РЕЗЮМЕТА

на трудовете на гл. ас. д-р инж. Любомир Петров Камбуров от кат. КТТ при ФИТА на ТУ-Варна, представени съгласно правилника за условията и реда за заемане на академична длъжност в ТУ Варна и обявения конкурс за „доцент" публикуван в ДВ брой 4 от 09.01.2018 г.

Професионално направление: **5.3 Комуникационна и компютърна техника, учебна дисциплина „Антени и микровълнови устройства в мобилните комуникации"**

За участие в конкурса за „доцент" са представени **общо 42 научни труда**, в т.ч. **38 научни публикации, 1 автореферат на дисертационен труд и 3 учебни пособия**, разпределени както следва:

I.	Статии в *международни научни списания в чужбина*	3 бр.
II.	Статии в *научни списания и годишници в България*	17 бр.
III.	Доклади в *международни конференции в чужбина*	11 бр.
IV.	Доклади в *международни конференции в България*	7 бр.
V.	Учебни пособия	3 бр.
VI.	Автореферат	1 бр.

Научните трудове представени за участие в конкурса имат сумарно **IF =3,66.**

Трудовете, представени за участие в конкурса, са разделени в **<u>три групи</u>**:

Първата група (А) общо 19 публикации са **обединени като равностойни на монографичен труд** на тема **„ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФРЕНЕЛОВИ АНТЕНИ":**

- Статии в международни научни списания в чужбина 2 бр.;
- Статии в научни списания и годишници в България 5 бр.;
- Доклади в международни конференции в чужбина 6 бр.;
- Доклади в международни конференции в България 6 бр.

Тематично трудовете от група А са систематизирани в следните области:

1. Изследване на проходни френелови антени с пропускащи/непропускащи фокусиращи системи, (7 публикации)
2. Изследване на френелови антени с повишена ефективност, (6 публикации)
3. Изследване на конформни френелови системи, (2 публикации)
4. Изследване на дифракционни антени от френелов тип с фокусиращи системи разположени на дискретни плоски повърхности, (4 публикации)

Втората група (Б и В) включва **23 труда, разпределени както следва:**

- Статии в международни научни списания в чужбина 1 бр.;
- Статии в научни списания и годишници в България 12 бр.;
- Доклади в международни конференции в чужбина 5 бр.;
- Доклади в международни конференции в България 1 бр.;
- Учебни пособия 3 бр.;
- Автореферат 1 бр.

Тематично трудовете от група (Б) са систематизирани в следните области:

1. Проектиране и изследване на безехова камера за антенни измервания, (5 публикации)
2. Изследване на микровълнови антенни устройства, (10 публикации)
3. Обучението по Комуникационна техника и технологии в ТУ-Варна, (2 публикации)
4. Изследване на устройства и системи в електрониката и комуникациите, (2 публикации)

Третата Група (В) включва **3 учебни пособия**, **разпределени както следва:**

- Ръководство за лабораторни упражнения 2 бр.;
- Ръководство за семинарни упражнения и курсово проектиране 1 бр.

Представените за участие в конкурса научни трудове (42 бр.) се разделят както следва:

1. По език, на който са написани:

1.1. Английски език 14 бр.

1.2. Български език 28 бр.

2. По брой на авторите :

2.1. Самостоятелни 7 бр.

2.2. В съавторство 35 бр.

2.2.1. На първо място 19 бр.

2.2.2. На второ място 11 бр.

2.2.3. На трето място 9 бр.

2.2.4. На четвърто и пето място 3 бр.

A. Публикации, равностойни на монографичен труд

I. Статии в международни научни списания в чужбина, общо 2 бр.

[A1]. **L.P. Kamburov**, Jose Rodriguez, J.R. Urumov and H.D. Hristov, "Millimeter-Wave Conical Fresnel Zone Lens of Flat Dielectric Rings", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 62, No 4, April 2014, pp. 2140-2148, ISSN: 0018-926X**,** **IF_{2014} = 2.181**

Разширяването на кръга от задачи в последните десетилетия, решавани от съвременната радиоелектроника е стимулирано от интензивното развитие на теорията и техниката на антените. Например един от проблемите е създаването на по-технологични за производство антени с добри електрически параметри. В зависимост от предавателната функция на апертурата, френеловите зонирани лещи се разделят на две основни категории: бинарни (амплитудни) и фазокоригиращи. Освен това според вида на зонираната повърхност, тези лещи се разделят на плоски (2D) или криволинейни (3D). Често фазокоригиращите френелови зонирани лещи се изработват като една диелектрична пластина с пръстеновидни жлебове и ребра, което води до поетапно разпределение на фазите в отвора на лещите. Криволинейна френелова зонирана леща може да бъде сформирана на произволно оформена повърхност, но лещите с ротационен профил са най-прости и ефикасни. Сферичните, цилиндричните и конусовидни френелови зонирани лещи са следващите по простота след плоската зонирана леща.

В статията е разгледана и изследвана френелова зонирана леща с конусовидна форма с плоски диелектрични пръстени. Направена е съпоставка с плоска диелектрична френелова зонирана леща, конична диелектрична френелова зонирана леща с конични пръстени и плоско-хиперболична диелектрична леща.

В това изследване се постига по-добро фокусиране и 3D-разделителна способност на коничната френелова леща с плоски диелектрични пръстени в сравнение с плоската диелектрична френелова леща и обикновената леща. Промяната на ъгъла на разтвора на лещите значително подобрява техните физични и електромагнитни характеристики.

Обикновената диелектрична леща е по-широколентова, но разгледаната антенна конструкция с формата на конус и плоски диелектрични пръстени има важно структурно и технологично предимство: лесно се произвежда като многослоен блок от диелектрични пръстени чрез използване на класическа механична обработка или модерна фотолитография или 3D принтиране. Това ключово предимство може да бъде приложимо за всяка френелова зонирана леща с осевосиметрична повърхност с плоски диелектрични пръстени.

[A2]. H.D. Hristov, **L.P. Kamburov,** J.R. Urumov, R. Feick, "Reply to Comments on ’Focusing characteristics of curvilinear half-open Fresnel-zone plate lens: Plane wave illumination", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 54, No 9, Sept. 2006, pp. 2692-2693, ISSN: 0018-926X, **IF_{2006} = 1.480**

Френеловите антени с фокусиращи системи разположени на плоска повърхност са частен случай на антените от френелов тип. Важен интерес за практиката представляват също така антените от френелов тип с осево-симетрични фокусиращи системи, представляващи гладка криволинейна повърхност от втори ред. При френеловите антени с плоска фокусираща система, увеличаването на броя на зоните води до силно намаляване на тяхната ширина. Това затруднява практическата им реализация. Използването на криволинейни повърхности дава възможност за получаване на по-широки зони при равни други условия. Използването на криволинейна повърхност дава допълнителна степен на свобода за получаване на необходимите характеристики на антенните устройства.

Подробно описание на фокусиращите свойства на френелови антени с фокусиращи системи разположени на различни криволинейни повърхности е направено в статията : H.D. Hristov, L.P. Kamburov, J.R. Urumov, and R. Feick, “Focusing characteristics of curvilinear half-open Fresnel zone plate lenses: Plane wave illumination,” IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 53, pp. 1912–1919, Jun. 2005. Доказано е, че броят на зоните на Френел, които могат да бъдат разположени на произволна гладка осево симетрична криволинейна повърхност за дадена дължина на вълната, зависи само от диаметъра на основата й и от разстоянието на последната до облъчвателя и не зависи от вида на конкретната повърхност. Направено е обширно сравнително изследване на специфични лещи с изпъкнали фокусиращи повърхности, с еднакви диаметри на основата и разстояния на последната до облъчвателя, с различни или равни височини на фокусиращите системи.

Настоящата публикация представлява отговор на коментар на Игор Минин и Олег Минин, който се отнася до това, че изрично не е изтъкнато тяхното изследване върху подобни конструкции. В отговора е почертано, че работите им са цитирани в текста. Втората им забележка се отнася до това, че не е акцентирано върху ефекта, за аксиално изместване на фокуса при малък брой зони. Този ефект действително присъства (вижда се и в резултатите на посоченото горе изследване), но е важен само при малък брой зони и малко фокусно разстояние. В отговора се благодари на колегите Минин за интереса им към гореспоменатата статия относно лещите с криволинейни фокусиращи системи и за конструктивните забележки.

II. Статии в научни списания и годишници в България, общо 5 бр.

[А3]. <u>Л.П. Камбуров</u>, „Дифракционни антени от френелов тип”, Известия на Съюза на учените – Варна, Серия "Технически науки", № 1’2016, стр. 32-35, ISSN 1310-5833

Интересът към приложението на френеловите антени в комуникациите, се засилва в последните години. Зонирани пластини с френелови зони се използват за създаването на разнообразни типове френелови лещи: фазокоригиращи, френелови лещи с елиптични зони, антенни решетки и др. При класическите френелови антени първата зона обикновено е пропускаща, а фазата на полето в центъра на първата зона се приема за нулева.

