

به نام خدا



دانشگاه فردوسی مشهد

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق

گرایش مخابرات - میدان

بررسی عددی آنتن‌های عایقی مستطیلی تغذیه شده با موجبر عایقی و کاهش تشعشع در جهت معکوس

عمران موسوی کجانی

استاد راهنما

دکتر محمد حسن نشاطی

بهمن ۱۳۸۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم

به نور، به امید

صاحب الزمان (عجل الله تعالی فرجه الشریف)

و به مولای مهربانم

امام علی ابن موسی الرضا (علیه السلام)

که عنایات بی کرانش، همواره زندگی ام را تجلی بخشیده است.

تقدیر و تشکر

«جا دارد از راهنمایی‌های استاد بزرگوار آقای دکتر محمدحسن نشاطی که با راهنمایی عالمانه و دلسوزانه‌شان چراغ فرا روی من در طی این پژوهش بودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. و شایسته است از خانواده‌ی خود و همسرم که طی دوران تحصیل، با صبر و تحمل و دادن امید زمینه ارتقای اینجانب را فراهم نمودند کمال ارادت و قدردانی را داشته باشم. و در نهایت از حمایت مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران در شکل‌گیری پروژه حاضر تقدیر و تشکر داریم.»

تعهد نامه

اینجانب **عمران موسوی کجانی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق گرایش مخابرات - میدان دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده پایان نامه "بررسی عددی آنتن‌های عایقی مستطیلی تغذیه شده با موجبر عایقی و کاهش تشعشع در جهت معکوس" تحت راهنمایی دکتر محمد حسن نشاطی متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه فردوسی مشهد » و یا « Ferdowsi University of Mashhad » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

- متن این صفحه نیز باید رد ابتدای نسخه‌های تکثیر شده وجود داشته باشد.

نام: عمران

نام خانوادگی دانشجو: موسوی کجانی

استاد یا اساتید مشاور:

استاد یا اساتید راهنما: محمد حسن نشاطی

دانشکده: مهندسی رشته: برق - مخابرات گرایش: میدان مقطع: کارشناسی ارشد

تعداد صفحات: ۴۹

تاریخ دفاع: ۱۳۸۸/۱۱/۱۰

عنوان پایان نامه: بررسی عددی آنتن‌های عایقی مستطیلی تغذیه شده با موجبر عایقی و کاهش تشعشع در جهت معکوس

کلید واژه‌ها: آنتن تشدید کننده عایقی، Dielectric Image Line، تزویج با روزنه، آرایه آنتن، قطبش دایروی

چکیده:

در دهه گذشته با توجه به توسعه سیستم‌های میکروویو بی‌سیم، نیاز مبرمی به سیستم‌های مخابراتی با توان مصرفی کم و کارایی بالا ایجاد شده است. استفاده از محیط‌های انتقال موج عایق مانند Dielectric Image Line کاهش تلفات در فرکانس‌های بالا را به همراه دارد. همچنین تشدید کننده‌های عایقی به عنوان تشعشع کننده امواج الکترومغناطیس دارای تلفات کم در فرکانس‌های میکروویو هستند که با توجه به حذف تلفات هادی در این تشدید کننده‌ها می‌توان راندمان تشعشع بالایی بدست آورد.

در این پایان نامه ابتدا یک آنتن عایقی مستطیل شکل (RDRA) با تحریک روزنه و تغذیه DIL به طور عددی بررسی می‌شود. این ساختار به روش اجزاء محدود با استفاده از نرم افزار HFSS مطالعه و شبیه سازی می‌شود. مشخصات آنتن شامل تلفات برگشتی، نمودار تشعشع و تغییرات بهره بر حسب فرکانس ارائه می‌شود. به منظور افزایش بهره و جهت دهی بیشتر پرتو آنتن، یک آرایه خطی سه عنصری از RDRA طراحی و شبیه سازی می‌شود. هم چنین ساختار جدید با آنتن عایقی بیضوی با تحریک روزنه و تغذیه DIL، به منظور ایجاد قطبش دایروی ارائه می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که ساختار آرایه دارای بهره ۹/۵ dB است که نسبت به حالت تک عنصری ۳ dB افزایش بهره را در فرکانس ۱۰ GHz نشان می‌دهد. برای ساختار آرایه‌ای قطبش دایروی، نسبت محوری دارای پهنای باند ۴/۴٪ حول فرکانس ۱۰ GHz است. به منظور کاهش تشعشع معکوس آنتن به ساختار آرایه‌ای فوق یک صفحه فلزی به عنوان منعکس کننده افزوده می‌شود که تشعشع معکوس را نسبت به حالت بدون منعکس کننده بیش از ۶ dB کاهش می‌دهد و علاوه بر آن پهنای باند نسبت محوری در این حالت به ۳/۵٪ افزایش یافته است.

