



دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد
رشته مهندسی برق مخابرات گرایش میدان

عنوان پایان نامه:

طراحی و ساخت فیلتر میان گذر با ناحیه‌ی قطع تیز و وسیع

استاد راهنما:

دکتر علیرضا ملاح زاده

نگارش:

محمد بُد



توجه :

کلیه حقوق این اثر برای مولف و دانشگاه شاهد محفوظ می باشد.

هر گونه نسخه برداری و دخل و تصرف در اثر باید با اجازه مولفین صورت گیرد.

برای اینکه خدا لطفش و رحمتش شامل حالمان شود باید اخلاص داشته باشیم... اگر قدم بر می داریم برای رضای خدا باشد، اگر قلم بر می داریم بر روی کاغذ برای رضای خدا باشد، اگر حرف می زنیم برای رضای خدا باشد، اگر شعار می دهیم برای رضای خدا باشد، همه چیز خواست خدا باشد. که اگر این چنین شد در همه حال پیروزیم و شکست معنا ندارد.

سردار شهید محمد ابراهیم همت

تقدیم به :

به شهدا که در همه مسانه اسان عنذر بهم برزقونند.

واسوه اثار و حستگی ناندیری؛ مادران مهربان و پدران فداکاران.

اکنون که این تحقیق برپایان رسیده است، بر خود لازم می‌دانم از زحمات و بهکاری‌های تمام کسانی که مراد انجام این امریاری کردند، تقدیر و
تشکر نمایم. تحت از خانواده‌ام که در همه‌ی مراحل زندگی مریاری کرده‌اند تقدیر و تشکر می‌کنم. و سپس تشکر ویژه‌ی خود را از استاد راهنمای گرامی
جناب آقای دکتر طراح زاده که بنده را با مشاوره و راهنمایی‌های علمی در مراحل مختلف انجام پروژه‌یاری نمودند، تشکر بعمل آورده و برای ایشان آرزوی
توفیق می‌نمایم. در اینجا لازم می‌دانم از بهکاری اساتید محترم محاسبات و اسکده‌ی فنی و مهندسی دانشگاه شاهد جناب آقای دکتر حسنی و جناب آقای
دکتر داداش زاده که در طول تحصیل در مقطع ارشد و سوزانده راهنمای اینجانب بوده‌اند نیز کمال تشکر را داشته باشم.

چکیده

آنچه در پایان‌نامه پیشرو از نظر خواهد گذشت، ارائه‌ی روشی نوین برای طراحی فیلترهای فشرده با ناحیه‌ی قطع تیز و وسیع می‌باشد. در این روش که بر مبنای خصوصیات ساختارهای زمین ناقص (DGS) استوار شده است، بخشی از زمین یک ساختار به ریز مربعات کوچک (پیکسل¹) تقسیم‌بندی شده و به کمک الگوریتم ژنتیک حضور یا عدم حضور هر یک از پیکسل‌ها برای رسیدن به یک پاسخ مطلوب، بهینه می‌شود.

روش پیکسل‌بندی ساختار و ایجاد اشکال غیر شهودی، تا پیش از این بیشتر در طراحی آنتن‌های مایکرواستریپ با خصوصیات فرکانسی متفاوت استفاده می‌شد و برای اولین بار در این پایان‌نامه این روش بر روی زمین فیلترها، جهت بهبود خصوصیات فرکانسی آنها به کار رفته است. در روش ارائه شده، ساختار DGS به صورت گد باینری، توسط الگوریتم ژنتیک گسسته در نرم افزار Matlab تولید و توسط لینک ارتباطی Matlab به HFSS به یک ساختار پیکسلی تبدیل می‌گردد. این عمل تا دستیابی به نتایج مطلوب ادامه می‌یابد.

در این پایان‌نامه ابتدا به بررسی خصوصیات فیلترهای میان‌گذر پرداخته و روش‌های طراحی فیلتر مسطح را به صورت مختصر توضیح می‌دهیم. سپس به بررسی دقیق ساختارهای زمین ناقص می‌پردازیم و نشان می‌دهیم در سال‌های اخیر تلاش‌های فراوانی جهت ایجاد اشکال شهودی DGS با خصوصیات مطلوب صورت پذیرفته است. در ادامه با توضیح الگوریتم ژنتیک روش پیکسل‌بندی و ایجاد اشکال غیرشهودی (پیکسلی) به کمک این الگوریتم را توضیح خواهیم داد. سپس سه ساختار فیلتری شامل، فیلتر پایین‌گذر فشرده با ناحیه‌ی قطع تیز و وسیع، فیلتر میان‌گذر بسیار فشرده با ناحیه‌ی قطع تیز و وسیع و فیلتر UWB با فرکانس قطع تیز را به کمک روش مذکور طراحی خواهیم نمود. همچنین نتایج ساخت و شبیه‌سازی هر یک از سه فیلتر فوق ارائه خواهد شد. نهایتاً در فصل آخر پیشنهاداتی برای بهبود عملکرد الگوریتم موجود ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی: فیلتر فشرده، فرکانس قطع تیز، ناحیه‌ی قطع وسیع، ساختار زمین ناقص، الگوریتم ژنتیک،

