

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق

گرایش مخابرات- میدان

سنتز آرایه‌ای از آنتن‌های پچ میکرواستریپ

با در نظر گرفتن اثر تزویج متقابل

دانشجو :

زهرا شریف‌پور

استاد راهنما :

دکتر کیوان فرورقی

زمستان ۱۳۸۷

چکیده

تا کنون برای سنتز آرایه‌ها روش‌هایی به کار برده می‌شد که براساس استفاده از ضریب آرایه¹ هستند. در این روش‌ها المان‌های آرایه ایده‌آل در نظر گرفته شده و از اثر کوپلینگ متقابل بین المان‌ها صرف نظر می‌شود. در واقع در نظر گرفتن کوپلینگ متقابل برای سنتز آنتن‌های آرایه‌ای باعث پیچیدگی کار می‌شود. به همین خاطر معمولاً سعی می‌کنند از آن صرف نظر کنند و با این کار متحمل خطا می‌شوند. اما در برخی موارد خطای ناشی از در نظر نگرفتن اثر کوپلینگ متقابل قابل قبول نیست. این مشکل در سنتز انواع آنتن‌های آرایه‌ای از جمله آنتن‌های آرایه‌ای میکرواستریپ نیز وجود دارد.

پایان‌نامه حاضر روشی برای رفع این مشکل پیشنهاد می‌دهد. در این روش شبکه عصبی با استفاده از اطلاعات اولیه‌ای از سیستم تشعشعی، پترن تشعشعی و توزیع تحریکی که باید به المان‌ها اعمال شود تا در نهایت آن پترن تشعشعی توسط آرایه ایجاد شود را به هم مرتبط می‌سازد. در این روش اثر کوپلینگ متقابل نیز در نظر گرفته می‌شود، بدون آنکه بر پیچیدگی محاسبات افزوده شود. در واقع توانایی بالای شبکه عصبی در حل این قبیل مسائل، امکان پردازش اطلاعاتی چنین پیچیده را فراهم می‌سازد. با توجه به کاربرد وسیع آنتن‌های آرایه‌ای میکرواستریپ، این روش راهگشایی مناسب در سنتز دقیق این قبیل آنتن‌ها می‌باشد و از کارآیی، سرعت و امکان گسترش بالایی برخوردار است.

کلمات کلیدی:

آنتن آرایه‌ای، پیچ میکرواستریپ، سنتز، شبکه عصبی، کوپلینگ متقابل

¹- Array Factor

فهرست مطالب

۱	..... مقدمه
۴	..... فصل اول: آنتن‌های پیچ میکرواستریپ
۵	..... مقدمه
۶	..... (۱-۱) بررسی ساختار آنتن میکرواستریپ
۶	..... (۱-۱-۱) زیر لایه دی‌الکتریک
۷	..... (۲-۱-۱) ابعاد آنتن میکرواستریپ
۷	..... (۳-۱-۱) تغذیه آنتن پیچ میکرواستریپ
۸	..... (۱-۳-۱-۱) تغذیه با خط میکرواستریپ
۹	..... (۲-۳-۱-۱) تغذیه با تزویج دهانه
۱۰	..... (۳-۳-۱-۱) تغذیه با پروب کواکسیال
۱۱	..... (۴-۳-۱-۱) تغذیه با تزویج مجاور
۱۲	..... (۲-۱) کاربرد آنتن‌های میکرواستریپ
۱۳	..... فصل دوم: آنتن‌های آرایه‌ای
۱۴	..... (۱-۲) آنتن‌های آرایه‌ای
۱۵	..... (۲-۲) اثر کوپلینگ متقابل در آرایه‌ها
۱۶	..... (۳-۲) امیدانس متقابل بین المان‌های آرایه
۱۸	..... (۴-۲) سنتز آنتن
۲۱	..... فصل سوم: شبکه‌های عصبی
۲۲	..... مقدمه
۲۲	..... (۱-۳) سیستم اعصاب بیولوژیک
۲۳	..... (۲-۳) شبکه عصبی مصنوعی
۲۵	..... (۳-۳) ساختار شبکه عصبی
۲۷	..... (۴-۳) طراحی شبکه عصبی
۲۸	..... (۵-۳) آموزش شبکه
۳۱	..... (۶-۳) شبکه پرسپترون چندلایه‌ای (MLP)
۳۳	..... (۱-۶-۳) الگوریتم آموزش انتشار به عقب (BP)
۳۵	..... (۷-۳) شبکه عصبی توابع بنیادی شعاعی (RBF)
۳۹	..... (۱-۷-۳) آموزش شبکه RBF
۴۰	..... (۸-۳) شبکه عصبی در الکترومغناطیس

