

دانشگاه شاهرود

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق - مخابرات

عنوان

طراحی و تحلیل آنتن کانفورمال فشرده جدید برای کاربردهای پزشکی

استاد راهنما

دکتر سعید نیک مهر

استاد مشاور

دکتر علی پورزیاد

پژوهشگر

شیوا حیاتی راد

شهریور ۹۳

”ويزكيم وي علمم الكتاب والحكمه“

پاس و ستایش خدای راجل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، در فشان. آفریدگاری

که خویشتن را به باشناسند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت یازماید.

شکر و قدرانی:

برخود لازم می‌دانم از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر سعید نیک مهر که از محضر پر فیض تدریسیشان، بهره‌برده‌ام و از جناب آقای دکتر

علی‌پور زیاده خاطر مساعدت‌های بی‌شائبه‌ی ایشان در راهمایی این پایان‌نامه، شکر و قدرانی‌نمایم؛ با وجود آن‌ها بود که برایم معنا شد که معلمی شغل

انبیاست.

نام خانوادگی: حیاتی راد	نام: شیوا
عنوان پایان نامه: طراحی و تحلیل آنتن کانفورمال فشرده جدید برای کاربردهای پزشکی	
استاد راهنما: دکتر سعید نیک مهر استاد مشاور: دکتر علی پورزیاد	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی برق - مخابرات
دانشگاه: تبریز	گرایش: میدان و موج
تاریخ فارغ التحصیلی: شهریور ۹۳	دانشکده: مهندسی برق و کامپیوتر
	تعداد صفحه: ۱۰۰
کلید واژه‌ها: آنتن کانفورمال، آندوسکوپی کپسولی، زیرلایه چندوجهی، تقسیم کننده توان اتصال T	
<p>چکیده</p> <p>با توجه به قابلیت های بالای آنتن های کانفورمال، هدف اصلی در این پایان نامه، طراحی آنتن جدید کانفورمال است. برای این منظور، پارامترهایی مانند پترن تشعشعی و نرخ جذب ویژه (SAR) مورد بررسی قرار گرفته و آنتنی مناسب برای کاربردهای پزشکی (آندوسکوپی کپسولی) طراحی شده است. همچنین، برای استفاده از آنتن در کاربرد آندوسکوپی کپسولی، ضروری است اندازه آنتن کوچک باشد. بنابراین، هدف دیگر طراحی، استفاده از تکنیک های کوچک سازی است. برای طراحی، عملکرد نمونه صفحه ای از چنین آنتنی را با شبیه سازی مورد بررسی قرار داده و سپس آنتن بر روی زیرلایه کپسولی هشت وجهی منطبق شده است. برای سنجیدن اعتبار آنتن صفحه ای طراحی شده، از شبیه سازی و ساخت استفاده شده است.</p> <p>در شبیه سازی آنتن های کانفورمالی که داخل بدن قرار می گیرند، شرایط الکترومغناطیسی بدن انسان نیز باید در نظر گرفته شود. در ساده ترین حالت، می توان بدن را با یک لایه با ضریب نفوذپذیری و ضریب هدایت ثابت مدل کرد. مدل کردن بدن انسان با استوانه های دایروی یا بیضوی چند لایه به نتایج واقعی تری منجر خواهد شد. در این پایان نامه، از مدل استوانه دایروی چندلایه استفاده شده است. آنتن کپسولی طراحی شده، در باندهای MICS و ISM (به ترتیب شامل بازه های فرکانسی 402-405MHz و 2.4-2.5GHz) کار می کند و در این دو باند پترن همه جهتی دارد.</p>	

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	۱
فصل دوم: مروری بر پژوهش های پیشین	۳
۱-۲ آندوسکوپی کپسولی	۳
۱-۱-۲ محدودیت اندازه فیزیکی کپسول	۵
۱-۱-۱-۲ ساختار های فرکتال	۵
۱-۱-۲ بارگذاری دی الکتریکی و بارگذاری با المان های گسترده	۶
۲-۱-۲ اجزای الکترونیکی داخل کپسول	۷
۳-۱-۲ تاثیر بافت های بدن بر عملکرد آنتن کپسولی	۷
۴-۱-۲ بهبود عملکرد آنتن های کانفورمال	۸
۵-۱-۲ مثال هایی از آنتن های پزشکی	۹
۱-۵-۱-۲ آنتن های کپسولی	۱۰
۲-۵-۱-۲ آنتن های کاشته شده در بدن	۱۲
۳-۵-۱-۲ آنتن های الیافی	۱۲
۲-۲ روش های تحلیل آنتن های کانفورمال	۱۳
۱-۲-۲ کاربرد نگاشت ها در تحلیل آنتن های کانفورمال	۱۳
۱-۱-۲-۲ استفاده از توابع مقدماتی	۱۴
۲-۱-۲-۲ استفاده از نگاشت شوارتز کریستوفل	۱۴
۳-۱-۲-۲ اسپیرال تطبیق شده روی استوانه بیضوی	۱۷
۱-۲-۲-۲ دستگاه مرجع منحنی الخط متعامد	۱۹
۲-۲-۲-۲ حل تحلیلی میدان های الکترومغناطیسی در ساختارهای کانفورمال با مواد خطی، ایزوتروپ و همگن	۲۰
۳-۲-۲ روش های تقریبی	۲۳
۱-۳-۲-۲ معادله ژنودزیک	۲۳

