بسم الله الرحمن الرحيم

٨ - ١٢/ ١٢/ ١٣٨٧

٤٦٧٠٦

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
گروه مهندسی مخابرات

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در مهندسی برق- مخابرات گرایش میدان و امواج

عنوان

طراحی و بهینه سازی آنتن آرایه ای بیضوی مایکرواستریپی برای کاربردهای DCS

استاد راهنما
دکتر سعید نیک مهر

استاد مشاور
دکتر اصغر کشتکار

۱۳۸۷/۲/۱۸

پژوهشگر
رسول روحی لاله

بهمن ۱۳۸۶

۴۶۷۵

بسمه تعالی

دانشگاه: تبریز

دانشکده: مهندسی برق و کامپیوتر

عنوان :

طراحی و بهینه سازی آنتن آرایه ای بیضوی مایکرواستریپی برای کاربردهای DCS

Design and optimization of elliptical microstrip patch array antenna for Digital communication system application

استاد راهنما : دکتر سعید نیک مهر

دانشجو : رسول روحی لاله

این پروژه تحت قرارداد پژوهشی شماره ۱۰۷۸۷/۵۰۰/ت مورخ ۸۶/۷/۲۳ از پشتیبانی معنوی و مادی مرکز تحقیقات مخابرات ایران بهره‌مند شده است.

۱۳۸۷ /۲/ ۸

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که همواره در تمام مراحل زندگی،

پناهگاه امنی برای من بوده و با حمایت‌ها

و تشویق‌های پرمهرشان موجبات شکوفایی

جوانه‌های علم و دانش را در وجودم فراهم آورده‌اند.

تقدیر و تشکّر:

حمد و سپاس خداوند را که به نام او کار را آغاز کردیم و به یاری حضرتش به پایان رساندیم.

در اینجا بر خود وظیفه می‌دانم تا از زحمات و راهنمایی‌های بی‌دریغ استادراهنمای گرامی جناب آقای دکتر سعید نیک مهر که در تمام مراحل پژوهش، یاری‌گر و پشتیبان بنده بودند، تشکر و قدردانی نمایم.

هم‌چنین از مشاور گرانقدر جناب آقای دکتر اصغر کشت کار به خاطر راهنمایی‌های ارزنده‌شان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از کلّیه‌ی استادان بزرگوار گروه مهندسی مخابرات دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز که در طول تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد در کلاس درس ایشان شاگردی نمودم، قدردانی و تشکر می‌کنم.

هم‌چنین جا دارد که از پدر، مادر، خواهر، برادر و همسر عزیزم که در این مدت با سعه‌ی صدر خود، بنده را تحمل کردند و هر یک به نحوی در انجام این پایان‌نامه یاری‌گر من بودند، قدردانی نمایم.

از دوستان عزیزم آقایان مهندس علی پور زیاد، مهندس احسان خداپناه، مهندس علیرضا صمیمی، مهندس مجتبی کیانی، مهندس امیر علیپور و مهندس علی زنده لاله که همیشه مشوق من بوده‌اند، تشکر و قدردانی می‌کنم و از خدای متعال برایشان سعادت و بهروزی طلب می‌نمایم.

لازم به ذکر است که این پژوهش با پشتیبانی مادّی و معنوی مرکز تحقیقات مخابرات ایران انجام گرفته است. بدین‌وسیله از مرکز تحقیقات مخابرات ایران به دلیل این پشتیبانی، تشکر و قدردانی می‌کنم.

نام خانوادگی : روحی لاله نام : رسول

عنوان پایان نامه : طراحی و بهینه سازی آنتن آرایه ای بیضوی مایکرواستریپی برای کاربردهای DCS

استاد راهنما : دکتر سعید نیک مهر – دانشگاه تبریز
استاد مشاور : دکتر اصغر کشتکار- دانشگاه تبریز

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی برق گرایش: مخابرات- میدان و امواج
دانشگاه: تبریز دانشکده: فنی- مهندسی برق و کامپیوتر
تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۱بهمن ماه سال ۱۳۸۶ تعداد صفحه: ۲۰۶

کلید واژه ها: پچ بیضوی، مایکرواستریپ، ایستگاه مستقر، آرایه، سطح لوب کناری، کوپلینگ متقابل، بهره، پترن تشعشعی

چکیده:

در این پایان نامه، طراحی المان آنتن مناسب برای ایستگاههای مستقر سیستم های مخابرات سیار در باند فرکانسی (۱۷۱۰-۱۸۸۰ MHz) DCS ، به منظور تامین پهنای باند فرکانسی ($VSWR \prec 2$) و ایجاد یک آرایه از این عنصر که بتواند کوپلینگ متقابل را کاهش دهد و بدست آوردن بهره لازم که مورد نیاز در سیستم های مخابرات سیار است را برآورده نماید، و همچنین سطح لوب کناری را در پترن تشعشعی تا حد امکان کاهش بدهیم، مد نظر بوده است. بدین منظور آنتن با پچ بیضوی به دلیل داشتن ماهیت پهن باند انتخاب شده است. روش به کار رفته در این پایان نامه، شبیه سازی با استفاده از نرم افزار IE3D V10 است که بر مبنای روش عددی تمام موج و روش مومنت (Full wave & Moment) می باشد. این نرم افزار با دقت خوبی به مدلسازی و حل مسئله می پردازد. برای اطمینان از نتایج بدست آمده، ساختار مورد نظر با نرم افزار HFSS V10 که بر مبنای روش عددی Finite element می باشد مقایسه شده است.

