دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق – مخابرات

استفاده از سطوح انتخابگر فرکانس برای بهبود خصوصیات تشعشعی آنتن میکرواستریپ

دانشجو:

احسان بیرانوند

استاد راهنما:

دکتر مجید افصحی

شهریور ۹۳

تقدیم به:

آنان که بودنشان، هست های مرا رقم زدند...

به پدرم که از هیچ مهری فروگذار نبود...

به مادرم که مهربان ترین آفریده خداست...

با تشکر از استاد گرانقدر:

دکتر مجید افصحی که با راهنمایی های خود مرا در پیشبرد اهداف این پایان نامه یاری نمودند. و بارها با متانت خود به من درس زندگی آموختند، این چنین نقشی زیبا از ایشان همواره در ذهنم باقی خواهند ماند.

چکیده

در این پایان نامه به بررسی، تحلیل و طراحی ساختار انتخابگر فرکانس به منظور بهبود عملکرد تشعشعی آنتن پچ میکرواستریپ می‌پردازیم. این عمل منجر به تولید آنتن فبری پروت می‌شود. آنتن-های فبری پروت با فناوری‌های سطوح انتخاب گر فرکانس، سطوح باند ممنوعه الکترومغناطیسی و ساختارهای فرا ماده ساخته می‌شوند. فرم آنتن های فبری پروت به این گونه است که المان تشعشعی بین دو صفحه بازتاب کننده شدید قرار می‌گیرد. قرار دادن یک منبع، که در اینجا یک آنتن پچ است، بین دو صفحه بازتاب کننده می‌تواند جهت دهی بالای آنتن را به وجود آورد. آنتن های فبری پروت مزایای زیادی از جمله فناوری ساخت آسان، ابعاد کوچک و جهت دهی بالای آنتن را دارا هستند. ولی معایبی نیز از جمله کاهش پهنای باند آنتن نیز دارا هستند. در این پایان نامه ضمن ذکر روش های مختلف طراحی آنتن فبری پروت و تحلیل روش های موجود بهترین طراحی را برای نیل به مقصود مد نظر که افزایش بهره و پهنای باند آنتن است، را ارائه خواهیم کرد. برای این منظور سه نوع طراحی را مورد بررسی قرار دادیم، که شامل طراحی انواع ساختارهای انتخابگر فرکانس تک لایه، طراحی ساختارهای انتخابگر فرکانس دو لایه و استفاده از ساختار انتخابگر فرکانس در رولایه و زیرلایه آنتن می‌شود. هر سه ساختار طراحی، شبیه سازی و عملکرد تشعشعی آنها با هم مقایسه شده است .در پایان طبق نتایج بدست آمده بهترین ساختار معرفی و نتایج آن بررسی گردیده است.

آنتن فبری نهایی ارائه شده در این پایان نامه در باند X طراحی شده است و برای این آنتن ما به حداکثر افزایش پهنای باند ٪۴۴/۷ و حداکثر افزایش گین ۱/۶ dB رسیدیم

واژگان کلیدی: آنتن فبری پروت، ساختار انتخابگر فرکانس، ساختار باند ممنوعه الکترومغناطیسی.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱ اهمیت ۱

