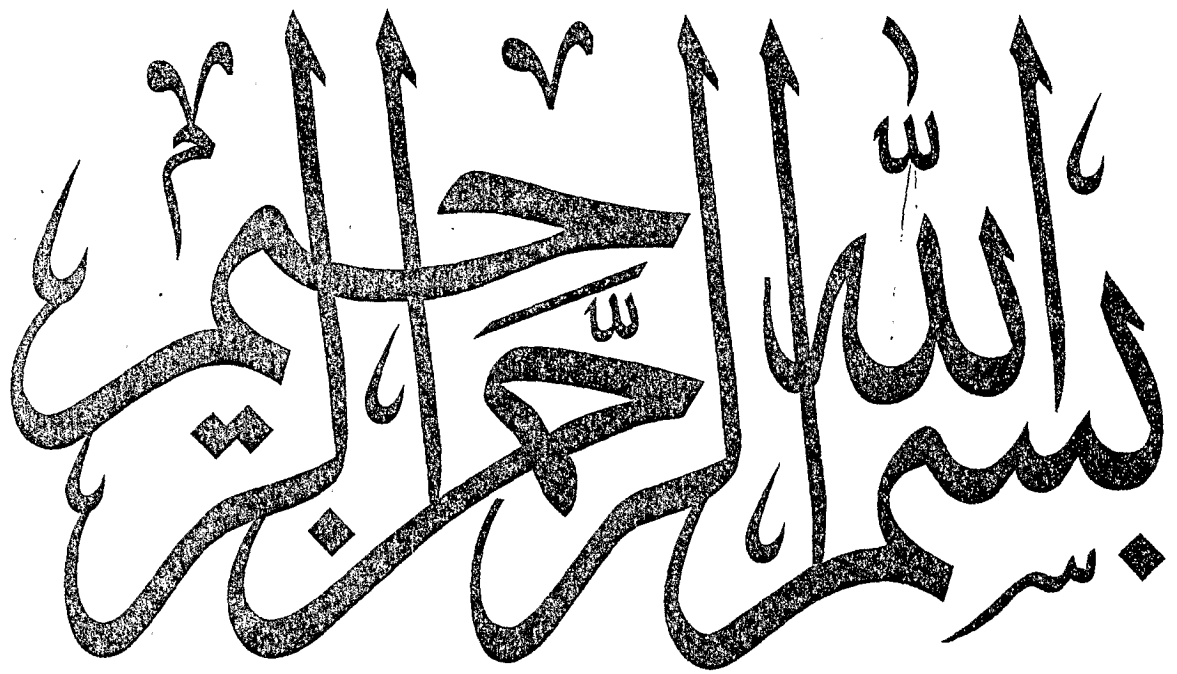


١١٠٨٨١

۸۷/۱/۱۰۶۹۹۴
۸۸/۱/۱۸

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی برق

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق- مخابرات

تحلیل آنتن های پچ مایکرو استریپ بر روی بدنه های استوانه ای در حوزه طیفی

استاد راهنما :
دکتر رستم سرایی

مؤلف :
حامد کشمیری

۱۳۸۷ /۱۲/ ۲۷

بهمن ماه ۱۳۸۶

۱۱۰۸۸۱

دانشگاه شهید باهنر کرمان

مخصوص تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه هیات داوران دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

در جلسه ای که در تاریخ ۸۶/۱۱/۲۳ با حضور هیات داوران زیر تشکیل شد .
دانشجو آقای حامد کشمیری نقاب دانشجوی کارشناسی ارشد مخابرات بخش برق دانشگاه شهید باهنر کرمان از پایان نامه خود تحت عنوان : " **تحلیل آنتن های پچ مایکرواستریپ بر روی بدنه های استوانه ای در حوزه طیفی** "

دفاع نمود . هیات داوران پس از بحث و تبادل نظر به این نتیجه رسیدند که این پایان نامه
الف) بدون هیچگونه اصلاح مورد قبول است .
ب) با تغییرات جزئی مورد قبول است .
ج) نیاز به تجدید نظر کلی دارد .

ضمنا" این هیات ، پایان نامه فوق را با درجه عالی ارزیابی و برای آن نمره میانگین ۱۸/۱ را پیشنهاد نمود.

امضاء

نام و نام خانوادگی

داور ۱ : دکتر احمد حکیمی

داور ۲ : دکتر سعید سریزدی

داور ۳ :

داور ۴ :

استاد راهنمای پایان نامه : دکتر رستم سرایی

استاد مشاور پایان نامه :

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه : دکترحسین نظام آبادی پور

درجه پایان نامه می تواند عالی (۱۷ تا ۲۰) ، خوب (۱۴ تا ۱۷) ، قابل قبول (۱۲ تا ۱۴) ، غیر قابل قبول (کمتر از ۱۲) باشد .

دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی برق
دانشکده فنی و مهندسی
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچ گونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود .

دانشجو : حامد کشمیری نقاب

استاد راهنما : دکتر رستم سرایی

داور۱: دکتر احمد حکیمی

داور۲: دکتر سعید سر یزدی

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده : دکترحسین نظام آبادی

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه باهنر کرمان می باشد

تقدیم به

پدر و مادر مهربان و عزیزم که برگ برگ ورق های زندگی ام را مدیون ایشانم که مشفقانه مرا به فراگیری علم و دانش تحریض و تشویق نمودند و در این راه مرا یاری کردند و همواره پشتیبان من بوده اند .