چکیده

در دهه گذشته با توجه به توسعه سیستم‌های میکروویو بی‌سیم، نیاز مبرمی به سیستم‌های مخابراتی با توان مصرفی کم و کارایی بالا ایجاد شده است. استفاده از محیط‌های انتقال موج عایق مانند Dielectric Image Line (DIL) کاهش تلفات در فرکانس‌های بالا را به همراه دارد. همچنین تشدیدکننده‌های عایقی دارای تلفات کمی در فرکانس‌های میکروویو هستند که با توجه به حذف تلفات هادی می‌توان راندمان تشعشع بالایی بدست آورد. در این پایان‌نامه ابتدا یک آنتن عایقی مستطیل شکل (RDRA) با تحریک روزنه و تغذیه DIL به طور عددی بررسی می‌شود. برای این منظور ساختار به روش اجزاء محدود (FEM) با استفاده از نرم افزار HFSS مطالعه و شبیه سازی می‌شود. مشخصات اصلی آنتن از قبیل منحنی تلفات برگشتی، نمودار تشعشع و تغییرات بهره بر حسب فرکانس ارائه می‌شود. به منظور افزایش بهره و جهت دهی بیشتر پرتو آنتن آرایه خطی سه عنصری از RDRA طراحی و شبیه سازی می‌شود. منحنی بهره در این ساختار نشان می‌دهد که مقدار بهره حدود ۳ dB نسبت به حالت RDRA تکی افزایش یافته است.

قطبش دایروی کاربردهای فراوانی بویژه در سیستم‌های مخابرات ماهواره‌ای و راداری دارد. با توجه به این موضوع یک ساختار جدید با آنتن عایقی بیضوی (EDRA) با تحریک روزنه و تغذیه DIL، به منظور ایجاد قطبش دایروی ارائه و طرح می‌شود. مشخصات ساختار از قبیل منحنی تلفات برگشتی، نسبت محوری (Axial Ratio)، نمودار تشعشع و تغییرات بهره با فرکانس ارائه می‌شود. سپس آرایه خطی سه عنصری از EDRA بررسی و شبیه سازی می‌شود که باعث جهت دهی بیشتر و افزایش بهره تا ۳ dB نسبت به حالت EDRA تک عنصری شده است. به منظور کاهش تشعشع معکوس آنتن به ساختار آرایه ای فوق یک صفحه فلزی به عنوان منعکس کننده افزوده می‌شود که تشعشع معکوس را بیش از ۶ dB کاهش می‌دهد و علاوه بر آن Axial Ratio را نیز بهبود داده است به گونه‌ای که هم پهنای باند را افزایش داده و هم مقدار حداقل آن را کاهش داده است.

کلمات کلیدی: آنتن تشدید کننده عایقی، Dielectric Image Line، تزویج با روزنه، آرایه آنتن، قطبش دایروی

فهرست

صفحه	عنوان
۱.....	فصل اول: مقدمه
۱.....	۱-۱ مقدمه
۴.....	فصل دوم: انتشار امواج در موجبر های عایقی مستطیلی
۴.....	۱-۲ مقدمه
۴.....	۲-۲ موجبر عایق
۵.....	۳-۲ روش های تحلیلی موجبر عایق مستطیلی
۵.....	۱-۳-۲ مقدمه
۶.....	۲-۳-۲ استفاده از روش های عددی
۶.....	۳-۳-۲ روش های تقریبی تعیین مدهای انتشار در موجبر عایق مستطیلی
۸.....	۴-۲ Image Line
۹.....	۱-۴-۲ مشخصات تضعیف
۱۰.....	۲-۴-۲ امپدانس موج
۱۰.....	۳-۴-۲ امپدانس مشخصه
۱۱.....	۵-۲ تحریک موجبر عایقی مستطیلی
۱۳.....	فصل سوم: روش های تغذیه آنتن های تشدید کننده عایقی
۱۳.....	۱-۳ مقدمه
۱۴.....	۲-۳ انواع آنتن های تشدید کننده عایقی
۱۴.....	۳-۳ روش های تحریک آنتن های تشدید کننده عایقی
۱۵.....	۱-۳-۳ تئوری تزویج
۱۵.....	۲-۳-۳ تزویج از طریق روزنه
۱۶.....	۳-۳-۳ تزویج با کابل هم محور