۴۲	..... فصل چهارم: سنتز آرایه با استفاده از شبکه عصبی
۴۳	..... (۱-۴) سنتز با تکنیک شبکه عصبی
۴۶	..... (۲-۴) ساختار آنتن
۵۳	..... (۳-۴) روش اول : سنتز آرایه با توجه به پترن تشعشی
۵۳	..... (۱-۳-۴) جمع‌آوری داده‌های آموزشی
۵۶	..... (۲-۳-۴) مدل شبکه عصبی
۵۷	..... (۳-۳-۴) آموزش شبکه
۵۸	..... (۴-۳-۴) تست شبکه عصبی آموزش دیده
۵۹	..... (۱-۴-۳-۴) پترن با توزیع چبی شف
۶۱	..... (۲-۴-۳-۴) پترن با توزیع تیلور
۶۵	..... (۵-۳-۴) مقایسه دو شبکه RBF و MLP برای مدل شبکه عصبی سنتز
۶۷	..... (۶-۳-۴) استفاده از شبکه عصبی آموزش دیده برای انجام سنتز
۶۹	..... (۴-۴) روش دوم : سنتز آرایه با توجه به مشخصه‌های پترن تشعشی
۷۰	..... (۱-۴-۴) مدل شبکه عصبی
۷۰	..... (۲-۴-۴) آماده سازی الگوی آموزشی
۷۱	..... (۳-۴-۴) آموزش شبکه
۷۲	..... (۴-۴-۴) تست شبکه عصبی آموزش دیده
۷۳	..... (۱-۴-۴-۴) پترن با توزیع چبی شف
۷۶	..... (۲-۴-۴-۴) پترن با توزیع تیلور
۷۸	..... (۵-۴-۴) مقایسه دو شبکه RBF و MLP برای مدل شبکه عصبی سنتز
۷۹	..... (۶-۴-۴) یک مثال طراحی با شبکه آموزش یافته
۸۱	..... فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۸۲	..... (۱-۵) نتیجه‌گیری
۸۳	..... (۲-۵) پیشنهادات
۸۴	..... مراجع

فهرست شکل‌ها

۸	شکل (۱-۱). تغذیه با خط میکرواستریپ
۹	شکل (۲-۱). تغذیه خط میکرواستریپ بهبود یافته
۹	شکل (۳-۱). تغذیه آنتن پیچ با تزویج دهانه
۱۰	شکل (۴-۱). تغذیه آنتن پیچ با پروب کواکسیال
۱۱	شکل (۵-۱). تغذیه آنتن پیچ با تزویج مجاور
۱۸	شکل (۱-۲). آرایه‌ای از دو دایپل که بصورت collinear قرار گرفته‌اند
۲۰	شکل (۲-۲). توزیع میدان تشعشعی ناشی از نتیجه سنتز با استفاده شبکه عصبی
۲۳	شکل (۱-۳). سلول عصبی طبیعی و اجزای ارتباط آن با سایر نرون‌ها
۲۶	شکل (۲-۳). ساختار یک شبکه عصبی سه لایه
۲۶	شکل (۳-۳). یک نرون از لایه میانی
۳۰	شکل (۴-۳). فلوجارت فرآیند آموزش
۳۱	شکل (۵-۳). فلوجارت فرآیند تست شبکه
۳۲	شکل (۶-۳). یک نرون از لایه میانی
۳۳	شکل (۷-۳). نمودار چهار نوع از رایج‌ترین توابع فعالسازی
۳۶	شکل (۸-۳). ترکیب خطی از توابع غیرخطی نرون‌های لایه میانی
۳۶	شکل (۹-۳). ساختار یک شبکه RBF
۳۶	شکل (۱۰-۳). یک نرون بنیادی شعاعی
۳۷	شکل (۱۱-۳). نمودار تابع گوسین
۳۸	شکل (۱۲-۳). یک نرون از لایه میانی
۳۸	شکل (۱۳-۳). یک نرون از لایه خروجی
۳۹	شکل (۱۴-۳). اثر پارامتر σ در تابع گوسین
۴۵	شکل (۱-۴). بلوک دیاگرام روش اول
۴۶	شکل (۲-۴). بلوک دیاگرام روش دوم
۴۸	شکل (۳-۴). مشخصه افت برگشتی آنتن پیچ میکرواستریپ
۴۸	شکل (۴-۴). بهره آنتن پیچ میکرواستریپ در فرکانس رزونانس
۴۹	شکل (۵-۴). پترن آنتن پیچ میکرواستریپ برای صفحات E-plane و H-plane
۵۰	شکل (۶-۴). ساختار آنتن آرایه‌ای
۵۰	شکل (۷-۴). بهره آنتن آرایه‌ای پیچ میکرواستریپ

