



دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: مخابرات

عنوان: تحلیل و طراحی آرایه آتنن های مایکرواستریپ

استاد راهنما: دکتر میرکمالی

نگارش: سمیرا عرب عامری

تاریخ دفاعیه: تیر ۱۴۰۰

## چکیده‌ی مطالب

در این پژوهه به تحلیل و طراحی یک آرایه خطی، چهار عنصری، پچ میکرواستریپ مستطیلی می‌پردازیم.

برای این منظور در گام نخست یک تک آنتن پچ میکرواستریپ مستطیلی در فرکانس  $2\text{ GHz}$  طراحی می‌شود. از اینرو در فرکانس طراحی ابعاد پچ را تعیین می‌کنیم و برای بهبود نتایج حاصل از شبیه سازیها از دو روش تغییر محل تغذیه آنتن و تغذیه الماقع استفاده می‌کنیم. پس از پایان این مراحل در فصل دوم یک آرایه آنتن دو عنصری با تغذیه‌های منفرد طراحی می‌شود و در آن اثر تزویج متقابل بین پچها را مورد ملاحظه قرار می‌دهیم.

در فصل سوم از آنجاییکه اساس کار شبکه‌ی تغذیه گروهی استفاده از تقسیم کننده‌ی توانی اتصال  $T$  است ابتدا به توضیح آن می‌پردازیم. سپس به عنوان زیر بنای طراحی آرایه چهار عنصری یک آرایه دو عنصری توضیح داده می‌شود و در نهایت از کنار هم قرار گرفتن دو زیرآرایه دو عنصری آرایه خطی، چهار عنصری مورد نظر طراحی می‌شود.

## فهرست مطالب

۱	.....	فصل اول تئوری آنتن میکرواستریپ	۱
۱	.....	مقدمه	
۲	.....	۱.۱ مشخصات پایه ای	
۳	.....	۲.۱ روشاهی تغذیه	
۴	.....	۳.۱ روشاهی آنالیز	
۴	.....	۴.۱ تئوری آنتن میکرواستریپ	
۱۲	.....	۵.۱ طراحی موقعیت تغذیه	
۱۶	.....	۶.۱ تغذیه الحاقی	
۲۳	.....	۷.۱ سمتگرایی	
۲۷	.....	۸.۱ ضربی کیفیت (q) ، پهنانی باند ، و بازدهی	
۳۰	.....	۹.۱ امپدانس ورودی	

۳۵	فصل دوم آرایه آتن میکرواستریپ با تغذیه منفرد
۳۵	۱.۲ پیاده سازی آرایه آتن میکرواستریپ با تغذیه منفرد
۳۸	۲.۲ تزویج
۴۰	۳.۲ رسانایی
۴۲	۴.۲ سمتگرایی و پترن تشعشعی
۴۴	فصل سوم آرایه آتن میکرواستریپ با تغذیه گروهی
۴۵	۱.۳ تقسیم کننده‌ی توانی اتصال T
۶۲	۲.۳ ضرایب بازتاب و انتقال برای یک آرایه آتن تغذیه گروهی
۷۷	مراجع

در بسیاری سیستمها نظیر هوایماها ، سفینه های فضایی ، ماهواره ها ، در هر سایز ، اندازه ، هزینه ، پژوهشی و انتگاه زنجان و اشکده مهندسی کروهبرق آذایاگاه پژوهه برق آذایاگاه پژوهه برق کارایی علیرغم محدودیتهایی که وجود دارد آننهای با برش عرضی کم استفاده کرد. همچنین در بسیاری کاربردهای تجاری و دولتی دیگر نظیر مخابرات بی سیم و سیار که خصوصیاتی مشابه دارند استفاده از پژوهه برق آذایاگاه پژوهه برق این آننهای رایج است. نیاز به آننهای با برش عرضی کم امکان استفاده از آننهای میکرواستریپ را فراهم می کند. این آننهای دارای برش عرضی کم، منطبق بر سطوح مسطح و غیر مسطح ، از نظر فناوری ساخت ساده و ارزان بوده و در تکنولوژی مدار چاپی مدرن کاربرد دارند همچنین هنگامیکه در سطوح سخت زنجان و اشکده مهندسی کروهبرق آذایاگاه پژوهه برق آذایاگاه پژوهه برق و انتگاه زنجان نصب شده اند از نظر مکانیکی مستحکم اند. با طراحیهای MMIC سازگار بوده و بویژه وقتی قالب و شکل اتصال آنها انتخاب شده است از لحاظ فرکانس رزنанс ، پلاریزاسیون ، پترن و امپدانس چند بعدی اند. بعلاوه با اضافه کردن بارهایی بین پیچ و صفحه زمین (نظیر پینها و دیودهای خازنی) بعنوان مهندسی کروهبرق آذایاگاه پژوهه برق آذایاگاه پژوهه برق و انتگاه زنجان و اشکده مهندسی