برخود لازم می دانم از راهنمایی های ارزنده و عالمانه استاد راهنما

جناب آقای دکتر رستم سرایی

قدردانی و سپاسگزاری نمایم که بی شک بدون بهره مندی از راهنمایی ها و دانش ایشان ، مجموعه کنونی شکل نمی گرفت و از خداوند منان توفیق روز افزون برای ایشان وخانواده محترمشان را خواستارم .

همچنین از ریاست محترم گروه

جناب آقای دکتر احمد حکیمی

که صمیمانه و صبورانه در فراهم شدن شرایط برای تهیه این مجموعه مرا یاری رسانند و حضور ایشان موجب دلگرمی و تشویق بنده بود تشکر و سپاسگزاری می نمایم .

چکیده :

آنتن های پچ مایکرو استریپ با پیشرفت تکنولوژی مایکروویو و مدارهای چاپی اهمیت فوق العاده پیدا کرده اند . آرایه ای از آنها برای کاربرد های ماهواره و رادار فرودگاهی و لینک های رادیویی استفاده شده است . ارزانی ، سبکی و یکسان بودن تکنولوژی آن در مقایسه با مدار های چاپی از مزایای این آنتن ها می باشند .

ایده آنتن های مایکرواستریپ ، اولین بار در سال 1953 توسط Deschamp مطرح شد و اولین نمونه عملی آن نیز در 1970 توسط Howell , Munson ساخته شد . تا به امروز به دلیل رشد تکنولوژی مدارهای چاپی و محدودیت روزافزون استفاده از آنتن های پیچیده ، استفاده از این نوع آنتن ها کاربرد روز افزون داشته است . علاوه بر رشد صعودی کاربرد این آنتن ها ؛ مدلسازی و آنالیز ساختار آنها نیز با روشهای متعددی انجام پذیرفته است . یکی از اصلی ترین خواص این آنتن ها ، انطباق (Conformity) آنهاست و اساسا به دلیل همین خاصیت ، قلمرو رشد آنها به روی بدنه های غیر مسطح گسترش یافت . هدف اصلی این پایان نامه ، تحلیل آنتن های پچ مایکرو استریپ با استفاده از نرم افزار و مقایسه نتایج بدست آمده با مقالات معتبر دنیا می باشد .

در این پایان نامه سعی بر آن است که با معرفی این آنتن ها روی بدنه های استوانه ای ، خواننده را با اقسام این سازه و نحوه کار با آنها آشنا کنیم . به این ترتیب با انواع روشهای تغذیه ، ایجاد پلاریزاسیون دایروی و انواع روشهای طراحی آرایه آشنا خواهید شد . در ادامه ابتدا خلاصه ای از روشهای عددی مرسوم در این کاربرد را معرفی کرده و سپس با یک مثال به تشریح بیشتر روش عددی Spectral Domain خواهیم پرداخت . روش گلرکین را که حالت خاصی از روش ممان است ، برای تحلیل آنتن پچ توضیح می دهیم و مدل تحریک و امپدانس متقابل را بررسی می کنیم . در پایان نتایج عددی بدست آمده را ارائه داده و نتیجه گیری می کنیم .

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : مقدمه	۷
فصل دوم : انواع شکل پچ و اقسام تغذیه	۹
۲-۱- انواع شکل پچ	۹
۲-۲- اقسام تغذیه	۱۰
۲-۲-۱- تغذیه با کابل کواکسیال	۱۰
۲-۲-۲- تغذیه با خط انتقال مایکرو استریپ	۱۰
۲-۲-۳- تغذیه با slot	۱۳
۲-۳- پارامتر های مخرب تغذیه	۱۴
۲-۴- کوپلاژ متقابل و آرایه ها	۱۵
۲-۵- تغذیه در آرایه ها	۱۶
۲-۶- روش های تحلیل عددی	۱۹
۲-۶-۱- Cavity Model	۱۹
۲-۶-۲- F.D.T.D	۱۹
۲-۶-۳- TLM	۲۰
۲-۶-۴- MOM	۲۰
فصل سوم: روش گلرکین برای تحلیل آنتن پچ	۲۲
۳-۱- مقدمه	۲۲
۳-۲- توابع گرین	۲۲
۳-۳- خواص توابع گرین	۲۵
۳-۴- مدل توزیع جریان سطحی	۲۷
۳-۵- روش گلرکین	۳۲
۳-۶- انتخاب توابع پایه	۳۴