В статията е изследвано различно от посоченото фазово разпределение в излъчващата апертура. Такова разпределение може да се получи, ако в центъра на апертурата на антената (в границите на първата отворена зона) се постави непропускаща област (кръг). Радиусът на тази област определя така наречената референтна фаза, която може да бъде в диапазона 0° ÷180°. Границите на зоните в които се разполагат непропускащите пръстени се определят както и при класическите френелови антени от съображението разликата в пътя на вълните от края на *m*–тата зона и от края на кръга до фокуса да е *m* пъти половин дължина на вълната. Може да се приеме, че класически зони на Френел ще се поучат при нулев радиус на непропускащия кръг. Въпреки, че не съвпадат с границите на класическите зони на Френел, зонирана пластина от този тип също има фокусиращи свойства.

Изследванията проведени в настоящата публикация показват, че увеличаването на референтната фаза води до намаляване на широчината на главния лист и намаляване на нивото на страничните листи. В същото време има известно спадане на усилването. Това спадане в изследваните конструкции не е толкова съществено в сравнение с подобряването на другите електрически характеристики на антените.

Въвеждането на нова променлива при френеловите антени – референтна фаза води до подобряване на някои от електрическите характеристики на антените и позволява допълнително управляване на параметрите на дифракционните антени от френелов тип.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект НП7/2016г. „Изследване на микровълнови и акустични излъчватели в безехова камера” в рамките на научноизследователската дейност на ТУ-Варна, финансирана целево от държавния бюджет.

[A4]. <u>Л.П. Камбуров</u>, „Съставни френелови антени”, Известия на Съюза на учените – Варна, Серия "Технически науки", № 1’2016, стр. 28-31, ISSN 1310-5833

В областта на антените процесът на миниатюризация среща принципни ограничения. Едно приемливо решение на проблема е съвместяването на антената с физическите очертания на обекта. Този подход може да доведе до положителни резултати, ако в качеството на фокусиращи системи се използват нетрадиционни елементи регулиращи фазовия фронт на електромагнитното поле. За разлика от класическите антени, положението на фокуса на френеловите лещи може да бъде избрано с голяма степен на свобода, защото е слабо свързано с геометрията на фокусиращата повърхност. Тази свобода позволява съвместяването на фокусите на няколко френелови лещи с различно пространствено разположение и различна форма, което е принципно невъзможно за повечето апертурни антени. Следователно възможно е създаването и приложението на обемни конформни френелови антени.

В статията се изследват френелови антени състоящи се от два и три непропускащи пръстена, разположени на различни плоски повърхности. Всеки пръстен е на различно разстояние от облъчвателя (има различно фокусно разстояние). Така се конфигурират съставни френелови антени. За съставяне на аналитичен модел подходящо е избрана обща координатна система за всички пръстени. Проведен е числен експеримент и резултатите са съпоставени с тези на аналитичния модел.

Получените резултати показват, че промяната на разположението на непропускащите пръстените води до промяна (възможно подобряване) на електрическите характеристики на антените, в сравнение с разполагането на пръстените в една равнина. По този начин могат да бъдат конструирани конформни обемни френелови антени. Също така различното пространствено разположение на непропускащите пръстени дава възможност за получаване на необходимите антенни характеристики. Получените резултати потвърждават валидността на аналитичния модел.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект НП7/2016г. „Изследване на микровълнови и акустични излъчватели в безехова камера” в рамките на научноизследователската дейност в ТУ-Варна, финансирана целево от държавния бюджет.

[A5]. **<u>Л.П. Камбуров</u>**, „Конформни елиптични Френелови лещи”, Известия на Съюза на учените – Варна, Серия "Технически науки", № 1’2013, стр. 50-52, ISSN 1310-5833

Все по-често в практиката се предпочита използването на конформни антени за осъществяване на комуникации между различни обекти. Ако повърхността на тези обекти може да бъде разложена и представена като сума от определен брой плоски участъци, панелната конформна френелова антена ще представлява съвкупност от нецели френелови зони върху „осветената” повърхност на обекта. При закриване на зоните с определени номера (четни или нечетни), с абсорбиращ или отразяващ материал повърхността на обекта изпълнява ролята на фокусираща система на френеловата антена.

В статията е направен аналитичен и числен анализ на конформни елиптични френелови лещи. Направено е изследване на електрическите характеристики на разгледаните антенни конструкции с отчитане на границите на интегриране на отворените части от френеловите зони разположени върху панела. Определени са диаграмите на насоченост на антената за главната и кросполяризацията.

Изследване е направено както на френелова антена с фокусираща система представляваща части от френелови зони, разположени на единичен панел, така и на антена с конформна двупанелна фокусираща система. Получените резултати дават възможност да се приеме валидността на модела.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект НП7/2013г. „Изследване на електродинамични и електро-акустични антени в безехова камера” в рамките на научноизследователската дейност на ТУ-Варна, финансирана целево от държавния бюджет.

[A6]. Х.Д. Христов, Й.Р. Урумов и **<u>Л.П. Камбуров</u>**, „Френелови антени за спътникови комуникации”, Известия на съюза на учените – Варна, Серия технически науки, № 2’98, 1’99, стр. 52-58

Изискванията към системите за спътникови комуникации, и в частност към техните антени за малогабаритност, малко тегло и ниска цена стават все по-актуални. Един от възможните методи за удовлетворяване на тези изисквания е използването на антенни конфигурации с лещи от френелов тип.

В статията са разгледани основни характеристики на плоски френелови антени с пропускащи/непропускащи зони, основните характеристики на плоски френелови антени с фазокоригиращи зони, както и основните характеристики и

фокусиращите свойства на френелови антени с осевосиметрични повърхности на въртене от втори ред. Представени са основните математични изрази, даващи възможност за оразмеряване на антенните конструкции и определяне на техните електрически характеристики.

Направено е сравнение между различни антенни конфигурации при приблизително еднаква апертура и еднакво фокусно разстояние с използване на математичните модели.

Резултатите от изследванията показват, че френеловите антени имат по-широк клас на геометрични и вълнови преобразования на е.м. полета в сравнение с класическите антени от оптичен тип, което разширява и областта на използването им. Това заедно със споменатите по-горе предимства за проста конструкция, малък обем и тегло, и ниска производствена цена определя предимствата при използването им в спътниковите комуникации

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект ТН-701/99 на Националния фонд „Научни изследвания”.

[A7]. <u>Л.П. Камбуров</u>, Й.Р. Урумов и Х.Д. Христов, „Френелови антени с подобрена ефективност”, Електротехника и електроника, 1997, № 5-6, стр. 32-35

Основен недостатък на класическите антени от френелов тип с пропускащи/непропускащи зони е малката им ефективност. За нейното повишаване се прилагат различни методи: използване на фазокоригиращи зони, намаляване на стъпката на дефазиране и др.

В настоящата статия се предлага и анализира математичен модел на антена с непропускащи пръстени, разположени в четните френелови зони. Облъчвателят на антената има специална диаграма на насоченост и създава минимален интензитет на полето в посока на непропускащите зони. Това позволяваща да се намалят загубите на разсеяната мощност от тях. Предлага се аналитична формула за вида на диаграмата на насоченост на облъчвателя, която се оптимизира параметрично за получаване на максимална ефективност. Реализираното амплитудно-фазово разпределение на полето от облъчвателя се определя по законите на геометричната оптика, без да се отчита влиянието на фокусиращата система върху това разпределение. Направено е сравнение с характеристиките на параболични и френелови антени с косинусоидална диаграма на насоченост на облъчвателя.

От получените резултати се вижда, че използването на облъчвател със специална форма на диаграмата на насоченост води до увеличаване на усилването,

стесняване на ширината на главния лист, намаляване нивото на страничните листи и повишаване на коефициента на използване на отвора. Предварителните проучвания показват, че е възможно да бъде реализиран облъчвател с подходяща диаграма на насоченост за френелови антена с относително малка апертура.

III. Доклади в международни научни конференции в чужбина, общо 6 бр.

[A8]. H.D. Hristov, J.M. Rodriguez, J.R. Urumov, and **L.P. Kamburov**, „Lens antenna based on Fresnel zone lens of flat dielectric rings conformal to conical surface”, International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications 15th Edition (ICEAA-13), 9-13 September 2013, Torino, Italy, Proceedings, pp. 185-187

В публикацията обект на изследване е френелова зонира леща с плоски диелектрични пръстени, подобна на плоска фазокоригираща френелова леща (тип Ууд), но имаща конична форма. Коничната 229 GHz френелова леща се формира от плоски диелектрични пръстени конформно разположени върху външната повърхност на пресечен конус. Антената е изследвана с помощта на компютърна симулация и характеристиките и са сравнени с плоска фазокоригираща френелова антена и диелектрична антена със същите апертури.