نتایج بدست آمده در این پایان نامه به شرح زیر است:

با بررسی آرایه۱۶×۱ از آنتن پچ بیضوی، توانستیم به گین مطلوب ایستگاههای مخابرات سیار که برابر ۱۳/۲ دسی بل می باشد برسیم. همچنین در این آرایه موفق شدیم با تنظیم فاصله بین عناصر آرایه، سطح لوب

کناری را تا حدود ۱۹- دسی بل کاهش دهیم که این کاهش سطح لوب کناری (SLL)، کوپلینگ متقابل بین عناصر آرایه را کاهش می دهد. در این آرایه توانستیم به پهنای باند امپدانسی ۵۱ درصد نسبت به فرکانس مرکزی یا ۱۱۳۰ مگا هرتز برسیم که این پهنای باند، علاوه بر احاطه کردن باند DCS ، باند UMTS2000 را نیز در بر می گیرد.

فهرست مطالب:

مقدمه ۱
فصل اول ۳
بررسی منابع ۳
۱-۱ مقدمه ای بر آنتن های مایکرواستریپ ۴
۱-۲ تغذیه آنتن های مایکرواستریپ ۶
۱-۲-۱ تغذیه با خط مایکرواستریپ ۷
۱-۲-۲ تغذیه با کابل کواکسیال ۸
۱-۲-۳ Aperture Coupling ۹
۱-۲-۴ proximity Coupling ۱۰
۱-۳ آنتن های مایکرواستریپ فشرده ۱۱
۱-۴ تعاریف پهنای باند آنتنهای مایکرواستریپ ۱۷
۱-۴-۱ اثرات پارامترهای زیر لایه بر روی پهنای باند ۱۷
۱-۴-۲ انتخاب شکل پچ مناسب ۲۰
۱-۴-۳ تکنیک چند مدی multimoding ۲۱
۱-۴-۴ افزایش پهنای باند با استفاده از المان های پشته ای ۲۲
۱-۴-۵ افزایش پهنای باند با استفاده از شبکه تطبیق امپدانس ۲۶
۱-۴-۶ بارگذاری مقاومتی ۲۷
۱-۵ نسل های مختلف در مخابرات سیار ۲۸
۱-۶ امواج روی مایکرواستریپ ها ۳۰
۱-۶-۱ امواج فضایی ۳۰
۱-۶-۲ امواج سطحی ۳۰
۱-۶-۳ امواج نشتی ۳۱
۱-۷ آنتن های مایکرواستریپ compact برای ایجاد پلاریزاسیون دایروی ۳۱
۱-۷-۱ ایجاد slot متقاطع با طولهای نابرابر در پچ مثلثی ۳۲
۱-۷-۲ ایجاد اسلات Y شکل با طولهای نابرابر در پچ مثلثی ۳۹
۱-۷-۳ ایجاد slit در پچ های مختلف برای تولید پلاریزاسیون دایروی ۴۲
۱-۷-۳-۱ایجاد یک slit برای پچ های دایروی و مربعی ۴۲
۱-۷-۳-۲ ایجاد یک slit برای پچ مثلثی ۴۵
۱-۷-۳-۳ ایجاد دو slit در پچ برای تولید پلاریزاسیون دایروی ۴۷
۱-۷-۳-۴ ایجاد چهار slit در پچ مربعی برای تولید پلاریزاسیون دایروی ۵۱
۱-۷-۳-۵ ایجاد چهار slit در پچ دایروی برای تولید پلاریزاسیون دایروی ۵۴
۱-۷-۳-۶ ایجاد چهارslit در پچ مربعی با گوشه‌های بریده شده برای تولید

پلاریزاسیون دایروی ۵۵
۱-۷-۳-۷ ایجاد چهار slit در پچ مربعی با یک چیپ مقاومتی برای
تولید پلاریزاسیون دایروی ۵۷
۱-۷-۴ بریدن گوشه های پچ حلقه مربعی برای تولید پلاریزاسیون دایروی ۵۹
۱-۷-۵ بریدن گوشه های پچ حلقه مثلثی برای تولید پلاریزاسیون دایروی ۶۱
۱-۷-۶ بریدن گوشه های پچ مربعی با چهار اسلات خمیده برای تولید
پلاریزاسیون دایروی ۶۳
۱-۷-۷ ایجاد stub در پچ های مختلف برای تولید پلاریزاسیون دایروی ۶۵
۱-۷-۷-۱ ایجاد استاب در پچ دایروی ۶۵
۱-۷-۷-۲ ایجاد استاب در پچ حلقه مربعی ۶۷
۱-۷-۷-۳ ایجاد استاب در پچ مثلثی ۶۹
۱-۷-۸ استفاده از تغذیه wilkinson power divider برای تولید پلاریزاسیون
دایروی پهن باند ۷۱
۱-۷-۸-۱ استفاده از دو تغذیه پروب gap-coupled ۷۱
۱-۷-۸-۲ استفاده از دو تغذیه capacitively coupled ۷۴
۱-۷-۹ تولید پلاریزاسیون دایروی برای دو باند فرکانسی در پچ مربعی ۷۷
۱-۸ تولید پلاریزاسیون دایروی پهن باند در دو باند فرکانسی با پچ بیضوی ۸۱
فصل دوم ۸۴
مواد و روش ها ۸۴
۲-۱ آرایه ها ۸۵
۲-۲ آرایه های خطی با فاصله گذاری یکسان و تحریک یکنواخت ۹۴
۲-۳ امپدانس متقابل ۹۷
۲-۴ تغذیه آرایه های مایکرواستریپی ۱۰۱
۲-۴-۱ شبکه تغذیه متحد (Corporate feed network) ۱۰۱
۲-۴-۲ شبکه تغذیه سری (Series feed network) ۱۰۳
۲-۵ تئوری توزیع جریان و تشعشع در ساختارهای مایکرواستریپی با پچ بیضوی ۱۰۵
۲-۶ محاسبه فرکانس رزونانس برای پچ بیضوی ۱۱۳
۲-۷ فرمول های طراحی خطوط مایکرواستریپ ۱۱۴
۲-۷-۱ ضریب دی الکتریک موثر ۱۱۴
۲-۷-۲ طول موج ۱۱۵
۲-۷-۳ امپدانس مشخصه ۱۱۶
۲-۷-۴ امپدانس مشخصه خط انتقال مبدل ربع طول موج ۱۱۷
۲-۷-۵ معادلات سنتز ۱۱۷