عنصر سازگار با فرکانس رزنانس ناپایدار می توان امپدانس ، پلاریزاسیون و پترن را طراحی نمود. بازدهی و توان پایین،  $Q$  بالا (بعضی اوقات بیش از  $10^0$ ) ، درجه خلوص پلاریزاسیون ناچیز ، کارایی پویش ناچیز ، تشعشع تغذیه ای ساختگی و پهنهای باند فرکانسی خیلی باریک بطور نمونه تنها کسری از یک درصد یا نهایتاً چند درصد ایرادهای اصلی آنتهای میکرواستریپ هستند. در

کاربردهایی نظری سیستم‌های امنیتی دولتی، پنهانی باند باریک مطلوب است. بهر حال روش‌هایی نظری افزایش ارتفاع زیرلایه وجود دارند که به منظور افزایش بازدهی (اگر امواج سطحی را شامل نشوند تا پروژه برآورده باشد) و پنهانی باند (حدوداً بیش از ۳۵٪) مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما افزایش ارتفاع زیرلایه منجر به ایجاد نوعی امواج سطحی می‌گردد که عموماً بدلیل استخراج توان از مقدار توان کل برای تشعشع پروژه برآورده باشد. مطلب نیستند. امواج سطحی در داخل زیرلایه حرکت می‌کنند و در انحنایها و مستقیم (امواج فضایی) مطلوب نیستند.

۱.۱ مشخصات یا یه‌ای

برق آذایگاه پروژه برق و اسکاده ممنوعیت که در آن روزه برق آذایگاه پروژه برق و اسکاده ممنوعیت کروه برق زیرلایه های بیشماری وجود دارند که می توانند برای طراحی آنتنها میکرواستریپ بکار روند ثابت دی الکتریک این زیرلایه ها معمولاً در فاصله  $i = 12 \leq 4r \leq 2$  تغییر می کنند. زیرلایه هایی برای آذایگاه پروژه برق و اسکاده زنجان کار آبی بهتر آتن مقبولیت بیشتری دارند که ضخیم بوده و ثابت دی الکتریک آنها در حد پایین رنج قرار ممنوعیت کروه برق دارد. استفاده از این زیرلایه ها به بازدهی بهتر، پهنای باند بزرگتر، میدانهای مقید ناقص جهت تشعشع به فضا و در مقابل هزینه ای بیشتر منجر می شود. برای مدارات مایکروویو زیرلایه های باریک با ثابت

برق و انشاهه زنجان و اسکده هندی که اکتریک بزرگتر مطلوب است زیرا این مدارات به میدانهای مقید شدید جهت می نیموم کردن  
تشعشع و ترویج نامطلوب نیاز دارند و به استفاده از عناصر با سایر کوچکتر منجر می گردند؛ بهر حال  
2  
زنجان و اسکده هندی که بر قرآن آناییگاه روزه برق و انشاهه زنجان و اسکده هندی که بر قرآن آناییگاه روزه برق و انشاهه زنجان و اسکده هندی که بر قرآن آناییگاه روزه برق و انشاهه زنجان

از اینجا آغاز شد که مداریت مایکرورویو یک پارچه اند باید بین کارآیی خوب آتن و طراحی مدار سازشی ایجاد شده باشد. همچنان که در اینجا آغاز شد، مدارات مایکرورویو با دیگر مدارات مایکرورویو یکپارچه اند باید بین کارآیی خوب آتن و طراحی مدار سازشی ایجاد شده باشند.