Компютърната симулация на фокусиращото действие на антената е направена в Е-равнината за плоска вълна облъчваща външната повърхност на конуса по направление на фокусната ос. Усилването във фокуса на диелектричната леща е по-голямо и от двете френелови лещи, но разликата е значително по-малка спрямо коничната. От друга страна и двете френелови лещи имат по-добра аксиална и напречна резолюция.

Диаграмата на насоченост е изследвана в Е и Н равнина за главната и кросполяризационната съставяща на полето. Антената има много добро ниво на кросполяризация.

В резултат на изследването се вижда, че тази конструкция близо до честотата на проектиране е сходна по отношение на усилването с диелектрична леща със същия диаметър на апертурата и същото фокусно разстояние, но е много по-теснолентова. От друга страна конструкцията е много по-лека и има значителни структурни и технологични предимства

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект Anillos ACT-53 и проект Fondecyt 1120714 на Чилийската научна агенция CONICYT.

[A9]. H.D. Hristov, J.M. Rodriguez, **L.P. Kamburov** and J.R. Urumov, „Cone-Shape Fresnel Zone Lens of Flat Dielectric Rings”, 2013 IEEE international Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI National Radio Science Meeting, 7-13 July 2013, Orlando, Florida, USA, Proceedings, pp. 1174-1175

В публикацията са представени конични френелови зонирани лещи, които могат да се състоят от плоски метални или диелектрични пръстени. Разположените плоски фазокоригиращи пръстени по коничната повърхност осъществяват стъпална трансформация на падащата парааксиална плоска вълна в сферична вълна насочена основно към първия фокус на лещата. Определянето на радиусите на френеловите зони върху коничната повърхност и на разстоянията от основата на конуса до тях се извършва от геометрични съображения. Дебелината на диелектричните пръстени е приета като средноаритметична между дебелината осигуряваща дефазиране от 180° при плосък пръстен и при коничен пръстен. Фокусирането на полето е получено с адаптирането на дифракционната теория към разглежданата конструкция и решаването на дифракционния интеграл на Кирхоф за всички зони (диелектрични и въздушни).

Установено е, че конична френелова зонирана 229 GHz леща с три диелектрични пръстена, фокусно разстояние 30 mm, диаметър на апертурата 25 mm и полуъгъл на разтвора на конуса 45° превъзхожда усилването във фокуса и разделителната способност на хиперболична пречупваща леща, при едни и същи диаметър на апертурата и фокусно разстояние. Коничната френелова леща е с 2.2 dB по-добро усилване и 45% по-добра ефективност спрямо съответната плоска фазокоригираща френелова леща.

За микровълновия и терахерцовия (THz) диапазон коничните френелови зонирани лещи могат лесно да се произвеждат като многослойни структури. Те могат да се използват в различни системи за фокусиране и изображения, както и за конструкции на леки и ефективни френелови антени.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект Anillos ACT-53 и проект Fondecyt 1120714 на Чилийската научна агенция CONICYT.

[A10]. **L.P. Kamburov,** H. Hristov, J. Urumov, S. Savov, “Conformal Fresnel Zone Plate Lens Antennas”, COST ASSIST meeting, Valencia, Spain, 18 – 20 May 2009

Нарастването на интереса към френеловите антени през последните годините се дължи в голяма степен на възможността техните фокусиращи системи

да бъдат разполагани на криволинейни повърхности. В сравнение с класическите френелови антени, криволинейните конструкции са по дълбоки и сложни. Въпреки това, в много случаи могат да бъдат най-естествения избор, тъй като те са 3D конфигурации и имат по-голяма степен на свобода за проектиране и оптимизация. Освен това могат да поддържат красотата на градската и селската среда, като са конформни с някаква произволна повърхност, изкуствена или естествена формация.

В публикацията са разгледани интересните от практична гледна точка френелови зонирани лещи с аксиална симетрия върху елементарни повърхности, като: сферични, параболични и конични с пропускащи/непропускащи зони. Направен е числен анализ за тези конформни френелови лещи.

Интерес представляват и френеловите антени на базата на обединение на фокусиращи системи разположени на различни повърхности. Тези антенни конструкции се отнасят до комбинация от повърхности (равнина-криволинейна или само криволинейни), които съвпадат с геометрията на реални обекти (стени на сгради, покриви или куполи, повърхност на превозни средства и т.н.).

Разгледани са съставни лещи състоящи се от пропускащи/непропускащи френелови зони разположени на две различни прости повърхности (един пресечен конус и плоска). Направени са числени изследвания на такива съставни антени с еднакво фокусно разстояние, еднаква базова апертура и съответно еднакъв брой зони. Всички лещи се облъчват с един и същ облъчвател. Променя се големината на полуъгъла на разтвора на конуса, а от там и височината на пресечения конус (дълбочината на фокусиращата система). От получените резултати се вижда, че с намаляването на дълбочината на фокусиращата система усилването на антената намалява, а нивото на страничните листи се увеличава.

Възможни бъдещи приложения на този тип антени са: антени за наземни и космически комуникации, радари или антени за пренасяне на енергия; антени за фокусиране и специфично разпределение на полето; антени за холография и медицинска диагностика; антени за сигурност: в системи за наблюдение и откриване на скрити обекти.

[A11]. H.D. Hristov, **L.P. Kamburov** and J.R. Urumov, “Comparison on focusing characteristics of curvilinear Fresnel zone plates”, XVII Simposium Nacional de URSI, Madrid, 11-13 September 2002, pp. 469-470

В публикацията са разгледани френелови лещи с пропускащи/непропускащи зони разположени на различни криволинейни повърхности: сферична, параболична и конична, както и плоска френелова леща за честота 100 GHz, диаметър на апертурата 100 mm и фокусно разстояние 60 mm. Прозрачните за

електромагнитното поле френелови зони на криволинейните повърхности се разглеждат като пресечени конични повърхности с различни ъгли на разтвора на конуса за различните зони. Изборът на тази апроксимация позволява опростяване на анализа.

Численият експеримент е извършен с помощта на дифракционното уравнение. Полето в точка на фокусната ос създавано от *m*-тата отворена зона се определя чрез повърхностен интеграл, който с отчитане на координата на ротация се намалява до линеен. Изчисленията показват, че криволинейните зонирани пластини имат по-голямо фокусиращо действие в сравнение с плоската пластина.

[A12]. <u>Л.П. Камбуров</u>, Й.Р. Урумов и Х.Д. Христов, „Френелови антени с фазокоригиращи зони”, Международна научна конференция “Енергийни и информационни системи и технологии 2001”, Битоля, Македония, Юни 7-8, 2001, т. 2, стр. 461-466

Основен недостатък на френеловите антени с пропускащи/непропускащи пръстени разположени в зоните на Френел е малката им ефективност. Използването на фазокоригиращи диелектрични пръстени вместо непропускащи съществено подобрява ефективността на тези антени, тъй като не се засенчват части от фронта на вълната.

В настоящата публикация на базата на математичен модел са изследвани свойствата на френелови антени с диелектрични фазокоригиращи зони. Отчетени са коефициентите на многократно отражение и пречупване при преминаването на електромагнитните вълни през плоско-паралелна диелектрична пластина. Конфигурацията на разглежданите антени съдържа фокусиращата система, която се състои от диелектрични пръстени с еднаква дебелина за четните и нечетните зони.

Усилването на френелова антена с фазокоригиращи пръстени зависи и от предавателните свойства на фокусиращата и система. За получаване на минимални загуби от отражение, в диелектричните пръстени трябва да има цяло число полувълни, тъй като в този случай диелектричната пластина е прозрачна за падащата плоска електромагнитна вълна. В публикацията са изведени зависимостите определящи връзката между относителните проницаемости на нечетните и четните зони и тяхната дебелина, при което усилването има екстремални стойности. Показано е, че усилването особено силно зависи от отношението на диелектричната проницаемост на четните зони към диелектричната проницаемост на нечетните зони, при голяма стойност на диелектричната проницаемост на последните.

От получените в публикацията резултати се вижда, че промяната на съотношението на диелектричната проницаемост на съседните зони, води до промяна на прозрачността на фокусиращата система, а следователно и до разлики в амплитудното разпределение на полето в апертурата. Тези промени водят до различни стойности на коефициента на усилване, на нивата и положението на страничните листи в диаграмата на насоченост на френеловите антени с фазокоригиращи зони. Показано е, че при подходяща оптимизация на съотношението на диелектричните проницаемости, коефициентът на усилване на антената може да бъде увеличен с повече от 3 dB. При избрания математичен модел оптималната стойност на отношението на диелектричната проницаемост на четните и нечетните зони е приблизително равна на 4.