- شکل (۴-۸). پترن آرایه پچ برای صفحات E-plane و H-plane ۵۰
- شکل (۴-۹). نمودار امیدانس متقابل المان‌های آرایه ۵۱
- شکل (۴-۱۰). نمودار پارامترهای اسکترینگ ۵۳
- شکل (۴-۱۱). ساختار شبکه ۵۶
- شکل (۴-۱۲). بلوک دیاگرام فرآیند آموزش ۵۷
- شکل (۴-۱۳). نمودار تابع عملکرد شبکه ۵۷
- شکل (۴-۱۴). نمودار رابطه خروجی شبکه با هدف پس از فرآیند آموزش ۵۸
- شکل (۴-۱۵). بلوک دیاگرام مرحله تست ۵۹
- شکل (۴-۱۶). پترن تشعشی بدست آمده از نتیجه سنتز با شبکه عصبی در مقایسه با پترن تشعشی مورد نظر ۶۰
- شکل (۴-۱۷). پترن تشعشی بدست آمده از نتیجه سنتز با شبکه عصبی در مقایسه با پترن تشعشی مورد نظر ۶۱
- شکل (۴-۱۸). پترن تشعشی برای منبع جریان خطی پیوسته با تحریک یکنواخت ۶۲
- شکل (۴-۱۹). پترن تیلور برای منبع جریان خطی پیوسته، $\bar{n} = 6$ و $SLL = -20dB$ ۶۲
- شکل (۴-۲۰). توزیع تحریک پیوسته تیلور برای پترن شکل (۴-۱۵) ۶۳
- شکل (۴-۲۱). پترن تشعشی بدست آمده از نتیجه سنتز با شبکه عصبی در مقایسه با پترن تشعشی مورد نظر ۶۴
- شکل (۴-۲۲). ساختار شبکه MLP ۶۶
- شکل (۴-۲۳). پترن تشعشی مورد نظر ۶۸
- شکل (۴-۲۴). پترن تشعشی متناظر با تحریک بدست آمده از نتیجه سنتز با شبکه عصبی ۶۹
- شکل (۴-۲۵). بزرگ نمایی لوب فرعی پترن تشعشی ۶۹
- شکل (۴-۲۶). بلوک دیاگرام فرآیند آموزش ۷۱
- شکل (۴-۲۷). نمودار تابع عملکرد شبکه MLP ۷۲
- شکل (۴-۲۸). نمودار رابطه خروجی شبکه با هدف پس از فرآیند آموزش ۷۲
- شکل (۴-۲۹). بلوک دیاگرام مرحله تست ۷۳
- شکل (۴-۳۰). پترن تشعشی چبی شف مورد نظر ۷۴
- شکل (۴-۳۱). پترن تشعشی بدست آمده از نتیجه سنتز ۷۴
- شکل (۴-۳۲). پترن تشعشی چبی شف مورد نظر ۷۵
- شکل (۴-۳۳). پترن تشعشی بدست آمده از نتیجه سنتز ۷۶
- شکل (۴-۳۴). پترن تشعشی بدست آمده از نتیجه سنتز ۷۷
- شکل (۴-۳۵). پترن تشعشی بدست آمده از نتیجه سنتز ۸۰
- شکل (۴-۳۶). پترن متناظر با تحریک نتیجه شده از سنتز با شبکه عصبی ۸۰

فهرست جداول

۶۰	جدول (۱-۴). خروجی شبکه
۶۱	جدول (۲-۴). خروجی شبکه
۶۴	جدول (۳-۴). خروجی شبکه
۶۵	جدول (۴-۴). اطلاعات مربوط به شبکه RBF، فرآیند آموزش و تست
۶۷	جدول (۵-۴). اطلاعات مربوط به شبکه MLP، فرآیند آموزش و تست
۶۸	جدول (۶-۴). خروجی شبکه
۷۴	جدول (۷-۴). خروجی شبکه
۷۶	جدول (۸-۴). خروجی شبکه
۷۷	جدول (۹-۴). خروجی شبکه
۷۷	جدول (۱۰-۴). اطلاعات مربوط به شبکه RBF، فرآیند آموزش و تست
۷۸	جدول (۱۱-۴). اطلاعات مربوط به شبکه MLP، فرآیند آموزش و تست
۷۹	جدول (۱۲-۴). دامنه تحریک بدست آمده از سنتز با شبکه عصبی