۱۷.....	۴-۳-۳ تزویج با خط مایکرواستریپ
۱۷.....	۵-۳-۳ تزویج از طریق موجبر Co-Planar
۱۸.....	۶-۳-۳ تزویج آنتن عایقی با استفاده از Dielectric Image Line
۲۰.....	فصل چهارم: شبیه سازی آنتن تشدید کننده عایقی مستطیلی و رشته آن با تغذیه DIL
۲۰.....	۱-۴ مقدمه
۲۰.....	۲-۴ ساختمان آنتن
۲۲.....	۳-۴ ساختار آنتن RDRA با تغذیه DIL و تحریک روزنه
۲۲.....	۱-۳-۴ نتایج شبیه سازی DIL
۲۳.....	۲-۴-۴ نتایج شبیه سازی DIL با ایجاد روزنه روی صفحه زمین
۲۵.....	۴-۴ نتایج شبیه سازی ساختار آنتن RDRA با تغذیه DIL و تحریک روزنه
۲۷.....	۵-۴ شبیه سازی آرایه سه عنصری آنتن تشدید کننده عایقی مستطیلی تغذیه شده با DIL
۲۷.....	۱-۵-۴ مقدمه
۲۷.....	۲-۵-۴ ساختمان آنتن
۲۸.....	۳-۵-۴ نتایج شبیه سازی
۳۱.....	فصل پنجم: آنتن‌های تشدید کننده عایقی با قطبش دایروی
۳۱.....	۱-۵ مقدمه
۳۱.....	۲-۵ قطبش دایروی
۳۲.....	۳-۵ چند آنتن تشدید کننده عایقی با قطبش دایروی
۳۲.....	۱-۳-۵ چرخش آنتن تشدید کننده عایقی نسبت به تغذیه آن
۳۳.....	۲-۳-۵ ایجاد شکاف ضربدری روی صفحه زمین
۳۴.....	۳-۳-۵ ضربدری کردن شکل DR
	فصل ششم: شبیه سازی آنتن تشدید کننده عایقی بیضوی و رشته آن با قطبش دایروی
۳۵.....	با تغذیه DIL

۳۵.....	۱-۶ مقدمه
۳۵.....	۲-۶ ساختمان آنتن
۳۷.....	۳-۶ شبیه سازی آنتن تشدید کننده عایقی بیضوی تغذیه شده با DIL
۳۹.....	۴-۶ شبیه سازی آرایه سه عنصری آنتن تشدید کننده عایقی بیضوی تغذیه شده با DIL
۳۹.....	۱-۴-۶ ساختمان آنتن
۴۰.....	۲-۴-۶ نتایج شبیه سازی
۴۲.....	۵-۶ کاهش تشعشع در جهت معکوس با اضافه نمودن منعکس کننده
۴۲.....	۱-۵-۶ مقدمه
۴۳.....	۲-۵-۶ نتایج شبیه سازی
۴۶.....	فصل هفتم: نتیجه گیری
۴۸.....	مراجع

۴	شکل ۲-۱. انواع موجبر عایقی
۵	شکل ۲-۲. توزیع میدان H_x موجبر عایق، برای مد انتشاری $E_{y,12}$
۶	شکل ۲-۳. مقطع عرضی موجبر مستطیلی
۸	شکل ۲-۴. توزیع میدان در موجبر عایقی مستطیلی
۹	شکل ۲-۵. ساختار Image Line
۱۱	شکل ۲-۶. گذار از موجبر فلزی به موجبر عایقی با سطح مقطع یکسان
۱۱	شکل ۲-۷. گذار از مد TE_1 موجبر فلزی به مد $E_{y,11}$ موجبر در Image Line
۱۲	شکل ۲-۸. انواع ناحیه گذار باریک شونده، الف) متقارن ب) هرمی ج) نامتقارن
۱۴	شکل ۳-۱. انواع اشکال DRAs
۱۶	شکل ۳-۲. انواع شکل‌های روزنه جهت تحریک DRAs
۱۶	شکل ۳-۳. توزیع میدان در تزویج شکاف مستطیلی به RDRA
۱۷	شکل ۳-۴. تزویج RDRA با استفاده از کابل هم محور
۱۸	شکل ۳-۵. روشهای تزویج DRA با خط مایکرواستریپ
۱۸	شکل ۳-۶. انواع مختلف تغذیه موجبر Co-planar
۱۹	شکل ۳-۷. تزویج RDRA از طریق Dielectric Image Line
۲۱	شکل ۴-۱. نمای جانبی و فوقانی ساختار RDRA تغذیه شده با DIL
۲۱	شکل ۴-۲. الف) نمای جانبی و ب) نمای فوقانی تحریک DIL
۲۲	شکل ۴-۳. ساختار شماتیک DIL با تحریک WR90 در نرم افزار HFSS
۲۳	شکل ۴-۴. الف) منحنی تلفات برگشتی DIL ب) منحنی انتقال توان DIL
۲۴	شکل ۴-۵. الف) منحنی تلفات برگشتی ب) منحنی انتقال توان DIL و روزنه در صفحه زمین
۲۴	شکل ۴-۶. نمودار الگوی تشعشعی روزنه در فرکانس ۱۰ GHz
۲۵	شکل ۴-۷. منحنی تغییرات بهره بر حسب فرکانس ساختار DIL و روزنه در صفحه زمین
۲۶	شکل ۴-۸. الف) منحنی تلفات برگشتی ب) منحنی انتقال توان ساختار RDRA
۲۶	شکل ۴-۹. نمودار الگوی تشعشعی ساختار RDRA در فرکانس ۱۰ GHz
۲۷	شکل ۴-۱۰. منحنی تغییرات بهره بر حسب فرکانس ساختار RDRA