- ۲۷ ۵-۲-۲-۲ ژئودزیک های مرتبه بالاتر.....
- ۲۷ ۳-۲ به دست آوردن تابع گرین مجانبی با استفاده از منحنی های ژئودزیک.....
- ۲۸ ۴-۲ تحلیل تمام موج حوزه طیفی ساختارهای استوانه ای چندلایه.....
- ۲۹ ۱-۴-۲ فرمول بندی با استفاده از ماتریس انتقال.....
- ۲۹ ۲-۴-۲ شرط مرزی دو طرفه پیوستگی و جهش.....
- ۳۱ ۳-۴-۲ محاسبه موثر عکس تبدیل فوریه.....
- ۳۲ ۵-۲ بسط تابع گرین محیط های لایه ای بر حسب توابع موج برداری.....
- ۳۴ ۱-۵-۲ تابع گرین پتانسیل های اسکالر و برداری در محیط های استوانه ای لایه ای.....
- ۳۵ ۲-۵-۲ روش GPOF برای محاسبه موثر عکس تبدیل فوریه.....
- ۳۸ ۳-۵-۲ استخراج موثر تابع گرین مجانبی در محیط لایه ای استوانه ای.....
- ۳۹ ۶-۲ تابع گرین دایادیک در محیط های لایه ای کروی.....
- ۴۳ ۷-۲ تحلیل به روش ممان.....
- ۴۴ ۱-۷-۲ تحلیل به روش ممان آنتن های اسپیرال سیمی چاپ شده در محیط های مختلف.....
- ۴۷ ۲-۷-۲ تحلیل به روش ممان با استفاده از توابع پایه RWG.....
- ۴۸ فصل سوم: مواد و روش ها.....
- ۴۹ ۱-۳ آنتن های کانفورمال چند وجهی.....
- ۵۰ ۱-۱-۳ پوشش ۳۶۰ درجه ای با استفاده از سطوح چندوجهی.....
- ۵۱ ۲-۱-۳ پوشش ۳۶۰ درجه ای با استفاده از سطح استوانه دایروی.....
- ۵۳ ۳-۱-۳ پوشش نیم کره ای با استفاده از سطوح چندوجهی.....
- ۵۴ ۴-۱-۳ پوشش نیم کره ای با استفاده از نیم کره.....
- ۵۵ ۲-۳ تاثیر جهت جریان خطوط مجاور در کوچک سازی آنتن ها.....
- ۵۹ ۳-۳ تعیین پارامترهای الکتریکی رولایه آنتن کپسولی.....
- ۶۱ ۴-۳ روش المان محدود (FEM).....
- ۶۱ ۵-۳ آنتن مایکرواستریپی با پچ زیگزاگی.....
- ۶۲ ۶-۳ تقسیم کننده توان اتصال T.....

۶۴	فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری
۶۴	۱-۴ آنتن های چندوجهی با پیچ مستطیلی
۶۶	۱-۱-۴ بررسی اثر نیم کره های کپسول در مدهای رزونانسی ساختار
۶۷	۲-۱-۴ ضریب بازتاب
۶۹	۳-۱-۴ فرکانس رزونانس
۷۰	۴-۱-۴ پارامترهای تشعشی
۷۰	۵-۱-۴ پترن تشعشی
۷۳	۲-۴ طراحی آنتن کانفورمال کپسولی با زیرلایه هشت وجهی
۷۳	۱-۲-۴ طراحی آنتن صفحه ای در فضای آزاد
۷۴	۱-۱-۲-۴ انتخاب شکل پیچ آنتن صفحه ای
۷۷	۲-۱-۲-۴ طراحی و تحلیل آنتن صفحه ای با استفاده از نرم افزار HFSS
۸۱	۳-۱-۲-۴ ساخت و بررسی اعتبار آنتن صفحه ای
۸۲	۳-۴ عملکرد آنتن کانفورمال کپسولی با زیرلایه هشت وجهی
۸۲	۱-۳-۴ مقایسه عملکرد آنتن های کپسولی با تغذیه های مایکرواستریپی و کواکسیالی
۸۴	۳-۳-۴ عملکرد آنتن طراحی شده در بدن انسان
۸۶	۴-۳-۴ بررسی آنتن طراحی شده از لحاظ نرخ جذب ویژه
۸۷	۴-۴ نحوه تنظیم آنتن برای کار در شرایط مختلف
۸۷	۱-۴-۴ تنظیم فرکانس در حالت صفحه ای
۹۰	۲-۴-۴ تنظیم فرکانس در حالت کانفورمال
۹۲	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهاد برای پژوهش های آینده
۹۵	مراجع
۹۹	پیوست الف: پارامترهای سطح
۱۰۰	پیوست ب: انتگرال های بیضوی
۱۰۱	پیوست ج: یازده دستگاه مختصات متعامد در فضای سه بعدی اقلیدسی

