بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تربیت مدرّس
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره‌ی کارشناسی ارشدمهندسی برق-مخابرات

طراحی و ساخت آنتن میکرواستریپ دوباند با قابلیت عملکرد همزمان در دو مد ارتباطی on-body و off-body برای نصب روی بدن

دانشجو:
سیران خالدیان

استاد راهنما:
دکتر زهرا اطلس باف

زمستان ۱۳۹۱

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

بسمه تعالی

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

خانم سیران خالدیان پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **طراحی و ساخت آنتن پچ دوبانده برای نصب روی بدن** در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۱۴ 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 عباس پیرهادی	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر کیوان فرورقی	استاد	

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/ ~~رساله~~ دکتری نگارنده در رشته مخابرات-میدان است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکده برق - کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/~~جناب آقای~~ دکتر دکتر رسا اطلس بان، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر ——— و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر ——— 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 سیران خادیان دانشجوی رشته مخابرات-میدان مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی سیران خادیان

تاریخ و امضا: ۱۳۹۱/۱۲/۱۴

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 ٤- 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 ٥- این آیین‌نامه در ٥ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/٤/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/٤/۲۳ 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 ..... دانشجوی رشته ..... ورودی سال تحصیلی ..... ۱۳۸۹ ..... مقطع ..... دانشکده ..... 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: .....

۱۳۹۱/۱۲/۱٤

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

تشکر و قدردانی

پیش از همه و بیش از همه برخود واجب می‌دانم از استاد راهنمای عزیزم سرکار خانم دکتر زهرا اطلس‌بافکمال تشکّر و قدردانیرا داشتهباشم.

سیران خالدیان
دانشجوی کارشناسی ارشد – مخابرات،
دانشکده مهندسی برق دانشگاه تربیت مدرّس،
زمستان ۱۳۹۱.

چکیده

سیستم‌های ارتباطی در آینده به سمتی حرکت می‌کنند که لزوم اتصال به شبکه در هرکجا و هر لحظه ممکن باشد. به منظور دستیابی به این هدف شبکه‌های کاربر محور[1]نقش اساسی ایفا می‌کنند. شبکه کاربر محوردر هر نقطه و هر زمان امکان اتصال کاربران به یکدیگر را فراهم می‌کند. نوع خاص این شبکه که کاربران آن انسان ها خواهند بود،انسان محور[2] نامیده می‌شود که شامل تعدادی واحد روی بدن انسان یا نزدیک به آن است (مثلا روی لباس) و از آنجا که وسایل مخابراتی روی بدن طوری طراحی و ساخته می‌شوند که دارای قدرت تشعشعی کمی باشند، خود بدن نیز می‌تواند نقش یک کانال ارتباطی را ایفا کند به طوریکه مثلاً کانال ارتباطی بین آنتن‌های تعبیه شده بر روی گردن و مچ پا خود بدن انسان خواهد بود.از طرفی شبکه‌های بی سیم روی بدن انسان به منظور کاربردهای پزشکی که دارند، مثل سنسورهای پزشکی برای افراد سالخورده یا افرادی که تحت مراقبت های ویژه هستند، بسیار کاربرد دارد. در MBAN[3] ، واحدهای های بی سیم[4] در قسمت های مختلف بدن قرار می‌گیرند تا اطلاعات و سیگنال‌های حیاتی بدن مانند ضربان قلب ، دما، فشار و... را تبادل کنند. این تبادل می‌تواند بین خود این گره‌ها[5] باشد که ارتباط on-body نامیده می‌شود و یا بین گره و یک ایستگاه خارجی باشد که off-body نامیده می‌شود.در کاربردهای امروزی واحدهایی که به منظور این ارتباطات روی بدن قرار می‌گیرند، آنتن‌هایی هستند که باید دارای ویژگی هایی از جمله قابلیت نصب روی بدن و عملکرد همزمان در این دو مد ارتباطی را داشته باشند. در این تحقیق هدف طراحی این آنتن هاست به طوری که بعد از نصب روی بدن ارتباط با سایر آنتن های نصب شده روی بدن با واحد کنترل را به خوبی برقرار سازند.

