

## РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна  
и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Десислава Палчева Михайлова

Тема на дисертационния труд: **„Микролентови антени и антенни решетки с кръгова поляризация”**

Рецензент: доцент д-р инж. Александър Маринов Сладкаров

Представената дисертационна работа е в обем от 152 страници, 121 фигури и 39 таблици. Тя е структурирана в шест глави, заключение и приложение. Представени са списък на означенията на използваните величини и функции, списък на съкращенията, списък на използваните литературни източници и списък на авторските статии, свързани с темата на дисертацията. Разработената дисертация е определено с актуално съдържание. Актуалността се определя от съвременното развитие на информационните технологии и съответните системи за реализиране на стационарни и мобилни комуникации. Изследваните в дисертацията антени и антенни решетки са пряко свързани с този вид устройства и системи. Актуалността се отнася както до разработваните антени, така и по отношение на методите, използвани за моделиране и аналитична оценка. Това се потвърждава от големия брой публикувани изследвания по тази тема, които от цитираните в литературния обзор са повече от 30 през последните десет години. Проблемите свързани с едновременно подобряване на характеристиките на микролентовите антени и съответно с намаление на стойността им са предмет на изследвания от страна на голям брой автори. Създаването на кръгова поляризация и осъществяването на микролентови решетки с такава поляризация прави този вид антени особено ефективни при действие в силно пресечени области каквито са повечето от съвременните универсални мобилни комуникации от различен тип. Ето защо задачата за изследване и разработка на такъв тип антени представлява една амбициозна и с голям обем задача, на която е посветена работата на дисертантката. Тя показва задълбочено познаване на проблема, изявяващо се в представянето на литературния обзор. В него известна част има лекционен характер, показващ съществените характеристики на този клас антени. Литературните източници се използват аналитично, като

някои се представят и в следващите глави на дисертацията, където е необходимо да се ползват математични изрази или резултати от други изследвания.

Въз основа на проведения аналитичен обзор, в който са представени същността, преимуществата, недостатъците и техниките за подобряване на характеристиките на микролентовите антени с линейна и кръгова поляризация при различни видове възбуждане се определят целта и задачите на дисертацията:

- да се изследват аналитично, симулационно и експериментално микролентови антени и антенни решетки с линейна и кръгова поляризация и резонансно процепно възбуждане;

- да се проведе симулационно оптимизиране на електрическите характеристики на микролентовите антени – степен на съгласуване ( $S_{11}$ ), обратно излъчване и КНД в приетата честотна лента;

- да се предложат начини за ефективно намаление на обратното излъчване;

- да се изготвят аналитични модели на антенните структури за намиране на основните им характеристики;

- да се конструират и да се изследват експериментално оптимизираните симулационно антени и антенни решетки.

Методиката на изследване чрез симулационно намиране на антенните характеристики съответства на поставената цел и задачи на дисертационната работа. Анализът на характеристиките се основава на числен метод осъществен от програмния продукт *CST Microwave Studio*, чрез който се прави многопараметрична оптимизация. При симулационното изследване на микролентовите антени с линейна и кръгова поляризация възприетият начин на избиране на фиксираните и оптимизационните параметри има преимуществото да се избегнат многократните итерации при представянето на структурните параметри. Подходящо е избрана и последователността на симулационното изследване – от линейно поляризираните антени с процепно възбуждане към кръгово поляризираните антени и преход към антенни решетки с кръгова поляризация.

Преди да пристъпи към симулационното изследване на възприетите антенни модели дисертантката е представила същността на изчислителния



метод, (*Finite Integration Method*), на който се основават изграждането на антенните модели и оптимизационното изчисление на характеристиките им. Описана е пространствената дискретизация на изчислителната област, съответната дискретизация на Максвеловите уравнения и участващите в системата уравнения на материалната среда. Дадено е също дискретизирането на полето във времевата област и изискванията към него, което е в основата на метода на крайните разлики във времевата област. Последното е необходимо доколкото се налага определянето на полето в далечната зона. Въпреки, че изложението представлява компилация от изследванията публикувани в цитираните източници [140]-[153], то показва разбирането на метода и уелото му използване, което е и съответна гаранция за достоверността на резултатите. Достоверността се потвърждава и от аналитичните методи за описание на параметрите на антените, както и от експерименталното им изследване.

В раздела за симулационно изследване на антенните модели дисертантката е представила резултатите от големия обем работа по оптимизирането на основните електрически характеристики на моделите чрез вариране с геометричните размери на излъчващия патч, възбуждащите процепи и захранващия микрострип. Представени са 98 параметрично построени графики, използвани за проектирането на оптимизираните модели. Изследваните модели са модификации на микролентови антени с линейна и кръгова поляризация (ЛП МЛА и КП МЛА):

- широкодипазонна ЛП МЛА с резонансно процепно възбуждане;
- широкодипазонна ЛП МЛА с резонансно процепно възбуждане и намалено обратно излъчване (три модификации);
- широкодипазонна КП МЛА с резонансно процепно възбуждане;
- широкодипазонна КП МЛА с резонансно процепно възбуждане с отражател;
- широкодипазонна КП МЛА с резонансно процепно възбуждане с екран.