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۲ سیستم آندوسکوپی سیمی و آندوسکوپی کپسولی [۳]..... ۴
- شکل ۲-۲ قسمت های مختلف سیستم آندوسکوپی کپسولی [۳]..... ۴
- شکل ۲-۳ مراحل تولید ساختار فرکتال Minkowski [۵]..... ۵
- شکل ۲-۴ مدلسازی تشعشع آنتن اسپیرال با مجموعه ای از حلقه ها [۸]..... ۶
- شکل ۲-۵ (الف) مدل تک لایه [۹] (ب) مدل دقیق بدن انسان در نرم افزار HFSS [۳]..... ۸
- شکل ۲-۶ اندازه گیری پارامترهای آنتن در فضای آزاد و در ماده شبیه ساز بافت های بدن [۹]..... ۸
- شکل ۲-۷ آنتن کپسولی با پیچ دایپل مارپیچی تطبیق شده در فضای داخلی کپسول [۱۳]..... ۱۰
- شکل ۲-۸ آنتن کپسولی با پیچ دایپل مارپیچی تطبیق شده در فضای خارجی کپسول [۱۰]..... ۱۰
- شکل ۲-۹ آنتن کپسولی پهن باند با پیچ مارپیچی [۱۴]..... ۱۱
- شکل ۲-۱۰ آنتن کپسولی با پیچ حلقوی و مارپیچی [۱۵]..... ۱۱
- شکل ۲-۱۱ چند نمونه آنتن قابل کاشت در بدن [۱۶]..... ۱۲
- شکل ۲-۱۲ آنتن الیافی با زاویه خمش ۸۰ درجه [۱۷]..... ۱۲
- شکل ۲-۱۳ تبدیل ناحیه بین دو استوانه بیضوی به ناحیه بین دو صفحه با استفاده از توابع مقدماتی [۲۰]..... ۱۴
- شکل ۲-۱۴ تبدیل نیم صفحه بالای صفحه مختلط z به یک چند ضلعی در صفحه w [۲۱]..... ۱۵
- شکل ۲-۱۵ تصویر یک دیسک به ناحیه های مستطیلی با کشیدگی های مختلف و فاصله زوایه ای نقاط تصویر در این حالات [۲۲]..... ۱۶
- شکل ۲-۱۶ تبدیل ساختار کانفورمال کشیده به یک نوار مستقیم توسط MSCT [۲۳]..... ۱۷
- شکل ۲-۱۷ اسپیرال دو بعدی صفحه ای و منحنی حاصل از تطبیق آن بر روی استوانه بیضوی [۲۴]..... ۱۷
- شکل ۲-۱۸ نمونه ای از یک ساختار کانفورمال تطبیق شده روی سطح دلخواه [۲۵]..... ۱۹
- شکل ۲-۱۹ بردارهای واحد و المان حجم در دستگاه مرجع منحنی الخط تعمیم یافته [۳۳]..... ۲۰
- شکل ۲-۲۰ یک ساختار کانفورمال استوانه ای و ساختار صفحه ای غیر همگن متناظر آن [۳۳]..... ۲۲
- شکل ۲-۲۱ ژئودزیک رسم شده بر روی سطوح استوانه دایروی و بیضوی..... ۲۶
- شکل ۲-۲۲ ژئودزیک رسم شده روی کره..... ۲۶
- شکل ۲-۲۳ دو سطح مرکب (الف) استوانه و مخروط (ب) استوانه و نیم کره [۲۸]..... ۲۶
- شکل ۲-۲۴ ژئودزیک های مرتبه اول، دوم، سوم استوانه..... ۲۷
- شکل ۲-۲۵ ساختار آنتن کانفورمال استوانه ای با پیچ مستطیلی [۳۲]..... ۲۹

- شکل ۲-۲۶ نحوه اعمال شرط مرزی دو طرفه در حالتی که منبع در لایه میانی قرار دارد [۳۲] ... ۳۰
- شکل ۲-۲۷ نحوه اعمال شرط مرزی دو طرفه در حالتی که منبع در لایه بیرونی قرار دارد [۳۲] ... ۳۰
- شکل ۲-۲۸ مسیر دفورمه شده برای محاسبه عکس تبدیل فوریه [۳۳] ۳۱
- شکل ۲-۲۹ مدل ساده شده برای محاسبه توابع گرین مجانبی [۳۲] ۳۲
- شکل ۲-۳۰ نحوه محاسبه موثر عکس تبدیل فوریه با جدا کردن قسمت مجانبی تابع گرین [۳۳] . ۳۲
- شکل ۲-۳۱ محیط لایه ای استوانه ای [۳۵] ۳۴
- شکل ۲-۳۲ مسیر دفورمه شده انتگرال سامرفیلد برای محاسبه عکس تبدیل فوریه [۳۷] ۳۶
- شکل ۲-۳۳ ساختار محیط N لایه کروی [۳۹] ۴۰
- شکل ۲-۳۴ ساختار آنتن حلقوی [۴۰] ۴۱
- شکل ۲-۳۵ ساختار آنتن سیمی [۴۲] ۴۵
- شکل ۲-۳۶ زوایای اوپلر [۴۶] ۴۶
- شکل ۲-۳۷ پارامترهای تعریف شده در تحلیل ممان با استفاده از توابع پایه RWG [۴۹] ۴۷
- شکل ۳-۱ صفحه زمین منعطف از جنس مس [۵۰] ۴۹
- شکل ۳-۲ تقریب زیرلایه های استوانه ای و کروی با زیرلایه های چندوجهی ۴۹
- شکل ۳-۳ سطح موثر (تصویر شده) یک آرایه صفحه ای [۵۱] ۵۰
- شکل ۳-۴ عملکرد نرمالیزه شده (سطح موثر/هزینه) در برابر تعداد سطوح آنتن برای پوشش همه-جهتی [۵۱] ۵۱
- شکل ۳-۵ ناحیه فعال یک آرایه استوانه ای [۵۱] ۵۲
- شکل ۳-۶ سطح موثر نسبی در برابر زاویه قطاع به ازای مقادیر مختلف α [۵۱] ۵۲
- شکل ۳-۷ عملکرد نرمالیزه شده (سطح موثر/هزینه) در برابر زاویه قطاع برای پوشش همه جهتی [۵۱] ۵۳
- شکل ۳-۸ عملکرد نرمالیزه شده (سطح موثر/هزینه) در برابر زاویه اسکن نسبت به ماکزیمم نقطه (خط نقطه چین مربوط به نیم کره امتداد داده شده یا سطح موثر ثابت است) [۵۱] ۵۴
- شکل ۳-۹ ساختار آنتن دایپل مارپیچی با جریان های هم جهت در خطوط مجاور [۳] ۵۵
- شکل ۳-۱۰ جریان ها و ولتاژ های خطوط در آنتن دایپل مارپیچی [۳] ۵۵
- شکل ۳-۱۱ جهت جریان در آنتن HCFD [۵۲] ۵۷
- شکل ۳-۱۲ آنتن ایزوله، قرار داده شده در محیط پراکنده ساز [۵۳] ۵۹
- شکل ۳-۱۳ آنتن دوباندی با پیچ زیگزاگی [۵۶] ۶۲
- شکل ۳-۱۴ ساختار یک تقسیم کننده توان اتصال T [۵۷] ۶۲
- شکل ۳-۱۵ مدل مداری تقسیم کننده توان اتصال T [۵۷] ۶۳

شکل ۴-۱ نمونه ای از آنتن های کپسولی شبیه سازی شده، با ابعاد $L_1=0.2\text{mm}$, $W_1=7.5\text{mm}$ و $W_2=3.75\text{mm}$ ۶۵

شکل ۴-۲ زیرلایه های استوانه ای و کروی تشکیل شده از قطعات صفحه ای، ترسیم شده در نرم افزار HFSS 13 ۶۶