۲-۸ روش طراحی و شبیه سازی المان پایه ۱۱۹
فصل سوم ۱۲۱
بحث و نتایج ۱۲۱
۳-۱ مراحل طراحی و نتایج طراحی المان آنتن باند DCS ۱۲۲
۳-۱-۱ استفاده از روابط موجود برای آنتن پچ دایروی و تبدیل به پچ بیضوی ۱۲۲
۳-۱-۲ استفاده از روابط تقریبی برای طراحی پچ بیضوی ۱۲۶
۳-۲ شبیه سازی تک عنصر آنتن پچ بیضوی با تغذیه پراب ۱۲۷
۳-۳ شبیه سازی تک عنصر آنتن پچ بیضوی با خط تغذیه مایکرواستریپ ۱۳۱
۳-۴ طراحی آرایه ها ۱۳۶
۳-۴-۱ طراحی آرایه۲×۱ با آنتن پچ بیضوی ۱۳۹
۳-۴-۱-۱ مقایسه نتایج آرایه۲×۱ پچ بیضوی با آرایه۲×۱ پچ دایروی ۱۴۷
۳-۴-۲ طراحی آرایه۴×۱ با پچ بیضوی ۱۴۹
۳-۴-۲ طراحی آرایه۸×۱ با پچ بیضوی ۱۵۹
۳-۴-۳ طراحی آرایه۱۶×۱ با پچ بیضوی ۱۶۸
۳-۴-۳-۱ مقایسه نتایج آرایه۱۶×۱ پچ بیضوی با آرایه۴×۴ پچ مستطیلی ۱۷۴
فصل چهارم ۱۷۷
نتیجه گیری و پیشنهاد ۱۷۷
مراجع ۱۸۰

فهرست جدول ها :

جدول (۱-۱) مزایا و معایب چهار نوع خط تغذیه ۱۱
جدول (۱-۲) مقایسه پهنای باند ۲= $VSWR$ ، $\varepsilon_r = 2.32, h = 1.59\ mm, f = 2\ GHz.$ ۲۱
جدول (۱-۳) پهنای باند برای باند های فرکانسی شناخته شده ۲۹
جدول (۱-۴) عملکرد پلاریزاسیون دایروی برای آنتن پچ مثلثی با طول اسلات های متفاوت ۳۷
جدول (۱-۵) خلاصه نتایج برای آنتن پچ مثلثی با اسلات Y شکل و بدون اسلات Y شکل ۴۱
جدول (۱-۶) خلاصه نتایج برای آنتن پچ مثلثی با یک slit ۴۷
جدول (۱-۷) نتایج بدست آمده از آنتن های پچ حلقه دایروی با تغذیه از
مرز پچ داخلی و خارجی ۵۱
جدول (۱-۸) نتایج حاصل شده برای پچ مربعی با طول slit های مختلف ۵۴
جدول (۱-۹) نتایج به دست آمده برای چهار نوع طراحی در آنتن پچ مربعی ۵۵
جدول (۱-۱۰) نتایج حاصل شده برای پچ مربعی با گوشه های بریده شده
با سه طرح پیشنهادی ۵۶
جدول (۱-۱۱) مقایسه نتایج آنتن پچ مربعی با چیپ مقاومتی و بدون چیپ مقاومتی ۵۹
جدول (۱-۱۲) مقایسه نتایج حاصل با آنتن پچ حلقه مربعی بدون گوشه های بریده شده ۶۱
جدول (۱-۱۳) مقایسه نتایج حاصل با آنتن پچ حلقه مثلثی بدون گوشه بریده شده ۶۲
جدول (۱-۱۴) نتایج حاصلَ از آنتن های ۳،۲،۱ و مقایسه این نتایج با آنتن رفرنس ۶۴
جدول (۱-۱۵) عملکرد پلاریزاسیون دایروی برای چهار طرح پیشنهادی
و مقایسه آن با آنتن رفرنس ۶۹
جدول (۱-۱۶) عملکرد پلاریزاسیون دایروی برای آنتن شکل ۱-۷۰(a) ۷۰
جدول (۱-۱۷) عملکرد پلاریزاسیون دایروی برای آنتن شکل ۱-۷۰(b) ۷۱
جدول (۱-۱۸) عملکرد پلاریزاسیون دایروی برای آنتن شکل ۱-۷۰(c) ۷۱
جدول (۱-۱۹) عملکرد پلاریزاسیون دایروی برای آنتن شکل ۱-۸۰ ..... ۷۹
جدول (۳-۱) طول و عرض خطوط تغذیه مایکرواستریپ مورد استفاده در آنتن پچ بیضوی ۱۳۲
جدول (۳-۲) طول و عرض خطوط تغذیه مایکرواستریپ مورد استفاده در شکل ۳-۱۶ ..... ۱۳۹
جدول (۳-۳) طول و عرض خطوط تغذیه مایکرواستریپ مورد استفاده در شکل ۳-۱۷ ..... ۱۴۰
جدول (۳-۴) طول و عرض خطوط مایکرواستریپ برای ساختار شکل ۳-۲۱ ..... ۱۴۳
جدول (۳-۵) مقادیر طول و عرض خطوط مایکرواستریپ برای ساختار آرایه۴×۱ ..... ۱۵۰
جدول (۳-۶) طول و عرض خطوط مایکرواستریپ به کار رفته در شکل ۳-۴۲ ..... ۱۵۵
جدول (۳-۷) طول و عرض خطوط مایکرواستریپ برای ساختار شکل ۳-۴۳ ..... ۱۵۷
جدول (۳-۸) طول و عرض خطوط مایکرواستریپ در ساختار شکل ۳-۴۸ ..... ۱۶۰