Правилно е възприет критерият за широкодипазонност да се отчита по дадена характеристика в зависимост от типа на поляризацията – за линейно поляризираните антени – лентата на КНД, а за кръгово поляризираните – поляризациялната лента. Направен е анализ на получените характеристики и е изяснено влиянието на геометричните параметри в конструкцията на моделите.

В резултат от симулационното изследване са получени оптимизирани модели на на линейно и кръгово поляризирана МЛА с подобрени характеристики по отношение на диапазонността и обратното излъчване. Чрез оригинално подходящо разположение на отражателни елементи в плоскостта на захранващата линия единият от моделите притежава изразено намалено обратно излъчване и е утвърден като патент.

Аналитичното изследване на оптимизираните антени с кръгова поляризация дисертантката провежда въз основа на два модела – резонаторен модел (СМ) и модел на предавателната линия (TLM). Те дават известно преимущество при оптимизиране параметрите на КП МЛА в сравнение с пълния вълнов анализ, тъй като грешката в получените резултати се счита, че не превишава 10%, докато изчислителното време се намалява с няколко порядъка. Това изследване се прави с цел да се сравнят резултатите с тези от симулационното изследване, както и да се предложат някои зависимости с подобро приложение. За двата аналитични метода са построени конкретните еквивалентни схеми със съсредоточени параметри като стойностите им са определени въз основа на разчетни зависимости дадени в публикуваните източници [154] – [165], както и познати зависимости от общата теория на предавателните линии. Резултатите от приложението на двата приблизителни метода се отнасят до характеристиката аксиално отношение (AR) на широкодиапазонната КП МЛА. Получените резултати показват добро съответствие с резултата от симулационното изследване на тази антена. Това се отнася до ширината на честотната лента, в която AR се запазва в определени граници. Получената разлика и за двата метода е по-малка от 1%. По отношение на фазовата разлика между перпендикулярните компоненти на полето има по-голямо несъответствие, поради което се предлага корекция на израза. Получените добри резултати по отношение на единичните излъчватели предполагат възможност за осъществяване на антенни решетки с кръгова поляризация и подобрени електрически характеристики. Процедурата по симулационното изследване на антенните решетки е както и при КП МЛА – с разделяне на структурните параметри като фиксирани и оптимизирани. Изследвани са три конфигурации на антенни решетки:

-широкодиапазонна кръгово поляризирана микролентова антена решетка със синфазно възбуждане (КП МЛАР1) 2x2;



-широкодиапазонна кръгово поляризирана микролентова антенна решетка с последователно завъртане на антенните елементи и дефазиране на  $90^0$  (КП МЛАР2)  $2 \times 2$ ;

-широкодиапазонна кръгово поляризирана микролентова антенна решетка със синфазно възбуждане на подрешетките (КП МЛАР1)  $4 \times 4$ .

Приносите, които се съдържат в дисертацията имат изразен научноприложен характер. Те се състоят в предлагането на конфигурации на микролентови антени с подобрени характеристики, а именно:

-разработена е широкодиапазонна линейно поляризирана микролентова антена с процепно възбуждане (за антената е получен патент);

-разработени са оригинални широкодиапазонни кръгово поляризирани микролентови антени с намалено обратно излъчване с отражател и екран;

- разработена е и ефективна кръгово поляризирана микролентова антенна решетка ( $2 \times 2$ ) с последователно завъртане и дефазиране на  $90^0$  на антенните елементи, която може успешно да се използва като подрешетка на големи антенни решетки.

Към приносите с научноприложен характер може да се могат да се добавят използваните модели (TLM) и (CM) за приблизително определяне на параметрите на кръгово поляризираната микролентова антена с процепно възбуждане и предложението за корекция на изразите за фазова грешка.

Значимостта на приносите за инженерната практика се изразява в доста широката област на приложение на предложените модели – системи за мобилни и стационарни комуникации, радарни устройства в *Ku* – обхват, сензорни устройства за мониторинг и др.

Публикуваните по темата на дисертацията статии са 11 и един патент от Патентното ведомство на Република България. От тях една е самостоятелна, а останалите са в съавторство като в три от тях дисертантката е водещ автор. Трудовете са публикувани в авторитетни научни издания или на международни научни конференции. Съдържанието на публикуваните статии несъмнено показва преобладаващото лично участие на дисертантката в приносите.

Представеният автореферат съответства на изискванията за съставянето му и вярно отразява същността на дисертационната работа.

Като цяло дисертационната работа е изпълнена много прецизно и прегледно. Констатирани са само няколко печатни грешки (стр.13, 16, 79, 106,

109), които са съвсем маловажни и няма да се цитират. Съществуват също и някои пропуски или променени величини, които също не се отразяват на качеството на дисертацията. Те са представени на дисертантката.

В заключение искам да изразя становището си, че представената дисертационна работа има качествата на напълно завършен научно изследователски труд, в който се съдържат изразени научноприложни приноси в областта на микролентовите антени и антенни решетки. Ето защо считам за заслужено присъждането на научната и образователна степен „доктор” на маг. инж. Десислава Палчева Михайлова и предлагам на уважаемото научно жури да гласува за това присъждане.

София, 03.12.13 г.

Рецензент:

(Доц. д-р инж. Александър Сладкаров)