[A13]. **L.P. Kamburov**, J.R. Urumov and H.D. Hristov, "Measurement method for Fresnel Antennas with Curved Axial Symmetrical surface", 11th International Czech Slovak Scientific Conference "Radioelektronika 2001", Brno, Czech Republic, 10-11 May 2001, vol. 2, pp. 421-424, ISBN 80-214-1861-3

Важно свойство на френеловите антени е е, че Френеловите зони могат да бъдат разположени върху произволна повърхност, т.е. фокусиращата система може да бъде интегрирана в околната среда. Оразмеряването на зоните на Френел обикновено се извършва индивидуално за всяка избрана повърхност. В настоящата публикация се предлага единен метод за определяне размерите на френеловите зони, приложим за произволна осево симетрична повърхност.

Дефинирани са следните свойства на криволинейни осево симетрични френелови антени: 1. Броят на зоните на Френел, които могат да се разположат на дадена гладка осево симетрична криволинейна повърхност, зависи само от диаметъра на апертурата и от разстоянието на последната до облъчвателя и не зависи от вида на конкретната повърхност; 2. Границите на френеловите зони разположени на криволинейна повърхност съвпадат със сеченията на тази повърхност с траекториите, които се получават от границите на френеловите зони на плоскост разположена в апертурата на криволинейната повърхност, при отдалечаването на последната от облъчвателя. Последното свойство е предложено да бъде използвано за оразмеряване на произволни повърхности (включително и на такива за, които няма аналитичен израз), чрез намиране на споменатите по-горе сечения.

Извършен е числен анализ на антенни конструкции. Тъй като конструктивно е по-целесъобразно нечетните зони да са прозрачни за електромагнитните вълни, избраният брой зони е нечетен, като първата и последна зона са отворени.

Положението на последната зона е чисто условно и в общия случай на използване на апертурния метод за определяне на диаграмата на насочено действие е произволно. Избрано е последната френелова зона да е разположена в плоскостта на апертурата на антените. При еднакъв брой зони за разглежданите модели това също определя еднакви апертури (еднакво разпределение на полето в апертурата при използването на един облъчвател). Подбирането на криволинейните повърхности така, че и първите им зони също да са на еднакво разстояние от облъчвателя (да съвпадат) определя получаването на антени с еднакви габарити, еднакъв брой френелови зони, еднакво разпределение на полето в апертурата, различаващи се само по вида на фокусиращата повърхност. Резултатите от анализа показват по-добри електрически характеристики при френеловите антени с криволинейни фокусиращи системи от плоската френелова антена.

IV. Доклади в международни научни конференции в България, общо 6 бр.

[A14]. **Л.П. Камбуров**, Й.Р. Урумов и Х.Д. Христов, „Френелови антени със сложни осево симетрични фокусиращи системи”, Юбилейна Научна сесия с международно участие “120 години Морско училище”, Варна, Май 14-15, 2001, т. 2, стр. 124-130

Френеловите антени представляват интерес поради лесната си конструкция и ниска цена по сравнение с другите антени от оптичен тип. В настоящата публикация са оразмерени и изследвани френелови антенни системи с плоска и различни криволинейни повърхности - конична, сферична и повърхност без аналитично представяне. Параметрите на криволинейните повърхности са така подбрани, че при еднакво фокусно разстояние (разстояние от облъчвателя до върха на криволинейната повърхност), да имат еднаква апертура. Това определя и еднакъв брой зони върху криволинейните повърхности. За да има същият брой зони и върху плоската повърхност, тя е прието да съвпада с апертурата на криволинейните. На базата на математичен модел са изчислени диаграмите на насочено действие за описаните по-горе антенни системи.

Направено е също изследване в което е отчетено, че тъй като конструктивно е по-целесъобразно нечетните зони да са прозрачни за електромагнитните вълни, избраният брой зони да е нечетен, като първата и последна зона са отворени. Положението на последната зона е чисто условно и в общия случай на използване на апертурния метод за определяне на диаграмата на насочено действие е произволно. Избрано е последната френелова зона да е разположена в плоскостта

на апертурата на антените. При еднакъв брой зони за разглежданите модели това също определя еднакви апертури (еднакво разпределение на полето в апертурата при използването на един облъчвател). Подбирането на криволинейните повърхности така, че и първите им зони също да са на еднакво разстояние от облъчвателя (да съвпадат) определя получаването на антени с напълно еднакви габарити, еднакъв брой френелови зони, еднакво разпределение на полето в апертурата, различаващи се само по вида на фокусиращата повърхност.

Въпреки че в този случай основните параметри на антенните системи са близки помежду си, криволинейните конструкции имат очевидни предимства пред плоските френелови антени например при съвместяването им с корпусите на летящи обекти поради по-добрата си аеродинамична форма.

[A15]. **Л.П. Камбуров**, Й.Р. Урумов и Х.Д. Христов, „Криволинейни осевосиметрични френелови антени", Международна научна конференция "КЕКС 2000", София, май 18-19, 2000, т. 1, стр. 72-77

Разглеждани са конструкции на френелови антени с фокусиращи системи представляващи осевосиметрични криволинейни повърхности от втори ред, с непропускащи участъци съответстващи на четните зони на Френел и отворени нечетни зони. Създаден е математичен модел в който прозрачните за електромагнитното поле зони се разглеждат като пресечени конични повърхности. Електрическото поле в далечната зона се изчислява използвайки векторния интеграл на Кирхоф. Определени са съставящите на електрическия интензитет по съответните координати. Това дава възможност да се определят компонентите на електрическото поле за главната поляризация и кросполяризацията.

На базата на получените изрази е извършено числено изследване на френелови антени със сферична, параболична и конична повърхности, като резултатите са съпоставени с класическа плоска френелова антена. Разгледани са конструкции с еднакви габарити, разположени на еднакво разстояние от облъчвателя, за най-добро сравнение на свойствата им. Показана е зависимостта на усилването на антените от разпределението на полето в апертурите им. Показана е добавката в усилването към облъчвателя, която се получава от съответните повърхности в зависимост от усилването на самия облъчвател.

Направено е сравнение между получената от модела диаграма на насоченост на конична френелова антена и диаграмата на насоченост на експериментално изследвана такава, както и на диаграмите на техните облъчватели. Получено е много добро съвпадение между теоретичните и експериментални резултати.

[A16]. **L.P. Kamburov**, J.R. Urumov and H.D. Hristov, „Antenna Probe on Base of Fresnel Axial Simetrical Curved Surfaces”, The Eight National Scientific and Applied Science Conference “Electronics 99”, Sozopol, September 23-25, 1999, vol. 3, pp. 69-73 (in Bulgarian)

При практическото използване на електронни системи за измерване на височина, доплерови системи за измерване на скорост и др., е необходимо използването на антенни конструкции с ниско ветрово съпротивление. Един от възможните начини за удовлетворяване на тези изисквания е използването на антени от френелов тип, които имат както малка дебелина и тегло така и възможност за конфигурация на фокусиращата система с повърхността на съществуващите обекти.

Съгласно теорията на дифракцията е изведена зависимостта на полето създадено от елементарна повърхност на фокусиращата система в точка от фокусната ос. Цялото поле в дадена точка се намира след интегриране по повърхността. Сравнени са фокусиращите свойства на сферична, параболична, конична и плоска повърхности. Разгледаните повърхности имат общ връх и параметри осигуряващи им приблизително еднакви габарити. Установено е, че криволинейните повърхности имат по-добро фокусиращо действие от плоска при един и същ диаметър.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени в рамките на изследователски проекти ТН-701/97 и ТН-1/99 спонсорирани от националния фонд „Научни изследвания”.

[A17]. **Л.П. Камбуров**, Й.Р. Урумов и Х.Д. Христов, “Изследване на фокусиращите свойства на зонирани френелови повърхности”, Юбилейна Научна сесия ‘97 на ТУ – Варна, Октомври 16-18, 1997, Сборник доклади, т. 3, стр. 77-82

В публикацията се предлага и анализира математичен модел на френелови антени с непропускащи пръстени, разположени в четните френелови зони. Разгледано е влиянието на положението на облъчвателя, върху коефициента на усилване на френеловата антенна система. Изчисляването на характеристиките на насоченост на антените е извършено по апертурния метод.

Анализът е направен за антени с различен брой зони и еднакво фокусно разстояние. Сравнени са диаграмите на насоченост на облъчвателите за създаване на едно и също спадане на облъчването в края на апертурата по отношение на нивото в центъра им и диаграмите на самите антени. В графичен вид са показани коефициентите на усилване на антенните модели в зависимост от положението на

облъчвателя. Вижда се появата на вторични фокусни разстояния. Наблюдава се скъсяване на разстоянието между основния и вторичните фокуси с увеличаването на броя на зоните, както и увеличаване на коефициента на усилване по отношение на втория фокус.

От получените резултати се вижда, че промяната на положението на облъчвателя води до промяна на коефициента на усилване на френеловите антени, разгледани по-горе, по различен начин от огледалните и лещовите антени. Интерес представлява появата на вторични фокусни разстояния, както и промяната на формата на диаграмата на насоченост на антенната система, при различни положения на облъчвателя.