۱-۲ اهداف ۲

۱-۳ ساختار کلی پایان نامه ۳

فصل دوم: مفاهیم پایه ای و تئوری تحلیل آنتن فبری پروت ۴

۲-۱ مقدمه ۴

۲-۲ نحوه عملکرد آنتن میکرواستریپ ۶

۲-۲-۱ روش های تغذیه ۷

۲-۲-۲ پارامترهای اصلی آنتن ۱۱

۲-۳ فبری پروت ۱۴

۲-۳-۱ تئوری فبری پروت ۱۶

۲-۳-۲ تحلیل آنتن فبری پروت ۱۷

۲-۴ روشهای انجام شده در طراحی آنتن فبری پروت ۲۰

۲-۴-۱ آنتن فبری پروت با صفحه های انتخابگر فرکانس چند لایه به عنوان رولایه ۲۱

۲-۴-۲ استفاده از رولایه و زیر لایه انتخابگر فرکانس ۲۲

۲-۴-۳ استفاده از سطوح انتخابگر فرکانس چند لایه در زیر لایه آنتن ۲۴

۲-۴-۴ استفاده از شبکه تغذیه آرایه ای و غیر همسطح با صفحه زمین در فبری پروت ۲۵

۲-۴-۵ ساختارهای زمین ناقص ۲۶

فصل سوم: بررسی و طراحی ساختارهای انتخابگر فرکانس ۳۰

۳-۱ مقدمه ۳۰

۳-۲ تحلیل ساختارهای پریودیک ۳۱

۳-۲-۱ مقدمه ۳۱

۳-۲-۲ بدست آوردن باند ممنوعه الکترومغناطیسی ۳۱
۳-۲-۳ استفاده از ساختارهای باند ممنوعه الکترومغناطیسی برای بهبود عملکرد آنتن ۳۷
۳-۳ طراحی سطوح انتخابگر فرکانس ۴۴
۳-۳-۱ دستهبندی سطوح انتخابگر فرکانس بر اساس شکل ساختار ۴۴
۳-۳-۲ روشهای تحلیل و طراحی سطوح انتخابگر فرکانس ۴۷
۳-۴ شبیه سازی در نرم افزار ۴۹
فصل چهارم: طراحی و شبیه سازی ۵۵
۴-۱ مقدمه ۵۵
۴-۲ طراحی و شبیهسازی آنتن میکرو استریپ ۵۵
۴-۲-۱ روش های طراحی آنتن میکرو استریپ ۵۵
۴-۲-۲ شبیه سازی آنتن میکرو استریپ ۵۷
۴-۳ طراحی سطوح انتخابگر فرکانس ۶۰
۴-۴ طراحی آنتن فبری پروت با رو لایه انتخابگر فرکانس ۶۲
۴-۵ بهبود پهنای باند آنتن فبری پروت با استفاده از سطوح انتخابگر فرکانس ۶۷
۴-۵-۱ استفاده از سطوح انتخابگر فرکانس در زیرلایه آنتن میکرواستریپ ۶۷
۴-۵ -۲ استفاده از سطوح انتخابگر فرکانس دو لایه در طراحی آنتن فبری پروت ۷۳
۴-۶ مقایسه با کارهای انجام شده ۷۸
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۱
۵-۱ نتیجه گیری ۸۱
۵-۲ پیشنهادات ۸۲
فهرست منابع ۸۳
واژه نامه ۸۸

فهرست اختصارات و سمبلها

dB	Decibel
dBi	Decibel-isotropic
DGS	Defected Ground Structure
DNG	Double Negative
DPS	Double Positive
EBG	Electromagnetic Band-Gap
ENG	ε-Negative
PBG	Photonic Band-Gap
FPC	Fabry Perot Cavity
FPI	Fabry Perot Interferometer
FSS	Frequency Selective Surface
GHz	Giga Hertz
ISM	Industrial, Scientific and Medical
LF	Left-Handed
MNG	μ- Negative
PEC	Perfect Electric Conductor
PMC	Perfect Magnetic Conductor
PRS	Partially Reflecting Surface
SRR	Split Ring Resonator
TE	Transverse Electric
TEM	Transverse Electromagnetic
TM	Transverse Magnetic

فهرست جداول

جدول ۳-۱ بررسی پارامترهای ساختارهای FSS بر اساس شکل ساختار ۴۷

جدول ۳-۲ ابعاد سلول واحد ساختار FSS شکل ۳-۲۴ ..... ۵۲

جدول ۴-۱: پارامترهای آنتن میکرواستریپ ۵۹

جدول ۴-۲: ابعاد سلول واحد پچ مستطیلی رولایه FSS..... ۶۱

جدول ۴-۳: پهنای باند و گین آنتن فبری پروت برای رولایه FSS های مختلف ۶۶

جدول ۴-۴: مقایسه نتایج پایان نامه با مرجع [۲۷] ۷۹

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱: چهار روش تغذیه آنتن میکرواستریپ (الف) کواکسیال، (ب) میکرواستریپ، (ج) تزویج مجاورتی، (د) تزویج روزنه ای ۸

شکل ۲-۲: نمودار امپدانس مشخصه تغذیه کواکسیال بر حسب ba [۸]..... ۹

شکل ۲-۳: نمودار امپدانس مشخصه خط تغذیه میکرو استریپ بر حسب w/h ۱۰

شکل ۲-۴: آنتن فبری پروت با تغذیه کواکسیال ۱۵

شکل ۲-۵: امواج بازتابی در داخل محفظه تشدید فبری پروت [۲۲] ۱۶

شکل ۲-۶: برخورد موج عمودی به دی الکتریک با ضخامت d..... ۱۹

شکل ۲-۷: آنتن فبری پروت با سطوح انتخابگر فرکانس چند لایه ۲۱

شکل ۲-۸: مدار معادل ساختار انتخابگر فرکانس شکل ۲-۷..... ۲۲

شکل ۲-۹ آنتن فبری پروت با رولایه و زیر لایه FSS [۲۹] ۲۳

شکل ۲-۱۰: آنتن فبری پروت با زیر لایه EBG [۳۶] ۲۳

شکل ۲-۱۱: استفاده از چند سطح FSS در زیر لایه آنتن [۳۷] ۲۴

شکل ۲-۱۲: آنتن فبری پروت الف)تغذیه پچ غیر همسطح، ب)شبکه تغذیه آرایهای و ج)شبکه تغذیه آرایهای غیر همسطح ۲۶

