دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق- مخابرات

طراحی و ساخت آنتن‌های موج نشتی همدیس با به‌کارگیری ساختارهای متناوب و متامتریال‌ها

دانشجو

سید کیهان حسینی

استاد راهنما

دکتر زهرا اطلس باف

اسفند ۱۳۹۱

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای سید کیهان حسینی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **طراحی و ساخت آنتن های موج نشتی کانفرمال با به کارگیری ساختارهای متناوب و متامتریال ها** در تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۶ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مخابرات پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر زهرا اطلس باف	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر کیوان فرورقی	استاد	
استاد ناظر	دکتر بیژن عباسی آرند	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمدصادق ابریشمیان	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر کیوان فرورقی	استاد	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب سید کیهان حسینی دانشجوی رشته مهندسی برق مخابرات ورودی سال تحصیلی ۹۰-۸۹ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده برق و کامپیوتر متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم.

امضا:

تاریخ: ۹۱/۱۱/۲۳

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی برق مخابرات است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم دکتر زهرا اطلس باف از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

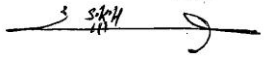
ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب سید کیهان حسینی دانشجوی رشته مهندسی برق مخابرات مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: سید کیهان حسینی

تاریخ و امضا: ۱۳۹۱/۱۱/۲۳



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق- مخابرات

طراحی و ساخت آنتن‌های موج نشتی همدیس با به‌کارگیری ساختارهای متناوب و متامتریال‌ها

دانشجو

سید کیهان حسینی

استاد راهنما

دکتر زهرا اطلس باف

اسفند ۱۳۹۱

تقدیم به پدر و مادر عزیز و بزرگوارم

تشکر و قدردانی

در اینجا بر خود لازم می‌دانم از سرکار خانم دکتر اطلس باف استاد راهنمای محترم که در این پایان نامه از راهنمایی‌ها و حمایت های همه جانبه ایشان برخوردار بوده‌ام کمال تشکر و قدردانی را بنمایم.

چکیده

سطح مقطع یک آنتن یا خط انتقال میکرواستریپ تک‌خمشی[1] معمولاً یک نوار ممتد با مرزهای خمیده می‌باشد. در این پایان‌نامه تبدیل شوارتز-کریستوفل[2] (SCT) به گونه‌ای اصلاح می‌گردد که بتواند این نواحی را به یک ناحیه مستقیم و بدون خمش نگاشت کند. برای کاهش احتمال وقوع پدیده تجمع[3]، ناحیه دامنه تبدیل، یک نوار ممتد مستقیم در نظر گرفته می‌شود. برای در نظر گرفتن اثر خمش، مرزهای نوار خمیده به قطعاتی تجزیه می‌شوند و هر جزء با یک تابع چندجمله‌ای درجه دوم از پیش‌رأس‌های[4] SCT تقریب زده می‌شود.

برای صحت‌سنجی روش ارائه‌شده، این روش روی سه ساختار الکترومغناطیسی مختلف اعمال می‌شود. در سناریوی اول، امپدانس ورودی، VSWR و الگوهای تشعشعی یک آنتن پچ خمیده روی یک سطح سهموی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در سناریوی دوم، تزویج متقابل بین دو آنتن پچ خمیده روی سطوح سهموی محدب و مقعر حاصل می‌شود. در سناریوی سوم، با استفاده از مفهوم ساختارهای راست/چپ‌گرد ترکیبی[5]، یک آنتن موج‌نشتی[6] همدیس خم‌شده روی یک استوانه با سطح مقطع بیضوی برای فرکانس تشعشع به‌پهلوی[7] ۷/۷۵ GHz و امپدانس بلوخ[8] ۵۰ Ω طراحی می‌شود. پهنای باند تشعشی این آنتن ۱/۷۵ GHz می‌باشد. این آنتن ساخته شده و نتایج تئوری ارائه‌شده با نتایج شبیه‌سازی CST و اندازه-گیری آنتن مقایسه می‌شود که از مطابقت خوبی برخوردارند.