فهرست شکل ها :

شکل ۱-۱ ساختار آنتن مایکرواستریپ ۵

شکل ۱-۲ a) پچ با زیر لایه $\varepsilon_r = 3$ و h=1.524mm b) پچ با

زیر لایه $\varepsilon_r = 28.2$ و h=4.75mm ۶

شکل۱-۳ تغذیه با خط مایکرواستریپ ۷

شکل۱-۴ تغذیه با کابل کواکسیال ۸

شکل۱-۵ تغذیه با کوپلینگ روزنه ای ۹

شکل۱-۶ تغذیه با کوپلینگ الکترومغناطیسی ۱۰

شکل ۱-۷ a) پچ با دیواره اتصال کوتاه b) پچ با صفحه اتصال کوتاه

c) پچ با pin اتصال کوتاه ۱۲

شکل ۱-۸ a) توزیع جریان سطحی برای پچ مستطیلی با برش یک جفت مثلث

در لبه پچ غیر تشعشعی b) توزیع جریان سطحی برای پچ مستطیلی با ایجاد slit ۱۳

شکل ۱-۹ ایجاد اسلات های مناسب برای رسیدن به سایز کوچک

در آنتن های مایکرواستریپ ۱۴

شکل ۱-۱۰ اسلات ایجاد شده در سطح زمین تغذیه با یک و دو کابل کواکسیال ۱۴

شکل ۱-۱۱ آنتن مایکرواستریپ مثلثی برای افزایش پهنای باند امپدانسی ۱۵

شکل ۱-۱۲ آنتن پچ مستطیلی با بارگذاری چیپ مقاومتی برای افزایش پهنای باند ۱۵

شکل ۱-۱۳ خط تغذیه مایکرواستریپی برای ایجاد پلاریزاسیون دایروی ۱۶

شکل ۱-۱۴ آنتن پچ مربعی برای ایجاد پلاریزاسیون دایروی با تغذیه پروب ۱۶

شکل ۱-۱۵ تأثیر ضخامت زیر لایه بر روی پهنای باند امپدانسی ($VSWR \leq ۲$) و کارآیی آنتن ... ۱۸

شکل ۱-۱۶ تغییرات Q تشعشعی برای یک آنتن پچ مستطیلی بصورت تابعی

از ثابت دی الکتریک زیر لایه، $W/L = .9$، h=1.59mm ، f=3GHz ۱۹

شکل۱-۱۷ تغییرات Q تشعشعی برای یک آنتن پچ مستطیلی بصورت تابعی

از ضخامت دی الکتریک زیر لایه، $W/L = .9$ ، h=1.59mm ، f=3GHz ۱۹

شکل ۱-۱۸ مکان هندسی امپدانس آنتن چند رزونانسی ۲۲

شکل ۱-۱۹ نمایش گسترده یک آنتن مایکروستریپ پچ پشته‌ای با کوپلینگ پنجره‌ای ۲۳

شکل ۱-۲۰ چیدمان تعدادی از آنتن‌های مایکروستریپ با بهره‌گیری از

تکنیک رزوناتورهای کوپلانار gap-coupled ۲۴

شکل ۱-۲۱ a) شبکه تطبیق امپدانس تعبیه شده درون پچ به منظور

بهبود پهنای باند h=۰/۵۲mm و ε_r=۴/۸ ..... ۲۶

شکل ۱-۲۲ هندسه یک آنتن پچ مستطیلی باند پهن با بارگذاری مقاومتی chip-resistor ۲۷

شکل۱-۲۳ آنتن پچ دایروی برای ایجاد پلاریزاسیون دایروی با وارد کردن اسلات متقاطع ۳۲

شکل ۱-۲۴ آنتن پچ مثلثی برای ایجاد پلاریزاسیون دایروی ۳۴
شکل ۱-۲۵ مکان هندسی امپدانسی برای آنتن پچ مثلثی ۳۵
شکل ۱-۲۶ نسبت محوری اندازه گیری شده در جهت broadside برای پچ مثلثی ۳۵
شکل ۱-۲۷ امپدانس ورودی اندازه گیری شده برای آنتن نشان داده شده
در شکل ۱-۲۴(b)..... ۳۶
شکل ۱-۲۸ نسبت محوری اندازه گیری شده در جهت broadside برای آنتن پچ مثلثی ۳۷
شکل ۱-۲۹ پترن تشعشعی اندازه گیری شده برای آنتن پچ مثلثی ۳۸
شکل ۱-۳۰ آنتن پچ مثلثی با اسلات Y شکل ۳۹
شکل ۱-۳۱ امپدانس ورودی اندازه گیری شده برای آنتن پچ مثلثی با اسلات Y شکل ۴۰
شکل ۱-۳۲ Axial ratio اندازه گیری شده در جهت broadside برای
آنتن پچ مثلثی با اسلات Y ۴۱
شکل ۱-۳۳ آنتن های پچ مایکرواستریپی با slit برای ایجاد پلاریزاسیون دایروی ۴۳
شکل ۱-۳۴ امپدانس ورودی اندازه گیری شده برای پچ مربعی ۴۳
شکل ۱-۳۵Axial ratio اندازه گیری شده برای پچ مربعی با یک slit ۴۴
شکل ۱-۳۶ Axial ratio اندازه گیری شده برای پچ دایروی ۴۴
شکل ۱-۳۷ پترن تشعشعی اندازه گیری شده برای پچ مربعی
در هر دو صفحه E و H در فرکانس ۱۷۴۷ مگا هرتز ۴۴
شکل ۱-۳۸ پترن تشعشعی اندازه گیری شده برای پچ دایروی
در هر دو صفحه E و H در فرکانس ۱۸۷۵ مگا هرتز ۴۵
شکل ۱-۳۹ آنتن پچ مثلثی با یک slit برای ایجاد پلاریزاسیون دایروی ۴۵
شکل ۱-۴۰ امپدانس ورودی اندازه گیری شده برای آنتن پچ مثلثی ۴۶
شکل ۱-۴۱ Axial ratio اندازه گیری شده برای آنتن پچ مثلثی ۴۶
شکل ۱-۴۲ آنتن مایکرواستریپ حلقه دایروی با یک جفت slit و
خط تغذیه مایکرواستریپ در مرز داخلی پچ ۴۸
شکل ۱-۴۳ آنتن مایکرواستریپ حلقه دایروی با یک جفت slit و
خط تغذیه مایکرواستریپ در مرز خارجی پچ ۴۸
شکل ۱-۴۴ امپدانس ورودی اندازه گیری شده برای آنتن پچ حلقه دایروی ۴۹
شکل ۱-۴۵ امپدانس ورودی اندازه گیری شده برای پچ حلقه دایروی ۵۰
شکل ۱-۴۶ پترن تشعشعی اندازه گیری شده برای آنتن پچ حلقه دایروی
با تغذیه از مرز پچ داخلی برای فرکانس مرکزی f=1658 MHZ ۵۰
شکل ۱-۴۷ پترن تشعشعی اندازه گیری شده برای آنتن پچ حلقه
دایروی با تغذیه از مرز پچ خارجی برای فرکانس مرکزی f=1526 MHZ ۵۱
شکل ۱-۴۸ آنتن پچ مربعی با چهار تا slit برای تولید پلاریزاسیون دایروی ۵۲