کلید واژه:آنتن‌های on-body، آنتن‌های off-body، شبکه انسان محور، MBAN، سنسورهای پزشکی

[1] User centric
[2] Body centric
[3] Medical Body Area Network
[4] Wireless
[5] Nodes

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... د
فهرست شکل‌ها ..... ه

فصل ۱- مقدمه ۱
۱-۱- کلیات ۱
۱-۲- ساختار پایان‌نامه ۲

فصل ۲- مروری بر آنتن‌های میکرواستریپ ۴
۲-۱- معرفی ۴
۲-۲- روش‌های تغذیه ۶
۲-۲-۱- تغذیه به وسیله‌ی کابل کواکس ۶
۲-۲-۲- تغذیه به وسیله‌ی خط میکرواستریپ ۶
۲-۲-۳- تغذیه به وسیله تزویج روزنه‌ایی ۷
۲-۳- روش های دوباند کردن آنتن میکرواستریپ مستطیلی ۸
۲-۳-۱- طراحی آنتن میکرواستریپ دوباند مستطیلی با شکاف ۸
۲-۳-۲- طراحی آنتن های دوباند مستطیلی با استفاده از پین های اتصال کوتاه ۱۱
۲-۴- روش های کوچک سازی آنتن های میکرواستریپ ۱۲
۲-۴-۱- کوچک سازی آنتن میکرواستریپ با استفاده از دیواره های اتصال کوتاه ۱۳
۲-۴-۲- کوچک سازی آنتن میکرواستریپ با استفاده از ایجاد شکاف ۱۳
۲-۴-۳- کوچک سازی با استفاده از سایر روش‌ها ۱۴
۲-۵- جمع بندی ۱۶

فصل ۳- آنتن‌های روی بدن ۱۷
۳-۱- مقدمه ۱۷
۳-۲- آنتن های کار گذاشته شده در داخل بدن(in-body) ۱۸
۳-۳- آنتن های کار گذاشته شده روی بدن به منظور ارتباطات on-body ۲۱
۳-۳-۱- آنتن یاگی ۲۲
۳-۳-۲- آنتن میکرواستریپ با شکاف دارای پین اتصال کوتاه ۲۳
۳-۴- آنتن‌های کار گذاشته شده روی بدن به منظور ارتباطات off-body ۲۵
۳-۴-۱- آنتن میکرواستریپ برای استفاده در لباس آتشنشانان در ارتباطات off-body ۲۶
۳-۴-۲- آنتن میکرواستریپ دوباند برای ارتباطات off-body ۲۷
۳-۵- ساختارهای جدید برای استفاده در دو مد ارتباطی off-body و on-body ۳۲

فصل ۴- ساختار آنتن های پیشنهادی، شبیه سازی و اندازه گیری در فضای آزاد ۴۰

۴-۱- طراحی آنتن میکرواستریپ مربعی با یک تغذیه دارای پلاریزاسیون دایروی ۴۰
۴-۲- طراحی آنتن میکرواستریپ مربعی با پترن همه جهته برای ارتباط در مد ارتباطیon-body۴۶
۴-۳- ساختار نهایی آنتن طراحی شده ۵۰
۴-۳-۱- ساختار پایه آنتن..... ۵۱
۴-۳-۲- بریدن گوشه های آنتن و ایجاد شکاف روی صفحه پچ..... ۵۴
۴-۳-۳- اضافه کردن پین های اتصال کوتاه..... ۵۷
۴-۴- نتیجه گیری ۷۰
فصل ۵- شبیه سازی عملکرد آنتن طراحی شده روی بدن انسان به کمک نرم افزار CST... ۷۱
۵-۱- مقدمه..... ۷۱
۵-۲- مدل سازی بدن انسان در نرم افزار CST..... ۷۱
۵-۲-۱- مغز..... ۷۵
۵-۲-۲- استخوان..... ۷۷
۵-۲-۳- عضله..... ۷۹
۵-۳- قرار گرفتن آنتن روی بدن ۸۲
۵-۴- نتیجه گیری ۹۰
فصل ۶- میزان جذب خاصSAR..... ۹۱
۶-۱- مقدمه..... ۹۱
۶-۲-معرفی میزان جذب خاصSAR..... ۹۱
۶-۳- طریقه محاسبه SAR در نرم افزار CST..... ۹۲
فصل ۷- جمع بندی و پیشنهادات..... ۹۵
۷-۱- جمع بندی ۹۵
۷-۲- پیشنهاداتی برای کارهای آینده ۹۶
واژه نامه فارسی به انگلیسی..... ۹۷
واژه نامه انگلیسی به فارسی..... ۹۸

