

РЕЦЕНЗИЯ

НА ДИСЕРТАЦИОНЕН ТРУД ЗА ПРИСЪЖДАНЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛНА И НАУЧНА СТЕПЕН "ДОКТОР"

ТЕМА: "ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ВЪЗДЕЙСТВИЕ НА РАДИОСИСТЕМИ С РАЗШИРЕН
ЧЕСТОТЕН СПЕКТЪР"

АВТОР НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД: Кап. III ранг маг. инж. ЖЕЛЯЗКО КИРИЛОВ
НИКОЛОВ

РЕЦЕНЗЕНТ: проф. д.т.н. АНДОН ДИМИТРОВ ЛАЗАРОВ – Бургаски свободен университет,
Бургас

1. Актуалност на проблема

Ракетните системи за унищожаване на стратегически и тактически съоръжения и системи на противника за водени на бойни действия имат значима роля в решаване на изхода на военната операция. От съществено значение за ефективността на ракетните оръжия в съвременните бойни действия е осигуряването тяхната защита от електромагнитни въздействия на противника. Класически, това се постига чрез използване в системите за радиолокационно разузнаване и управление на сигнали с шумоподобни широко-спектрални характеристики, отличаващи се с висока устойчивост на случайни и преднамерени въздействия на електромагнитни излъчвания. Нестандартен метод за постигане на скритост на радиолокационното разузнаване и управление на оръжията е използването на електромагнитните емисии на стандартни радиотехнически системи с общо предназначение, към които могат да се причислят радио-разпръскащи и телевизионни предаватели, предавателите на базовите станции на мобилните мрежи, спътниковите комуникационни системи, системите за телеуправление и други радиотехнически. Особена роля в този смисъл имат радиопредавателните устройства от глобалната система за навигация. Следва да се подчертае, че електромагнитните излъчвания на тези системи са широкоспектрални, т.е. от една страна те осигуряват една висока разделителна способност по разстояние в случай, че бъдат използвани като системите за разузнаване и навигация, а от друга това обстоятелство съществено затруднява тяхното потискане с радиотехнически средства.

Това дава основание да се оценят като актуални изследванията както на широкоспектралните електромагнитни излъчвания, които свободно се разпространяват в ефира и могат да бъдат използвани като средство за радиолокационно разузнаване и насочване на оръжията, така и на методите за тяхното потискане, т.е. методите на радиоелектронно противодействие. В този смисъл следва да се оценява и актуалността на задачата и методите за нейното решение в настоящия дисертационен труд, където акцентът е поставен върху противодействието на широкоспектралните електромагнитни излъчвания на GPS системи, използвани за насочване на ракети с тактическо и оперативно предназначение. Дисертационният труд включва увод, четири глави, заключение и приложения.

2. Анализ на научните постижения на кандидата по съдържанието на дисертационния труд

В първа глава „Обзор на възможностите за въздействие на радиосистеми с разширен спектър” е направена характеристика на радиотехническите системи с разширен спектър DS-SS (Direct Sequence Spread Spectrum) и FH-SS (Frequency hopping spread spectrum) и тяхното

приложение. Представен е математически модел на сигнал на широкоспектрна радиосистема, реализиран чрез непосредствена импулсна последователност и вероятностна характеристика на грешката, индуцирана в информационното съобщение от преднамерени широколентови, теснолентови и импулсни репликиращи смущения. Направен е сравнителен анализ на възможностите за въздействие върху радиотехнически системи, използващи импулсни последователности за разширяване на спектъра, чрез оценка вероятността на грешката като функция от отношението на енергията на информационния импулс към спектралната плътност на шума.

Представен е математически модел на сигнал на широкоспектрна радиосистема, реализиран чрез скокообразно изменение на носещата честота и вероятностна характеристика на грешката, индуцирана в информационното съобщение от преднамерени широколентови и тясно лентови смущения, тонални смущения, следящи смущения с високоскоростно честотно сканиране на честотния дискриминатор. Направен е сравнителен анализ на възможностите за въздействие с различни технически и тактически средства върху радиотехнически системи, използващи скокообразно изменение на носещата честота за разширяване на спектъра, чрез оценка вероятността на грешката, като функция от отношението на енергията на информационния импулс към спектралната плътност на шума. В дисертационния труд, като обект на електромагнитно смущаващо въздействие, радио-противодействие е избрана глобалната радио-навигационната спътникова система NAVSTAR, широкоспектрна система от типа DS-SP, която може да бъде използвана за насочване на тактически и оперативни ракети. Дефинирани са основните компоненти на NAVSTAR, известна като Globule Positioning System (GPS) и времевата структура на квадратурните (синфазната и квадратурната) компоненти с носеща честота $L_1 = 1575, 42$ MHz. Разгледани са образци на ракетно въоръжение, използващи комбинирана система за насочване, включваща инерциална система и GPS приемник за насочване на работна честота $L_2 = 1227, 60$ с P(Y) код, както и особеностите на системите ракетно оръжие, използващи GPS приемник за насочване в комбинация с инерциална система за стабилизиране на параметрите на полета на ракетата. Посочени са етапите на управление на ракета с инерциална система и GPS приемник за насочване, дефинирани са нейните специфични особености и направена е оценка на възможността за преднамерено смущаващо електромагнитно въздействие на GPS приемника.