برق آزمايگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اسکده هندسي کروه برق آزمايگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اسکده هندسي کروه  
اغلب آنتهای ميكرواستريپ بعنوان آنتهای پچ معرفی می شوند. عناصر تشعشع گر و خطوط تغذيه  
برق آزمايگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اسکده هندسي کروه برق  
عموماً روی زيرلایه دی الکتريک با نور حک می شوند. پچ تشعشع گر ممکن است مربعی،  
مستطيلى، نوارنازك (دوقطبى)، دايروى، بيضوي، مثلثي، يا هر شكل ديجرى باشد. پچ هاي مربعى، هندسي کروه  
آزمايگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اسکده هندسي کروه برق آزمايگاه پروژه  
مستطيلى، دوقطبى (نوار)، و دايروى بدليل آسانى تحليل و ساخت، مشخصات تشعشعى جالب، و  
پروژه برق و انتگاه زنجان و اسکده هندسي کروه برق آزمايگاه پروژه  
بخصوص تشعشع پلاريزاسيون معتمد كم متداول تر هستند. دوقطبيا ميكرواستريپ بدليل پهنان باند  
برق آزمايگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اسکده هندسي کروه برق  
بزرگ ذاتي آنها و فضاي کمي که اشغال مي کنند در خور توجهند، همين خصوصيات دوقطبيها آنها را  
برای آرایه ها مطلوب می سازد.

۲۰۱ روشهای تغذیه

میکرواستریپ در شبیه سازیهای این پروژه تنها این نوع تغذیه توضیح داده می شود.

خط تغذیه‌ی میکرواستریپ یک نوار هادی است که معمولاً در مقایسه با پچ پهناهی باند خیلی کوچکتری دارد. تغذیه‌ی خط میکرواستریپ از نظر ساخت ساده بوده، تطبیق آن با کنترل کننده موقعیت ساده بوده و مدلسازی آن نسبتاً ساده است. بهر حال هم‌مان با افزایش ضخامت زیرلایه، امواج سطحی و تشعشع تغذیه‌ی ساختگی افزایش می‌یابد که البته برای طراحیهای واقعی توسط پهناهی باند محدود می‌شود (بطور نمونه ۲-۵%). این نوع تغذیه‌ی مقداری نامتفاوت‌تری ذاتی دارد که به تولید مدهای منظم بیشتر و

فراهم می کند اما دقت آن کمتر و مدلسازی تزویج آن دشوارتر است. بنابراین ما تنها به تشریح پیچه مناسبی می پردازیم.

بروژه برق و انتگاه زنجان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق  
برق و انتگاه زنجان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق  
برق و انتگاه زنجان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق  
برق و انتگاه زنجان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق  
کنیم سپس به طراحی آنتن پچ مستطیلی میکرواستریپ در فرکانس  $2\text{ GHz}$  می پردازیم و نتایج حاصل از  
زنگان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انتگاه زنجان و اشکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انتگاه زنجان  
شبیه سازی توسط نرم افزار HFSS را بیان می کنیم.

محل اشده است. این میکرواستریپ را با دو شیار نشان می دهد که توسط یک خط انتقال کم امپدانس  $Z$  به طول

اصلوًا در فرکانس‌های پایین ثابت دی الکتریک مؤثر ثابت است. در فرکانس‌های میانی مقادیر آنها بطور یکنواخت افزایش می‌یابد و سرانجام به مقدار ثابت دی الکتریک زیرلایه می‌رسد. مقادیر اولیه حسنه کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انجاه زنجان و اسکده هندسی کروه برق آزمایشگاه پژوهه برق و انجاه زنجان و اسکده هندسی ثابت دی الکتریک مؤثر (در فرکانس‌های پایین) بعنوان مقادیر ایستا ترجیح داده می‌شوند، و با رابطه‌ی

$$\text{زیر داده می‌شوند} [1]$$

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2\frac{\epsilon_r}{\epsilon_w} + 1} \quad (1.1)$$



دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پژوهش گروه برق مراجعه فرمایید.

[1] Constantine A. Balanis , ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN , Third edition , New Jersey , Wiley & Sons, 2005.

[2] Hubregt J. Visser , Array and Phased Array Antenna Basics , John Wiley & Sons , 2005.

[3] Ramesh Garg – Prakash Bhartia – Inder Bahl – Apisak Ittipiboon ,  
Microstrip Antenna Design Handbook , Artech House , Boston .