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول۳-۱میانگین ثابت دیالکتریکی چند ماده مختلف[8]. ۲۸
جدول ۴-۱مقادیر پارامترهای آنتن نهایی. ۶۳
جدول ۵-۱ ضریب تراوایی الکتریکی و هدایت‌پذیری الکتریکی برای بافت‌های مختلف بدن انسان[12]. ۷۱
جدول ۵-۲ ویژگی اندام های مدل شده در نرم افزار CST[13]. ۷۳
جدول ۵-۳ متوسط پارامترهای الکتریکی بافت مغز، استخوان و عضله[12]. ۷۴
جدول ۵-۴ پارامترهای الکتریکی مغز فرکانس از 2GHz تا 6GHz.[12] ۷۵
جدول ۵-۵ پارامترهای الکتریکی استخوان -فرکانس از 2GHz تا 6GHz[12] ۷۸
جدول ۵-۶ پارامترهای الکتریکی عضله- فرکانس از 2GHz تا 6GHz[12] ۸۰

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ انواع مختلف شکل‌های پچ. ۵
شکل ۲-۲ نمای یک آنتن میکرواستریپ مستطیلی در محور مختصات (الف) نمای بالا (ب) نمای کناری. ۵
شکل ۲-۳ تغذیه آنتن میکرواستریپ دایروی به وسیله کابل کواکسیال. ۶
شکل ۲-۴ تغذیه آنتن میکرواستریپ مربعی به وسیله ی خط میکرواستریپ. ۷
شکل ۲-۵تغذیه آنتن میکرواستریپ (الف) تزویج روزنه ایی (ب) تزویج با خط. ۷
شکل ۲-۶آنتن میکرواستریپ دوباند با شکاف در کناره‌ها[2]. ۹
شکل ۲-۷ آنتن میکرواستریپ دوباند با شکاف خم شده[2]. ۹
شکل ۲-۸ نمودار تلفات بازگشتی به ازای تغییرات [2]α. ۱۰
شکل ۲-۹ آنتن میکرواستریپ دوباند برای فرکانس های با نسبت کمتر از ۱.۱[2]. ۱۰
شکل ۲-۱۰ آنتن میکرواستریپ دوباند با تعداد زیاد شکاف به منظور کاهش ابعاد[2]. ۱۱
شکل ۲-۱۱ آنتن میکرواستریپ دوباند با استفاده از پین های هادی[2]. ۱۲
شکل ۲-۱۲ نمودار بازده و پهنای باند آنتن میکرواستریپ مستطیلی با تغییر ارتفاع و ضریب گذردهی زیرلایه[2]. ۱۳
شکل ۲-۱۳ استفاده از روش لبه اتصال کوتاه در کوچک‌سازی آنتن میکرواستریپ[2]. ۱۳
شکل ۲-۱۴ استفاده از شکاف به منظور کوچک‌سازی آنتن میکرواستریپ[2]. ۱۴
شکل ۲-۱۵ نمایش توزیع جریان روی آنتن پاپیونی[2]. ۱۴
شکل ۲-۱۶کاهش ابعاد آنتن میکرواستریپ (لف) پچ با لبه خمیده Uشکل (ب) پچ تا شده (ج) پچ دولا شده[2]. ۱۵
شکل ۲-۱۷ ساختار یک آنتن میکرواستریپ دایروی با مقاومت بارگذاری شده بین پچ و صفحه‌ی زمین[2]. ۱۵
شکل ۳-۱ شمای آنتن کپسولی شکل[4]. ۱۹
شکل ۳-۲ آنتن دی پل طراحی شده‌ی کپسولی (الف) نمای بالایی (ب) نمای جانبی آنتن در داخل کپسول (ج) کپسول در داخل رود[4]. ۲۰
شکل ۳-۳ نمودار افت بازگشتی آنتن کپسولی[4]. ۲۰
شکل ۳-۴ شکل نهایی پترن آنتن در داخل بدن[4]. ۲۱
شکل ۳-۵ (الف) آنتن میکرواستریپ مستطیلی (ب)آنتن میکرواستریپ دایروی. ۲۲
شکل ۳-۶حالات مختلف قرار گرفتن دی پل ها در آنتن یاگی (الف) در عرض (ب) در طول[5]. ۲۲