شکل ۱-۴۹ امپدانس ورودی اندازه گیری شده برای پچ مربعی ۵۳
شکل ۱-۵۰ پهنای باند نسبت محوری اندازه گیری شده
در جهت broadside برای پچ مربعی ۵۳
شکل ۱-۵۱ آنتن پچ دایروی با چهار تا slit برای تولید پلاریزاسیون دایروی ۵۴
شکل ۱-۵۲ امپدانس ورودی اندازه گیری شده برای آنتن پچ مربعی
با طول slit های متفاوت ۵۵
شکل ۱-۵۳ آنتن پچ مربعی با گوشه های بریده شده برای تولید پلاریزاسیون دایروی ۵۶
شکل ۱-۵۴ آنتن پچ مربعی با chip مقاومتی برای تولید پلاریزاسیون دایروی ۵۷
شکل ۱-۵۵ Return loss اندازه گیری شده برای آنتن پچ مربعی با چیپ مقاومتی ۵۸
شکل ۱-۵۶ Axial ratio اندازه گیری شده برای آنتن پچ مربعی با چیپ مقاومتی ۵۹
شکل ۱-۵۷ آنتن پچ حلقه مربعی با گوشه های بریده شده برای
تولید پلاریزاسیون دایروی ۶۰
شکل ۱-۵۸ امپدانس ورودی اندازه گیری شده برای آنتن شکل ۱-۵۷ ..... ۶۰
شکل ۱-۵۹ آنتن پچ حلقه مثلث متساوی الاضلاع با گوشه بریده شده
برای ایجاد پلاریزاسیون دایروی ۶۲
شکل ۱-۶۰ امپدانس ورودی اندازه گیری شده برای آنتن پچ حلقه مثلثی ۶۲
شکل ۱-۶۱ آنتن پچ مربعی با گوشه های بریده شده و چهار تا اسلات خمیده ۶۳
شکل ۱-۶۲ Return loss اندازه گیری شده برای آنتن پچ مربعی با گوشه های بریده شده ۶۴
شکل ۱-۶۳ آنتن پچ دایروی با استاب تنظیمی برای ایجاد پلاریزاسیون دایروی ۶۶
شکل ۱-۶۴ امپدانس ورودی و نسبت محوری اندازه گیری شده برای شکل ۱-۶۳ ..... ۶۶
شکل ۱-۶۵ آنتن پچ دایروی با اسلات متقاطع و استاب تنظیم شده برای
تولید پلاریزاسیون دایروی ۶۶
شکل ۱-۶۶ امپدانس ورودی و نسبت محوری اندازه گیری شده برای شکل ۱-۶۵ ..... ۶۷
شکل ۱-۶۷ آنتن پچ حلقه مربعی با ایجاد استاب ۶۸
شکل ۱-۶۸ Axial ratio اندازه گیری شده برای شکل ۱-۶۷(a) ۶۸
شکل ۱-۶۹ Axial ratio اندازه گیری شده برای شکل ۱-۶۷(b) ۶۸
شکل ۱-۷۰ آنتن پچ مثلث متساوی الاضلاع با تغذیه کابل کواکسیال
برای تولید پلاریزاسیون دایروی ۷۰
شکل ۱-۷۱ آنتن پچ دایروی با دو تا تغذیه پروب gap- coupled
برای تولید پلاریزاسیون دایروی پهن باند ۷۲
شکل ۱-۷۲ امپدانس ورودی اندازه گیری شده برای شکل ۱-۷۱ ..... ۷۳
شکل ۱-۷۳ Axial ratio اندازه گیری شده برای شکل ۱-۷۱ ..... ۷۳
شکل ۱-۷۴ گین اندازه گیری شده برای شکل ۱-۷۱ ..... ۷۳