شکل ۴-۳ ساختار آنتن کپسولی ۳ (کپسول بدون نیم کره پایین) ۶۶

شکل ۴-۴ ضریب بازتاب آنتن های چندوجهی مختلف در سه فرکانس رزونانس اول آن ها ۶۸

شکل ۴-۵ مش بندی نیم کره های شش و بیست وجهی در نرم افزار HFSS ۷۰

شکل ۴-۶ نمودار ضریب بازتاب آنتن های سینوسی صفحه ای شبیه سازی شده (ابعاد آنتن های ۱، ۲ و ۳ در جدول (۴-۵) آمده است) ۷۵

شکل ۴-۷ توزیع جریان آنتن های سینوسی صفحه ای در فرکانس رزونانس اول آن ها (الف) آنتن ۱ (ب) آنتن ۲ (ج) آنتن ۳ (ابعاد آنتن های ۱، ۲ و ۳ در جدول (۴-۵) آمده است) ۷۶

شکل ۴-۸ توزیع جریان آنتن سینوسی صفحه ای تغییر داده شده، در فرکانس رزونانس اول آن ۷۶

شکل ۴-۹ (الف) قسمتی از ساختار آنتن صفحه ای سینوسی پله ای (ب) ساختار آنتن ۵ (آنتن سینوسی پله ای با تغذیه ای به شکل تقسیم کننده توان اتصال T) ۷۸

شکل ۴-۱۰ پترن تشعشعی آنتن ۵ (شکل (۴-۹)ب) در فرکانس رزونانس باند (الف) اول (ب) دوم ۷۸

شکل ۴-۱۱ خط تغذیه ترکیبی (شامل تقسیم کننده توان اتصال T و کابل کوآکسیال) ۷۹

شکل ۴-۱۲ مقایسه ضرایب بازتاب آنتن های ۵ و ۶ ۷۹

شکل ۴-۱۳ آنتن ۷ (آنتن ۱ جدول (۴-۵) با تغذیه تقسیم کننده اتصال T و شامل خط تحویح پترن) ۸۰

شکل ۴-۱۴ توزیع جریان روی آنتن ۵ در فرکانس مرکزی باند (الف) اول (ب) دوم ۸۰

شکل ۴-۱۵ (الف) پترن تشعشعی آنتن ۷ در فرکانس رزونانس باند اول (ب) مقایسه ضرایب بازتاب آنتن ۶ و ۷ ۸۱

شکل ۴-۱۶ نمونه ساخته شده آنتن ۷ (شکل (۴-۱۳)) ۸۱

شکل ۴-۱۷ مقایسه ضریب بازتاب آنتن های شبیه سازی شده و ساخته شده ۸۲

شکل ۴-۱۸ ساختار آنتن های کپسولی شبیه سازی شده ۸۳

شکل ۴-۱۹ پترن تشعشعی آنتن های کپسولی با تغذیه (الف) مایکرواستریپی (ب) ترکیبی (ج) ترکیبی و رولایه ای از جنس Peek ۸۳

شکل ۴-۲۰ ضرایب بازتاب آنتن های کپسولی شکل ۴-۱۵ ۸۴

شکل ۴- ۲۱ : (الف) ضریب بازتاب (ب) پترن تشعشعی باند اول (ج) پترن تشعشعی باند دوم آنتن کپسولی با تغذیه کواکسیالی (شکل (۴-۱۸)) در داخل بدن انسان ۸۶

شکل ۴- ۲۲ تغییرات نرخ جذب ویژه در (الف) باند فرکانسی اول (ب) باند فرکانسی دوم ۸۷

شکل ۴- ۲۳ نمودار ضریب بازتاب آنتن های ۷ و ۸ (پچ هر دو آنتن، پچ آنتن ۱ جدول (۴-۵)، ضخامت زیرلایه آن ها به ترتیب 0.14mm و 0.175mm، ضریب دی الکتریک زیرلایه ها به ترتیب 4.4 و 4.2 است) ۸۸

شکل ۴- ۲۴ نمودار مسیر جریان آنتن ۸ (با پچ آنتن ۱ جدول (۴-۵)، ضخامت زیرلایه 0.175mm، ضریب دی الکتریک 4.2) (الف) در باند اول (ب) در باند دوم ۸۸

شکل ۴- ۲۵ نمودار ضریب بازتاب آنتن ۸ (با پچ آنتن ۱ جدول (۴-۵)، ضخامت زیرلایه 0.175mm، ضریب دی الکتریک 4.2) پس از تنظیم برای باندهای MICS و ISM (به ترتیب شامل بازه های فرکانسی 402-405MHz و 2.4-2.5GHz) ۸۹

شکل ۴- ۲۶ (الف) آنتن کانفورمال ۸، تطبیق شده بر روی زیرلایه کپسولی با مشخصات الکتریکی زیرلایه آنتن صفحه ای ۸ (ب) ضریب بازتاب آنتن کانفورمال ۸ ۸۹

شکل ۴- ۲۷ پترن تشعشعی آنتن کانفورمال ۸ در باند فرکانسی (الف) اول (ب) دوم ۹۰

شکل ۴- ۲۸ نمودار ضریب بازتاب آنتن ۹، قبل و بعد از تنظیم برای باند فرکانسی ISM (2.4-2.5GHz) ۹۰

شکل ۴- ۲۹ ساختار آنتن ۱۱ (آنتن ۷ شکل (۴-۱۳) چاپ شده بر روی زیرلایه کپسولی هشت وجهی از جنس FR4 با ضخامت 0.25mm و شامل خط انتقالی برای تنظیم فرکانس) ۹۱