شکل ۳-۷ شکل پیشنهادی یرای افزایش گین آنتن[5]. ۲۳
شکل ۳-۸ نمای آنتن میکرواستریپ مربعی با پین های اتصال کوتاه و شکاف برای استفاده در مد ارتباطی on-body[6]..... ۲۴
شکل ۳-۹ نمودار تلفات بازگشتی برای آنتن میکرواستریپ الف) با شکاف ب) بدون شکاف[6]..... ۲۴
شکل ۳-۱۰ شکل پترن آنتن (الف) صفحه YZ(ب) صفحه XY.[6] ۲۵
شکل ۳-۱۱ شکل توزیع جریان در اطراف پچ[6]. ۲۵
شکل ۳-۱۲ آنتن میکرواستریپ پیشنهادی برای استفاده در لباس آتش نشان ها در ارتباطاتoff-body ۲۶
شکل ۳-۱۳ نمودار تلفات بازگشتی آنتن میکرواستریپ[7]. ۲۷
شکل ۳-۱۴ آنتن میکرواستریپ دوباند(الف) تک المان (ب) طراحی آنتن به صورت آرایه[8]. ۲۹
شکل ۳-۱۵ نمودار تلفات بازگشتی آنتن میکرواستریپ دوباند برای استفاده در ارتباطات on-body[8] ۲۹
شکل ۳-۱۶ نمای یک سلول از ساختار امپدانس بالایی EBG [8] ۲۹
شکل ۳-۱۷ نمای جانبی آنتن میکرواستریپ قرار گرفته روی سطح EBG.[8]..... ۳۰
شکل ۳-۱۸ نمایش پترن آنتن با حضور صفحه ی EBG (خط تیره) بدون صفحه EBG (خط چین) (الف) فرکانس 2.45GHz (ب) فرکانس 5.2GHz (ج) فرکانس 5.8GHz[8] ۳۰
شکل ۳-۱۹ نمودار تلفات بازگشتی آنتن میکرواستریپ دوباند مورد استفاده در ارتباطات off-body با حضور صفحه EBG[8]. ۳۱
شکل ۳-۲۰ (الف) نمای آنتن روی بدن (ب) نمودار تلفات بازگشتی آنتن میکرواستریپ دوباند مورد استفاده در ارتباطات off-body در حضور بدن[8]. ۳۱
شکل ۳-۲۱ آنتن میکرواستریپ پیشنهادی برای استفاده در دو مد ارتباطی on-body و off-body (الف) نمای بالا (ب) نمای جانبی[9]. ۳۲
شکل ۳-۲۲نمودار تلفات بازگشتی آنتن در دو مد ارتباطی on-body و off-body[9]..... ۳۳
شکل ۳-۲۳ پترن آنتن میکرواستریپ پیشنهادی الف- پترن آنتن در مد on-bodyب- پترن آنتن در مد off-[9]body. ۳۳
شکل ۳-۲۴ نمایش توزیع جریان سطحی آنتن در مد ارتباطی on-body.[9]. ۳۴
شکل ۳-۲۵ ارتباطات on-body و off-body روی بدن[9]. ۳۴
شکل ۳-۲۶ ساختار آنتن میکرواستریپ دولایه (الف) نمای بالا (ب) نمای جانبی[10]. ۳۵
شکل ۳-۲۷ نمودار تلفات بازگشتی آنتن در مدهای ارتباطی on-body و off-body[10]..... ۳۶
شکل ۳-۲۸ شکل پترن ساختار پیشنهادی (الف) پترن آنتن در مد on-body (ب) پترن آنتن در مد -off body.[10]. ۳۶
شکل ۳-۲۹ ساختار آنتن میکرواستریپ دایروی دوباند در دو مد ارتباطی on-body و off-body (الف) نمای ساختار آنتن پیشنهادی (ب) نمونه ی ساخته شده[11]. ۳۷
شکل ۳-۳۰ نمودار تلفات بازگشتی آنتن میکرواستریپ دوباند[11]. ۳۸