شکل ۱-۷۵ آنتن پچ دایروی با دو تا تغذیه capacitively coupled و
Wilkinson power divider برای تولید پلاریزاسیون دایروی پهن باند ۷۴
شکل ۱-۷۶ امپدانس ورودی اندازه گیری شده برای شکل ۱-۷۵ فقط
با یک تغذیه مایکرواستریپی ۷۶
شکل ۱-۷۷ امپدانس ورودی اندازه گیری شده با تغذیه
Wilkinson power divider با همان مشخصات موجود برای تغذیه مایکرواستریپی ۷۶
شکل ۱-۷۸ Axial ratio اندازه گیری شده برای آنتن موجود با تغذیه Power divider ۷۷
شکل ۱-۷۹ گین اندازه گیری شده برای آنتن موجود با تغذیه Power divider ۷۷
شکل ۱-۸۰ تولید پلاریزاسیون دایروی با دو فرکانس کاری در پچ مربعی ۷۸
شکل ۱-۸۱ Return loss اندازه گیری شده برای آنتن های موجود در شکل ۱-۸۰ ..... ۷۹
شکل ۱-۸۲ گین آنتن اندازه گیری شده برای شکل ۱-۸۰(a) ۸۰
شکل ۱-۸۳ Return loss اندازه گیری شده برای آنتن B ۸۰
شکل ۱-۸۴ آنتن پچ بیضوی برای تولید پلاریزاسیون دایروی با دو باند فرکانسی پهن باند ۸۲
شکل ۱-۸۵ امپدانس ورودی اندازه گیری شده برای آنتن موجود در شکل ۱-۸۴ ..... ۸۲
شکل ۱-۸۶ Axial ratio اندازه گیری شده برای آنتن پچ بیضوی ۸۳
شکل ۱-۸۷ پترن تشعشعی اندازه گیری شده برای آنتن پچ بیضوی ۸۳
شکل ۱-۸۸ گین اندازه گیری شده برای آنتن پچ بیضوی ۸۳
شکل ۲-۱ دو عنصر آنتن دارای جریانهایی با دامنه و فاز یکسان
و به فاصله نیم طول موج از یکدیگر ۸۷
شکل ۲-۲ دو عنصر آنتن دارای دامنه های برابر و فازهای
مخالف به فاصله نیم طول موج از یکدیگر ۸۹
شکل ۲-۳ دو عنصر آنتن دارای دامنه های یکسان. عنصر طرف راست ۹۰ درجه
تاخیر فاز نسبت به عنصر طرف چپ داشته و فاصله دو عنصر برابر ربع طول موج است ۹۰
شکل ۲-۴ دو عنصر آنتن با جریانهایی دارای دامنه و فاز یکسان
و فاصله یک طول موج از یکدیگر ۹۲
شکل ۲-۵ نمایش مداری برای پیوند بین دو آنتن ۱۰۰
شکل ۲-۶ شبکه تغذیه متحد (Corporate feed network) ۱۰۲
شکل ۲-۷ شبکه تقسیم کننده توان (Power divider) ۱۰۳
شکل ۲-۸ شبکه تغذیه سری (Series feed network) ۱۰۴
شکل ۲-۹ آنتن مایکرواستریپ بیضوی و مختصات بیضوی ۱۰۶
شکل ۲-۱۰ دامنه و فاز میدان الکتریکی E_x, E_y روی محور Z از
آنتن مایکرواستریپی پچ بیضوی ۱۱۳
شکل ۲-۱۱ دیاگرام شماتیکی از تاثیر عرض خط مایکرواستریپ در

تعیین ضریب دی الکتریک موثر ۱۱۶
شکل ۲-۱۲ امپدانس مشخصه در برابر w/h برای مایکرواستریپ با ε_r متغیر ۱۱۹
شکل ۲-۱۳ ثابت دی الکتریک موثر و طول موج نرمالیزه آنتن
مایکرواستریپ در برابر w/h با ε_r متغیر ۱۲۰
شکل ۳-۱ ساختار آنتن پچ دایروی به شعاع a=22.75mm و تغذیه
با پروب در نقطه بهینه x=-6 و y=-6 mm ۱۲۴
شکل ۳-۲ منحنی افت بازگشتی برای چندین نقطه تغذیه در آنتن پچ دایروی ۱۲۵
شکل ۳-۳ منحنی افت بازگشتی برای نقطه تغذیه
در مختصات x=-6mm و y=-6mm ۱۲۵
شکل ۳-۴ ساختار آنتن پچ بیضوی با تغذیه پروب ۱۲۸
شکل ۳-۵ منحنی افت بازگشتی برای آنتن پچ بیضوی با تغذیه پروب ۱۲۸
شکل ۳-۶ منحنی افت بازگشتی برای آنتن پچ دایروی با اسلات دمبل شکل در سطح زمین ... ۱۲۹
شکل ۳-۷ ساختار آنتن پچ بیضوی با تغذیه پروب در نقطه x=y=10mm
و اسلات دمبل شکل در سطح زمین ۱۲۹
شکل ۳-۸ افت بازگشتی برای آنتن پچ بیضوی با ابعاد
a=23mm و b=20.5mm با تغذیه پروب ۱۳۰
شکل ۳-۹ منحنی VSWR برای آنتن پچ بیضوی، تغذیه با پروب ۱۳۰
شکل ۳-۱۰ ساختار آنتن پچ بیضوی با خط تغذیه مایکرواستریپ ۱۳۲
شکل ۳-۱۱ افت بازگشتی برای آنتن پچ بیضوی با خط تغذیه مایکرواستریپ ۱۳۳
شکل ۳-۱۲ منحنی VSWR برای آنتن پچ بیضوی، با خط تغذیه مایکرواستریپ ۱۳۴
شکل ۳-۱۳ مقایسه منحنی افت بازگشتی برای آنتن پچ بیضوی با HFSS و IE3D..... ۱۳۴
شکل ۳-۱۴ منحنی افت بازگشتی به ازای چندین طول خط تغذیه
مایکرواستریپی وارد شده در پچ..... ۱۳۵
شکل ۳-۱۵ خطوط انتقال مورد استفاده در شبکه Corporate feed
a) خط انتقال b Transformer) خط انتقال Power Combiner
c) خط انتقال خمیده (Bend) ۱۳۷
شکل ۳-۱۶ آرایه۲×۱ برای پچ های بیضوی با ترکیب متقارن ۱۳۹
شکل ۳-۱۷ آرایه۲×۱ برای پچ های بیضوی با ترکیب متقارن ۱۴۰
شکل ۳-۱۸ پترن تشعشعی برای آرایه۲×۱ با ترکیب متقارن ۱۴۱
شکل ۳-۱۹ منحنی افت بازگشتی برای آرایه۲×۱ با ترکیب متقارن ۱۴۱
شکل ۳-۲۰ منحنی VSWR برای آرایه۲×۱ با ترکیب متقارن ۱۴۲
شکل ۳-۲۱ آرایه۲×۱ برای پچ بیضوی با شبکه تغذیه ۱۴۳
شکل ۳-۲۲ منحنی افت بازگشتی برای آرایه۲×۱ ..... ۱۴۳