شکل ۲-۱۳: مدار معادل آنتن میکرو استریپ ۲۸

شکل ۲-۱۴: مدار معادل فیلتر با اضافه شدن نقص..... ۲۸

شکل ۳-۱: بلور فوتونی یک بعدی و پاسخ آن به دو طول موج متفاوت ۳۲

شکل ۳-۲: ساختارهای پریودیک یک بعدی، دوبعدی و سه بعدی ۳۲

شکل ۳-۳: نمایش ساختار لایه ای متناوب در یک بعد ۳۴

شکل ۳-۴: سلول واحد بدست آمده با روش ویگنر- سایتزسمت راست شبکه ی مربعی (دو سلول واحد هم ارز در وسط و بالا) سمت چپ شبکه گرافیت (دو سلول واحد هم ارز در وسط و بالا) ۳۶

شکل ۳-۵: سمت راست ناحیه برلویین و سمت چپ ناحیه برلویین کاهش ناپذیر..... ۳۷

شکل ۳-۶: سمت راست ناحیه باند ممنوعه برای ساختار گرافیت دو بعدی و سمت چپ منحنی باند ممنوعه برای ساختار سه بعدی [۵۳-۵۵] ۳۷
شکل ۳-۷: آنتن تشدید کننده با بهره بالا با استفاده از ساختارهای باند ممنوعه الکترومغناطیسی ... ۳۹
شکل ۳-۸: کاهش کوپلینگ متقابل در آنتن میکرو استریپ آرایه ای با سطوح انتخابگر فرکانس (همگی ابعاد بر حسب میلیمتر) ۴۰
شکل ۳-۹: سلول واحد سطح انتخابگر فرکانس که برای کاهش کوپلینگ متقابل به کار رفته است (همگی ابعاد بر حسب میلیمتر) ۴۱
شکل ۳-۱۰: فاز امواج منعکسی از سطح انتخابگر فرکانس ما بین عناصر آنتنی ۴۲
شکل ۳-۱۱: تاثیر تغییر ابعاد آریههای سطوح انتخابگر فرکانس بر مقدار امواج انتقالی و بازتابی ۴۲
شکل ۳-۱۲: تاثیر تغییر ابعاد آریههای سطوح انتخابگر فرکانس بر فاز امواج انتقالی و بازتابی ۴۲
شکل ۳-۱۳: فاز بازتاب و انتقال امواج در سطح انتخابگر فرکانس در FSS بهینه شده ۴۳
شکل ۳-۱۴: پارامترهای اسکترینگ در آنتن بهینه طراحی شده با هشت آرایه FSS ۴۳
شکل ۳-۱۵: پارامترهای اسکترینگ در آنتن بهینه طراحی شده با هشت و چهار آرایه FSS ۴۴
شکل ۳-۱۶: انواع فیلترهای طراحی شده با استفاده از FSS به ترتیب از راست به چپ : FSS میان نگذر با عناصر پچ حلقه دایروی، FSS میانگذر با عناصر روزنه دایروی، FSS بالاگذر با عناصر پچ مربعی، FSS پایین گذر با عناصر روزنه مربعی، FSS چند باندی با عناصر فراکتال. ۴۵
شکل ۳-۱۷: انواع ساختارهای FSS بر اساس شکل و اندازه عناصر ۴۶
شکل ۳-۱۸: مدار معادل ساختارهای FSS ۴۸
شکل ۳-۱۹: سلول واحد اورشلیم کراس طراحی شده در نرمافزار HFSS ۵۰
شکل ۳-۲۰: تغذیه سلول واحد توسط پورت فلوکه ۵۱
شکل ۳-۲۱ سلول واحد ساختار FSS طراحی شده با استفاده از الگوی شکل اورشلیم کراس ۵۲
شکل ۳-۲۲: مقدار بازتابش و انتقال امواج از سطح FSS طراحی شده با نرم افزار HFSS ۵۳
شکل ۳-۲۳: فاز بازتابش و انتقال امواج از سطح FSS طراحی شده با نرمافزار HFSS ۵۳
شکل ۳-۲۴: نحوه تعیین سطوح مرزی سلول واحد به صورت PEC و PMC ۵۴