Към приносната част на първа глава в дисертационния труд могат да се отнесат направените теоретични обобщения на известни методи и широкоспектрни системи за навигация на ракетното оръжие, сравнителен анализ на методите за въздействие и оценка устойчивостта на системата, както и направените изводи, които дават основание да се открие целта и дефинират задачите на дисертационния труд. Целта на дисертационния труд, интерпретирана от рецензента: Изследване на устойчивостта на широкоспектрни радиотехнически системи на преднамерени електромагнитни въздействия, оценка на възможностите на тези въздействия и разработване на технологични и тактически методи и алгоритми за потискане функциите на широкоспектрните системи за насочване на ракетно оръжие. Задачи: Симулационно моделиране на функциите и изследване на устойчивостта на GPS система на широколентови шумови въздействия в среда на Matlab. Експериментално изследване на устойчивостта на GPS система на широколентови шумови въздействия. Разработване на технологични и тактически методи за радиоелектронно (електромагнитно) противодействие на ракетни системи с GPS приемник за насочване и критерии за оценка на ефективността на противодействието.

Във втора глава “Моделиране на GPS система, работеща в условията на въздействие на широколентов шум” са дефинирани целите и етапите на моделиране, които се свеждат до построяване на GPS приемник, който е изследван в условията на въздействие на широколентови смущения. Предложени са функционалните схеми за генериране на кода C/A, код на Gold на честота L_1 и код P за честоти L_1 и L_2 , полиномиално дефинирани псевдослучайни последователности с ниско ниво на страничните листа на взаимно-корелационните функции. Изградени са два модела на GPS система, които работят в условията на широколентов шум съответно на честота L_1 с C/A код и честота L_2 с P(Y) код. Използван е общ генератор на псевдослучайна последователност, код на Gold в предавателя и приемника в моделите. Направена е оценка на работоспособността на моделите при различни стойности на отношението сигнал/шум в комуникационния канал. Индикаторът на вероятността на двоичната грешка в модела на система GPS, работеща на честота L_1 , C/A код, показва стойност 10^{-5} при въведено отношение сигнал-шум на входа на приемника -78 dB, пределна стойност, при която процесорното навигационно решаващо устройство на GPS приемник не е в състояние да определи географските координати на насочвания обект. Индикаторът за отчитане на вероятността на двоична грешка на модела на система GPS, работеща на честота L_2 с P(Y) код, показва стойност 10^{-5} при въведено отношение сигнал-шум на входа на приемника -89 dB. Разработените функционални модели на широкоспектърни системи и дефинираните вероятностни характеристики на тяхната устойчивост, могат да се оценят като **теоретико-приложни приноси, които обогатяват съществуващите знания в областта на системите за управление на ракетното оръжие.**

В трета глава „Експериментално изследване на въздействието на източник на широколентов шум върху GPS система” са дефинирани целите, етапите, техническото експериментално оборудване и тактическото построение на реалния експеримент, проведен в акваторията на Военноморска база - Варна. Таблично и графично е илюстрирана експерименталната зависимост на плътността на мощността на орбиталния GPS предавател в позицията на GPS приемника в диапазон от честоти на индикатора (измервателния прибор) при включен и изключен предавател на **преднамерени смущения (ППС)**. Направено е сравнение на нивата на плътността на мощността на предавателя на преднамерени смущения и плътността на мощността на GPS предавателя, измерени на експериментално дефинирано пределно разстояние до GPS приемника, чрез оценка на вероятността на двоичната грешка на DS-SS система като функция от отношението на енергията на информационния импулс към спектралната плътност на шума. Приведени са експериментални данни за пределното разстояние на ППС, неговата пределна плътност на мощността и логаритмичното отношение на плътностите на мощността на GPS предавателя и ППС. Експериментално определена и аналитично описана е зависимостта на плътността на мощността на ППС от разстоянието до GPS приемника чрез апроксимация по метода на най-малките квадрати. Апроксимиращият аналитичен израз (3.6) е приложен при симулационното изследване на модел на GPS система, работеща на честота L_1 .