شکل ۳-۲۳ منحنی VSWR برای آنتن آرایه۲×۱ ..... ۱۴۴
شکل ۳-۲۴ منحنی گین برای آنتن آرایه۲×۱ ..... ۱۴۵
شکل ۳-۲۵ مقایسه منحنی افت بازگشتی برای آرایه ۲×۱پچ بیضوی با HFSS و IE3D ۱۴۵
شکل ۳-۲۶ پترن تشعشعی سه بعدی برای آرایه۲×۱ در فرکانس مرکزی 1.8*GHz* ۱۴۶
شکل ۳-۲۷ پترن تشعشعی دو بعدی در دو صفحه E و
صفحه H برای فرکانس مرکزی 1.8*GHz*..... ۱۴۶
شکل ۳-۲۸ منحنی توزیع جریان برای آرایه۲×۱ در فرکانس کاری 1.8*GHz* ۱۴۷
شکل ۳-۲۹ منحنی افت بازگشتی برای آرایه۲×۱ پچ دایروی با نرم افزار HFSS ۱۴۸
شکل ۳-۳۰ ساختار آرایه۲×۱ برای پچ دایروی با S=132mm و D=29mm ۱۴۸
شکل ۳-۳۱ ساختار آرایه۴×۱ برای آنتن پچ بیضوی با استفاده از شبکه تغذیه Corporate ۱۴۹
شکل ۳-۳۲ منحنیvswr برای آرایه ۲×۱ با پچ بیضوی..... ۱۵۰
شکل ۳-۳۳ منحنی VSWR برای آرایه۴×۱ با پچ بیضوی ۱۵۰
شکل ۳-۳۴ گین آنتن برای آرایه۴×۱ پچ بیضوی ۱۵۱
شکل ۳-۳۵ دایرکتیویته آنتن برای آرایه۴×۱ پچ بیضوی ۱۵۲
شکل ۳-۳۶ منحنی Axial Ratio برای آرایه۴×۱ پچ بیضوی ۱۵۲
شکل ۳-۳۷ پترن تشعشعی سه بعدی برای آرایه۴×۱ پچ بیضوی
در فرکانس مرکزی 1.8 گیگا هرتز ۱۵۳
شکل ۳-۳۸ پترن تشعشعی دو بعدی در مختصات قطبی (صفحه H)
برای آرایه۴×۱ پچ بیضوی در فرکانس مرکزی 1.8 گیگا هرتز ۱۵۳
شکل ۳-۳۹ پترن تشعشعی دو بعدی در مختصات کارتزین (صفحه H)
برای آرایه۴×۱ پچ بیضوی در فرکانس مرکزی 1.8 گیگا هرتز ۱۵۴
شکل ۳-۴۰ پترن تشعشعی دو بعدی در مختصات قطبی (صفحه E)
برای آرایه۴×۱ پچ بیضوی در فرکانس مرکزی 1.8 گیگا هرتز ۱۵۴
شکل ۳-۴۱ پترن تشعشعی دو بعدی در مختصات کارتزین (صفحه E)
برای آرایه۴×۱ پچ بیضوی در فرکانس مرکزی 1.8 گیگا هرتز ۱۵۵
شکل ۳-۴۲ ساختار آرایه۴×۱ برای پچ بیضوی در جهت y ۱۵۶
شکل ۳-۴۳ ساختار آرایه سطحی ۲×۲ برای پچ بیضوی ۱۵۷
شکل ۳-۴۴ پترن تشعشعی دو بعدی در دو صفحه E و H برای
آرایه سطحی۲×۲ در مختصات قطبی ۱۵۷
شکل ۳-۴۵ پترن تشعشعی دو بعدی در دو صفحه E و H برای
آرایه سطحی۲×۲ در مختصات کارتزین ۱۵۸
شکل ۳-۴۶ گین آنتن برای آرایه سطحی۲×۲ ..... ۱۵۸
شکل ۳-۴۷ منحنی دایرکتیویته برای آرایه سطحی ۲×۲ ..... ۱۵۹