کلید واژه: آنتن موج‌نشتی، آنتن همدیس، تبدیل شوارتز-کریستوفل، متامتریال‌ها.

---

[1] Singly-Curved
[2] Schwarz-Christoffel
[3] Crowding Phenomenon
[4] Prevertices
[5] Composite Right/Left-Handed
[6] Leaky-Wave Antenna
[7] Broadside
[8] Bloch Impedance

فهرست مطالب

فهرست جدول‌ها ..... د

فهرست شکل‌ها ..... ه

فصل ۱- مقدمه ۲

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- معرفی موضوع پایان‌نامه ۳

۱-۲-۱- معرفی متامتریال‌ها ۳

۱-۲-۲- معرفی آنتن‌های موج‌نشتی ۴

۱-۲-۳- معرفی تبدیل اصلاح شده شوارتز-کریستوفل ۵

۱-۳- هدف از پایان‌نامه ۶

۱-۴- ساختار پایان‌نامه ۷

فصل ۲- متامتریال‌ها، آنتن‌های موج‌نشتی، آنتن‌های همدیس، و مروری بر کارهای انجام‌شده ۹

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- متامتریال‌ها ۱۱

۲-۲-۱- مدل خط انتقال برای نمایش مواد دست‌چپی ۱۲

۲-۲-۲- متامتریال‌های ترکیبی دست‌راستی/دست‌چپی (CRLH) ۱۴

۲-۳- آنتن‌های موج‌نشتی ۱۶

۲-۳-۱- ساختارهای موج‌نشتی یکنواخت ۱۹
۲-۳-۲- ساختارهای موج‌نشتی متناوب ۲۲
۲-۴- کاربرد متامتریال‌ها در آنتن‌های موج‌نشتی ۲۳
۲-۴-۱- آنتن‌های موج‌نشتی پشت‌آتش به سرآتش ۲۳
۲-۵- آنتن‌های همدیس ۲۸
۲-۶- خلاصه‌ی روش‌های بررسی شده ۳۰
۲-۶-۱- کنترل الکترونیکی خط انتقال موج‌نشتی [۲۶] ۳۰
۲-۶-۲- مهندسی پاشندگی [۲۲] ۳۳
۲-۶-۳- معادله‌ی انتگرالی سیم [۴۹] ۳۸
۲-۶-۴- چندجمله‌ای های بزیه ۴۳
۲-۷- نتیجه‌گیری ۴۵

فصل ۳- تبدیل شوارتز-کریستوفل اصلاح‌شده ۴۷

۳-۱- مقدمه ۴۷
۳-۲- نگاشت همدیس ۴۷
۳-۳- تبدیل شوارتز-کریستوفل ۵۰
۳-۴- معرفی مسئله اصلی ۵۲
۳-۵- تبدیل اصلاح شده شوارتز-کریستوفل ۵۵
۳-۵-۱- تئوری ۵۵
۳-۵-۲- حل عددی تبدیل اصلاح شده شوارتز-کریستوفل ۵۸
۳-۵-۳- بحثی در مورد وضعیت همگرایی ۶۱

۳-۶- نتیجه‌گیری ۶۴

فصل ۴- نتایج شبیه‌سازی و ساخت ۶۶

۴-۱- مقدمه ۶۶

۴-۲- تحلیل یک آنتن پچ واقع بر یک سطح سهموی ۶۷

۴-۳- تزویج متقابل بین دو آنتن پچ واقع بر یک سطح سهموی ۷۴

۴-۴- طراحی یک آنتن موج‌نشتی همدیس روی یک سطح بیضوی ۷۷

۴-۴-۱- طراحی سلول واحد CRLH ۷۸

۴-۴-۲- طراحی و ساخت آنتن موج‌نشتی همدیس ۸۲

۴-۵- نتیجه‌گیری ۸۸

فصل ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۹۱

۵-۱- نتیجه‌گیری ۹۱

۵-۲- پیشنهادات ۹۳

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱: مقایسه روش‌های مختلف مرورشده با روش ارائه‌شده در این پایان‌نامه.....۴۷