عنوان	صفحه
فصل چهارم : مدل تحریک امواج سطحی و امپدانس متقابل	۳۷
۴-۱- مقدمه	۳۷
۴-۲- مدل های تحریک با کابل کواکسیال	۳۷
۴-۳- امواج سطحی	۴۰
۴-۴- امپدانس متقابل ناشی از امواج سطحی	۴۳
۴-۵- امپدانس متقابل پچ های مستطیلی	۴۴
فصل پنجم : نتایج عددی برای آنتن های پچ مستطیلی و دایروی	۴۸
۵-۱- مقدمه	۴۸
۵-۲- نتایج مدل جدید برای تغذیه کابل کواکسیال	۴۸
۵-۳- آنالیز طیفی آنتن قطعه مایکرو استریپ مستطیلی	۵۶
۵-۳-۱- تابع گرین	۵۶
۵-۳-۲- معادله انتگرال میدان الکتریکی	۶۲
۵-۳-۳- مدلسازی تغذیه	۶۴
۵-۳-۳-۱- تغذیه توسط خط هم محور	۶۴
۵-۳-۳-۲- تغذیه توسط خط میکرو استریپ	۶۵
۵-۳-۴- میدان دور	۶۷
۵-۳-۵- محاسبه عددی انتگرال ها	۶۸
۵-۳-۶- امپدانس و نمایه دور آنتن میکرواستریپ مستطیلی	۷۰
۵-۴- آنالیز طیفی آنتن پچ مایکرو استریپ دایروی	۸۱
۵-۴-۱- آنتن پچ دایروی تحریک شده از مرکز	۸۲
۵-۴-۲- آنتن پچ دایروی در مد (۱و۱)	۸۸
۵-۴-۳- نتایج شبیه سازی	۹۱

عنوان	صفحه
فصل ششم : آنالیز آنتن پچ مستطیلی روی بدنه استوانه ای	۹۸
۶-۱- مقدمه	۹۸
۶-۲- محاسبه فرکانس تشدید	۹۸
۶-۳- محاسبه امپدانس ورودی و میدان تشعشعی	۱۰۴
۶-۴- نتایج شبیه سازی	۱۰۶
فصل هفتم : نتیجه گیری	۱۱۷

فصل اول:

مقدمه

مفاهیم آنتن های پچ مایکرو استریپ در دهه ۶۰ بصورت اثرات ناپیوستگی خطوط مایکرو استریپ مورد مطالعه قرار گرفت . آغاز دهه ۸۰ رشد چشمگیر آنتن های پچ در عمل و تئوری بوده است . در دهه ۸۰ همگام با رشد این آنتن ها ، آرایه های پچ ، پلاریزاسیون دایروی ، نوع اکتیو آنتن ها و تئوری این آنتن ها نیز مورد بررسی فراوان محققان بوده است . رفتار آنتن پچ شبیه رفتار محفظه های رزنانس است . برای تحلیل آنتن های پچ میکرو استریپ تکنیک های خاصی مثل مدل خط انتقال ، مدل حفره رزنانس و ادمیتانس لبه تا روش های عام المان محدود ، تفاضل محدود در حوزه زمان ، روش ممان و گرادیان مزدوج استفاده شده است .

رفتار آنتن پچ به مانند رفتار محفظه های رزنانس می باشد و به این ترتیب در فرکانس های خاصی قسمت حقیقی امپدانس ورودی دیده شده از آنها ماکزیمم می شود ، در بیشتر موارد عملی قسمت موهومی امپدانس ورودی در این فرکانس ناچیز است . مشکل اساسی در این آنتن ها پهنای باند فرکانسی کم به علت ماهیت رزنانسی آنها می باشد . پارامتر Q که به صورت نسبت انرژی ذخیره شده در این محفظه به انرژی تلف شده تعریف می شود می تواند معیار مناسبی برای بیان عرض باند آنتن باشد (Q بزرگ متضمن عرض باند کوچک می باشد) .

از محاسن آنتن های پچ موارد زیر را می توان یادآوری کرد :

۱- ارزانی و سبکی

۲- می توان آنها را در شکل های غیر مسطح (conformal) ساخت که این نوع آنتن ها در اتومبیل ها استفاده شده است .

۳- آرایه ای از آنها را می توان با تغذیه ای مناسب برای سنتز پترن و انواع پلاریزاسیون استفاده کرد . پترن و نوع پلاریزاسیون به تحریک بستگی دارد.

۴- با تغییرات مناسب روی نقطه تحریک ، امپدانس ورودی دیده شده تغییر می کند این خاصیت آن را برای مجتمع کردن با نیمه هادیها و ساخت آنتن اکتیو مناسب کرده است .

۵- شاید مهمترین مزیت این آنتن در یکسان کردن تکنولوژی می باشد زیرا تکنولوژی ساخت این آنتن تکنولوژی مدارهای مایکروویو یکسان می باشد .

همانطور که گفته شد آنتن پچ رفتاری شبیه به محفظه رزنانس دارد و طبیعتاً دارای فرکانس های رزنانس و مدهای مختلف می باشد . آنتن در نزدیکی این فرکانس های رزنانس کار می کند و رفتار آنتن به مد کار آنتن بستگی دارد . در جستجو به دنبال دلایل توفیق این آنتن در مقایسه با سایر آنتن ها ، می توان عمده مزایای زیر را برایش برشمرد :

کوچکی ، سبکی ، طراحی و ساخت آسان ، قیمت ارزان ، قابلیت کار با MIC ها و ترکیب ساده با مدارات الکترونیک.

البته به مانند هر سازه ای ، این ساختار هم به نوبه خود دارای معایبی می باشد که عمده آنها بدین قرار است :

پهنای باند کم ، تلفات بالای تغذیه ، محدودیت کار در توانهای پایین .