شکل ۴- ۳۰ مقایسه ضریب بازتاب آنتن های ۱۰ و ۱۱ ۹۱

فهرست جداول

- جدول ۱-۲ لیستی از پاسخ صریح معادله ژئودزیک برای برخی سطوح دارای انحنا [۲۸] ۲۵
- جدول ۱-۳ پارامترهای آنتن HCFD [۵۲] ۵۷
- جدول ۲-۳ ساختار آنتن های PMD [۵۲] ۵۸
- جدول ۳-۳ پارامترهای تشعشعی آنتن های PMD [۵۲] ۵۹
- جدول ۳-۴ عملکرد آنتن مرجع [۵۴] در قسمت های مختلف بدن اشخاص متفاوت ۶۰
- جدول ۱-۴ بررسی اثر نیم کره های کپسول در مدهای رزونانسی ساختار ۶۷
- جدول ۲-۴ بررسی تاثیر تعداد ضلع های آنتن های چندوجهی در مدهای رزونانسی آن ها ۶۹
- جدول ۳-۴ بررسی تاثیر تعداد ضلع های آنتن های چندوجهی در پارامترهای تشعشعی آن ها ۷۱
- جدول ۴-۴ پترن تشعشعی آنتن های چندوجهی مختلف در رزونانس های اول و دوم آن ها ۷۲
- جدول ۴-۵ پارامترهای ساختاری و فرکانس رزونانس اول آنتن های سینوسی صفحه ای شبیه سازی شده ۷۵
- جدول ۴-۶ خصوصیات بافت های بدن در باند MICS (402-405MHz) [۵۸] ۸۴
- جدول ۴-۷ خصوصیات بافت های بدن در باند ISM (2.4-2.5GHz) [۵۸] ۸۵

فصل اول: مقدمه

آنتن کانفورمال آنتنی است که بر روی سطحی تطبیق داده می شود و شکل این سطح بیش از این که با ملاحظات الکترومغناطیسی (مثل شکل بیم یا پوشش زاویه ای) مشخص شود، با در نظر گرفتن شرایط مورد استفاده تعیین می شود. در سال های اخیر، آنتن های کانفورمال به دلیل قابلیت های بالایی که دارند، توجه زیادی را به خود جلب کرده اند.

در یک هواپیمای مدرن برای هدایت هواپیما، ارتباط با سیستم های مخابراتی مختلف، فرود آمدن، ارتفاع سنجی رادار و ... تعداد زیادی آنتن مورد نیاز است. روشن است که این آنتن ها، بار زیادی را به هواپیما تحمیل کرده و مشخصات دینامیکی آن را تحت تاثیر قرار می دهند. بنابراین مجتمع کردن آن ها بر روی سطح هواپیما، بسیار مطلوب است. در این حالت، شکل زیرلایه آنتن همان شکل قسمت های مختلف هواپیماست. به عنوان مثال، آنتن مورد استفاده در دماغه هواپیما برای کاربردهای راداری، سطح کروی دارد در حالی که آنتن تطبیق شده روی بال هواپیما، تقریباً بیضی وار است. بدنه هواپیما را می توان با یک سطح با انحنای دوطرفه مدل کرد.

کاربرد دیگر آنتن های کانفورمال وقتی است که نیاز به میدان دید وسیعی داریم. هر آنتن صفحه ای یک قطاع ۱۲۰ درجه ای از کره را پوشش می دهد. بنابراین، برای داشتن میدان دید ۳۶۰ درجه ای نیاز به سه آنتن صفحه ای مجزا داریم. استفاده از یک آنتن کانفورمال استوانه ای به جای سه آنتن صفحه ای، علاوه بر فراهم آوردن میدان دید ۳۶۰ درجه ای، ساختاری فشرده تر و کم هزینه تر را نتیجه می دهد.

کاربرد جالب توجه دیگری که می توان به آن اشاره کرد، استفاده از آنتن های کانفورمال برای تشخیص بیماری ها است. آنتن های مورد استفاده در زمینه پزشکی، انواع مختلفی دارند. به عنوان مثال می توان به نمونه هایی اشاره کرد که در قسمت های مختلف بدن انسان کاشته می شوند و اطلاعات مهمی چون دمای بدن، فشار خون و ضربان قلب را به فرستنده ارسال می کنند. آندوسکوپی کپسولی جایگزین بسیار مناسبی برای آندوسکوپی های دردناک سیمی است و در تشخیص بیماری های دستگاه گوارش بسیار موثر است. مهم ترین بخش مخابراتی سیستم آندوسکوپی کپسولی، آنتن آن است که بر روی کپسول کوچکی تطبیق می شود. علت انتخاب شکل زیرلایه به صورت کپسولی، تسهیل بلعیدن کپسول توسط بیمار و تسهیل حرکت کپسول در رگ های بدن است. همچنین، در زمینه تحلیل آنتن های کانفورمال روش های زیادی ارائه شده است. یکی از این راه ها استفاده از روش جداسازی متغیرها و بیان راه حل مساله به صورت مدال یا سری های متناوب است. این روش برای شکل های خاصی مثل استوانه دایروی، استوانه بیضوی، کره و تعداد محدودی ساختار دیگر قابل استفاده است و برای ساختارهای پیچیده تر، مثل ساختارها با تقارن دورانی یا با سطح

مقطع دلخواه، اگر غیرممکن نباشد، بسیار دشوار است. در حالت کلی برای تحلیل یک ساختار منحنی شکل دلخواه، می توان از روش های عددی مثل ممان، تفاضل محدود، المان محدود و ... استفاده کرد اما استفاده از این روش ها به لحاظ محاسباتی طولانی است. روش نگاشت کانفورمال ابزار دیگری برای مطالعه ساختارهای منحنی شکل است. در این روش، ناحیه ای از فضا به ناحیه دیگری که تحلیل آن ساده تر است، نگاشت می یابد. این روش فقط برای ساختارها با انحنای یک طرفه و با مد شبه TEM قابل استفاده است. همچنین، روش های مجانبی مانند تئوری پراش هندسی و تئوری پراش یکنواخت، روش های تقریبی هستند که با فرض انتشار موج در مسیر نور، میدان های تقریبی نقاط مختلف فضا را نتیجه می دهند. در روش های مجانبی، منحنی های ژئودزیک از اهمیت ویژه ای برخوردارند. واضح است که هر یک از روش های اشاره شده، خصوصیات منحصر به فردی دارند که آن ها را برای استفاده در مساله خاصی مناسب می کند. این بدان معنی است که در مسایل پیچیده، ترکیبی از روش ها باید مورد استفاده قرار گیرد که روش ترکیبی نامیده می شود.