شکل ۳-۳۱ پترن آنتن در فرکانس ۲.۴۵ GHz (الف) صفحه XZ (ب) صفحهYZ[11]. ۳۸
شکل ۳-۳۲ پترن آنتن در فرکانس1.9 GHz (الف) صفحه YZ (ب) صفحه XY[11]. ۳۹
شکل ۴-۱ آنتن میکرو استریپ مربعی با پلاریزاسیون دایروی و تغذیه روی قطر الف-نمای بالایی ب-نمای جانبی ۴۱
شکل ۴-۲ نمودار تلافات بازگشتی آنتن میکرواستریپ مربعی با تغذیه روی قطر. ۴۲
شکل ۴-۳ نمودار ضریب محوری آنتن میکرواستریپ مربعی با تغذیه روی قطر.(روی محور عمود بر آنتن) ۴۲
شکل ۴-۴ پترن تشعشعی آنتن میکرواستریپ مربعی با تغذیه روی قطر. ۴۳
شکل ۴-۵ نمای آنتن لبه‌دار به همراه پارامترهای تاثیرگذار درایجاد پلاریزاسیون دایروی. ۴۴
شکل ۴-۶ نمودار تلفات بازگشتی آنتن میکرواستریپ با پلاریزاسیون دایروی. ۴۵
شکل ۴-۷ نمودار ضریب محوری برای آنتن با پلاریزاسیون دایروی.(صفحه عمود بر سطح پچ) ۴۵
شکل ۴-۸ پترن تشعشعی آنتن میکرواستریپ با لبه. ۴۶
شکل ۴-۹ شکل پترن آنتن به صورت موازی با سطح. ۴۷
شکل ۴-۱۰ تصویر سه بعدی پترن آنتن دی پل. ۴۷
شکل ۴-۱۱ ساختار پیشنهادی آنتن میکرواستریپ مربعی برای داشتن پترن همه جهته (الف) نمای بالایی (ب) نمای جانبی. ۴۸
شکل ۴-۱۲ نمودار تلفات بازگشتی آنتن طراحی شده با پترن موازی با سطح پچ. ۴۹
شکل ۴-۱۳ شکل پترن آنتن در فرکانس تشدید (2.7GHz). ۴۹
شکل ۴-۱۴ ساختار پایه آنتن میکرواستریپ مربعی با تغذیه از کنار (الف) نمای بالایی (ب) نمای بالایی ۵۱
شکل ۴-۱۵ نمودار تلفات بازگشتی آنتن پایه. ۵۲
شکل ۴-۱۶ پترن تشعشعی آنتن (الف) فرکانس 5.95GHz (ب) فرکانس 7.7GHz. ۵۳
شکل ۴-۱۷ نمای بالایی آنتن با گوشه های بریده شده و شکاف های اضافه شده روی پچ. ۵۴
شکل ۴-۱۸ نمودار تلفات بازگشتی آنتن با گوشه‌های بریده شده و شکاف‌های اضافه شده. ۵۴
شکل ۴-۱۹ پترن تشعشعی آنتن (الف) فرکانس 4.2GHz (ب) فرکانس 6GHz. ۵۵
شکل ۴-۲۰ اضافه کردن شکاف‌های عمود بر شکاف‌های فطری آنتن. ۵۶
شکل ۴-۲۱ نمودار تلفات بازگشتی آنتن بعد از اضافه کردن شکافهای عمودی. ۵۶
شکل ۴-۲۲ آنتن میکرواستریپ مربعی در حالت تشعشع در مد بالا (الف) میدان‌های الکتریکی روی لبه پچ (ب) شکل سه بعدی پترن تشعشی. ۵۷
شکل ۴-۲۳ اضافه کردن پین‌های اتصال کوتاه به ساختار آنتن. ۵۸
شکل ۴-۲۴ نمودار تلفات بازگشتی آنتن بعد از اضافه کردن پین‌های اتصال کوتاه. ۵۸
شکل ۴-۲۵ شکل پترن آنتن بعد از اضافه کردن پین های اتصال کوتاه (الف) فرکانس 2.8GHz (ب)5.58 GHz. ۵۹
شکل ۴-۲۶ آنتن میکرواستریپ دوباند و دو پترنه با شکاف‌های پیچ‌دار ۶۰