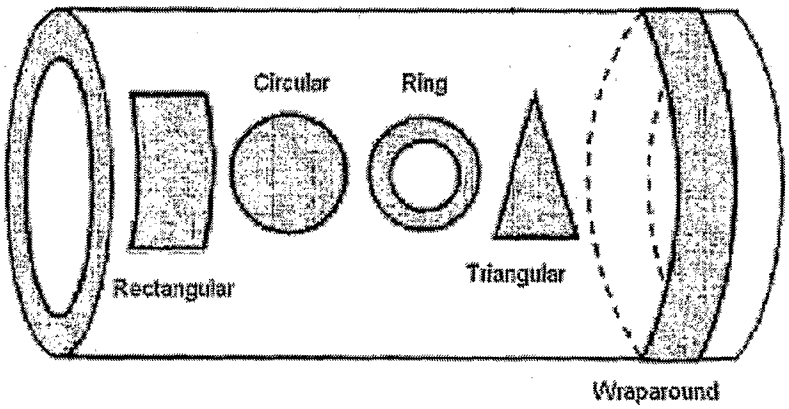
برای فائق آمدن بر این مشکلات ، عموما ناگزیر به استفاده از آرایه ها هستیم . با این تکنیک تقریبا، می توان تمام این معایب را پوشاند . شاید عمده ترین قلمرو رشد این آنتن ها را بتوان در روی بدنه های غیر مسطح دید . زیرا آنتن های مایکرواستریپ در صورت تقاضا ، قابلیت انطباق با هر سطحی را دارند . انطباق (conformity) بدان معناست که به سادگی روی بدنه سازه میزبان نصب شده و ویژگیهای آیرودینامیکی آنرا تغییر نمی دهد . همین ویژگی باعث شده تا این آنتن در عرصه کاربردها در جو زمین ، جایگاه خود را پیدا کند . زیرا تقریبا از سایر رقبای خود کم حجمتر ، کم وزنتر و ارزانتر است . امروزه آنها را می توان در رادارهای ترافیک فرودگاهی ، کنترل زمینی ماهواره ، مسافت سنجی و ایستگاههای پایه موبایل و ... بکار برد . البته نمونه های منطبق بر بدنه خودروها نیز مشاهده شده است . در ادامه و در فصلهای پیش رو سعی خواهیم کرد که کلیات این آنتن پر کاربرد را روی بدنه های مستطیلی و دایروی و استوانه ای ، از منظرهای مختلف مطرح و خواننده را با خلاصه کارهای انجام شده در این حیطه آشنا کنیم .

فصل دوم :

انواع شکل پچ و اقسام تغذیه

۲-۱- انواع شکل patch

در طراحی آنتن های مایکرواستریپ ، گستره وسیعی از اشکال پـچ قابـل دسـتیابی اسـت کـه امکـان انتخاب براساس نوع کاربرد مورد نظر وجـود دارد . رایجتـرین اشـکال بکـار بـرده شـده ، عبارتنـد از مستطیل ، دایره ، رینگ ، مثلث و کمربند . در شکل زیر می توانید شمایی از آنها را ملاحظه کنید.[1]



شکل ۲-۱- انواع شکل patch

در اغلب کاربردها روی بدنه های استوانه ای ، نیاز به یک پترن همـه جهتـه (**omni directional**) درصفحه پیرامونی استوانه است . نشان داده شده است که اگر یک کمربند را در تعدادی نقـاط بطـور یکنواخت حول استوانه تغذیه کنیم ، یک پترن همه جهته خواهیم داشت . در مورد نحوه تغذیه تاکیـد بیشتری خواهیم کرد . در صورتیکه یک تشعشع پیرامونی و فقط با یک عنصر مدنظر باشد ، تنها نـوع کمربندی پیشنهاد می شود . از طرفی اگر از چند المان مجزا به جای کمربند استفاده کنـیم ، تعـداد نقاط تغذیه کمتری مورد نیاز خواهد بود و ضمنا وزن و حجم آنتن کاهش خواهد یافت . سازه های نوع مستطیلی و دایروی ، رایجترین سازه ها در بین این گونه می باشند که حجم تحقیقات انجام شده بـر روی آنها ، با هیچ شکل دیگری قابل مقایسه نیست.

سازه نوع مستطیلی دارای تحلیل ساده ای است و برای تشعشع یکنواخت در همه جهت ها به تغذیه با فاز و دامنه یکسان نیاز دارد . پچ دایروی هم در مواردی که نیاز به پلاریزاسیون دایروی باشد ، بیشتر مورد توجه است . علاوه بر آن، در کاربردهای آرایه ، به دلیل عـدم تجمـع بـار در گوشـه هـای سـازه دایروی کوپلینگ (Coupling) کمتری با عناصر مجاور خواهیم داشت . این خاصـیت زمـانی جلـب توجه می کند که ما آنـتن خـود را بـرای beam scanning در یـک آرایـه فـازی قـرار دهـیم .

اینجاست که نبود این خاصیت در سازه نوع مستطیلی و دایروی برای زوایای Scan پایین ، تولید اشکال می کند و ما نقاط کوری در Scan خواهیم داشت . [5]

۲-۲- اقسام تغذیه

عموما در حوزه این آنتن ها، سه روش اصلی تغذیه وجود دارد . تغذیه با کابل کواکسیال (پروب) ، تغذیه با خط انتقال مایکرواستریپ و تغذیه با یک شکاف در زمین.
سایر روشهای دیگر تغذیه همچون تغذیه با coplanar waveguide یا تغذیه با stripline هم وجود دارند که مزایای هریک منحصر به فرد می باشد . مثلا در تغذیه با stripline می توانیم به تلفات کمتر درfeedline ورودی دست یابیم و یا در تغذیه به روش coplanar waveguide می توانیم فرکانس کارکرد خود را تا رنج millimeter wave (فرکانس بالا) افزایش دهیم که به آسانی هم در کنار عناصر فعال بکار گرفته می شوند . اما از آنجاییکه بسیار کم به آنها پرداخته شده است ، جای بسیاری برای تحقیق بیشتر وجود دارد .