هدف از این پایان نامه، طراحی آنتن کانفورمال فشرده جدید برای کاربرد آندوسکوپی کپسولی است. پایان نامه، به صورت زیر سازمان یافته است. در فصل دوم، پس از آشنایی با سیستم آندوسکوپی کپسولی، مروری بر پژوهش های پیشین در مورد طراحی و تحلیل آنتن های کانفورمال خواهد شد. به دلیل پایین بودن فرکانس کاری اختصاص داده شده توسط FCC به این کاربرد، ابتدا انواع تکنیک های کوچک سازی مطرح شده و سپس چگونگی بررسی اعتبار آنتن طراحی شده در محیط واقعی عملکرد آن مرور خواهد شد. در نهایت، روش های تحلیل آنتن های کانفورمال شامل روش های مبتنی بر نگاشت ها، روش های تقریبی و روش های تمام موج معرفی خواهند شد. همچنین، نحوه به دست آوردن تابع گرین محیط های لایه ای استوانه ای و کره ای با استفاده از توابع موج برداری، شرح داده شده و تابع گرین پتانسیل های اسکالر و برداری در این محیط ها، به صورت بسته بیان خواهد شد. روش تحلیل ارائه شده در این قسمت براساس روش ممان با استفاده از توابع پایه و توزین RWG است که لازمه آن مش بندی مثلثی ساختار است. در فصل سوم، پس از بررسی عملکرد آنتن ها با زیرلایه های چندوجهی، تاثیر جهت جریان سیم های مجاور در کوچک سازی آنتن های مارپیچی مرور خواهد شد. در این فصل، عملکرد تقسیم کننده توان اتصال T مورد بررسی قرار گرفته و مثال هایی از نحوه طراحی آنتن های کپسولی که در طراحی آنتن جدید مورد استفاده قرار گرفته است، آمده است. فصل چهارم به نحوه طراحی آنتن کپسولی چندوجهی جدیدی برای باندهای فرکانسی MICS و ISM که در هر دو باند پترن همه جهتی دارد؛ می پردازد. عملکرد آنتن در هر دو باند فرکانسی، در داخل بدن و از لحاظ نرخ جذب ویژه، ارزیابی شده است. در نهایت، فصل پنجم به نتیجه گیری کلی و ارائه پیشنهادهایی برای پژوهش های آینده اختصاص داده شده است.

فصل دوم: مروری بر پژوهش های

پیشین

تعداد بیماران مبتلا به سرطان های مربوط به دستگاه گوارش روز به روز در حال رشد است. اکثر این سرطان ها اگر در مراحل اولیه تشخیص داده شوند، قابل درمان هستند. از آن جا که روده کوچک حدود هفت متر طول دارد و مسیر آن بسیار به هم پیچیده است؛ با استفاده از تکنولوژی های سیمی نمی توان از آن تصویر برداری نمود. آندوسکوپی بی سیم کپسولی که در سال ۲۰۰۱ پیشنهاد شده، از یک سیستم فرستنده-گیرنده^۱ بی سیم برای تهیه تصاویر پزشکی از قسمت های مختلف دستگاه گوارش انسان استفاده می کند [۱]. کپسول بلعیده شده توسط بیمار، مسیر دستگاه گوارش را در حالی که تصاویر گرفته شده توسط دوربین را مرتبا به گیرنده ارسال می کند؛ می پیماید [۲]. هدف از این بخش، معرفی سیستم آندوسکوپی کپسولی و به طور خاص آنتن های کپسولی است. ابتدا مسایل مربوط به طراحی و اعتبارسنجی آنتن های کپسولی، معرفی شده و سپس مثال های مختلفی از انواع آنتن های کانفورمال برای آشنایی با روال طراحی آن ها ارائه خواهد شد.

۱-۲ آندوسکوپی کپسولی

آندوسکوپی کپسولی^۲ روش نوینی برای تشخیص بیماری های دستگاه گوارش است که آنتن مورد استفاده در آن بر روی سطح کپسول تطبیق داده می شوند و باید توسط بیمار بلعیده شوند. شکل (۲. ۱)، سیستم مورد استفاده در آندوسکوپی سیمی و آندوسکوپی کپسولی را نشان می دهد [۳].

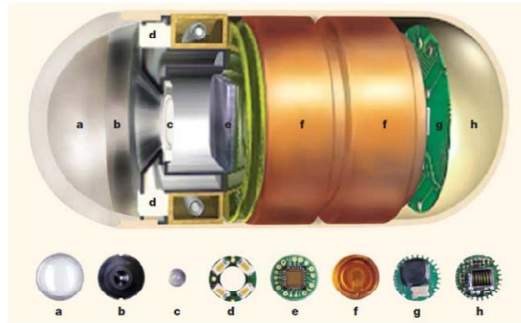
^۱ Transceiver

^۲ Wireless Capsule Endoscopy(WCE)



شکل ۱-۲ سیستم آندوسکوپی سیمی و آندوسکوپی کپسولی [۳]

مهم ترین معایب آندوسکوپی سیمی، دردناک بودن آن و عدم پوشش قسمت های مختلف دستگاه گوارش به دلیل محدود بودن طول سیم سیستم آندوسکوپی است. سیستم آندوسکوپی کپسولی از قسمت های نشان داده شده در شکل (۲.۲) تشکیل یافته است [۳]:



شکل ۲-۲ قسمت های مختلف سیستم آندوسکوپی کپسولی [۳]

۱. نیم کره نوری ۲. نگهدارنده لنز ۳. لنز با فاصله کانونی کوچک ۴. دیود نوری
۵. دوربین CMOS ۶. باتری ها ۷. فرستنده رادیویی ۸. آنتن.