جدول ۴-۲: ابعاد سلول CRLH صفحه‌ای و همدیس.....۷۹

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱: چهار حالت مختلف برای مواد بسته به علامت ضریب گذردهی الکتریکی و مغناطیسی آنها [۱۱]. ۱۲

شکل ۲-۲: یک جزء مدل خط انتقال یک ساختار دست‌چپی [۱۱]..... ۱۳

شکل ۲-۳: مدل خط انتقالی یک ساختار دست‌چپی [۱۱]..... ۱۴

شکل ۲-۴: پیاده سازی ساختار دست‌چپی توسط خازن سری و سلف موازی [۱۱] ۱۵

شکل ۲-۵: مدل خط انتقالی یک ساختار CRLH و نمودار $\omega - \beta$ آن [۱۱] ۱۶

شکل ۲-۶: شمای کلی یک ساختار موجنشتی [۱۱] ۱۸

شکل ۲-۷: مخروط تشعشعی [۱۱] ۲۰

شکل ۲-۸: یک آنتن موجنشتی یکنواخت و ساختار تغذیه آن [۱۱] ۲۲

شکل ۲-۹: نمودار $\alpha - \beta$ یک آنتن موجنشتی یکنواخت [۱۱] ۲۳

شکل ۲-۱۰: نمودار $\omega - \beta$ در یک ماده CRLH و مخروط تشعشع [۱۱]..... ۲۶

شکل ۲-۱۱: یک آنتن موجنشتی CRLH [۱۱]..... ۲۷

شکل ۲-۱۲: نمونه‌ی یک آنتن موجنشتی CRLH [۱۱]..... ۲۸

شکل ۲-۱۳: نمودار α و β یک آنتن موجنشتی CRLH بر حسب فرکانس [۱۱] ۲۸

شکل ۲-۱۴: جاروب فرکانسی و چرخش پرتو در آنتن CRLH [۱۱]..... ۲۹

شکل ۲-۱۵: نمودار قانون جاروب فرکانسی [۱۱]..... ۲۹

شکل ۲-۱۶: نمودار بهره بر حسب تعداد سلول‌ها و بر حسب فرکانس [۱۱]..... ۳۰

شکل ۲-۱۷: یک ساختار CRLH [۲۶] ۳۳
شکل ۲-۱۸: مدار معادل یک سلول دارای ورکتور [۲۶] ۳۴
شکل ۲-۱۹: خط انتقال که قسمتی از آن هدایتی و قسمتی دیگر تشعشعی است [۲۶]. ۳۴
شکل ۲-۲۰: هم‌جهت کردن پرتوها توسط توزیع غیر یکنواخت ولتاژ بایاس [۲۶] ۳۴
شکل ۲-۲۱: آنتن با قابلیت جاروب الکترونیکی [۲۶] ۳۵
شکل ۲-۲۲: نمودار $\omega - \beta$ یک ساختار CRLH و مخروط تشعشع [۲۲] ۳۶
شکل ۲-۲۳: اصلاح خواص تشعشعی یک آنتن موج نشتی همدیس توسط مهندسی پاشندگی [۲۲] ... ۳۷
شکل ۲-۲۴: آنتن موج‌نشتی همدیس تحت مهندسی پاشندگی [۲۲] ۳۷
شکل ۲-۲۵: یک سلول CRLH متوازن [۲۲] ۳۸
شکل ۲-۲۶: تاثیر ناچیز تطابق بر خواص هدایتی [۲۲] ۳۸
شکل ۲-۲۷: اصلاح الگوی تشعشعی آنتن همدیس [۲۲] ۳۹
شکل ۲-۲۸: یک ناحیه با مرزهای مستقیم که به دو زیردامنه تقسیم شده است. [۴۹] ۴۲
شکل ۳-۱: تبدیل شوارتز-کریستوفل [۲۷] ۵۰
شکل ۳-۲: سطح مقطع یک ساختار میکرواستریپی تک‌خمشی با خمش دلخواه ۵۳
شکل ۳-۳: سطح مقطع خمیده که از هر دو طرف به طور خطی گسترش یافته است، و یک نوار مستقیم بی‌نهایت که توسط تبدیل شوارتز-کریستوفل اصلاح شده به سطح مقطع خمیده نگاشته می‌شود ۵۱
شکل ۳-۴: تعداد نسبی قطعات گسسته‌سازی SCT و SCT اصلاح شده بر حسب پارامتر نوسان منحنی سینوسی ۵۱
شکل ۳-۵: تعداد تکرارهای لازم برای همگرایی روش ارائه شده بر حسب پارامتر نوسان منحنی سینوسی ۶۳