شکل ۴-۱: کارآیی و پهنای باند آنتنهای میکرواستریپ در ارتفاع های مختلف زیرلایه ε بیانگر ضریب دیالکتریک، BW پهنای باند، e_{cdsw} کارآیی می باشند. ۵۷
شکل ۴-۲: آنتن میکرو استریپ شبیه سازی شده با استفاده از نرمافزار HFSS..... ۵۸
شکل ۴-۳: منحنی افت برگشتی آنتن میکرواستریپ..... ۵۸
شکل ۴-۴: الگوی تشعشعی آنتن میکرو استریپ الف) در صفحه E ب) در صفحه H ۵۹
شکل۴-۵: سلول واحد پچ مستطیلی سطح رولایه FSS..... ۶۰
شکل ۴-۶: فاز بازتابش امواج از سطح FSS..... ۶۱
شکل ۴-۷:مقدار بازتاب و انتقال امواج از سطح FSS ۶۲
شکل ۴-۸: آنتن فبری پرت با رولایه FSS..... ۶۳
شکل ۴-۹: الگوی تشعشعی بهره آنتن مایکرواستریپ با رولایه متشکل از پچهای فلزی ساده..... ۶۳
شکل ۴-۱۰: الگوی تشعشعی مولفه φ آنتن فبری پروت با رولایه متشکل از پچهای فلزی ساده ۶۴
شکل ۴-۱۱: الگوی تشعشعی مولفه θ آنتن فبری پروت با رولایه متشکل از پچهای فلزی ساده..... ۶۴
شکل ۴-۱۲: الگوی تشعشعی بهره کلی آنتن فبری پروت با رولایه متشکل از پچهای فلزی ساده ۶۴
شکل ۴-۱۳: تلفات بازگشتی آنتن فبری پروت با رولایههای FSS ارائه شده در جدول ۴-۳ ..... ۶۵
شکل ۴-۱۴: سلول واحدهای سطوح FSS ارائه شده در جدول ۴-۳ ابعاد همگی بر حسب میلیمتر است. الف) سلول واحد حلقهی مربعی. ب) سلول واحد روزنه مستطیلی. ج) سلول واحد کراس شکل د) سلول واحد حلقهی دایروی..... ۶۷
شکل ۴-۱۵: چگونگی گسترش امواج الکترومغناطیسی مابین ساختار FSS در رولایه و زیرلایه آنتن فبری پروت ۶۸
شکل ۴-۱۶: سلول واحد ساختار FSS استفاده شده در رولایه آنتن فبری پروت (همگی ابعاد برحسب میلیمتر)..... ۶۸
شکل ۴-۱۷: سلول واحد ساختار FSS استفاده شده در زیرلایه آنتن فبری پروت (همگی ابعاد برحسب میلیمتر)..... ۶۸
شکل ۴-۱۸:ابعاد آنتن میکرواستریپ ۶۹

شکل ۴-۱۹: آنتن فبری پروت با زیر لایه و رولایه FSS طراحی شده در نرمافزار HFSS..... ۷۰
شکل ۴-۲۰: فاز امواج بازتابی از رولایه FSS ۷۰
شکل ۴-۲۱: مقدار امواج بازتابی از سطح FSS..... ۷۱
شکل ۴-۲۲: فاز امواج بازتابی از سطح FSS استفاده شده در زیر لایه آنتن میکرواستریپ ۷۱
شکل ۴-۲۳: تلفات بازگشتی آنتن فبری پروت بدون زیر لایه FSS و آنتن با زیر لایه FSS و آنتن بدون زیرلایه و رولایه FSS..... ۷۲
شکل ۴-۲۴: منحنی گین آنتن فبری پروت با رولایه و زیر لایه FSS در صفحهE ۷۲
شکل ۴-۲۵: منحنی گین آنتن فبری پروت با رولایه و زیر لایه FSS در صفحهH..... ۷۳
شکل ۴-۲۶: منحنی گین بر حسب فرکانس برای آنتن میکرواستریپ با زیرلایه و رولایه FSS و آنتن بدون زیرلایه و رولایه FSS..... ۷۳
شکل ۴-۲۷: سطح FSS دو لایه. الف) سلول واحد FSS. ب) مدارمعادل سلول واحد FSS دولایه... ۷۴
شکل ۴-۲۸: مدار معادل سلول واحد ساختار FSS. الف)مدار معادل روزنه. ب)مدار معادل پچ. ۷۵
شکل ۴-۲۹: سلول واحد FSS دولایه. الف) پچ استفاده شده در روی لایهی FSS. ب) روزنه استفاده شده در زیر لایهی FSS. ۷۶
شکل ۴-۳۰: الگوی تشعشعی آنتن فبری پروت طراحی شده با ساختار FSS دولایه مکمل ۷۷
شکل ۴-۳۱: منحنی تلفات بازگشتی آنتن فبری پروت با استفاده از رولایه FSS دولایه و بدون استفاده از رولایه FSS. ۷۷
شکل ۴-۳۲: الگوی تشعشعی آنتن بدون رولایه FSS و به همراه رولایه FSS. الف) الگوی تشعشعی صفحه E. ب) الگوی تشعشعی صفحه H..... ۷۸
شکل۴-۳۳: آنتن فبری پروت با رولایه دو رو پچ و روزنه مربعی در دو طرف ساختار انتخابگر فرکانس مربوط به مرجع [۲۷] ۷۹
شکل ۴-۳۴: آنتن فبری پروت با رولایه دو رو پچ و روزنه مربعی در دو طرف ساختار انتخابگر فرکانس مربوط به مرجع [۲۶] ۸۰