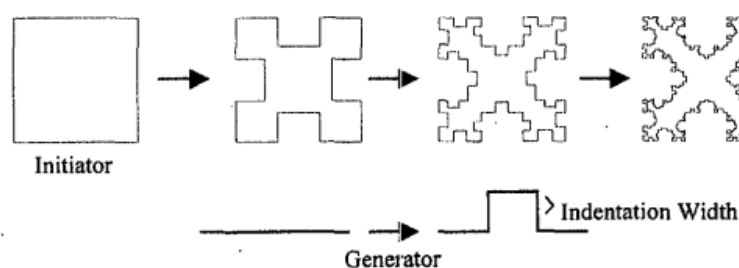
طراحی آنتن برای آندوسکوپی کپسولی نسبت به سایر آنتن های پزشکی و غیرپزشکی چالش برانگیز تر است چراکه در این کاربرد، باید مسائل و محدودیت های خاصی مد نظر قرار گیرد. به عنوان مثال، از آن جا که اندازه فیزیکی کپسول محدود و فرکانس کاری نسبتا پایین است، انتخاب شکل مناسب برای پیچ بسیار تعیین کننده است. همچنین، سیستم آندوسکوپی، علاوه بر آنتن، اجزای الکترونیکی دیگری نیز دارد که عملکرد آنتن را تحت تاثیر قرار می دهند. در نهایت، عملکرد سایر آنتن ها در محیط خلا مورد شبیه سازی و اندازه گیری قرار می گیرد در حالی که محیط عملکرد کپسول محیطی تلفاتی و با خصوصیات الکتریکی وابسته به فرکانس بدن است [۴]. در ادامه، هریک از مسائل فوق به تفصیل مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۱-۲ محدودیت اندازه فیزیکی کپسول

برای رسیدن به ویژگی های مورد نیاز در سیستم های آندوسکوپی کپسولی، استفاده از پچ هایی مثل دوقطبی و حلقه ناکارآمد هستند؛ چراکه مهم ترین مساله در طراحی آنتن های کپسولی، کوچک بودن اندازه فیزیکی زیرلایه است. به عنوان مثال، در فرکانس کاری 1.4GHz طول موج فضای آزاد λ تقریباً 125mm است. از آن جا که بزرگترین طول کپسول اندکی بزرگتر از 21.5mm است، استفاده از یک تکنیک کوچک سازی ضروری است. کوچک سازی به معنای استفاده بهینه از فضای آنتن و فراهم آوردن طول الکتریکی بزرگ است. آنتن های کوچک، معمولاً مقاومت ورودی کمی دارند. با افزایش طول موثر، مقاومت ورودی نیز افزایش می یابد که اگر این مقاومت به خوبی با مدار داخل کپسول تطبیق شود، به تشعشع موثرتری منجر خواهد شد [۳]. از انواع تکنیک های کوچک سازی، ساختارهای فرکتالی و بارگذاری شده شرح داده می شوند.

۱-۱-۱-۲ ساختارهای فرکتال

یکی دیگر از تکنیک های کوچک سازی، استفاده از ساختار فرکتال در طراحی آنتن است. این ساختارها، به روش بازگشتی تولید و ساختاری خود متشابه شامل بی نهایت مسیر بسیار کوچک را نتیجه می دهند که با افزایش طول موثر آنتن، باعث کوچک سازی می گردند. ساختار فرکتال Minkowski در شکل (۳.۲) نمایش داده شده است. نقطه شروع ایجاد این ساختارها، مربع اقلیدسی است که هریک از چهار ضلع آن با مولدی که در شکل (۳.۲) نمایش داده شده است، جایگزین می گردد. این کار می تواند تا بی نهایت مرحله ادامه یابد. اما می توان نشان داد که در کاربردهای عملی، می توان مراحل تولید را در عدد کوچکی قطع کرد که به معنای رسیدن به هدف کوچک سازی بدون پیچیده کردن ساختار از لحاظ تحلیلی و ساخت است [۵].



شکل ۳-۲ مراحل تولید ساختار فرکتال Minkowski [۵]

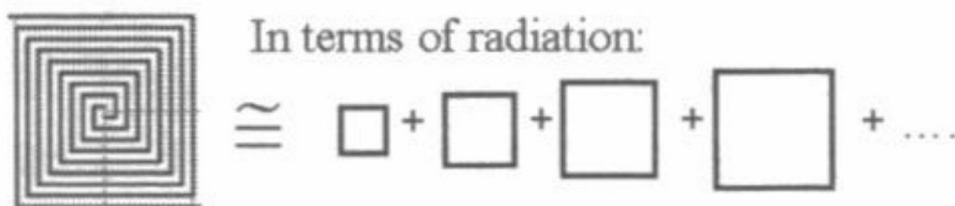
یک روش طراحی آنتن های کانفورمال فرکتال، طراحی آنتن فرکتال صفحه ای و سپس تطبیق آن روی سطح مورد نظر، با در نظر گرفتن تاثیر شعاع انحنای ساختار در پارامترهای تشعشی آنتن است. آنتن فرکتال تطبیق شده روی یک نیم کره به این روش در [۶] طراحی شده است. در [۷] آنتن کانفورمال استوانه ای فرکتال در نظر گرفته شده و تاثیر تغییر پارامترهای هندسی آنتن در مشخصات تشعشی آن بیان شده است. نتایج مقاله نشان می دهد که آنتن ها با تعداد مراحل فرکتالی مختلف، خاصیت چند فرکانسی از خود نشان می دهند ولی تناوبی بین رزونانس ها مشاهده نمی شود.

همچنین، با افزایش تعداد تکرارها، فرکانس رزونانس باند اول کاهش می یابد. لبه های طولانی تر منجر به طول موج های رزونانسی بزرگتر و شیفت در فرکانس رزونانس می گردند. در نهایت، مشخصات رزونانسی آنتن ها به شعاع استوانه وابسته نیست. با افزایش تدریجی ضریب نفوذپذیری نسبی زیرلایه و ثابت نگه داشتن سایر پارامترها می توان مشاهده کرد که فرکانس رزونانس آنتن کاهش می یابد؛ چراکه ضریب نفوذپذیری بزرگ باعث می شود که ساختار به لحاظ الکتریکی بلندتر شود. هرچه زاویه کمانی که پیچ اشغال می کند بزرگتر شود، فرکانس رزونانس کوچکتر می گردد.

