаване е установяването на работата (излъчването) на радиоелектронната система и определяне на нейните параметри, необходими за организация на радиопротиводействието. На тази база радиопротиводействието създава такива условия, които биха затруднили работата на системата или въобще биха я довели до излизане от строя.

Под шумозащитеност на радиокомуникационните системи се разбира тяхната способност да изпълняват своите задачи в условията на радиоелектронно подавяне. Основен способ на радиопротиводействие е поставянето на смушения. Под смушения в широк смисъл се разбира всяко не поразяващо въздействие върху приемното устройство, затрудняващо приемането на полезния сигнал. Основно, изкуствено създадените за тази цел, т.н. преднамерени смушения, по характера на въздействие се подразделят на маскиращи и имитационни. Маскиращите смушения изкривяват структурата на приеманите сигнали и затрудняват или напълно изключват възможността за отделянето на информацията в радиоприемното устройство. Имитационните смушения се възприемат от апаратурата или оператора като свой, полезен сигнал. Такива смушения, които трябва да се очакват в действащите радиоканали, са например: лъжливи повиквания за връзка; ретранслация на предварително записани сеанси за връзка; предаване на лъжливи радиोगрами и команди, имитация на командите за автопуск в автоматизирани радиолинии. Следователно, имитационните смушения са високоефективни смушения. Същевременно обаче, по отношение на тяхното създаване, имитационните смушения са най-сложният вид смушения, чието формиране се нуждае от възможно най-пълна информация за подавяната система, получена на етапа на радиоразузнаването [3].

Способността на системата да противостои на радиотехническото разузнаване, която е необходима за организиране на радиопротиводействието, се нарича скритост, докато способността на системата да функционира със заданено качество в условия на РЕП, се нарича шумозащитеност [4]. Тогава, естествено шумозащитеността количествено се характеризира с вероятността за успешно отделяне на полезната информация в условия на въздействие на смушенията от РЕП. Най-общо показателят за качество, характеризиращ шумозащитеността се определя от конкретната цел на функциониране на РКС [1, 4]. Така например, за системите за радиовръзка и радиоуправление, най-адекватен показател на шумозащитеността е средната вероятност за грешка при различаване на сигналите. В радиолокацията, радионавигацията,

телеуправлението по адекватни показатели са вероятността за правилно откриване при зададена вероятност за лъжливи тревоги и средноквадратична грешка при оценка параметрите на сигнала.

В много работи основно шумозащитеността е прието да се оценява по енергиен критерий – чрез отношението на средната мощност (енергия) на сигнала към средната мощност (дисперсията) на смущението, т.е. по критерия за максимум на отношението сигнал/шум. Въпреки неговата универсалност, критерият за максимум на отношението сигнал/шум не отразява целта на функциониране на РКС. В това се състои и неговият недостатък. В общ случай не може да се твърди, че максимизацията на отношението сигнал/шум осигурява извличането на най-голямо количество информация за полезния сигнал.

Съвременните РКС функционират в условия на комплексно въздействие на естествени и преднамерени смущения. Проблемът за повишаване на шумоустойчивостта, ефективността и способността на системите за радиовръзка и управление да съхраняват във времето в установени граници способността си да изпълняват зададени функции в предварително неопределена, динамично изменяща се обстановка, при функциониране в условия на радиотехническо разузнаване и радиоелектронно подавяне, е от изключителна актуалност, ако не и най-значителният – за това свидетелства увеличаващият се поток публикации. Ще отбележим, че това се потвърждава от предизвикалите голям интерес достъпни публикации в тази насока, излезли през 2000г. от издателство „Artech House Inc.“, специализирано в областта на радиокомуникациите и радиоелектронното противодействие, книги на D.C.Scheher “Advanced Electronic Warfare Principles” – 327стр. и E.Waltz “Introduction to Information Warfare” – 380 стр.

Процесът на функциониране на системата за радиовръзка в условията на радиоподавяне по своята физическа същност представлява радиоелектронен конфликт. В този конфликт от една страна участва системата за предаване на информация (РКС), а от друга страна – системата за РЕП, състояща се в общ случай от станция за радиотехническо разузнаване, осигуряваща търсене, откриване и измерване на параметрите на сигнала на подавяната РКС и непосредствено станция, генерираща смущения.

2. Класификация, особености, характеристики и модели на активните преднамерени смущения

Преднамерените смущения се подразделят на:

- имитационни – ретланслирани;
- заградителни – шумови и импулсни;
- прицелни – шумови и квазихармонични.

Ретланслираното преднамерено смущение представлява приет и преизвлечен сигнал и се използва за противодействие в тези случаи, когато сигнала в линията за връзка се наблюдава от приемника на противодействащата страна в условия на въздействие на слаби, непреднамерени смущения. При това мощността на предавателя на преднамерени смущения се използва най-ефективно и подавянето на линията за връзка е трудно откриваемо. Ретланслираното преднамерено смущение може да се представи като мултипликативно, съсредоточено или междусимволно, в зависимост от алгоритъма за обработка на сигнала в линията за връзка.

Заградителните преднамерени смущения се използват в тези случаи, когато противодействащата страна не разполага с точна информация за параметрите на сигнала в линията за връзка или нейната задача е подавяне на група линии. Най-често това са шумови преднамерени смущения. Обикновено се представят чрез модел на

стационарен Гаусов шум $n(t)$, аналогично на флукуационните смущения. Тези смущения са подходящи за потискане на многоканални системи, включително използващи шумоподобни сигнали.