شکل ۴-۲۷ نمودار تلفات بازگشتی آنتن میکرواستریپ با شکاف‌های پیچ‌دار. ۶۱
شکل ۴-۲۸ ساختار نهایی ساختار طراح شده برای آنتن دوباند و دوپترن با شکاف‌های اضافه شده به صورت موازی با شکاف‌های عمودی. ۶۲
شکل ۴-۲۹ نمای بالایی آنتن به همراه پارامترهای موثر در طراحی. ۶۲
شکل ۴-۳۰نمودار تلفات بازگشتی ساختارنهایی آنتن دوباند و دو پترنه در دو باند فرکانسی 2.48GHz و 5.52GHz برای نصب روی بدن(شبیه‌سازی). ۶۳
شکل ۴-۳۱پترن تشعشعی ساختار نهایی آنتن قابل نصب روی بدن2.48GHz (شبیه سازی) (الف) دو بعدی (ب) سه بعدی. ۶۴
شکل ۴-۳۲پترن تشعشعی ساختار نهایی آنتن قابل نصب روی بدن5.52GHz (شبیه سازی) (الف) دوبعدی (ب) سه بعدی. ۶۵
شکل ۴-۳۳نمودار ضریب محوری ساختار نهایی آنتن قابل نصب روی بدن. ۶۶
شکل ۴-۳۴نمای آنتن ساخته شده (الف) نمای بالایی (ب) نمای جانبی. ۶۷
شکل ۴-۳۵نمودار تلفات بازگشتی آنتن ساخته شده. ۶۸
شکل۴-۳۶ پترن اندازه گیری شده آنتن f=2.5GHz الف- Eplane ب-Hplane ۶۸
شکل ۴-۳۷ شکل پترن آنتن اندازه گیری f=5.56GHz الف- Hplane ب- Eplane ۶۹
شکل ۴-۳۸ گین آنتن ساخته شده در فرکانس2.5GHz. ۶۹
شکل ۴-۳۹ گین آنتن ساخته شده در فرکانس5.56GHz ۷۰
شکل ۵-۱ مدل های مختلف بدن انسان در نرم افزار CST[13] . ۷۳
شکل ۵-۲ مدل بدن gustav & ktja با جزییات در CST[13]. ۷۴
شکل ۵-۳ مدل بافت مغز. ۷۵
شکل ۵-۴ نمودار برون یابی شده برای پارامترهای الکتریکی مغز با استفاده از داده های جدول ۵-۴ در نرم افزار CST. ۷۷
شکل ۵-۵ مدل بافت استخوان. ۷۷
شکل ۵-۶ نمودار برون یابی شده برای پارامترهای الکتریکی استخوان مغز با استفاده از داده های جدول ۵-۵ در نرم افزار CST. ۷۹
شکل ۵-۷ مدل اولیه انسان شامل بافت‌های مغز و استخوان و عضله. ۷۹
شکل ۵-۸ نمودار برون یابی شده برای پارامترهای الکتریکی عضله مغز با استفاده از داده های جدول ۵-۶ در نرم افزار CST. ۸۱
شکل ۵-۹ مدل نهایی انسان شامل بافت‌های مغز و استخوان و عضله. ۸۲
شکل ۵-۱۰ محل قرار گیری آنتن بر روی بدن. ۸۳
شکل ۵-۱۱ تلفات بازگشتی آنتن طراحی شده برروی بدن و قرار گیری بر روی سینه. ۸۳
شکل ۵-۱۲ الگوی تشعشعی در فرکانس 2.3GHz. (الف) الگوی تشعشعی سه بعدی، (ب) الگوی تشعشعی در صفحهٔ zy. ۸۴

شکل ۵-۱۳الگوی تشعشی آنتن در فرکانس 2.468GHz با نمای مختلف؛ (الف) تا (د). (ه) الگوی تشعشع در صفحهٔ zy، (و) الگوی تشعشع در صفحهٔ zx. ۸۶
شکل ۵-۱۴الگوی تشعشی آنتن در فرکانس 5.4GHz با نمای مختلف؛ (الف) تا (د). (ه) الگوی تشعشع در صفحهٔ zy، (ز) الگوی تشعشع در صفحهٔ zx. ۸۷
شکل ۵-۱۵ جهت گیری دو آنتن مورد استفاده نسبت به یکدیگر. ۸۸
شکل ۵-۱۶ عبور دهی آنتن ها نسبت به یکدیگر به ازای Θ=0,-15,-30,-45. ..... ۸۹
شکل ۶-۱ توزیع SAR بر روی مدل پیشنهادی الف-مدoff-bodyجرم 1gr ب- مد off-booyجرم 10gr ج- مد on-body جرم1gr د-مد on-body جرم 10gr ۹۴

فصل ۱- مقدمه

۱-۱- کلیات

آنتن‌های قابل نصب روی بدن از مباحث جدید و نوین در زمینه طراحی آنتن می‌باشند. جذابیت این آنتن‌ها نسبت به آنتن‌های دیگر به علت استفاده در کاربردهای پزشکی است و در آینده‌ایی نه چندان دور در زمینه های سرگرمی و نظامی نیز جایگاه ویژه‌ایی پیدا می‌کنند. در سالهای اخیر مطالعات و تحقیقات زیادی در این زمینه در سرار دنیا به خصوص کشورهای اروپایی انجام گرفته است. این آنتن‌ها برای قرار گرفتن روی بدن انسان باید دارای ویژگی‌های خاصی باشند که آن‌ها را از سایر آنتن‌ها جدا می‌کند. از آنجا که این آنتن‌ها قرار است روی بدن انسان نصب شوند، اولین و مهم ترین ویژگی آن ها قدرت تشعشی کم است تا آسیبی به بدن انسان نرسد. دومین ویژگی کوچک بودن این آنتن هاست و سومین ویژگی قابلیت نصب آن‌ها بر روی بدن است. با در نظر گرفتن این ویژگی‌های اولیه و ضروری، می‌توان به این نتیجه رسید که آنتن‌های میکرواستریپ گزینه مناسبی برای این کاربرد هستند.