مقدمه

پایان نامه حاضر به بررسی سنتز آرایه‌ای از آنتن‌های میکرواستریپ با در نظر گرفتن اثر کوپلینگ متقابل می‌پردازد. به منظور دستیابی به این هدف از الگوریتم شبکه عصبی استفاده شده است. استفاده از روش‌های هوشمند در حل مسائل الکترومغناطیس که در دهه اخیر مورد بررسی قرار گرفته است، علاوه بر ساده‌تر کردن حل مسئله، جواب دقیق و سریعی را بدست می‌دهد.

شبکه عصبی از جمله ابزارهای توانمند پردازش موازی اطلاعات است که با پردازش داده‌های تجربی قانون نهفته در ورای این اطلاعات را استنتاج می‌کند. در مسائلی که راه حل مشخصی برای آنها وجود ندارد و یا بسیار پیچیده هستند، حل مسئله با استفاده از شبکه عصبی با سرعت و دقت بالا قابل انجام بوده و به این ترتیب زمان دستیابی به نتیجه مطلوب نیز کوتاه‌تر می‌شود.

استفاده از آنتنهای پچ میکرواستریپ تقریباً از حدود سال ۱۹۷۰ در سیستمهای مخابرات ماهواره‌ای، سیار، نظامی و ... متداول گشته است. با این حال همواره طراحی بهینه آرایه‌ای از آنتنهای پچ میکرواستریپ با در نظرگیری شرایط واقعی و غیر ایده آل مانند اثر المانها بر تشعشع یکدیگر جزء چالشهای اساسی طراحی بوده و هست.

راهکارهایی که برای مسئله سنتز به کار برده می‌شوند معمولاً بر اساس اطلاعاتی هستند که از ضریب آرایه بدست می‌آید. در این روش‌ها خطای ناشی از اغماض اثر کوپلینگ متقابل اجتناب ناپذیر است. در مواردی که المان‌ها خیلی مجاور و نزدیک هم باشند و مقادیر تغذیه بسیار متفاوتی هم داشته باشند، اثرات کوپلینگ متقابل قابل صرف نظر نیست و باعث تغییر عمده در توزیع میدان تشعشعی کلی می‌شود.

تا کنون راه‌هایی برای سنتز آرایه‌ها با در نظر گرفتن اثر کوپلینگ متقابل ارائه شده است. یکی از راه حل‌های مؤثر، استفاده از شبکه عصبی می‌باشد. ابزار سنتز براساس شبکه عصبی می‌تواند مشخصات تشعشعی واقعی ساختار، از جمله اثر کوپلینگ متقابل را نیز منظور کند، بدون آنکه باعث محاسبات سنگین شود. شبکه عصبی در واقع یک نگاشت بین توزیع تحریک و پترن تشعشعی مربوطه ایجاد می‌کند. به این ترتیب شبکه عصبی قادر به حل مسئله سنتز می‌باشد.

در برخی کارهای گذشته، شبکه عصبی بصورت غیر مستقیم برای سنتز کلی آنتن‌ها بکار برده شده بود. به عنوان مثال در [۱ و ۲] از شبکه عصبی جهت شکل‌دهی بیم استفاده شده است. در این روش شبکه عصبی توزیع تحریک را به گونه‌ای مشخص می‌کند که صفرها و لوب‌ها در جهت مورد نظر باشند. البته با وجودی که این مسئله تا حدی به مسئله سنتز آنتن مربوط می‌شود، اما جز تعیین موقعیت صفرها و لوب‌ها، کنترلی روی شکل توزیع میدان ندارد. از جمله دیگر کارهایی که به کمک شبکه عصبی در رابطه با سنتز آنتن انجام شده است، جلوگیری از تداخل در آرایه‌های صفحه‌ای است [۳]. این کار با تحمیل صفرهایی در جاهای خاص انجام می‌شود. در این روش نیز توزیع میدان مشخصی مورد نظر است و فقط محل صفرهای تحمیلی در توزیع میدان باید تعیین شود و لذا سنتز کلی آنتن مورد نظر نبوده است. اخیراً کارهایی نیز برای سنتز آرایه‌ای از دایپل‌ها با استفاده از شبکه عصبی انجام شده است [۴-۹]. روش فوق نتایج مناسبی را برای آنتن‌های دایپل نشان داده است. این پایان‌نامه به دنبال تعمیم این روش و یافتن راهکاری مناسب برای سنتز آرایه‌ای از آنتن‌های میکرواستریپ پچ با استفاده از شبکه عصبی می‌باشد.