شکل ۴-۱: یک آنتن پچ تغذیه شده با خط انتقال، و ابعاد پچ هنگامی که خمشی روی آن صورت نگرفته است..... ۶۷
شکل ۴-۲: امپدانس ورودی بر حسب |a|، محاسبه شده با روش‌های DA، CM+CST و CM+TL Model ۵۲
شکل ۴-۳: امپدانس ورودی بر حسب فرکانس هنگامی که پچ خم شده یا خم نشده باشد (روش‌های DA و CM+CST)..... ۵۳
شکل ۴-۴: VSWR بر حسب فرکانس هنگامی که پچ خم شده یا خم نشده باشد (روش‌های DA و CM+CST) ۷۰
شکل ۴-۵: الگوهای تشعشعی آنتن پچ به ازای انحناهای مختلف که با روش‌های DA و CM+CST حاصل شده‌اند: (الف) صفحه‌ی E، (ب) صفحه‌ی H..... ۷۲
شکل ۴-۶: الگوهای تشعشعی آنتن پچ به ازای $a = -0.2$ که با روش‌های DA و CM+Cavity Model حاصل شده‌اند: (الف) صفحه‌ی E، (ب) صفحه‌ی H ۵۳
شکل ۴-۷: یک آرایه از دو آنتن پچ روی سطوح سهموی مقعر و محدب..... ۷۴
شکل ۴-۸: S_{11} و S_{21} بر حسب فرکانس برای ساختارهای صفحه‌ای ($a = 0$)، محدب ($a = -0.2$) و مقعر ($a = 0.2$). آنتن‌های محدب و مقعر با دو روش تحلیل می‌شوند: DA و CM..... ۷۵
شکل ۴-۹: S_{21} در فرکانس تشدید برحسب فاصله بین دو آنتن پچ. آنتن‌های محدب و مقعر با دو روش DA و CM تحلیل شده‌اند ۷۶
شکل ۴-۱۰: یک سلول واحد CRLH..... ۷۹
شکل ۴-۱۱: نمودار پاشندگی سلول واحد CRLH همدیس که با دو روش ۱) شبیه‌سازی CST و ۲) MSCT به دست آمده است..... ۸۱

شکل ۴-۱۲: امپدانس بلوخ سلول واحد CRLH همدیس که با دو روش ۱) شبیه‌سازی CST و ۲) روش MSCT به دست آمده است ۸۲
شکل ۴-۱۳: آنتن موج‌نشتی همدیس ساخته‌شده و ابعاد آن ۸۴
شکل ۴-۱۴: اندازه‌ی S_{11} آنتن موج‌نشتی همدیس که با سه روش MSCT، شبیه‌سازی CST و اندازه-گیری به دست آمده است ۸۵
شکل ۴-۱۵: اندازه‌ی S_{21} آنتن موج‌نشتی همدیس که با سه روش MSCT، شبیه‌سازی CST و اندازه-گیری به دست آمده است ۸۶
شکل ۴-۱۶: الگوی تشعشعی صفحه‌ی E که با روش‌های MSCT و شبیه‌سازی CST به دست آمده است ۸۷
شکل ۴-۱۷: الگوی تشعشعی صفحه‌ی E که با اندازه‌گیری و شبیه‌سازی CST به دست آمده است..... ۸۸