- شکل ۴-۱۱. نمای جانبی و فوقانی ساختار آرایه سه عنصری RDRA با تغذیه DIL ۲۸
- شکل ۴-۱۲. الف) منحنی تلفات برگشتی ب) منحنی انتقال توان ساختار آرایه سه عنصری ۲۹
- RDRA
- شکل ۴-۱۳. نمودار الگوی تشعشی ساختار آرایه سه عنصری RDRA در فرکانس ۱۰GHz ۲۹
- شکل ۴-۱۴. منحنی تغییرات بهره بر حسب فرکانس ساختار آرایه سه عنصری RDRA ۳۰
- شکل ۵-۱. انحراف از قطبش دایروی به وسیله کمیت AR بیان می شود ۳۲
- شکل ۵-۲. ساختار آنتن تشدید کننده عایقی مستطیلی با قطبش دایروی و تحریک روزنه ۳۲
- شکل ۵-۳. نمودار تئوری تلفات برگشتی ۳۳
- شکل ۵-۴. ساختار آنتن تشدید کننده عایقی استوانه‌ای با قطبش دایروی و تحریک روزنه ۳۳
- ضربداری
- شکل ۵-۵. ساختار آنتن تشدید کننده عایقی استوانه‌ای با قطبش دایروی و تحریک روزنه ۳۴
- ضربداری نامتقارن
- شکل ۵-۶. ساختار آنتن تشدید کننده عایقی ضربداری با قطبش دایروی ۳۴
- شکل ۶-۱. نمای جانبی و فوقانی ساختار EDRA تغذیه شده با DIL ۳۶
- شکل ۶-۲. نمودار تشعشع در فرکانس ۱۰ GHz ۳۷
- شکل ۶-۳. الف) تلفات برگشتی و ب) Axial Ratio ساختار EDRA با تحریک روزنه و تغذیه DIL ۳۸
- شکل ۶-۴. نمودار Axial Ratio برحسب زاویه θ در فرکانس ۱۰ GHz ۳۸
- شکل ۶-۵. منحنی تغییرات بهره بر حسب فرکانس EDRA ۳۹
- شکل ۶-۶. نمای جانبی و فوقانی ساختار آرایه سه عنصری EDRA تغذیه شده با DIL ۴۰
- شکل ۶-۷. الف) تلفات برگشتی و ب) Axial Ratio ساختار آرایه سه عنصری ۴۱
- EDRA
- شکل ۶-۸. نمودار تشعشع در فرکانس ۱۰ GHz برای آرایه سه عنصری EDRA ۴۲
- شکل ۶-۹. منحنی تغییرات بهره بر حسب فرکانس آرایه سه عنصری EDRA ۴۲
- شکل ۶-۱۰. ساختار شماتیک آنتن آرایه‌ای به همراه منعکس کننده در نرم افزار HFSS ۴۳
- شکل ۶-۱۱. نمودار تشعشع در فرکانس ۱۰ GHz برای آرایه سه عنصری EDRA با منعکس کننده ۴۳

کننده

شکل ۶-۱۲. منحنی الف) تلفات برگشتی و ب) Axial Ratio ساختار آرایه سه عنصری
EDRA با منعکس کننده