پایان‌نامه حاضر دو روش جدید برای سنتز آرایه‌ای از آنتن‌های میکرواستریپ پچ با استفاده از شبکه عصبی ارائه می‌دهد. روش اول، سنتز را برای رسیدن به یک توزیع میدان خاص انجام می‌دهد. به عبارت بهتر با دادن پترن تشعشعی مورد نظر به شبکه آموزش دیده، شبکه قادر خواهد بود توزیع تحریک لازم را بدهد.

در روش دوم که کاربردی تر می باشد، شبکه آموزش دیده تحریک لازم را برای ایجاد پترنی با مشخصات ^۱SLL و ^۲BW دلخواه به دست می دهد. از دیگر مزایای این روش این است که سنتز با این روش با سرعت و دقت بسیار بالا انجام می شود. این ویژگی، استفاده از این روش را در کاربردهای بلادرنگ^۳ ممکن می سازد. برای هر دو روش از دو نوع شبکه عصبی MLP و RBF استفاده شده است و عملکرد آن دو برای حل این مسئله مقایسه و بررسی شده است.

فصل اول و دوم شامل مقدمه ای بر آنتن های پچ میکرواستریپ، آنتن های آرایه ای و اثرات کوپلینگ متقابل بین المان های آرایه می باشد. سپس روش های مختلف سنتز آنتن بصورت مختصر معرفی می شوند. در فصل سوم، شبکه عصبی معرفی شده و ساختار آن و چگونگی آموزش آن شرح داده شده است. سپس دو نوع شبکه عصبی MLP و RBF در این فصل معرفی شده اند.

در فصل چهارم روش های سنتز آرایه ای پچ میکرواستریپ با استفاده از شبکه عصبی شرح داده شده اند. در ادامه نیز نتایج شبیه سازی مربوط به این تکنیک های سنتز مشاهده می شوند. همچنین، مقایسه ای بین دو نوع شبکه عصبی بکار رفته MLP و RBF انجام شده است.

فصل پنجم پایان نامه به بررسی نتایج بدست آمده می پردازد. در پایان پیشنهادهایی نیز برای ادامه کار ارائه شده است.

^۱ - Side Lobe Level

^۲ - Beam Width

^۳ - Real-Time

فصل اول :

آنتن‌های پیچ میکرواستریپ

مقدمه [۱۰-۱۱]

ایده آنتن‌های میکرواستریپ مربوط به سال ۱۹۳۵ می‌باشد که البته از سال ۱۹۷۰ به بعد بسیار مورد توجه بوده‌اند. آنتن‌های میکرواستریپ از یک قطعه فلزی بسیار نازک که در فاصله $h \ll \lambda_0$ از صفحه زمین قرار گرفته است، تشکیل شده است. اغلب به آنتن‌های میکرواستریپ آنتن‌های پچ^۱ نیز گفته می‌شود. شکل‌های مختلفی برای پچ به کار برده می‌شود که از بین آن‌ها مربع، مستطیل و دایره متداول‌ترین آن‌ها هستند که دلیل آن سادگی در ساخت و آنالیز است و همچنین مشخصه‌های تشعشعی مناسبی دارند. روش‌های آنالیز که برای این نوع آنتن‌ها استفاده می‌شود عبارتند از :

۱- مدل خط انتقال^۲، ۲- مدل حفره^۳ و ۳- تکنیک‌های حل عددی^۴

روش اول ساده‌ترین روش می‌باشد. اساس این مدل شبیه‌سازی رفتار عنصر میکرواستریپ با روابط خط انتقال میکرواستریپ می‌باشد. روش دوم نیز ساده است و دقت بالاتری دارد. همچنین با روش حفره، پترن تشعشعی آنتن نیز بدست می‌آید. روش سوم که تکنیک‌های حل عددی، نظیر روش ممان^۵ و اجزاء محدود^۶ می‌باشد، در بین این روش‌ها بسیار دقیق‌تر است. این روش اثرات کوپلینگ را نیز در نظر می‌گیرد اما نسبت به دو روش دیگر پیچیده‌تر است و محاسبات بیشتری دارد. به علاوه برای تحلیل ساختارهای غیر رایج نظیر ساختارهای چندلایه و یا دارای صفحاتی با اشکال خاص، روش‌های خط انتقال و یا مدل حفره کارآمد نبوده و نیاز به روش‌های حل عددی می‌باشد.