فصل اول: مقدمه

۱-۱ اهمیت

سیستم ها و ادوات مخابراتی از دیرباز برای برقراری ارتباط میان بشر به وجود آمده اند. با گذشت زمان و شکل گیری تدریجی دانش بشریت راه های برقراری ارتباط و به تبعه آن وسایل مخابراتی شکلی پیشرفته تر و گسترده تر به خود گرفتند. گسترش و پیشرفت این دانش روابط ارتباطی و زندگی روزمره تک تک انسان ها را متاثر کرده است. وسایل ارتباطی و ظهور صنعت مخابرات با ورود سیستم های مخابرات سیمی وارد عرصه نوین شد. ولی همچنان محدودیت های ارتباطات به خاطر لازم بودن تجهیزات گسترده وجود داشت. اما ارتباطات بی سیم بر تمام محدودیت های اولیه مخابرات غلبه کرد. ارتباطات بیسیم با انتشار امواج الکترومغناطیس در فضای آزاد، نیازمند آنتن های جهت دار می‌باشد. از این رو بهبود عملکرد تشعشعی آنتن ها بسیار با اهمیت می‌باشد و می‌توان گفت که بدون وجود یک آنتن کارآمد، انتقال بی سیم اطلاعات بین دو نقطه از فضا دشوار و یا غیر ممکن است. در سالهای اخیر طراحی آنتن هایی با جهت دهی بالا مورد توجه طراحان قرار گرفته است. در روشهای سنتی، دستیابی به آنتن هایی با جهت دهی بالا اغلب توسط تکنیک تغذیه آرایهای محقق شده است، این در حالی است که این روش، به منظور تقسیم توان بین آرایه ها، به ناچار تلفات و پیچیدگی ساخت را به دنبال خواهد داشت. در نتیجه دستیابی به آنتنی با جهت دهی بالا در کنار سیستم تغذیه منفرد همواره در طراحیها مورد توجه بوده است.

استفاده از ساختارهای انتخابگر فرکانس[۱] در آنتن پچ[۲] باعث به وجود آمدن تششعاتی ما بین آنتن و ساختار انتخابگر فرکانس میشود که بستگی به نوع کار برد و مکان استفاده از آن باعث بروز تغییراتی در پارامترهای تشعشعی آنتن می‌شود. عمده استفاده از ساختارهای انتخاب گر فرکانس هم برای

[۱] Frequency Selective Surface (FSS)

[۲] Patch Antenna

بهبود گین[1] آنتن پچ و هم افزایش جهت‌دهی آن به عنوان رولایه است که در این صورت یک محفظه تششدید فبری پروت[2] به وجود می آید که باعث افزایش گین و کاهش پهنای باند خواهد شد.

در سال ۱۹۵۶ نخستین بار تارانتینی[3] یک ساختار محفظه تشدید فبری پروت را به منظور افزایش جهت دهی آنتن ارائه نمود . این روند طراحی با بهینه سازی پارامترهای ساختار فبری پروت از جمله محل قرارگیری تغذیه بین دو صفحه، طراحی نوع رولایه و ...برای افزایش بیشترجهت دهی آنتن تا به امروز ادامه داشته است. و به همین دلیل ساختارهای مختلف طراحی و ساخته شده است که هر کدام معایب و مزایایی داشته اند. همین معایب موجب محدودیت های در استفاده و ساخت این آنتن ها شده است در این پایان نامه سعی شده است مدلی ارائه گردد که در عین فراهم آوردن نتایج مطلوب دارای ساختار ساده باشد و فناوری ساخت ساده ای را بطلبد.