فیلتر میان‌گذر، فیلتر پایین‌گذر، فیلتر UWB.

¹ Pixel

فهرست مطالب

۱-۱- مقدمه ۱۱

فصل اول :

مقدمه‌ای بر فیلترهای میکروویوی

۱-۲- اصول کلی طراحی فیلترهای میانگذر ۱۲

۱-۳- مروری بر فیلترهای میان‌گذر صفحه‌های ۱۸

۱-۳-۱- فیلترهای میان‌گذر با استفاده از خطوط انتقال موجبر هم صفحه (CPW) ۱۸

۱-۳-۲- فیلترهای میان‌گذر با استفاده از خطوط انتقال میکرواستریپی ۱۹

۱-۳-۳- فیلترهای میان‌گذر با استفاده از خطوط انتقال نواری ۲۲

۱-۳-۴- فیلترهای میان‌گذر با استفاده از ساختارهای زمین ناقص ۲۳

فصل دوم :

معرفی ساختارهای زمین ناقص

۱-۲- مقدمه ۲۴

۲-۲- خواص عنصر DGS ۲۵

۲-۳- مقایسه بین PBG و DGS ۲۷

۲-۴- بررسی ساختارهای DGS مختلف ۲۷

۲-۵- ساختارهای DGS بارگذاری شده با فلز ۳۰

۲-۶- بررسی تشدیدکننده‌های میان‌گذر موجود با DGS ۳۲

۲-۷- ابعاد فیزیکی و فرکانس تشدید باند قطع ساختارهای DGS ۳۳

۲-۸- عیوب استفاده از DGS ۳۶

۲-۹- جمع بندی ۳۶

فصل سوم :

الگوریتم ژنتیک و ایجاد اشکال غیر شهودی

۳۸	۱-۳-۱- مقدمه
۳۹	۲-۳-۲- الگوریتم ژنتیک
۳۹	۱-۲-۳- ساختار الگوریتم ژنتیک
۴۰	۲-۲-۳- عملگرهای الگوریتم ژنتیک
۴۰	۱-۲-۲-۳- عملگر انتخاب
۴۱	۲-۲-۲-۳- عملگر تلفیق (Crossover):
۴۳	۳-۲-۳- عملکرد الگوریتم ژنتیک
۴۴	۴-۲-۳- شرط پایان الگوریتم ژنتیک
۴۵	۳-۳-۳- ایجاد ساختارهای غیر شهودی به کمک الگوریتم ژنتیک
۴۷	۲-۳-۳- بهینه سازی و ایجاد اشکال جدید در آنتن ها
۵۰	۳-۳-۳- بهینه سازی و ایجاد اشکال جدید در فیلترها
۵۱	۴-۳-۳- بهینه سازی و ایجاد اشکال غیر شهودی در DGS ها

فصل چهارم :

طراحی فیلترهای فشرده با ناحیهی قطع تیز و وسیع

۵۲	۱-۴-۱- مقدمه
۵۳	۲-۴-۲- طراحی فیلتر پایین گذر به کمک الگوریتم ژنتیک
۵۶	۲-۲-۴- فیلتر پایین گذر با فرکانس قطع ۳.۵ گیگاهرتز
۵۹	۳-۲-۴- فیلتر پایین گذر با فرکانس قطع ۵ گیگاهرتز
۶۱	۳-۴-۳- حذف هارمونیک های اضافی فیلتر میان گذر به کمک الگوریتم ژنتیک
۶۱	۴-۴-۲- طراحی یک فیلتر میان گذر با ساختار زمین ناقص جدید
۶۶	۲-۴-۴- بررسی هارمونیک ناخواسته در فیلتر

۴-۴-۳- حذف هارمونیک محفظه به کمک الگوریتم ژنتیک ۶۷

۴-۵- طراحی فیلتر UWB به کمک الگوریتم ژنتیک مختلط ۷۱

فصل پنجم :

نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه گیری ۷۶

۵-۲- پیشنهادات ۷۸

پیوست

الف-۱) لینک Matlab به HFSS ۸۱

الف-۲) تابع الگوریتم ژنتیک گسسته ۸۷

الف-۳) تابع برازندگی ۸۸

مراجع ۹۱

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- مدل مداری و الگوی اولیه یک فیلتر پایین‌گذر [۶] ۱۲
- شکل ۲-۱- مدل مداری فیلتر میان‌گذر بدست آمده از الگوی اولیه یک فیلتر پایین‌گذر ۱۴
- شکل ۳-۱- مدل مداری فیلتر میان‌گذر با استفاده از الف) مبدل‌های K ب) مبدل‌های J ۱۵
- شکل ۴-۱- مدل مداری فیلتر میان‌گذر با استفاده از مبدل‌های K ۱۵
- شکل ۵-۱- مدل مداری فیلتر میان‌گذر با استفاده از الف) مبدل‌های K و راکتانس‌های سری ب) مبدل‌های J و سوسپتانس-های موازی ۱۶
- شکل ۶-۱- خطوط انتقال تزویج شده با تزویج در انتها ۱۹
- شکل ۷-۱- ساختار فیلتر میان‌گذر میکرواستریپی که در ساختار آن از تزویج نواری بین خطوط انتقال استفاده شده است [۹] و [۱۰] ۲۰
- شکل ۸-۱- ساختار و شماتیک دیاگرام یک فیلتر میان‌گذر چهار قطبی با استفاده از تزویج عرضی بین تشدیدکننده‌ها [۱۱] ۲۱
- شکل ۹-۱- پاسخ فرکانسی شبیه سازی شده فیلتر میان‌گذر طراحی شده در [۱۱] ۲۱
- شکل ۱۰-۱- ساختار یک نوع از خطوط استریپی تخت و هموار [۱۲] ۲۲
- شکل ۱۱-۱- یک نمونه از مدل‌های پیشنهادی خطوط انتقال استریپی [۱۱] ۲۲
- شکل ۱۲-۱- مقطع عرضی یک نوع از خطوط انتقال استریپی دو رویه موازی با هم [۱۳] ۲۳
- شکل ۱-۲- چند ساختار متداول به عنوان مشدد DGS ۲۵
- شکل ۲-۲- مدار معادل یک عنصر DGS که مقادیر L, R و C آن با ابعاد و محل آن نسبت به خط انتقال تعیین می‌شود ... ۲۶
- شکل ۳-۲- ساختار یک نوع DGS خاص و پاسخ فرکانسی آن که با شبیه سازی بدست آمده ۲۶
- شکل ۴-۲- شکاف‌های DGS مستطیلی بدون سر(الف) و با سر(ب، ج و د) ۲۸
- شکل ۵-۲- مقایسه پاسخ شکاف‌های DGS با سطح شکاف یکسان ۲۹
- شکل ۶-۲- مقایسه پاسخ شکاف‌های DGS با سر مربعی و مثلثی و با سطح شکاف یکسان ۲۹
- شکل ۷-۲- مقایسه طول ساختارهای مستطیلی و با سر مربعی دارای فرکانس تشدید یکسان ۳۰
- شکل ۸-۲- شکاف‌های DGS بارگذاری شده با فلز و شکاف مستطیلی ۳۱
- شکل ۹-۲- پارامترهای S شبیه‌سازی شده برای شکاف‌های بارگذاری شده با فلز a, b, c و d مربوط به شکل ۲-۸ ۳۱
- شکل ۱۰-۲- پارامترهای S شبیه‌سازی شده برای شکاف‌های بارگذاری شده با فلز a, b, c و d $(W=76mils, W=112mils)$ ۳۱
- شکل ۱۱-۲- مشددهای میان‌گذر با زمین شکل‌دار ۳۳
- شکل ۱۲-۲- پارامترهای $S21$ ساختارهای تشدیدکننده میان‌گذر شکل ۲-۱۱ طراحی شده برای فرکانس $5 GHz$ ۳۵
- شکل ۱-۳- تلفیق تک نقطه ای ۴۱
- شکل ۲-۳- روش تلفیق جامع برای ایجاد کروموزوم های جدید ۴۲
- شکل ۳-۳- یک کروموزوم قبل و بعد از اعمال عملگر جهش ۴۲
- شکل ۴-۳- بلوک دیاگرام الگوریتم ژنتیک ۴۳
- شکل ۵-۳- پیکسل بندی و گد گذاری یک ساختار دلخواه جهت بهینه سازی توسط الگوریتم ژنتیک [۲] ۴۵
- شکل ۶-۳- طرح ارائه شده در مقاله [۲] برای پهن باند کردن پیچ میکرواستریپی به کمک الگوریتم ژنتیک ۴۶
- شکل ۷-۳- ساختار مطالعه شده در مقاله‌ی [۳۱] کروموزوم و نتایج بدست آمده از بهینه سازی توسط الگوریتم ژنتیک ۴۷