¹ - Patch Antennas

² - Transmission line model

³ -Cavity model

⁴ - Fullwave method

⁵ - Moment Method

⁶ - Finit Element Method

(۱-۱) بررسی ساختار آنتن میکرواستریپ [۱۰-۱۱]

(۱-۱-۱) زیر لایه دی‌الکتریک^۱

پارامترهایی که در انتخاب زیرلایه آنتن میکرواستریپ مؤثر هستند، ضخامت، ثابت دی‌الکتریک و تانژانت تلفات می‌باشند. ضخامت زیاد زیر لایه دی‌الکتریک موجب افزایش توان تشعشعی، بهبود پهنای باند فرکانسی و کاهش تلفات هادی و همچنین استحکام مکانیکی آنتن می‌شود. از معایب بالا بودن ضخامت دی‌الکتریک، افزایش تلفات امواج سطحی و تلف دی‌الکتریک و همچنین بالا رفتن وزن آنتن می‌باشد. پارامتر ثابت دی‌الکتریک نیز نقشی همانند ضخامت به عهده دارد. به این ترتیب که مقادیر پایین آن میدان‌های پیرامون پیچ را افزایش می‌دهند. به عبارت دیگر کاهش ثابت دی‌الکتریک اثری مشابه افزایش ضخامت دی‌الکتریک دارد.

دی‌الکتریک‌های فراوانی را می‌توان به عنوان زیرلایه برای این نوع آنتن به کار برد که معمولاً ثابت دی‌الکتریک آن‌ها در محدوده $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ می‌باشد. دی‌الکتریک‌هایی که برای عملکرد خوب آنتن مناسب هستند، با ضخامت زیاد می‌باشند که ثابت دی‌الکتریک آن‌ها در محدوده پایین رنج مطلوب است. این ضخامت زیاد منجر به کارایی^۲ بهتر و پهنای باند بالاتر می‌شود اما این به قیمت بزرگ‌تر شدن ابعاد آنتن می‌باشد (به دلیل کوچک بودن ثابت دی‌الکتریک). از طرف دیگر انتخاب دی‌الکتریک‌های نازک با ثابت دی‌الکتریک بالا منجر به کوچک شدن سایز آنتن و کاهش تشعشع نامطلوب و کوپلینگ نامطلوب می‌شود. اما از طرف دیگر به علت افت زیادتر در آن‌ها کارایی کم و پهنای باند کوچک‌تر می‌شود.

آنتن میکرواستریپ دارای مزایا و معایبی است که دانستن آن‌ها می‌تواند به طراحی آنتن مناسب و بهینه کمک کند. بنابراین در ادامه به بررسی مختصر برخی ویژگی‌های این نوع آنتن می‌پردازیم. ساختار این آنتن نسبتاً ساده است و در مقایسه با آنتن‌های دیگر وزن کمتری داشته و فضای کمتری را اشغال

^۱ - Dielectric Substrate

^۲ - efficiency

می‌کند که این ویژگی‌ها برای آنتن روی وسایل نقلیه مناسب می‌باشد. همچنین آنتن‌های میکرواستریپ دارای این قابلیت هستند که با طراحی مناسب می‌توانند در دو باند فرکانسی کار کنند. پلاریزاسیون‌های دایروی و خطی، هم با یک تک‌المان پچ میکرواستریپ و هم با آرایه‌ای از آنتن‌های پچ میکرواستریپ بدست می‌آیند.

۱-۱-۲) ابعاد آنتن میکرواستریپ

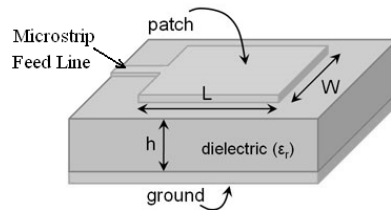
به دلیل اینکه در این پروژه از آنتن پچ مستطیلی استفاده شده است، بررسی را به این نوع خاص محدود می‌کنیم. اندازه طول و عرض آنتن پچ مستطیلی در عملکرد آنتن مؤثر است. افزایش عرض پچ باعث بالا رفتن توان تشعشعی، کاهش مقاومت رزونانسی و افزایش پهنای باند می‌شود. اما افزایش عرض پچ در کاربردهای آرایه‌ای موجب ایجاد گلبرگ‌های فرعی بزرگ نیز می‌شود که مطلوب نیست. طول پچ نیز فرکانس رزونانس را مشخص می‌کند.