Чрез прилагане на методите на регресионния анализ е направена оценка на степента на съответствие на теоретично получените стойности и експерименталните измерени стойности за плътността на мощността на ППС. Изчислени са коефициентите на регресионната зависимост, квадрата на коефициента на взаимна корелация, стойността на дисперсионното отношение по критерия на Фишер, критичната стойност на коефициента на взаимна корелация между теоретичната и експериментална стойност за плътността на мощността на ППС. Данните от натурния експеримент са въведени в симулационния модел, с което са

получени резултати за вероятностите на двоичната грешка при различни разстояния и плътност на мощността на ППС. Построена е зависимостта на вероятността на битовата грешка от логаритмичното отношение на плътностите на мощностите на GPS предавателя и ППС. Определена е нейната стойност при пределни разстояния до ППС, с което се доказва съпоставимостта на резултатите от експерименталните и симулационни изследвания на шумоустойчивостта на двата модела на GPS системи. Направени са изводи за тактическото използване на ППС и оценка на енергийната ефективност на радио-противодействието с ППС. Приносите в тази част на дисертационния труд могат да бъдат интерпретирани като научно-приложни с разработване на **оригинален емпиричен подход и методика** за определяне на експлоатационните характеристики на системата за радиотехническо противодействие чрез вероятностите на грешката в системата за насочване.

В четвърта глава „Ефективност на въздействието на източник на широколентов шум върху система за управление на ракетно оръжие, използваща GPS приемник” са дефинирани тактически и технически методи за въздействие върху GPS приемника за насочване, както и критериите за оценка на ефективността на предавателя на широколентово шумово въздействие. Анализирани са тактически и технически особености на радиоелектронното противодействие върху GPS системата за насочване при осигуряване на отбраната на неподвижен обект, разположен до морския бряг.

Изследвана е реакцията симулационния модел на GPS система при четири стойности на мощността на ППС, като са построени съответните зависимости на вероятността на двоичната грешка от разстоянието до ППС, чрез които се прави извод за броя на необходимите потискащи радиопредаватели. Представени са таблични и графични илюстрации на зависимостта на мощността на ППС от пределното разстояние. Отново е приложен регресионния анализ и дисперсионният критерий на Фишер за обработка на данните от експеримента и оценка на степента на съответствие на теоретично получената зависимост и тази, определена от функционирането на модела. Определени са коефициентите на линейната регресионна зависимост, времето за натрупване на грешка в системата за насочване, намираща се под въздействие на ППС и времевата зависимост на грешката при самостоятелно функциониране на инерциалната система, определяща времето за въздействие върху GPS приемника.

За оценка на ефективността на въздействие на ППС върху системата за насочване на ракетното оръжие са въведени тактическите критерии: вероятност на изпълнение на бойна задача при използване на GPS приемник за насочване съпоставена с вероятност за ефективно потискане на GPS приемник чрез ППС; вероятност на отклонението на ракета с GPS приемник за насочване от целта и енергиен критерий, отношение на енергията на смущаващия сигнал към енергията на полезния сигнал. Дефинираните тактико-технически критерии, симулационното моделиране с използване на данни от експеримента и регресионният анализ за определяне съответствието на симулационното моделиране и експеримента се оценяват като обогатяване на съществуващите знания в областта на системите за управление на ракетното оръжие с оригинални факти, методи и алгоритми.

От съдържанието на дисертационния труд може да се направи обобщаващ извод, че дисертантът притежава добра фундаментална подготовка в областта на моделирането, научния експеримент и методите за статистически анализ, както и способност да прави научни обобщения, дефинира конкретни задачи с практико-приложна стойност, като прилага съвременни математически инструменти за тяхното решение.

3. Аprobация на резултатите от дисертационния труд

Резултатите от дисертационния труд са публикувани в сборници на научни конференции във ВВМУ „Н. Вапцаров“ в периода 2008-2010 г. и в “Journal of marine technology and environment” на университета в Константа, Румъния през 2011 г. Една от публикациите е самостоятелна, а три публикации са в съавторство. Публикациите по дисертационния труд дават представа за получените от дисертанта резултати и осигуряват необходимата публичност на научните приноси и авторските претенции.

4. Научни методи за изследване

Основните инструменти за изследване, прилагани в дисертационния труд са функционалният анализ при дефиниране на широкоспектърните GPS сигнали, математическата статистика и теорията на вероятностите при дефиниране вероятностните параметри на системите за противодействие, дисперсионният и регресионен анализ при обработка на данните от измерванията при натурните експерименти, както и методът на математическото моделиране и експеримент за теоретическо доказателство на коректността на разработените функционални модели, методите на натурния експеримент за практическо доказателство за коректността на предложените методи и модели на радио-противодействие върху GPS сигнали за управление на ракетното оръжие.

