Р Е Ц Е Н З И Я

на дисертационен труд за получаване на
образователната и научна степен "**доктор**",
по **научна специалност 02.04.01** "Теоретична електротехника"

Трудът е представен от **инж. Вяра Йорданова Василева**

Рецензент: проф. д.т.н. инж. Румена Димитрова Станчева

1. Най-същественият параметър, чиято стойност трябва задължително да бъде гарантирана в безжичните комуникации е капацитетът на системата, зависещ от броя предлагани услуги и броя на потребителите. Естественият процес на лавинообразно нарастване на абонатите налага непрекъснато повишаване броя на предлаганите услуги едновремено с подобряване на тяхното качество в наличния честотен обхват. Необходимо е непрекъснато да се удовлетворява и стремежът за намаляване цената на услугите. Сериозен проблем, който затруднява решението е ограниченият диапазон от честоти и канали. Трябва да се отбележи, че намирането на оптимално решение е динамичен процес, зависещ от променящата се ситуация в мрежата и от наличните технологии. Проблемът е изключително важен, особено актуален и налага непрекъснато творческо търсене, едновремено с повишаване нивото на технологичните резултати. Едно добро решение е представеният дисертационен труд с предложената проектна концепция и успешна разработка на адаптивна антенна решетка, чиято технология позволява значително повишаване капацитета на системата.
2. Реферираната литература включва 135 заглавия, без изключение на латиница. От тях 19 са книги, а всички останали- публикации от списания. По години: 55 броя – до 1990г, 55-между 90-та и 2000г, още 20 до 2005г и последните 5-в интервала след това. Прави впечатление синтезирания вид, в който е представен обзорът. Направени са голям брой задълбочени анализи и сравнителни оценки. Проличава задълбоченото и компетентно отношение към третираните проблеми, както и амбицията да се достигне до основополагащи за работата технически обобщения.
3. Избраният подход на работа е правилен и рационален. Самата структура на дисертационния труд е изградена така, че методично и с градация насочва към правилното решаване на формулирания като обект на изследване проблем. Започва се с теоретичен анализ на характеристиките на няколко вида елементарни излъчватели, всеки разглеждан като самостоятелен клас антена. Следващият етап е посветен на основни видове антенни конфигурации, съставени от подобни елементи. След задълбочен анализ на наличния теоретичен математически фундамент в теория на антените, са предожени метод за определяне направлението на приемания тесноленто радиочестотен сигнал и адаптивна техника за формиране на антенната диаграма на насоченост. Преминава се към директно числено и симулационно (в среда Matlab) изследване на различни конфигурации конкретни многоелементни антенни решетки с елементи класически и печатни диполи при адаптивно формиране на съответните диаграми на насоченост. Това става в

условията на два смущаващи сигнала и адитивен бял гаусов шум. Накрая се достига до симулационно изследване на предложен теоретичен модел на smart-антена и уточняване на нейната диаграма на насоченост с прилагане на подходящо избрани адаптивни техники. Приключва се с експериментално изследване на модела, с което още веднаж се проверява числено достоверността на извършените теоретични и симулационни изследвания. В заключение, сравнителният анализ показва повече от задоволителни резултати. Този завършек потвърждава еднозначно, че избраната методика гарантира както постигането на набелязаната цел, така и прецизно решава задачите на дисертационния труд.

4. Първите две глави имат до голяма степен обзорно-аналитичен характер. Акцентира се върху необходимата база от теоретичен материал, за изграждане на изследването.