۱-۱-۳) تغذیه آنتن پچ میکرواستریپ

برای تغذیه آنتن‌های پچ روش‌های مختلفی وجود دارد. انتخاب نوع تغذیه به هدف طراحی بستگی دارد. یکی از عوامل مهمی که در انتخاب روش تغذیه اثر می‌گذارد، تطبیق امپدانس بین آنتن و خط تغذیه است. استفاده از ترانسفورمر $\frac{1}{4}$ ، تطبیق امپدانس را برقرار کرده اما از طرف دیگر منجر به تشعشعات اضافی می‌شود. علاوه بر این فاکتور دیگری که به خصوص در اینجا مهم است مناسب بودن نوع تغذیه جهت کاربردهای آرایه‌ای می‌باشد. در اینجا چهار تکنیک رایج برای تغذیه آنتن میکرواستریپ را معرفی و بررسی می‌کنیم.

۱-۱-۳) تغذیه با خط میکرواستریپ^۱

این روش تغذیه ساده و متداول است. در این روش، از یک خط میکرواستریپ برای تغذیه پچ استفاده می‌شود که مدل کردن آن نسبتاً ساده است و البته مزایا و معایب خود را دارد. در شکل (۱-۱) این نحوه تغذیه نشان داده شده است.

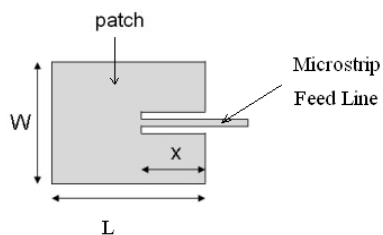


شکل (۱-۱). تغذیه با خط میکرواستریپ

با توجه به اینکه در روش تغذیه با خط میکرواستریپ، در محل اتصال آنتن و خط تغذیه عدم تطبیق امپدانس وجود دارد، لازم است که یک شبکه تطبیق بین خط و آنتن قرار بگیرد. اما وجود شبکه تطبیق علاوه بر ایجاد تشعشع اضافی، در کاربردهای آرایه‌ای به علت عدم وجود فضای کافی امکان‌پذیر نمی‌باشد.

برای رفع مشکلات این روش تغذیه یک ساختار بهبود یافته ارائه شده است. در شکل (۱-۲) پیکربندی این نوع تغذیه نشان داده شده است. در این روش خط میکرواستریپ تغذیه مقداری در پچ فرو شده است. در این روش با انتخاب صحیح محل فرو شدن خط تغذیه و مقدار فرو رفتگی آن در پچ می‌توان تطبیق امپدانسی را نیز ایجاد نمود.

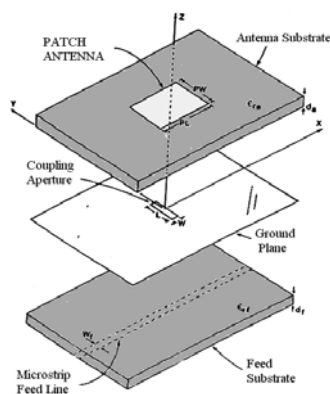
^۱ - Microstrip line feed



شکل (۲-۱). تغذیه خط میکرواستریپ بهبود یافته

۱-۱-۳-۲ تغذیه با تزویج دهانه^۱

این نوع تغذیه از نظر ساخت نسبت به دیگر روش‌ها مشکل‌تر است. برای این نوع تغذیه، آنتن دارای دو لایه دی‌الکتریک خواهد بود که توسط یک صفحه زمین از هم جدا شده‌اند. در زیر لایه دی‌الکتریک پایینی یک خط میکرواستریپ وجود دارد که انرژی آن از طریق اسلاتی که در صفحه زمین جدا کننده دو لایه وجود دارد به پچ کوپل می‌شود. شکل (۳-۱) این روش تغذیه را نشان می‌دهد.