شکل ۶-۱۳. منحنی تغییرات بهره بر حسب فرکانس، آرایه سه عنصری EDRA با منعکس کننده

صفحه

فهرست جداول

۲۱	جدول ۴-۱. مشخصات ساختار آنتن
۲۲	جدول ۴-۲. مشخصات موجبر WR90 و مقادیر انتقال از موجبر فلزی به DIL
۳۶	جدول ۶-۱. مشخصات ساختار آنتن رزنانسی بیضوی
۴۰	جدول ۶-۲. مشخصات ساختار آرایه سه عنصری آنتن رزنانسی بیضوی

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

با توسعه سیستم های میکروویو بی سیم در دهه گذشته، نیاز مبرمی به سیستم های مخابراتی با توان مصرفی کم و کارایی بالا می باشد. بنابراین طراحی و ساخت سیستم هایی با بازدهی بالا شاید به عنوان مهمترین هدف شرکت های سازنده سیستم های مخابراتی بی سیم می باشد. روش های مختلفی مانند مجتمع کردن قطعات فعال و غیر فعال و همچنین استفاده از مواد عایق با تلفات کم به عنوان موجبر پیشنهاد و در عمل بکار رفته است.

در مورد آنتن سیستم های مخابراتی با استفاده از تشدید کننده های عایقی^۱ که دارای تلفات کمی در فرکانس های میکروویو هستند می توان با توجه به حذف تلفات هادی راندمان تشعشع بالایی بدست آورد. تشدید کننده های عایقی که از مواد عایق با تلفات کم ساخته شده اند کاربرد وسیعی در مدارهای میکروویو پیدا نموده اند. آن ها دارای اندازه کوچک و هزینه پایین برای ساخت و سبک وزن هستند. DR ها همچنین رقیب خوبی برای محفظه های تشدید فلزی هستند که با وجود کاهش اندازه در ابعاد کارایی و بازدهی را کاهش نمی دهند. مواد عایق با مقادیر بین ۱۰ تا ۱۰۰ برای ثابت دی الکتریک برای کاربرد در فرکانس های میکروویو بکار می روند. اختلاف میان گذردهی نسبی بالای تشدید کننده های عایق و فضای آزاد باعث بوجود آمدن یک موج الکترو مغناطیسی ساکن در درون تشدید کننده می شود. علاوه بر ثابت دی الکتریک بالا و تلفات کم ضریب دمایی پایدار در این مواد باعث ایجاد فرصت های جدیدی برای کاربردهای میکروویو شده است [۱].

تشدید کننده های عایقی همچنین می توانند با به کارگیری ترکیب مناسبی برای تغذیه به عنوان آنتن استفاده شوند. به دلیل تلفات پایین مواد عایق، آنتن های عایقی تشدید^۲ بازدهی تشعشعی بالایی را ارائه می دهند که در کاربردهای موبایل و تلفن های همراه به منظور صرفه جویی در توان بسیار مهم است. در مقابل، تلفات هادی در آنتن های فلزی در فرکانس های بالا بسیار زیاد شده و راندمان تشعشعی آنتن به صورت قابل توجهی کاهش می یابد

^۱ Dielectric Resonator (DR)

^۲ Dielectric Resonator Antenna (DRA)

که همین امر باعث به کار گیری آنتن های عایقی تشدیدی در فرکانس های مایکروویو شده است.

شکل های متفاوتی از تشدید کننده ها شامل: استوانه ای، نیم استوانه، حلقه ای استوانه ای، مکعب و نیم کره در مقالات گوناگون برای آنتن های با بازدهی بالا پیشنهاد شده است. آنتن های عایقی تشدیدی مکعب مستطیلی (RDRA) در مقایسه با سایر اشکال بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است که این به علت وجود پارامترهای مستقل بیشتر در این ساختار است که باعث افزایش درجه آزادی در طراحی پارامترهای آنتن مثل تطبیق امپدانس و الگوی تشعشعی آن می شود. علاوه بر این، روش ها و ترکیبات مختلف تغذیه آنتن مانند: تغذیه بوسیله کابل هم محور، خط مایکرواستریپ، روزنه در خط مایکرواستریپ، و موجبرهای CPW Co-planner) در تحقیقات مختلف به کار رفته است [۱].

در فرکانس های بالا تلفات هادی زیاد در خطوط مایکرواستریپ باعث کاهش راندمان تشعشع سیستم مخابراتی می شود. اما استفاده از محیط های انتقال موج عایق مانند Dielectric Image Line (DIL) کاهش تلفات در فرکانس های بالا را به همراه دارد. با استفاده از این نوع خط انتقال که بر روی صفحه زمین قرار گرفته و روزنه ای نیز روی صفحه زمین قرار داده شده می توان آنتن DRA را حوالی فرکانس تشدید آن با موج متحرک تحریک نمود. با استفاده از این ساختار راندمان تشعشع بالا، تلفات برگشتی کم، نمودار تشعشع عمود بر صفحه زمین و تشعشع کم در جهت معکوس بدست آورد.