۱-۲ اهداف

با وجود مزایای زیاد آنتنهای فبری پروت ازجمله سادگی طرح در کنار افزایش جهت‌دهی آنتن، استفاده از این ساختارها معایبی را نیز خواهد داشت .محدودیت اصلی این آنتنها کاهش پهنای باندی است که ایجاد می‌نمایند .هدف اصلی این پایان نامه ارائه الگویی که ضمن سادگی در طراحی و ساخت امکان افزایش جهت دهی و پهنای باند را دارا باشد. در همین راستا ساختارهایی به شرح زیر طراحی و شبیه شده است:

- ✓ استفاده از ساختارهای انتخابگر فرکانس تک لایه در آنتن فبری پروت
- ✓ استفاده از ساختار انتخابگر فرکانس در رولایه[4] و زیرلایه آنتن فبری پروت
- ✓ استفاده از ساختارهای انتخابگر فرکانس دو لایه در آنتن فبری پروت

هر سه ساختار بالا در ادامه طراحی وشبیه سازی شده است سپس هرسه ساختار از نظر عملکرد تشعشعی بهتر باهم مقایسه شده و بهترین ساختار معرفی گردیده است .البته از ساختارهای زمین ناقص در آنتن های فبری پروت برای افزایش پهنای باند استفاده می‌شود که موجب کاهش شدید

[1] Gain
[2] Fabry Perot Cavity
[3] Trentini
[4] Superstrate

جهت دهی آنتن می شود. به همین دلیل سعی شده است با استفاده از طراحی های مختلف در چارچوب سه روش فوق بهترین ساختار را ارائه کنیم.

۱-۳ ساختار کلی پایان نامه

در فصل اول مقدمه ی از آنتن‌های فبری پروت، مزایا و معایب این آنتنها بیان شده است .اهداف و ساختار کلی پایان نامه شامل نیز در این فصل به اختصار توضیح داده شده است.

فصل دوم با بیان مقدمه ای از آنتن‌ها، اهمیت استفاده از آنتنهای فبری پروت در کاربردهای آنتنهای جهت دار مطرح شده است. تئوری آنتنهای فبری پروت و روش های طراحی و مروری بر کارهای گذشته نیز در این فصل عنوان شده است.

در فصل سوم به بررسی ساختارهای انتخابگر فرکانس و ساختار باند ممنوعه الکترومغناطیسی[۱] و فرامواد پرداخته و ویژگی اساسی این ساختارها به اختصار توضیح داده می‌شود. و روش های تحلیل و پارامترهای مهم در طراحی این ساختارها و نمونه‌های طراحی شده، آورده شده است.

در فصل چهارم طراحیهای مختلف آنتن فبری پروت بر اساس روشهای تئوری مطرح شده در فصل های قبل جهت افزایش پهنای باند و جهت دهی آنتن فبری پروت انجام شده است. شبیه سازیها با نرم افزار Ansoft HFSS[2] انجام است.

در فصل پنجم مقایسه و تحلیل نتایج ساختارهای مختلف آنتن فبری پروت صورت گرفته و بهترین ساختار معرفی گردیده است. نتیجه گیری و جمع بندی فعالیت های انجام گرفته در این پایان نامه به همراه ارائه جنبه های تحقیق در آینده نیز در فصل ششم مطرح شده است.

---

[۱] Electromagnetic Band Gap (EBG)

[۲] Ansoft’s High Frequency Structure Simulator HFSS

فصل دوم: مفاهیم پایه ای و تئوری تحلیل آنتن فبری پروت

۲-۱ مقدمه

برای تزویج خروجی یک فرستنده و یا ورودی یک گیرنده به فضا نوعی سیستم واسطه ضروری است. ساختمان این سیستم باید طوری باشد که توانایی تشعشع امواج الکترومغناطیسی و یا دریافت آنها را داشته باشد. آنتن چنین سیستمی است و این سیستم برای تبدیل جریان فرکانس زیاد به امواج الکترومغناطیسی و یا بالعکس بکار برده می شود. معمولا آنتن از یک جسم فلزی، اغلب به صورت سیم یا مجموعه ای از سیمها درست شده است. در گستره امواج رادیویی [۱] مکانیسم های واقعی تشعشع را می توان توسط معادلات ماکسول [۲] بطور کمی تشریح نمود. مطالعه رفتار جریان یک سیم نشان می دهد که تمام انرژی اعمال شده به یک سر سیم به انتهای آن نرسیده و قسمتی از آن فرار می کند یعنی تشعشع حاصل می شود. همچنین میتوان رابطه ریاضی برای این انرژی فراری بدست آورد، که در نتیجه نه فقط میزان انرژی بلکه جهات یا جهات تشعشع آن مشخص می شود.