От гледна точка на приложимост в конкретна антенна конфигурация, са разгледани класическите диполи (малък и полувълнов), както и печатен диполмикролентова антена. По-специално внимание е отделено на: излъчвана мощност, интензивност на излъчване и максимална насоченост на съответните диполи. От конфигурациите линейни антенни решетки са разгледани: еквидистантна и с неравномерно амплитудно разпределение-биноминална и решетка на Долф-Чебишев. Поради факта, че сканират триизмерно и затова се предпочитат в мобилните комуникации, по-детайлно са представени планарните антенни решетки-правоъгълна еквидистантна и кръгова равномерна. Заключенията: че печатният дипол има максимална насоченост, че изборът на вида амплитудно разпределение и междуелементното решетъчно разстояние на линейните антенни решетки са определящи при моделиране желаната диаграма на насоченост и че контрол върху вида на диаграмата на насоченост се постига чрез промяна на фазовото възбуждане, а на ширината на главния лист и нивото на страничните листи се реализира при регулиране на амплитудното възбуждане, са база за следваща надстройка.

Разгледани са аналитично голям брой методи за определяне направлението на приеманите от антенната решетка сигнали (DOA). Най-голяма тяжест е дадена на следните показатели: изчислителна сложност, оперативна памет, използва ли се търсене по направление на всички възможни насочващи вектори, налага ли се калибровка на решетката, точност на оценката на ъглите на елевация и азимут за приемания теснолентов сигнал при изследване в реално време на планарна еквидистантна решетка.

Методите за адаптивно оптимално формиране на лъча (ABF) са сравнявани и оценени от гпедна точка на: точност в оценката на градиента, чувствителност към направлението на наблюдавания сигнал, изчислителна ефективност при наличие на шум и е оказано предпочитание на методите с променлив размер на стъпката, тъй като гарантират по-голяма скорост на сходимост. В резултат са уточнени оптимални DOA алгоритъм и ABF метод.

В блок-схеми на трета глава са представени съществените фактори, влияещи върху характеристиките на адаптивни антенни решетки и е описан алгоритмично процесът на тяхното проектиране. Проследено е изчисляването на максималната насоченост и широчината на главния лист на диаграмата на насоченост на ниво ½ мощност за линейна еквидистантна решетка с елементи малки електрически диполи

(при максимално странично излъчване 90^0 спрямо оста и при максимално излъчване по оста), а също и при неравномерно амплитудно разпределение. Сравнението на резултатите с тези от симулации в Matlab среда показва добро съвпадение. Демонстрирано е изчисляването на същите характеристики за 4 конкретни конфигурации правоъгълна и 2 конфигурации кръгова еквидистантни smart-антени с елементи малки електрически, както и с полувълнови диполи. При всеки от разглежданите случаи е зададена посоката на приемания полезен сигнал, посоките на два смущаващи сигнала и адитивен бял гаусов шум със средна стойност нула и вариация 0.1. Сравнението между резултатите от теоретичните изчисления и симулациите в Matlab среда показва почти абсолютна точност при определяне на зададените направления. Тези резултати потвърждават правилния подбор на методите за определяне направлението на приеманите от антената сигнали, а също и прецизността на алгоритмите за адаптивно формиране на диаграмата на насоченост и на двата вида планарни решетки.

Четвърта глава е посветена на проектиране и изследване на многоелементна smart-антена с печатни диполи. Включва проектиране на микролентова антена с правоъгълна и кръгова геометрия, възбудена от коаксиална сонда. Разгледани са съответно по 3 модела с различни диелектрични проницаемости на подложките и различни дебелини. С прилагане на TLM метода се изчисляват геометричните размери, входното активно съпротивление и координатите на точката на захранване при съгласуване. Изчисляват се максималните насочености на съответните пач антени. Представени са техните диаграми на насоченост в E и H равнина. Конфигурират се правоъгълни антенни решетки с елементи печатен дипол с кръгова (Модел 1- с 32 елемента) и правоъгълна геометрия (Модел 2- с 64 елемента) при фиксирана работна честота, брой елементи и определящи геометрични размери. Основните антенни характеристики-максимална насоченост и широчина на главния лист на диаграмата на насоченост на ниво ½ мощност се изчисляват теоретично и чрез симулация в Matlab среда. И в този случай отклоненията в резултатите са незначителни, относителните грешки са не по-големи от 2%. По-нататък ефективността на моделите се проверява в 4 случая, всеки от които при зададени направление на полезния сигнал и на два смущаващи сигнала в среда с адитивен бял гаусов шум със средна стойност нула и вариация 0.1. Резултатите са представени чрез двумерни диаграми на насоченост в съответните равнини на елевация и азимут. Финалното изследване представлява симулационен анализ и резултати за адаптивната решетка Модел 2, а също сравнение на резултатите за основните характеристики на антенните диаграми на насоченост при симулацията на Модел 1 в Matlab среда и експериментални резултати относно същия модел.