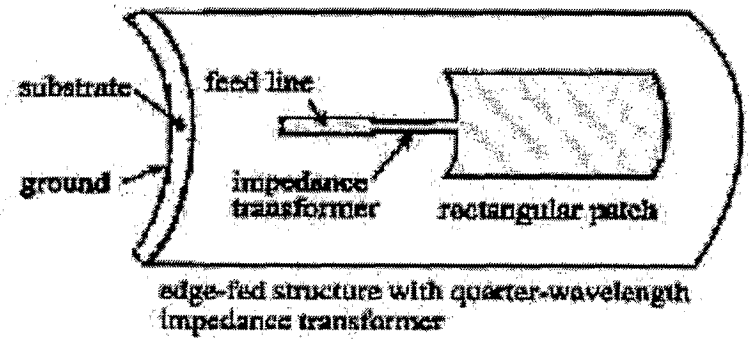
۲-۲-۱- تغذیه با کابل کواکسیال

در این روش، هادی مرکزی کابل کواکسیال را از طریق یک سوراخ در substrate و در یک نقطه دلخواه به patch در بالا متصل می کنند . هادی بیرونی هم به زمین وصل می شود.
این ترکیب از نظر تحلیل ، ساده ترین نوع تغذیه محسوب می شود . تشعشع مزاحم از تغذیه هم در این حالت بسیار کم است اما از آنجاییکه نیاز به سوراخکاری دارد ، ما را در ساخت (خصوصا در تولید انبوه) دچار مشکل می کند.
بعلاوه عمده نقصان این روش، عدم توانایی کار در توانهای بالا می باشد که این عیب ، از ویژگیهای ذاتی کابل هم محور نشات می گیرد .

۲-۲-۲- تغذیه با خط انتقال مایکرواستریپ

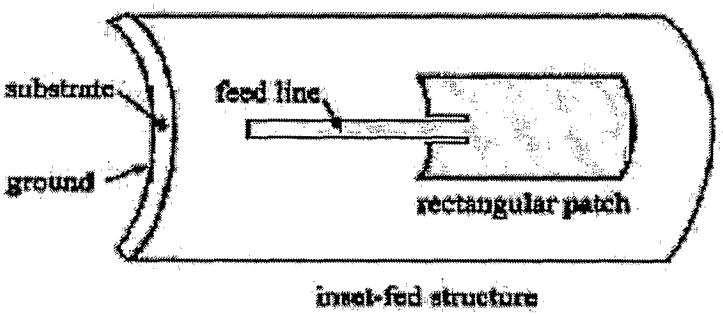
این سبک تغذیه چنین است که یک خط ساده از هادی روی مدار چاپی، عهده دار انتقال موج شبه TEM به patch است . محل اتصال نهایی این خط به patch هم از جمله پارامترهای تعیین کننده می باشد . با وجودی که تحلیل این روش تغذیه دشوار می نماید اما ساخت آن بسیار آسان است . بعلاوه گرفتن هر دو نوع پلاریزاسیون خطی و دایروی در آن به سادگی امکانپذیر است . می توان گفت که این دو ویژگی و سایر مزایا باعث شده است که در کاربردهای آرایه ، سایر روشهای تغذیه منسوخ شوند . اما همانطور که انتظار می رود ، این سبک تغذیه هم دارای معایبی است که از آن جمله مقاومت ورودی در لبه پچ است . این مقاومت ، گاها به ۱۰۰ تا ۲۰۰ اهم می رسد و کار را برای یک تطبیق امپدانس دشوار می کند .

اصولی ترین راه برای تطبیق به یک منبع ۵۰ اهم ، استفاده از یک مبدل ربع موج می باشد . اما آنچه باید درنظر گرفته شود آنست که اگر از آرایه انتظار افزایش پهنای باند داریم ، این تطبیق مناسب نیست مگر آنکه در چند مرحله صورت گیرد.