اولین آنتن را هرتز پروفسور آلمانی ساخت. او توانست در سال ۱۸۸۶ علائم الکتریکی داده شده به دو قطبی را در فاصله ای از آن در فضا توسط یک حلقه ی سیمی چهار گوش دریافت کند. این اختراع هرتز که او را به عنوان پیشگام و پدر بی سیم لقب داد تا زمانی که مارکونی ایتالیایی موفق به ساخت آنتن های بزرگتر و تولید فرکانس های بالاتر و به طبع آن امکان ارسال اطلاعات به مسافت های دورتر شد، به عنوان یک پدیده آزمایشگاهی باقی ماند [۱].

آنتن مورد بررسی شده در پایان نامه آنتن پچ میکرواستریپ [۳] است، نظریه تئوری آنتن های میکرو استریپ ابتدا در سال ۱۹۵۰ ارائه شد [۲]. اولین آنتن علمی در سال ۱۹۷۰ که دارای یک مدل تئوری از طلا و مس و ثابت دی الکتریک با محدوده وسیع و جاذب دمای کم و تانژانت تلفات کم، ساخته شد [۳]. تحقیقات و پیشرفت گسترده ای در رابطه با آنتن های میکرو استریپ صورت پذیرفت. دلیل عمده بخت بلند این آنتن ویژگی های خوب و تا حدودی منحصر به فرد آن بود. ویزگی هایی از قبیل

---

[۱] Radio Frequency

[۲] Maxwell's Equations

[۳] Microstrip Patch Antenna

وزن سبک، حجم کم، هزینه پایین و کارایی قابل قبول از دلایل پیشرفت آن محسوب می‌شد. ساده ترین آنتن میکرواستریپ از یک پچ فلزی مستطیلی بر روی دی الکتریک تشکیل شده است. در کاربردهایی نظیر ماهواره ها، فظاپیماها، هواپیماها و کاربردهای موشکی که محدودیت های وزن و نصب وجود دارد بهترین گذینه استفاده از آنتن های میکرواستریپ است. این آنتن ها اغلب به طور مجتمع با دیگر مدار های مایکروویوی ساخته می‌شوند [۴].

امروزه انواع ماهواره‌ها حاوی آنتن های با طول موج سانتیمتر در مدارهای مختلف در حال چرخش به دور زمین بوده و ارتباط رادیویی بین نقاط مختلف کره زمین را تامین می نماید .همچنین به کمک آرایه های آنتن دریافت تصاویر، علائم و اطلاعات از نقاط مختلف فضایی با فاصله های بسیار دور ممکن شده است.

به طور کلی می توان گفت که بدون وجود یک آنتن کارآمد، انتقال بی سیم اطلاعات بین دو نقطه از فضا دشوار و یا غیر ممکن است.

با قرار دادن آنتن مناسب در انتهای تغذیه علاوه بر امکان تبدیل انرژی، این آنتن موجب تطبیق امپدانسی بین خط و فضا خواهد شد .این تطبیق هرچقدر بیشتر باشد، انرژی بیشتری به فضا انتقال خواهد یافت. در صورت عدم تطبیق کامل بخشی از انرژی رسیده به آنتن مجددا به طرف فرستنده برگشت داده خواهد شد .این انرژی برگشتی علاوه بر کاهش بهره توان ارسالی، موجب اختلال در کار فرستنده و خرابی آن خواهد شد.

یک آنتن می تواند یک سیم تنها یا یک حلقه هادی باشد که توسط یک منبع ولتاژ تحریک می شود، یا سوراخی در انتهای یک موجبر و یا یک آرایه پیچیده ای از این عناصر تشعشعی که به صورت مناسبی ترتیب یافته باشند.

از جمله مشخصات پر اهمیت یک آنتن پرتو، جهت دارندگی، امپدانس و پهنای باند را می توان نام برد. امروزه آنتن ها از نظر نوع، ابعاد و شکل با توجه به کاربرد های متعدد آنها، بسیار متنوع هستند. با توجه به فرکانس کاری، پهنای باند آنتنی و پلاریزاسیون شکل و ابعاد آنتن ها تعیین می شود .فرکانس یا طول موج مهمترین عامل جهت تعیین نوع و شکل آنتن ها می‌باشد.