در فصل دوم موجبر عایقی مستطیلی معرفی و با بررسی روش های تحلیل موجبرهای عایقی مستطیلی مدهای انتشار مشخص و مولفه های میدان استخراج می شود. سپس Image Line به عنوان یکی از انواع موجبرهای عایقی مستطیلی ارائه و روابط و مدهای انتشار آن نیز بررسی می شود. هم چنین روش تغذیه آن توسط یک موجبر استاندارد فلزی معرفی و نکات عملی در طرح و کاربرد این نوع موجبر ارائه خواهد شد.

در فصل سوم شرح مختصری از انواع آنتن های تشدید کننده عایقی ارائه شده و به بررسی انواع روش های تغذیه آنتن های عایقی و مقایسه آنها پرداخته می شود.

در فصل چهارم ابتدا نتایج شبیه سازی یک DIL ارائه شده و سپس ساختار آنتن تشدید کننده عایقی بیضوی شکل^۱ که از طریق DIL با ایجاد یک روزنه روی صفحه زمین تحریک شده، شبیه سازی می شود. مشخصات ساختار از قبیل منحنی تلفات برگشتی، نمودار تشعشع و تغییرات بهره با فرکانس ارائه می شود. یک آرایه سه عنصری از RDRA نیز مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج شبیه سازی ارائه شده است.

در فصل پنجم تعریف کوتاهی از قطبش دایروی ارائه شده و سپس روش هایی که در تحقیقات پیشین برای رسیدن به قطبش دایروی در انواع آنتن های تشدید کننده عایقی به کار رفته، آورده شده است.

در فصل ششم ساختار جدیدی برای رسیدن به قطبش دایروی با آنتن تشدید کننده عایقی بیضوی شکل^۲ که از

¹ Rectangular Dielectric Resonator Antenna (RDRA)

² Elliptical Dielectric Resonator Antenna (EDRA)

طریق DIL تحریک شده پیشنهاد می شود و سپس نتایج شبیه سازی مشخصات ساختار از قبیل منحنی تلفات برگشتی، نمودار تشعشع و تغییرات بهره با فرکانس ارائه می شود. سپس آرایه سه عنصری از EDRA نیز مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج شبیه سازی ارائه شده است.

در فصل هفتم نتایج بدست آمده در بخش های قبلی جمع بندی و ارائه شده است. هم چنین درباره تحقیقات بیشتر در این زمینه و ادامه کار در آینده اشاره شده است.

فصل دوم

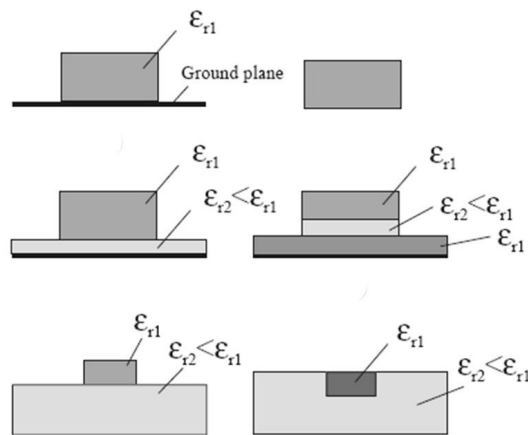
انتشار امواج در موجبر های عایقی مستطیلی

۱-۲ مقدمه

موجبرهای عایقی در سالهای اخیر به صورت فزاینده ای در فرکانس های امواج میلی متری با توجه به تلفات کمتر در مقایسه با موجبرهای فلزی استاندارد مورد استفاده قرار گرفته اند. همچنین دستگاه های کنترل مختلفی مانند تضعیف کننده ها^۱، انتخاب کننده ها^۲ و انتقال دهنده فاز و غیره می تواند بر اساس موجبر عایقی طراحی شوند. این تجهیزات به صورت گسترده ای بررسی شده اند [۲].