[A18]. Л.П. Камбуров, Й.Р. Урумов и Х.Д. Христов, “Антена от френелов тип”, Научна сесия ‘94 на ВВМУ “Н. Й. Вапцаров”, Варна, Февруари 24-25, 1994, Научно-тематичен сборник, т. 2, стр. 99-104

В публикацията са приведени експерименталните данни на две изследвани конструкции и се предлага методика за изчисляване на характеристиките на излъчване на фазокоригираща антена от френелов тип. Конструкцията на антената представлява коничен рупорен облъчвател със специална форма и система от диелектрични пръстени разположени в четните зони на Френел. Рупорният облъчвател е модифицирана гофрирана конична антена с възможност за промяна на размерите на гофрите и големината на рупора. По този начин е извършена експериментална оптимизация на диаграмата на насоченост на облъчвателя, която е подбрана така, че цялата апертура на антената да се облъчва сравнително интензивно. Използвано е също така основното предимство на гофрираните рупори да създават осевосиметрична диаграма на насоченост и ниски странични листи.

Използван е приблизителен метод за определяне на характеристиките на излъчване. Теоретичното извеждане на основните характеристики на антената е осъществено при следните ограничения: диелектричните пръстени да са разположени в далечната зона на облъчвателя; изменението на фазата в следствие на преминаване на електромагнитните вълни през всеки пръстен, сравнена с тази в свободното пространство да е π; дебелината на пръстените да е пренебрежимо малка. Дифракцията от диелектричен пръстен се описва чрез сумирането на дифракционните полета от отвор с радиус равен на вътрешния радиус на диелектричния пръстен изрязан в безкрайно голям екран, от кръгъл непрозрачен екран с радиус равен на външния радиус на диелектричния пръстен и от радиопрозрачен диелектричен пръстен, съвпадащ с изследвания и изрязан в безкрайно голям непрозрачен екран.

Направено е сравнение между експерименталните и теоретичните диаграми на насоченост на антената. Приблизителният метод дава известно малко отклонение в сравнение с експеримента, което налага неговото прецизиране. Необходимо е да се отчита дифракцията от ръбовете на диелектричния пръстен, наличието на повърхностна вълна около него, многократното отражение вътре е диелектрика и др.

[А19]. **Л.П. Камбуров**, Й.Р. Урумов и Х.Д. Христов, "Антенна сонда от френелов тип", Втора национална научно-приложна конференция "Електронна техника '93", Созопол, 29 септември – 1 октомври, Сборник доклади, т. 1, 1993, стр. 344-349

В публикацията е изследвана конструкция на френелова антена, работеща в диапазона на сантиметровите вълни, с ниско ветрово съпротивление и малка маса, отговаряща на много от изискванията за измерителни радиоелектронни устройства, способна да работи в условията на голямо ветрово натоварване и замърсяване с дим, прах, мъгла, устойчива на облединяване и интензивен дъжд. Предложената конструкция се състои от облъчвател (коничен рупор) и фазокоригираща система от вълноводи, разположена във втората зона на Френел. За разлика от пръстеновидната диелектрична антена, дефазирането се осъществява не за сметка на намаляване на фазовата скорост в диелектричния пръстен, а при увеличаването и във вълноводната система с помощта на вълноводи с напречно сечение близко до квадратното. Въпреки че този вид фазокоригираща система се получава с по-голяма широчина, тя е значително по-лека от диелектричната.

В публикацията са представени резултатите от експерименталните изследвания на тази антенна конструкция. Резултатите показват, че антената може да работи в относително широк честотен диапазон и има добра степен на кросполяризационна развръзка при линейна поляризация.

Б Публикации извън групата равностойни на монографичен труд

I. Статии в международни научни списания в чужбина, общо 1 бр.

[Б1]. G.S. Kirov, **L.P. Kamburov** and H.D. Hristov, „Feed line losses in microstrip antenna arrays", Journal of Applied Electromagnetism (JAE), December 2005, vol. 7, Number 1, pp.1-8

Микролентовите линии (МЛЛ) и антени (МЛА) са най-динамично развиващата се област в антенната техника през последните няколко десетилетия. Това се дължи на неоспоримите предимства на МЛА пред конвенционалните антени, по-важните от които са ниско тегло, малки размери и обем, тънък профил, конформна геометрия, опростена печатна технология на производство, възможност за интегриране с пасивни и активни интегрални устройства и др. МЛА имат и недостатъци, като по-съществените от тях са тясната честотна лента (няколко процента) и относително ниското усилване (6-7 dB).

Ниското усилване на този клас антени може да бъде увеличено чрез използването им като градивни елементи в антенни решетки (АР). Целта на изследванията, извършени в статията, е да се установи влиянието на 7 параметъра (брой на елементите в АР N, честота f, база на решетката d, дебелина на подложката h, дебелина на метализацията t, относителна диелектрична константа на подложката ε_r и тангенс от ъгъла на загубите на подложката $\tan\delta$) върху загубите в МЛЛ. Изчисленията са извършени при следните граници на изменение на параметрите: $10 \le N \le 3000$, $10.5\ \text{GHz} \le f \le 13.5\ \text{GHz}$, $0.5\lambda_0 \le d \le 0.8\lambda_0$, където λ_0 е дължината на вълната в свободното пространство, съответстваща на средната работна честота, $0.127\ \text{mm} \le h \le 0.762\ \text{mm}$, $9\ \mu\text{m} \le t \le 70\ \mu\text{m}$, $2.20 \le \varepsilon_r \le 10.20$ и $0.0009 \le \tan\delta \le 0.0023$.

Получените резултати от извършените изследвания могат да послужат при проектирането на микролентови (МЛ) АР с различни типове възбуждане – директно МЛ възбуждане, безконтактно МЛ възбуждане и процепно възбуждане.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект “Analysis, Design and Realization of Commercial Printed Antenna Arrays for Satellite Communication with Mobile Vehicles”, Otto-von-Guericke University Magdeburg, Germany.

II. Статии в научни списания и годишници в България, общо 12 бр.

[Б2]. B.G. Naydenov, A.H. Yordanov and **L.P. Kamburov**, “Mathematical model of parametrically controlled matched filters”, Technical University of Varna – Annual Jornal, Vol. 1, Issue 1 (2017), pp. 27-31. ISSN 2603-316X (Online)

Разработен е и е анализиран един модел на параметрично управляеми кохерентни филтри, прилагани и в радарни и мобилни комуникационни системи за подобряване на устойчивостта на шум. Приложена е теоремата на Nyquist-Shannon в честотната област, за получаване набор от честотни филтри с променливи параметри. С помощта на автокорелационна функция е показано преобразуването на сигнала на изхода на филтъра, при въздействие с нормален бял шум.

[Б3]. Е. Сираков, Н. Костов, **Л. Камбуров**, Г. Червенков и др., “Изследване на микровълнови и акустични излъчватели в безехова камера”, *Годишник на Техническия университет във Варна*, Варна, 2016, т. II, с. 17-18, ISSN: 1311-896X

Цел на проекта е да се изследват подобрени и нови конструкции на микровълнови и електроакустични насочени излъчватели и подобри конструкцията и характеристиките на специализирания компютърно управляван стенд за тяхното изследване в правоъгълна безехова камера. За целите на настоящият проект е извършен и сравнителен анализ на алгоритмите за директен цифров синтез. За целите на настоящият проект са извършени теоретични изследвания във времевата и честотната област на измервателни сигнали използвани за акустични и аудио измервания.

[Б4]. G.T. Chervenkov, **L.P. Kamburov**, G.S. Kirov, “40 years an anechoic chamber for automatic Antenna measurements in Department of Communication Engineering and Technologies at Technical University of Varna”, E + E, 2014, No 7-8, pp. 37-44, ISSN: 0861-4717

Точното измерване на антенните характеристики е изключително важен и отговорен процес при научноизследователската и производствената дейност в областта на антените, които са задължителен елемент във всяка съвременна безжична комуникационна система. За тези измервания е необходим антенен полигон с достатъчно големи размери, в който да отсъстват всякакви пречещи (отразяващи) обекти и предмети, а също така наличие на благоприятни климатични условия (нормална температура, отсъствие на дъжд, сняг и други неблагоприятни фактори, възпрепятстващи нормалното осъществяване на измерванията). Тъй като тези изисквания са изключително трудни за изпълнение за по-дълъг период от време, в последните няколко десетилетия антенните измервания се извършват в специално оборудвани за целта помещения, наречени безехови електромагнитни камери. Те са екранирани отвън с метална повърхност за избягване проникването на външни смущения в измервателната камера, а отвътре са покрити със специални материали поглъщащи енергията на падащите върху тях електромагнитни (е.м.) вълни. За намаляване на отраженията на е.м. вълни от вътрешните стени на камерата на тези материали се придава подходяща форма, най-често пирамидална. Камерите са снабдени с електромеханични устройства за измерване на диаграмата на насоченост (ДН) на антените, високочестотни измервателни устройства и компютърна техника, позволяващи автоматично измерване на антенните характеристики.