در سیستم های پیشرفته یک آنتن باید از لحاظ ساختاری برای بهترین عملکرد بهینه شده یا برای امور خاصی از جمله تشعشع در چند باند فرکانسی یا در مسیرهای مشخص، تغییر ساختار دهد.

بنابراین یک آنتن میتواند جهت داشتن کاربردهای گوناگون و متنوع در فرمهای مختلفی از جمله یک سیم نازک، یک دریچه، یک پچ تشعشعی، یک بازتابنده و یا حتی به صورت گروهی(آنتنهای آرایه ای) نشان داده شود. پس به طور کلی یک طراحی خوب و بهینه برای آنتن، کیفیت عملکرد سیستم را پیشرفت داده و نیازهای سیستم را در یک مورد بر طرف می‌نماید [۵].

۲-۲ نحوه عملکرد آنتن میکرواستریپ

این آنتن ها برای کاربرد هایی که باید برجستگی های آنتن کم باشد و در فرکانس های بالاتر از ۱۰۰MHz ($\lambda_0<۳m$) متداول شده است. این انتن از یک تکه فلزی مستطیلی واقع بر یک لایه دی الکتریک نازک موسوم به زیر لایه[۱] تشکیل می‌شود. زیر لایه دی الکتریک صفحه زمین قرار دارد. این آنتن های پچ را می توان به روش زدایش نوری ساخت، و به همین خاطر برای تولید انبوه و ارزان قیمت مناسب هستند [۶].

انتخاب نوع هندسه این آنتنها بر اساس نوع مشخصات تشعشعی آنتن مورد نظر می باشد.به عنوان مثال قطعات مستطیلی،مربعی و دایره ای معمولا به علت مشخصات تشعشعی خوبشان مورد استفاده قرار می گیرند.در حالیکه در جاهایی که پهنای باند وسیعتر مورد نیاز است از انتنهای نیم موج استفاده می شود.تمامی این اشکال هندسی سبب شکل دهی مناسب آنتنها از نظر زیبایی خواهند شد و می توانند بر روی هر سطح فلزی مسطح یا غیر مسطح واقع شوند.به همین علت در سالهای اخیر دارای کاربرد بیشتری در ارتباطات بیسیم شده اند. این آنتن ها با وجود مقبولیت بالای انها بعلت طبیعت تطبیق پذیر یشان، دارای محدودیت های ذاتی نیز می باشند. که این معایب شامل امپدانس کوچک پهنای باند(ضریب کیفیت Q بالا) و بهره و کارآیی پایین می باشد. به همین منظور برای غلبه بر این محدودیت ها از سطوح انتخابگر فرکانس تحت روش فبری پروت استفاده شده است. که ضمن برطرف کردن این محدودیت ها ساختاری بهینه برای بهبود کاستی های این روش نیز ارائه داده است.

[۱] substrate

۲-۲-۱ روش های تغذیه

همانطور که قبلا اشاره شد، آنتنهای میکرواستریپ متشکل از یک قطعه فلزی در بالای یک صفحه رسانای زمین که توسط یک زیرلایه دی الکتریک کم اتلاف از هم جدا شده اند، می‌باشند. مکان تغذیه نسبت به شکل هندسی پچ، توسط مشخصه تشعشعی آنتن که در واقع حالت توزیع میدان در آنتن می باشد، تعیین می گردد. حالت های مختلفی برای این آنتنها پیشنهاد شده است. به همین ترتیب برای تغذیه پچ در آنتن های میکرو استریپ روش های متفاوتی وجود دارد. که چهار شیوه مربوطه در شکل (۲-۱) نشان داده شده است. تطبیق بین آنتن و خط تغذیه اصلی ترین پارامتر در طراحی سیستم تغذیه آنتن است. هر چقدر این تطبیق بیشتر باشد تلفات کمتری در انتقال توان وجود خواهد داشت و آنتن نیز پهنای باند گسترده تری را پوشش می‌دهد. دست یابی به این تطبیق با انتخاب مناسب مکان خط بر روی آنتن و ابعاد تغذیه امکان پذیر است. البته مکان تغذیه ممکن است بر خواص تشعشعی آنتن تاثیر بگذارید.

چهار روش متداول برای تغذیه موجود است:

۱- خطوط میکرو استریپ[۱]

۲- کابل هم محور (کواکسیال)[۲]

۳- تزویج روزنه ای[۳]

۴- تزویج مجاورتی[۴]

[۱] Microstrip Line
[۲] Coaxial Probe
[۳] Aperture Coupling
[۴] Proximity Coupling