۲-۲ موجبر عایق

انواع اصلی موجبر عایق در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱-۲. انواع موجبر عایقی [۳]

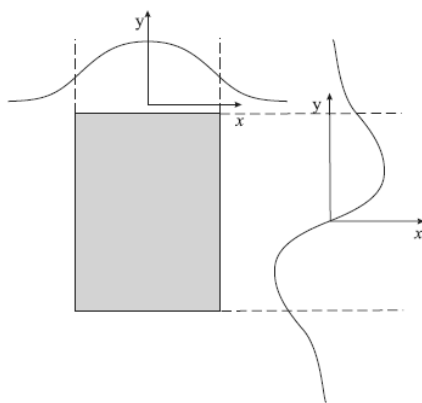
بررسی خطوط انتقال و وسایل مختلف مبتنی بر آنها را می توان در منابع مختلفی پیدا نمود. استفاده از موجبر

¹ attenuators

² multiplexers

عایق امکان می دهد هزینه ساخت دستگاه های ساخته شده در محدوده امواج میلیمتری کاهش یابد. موجبر image line (دومین مورد از شکل ۲-۱) تنها با داشتن یک صفحه زمین با موجبر عایق اصلی متفاوت است. علاوه بر هزینه کم، سادگی در ساخت و میرایی کم، دارای پهنای باند نسبتاً وسیعی نیز می باشد. اضافه کردن صفحه زمین و فلزی کردن قسمتی از این موجبر برای وسایل مدار مجتمع یکپارچه میکروویو^۱ برای محدوده امواج میلیمتری مناسب است [۳].

توزیع میدان در موجبر عایق در شکل ۲-۲ نشان داده شده است. در این موجبرها مدهای مختلف E_{mn}^x و E_{mn}^y می تواند انتشار یابد. بالانویس y نشان می دهد که بزرگترین مؤلفه میدان الکتریکی در جهت محور y قرار دارد. زیرنویس مدها نیز تعداد سیکل های توزیع میدان در طول هر محور را نشان می دهد. توسط بسیاری از نویسنده های مختلف نشان داده شد که پایین ترین مدها یعنی E_{11}^y و E_{11}^x دارای هیچ فرکانس قطعی در مقایسه با مدهای بالاتر نمی باشند. بنابراین، تلفات کمتری به سادگی با کاهش حجم و اندازه به دست می آید [۳].



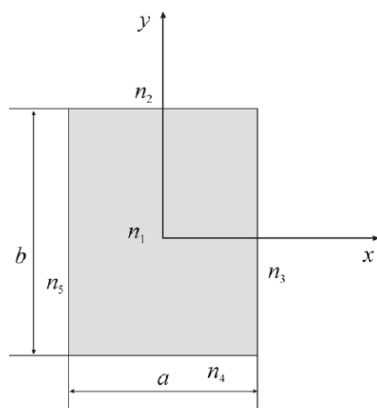
شکل ۲-۲. توزیع میدان H_x موجبر عایق، برای مد انتشاری E_{11}^y [۳]

۳-۲ روش های تحلیلی موجبر عایق مستطیلی

۳-۲-۱ مقدمه

مساله محاسبه مشخصات انتشار موجبر عایق استوانه ای را می توان نسبتاً به راحتی با استفاده از توابع بسط حل کرد. با این حال، در مورد موجبر میله عایق مستطیلی مساله پیچیده می شود به خصوص وقتی که نسبت گذر دهی نسبی هسته و ناحیه پوشش بسیار زیاد است. دلیل اصلی برای همگرایی کند هر روش عددی وجود گوشه های تیز موجبر عایقی مستطیلی است (شکل ۲-۳) [۴].

^۱ Monolithic Microwave Integrated Circuit (MMIC)



شکل ۲-۳. مقطع عرضی موجبر مستطیلی [۳]

این باعث می شود که پدیده به اصطلاح "گیس" در بسط سری توزیع میدان در اینجا بوجود آید. رفتار میدان در نزدیکی گوشه ها موضوع تحقیقات بیش از ۳۰ سال بود، که این خود بیانگر سختی مساله می باشد. شرح کاملی از روشهای عددی برای محاسبه کلی ساختارهای موج میلیمتری را می توان به عنوان نمونه در [۵] یافت. بسیاری از روش های آن می تواند برای مساله ساختار های موجبر مستطیلی شکل بکار گرفته شود.

۲-۳-۲ استفاده از روش های عددی

روش های عددی متعددی برای تحلیل موجبرهای عایقی مستطیلی به کار رفته است. از جمله آنها می توان به روش های اختلاف محدود حوزه زمان^۱، اجزاء محدود^۲، روش ممان^۳، تجزیه فوریه و ... اشاره کرد. اما بدلیل ساختار موجبر عایقی مستطیلی و گوشه های تیز آن معمولاً در روش های عددی فوق ماتریس های تشکیل شده دارای ابعاد بزرگ بوده و حل مسئله را مشکل می کند، بنابراین روش های تقریبی زیادی برای محاسبه مولفه های میدان و ثوابت انتشار در ساختار موجبر عایقی مستطیلی پیشنهاد شده است که در بخش بعد یکی از آنها به طور مختصر شرح داده می شود.