Всеки раздел приключва с изводи, адекватни и в пълнота отразяващи получените числени резултати, същевремено ориентирани да подпомогнат в научно и в приложно отношение процеса на моделиране и проектиране на адаптивни антенни структури с цел изграждане на оптимални антенни конфигурации.

5. Считам, че качествата на разработката, проведените изследвания и получените резултати не са представени достатъчно добре чрез формулираните приноси в края на дисертационния труд. Приносите на докторанта може да се систематизират накратко така.

- Научно-приложни

Предложен и разработен до степен демонстрационни модели, е концептуален подход, който гарантира получаването на желани антенни характеристики при проектиране на адаптивна решетъчна система.

В процеса на изграждането му са проведени ред теоретични, съчетани с числени експерименти, изследвания, довели до научни заключения и изводи, издигащи на по-високо научно-приложно ниво практиката на проектиране на адаптивни антени. По-важните от тях може да се формулират по следния начин:

_ Заключението, че характеристиките на антенния компонент на класически и печатни диполи се обуславят от съответните електрически и магнитни компоненти на полето в далечната зона и те са определящи за максималната насоченост и входния импеданс;

_ Установява се, че максимална насоченост се получава при използване на микролентова антена, като елемент на решетката;

_ На база на критериите-отклонение, резолюция, вариация и чувствителност са предложени и проработени оптимален алгоритъм за определяне направлението на пристигане на сигналите (DOA) и алгоритъм за адаптивно формиране на лъча (ABF). Чрез тях в реално време се оценява направлението на пристигане на приеманите радиочестотни сигнали и се осъществява прецизно насочване на антенната диаграма към максимално излъчване по посока на полезния сигнал;

_ При различни конфигурации многоелементни антенни решетки се изследва влиянието на геометричните размери, междуелементното разстояние и вида антенен елемент върху диаграмата на насоченост, с което се подпомага техния най-добър избор;

_ Създаден е софтуерен продукт за симулация в Matlab среда, позволяващ да бъдат изследвани основните антенни характеристики на адаптивни структури, с отчитане геометрията на антенната конфигурация и формиране диаграмата на насоченост;

_ Детайлно е представена разработката на проектни модели на многоелементна адаптивна антенна система с компонент печатен дипол, като са систематизирани основните етапи на проектиране. Разработката може да служи като еталон за бъдещо проектиране на подобни системи;

_ Получените симулационни резултати, сравнени с тези от експеримента, показват, че използването на адаптивни техники подобрява антенните характеристики и параметри на конфигурираните решетки. При еднаква ширина на главния лист (Модел 1), с прилагането на горната процедура се отчита по-високо ниво по амплитудна стойност на неговия максимум, в сравнение с експерименталните данни за стандартна антенна решетка. Резултатът потвърждава убедително научно-приложната стойност на разработката и значимостта на предложения дисертационен труд.

- Приложни приноси

- Разработените алгоритми в програмната среда Matlab на базата на предложените адаптивни методи. Софтуерният продукт позволява симулационно да бъдат изследвани различни конфигурации антенни решетки при различни честоти;
- Предложеният подход на изследване може да бъде приложен в практиката на проектиране на адаптивни решетъчни системи, гарантиращи желани антенни характеристики.