۲-۱-۱-۲ بارگذاری دی الکتریکی و بارگذاری با المان های گسترده

در یک آنتن با اندازه معلوم، کم کردن سرعت جریان باعث شیفت نمودار امپدانس به فرکانس های پایین می گردد. مقدار شیفت در فرکانس به ازای کم شدن سرعت، با اسکیل کردن به دست نمی آید. همچنین، در این حالت به دلیل تفاوت زیاد در سرعت موج در آنتن و در فضای آزاد، مقاومت تشعشی به شدت کاهش و ضریب کیفیت به شدت افزایش می یابد. با بررسی امپدانس خودی آنتن دو قطبی با تغذیه متقارن در محل ماکزیمم جریانش به روش EMF القایی می توان نتیجه گرفت که قسمت حقیقی امپدانس با کوچک سازی به شدت کاهش می یابد؛ در حالی که قسمت موهومی آن (که بر ضریب کیفیت اثر می گذارد) غالب می شود.

یکی دیگر از روش های کوچک سازی، بارگذاری دی الکتریکی ساختار است. اما این روش چندین ایراد مهم دارد. اولاً، باعث به وجود آمدن هدایت های ناخواسته (مثل موج سطحی، رزونانس دی الکتریک و ...) در ساختار می شود که عملکرد آنتن را تضعیف می کند. ثانیاً، طراحی به دلیل محدودیت در انتخاب دی الکتریک ها و دشواری های مربوط به تغییر آن ها، محدود خواهد شد. ثالثاً، بارگذاری دی الکتریک باعث افزایش حجم و وزن آنتن می گردد. برای بررسی اثر بارگذاری در تشعشع آنتن، می توان آنتن اسپیرالی مطابق شکل (۲.۴) را در نظر گرفته و آن را به صورت مجموعه ای از حلقه های هم مرکز با اندازه های مختلف مدل کرد. برای بررسی انتشار موج، ساختار با خط انتقالی که به شکل اسپیرال تغییر یافته، مدل می شود. بنابراین، می توان اندوکتانس در واحد طول، ظرفیت خازنی در واحد طول و مقدار تضعیف خط انتقال را تعیین نمود. مدل بیان شده، دوگانی بین خصوصیات ماده (μ, ϵ) و المان های مداری (C, L) را برای طراحی پیشنهاد می کند. بنابراین، این امکان وجود دارد که از المان های فشرده، به جای دی الکتریک برای تغییر خصوصیات امپدانس و انتشار موج در آنتن ها استفاده کرد [۸].



شکل ۲-۴ مدلسازی تشعشع آنتن اسپیرال با مجموعه ای از حلقه ها [۸]

۲-۱-۲ اجزای الکترونیکی داخل کیپسول

در بخش ۲-۱ دیدیم که سیستم آندوسکوپی کیپسولی، علاوه بر آنتن، المان های الکترونیکی دیگری نیز دارد. روشن است که این المان ها بر خصوصیات تشعشی آنتن تاثیر می گذارند. بزرگترین عنصر داخلی کیپسول است و بیشترین تاثیر را در عملکرد آن خواهد داشت. شبیه سازی های انجام شده در [۱] نشان می دهد که قرار دادن باتری عملکرد آنتن را تغییر نمی دهد ولی فرکانس رزونانس آنتن به سمت بالا شیفیت خواهد یافت.

۳-۱-۲ تاثیر بافت های بدن بر عملکرد آنتن کیپسولی

تئوری آنتن های کلاسیک، آنتن را در محیط غیر هادی با ضریب نفوذپذیری واحد که معمولا هوا یا خلا است؛ تعریف می کند ولی آنتن کیپسولی در داخل بدن با بافت های آن احاطه می شود. واضح است که عملکرد آنتن کیپسولی که برای فضای آزاد طراحی شده، با قرار گرفتن در بدن انسان، به هم می خورد؛ چراکه ثابت دی الکتریک و ضریب هدایت دو محیط تفاوت زیادی با همدیگر دارد. به دلیل زیاد بودن ضریب دی الکتریک بدن، فرکانس تنظیم شده به سمت بالا، شیفیت پیدا خواهد کرد. همچنین، ضریب هدایت بدن انسان باعث پهن باند تر شدن آنتن می گردد [۱].

از بحث های فوق می توان نتیجه گرفت که برای این که عملکرد آنتن در فضای کاری واقعی آن آزمایش شود؛ باید داخل بدن انسان شبیه سازی گردد. مدل های مختلفی برای بدن انسان ارائه شده است. در مدل تک لایه می توان با متوسط گیری از ضرایب دی الکتریک و ضرایب هدایت بدن در فرکانس های مختلف مورد بررسی، بدن را با ماده ای با ضریب دی الکتریک و ضریب هدایت معلوم مدل کرد [۹]. در [۱۰]، بدن به صورت استوانه دایروی چندلایه که لایه داخلی ماهیچه، لایه دوم چربی و لایه آخر پوست است، مدل شده است. استفاده از استوانه بیضوی، به جای استوانه دایروی در مدل چندلایه، به نتایج واقعی تری منجر خواهد شد. همچنین، مدل های آماده ای برای بدن انسان در نرم افزار HFSS وجود دارد که از خصوصیات آن می توان به دقت میلی متری، دارا بودن بیش از 300 جزء (شامل استخوان ها، مفاصل و سایر اعضا) و پارامترهای ساختاری وابسته به فرکانس اشاره کرد. همچنین، از آن جا که طولانی ترین قسمت در دستگاه گوارش، روده کوچک است؛ بهتر است در شبیه سازی آنتن کیپسولی را در آن محل قرار داد. شکل (۲. ۵)، مدل تک لایه و مدل دقیق بدن انسان را نشان می دهد.