۲-۳-۳ روش های تقریبی تعیین مدهای انتشار در موجبر عایق مستطیلی

روش های تقریبی برای اولین بار توسط Marcatili پیشنهاد شد [۶]. که شامل فرض های زیر است: توزیع های میدان قوی ترین مولفه ها در درون عایق سینوسی (کسینوسی) هستند و به صورت نمایی در خارج از ماده عایق افت می کنند، همانطور که در شکل ۲-۴ نشان داده شده است میدان ها در نواحی هاشور خورده صرف نظر می شود.

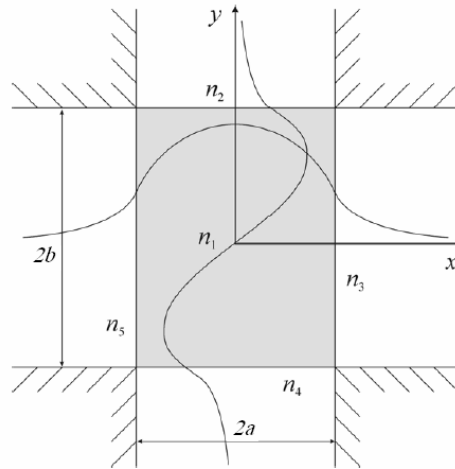
هر چند این روش برای موجبر ساخته شده از عایق با ضریب دی الکتریک کوچک پیشنهاد شد، برای فرکانسهای به اندازه کافی بالا نتیجه خوبی نیز برای موجبر های عایق ساخته شده حتی از مواد سیلیسیم، گالیم

¹ Finite Difference Time Domain method (FDTD)

² Finite Element Method (FEM)

³ Method of Moment (MoM)

آرسناید و یا فریت، که دارای گذر دهی نسبی بین ۱۰ تا ۱۴ هستند می دهد [۷].



شکل ۲-۴. توزیع میدان در موجبر عایقی مستطیلی [۳]

مولفه های میدان به دو دسته E^{ymn} و E^{xmn} تقسیم می شوند. اندیس بالا نشان دهنده جهت مولفه میدان و اندیسهای پایین m و n نشان دهنده تعداد تغییرات نیم سیکل مولفه های میدان در طول موجبر به ترتیب در جهت x و y می باشند. مولفه های اصلی میدان در مد E^{ymn} H_x و E_y و در مد E^{xmn} شامل H_y ، E_x می باشد. به ازای $m = n = 1$ مد اصلی مشخص می شود. مارکاتیلی به طور تقریبی مشخصات انتشاری این مدها را در موجبر عایقی محاسبه کرده است. روابط مولفه های میدان داخل و بیرون تیغه عایق به صورت روابط زیر است

$$E_y = E_0 \cos k_x x \cos k_y y \quad |x| \leq a, |y| \leq b \quad [۶]$$

$$E_y = E_0 \cos k_x a \cos k_y y e^{-k_{x_0}(|x|-a)} \quad |x| \geq a, |y| \leq b$$

$$E_y = E_0 \cos k_x a \cos k_y y e^{-k_{x_0}(|x|-b)} \quad |x| \leq a, |y| > b \quad (۱-۲)$$

$$E_y = 0 \quad |x| > a, |y| > b$$

داخل موجبر

خارج موجبر

$$E_x = \frac{1}{k_x^2 + k_z^2} \frac{\partial^2 E_y}{\partial x \partial y}$$

$$E_x = \frac{1}{-k_{x_0}^2 + k_z^2} \frac{\partial^2 E_y}{\partial x \partial y}$$

$$E_z = \frac{1}{k_x^2 + k_z^2} \frac{\partial^2 E_y}{\partial y \partial z}$$

$$E_z = \frac{1}{-k_{x_0}^2 + k_z^2} \frac{\partial^2 E_y}{\partial y \partial z} \quad (۲-۲)$$

$$H_x = \frac{-\omega \epsilon_0 \epsilon_r k_z}{k_x^2 + k_z^2} E_y$$

$$H_x = \frac{-\omega \epsilon_0 k_z}{-k_{x_0}^2 + k_z^2} E_y$$

$$H_y = 0$$

$$H_y = 0$$

$$H_z = \frac{j \omega \epsilon_0 \epsilon_r k_z}{k_x^2 + k_z^2} \frac{\partial E_y}{\partial x}$$

$$H_z = \frac{j \omega \epsilon_0 k_z}{-k_{x_0}^2 + k_z^2} \frac{\partial E_y}{\partial x}$$