6. Внимателното проследяване на публикациите недвусмислено показва научното израстване на кандидатката през годините, както и фактът че тя все по-категорично се оформя като творчески самостоятелен автор. В потвърждение на казаното може да се посочи, че само в първите две публикации, научният ръководител е първи автор, а тя-втори. Само в една от другите публикации тя е на второ място, а във всички останали на първо. Освен това докторантката има два самостоятелни доклада през 2010г в Гърция и Македония.
Убедено считам, че в по-голямата си част, приносите са лично дело на автора също и поради факта, че дисертационният труд е написан обосновано, коректно и научно компетентно.

7. По темата на дисертационния труд са представени сравнително голям брой от 11публикации, съответно 4 броя през 2007г, 2-през 2008г, 2- през 2009г. и 3- през 2010г. Две от работите са публикувани в списание - Годишник на ТУ-Варна. Останалите са доклади на научни конференции. На Международни научни конференции са докладвани 6 работи, от тях- 4 броя на ICEST-Information, Communication, Energy Systems and Technologies(Македония, Сърбия, България) ; 1 в Англия (2nd European Conference on antennas & propagation) и 1 – в Гърция (Communications, Electromagnetics and Medical Applications-CEMA'10).
Публикациите може да бъдат оценени като напълно достатъчни по брой, а по място на представяне-като престижни.

Няма информация за цитиране на публикациите от други автори.

8. Не са посочени данни резултатите от дисертационния труд да са били използвани в научната практика.

9. Част от препоръките за бъдещо използване на научите и научно-приложните приноси са формулирани в цитираните приложни приноси;

- Разработените smart-антени може да бъдат успешно приложени в безжичните комуникации за по-ефективното използване на наличния радиочестотен спектър и повишаване капацитета на системата;
- Натрупаният опит, алгоритми и софтуер може да намерят успешно приложение в учебната практика.

10. Подобно на дисертационния труд авторефератът е написан прецизно, стегнато, компетентно и отразява точно, направеното в дисертационния труд, както и научните и научно-приложните приноси на кандидата.

11. Като забележки-рецензентът счита, че някои моменти от работата трябваше да бъдат по-добре изяснени:

- Неизяснен алгоритмично, при зададена конфигурация антенна решетка, е процесът на симулация и синтезът на антенни характеристики с желани качества. Добре щеше да бъде да се разграничат и уточнят дефинитивно фиксираните входни величини и променливите параметри, чрез които реално се извършва настройката. В представения вариант симулацията като процедура е неизяснена;
- Не е изяснен критерият за край на итерационната процедура. От приложението на дисертационния труд, се вижда, че в алгоритмите е заложен фиксиран брой стъпки. Това не винаги е удачен вариант;
- От аналитичните разсъждения относно методите за оптимално формиране на лъча става ясно, че стъпка с променлив размер гарантира по-бърза сходимост. Поради какви съображения авторът избира стъпка с фиксиран размер?

12. **Заключение.** Авторът представя амбициозен дисертационен труд, представляващ задълбочено и цялостно изследване, което включва: теоретични изводи, числени проверки, изграждане на проектни алгоритми, симулационно моделиране в програмната среда Matlab, експериментална проверка на получените резултати. Предложен и разработен до степен демонстрационни модели, е нов подход, гарантиращ с голяма точност желани антенни характеристики при проектиране на адаптивна решетъчна система. Получените резултати неоспоримо потвърждават, че използването на адаптивни техники значително подобрява, в сравнение със стандартни решения, антенните характеристики на конфигурираните антенни решетки. Трудът е написан обосновано, задълбочено и много компетентно.

Всичко изложено ми дава основания убедено да считам, че дисертационният труд отговаря напълно на Закона за научните степени и научните звания, поради което предлагам на почитаемото жури със своя вот да го оцени положително, като подкрепи присъждането на образователната и научна степен "**доктор**" на **инж. Вяра Йорданова Василева** по научната специалност 02.04.01 "Теоретична електротехника".

26.08.2014 г.

Рецензент:
(проф. д.т.н. Р.Станчева)