В статията е описана безехова е.м. камера за антенни измервания, която функционира в катедра „Радиотехника” повече от 40 години. В развитието на камерата се различават два периода. В първия период (1974-2004 г.) поглъщащите е.м. материали бяха изготвени в лабораторията, а електромеханичните устройства бяха заимствани от радиолокационна антена. След 2005 г. камерата бе обновена с фабрично изготвени поглъщащи е.м. материали, произведени в Китай и Беларус, а измервателната апаратура бе обновена. Постигнати бяха следните технически характеристики на камерата: честотен обхват: 1-13 GHz, динамичен обхват: 80-50 dB, стъпка на изменение на азимута при измерване на ДН: 0.1^0, време за измерване на ДН: 6 min, диапазон на изменение на коефициента на отражение на поглъщащите материали: от -20 до -48 dB и максимален размер на изследваните антени: 0.21-0.77 m. Създадената безехова е.м. камера в лабораторията по Високочестотна електродинамика в катедрата позволи извършването на научни изследвания на най-високо ниво, резултатите от които са публикувани в десетки високорейтингови списания (Web of Science), а създадените антенни конструкции са защитени с голям брой патенти.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени в рамките на изследователски проект No NP6/2014 “Изследване на електромагнитни и акустични преобразуватели в контролирана среда”, ТУ-Варна.

[Б5]. Е. Сираков, Н. Костов, **Л. Камбуров**, Г. Димитров и др., “Изследване на електромагнитни и акустични преобразуватели в контролирана среда”, *Годишник на Техническия университет във Варна,* Варна, 2014, т. II, с. 15-16, ISSN: 1311-896X

Цел на проекта е изследване на микровълнови и електроакустични преобразуватели в електромагнитно и акустично контролирана среда.

Използвани са числени методи за пълен вълнов анализ на 3D електродинамични структури, използващи метода на крайните елементи (FEM) и метода на крайните разлики във времевата област (FDTD), което позволява да бъде моделирана и симулирана кръговополяризираната микролентова къса антена с обратно излъчване с процепно възбуждане с гладък периферен екран и диелектрично запълнен резонаторен обем. Експериментите с изработения излъчвател са извършени със създадения стенд в електромагнитната безехова камера към катедра „КТТ“ в ТУ-Варна (лаборатория 607Е).

Изследвани са диаграмите на насоченост на акустични преобразуватели със звукомер Robotron Präzisions с микрофони MK301 и MK221, система за сбор на данни NI USB-6211 и програми в средата на Matlab.

[Б6]. Е. Сираков, Н. Костов, **Л. Камбуров**, Г. Димитров и др., “Изследване на електродинамични и електроакустични антени в безехова камера”, *Годишник на Техническия университет във Варна*, Варна, 2013, т. IV, с. 17-18, ISSN: 1311-896X

Извършените изследвания по проекта са в един широк обхват на съвременните комуникации – микролентови електродинамични антени, електродинамични високо-говорители, висококачествени аудио усилвателни устройства.

Цел на проекта е да се проектират и анализират микровълнови електродинамични и електроакустични антени и процеси в безехова камера, да се повиши техническия капацитет за научни изследвания.

Специфичните задачи по проекта включват: разработване на нови конструкции на конформни френелови антени и микролентови къси антени с обратно излъчване с процепно възбуждане с подобрени характеристики; проектиране на специализиран стенд за изследване на характеристиките на излъчване на антенни излъчватели в далечната зона в безехова камера; изследване на електроакустичните процеси близката зона и свободното пространство; изследването на енергийни параметри на аудио усилватели на мощност.

[Б7]. **Л.П. Камбуров**, „Многокомпонентни френелови антени”, Известия на Съюза на учените – Варна, Серия "Технически науки", № 1’2013, стр. 47-49, ISSN 1310-5833

Разгледана е многокомпонентна френелова антена, състояща се от фокусираща система, разположена върху две плоски и една конична повърхности. За извеждане на изразите за електрическото поле в далечната зона се прилага методиката предложена за единична криволинейна фокусираща система. За трите повърхности съдържащи френелови зони е определена обща координатна система, позволяваща получаването на единен математичен запис.

Дадената конструкция на многокомпонентна френелова антена е моделирана в програмната среда за електродинамичен анализ FEKO и е извършен числен анализ. Направена е съпоставка на резултатите за главната поляризация от аналитичния модел и числения експеримент.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект BG051PO001—3.3.06.05 D01-89/19.03.2012 на програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз.

[Б8]. Ек. Сираков, Б. Николов и **Л. Камбуров**, “Влиянието на съотношението на размерите на правоъгълен акустичен обем върху разпределението на собствените честоти”, Списание „Акустика”, 2010, Съюз по електроника, електротехника и съобщения, София, стр. 94÷103, ISSN 1312-4897

Съотношението на размерите на стените при правоъгълни акустични обеми съществено влияят на амплитудно честотната характеристика на създаваното звуково налягане в зависимост от честотата, като се проявяват множество максимуми и минимуми.

В работата са изследвани утвърдени пропорции използвани за зали и озвучителни тела, които са анализирани с предложения критерий за оценка за влиянието на съотношенията на размерите върху разпределението на собствените честоти.

[Б9]. Г. Киров, **Л. Камбуров**, Д. Михайлова, Г. Червенков, “Изследване на микролентови антенни решетки с кръгова поляризация”, *Годишник на Техническия университет във Варна,* Варна, 2009, т. II, с. 17-18, ISSN: 1311-896X

Микролентовите (МЛ) антенни решетки (АР) притежават всички предимства на микролентовите антени (МЛА), от които са съставени, поради което намират широко приложение в съвременните комуникационни системи. Използването на кръгова поляризация (КП) в тях повишава надеждността на комуникациите, особено на мобилните комуникации.

В статията е изследвана микролентова 4-елементна АР с КП. Тя се отличава с две важни особености, позволяващи подобряването на нейните електрически характеристики. Първата особеност се състои в подходящия избор на базисния елемент на АР. В случая като основен съставен елемент на АР е избрана МЛА с процепно възбуждане. При този тип възбуждане на антената е възможна независима оптимизация на двете части на антената – възбуждаща и излъчваща част. Въвеждането на втори резонанс в импедансната характеристика на антената – резонанса на възбуждащия процеп (първият резонанс е основният резонанс на антената – резонансът на резонатора на излъчващия елемент) води до допълнително разширяване на честотната лента на антената. Втората особеност на микролентовата АР е изборът на нейната конструкция – тя е АР с последователно завъртане на отделните антенни елементи в пространството на 90^0 и дефазиране също на 90^0 на сигнала във всеки елемент по отношение на фазата в предходния елемент. В случая това води до 5-кратно разширяване на поляризационната лента на АР спрямо същата лента на изходния елемент (от 3.24 % на 16.42 %). Тъй като

честотната лента на АР по коефициент на насочено действие им по-ниска стойност (10.8 %), резултантната честотна лента на антената е 10.8 %.

Извършените изследвания позволяват извършването на проектиране в кратки срокове на високоефективни МЛА и микролентови АР с КП.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени в рамките на изследователски проект No NP7/2009 "Изследване на микролентови антенни решетки с кръгова поляризация", ТУ-Варна.

[Б10]. Р. Димова, В. Вълчев, Г. Киров, Б. Найденов, **Л. Камбуров**, А. Маринов, "Изследване на високоефективни устройства и системи в електрониката и комуникациите", Годишник на Техническия университет във Варна, Варна, 2008, т. III, ТУ-Варна, с. 93-94, ISSN: 1311-896X

Настоящият проект обединява работата на специалисти в областта на комуникациите и електрониката в три направления: антени с обратно излъчване и френелови антени, нанокристалните и феритни материали при създаване на високоефективни токозахранващи устройства и комуникационни мреви с VoIP пренос.

В областта на антенната техника са получени следните резултати и изводи: 1) Разработена е обобщена методика за оразмеряване на френелови фокусиращи повърхности, разположени върху плоски панели. Извършен е анализ на разпределението на полето в апертурата и диаграмата на насоченост на френелови антени. 2) Обикновено късата антена с обратно излъчване се свързва с усилване от порядъка на 13-15 dB и честотна лента 3-4 %. В настоящите изследвания се показва, че тази антена притежава усилване, което се изменя в по-широки граници – от 12 до 20 dB и честотна лента над 20 %. Получените резултати при късите антени с обратно излъчване се отличават изключително с приложна насоченост. Те позволяват бързо проектиране и създаване на високоефективни и компактни микровълнови антени с най-разнообразни приложения в съвременните комуникации.

[Б11]. Г. Киров, Н. Киров, **Л. Камбуров**, А. Георгиева, М. Савва, "Изследване на микролентови антени", *Годишник на Техническия университет във Варна*, Варна, 2008, т. III, ТУ-Варна, с. 21-22, ISSN: 1311-896X

В статията са изследвани микролентови антени (МЛА) и метаматериални структури, които могат да се използват за подобряване на електрическите

характеристики на антените.