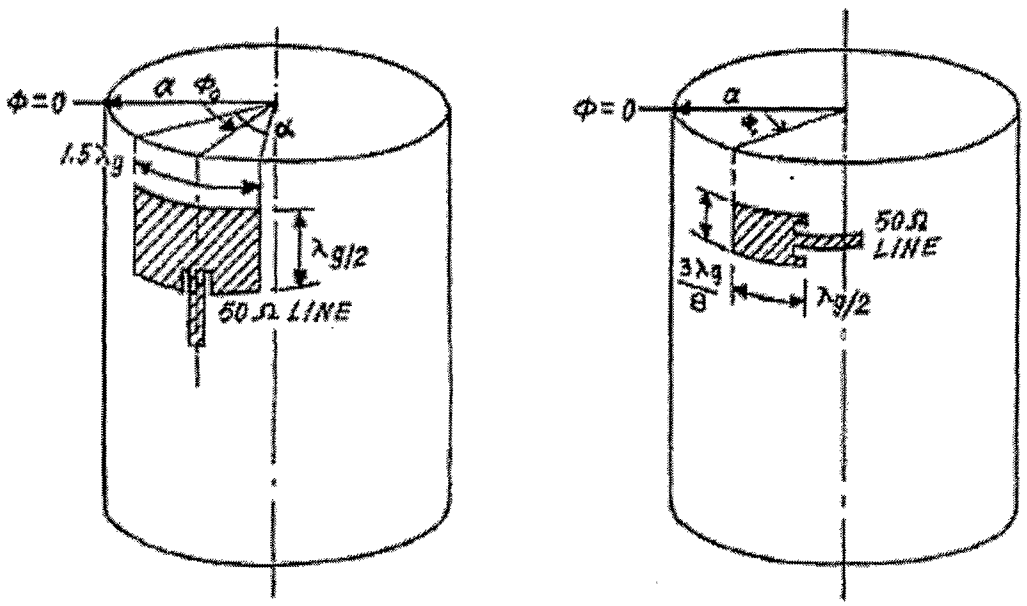
شکل ۲-۲- تطبیق امپدانس با مدل ربع موج

روش دیگر برای دستیابی به یک تطبیق خوب، بهره گیری از خط فرورفته است(inset feed).



شکل ۲-۳- تطبیق امپدانس با خط فرورفته

در این نوع تغذیه و از زاویه ای دیگر، دو روش برای ورود موج به آنتن وجود دارد ، روش محوری و محیطی . نوع محوری (Axial) میدان Eφ را تحریک می کند درحالیکه نوع محیطی (Circumferential) میدان Eθ را برمی انگیزد . تفاوت این دو نوع را در شکل (۲-۴) نشان می دهیم .



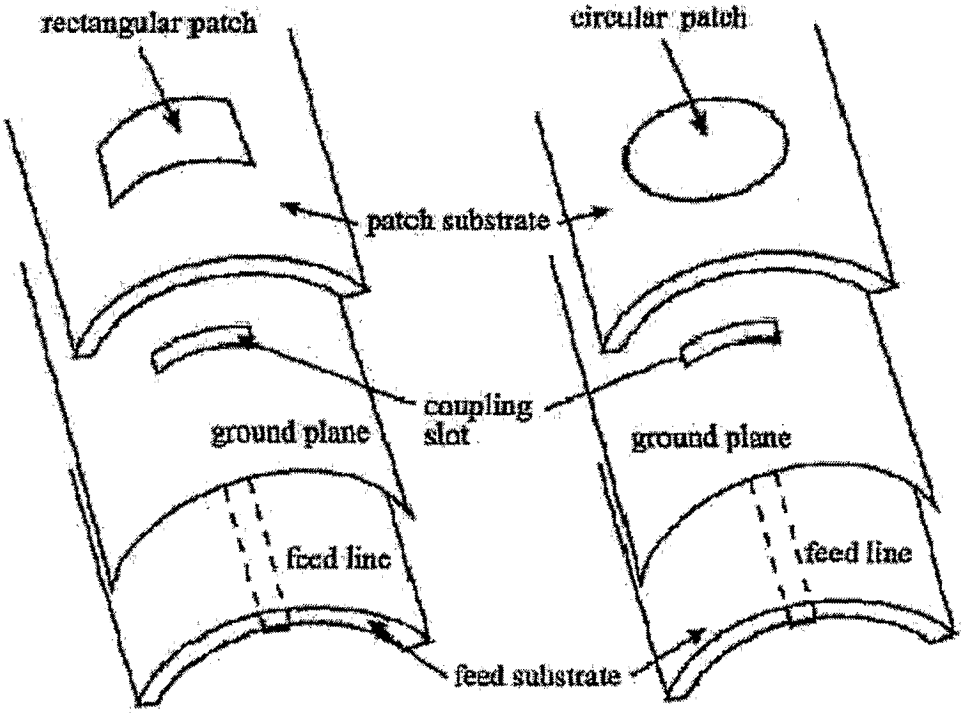
CIRCUMFERENTIAL MODE AXIAL MODE

شکل ۲-۴- دو سبک تغذیه محوری و محیطی

عمده اختلاف دیگر این دو نوع ، در نحوه چیدمان است. بگونه ای کـه نـوع پیرامـونی ، دارای شـبکه تغذیه ساده تری است . بعلاوه برای داشتن پترن همه جهته ، نیاز به تعداد Patch کمتری می باشد.

۲-۲-۳- تغذیه با slot

در این سازه همانطور که در شکل ملاحظه می کنید ، انرژی از طریق یک خط از منبع هدایت می شود تا از طریق روزنه ای در زمین به patch کوپل شود .



شکل ۲-۵- نمایش نحوه تغذیه با slot

اگرچه این سبک دارای ساخت دشوار و تحلیل پیچیده می باشد ، اما در مقایسه با دو روش قبل دارای مزایای برجسته ای است که عبارتند اند از :

۱) عدم حضور تشعشع مزاحم از تغذیه

۲) عدم اتصال مستقیم تغذیه(feed) و پچ (patch) ، که این امر اثر راکتانس تغذیه را در امپدانس ورودی آنتن حذف می کند .