Дисертантът прилага методите на статистическия анализ за определяне на експлоатационните количествени параметри на системите за радио-противодействие и тактическите критерии за оценка на тяхната ефективност, изгражда достоверни регресионни характеристики и правилно интерпретира получените резултати от измерванията. Числените експерименти и симулативните модели са реализирани в среда на Matlab. Съвременният математически апарат, с който се извършва анализът, проверката на част от математическите извеждания от рецензента, както и изключителните възможности на програмната среда, в която се реализират числените експерименти дават основание да се допусне, че резултатите в дисертационния труд са коректни и с определена научна стойност.

5. Научно-приложни приноси в дисертационния труд

1. На базата на известни дефиниции от математическата статистика, функционалният анализ на сигналите и регресионния анализ при обработка на данните от експеримента се предлага **оригинална методика** за радио-противодействие на системи за насочване на ракетното оръжие, която е реално експериментирана и апробирана.

2. Чрез методите на математическото моделиране в среда на Matlab се изграждат симулационни модели, разкриващи оригинални свойства на системите за електронно въздействие. Предлагат се дефиниции на техническите и тактическите параметрите средствата за противодействие към GPS системите за насочване на ракетното оръжие, което дава основание приносите да се оценят като научно-приложни с **обогатяване на съществуващи знания** - създаване на метод и алгоритъм за електронно противодействие и **приложение на научните постижения в практиката с очакван тактико-икономически ефект**.

3. Чрез прилагане на методите на регресионния анализ за изчисление на коефициентите на апроксимиращата функция, квадрата на коефициента на взаимна корелация, стойността на дисперсионното отношение по критерия на Фишер, критичната стойност на коефициента на взаимна корелация между теоретичната и експериментална стойност за плътността на мощността на ППС се разработва **оригинален емпиричен подход и методика** за определяне на експлоатационните характеристики на системата за радиотехническо противодействие.

6. Критични бележки към дисертационния труд

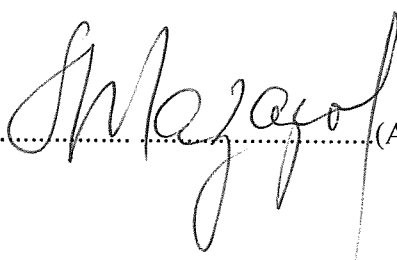
1. Не се откроява ясно критичен обзор на литературните източници, представящи дискутирания проблем, като част от посочените публикации в използваната литература не са цитирани в текста на дисертационния труд.
2. Грешно е написана формула (1.1). Скоростта на сканиране на антената се измерва в Hz, а не в GHz/s.
3. Допуснати са редица правописни, стилни и терминологични грешки, които водят до грешна интерпретация на смисъла на изречението, като например „структура на синфазната съставна на носещата честота” вместо „структура на синфазната съставна на сигнала с честота...”, „коэффициент на двоичната грешка”, вместо „вероятност на двоичната грешка”. Това наложи подробно да се опише в рецензията съдържанието на отделните глави, дефинират целта и задачите, както редактират и обобщят приносните претенции в дисертационния труд.
4. Като се отчете функционалната зависимост между широчината на спектъра и корелационната функция на сигнала, следва да се отбележи, че тясно-лентовите смущения се отнасят към корелираните смущения, което не следва ясно от текста на дисертацията. Посочените слабости не намаляват теоретико-приложната приносна стойност на дисертационния труд.

7. Заключение

1. Дисертационният труд е теоретико-експериментално изследване с научно-приложна стойност, което представя автора като изграден специалист в областта на теорията, моделирането и практиката на радиотехническото противодействие на системите за насочване на ракетното оръжие.

2. Дисертантът е усвоил и е приложил в решаването на задачите на дисертационния труд знания по функционален анализ, математическа статистика, теория на вероятностите, дисперсионния и регресионен анализ, метода на математическото моделиране и експеримент, с което образователната цел на докторантурата е постигната.

3. Дисертационният труд, актуален по тема и завършен като поставени и решени проблеми, с ясно открояващи се приноси с научно-приложен характер, напълно отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав и Правилника за прилагането му при присъждане на образователната и научна степен „доктор” и убедено да препоръчам на Научното жури към ВВМУ „Н. Й. Вапцаров” да присъди на кап. III ранг маг. инж. Желязко Кирилов Николов образователно-научната степен “доктор” по научна специалност 02.07.03 „Радиолокация и радионавигация”.

Рецензент: Проф. д.т.н.  (А.Д. ЛАЗАРОВ)

10.05.2011 г.
Бургас