В първата част на статията е изследвана МЛА с процепно възбуждане. Както е известно, този тип възбуждане е избран поради факта, че позволява независима оптимизация на двете съставни части на антената – възбуждаща и излъчваща част, което води до подобряване на електрическите характеристики на антената. Използването на резонансен процеп допълнително разширява (до два пъти) честотната лента на антената. При този подход обаче нараства обратното излъчване на антената. За да бъде намалено нивото на това излъчване симетрично от двете страни на централния лентов проводник на възбуждащата микролентова линия (МЛЛ) са поставени две метални пластини. Изследвано е влиянието върху обратното излъчване на формата и размерите на пластините, както и на разстоянието между тях и централния проводник на МЛЛ. Постигнато е намаляване на нивото на обратното излъчване на антената с 4.9 dB спрямо антенната конструкция без метални пластини.

Във втората част на статията са изследвани с помощта на компютърна симулация резонансните свойства на единични и свързани резонатори, подкритичен вълновод и влиянието на технологичните неточности.

Получените резултати от изследванията са с научноприложен характер и могат да послужат за проектиране и изготвяне на високоефективни МЛА и метаматериални структури.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени са извършени в рамките на научноизследователски проект No 10/2008, ТУ-Варна.

[Б12]. <u>Л. Камбуров</u>, Д. Михайлова, М. Савва, “Проектиране и изследване на безехова камера за антенни измервания”, *ТУ – Варна, Резюмета на проекти финансирани от държавния бюджет,* Варна, 2007, с. 7-8

Изследването на микровълнови антени при висока точност на измерването (намаляване до минимум влиянието на отразените сигнали) е важно при снемане на диаграми на насоченост на съществуващи и разработването на нови антенни конструкции. С настоящия проект се цели проектиране и изследване на полигон за прецизни антенни измервания, необходим за учебната и научноизследователска дейност в катедрата. Безеховата камера и автоматизирания стенд за антенни измервания дават възможност за автоматично измерване на диаграмата на насоченост на антените и бързо определяне на други антенни параметри с висока точност при минимална загуба на време.

[Б13]. Г.С. Киров и **Л.П. Камбуров**, “Обучението по комуникационна техника и технологии в ТУ-Варна на прага на XXI век”, СУ- Варна, Октомври 02-27, 2000, Известия на съюза на учените-Варна, Серия "Хуманитарни науки" No 2’99, 1’2000, стр. 17-21

В статията са дадени кратки сведения за специалност „Комуникационна техника и технологии” (КТТ), която е създадена през 1997 г. чрез обединяването на съществуващите от 35 години специалности „Радио и телевизионна техника” (РТТ) и „Съобщителна и осигурителна техника и системи” (СОТС) в ТУ-Варна. Тогава е създадена 3-степенната структура на обучение в страната – ОКС „Бакалавър” и „Магистър” и ОНС „Доктор”. Отбелязан е интересът към специалността от страна на кандидат-студентите – през последните 4 години по брой на кандидат-студенти, записали специалност „КТТ” като първо желание специалността е на второ място след специалност „КСТ” (Компютърни системи и технологии). Класирането по бал също потвърждава второто място (след специалност „КСТ”) от общо 14 специалности в ТУ-Варна. Основно внимание е обърнато на учебните планове (УП) на специалността. В тях са намерили място нови и модерни учебни дисциплини (УД), отразяващи съвременното състояние на комуникационната техника и технологии като Цифрова обработка на сигнали, Оптоелектроника и оптични комуникации, Мобилни и персонални радиокомуникационни системи, Компютърни мрежи в комуникациите и др. В структурата на УП отделните УД са обособени в следните групи: общообразователни, в това число и хуманитарни, общотехнически, специални, специализиращи и практика. Отделно в УП УД се разделят на две други групи – задължителни и избираеми.

Извършено е сравнение на УП на специалността с УП на подобни специалности в западноевропейски и американски университети. В резултат на сравнението са установени следните различия:

1) Броят на общообразователните и общотехническите УД в УП на западните университети е по-голям, отколкото в ТУ-Варна.
2) Броят на специалните и специализиращите УД в УП в западните университети е по-малък, отколкото в ТУ-Варна.
3) Броят на избираемите дисциплини в УП на западните университети е по-голям, отколкото в ТУ-Варна.
4) Броят на хуманитарните дисциплини в УП на западните университети е по-голям, отколкото в ТУ-Варна.
5) Хорариумът на практиката в УП на западните университети е по-голям отколкото в ТУ-Варна.

Тъй като УП на техническите университети в страната са близки до УП на ТУ-

Варна, горните изводи могат да се считат за валидни за всички български технически университети.

III. Доклади в международни научни конференции в чужбина, общо 5 бр.

[Б14]. H.D. Hristov, H. Carasco, M.B. Perotoni, G.S. Kirov, **L.P. Kamburov**, „Double-Band Backfire Antenna for Low-Terahertz Frequencies", Proceedings of Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI), 2012 IEEE, 8-14 July 2012, Chicago, IL, USA

Числено е изследвана дълга антена с обратно излъчване (АОИ), работеща в два честотни обхвата със средни честоти 216 GHz и 236 GHz. Описана е конструкция на дълга АОИ, състояща се от голям и малък отражател, забавяща структура от две части – диелектричен цилиндър и пресечен диелектричен конус от страната на големия отражател. Тази конструкция на забавящата структура е избрана за да подобри импедансното съгласуване на антената. Забавящата структура се възбужда от кръгъл метален вълновод. Механичната якост на антената може да се повиши ако забавящата структура от диелектричен вълновод се замени с кух метален вълновод, чиято външна повърхност е покрита с тънък диелектричен слой (линия на Губо).

Антената е изследвана числено в обхвата 200 – 250 GHz. На резонансните честоти 216 GHz и 236 GHz коефициентът на усилване на антената е съответно 19.9 dBi и 21.9 dBi. Определена е импедансната честотна лента на антената в два случая – с малък отражател и без малък отражател. Честотната лента при антената без малък отражател е по-голяма от лентата на антената с малък отражател, но това разширение е за сметка на намаляване на усилването на антената. Дори в случая на антена с малък отражател импедансната честотна лента на антената е достатъчно широка – 30 % при коефициент на стояща вълна *VSWR* = 1.5.

Антената би могла да намери приложение в комуникационните системи в терахерцовия обхват.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект Anillos ACT-53 и проект Fondecyt 1095012/2009 на Чилийската научна агенция CONICYT.

[Б15]. **L.P. Kamburov**, „Fresnel-zone antennas with dielectric phase-correcting zones", XXXVII International Scientific Conference "ICEST 2002", Nis, Yugoslavia, October 1-4, 2002, Proceedings of Papers, vol. 1, pp. 235-238

Френеловите антени представляват интерес като алтернатива на другите антени от оптичен тип, главно поради простата си конструкция и ниска производствена цена. Използването на фазокоригиращи диелектрични пръстени вместо непропускащи подобрява синфазността на апертурата и повишава ефективността на тези антени.

В настоящата публикация се предлага математичен модел на френелови антени с диелектрични фазокоригиращи зони, в който се отчита реалната дебелина на пръстените. Реализираното амплитудно-фазово разпределение на полето от облъчвателя върху фокусиращата система също е определено по законите на геометричната оптика, без да се отчита влиянието на фокусиращата система върху това разпределение. Численият анализ на характеристиките на антенните системи е извършен по апертурния метод.

Дебелината на диелектричните пръстени се избира еднаква за четните и нечетни зони и се определя от изискването за получаване на допълнителна фазова разлика между две съседни зони от 180°. Основно предимство на лещи с еднаква дебелина на четните и нечетните зони е, че са двустранно-плоски, не задържат прах, вода или сняг, които могат да променят фокусиращите им свойства. Освен това имат по-слабо електромагнитно засенчване от ръбовете на диелектричните пръстени.

Дебелината на нечетните зони се избира такава, че да съдържа цяло число половин дължина на вълната в тях, при което те са прозрачни за електромагнитните вълни. В този случай и подходящо подбрана относителната диелектрична проницаемост на четните зони те също ще съдържат цяло число полувълни и фокусиращата система се получава оптимална по отношение на предавателните си качества.

На базата на предложения модел е направен числен анализ на антенни конструкции. Отчитането на реалната дебелина на диелектричните пръстени повишава точността на диаграмата на насоченост, главно при близките странични листи.