۳) برای تطبیق امپدانس دارای اهرمهای بیشتری خواهیم بود . از جمله این اهرم ها اندازه روزنه و محل آن نسبت به خط انتقال در زیر و patch در بالا می باشد . بعلاوه اگر خط انتقال را در زیر patch کمی بیشتر امتداد دهیم ، این کار به منزله یک stub تلقی می شود که می توان از آن به عنوان اهرمی تک استاب در تطبیق امپدانس استفاده کرد.

۴) حالت ایده ال برای ما آن است که مدار تغذیه دارای ضریب دی الکتریک بالا باشد تا تشعشع حداقل گردد . از طرفی برای بالا بردن مقاومت تشعشعی آنتن ، ناگزیر از انتخاب بستری با ضریب

دی الکتریک پایین هستیم . تنها این سبک از تغذیه (در میان سه سبک ذکر شده) قادر است کـه مـا را به هر دو هدف برساند ، از اینرو کارآیی تشعشعی اش بالا می رود .
طراحی پیچیده تر و نیز گرانتر بودن محصول نهایی را می توان در دسته معایب برشمرد .
بعلاوه برای گرفتن پلاریزاسیون دایروی در این سازه ، تلاش عمده ای صورت نپذیرفتـه اسـت و ایـن حیطه جای بسیاری برای کارهای بیشتر دارد .

۲-۳- پارامترهای مخرب تغذیه

در این بخش به مطالعه پدیده هایی می پردازیم که عدم شناخت و کنترلشان می توانـد آثـار جبـران ناپذیری در کارایی محصول نهایی داشته باشد. عمده پارامترهای مخرب تغذیه را می تـوان بـه دسـته های روبرو تقسیم کرد : تلفات دی الکتریک و رسانا ، امواج سـطحی و تشعـشعات ناخواسـته ناشـی از ناپیوستگی ها .
تمام این عوامل ، بالاخص تشعشعات سیگنال ناخواسته (یـا دریافـت سـیگنال ناخواسـته) در خطـوط تغذیه پوشانده نشده ، می توانند side lobe level را تخریب کنند . افزایش پلاریزاسـیون تقـاطعی (cross polarization) از جمله سایر مضرات آنهاست . معمول است که تمام این تلفات را یکجا و به عنوان یک Insertion Loss در نظر می گیرند که می تواند Max Gain را تحت تـاثیر خـود قرار دهد . به این ترتیب نیازی نخواهد بود که آثار هریک را جداگانه تحلیل کنـیم کـه باعـث شـود از پیچیدگی های بسیاری دور بمانیم . شاید بتوان با قطعیت، امواج سطحی را اصلی ترین عامل مخرب و گریزناپذیر در هر سازه ای نامید . این امواج که انرژی خود را از تغذیه ورودی می گیرند ، بر روی دی الکتریک (substrate) هدایت شده و علاوه بـر اتـلاف انـرژی بـه شـکل پراشـیدگی از مرزهـای substrate، کوپلینگ (coupling) بین عناصر را هم افزایش می دهند . این کوپلینگ، امپدانس ورودی را تحت تاثیر قرار می دهد و در فرکانس کارکرد شیفت ایجاد می کنـد . در کاربردهـای امـواج میلیمتری (millimeter wave) حتی یک شیفت جزیی در فرکانس ، می تواند رقم بزرگی باشد .
از سوی دیگر ، آرایه های فازی با رنج scan وسیع، بیشترین آسیب را از این پدیده خواهند دیـد (خصوصا اگر substrate ضخیم باشد) .
اصلی ترین راه مقابله با این پدیده ، شاید ایجاد شیار روی دی الکتریک بستر باشد که اصطلاحا بـه آن corrugation می گوییم . بعلاوه در یک راه حل دیگر، نشان داده شده است که بـا یـک چیـدمان مناسب و خصوصا متقارن ، می توان اغلب این پارامترهای زیانبار را خنثی کرد .

۲-۴- کوپلاژ متقابل و آرایه ها

در مباحث قبل بطور خلاصه اشاره کردیم که انگیزه استفاده از آرایه ها چیست و از آنجمله عنوان شد که برای همه جهته کردن پترن (Omni Directional)، بالا بردن gain ، ردیابی و Beam Scanning ناگزیر از کاربرد آرایه ها هستیم . حتی برخی مقالات ، پا را از این هم فراتر گذاشته و بدنبال دستیابی به Beam های بسیار باریک با side lobe بسیار کم و برای کاربردهای خاص، به آرایه ها پناه برده اند .

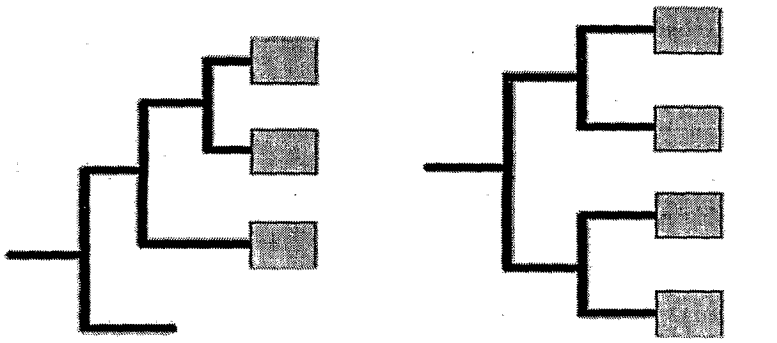
مثل حالت تخت ، اینجا هم می توان آرایه ها را از یک دید به خطی ، صفحه ای و حجمی و از دید دیگر به چیدمان یکنواخت و غیر یکنواخت تقسیم کرد.