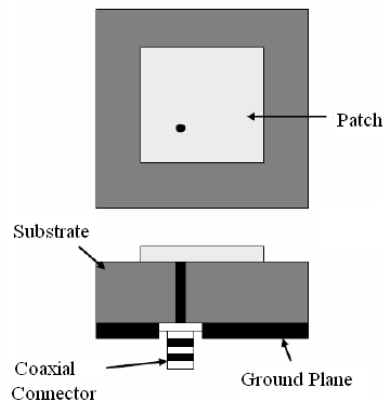
شکل (۳-۱). تغذیه آنتن پچ با تزویج دهانه

^۱ - Aperture-coupled feed

پارامترهای زیر لایه به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که تشعشع بهینه حاصل شود. به این ترتیب که برای زیر لایه بالایی، یک ماده با ثابت دی‌الکتریک پایین و قطر زیاد، و برای زیر لایه زیرین ماده‌ای با ثابت دی‌الکتریک بالا به کار می‌رود. در این روش صفحه زمین جدا کننده دو لایه، تغذیه را از المان تشعشعی ایزوله می‌کند. برای این طراحی، پارامترهای مربوط به زیرلایه‌ها، عرض خط میکرواستریپ، اندازه و موقعیت اسلات می‌توانند برای بهینه کردن استفاده شوند. تطبیق امپدانس نیز با کنترل پهناي خط تغذیه و طول اسلات انجام می‌شود.

۱-۳-۳ تغذیه با پروب کواکسیال

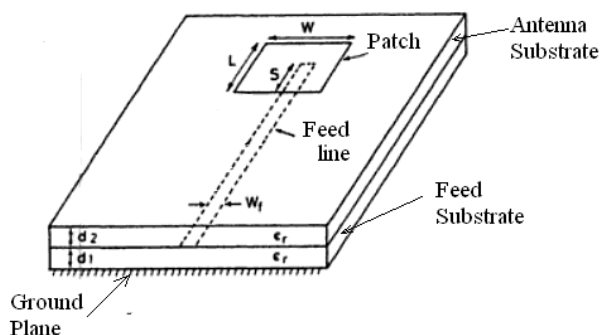
در این روش هادی داخلی کابل کواکسیال با عبور از زیر لایه به پیچ و هادی بیرونی به زمین متصل می‌شوند. نحوه آرایش این نوع تغذیه در شکل (۴-۱) نشان داده شده است. در این روش نیز انتخاب محل اتصال هادی به پیچ بر تطبیق امپدانس بین آنتن و خط تغذیه مؤثر است. یکی از مشکلات این روش این است که برای زیر لایه‌های ضخیم مدل کردن آن سخت است.



شکل (۴-۱). تغذیه آنتن پیچ با پروب کواکسیال

۱-۳-۴) تغذیه با تزویج مجاور^۱

این روش تغذیه برای آنتن‌های پچ با دو زیرلایه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع تغذیه نسبت به دیگر روش‌ها دارای بزرگ‌ترین پهنای باند است. در این روش، خط تغذیه میکرواستریپ روی زیر لایه پایینی و پچ روی زیر لایه بالا قرار می‌گیرند. در این روش، با تغییر طول خط میکرواستریپ می‌توان تطبیق امپدانسی را کنترل کرد. از تغییر پارامترهای زیر لایه‌ها نیز برای بهبود پهنای باند استفاده می‌شود. در شکل (۵-۱) چگونگی این روش تغذیه نشان داده شده است.



شکل (۵-۱). تغذیه آنتن پچ با تزویج مجاور

در این پایان‌نامه برای تغذیه المان‌ها از بین تکنیک‌هایی که برای تغذیه آنتن میکرواستریپ معرفی شد، روش تغذیه میکرواستریپ فرو شده انتخاب شده است. دلیل این انتخاب راحتی تطبیق امپدانس در این روش می‌باشد که بدون نیاز به ترانسفورمر $\frac{\lambda}{4}$ این کار را انجام می‌دهد.

^۱ - Proximity-coupled feed

۲-۱) کاربرد آنتن‌های میکرواستریپ

آنتن‌های میکرواستریپ در ابتدا تنها به کاربردهای نظامی مانند کاربردهای موشکی، هواپیمایی و ماهواره‌ای محدود می‌شد. اما هم‌اکنون با پیشرفت سریع تکنولوژی ساخت مواد زیر لایه و قابلیت یکپارچه شدن این آنتن با مدارات مجتمع، استفاده از آن در بخش تجاری نیز توسعه زیادی یافته است. در واقع ویژگی‌های این آنتن مانند سبک و کم حجم بودن، ساختار ساده و مشخصه‌های تشعشعی مناسب است که موجب گستردگی کاربرد آن شده است. همچنین در صورت نیاز به گین بالاتر، آن را به صورت آرایه‌ای به کار می‌برند. آنتن‌های میکرواستریپ در سیستم‌های مخابرات ماهواره‌ای، سیستم‌های سنجش از دور، رادارها، آنتن‌های مجتمع و ... استفاده می‌شوند.