[Б16]. Г.С. Киров и **Л.П. Камбуров**, “Двучестотна приемна телевизионна антена с кръгли рамкови елементи”, Proceedings of the Intern. Scient. Conf. on Energy and Information Systems and Technologies 2001 (EIST 2001), June 7-8, 2001, Bitola, Rep. of Macedonia, vol. II, pp. 455-460

Изследвана е двучестотна приемна телевизионна антена с кръгли рамкови елементи. Антената се отличава с компактна конструкция и намалени размери. Тя се състои от две кръгли рамки, поставени една в друга. Външната рамка е настроена

на средната честота на III телевизионен обхват f_{01} = 200 MHz, а вътрешната рамка е с резонансна честота f_{02} = 650 MHz, която се явява средна честота за IV и V телевизионен обхват. В електрическо отношение двете рамки не са идентични поради избора на вида на антенната конструкция, при която малката рамка се намира във вътрешността на голямата рамка. Отношението на външния към вътрешния радиус на нискочестотната (външната) рамка е $k_1 = b_1/a_1 = 1.4$, докато за високочестотната (вътрешната) рамка същото отношение е $k_2 = b_2/a_2 = 2.1$. Това различие в конструктивно отношение е причина за известна разлика в електрическите характеристики на двете рамки. Експерименталните изследвания показват, че антената успешно може да се използва като приемна телевизионна антена за трите телевизионни обхвата – III, IV и V обхват.

[Б17]. G.S. Kirov and **L.P. Kamburov**, “TV Receiving Annular - ring Antennas”, International Scientific Conference "Energy and information systems and technologies 2001", Bitola, Macedonia, June 7-8, 2001, vol. 2, pp. 449-454

Изследвани са две кръгли пръстеновидни рамкови антени, проектирани за приемане на телевизионни сигнали в метровия и дециметровия обхвати. Определени са коефициентите на стояща вълна *VSWR*, диаграмата на насоченост ДН и коефициента на насочено действие КНД на двете антени в двата обхвата. Експерименталните изследвания показват, че електрическите характеристики на кръглите рамки превишават същите характеристики на класическия полувълнов дипол и могат успешно да го заменят като приемни антени в посочените телевизионни обхвати.

[Б18]. G.S. Kirov and **L.P. Kamburov**, “Circular Loop Antenna for reception of TV Signals”, 11th International Czech Slovak Scientific Conference "Radioelektronika 2001", Brno, Czech Republic, May 10-11, 2001, vol. 2, pp. 412-415, ISBN 80-214-1861-3

В статията са изследвани кръгли рамкови антени от дуралуминий с феромагнитно покритие. Рамките представляват дефектни дискове от продукцията на Завода за запомнящи устройства в гр. Стара Загора. Целта на изследването е да се измерят техните характеристики – коефициент на стояща вълна *VSWR*, диаграма на насоченост ДН и коефициент на насочено действие *КНД* в метровия и дециметровия обхват. От производителя бяха предоставени два диска с размери: диск *N* 1 (голям диск) – $2b_1/2a_1$ = 355 mm/169 mm и дебелина h_1 = 2 mm и диск *N* 2 (малък диск) – $2b_2/2a_2$ = 129 mm/40 mm и дебелина h_2 = 2 mm, където *b* и *a* са

съответно външният и вътрешният радиус на дисковете. Изчисленията на резонансните честоти на двата диска дадоха стойностите f_{01} = 364.48 MHz за първия диск и f_{02} = 1130.09 MHz за втория диск, поради което вторият диск бе елиминиран от по-нататъшни изследвания поради факта, че неговата резонансна честота се намира извън изследвания честотен обхват 170 – 862 MHz (III, IV и V телевизионни обхвати).

Експерименталните изследвания показаха, че коефициентът на стояща вълна на диск *N* 1 в метровия обхват се изменя в границите между 2.6 и 9, а в дециметровия обхват – между 2.3 и 3.8. Коефициентът на насочено действие в метровия обхват приема стойности между 2 и 5 dBi с максимум на честота 210 MHz, а в дециметровия обхват се изменя от 1 до 6 dBi с максимална стойност на честота 500 MHz. Измерени бяха и диаграмите на насоченост на двете резонансни честоти в Е и Н равнина за основната и кросполяризационната компоненти. С изключение на ДН в Е равнина за честота *f* = 210 MHz нивото на кросполяризацията е под -10 dB по отношение на максимума на основната компонента. В Е равнина на честота 210 MHz горният резултат е валиден само в границите на главния лист на ДН.

Извършените изследвания показват, че диск *N* 1 може да се използва като приемна телевизионна антена в метровия и дециметровия обхвати след подобряване на импедансното съгласуване на антената.

IV. Доклади в международни научни конференции и форуми в България, общо 1 бр.

[Б19]. Г.С. Киров и **Л.П. Камбуров**, Анализ на съдържанието на учебния план на специалност "Комуникационна техника и технологии" в светлината на съвременните европейски изисквания. Международна конференция "Качество на висшето образование", ТУ-Варна, Октомври 27-28, 2000, стр. 109-116

Съществуването на съвременното общество е немислимо без достигнатото понастоящем високо ниво и продължаващото бурно развитие на комуникационната техника и технологии. Това налага необходимостта от качествено обучение на специалистите в тази техническа област, които трябва да са на висотата на новите, по-високи изисквания.

В статията са сравнени учебните планове (УП) на специалностите „Радио и телевизионна техника” (РТТ) и „Съобщителна и осигурителна техника и системи” (СОТС), които съществуваха самостоятелно в ТУ-Варна и в страната до 1997 г. Сравнението показва, че в УП на двете специалности има 35 общи учебни

дисциплини (УД) и 23 (около 40 % от общия брой) различни УД. Освен това, броят и хорариумът на общообразователните, в това число и хуманитарните, общотехническите, специалните и специализиращите УД, както и практиката, са приблизително еднакви. След обединяването на двете специалности през 1997 г. в новата специалност „Комуникационна техника и технологии” (КТТ), различието между двата модула РТТ и СОТС в ОКС „Бакалавър” е сведено само до 7 УД (13 % от общия брой УД). Останалите 45 УД са общи за двата модула. В ОКС „Магистър” двата модула изучават 8 еднакви УД и 3 различни УД.

Сравнението между УП на специалност „КТТ” и аналогични специалности във водещи западноевропейски и американски университети показва, че все още не е постигнато пълно хармонизиране на УП на нашите технически специалности и аналогичните специалности в западните университети. Различията се отнасят до съотношенията между отделните групи УД в УП, хорариума на УД и материалната база.

[Б20]. Резюме на Автореферат на дисертационен труд на тема „МЕТОД ЗА АНАЛИЗ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА АНТЕНИ ОТ ФРЕНЕЛОВ ТИП”

Обект на изследването са антени от френелов тип, състоящи се от облъчвател и фокусираща система на основата на амплитудни или фазови зонирани пластинки, разположени на осевосиметрични криволинейни повърхности или съвместени на повърхности на съществуващи обекти.

Предмет на изследването е проектиране на френелови антени със сложни фокусиращи системи, създаване на електродинамични модели на различни конструкции, оптимизация по даден критерий, векторен анализ на характеристиките им.

Цел на дисертационния труд е разработването на метод за проектиране и анализ на френелови антени с различни фокусиращи системи, съставяне на математически модели за определяне на е.м. поле на излъчване и изследване на външните характеристики на антените, експериментални изследвания и оптимизация на антенните конструкции, сравняване на резултатите от теоретичните и експериментални изследвания. Поставянето на тази цел е свързано със създаването на френелови антени с подобрени електрически или конструктивни характеристики.

Целта на дисертационния труд е изпълнена, тъй като разработените методи за проектиране и анализ на електрическите характеристики допълват теорията на класическите ФА и дават възможност за по-нататъшно изследване и практическа реализация на ФА с перспективни фокусиращи системи.

В Учебни пособия

[B1]. Киров, Г.С., Н.М. Киров и **Л.П. Камбуров**, “Техническа електродинамика и оптоелектроника”, *Ръководство за семинарни упражнения и курсова работа*, ТУ - Варна, 1993. - 116 с., УДК 621.383.8+537.8(076); МСНТИ: 47.35; 29.35; Инв. ном. ДП 3/95

[B2]. Урумов Й.Р., **Л.П. Камбуров** и Г.С. Киров, „Оптоелектроника и оптични комуникации”, *Ръководство за лабораторни упражнения*, ТУ-Варна, 2006, 136 стр. ISBN-13: 978-954-20-0353-3

[B3]. Л.П. Камбуров, “Антени и микровълнови устройства в мобилните комуникации”, *Ръководство за лабораторни упражнения*, ТУ-Варна, 2018 (под печат)

Основното предназначение на учебните пособия е да осигури практическото обучение на студентите от специалност ТКМТ към ФИТА на ТУ- Варна. Ръководствата осигуряват изцяло провеждането на предвидените в учебния план лабораторни упражнения по дисциплината.

Изложеният материал обхваща теоретични и практически насоки, необходими за провеждане на лабораторните упражнения.

Обемът на информацията е достатъчен както за обучение в рамките на провеждания учебен процес, така и за самостоятелно справяне с типични проблеми, засягащи практическата подготовка на студентите.

Изготвил:_____

/гл. ас. д-р инж. Любомир Камбуров /