شکل ۳-۴۸ ساختار آرایه۸×۱ برای آنتن پچ بیضوی با شبکه تغذیه ۱۶۰
شکل ۳-۴۹ منحنی vswr برای آرایه ۴×۱ با پچ بیضوی ۱۶۰
شکل ۳-۵۰ منحنی VSWR برای آرایه ۸×۱ با پچ بیضوی ۱۶۱
شکل ۳-۵۱ منحنی گین برای آرایه ۸×۱ با پچ بیضوی ۱۶۱
شکل ۳-۵۲ منحنی دایرکتیویته برای آرایه ۸×۱ با پچ بیضوی ۱۶۲
شکل ۳-۵۳ منحنی Axial Ratio برای آرایه ۸×۱ با پچ بیضوی ۱۶۲
شکل ۳-۵۴ پترن تشعشعی سه بعدی برای آرایه۸×۱ با پچ بیضوی در فرکانس مرکزی ۱۶۳
شکل ۳-۵۵ پترن تشعشعی دو بعدی در مختصات قطبی (صفحه H)
برای آرایه۸×۱ با پچ بیضوی در فرکانس مرکزی 1.8 گیگا هرتز ۱۶۴
شکل ۳-۵۶ پترن تشعشعی دو بعدی در مختصات کارتزین (صفحهH)
برای آرایه۸×۱ با پچ بیضوی در فرکانس مرکزی 1.8 گیگا هرتز ۱۶۴
شکل ۳-۵۷ پترن تشعشعی دو بعدی در مختصات قطبی (صفحهE)
برای آرایه۸×۱ با پچ بیضوی در فرکانس مرکزی 1.8 گیگا هرتز ۱۶۵
شکل ۳-۵۸ پترن تشعشعی دو بعدی در مختصات کارتزین (صفحهE)
برای آرایه۸×۱ با پچ بیضوی در فرکانس مرکزی 1.8 گیگا هرتز ۱۶۵
شکل۳-۵۹ ساختار آرایه۸×۱ با پچ بیضوی و با استفاده از شبکه تغذیه ۱۶۶
شکل ۳-۶۰ منحنی VSWR برای آرایه۸×۱ با شبکه تغذیه ۱۶۷
شکل ۳-۶۱ ساختار آرایه۴×۲ با پچ بیضوی و تغذیه با شبکه Corporate ۱۶۷
شکل ۳-۶۲ ساختار آرایه ۱۶×۱ با عناصر پچ بیضوی و با شبکه تغذیه Corporate ۱۶۸
شکل ۳-۶۳ منحنی افت بازگشتی برای آرایه۱۶×۱ با عنصر پچ بیضوی ۱۶۹
شکل ۳-۶۴ منحنی VSWR برای آرایه۱۶×۱ با عنصر پچ بیضوی و استفاده از شبکه تغذیه..... ۱۶۹
شکل ۳-۶۵ منحنی گین برای آرایه۱۶×۱ با عنصر پچ بیضوی و استفاده از شبکه تغذیه ۱۷۰
شکل ۳-۶۶ منحنی گین برای کل آرایه های بحث شده با پچ بیضوی..... ۱۷۰
شکل ۳-۶۷ پترن تشعشعی سه بعدی برای آرایه۱۶×۱ با پچ بیضوی در فرکانس مرکزی ۱۷۱
شکل ۳-۶۸ پترن تشعشعی دو بعدی در فرکانس مرکزی 1.8 گیگا هرتز
برای دو صفحه H و E در مختصات قطبی برای آرایه۱۶×۱ ..... ۱۷۲
شکل ۳-۶۹ پترن تشعشعی دو بعدی در فرکانس مرکزی 1.8 گیگا هرتز
برای دو صفحه H و E در مختصات کارتزین برای آرایه۱۶×۱ ..... ۱۷۲
شکل ۳-۷۰ ساختار آرایه۱۶×۱ با پچ های بیضوی و استفاده از شبکه تغذیه ۱۷۳
شکل ۳-۷۱ منحنی افت بازگشتی برای آرایه۱۶×۱ با پچ های بیضوی
و استفاده از شبکه تغذیه ۱۷۴
شکل ۳-۷۲ ساختار آرایه۴×۴ با پچ های مستطیلی و استفاده از شبکه تغذیه ۱۷۵
شکل ۳-۷۳ منحنی افت بازگشتی برای آرایه۴×۴ با پچ های مستطیلی

فهرست اختصارات :

DCS	Digital communication system
VSWR	Voltage stand wave ratio
FEM	Finite element method
SLL	Side lobe level
RL	Return loss
BW	Band width
QF	Quality factor
AR	Axial ratio
AF	Array factor
MOM	Moment method
GA	Genetic algorithm

مقدمه

امروزه با توجه به سرعت پیشرفت در فناوری ارتباطات می توان این صنعت را مرز علم و تکنولوژی در قرن اخیردانست. تلویزیون، رادیو، ماهواره، اینترنت و مخابرات سیار از جمله اجزاء تشکیل دهنده صنعت مخابرات می باشند. نگاهی گذرا بر پیشرفت تکنولوژی در این عرصه ها به خوبی نشان می دهد، بستر مناسب برای پیشرفت در زمینه های فنی عامل اصلی در رشد صنعت مخابرات می باشد.

سیستم انتشار امواج که در کلیه این حوزه ها مشترک می باشد، از جمله زمینه هایی است که محققین را به سمت خود جذب نموده است. آنتن یکی از رایج ترین مسائل مورد بحث در محافل علمی و پژوهشی در این عرصه است. حاصل کار در این زمینه مقالات متعددی است که در زمینه طراحی، اصلاح و بهبود عملکرد آنتن در کنفرانس های علمی مربوط به مخابرات به چاپ رسیده است [۱،۲و۳] .

آنتن میکرواستریپ از جمله آنتن هایی است که به سبب ویژگی های خود، کاربرد وسیعی در مخابرات دارد.

هزاره جدید همراه با تحولاتی عظیم در سیستم های بی سیم آغاز شده است. تحولاتی که ده یا پانزده سال پیش کسی تصورش را نمی کرد. این روند رو به رشد در هر دو زمینه تعداد مشترکین و تعداد سرویس های ارتباط راه دور همچنان ادامه دارد. با افزایش سرویس دهی، استاندارد سیستمهای ارایه دهنده خدمات در نقاط مختلف دنیا تعریف شدند. بیشتر این استانداردها تنها در یک کشور یا ناحیه به کار برده می شوند و اکثر آنها با هم ناسازگار و مغایرند. GSM دومین نسل و موفق ترین استاندارد سیستم سلولی و شامل (GSM900,GSM1800,GSM1900) است که با افزایش تقاضا و محدودیت ظرفیت نسل دوم و ارائه سرویسهای جدید، نسل سوم سیستمهای موبایل مانند UMTS توسط ITU (International Telecommunication Union) در چارچوب