Ако сигналите използвани в линиите за връзка са импулсни, за тяхното подавяне се използват импулсни преднамерени смущения, създаващи мощни кратковременни отскоци на електромагнитното поле в точката на приемане. Импулсните преднамерени смущения сриват синхронизацията на системите за връзка с многостанционен достъп на основата на времево уплътнение на сигналите и практически сриват предаването на информация в течение на интервала от време, необходим за възстановяването на синхронизацията за всички входни в линията сигнали. В качеството на математичен модел за такива смущения се използва (t) , аналогичен на моделите на за непреднамерени импулсни смущения.

Прицелните преднамерени смущения се използват тогава, когато честотите на сигналите, използвани в канала са известни на противодействащата страна и честотния ресурс, необходим за своите радиосредства на противодействащата страна е свободен за тяхното създаване. В качеството на модели за прицелни преднамерени смущения се използват флукуационни или съсредоточени смущения.

3. Избор на стратегии за противодействие

Изборът на стратегии за подавяне и алгоритми в условия на радиоелектронен конфликт се основава на оценка на шумоустойчивостта от гледна точка на теория на игрите. Теория на игрите [1,2] е математическа теория за конфликтни ситуации, в които се сблъскват интереси на две или повече антагонистични страни, преследващи различни цели. Предмет на теория на игрите е математическия анализ на формализиран модел на конфликтната ситуация. Крайната цел на теорията на игрите се състои в изготвянето на оптимални или максимални стратегии за действие на всяка от страните в хода на конфликта.

От позиция на теория на игрите, противопоставянето на линията за връзка е свързано с избора на такава L – та стратегия за подавяне, при която:

$$(1) \quad L = \arg \max_{j \in J} \min_{i \in I} \rho_{ij},$$

където ρ_{ij} се нарича показател за подавяне, $\rho_{ij} = C_i / C_j$, C_i е реалната пропускателна способност на линията при i -а алгоритъм на обработка на сигнала $i \in I$ и j -тата шумова ситуация $j \in J$; I е множество на възможните алгоритми за обработка, J е множеството от възможни режими на предавателя на преднамерени смущения, които представляват по същество стратегии за подавяне; $j = 0$ ако няма наличие на преднамерени смущения.

Защитата на линията за връзка от преднамерени смущения означава избор на такъв m -тен алгоритъм за обработка на сигнала, при който:

$$(2) \quad m = \arg \min_{i \in I} \max_{j \in J} \rho_{ij}.$$

Изборът на стратегии за подавяне и алгоритъм за обработка на сигнала от позиция на теория на игрите изисква определяне на т.нар. платежна матрица $\rho = |\rho_{ij}|$, за което е необходима пълна информация за техническите характеристики на приемника на полезен сигнал и предавателя на преднамерени смущения. Необходима е освен това, пълна информация за съществуващите в канала непреднамерени смущения за определяне на отношението $\alpha_{ij} = v_{PC}^2 / v_{HC}^2$, където v_{PC}^2 и v_{HC}^2 са съответно стойностите на средната спектрална плътност на преднамерените и непреднамерени смущения. Това определяне за нестационарен канал със съсредоточени, флукуационни и импулсни смущения е изключително сложна задача. Обаче, в редица частни случаи това определяне е възможно. Например, ако обработката на сигнала в приемника

позволява да се счита за квазистационарен процес, а съвкупността от преднамерени и непреднамерени смущения може да се предостави като модел на флукуационни смущения, то могат да се определят коефициентите α_{ij}^2 , определящи средната спектрална плътност на тези смущения и $\mu_{ПСij}^2$ – коефициента на предаване на канала при наличие на преднамерени смущения. Тогава пропускателната способност на линията за връзка при наличие, се изразява съгласно теоремата на Шенон с известното съотношение:

$$(3) \quad C_{ij} = F \log_2 [1 + \mu_{ПСij}^2 H^2 / (1 + \alpha^2)].$$

При липса на преднамерено смущение, горното съотношение добива вида:

$$(4) \quad C_{i0} = F \log_2 (1 + H^2),$$

където H^2 е отношение сигнал/непреднамерено смущение на входа на демодулатора на приемника.

Тогава за елементите на платежната матрица, определящи коефициентите на подавяне може да се запише:

$$(5) \quad \rho_{ij} = \log_2 (1 + H^2) / \log_2 [1 + \mu_{ПСij}^2 H^2 / (1 + \alpha_{ij}^2)].$$

От това съотношение се определя оптималния алгоритъм за обработка на сигнала в линията за връзка при наличие на непреднамерени смущения.

4. Заключение

В настояще време разработването на методи за повишаване на шумоустойчивостта на линиите за връзка, подложени на въздействието на преднамерени смущения се развива в няколко направления: синтез на специални алгоритми за предаване на информация, минимизиращи влиянието на преднамерените смущения върху шумоустойчивостта на линията, използването на сложни широколентови сигнали, кодове с излишък и решаваща обратна връзка. Перспективно е развитието на теорията на синтеза на шумоподобни сигнали, при оптималното приемане на които се минимизира стойността на показателите за шумоустойчивост. Този път е свързан с двумерното честотно-времево кодиране на всеки елемент на сигнала чрез формиране на псевдослучайно изменение на работните честоти или използване на псевдослучайни последователности, манипулиращи фазата на сигнала [3,4].

Литература:

- [1.] Айфичер Э., Цифровая обработка сигналов. М.2008, 986 стр.
- [2.] Информационная война. Под ред. на С.П. Разторчев. М. Радио связь, 1999, 416 стр.
- [3.] Viterbi A.J., Principles of Military Communication Systems. Dedham, MA. Artech House, Inc., 1981
- [4.] Андонов А., Радиокommunikационни системи със специално предназначение. ВТУ, 2009г., 300 стр.