بهره گیری از آنها در کاربردهایی نظیر Time Delay scan و Phase scan و Frequency scan گزارش شده است.

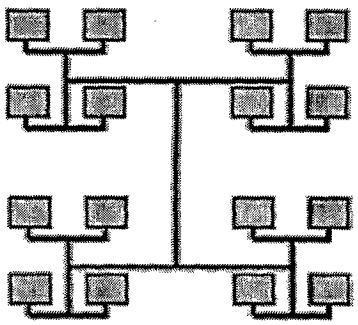
اما به دنبال هرگونه کاربردی هم که باشیم، معمولا مراحل طراحی مشخص است به این ترتیب که ابتدا نوع هر المان را بر مبنای پهنای باند مورد نیاز و پلاریزاسیون مورد نظر تعیین می کنیم، سپس نوبت به انتخاب نحوه چیدمان عناصر می رسد . این کار را هم بر اساس پهنای باند و گین مطلوب خود پی می گیریم . طراحی تغذیه مناسب هم در انتهای کار جزو کارهای دقیق و پراهمیت است . این طراحی با درنظر گرفتن پهنای باند و تطبیق امپدانس صورت می گیرد . بعلاوه ، نقش تغذیه در side lobe level هم غیر قابل اغماض است.

۲-۵- تغذیه در آرایه ها

به دلیل اهمیت بسیار نقش تغذیه در آرایه های فازی ، به اختصار به توضیح آن می پردازیم .
تغذیه با خط مایکرواستریپ در آرایه ها به ۲ نوع کلی سری و موازی تقسیم می شود . که در شکل زیر ملاحظه می کنید .



موازی- یک بعدی - متقارن موازی- یک بعدی - نامتقارن



موازی – دو بعدی - متقارن

سری – untranspond سری - transpond

شکل ۲-۶- انواع تغذیه آرایه ها با خط مایکرو استریپ

هریک از این انواع دارای ویژگیهای خاصی است که طراح بر اساس نیاز خود ، یکی از آنها را بر می گزیند . از جمله خواص آن عبارتند از :

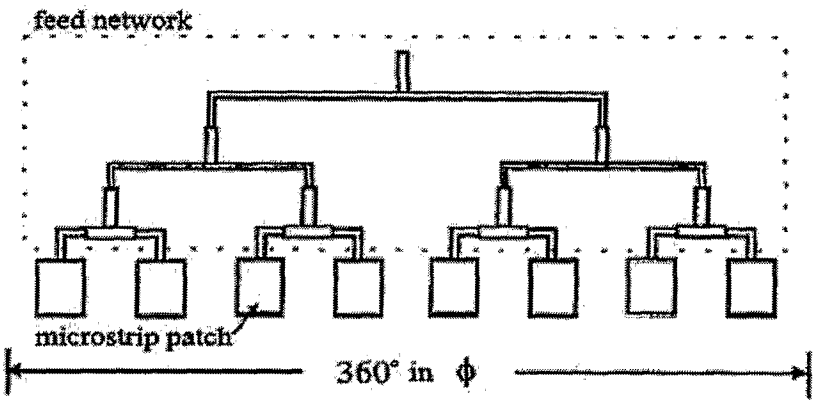
۱) در نوع سری untranspond اگر در انتهای مسیر یک بار تطبیق شده بگذاریم ، آنتن از نوع travelling wave خواهد بود و پهنای باندش افزوده خواهد شد و از آنسو اگر آنرا مدار باز یا اتصال کوتاه کنیم ، یک آرایه رزنانسی خواهیم داشت . بعلاوه فاصله عناصر هم در این نوع یک طول موج (λg) در نظر گرفته می شود .

۲) در نوع سری transpond هم به دلیل مسیر کوپلینگ ، 180 درجه اختلاف فاز بین هر عنصر با دیگری وجود دارد . از اینرو فاصله عناصر را برای جبران این اختلاف فاز ، نصف طول موج ($\lambda_g/2$) در نظر می گیرند .

۳) عیب اصلی هر دو نوع سری آنست که بیم اصلی (main beam) آنتن با تغییر فرکانس شیفت پیدا می کند.

۴) در هر سه گونه موازی ، اگر فاصله پورت ورودی تا هر المان یکسان باشد ، موقعیت المان مستقل از فرکانس بوده و باند نسبتا وسیعتر می گردد . عیب اصلی نوع تغذیه موازی ، تلفات زیاد و بازده کم به دلیل خطوط انتقال طولانی می باشد .

تغذیه به سبک موازی یک بعدی و متقارن ، نوع مرسوم در اغلب مقالاتی است که به آرایه ها می پردازند . ما هم در اینجا کمی بیشتر روی آن بحث می کنیم .



شکل ۲-۷- تغذیه موازی یک بعدی آرایه

درصورتیکه این سبک را برای چیدن عناصر خود برگزینیم ، معمول است که تعداد patch ها را چنین انتخاب کنیم :

$$N \succ \frac{2\pi a\sqrt{\varepsilon_1}}{\lambda_0}$$

این انتخاب باعث می شود که به حداکثر پوشش در حریم پیرامونی آنتن دست پیدا کنیم .