هدف از قرارگیری آنتن روی بدن را در دو مورد می‌توان تعریف کرد. مورد اول لزوم ارتباط بین آنتن با ایستگاه خارجی است که یکی از کاربردهای این ارتباط را برای مثال می‌توان به دریافت سیگنال‌های حیاتی بدن بیماران یا ورزشکاران به طور مداوم توسط سنسورهای نصب شده روی بدن اشاره کرد. لازم به ذکر است وقتی از آنتن در این مد ارتباطی استفاده می‌شود، می‌گوییم آنتن در مد ارتباطی off-body کار می کند. مورد دوم، ارتباط سنسورهای قرارگرفته روی بدن با یکدیگر است که در این حالت ارتباط را on-body می‌نامیم و می‌گوییم که آنتن در مد ارتباطی on-body عمل می‌کند. واضح است که در هر کدام از این مدهای ارتباطی ذکر شده، پترن و ویژگی های آنتن باهم فرق دارد. در برخی کاربردها که نیاز امروز آنتن‌های نصب شده روی بدن در بسیاری موارد است، لزوم عملکرد آنتن در هر دو مد ارتباطی به صورت همزمان وجود دارد که در این حالت این آنتن ها را دو مده[1] می‌نامیم. آنتن طراحی شده برای این کار بهتر است در هر مد ارتباطی یک باند فرکانسی داشته باشد و در هردو باند نیز دارای گین مناسب و قابل قبولی باشد. از طرفی هرچه ابعاد آنتن را کوچک‌تر کنیم، تولید آنتن راحت‌تر و کاربری آن بیشتر می‌شود. در نتیجه هدف در این پژوهش طراحی چنین آنتنی و بررسی تاثیر بدن روی عملکرد آن و تاثیر آنتن روی بدن است

[1] Dual mode

۱-۲- ساختار پایان‌نامه

مطالب این پایان‌نامه در هفت فصل گردآوری شده است. در فصل دوم مروری بر آنتن‌های میکرواستریپ داریم. در ابتدا خواص کلی این آنتن‌ها نسبت به سایر آنتن‌های متداول بیان می‌شود. سپس مختصری در مورد روش‌های مختلف تغذیه آنتن‌ها میکرواستریپ آورده شده است و در ادامه روش‌های دو باند کردن این آنتن‌ها و روش‌های کوچک‌سازی این آنتن‌ها بیان شده است. در این فصل علاوه بر معرفی روش‌های جدیدکه تا حدی نواقصروشهای قدیمی‌تررا مرتفع نموده‌اند، برخی ساختارها نیز به عنوان مثال با ابعاد مشخص معرفی شده‌اند. فصل سوم اختصاص به آنتن‌های قابل نصب روی بدن دارد. در این فصل ابتدا مقدمه‌ایی از این آنتن‌ها ارائه می‌شود و سپس به معرفی مفهوم مدهای ارتباطی و لزوم وجود هریک به معرفی و ارائه برخی ساختارهای ساخته شده که قابلیت عملکرد همزمان در هر دو مد ارتباطی را داشته باشند، به میان آورده شده استو برخی از ساختارهای جدید که در این زمینه طراحی شده‌اند، معرفی گردیده است. ساختارهای طراحی شده خود و ساختار نهایی ساخته شده در این پروژه در فصل چهارم معرفی شده است. در این فصل ابتدا برخی از ساختارهای طراحیشده که هرکدام کاربرد محدودتری نسبت به ساختارنهایی دارند، آورده شده است. البته لازم به ذکر است که به دلیل محدودیت در تعداد صفحات پایان‌نامه بسیاری از کارهای انجام شده دراین فصل گنجانده نشده است و سعی شده بیشتربهساختار نهایی پرداخته شود. در این فصل به تحلیل ساختار نهایی پرداخته‌ایم و این ساختار را گام به گام برای رسیدن به اهداف تعریف شده که تشدیددر دو باند فرکانسی 2.4-2.5GHzو 5-6GHz به طوری که در باند پایین دارای مد ارتباطی off-body و در باند بالا دارای مد ارتباطی on-bodyشد. نهایتا به اهداف بالا با گین بالا و بازدهی مناسب با مقدار کوچک سازی حدود۴۰٪ رسیده‌ایم. لازم به ذکراست که در این فصل تمامی نتایج به دستآمده مربوط به فضای آزاد بوده است. در ادامه نتایج حاصلاز اندازه‌گیری آنتن آورده شده است که با تقریب بسیار خوبی با نتایج شبیه سازی تطابقدارد. عملکرد آنتن روی بدن انسان و تاثیربدن روی آن را در فصل پنجم بررسی کرده‌ایم. در این فصل ابتدا به دنبال پیدا کردن مدل برای بدن انسان به صورت آماده بودیم که تمام ویژگی‌هایالکتریکی بافت‌های مختلف بدن در فرکانس های مختلف در آن لحاظشده باشد. متاسفانه این مدل ها کاملاً تجاری بوده و دسترسی به آن‌ها امکان پذیر نبود. در نتیجه درصدد آن برآمدیم که این مدل را در نرم افزار CST شبیه‌سازی کنیم. ابتدا پارامترهای الکتریکی بافت‌های مختلف بدن را در بازه فرکانسی2GHz تا 6GHz از سایت FCC[1] جمع آوری و سپس در مدلی که شامل بافت‌های مغز و استخوانو عضله بود و در نرم افزارCST کشیده بودیم، لحاظ کردیم. در ادامه در مرحله اول عملکرد یک آنتن را به تنهایی روی بدن (روی سینه مدل) بررسی کردیم. در گام دوم برای بررسی عملکرد آنتن در مد ارتباطی on-body، یکی از آنتن‌ها را روی سینه و یکی را روی زانوی مدل قرار دادیم و مقدار گذردهی را محاسبه کردیم..تاثیر آنتن روی بدن را به وسیله