فصل اول:

مقدمه

فصل ۱- مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

یک هواپیمای مدرن از آنتن‌های بسیاری تشکیل شده است که بر روی ساختار آن قرار دارند. از جمله کاربردهای این آنتن‌ها می‌توان به هدایت هواپیما، سیستم‌های مختلف مخابراتی، سیستم‌های ابزار فرود، ارتفاع سنج رادار و ... اشاره کرد. تعداد این آنتن‌ها می‌تواند به ۲۰ آنتن مختلف یا حتی بیشتر برسد، که باعث ایجاد اصطکاک قابل توجه و افزایش مصرف سوخت می‌شود. مجتمع‌سازی[1] این آنتن‌ها بر روی بدنه هواپیما امر بسیار مطلوبی می‌باشد. در این حالت، این آنتن‌ها را آنتن‌های همدیس[2] می‌نامند. نیاز به آنتن-های همدیس زمانی برجسته‌تر می‌شود که از روزنه[3]های با اندازه بزرگ استفاده شود که در دستگاه‌هایی نظیر رادارهای مخابرات ماهواره‌یی و رادارهای نظامی حفاظت هوابرد[4] ضروری می‌باشند [۱]. این آنتن‌ها از لحاظ مکانیکی باعث ساده‌تر شدن طراحی می‌شوند. اما از لحاظ الکترومغناطیسی مسئله برعکس است و طراحی این آنتن‌ها نیاز به اعمال روش‌های پیچیده و وقت‌گیر می‌باشد. در سال‌های اخیر، هرگونه تلاش برای ساده‌سازی و افزایش سرعت این روش‌ها مورد توجه و علاقه در مهندسی آنتن می‌باشد [۱۰]-[۲].

[1] Integration
[2] Conformal Antennas
[3] Aperture
[4] Airborne Surveillance

۱-۲- معرفی موضوع پایان‌نامه

در این پایان نامه، سعی ما بر آن است با استفاده از تبدیل شوارتز-کریستوفل[1] که یک روش تحلیلی-عددی می‌باشد، یک الگوریتم دقیق و سریع برای تحلیل و طراحی ساختارهای الکترومغناطیسی تک-خمشی[2] ارائه کنیم. صحت‌سنجی[3] این روش توسط مقایسه نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگیهای هدایتی[4] و تشعشعی[5] یک آنتن موج‌نشتی[6] تشکیل شده از متامتریال‌ها[7] انجام می‌شود.

۱-۲-۱-معرفی متامتریال‌ها

متامتریال‌های الکترومغناطیسی معمولاً به این صورت تعریف می‌شوند: ساختارهای الکترومغناطیسی به طور موثر همگن با خواص نامتعارف که به شکل آماده در طبیعت یافت نمی‌شوند. یک ساختار به طور موثر همگن ساختاری است که در آن اندازه‌ی میانگین سلول ساختاری بسیار کوچکتر از طول موج هدایتی می‌باشد. طبق قرارداد رایج [۱۱]، اندازه‌ی میانگین سلول باید حداقل کوچک‌تر از ربع طول موج باشد. ما این شرط را شرط همگنی موثر می‌گوییم. اگر شرط همگنی موثر ارضا شود ساختار همانند یک ماده واقعی رفتار می‌کند زیرا که سلول‌های سازنده آن بسیار کوچک‌تر از طول‌موج می‌باشند و از لحاظ الکترومغناطیسی نقش مولکول‌های یک ماده واقعی را ایفا می‌کنند، از این لحاظ ساختار در جهت انتشار از لحاظ الکترومغناطیسی یکنواخت است. متامتریال‌ها می‌توانند دارای ثابت گذردهی الکتریکی (ε_r) و

[1] Schwarz-Christoffel Transformation
[2] Singly-Curved
[3] Verification
[4] Guided-Wave
[5] Radiated-Wave
[6] Leaky-Wave
[7] Metamaterials