[1]Federal Communications Commission

اندازه‌گیری پارامتر مقدار جذب ویژه(SAR) در فصل ششم بررسی کردیم. نهایتاً فصل آخر به جمع بندی و ارائه پیشنهاداتی برای کارهای آتی است.

فصل ۲- مروری بر آنتن‌های میکرواستریپ

۲-۱- معرفی

آنتن‌های میکرواستریپ برای اولین بار در آمریکا توسط دیشامیز[1] در سال ۱۹۵۳ و در فرانسه توسط گاتن[2] و بسینات[3] در سال ۱۹۵۵ معرفی شد[1]. اما در آن زمان این نوع آنتن‌ها به دلیل معایبی نظیر بازده پایین، خلوص قطبش پایین و عملکرد نه چندان خوب و پهنای باند بسیار باریک مورد استقبال و توجه قرار نگرفت.

بعدها با انجام تغییراتی در ساختارهای اولیه و ساده‌ی این آنتن‌ها این مشکلات مرتفع شد و این آنتن‌ها به قطبی مهم در صنعت ارتباطات تبدیل شدند. آنتن‌های میکرواستریپ در سال های اخیر در کاربردهای مختلفی استفاده می‌شوند. برای مثال در کاربردهای هوا فضا، ماهواره و موشک ها که نیاز به اندازه‌ی کوچک، نصب آسان و هزینه‌ی پایین است از آنتن‌هایی با برجستگی کم همچون میکرواستریپ‌ها استفاده می‌کنند. بخصوص در مخابرات بی‌سیم امروزه این آنتن ها جایگاه ویژه‌ای دارند. آنتن‌های میکرواستریپ به دلیل آنکه با استفاده از تکنولوژی مدار چاپی ساده و ارزان ساخته می‌شوند مورد توجه قرار گرفته‌اند. علاوه بر این، آنتن‌های میکرواستریپ وقتی برروی سطح سختی قرار می‌گیرند دارای مقاومت و دوام خوبی نیز می‌باشند. با انتخاب اشکال مختلف این آنتن‌ها می‌توان مد انتشاری را تغییر داد.

آنتن‌های میکرواستریپ از یک ورقه‌ی هادی بسیار نازک به نام پچ که بر روی یک لایه دی الکتریک با ارتفاع خیلی کمتر از طول موج فضای آزاد قرار گرفته تشکیل شده‌اند. پچ ها اشکال مختلفی از قبیل مستطیلی، دایروی، بیضوی، حلقوی و ... دارند.

[1] Deschamps
[2] Gutton
[3] Bissiontt