- شکل ۳-۸- ایجاد آنتن مایکرواستریپی چند بانده با بهینه سازی به کمک الگوریتم ژنتیک دو بعدی [۳۲] ۴۸
- شکل ۳-۹- آنتن مونوپل پهن باند طراحی شده توسط الگوریتم ژنتیک - تحلیل به کمک پیاده سازی در نرم افزار CST ۴۹
- شکل ۳-۱۰- اشکال از پیش تعریف شده و کروموزوم مربوط به آنها در طراحی فیلتر دو بانده به کمک الگوریتم ژنتیک [۴۰] ۵۱
- شکل ۳-۱۱- شکل فیلتر ایجاد شده توسط کروموزوم شکل ۳-۱۰- [۴۰] ۵۱
- شکل ۴-۱- ساختار از پیش تعریف شده جهت دستیابی به فیلتر میان گذر ۵۳
- شکل ۴-۲- نحوه کد شدن ساختار جهت بهینه سازی توسط الگوریتم ژنتیک ۵۴
- شکل ۴-۳- مدار معادل فیلتر میان گذر بهینه شده با الگوریتم ژنتیک ۵۶
- شکل ۴-۴- پاسخ فرکانسی مطلوب فیلتر پایین گذر با فرکانس قطع ۳.۵ گیگاهرتز ۵۷
- شکل ۴-۵- همگرایی بهترین کروموزوم در هر نسل در طراحی فیلتر پایین گذر با فرکانس قطع ۳.۵ گیگاهرتز ۵۷
- شکل ۴-۶- فیلتر پایین گذر بهینه شده توسط الگوریتم ژنتیک با فرکانس قطع ۳.۵ گیگاهرتز (الف) نمای بالایی ۵۸
- (ب) نمای صفحه‌ی زمین و ساختار زمین ناقص ایجاد شده توسط الگوریتم ۵۸
- شکل ۴-۷- پاسخ فرکانسی فیلتر پایین گذر با فرکانس قطع ۳.۵ گیگاهرتز، طراحی شده با الگوریتم ژنتیک ۵۸
- شکل ۴-۸- پاسخ فرکانسی مطلوب فیلتر پایین گذر با فرکانس قطع ۵ گیگاهرتز ۵۹
- شکل ۴-۹- همگرایی بهترین کروموزوم در هر نسل در طراحی فیلتر پایین گذر با فرکانس قطع ۵ گیگاهرتز ۶۰
- شکل ۴-۱۰- فیلتر پایین گذر با فرکانس قطع ۵ گیگاهرتز (الف) ساختار DGS بهینه شده (ب) صفحه‌ی زمین فیلتر طراحی شده (ج) پاسخ فرکانسی فیلتر طراحی شده ۶۰
- شکل ۴-۱۱- تکنیک تبدیل یک فیلتر پایین گذر (شکل سمت چپ) به یک فیلتر میان گذر (شکل سمت راست) مبتنی بر ساختارهای زمین ناقص [۱۶] ۶۲
- شکل ۴-۱۲- تبدیل فیلتر پایین گذر مبتنی بر CSRR (سمت چپ) [۴۳] به فیلتر میان گذر (سمت راست) ۶۳
- شکل ۴-۱۳- فیلتر میان گذر طراحی شده به کمک ساختار CSRR تغییر یافته (الف) لایه‌ی رویی (ب) صفحه‌ی زمین (ج) جعبه-ی فلزی در اطراف فیلتر ۶۳
- شکل ۴-۱۴- پارامتر S فیلتر شبیه سازی شده به همراه جعبه‌ی فلزی ۶۴
- شکل ۴-۱۵- تاثیر عرض خط اسلات (g) بر پاسخ فرکانسی فیلتر ۶۵
- شکل ۴-۱۶- تاثیر شعاع حلقه‌ی بیرونی (R_1) بر پاسخ فرکانسی فیلتر ۶۵
- شکل ۴-۱۷- تاثیر ابعاد محفظه‌ی فلزی و زیرلایه با ضریب الکتریک ۱۰.۲ بر روی مدهای محفظه ۶۶
- شکل ۴-۱۸- الگوی پیکسلی CSRR طراحی شده در بخش قبل (الف) مقدار اولیه برای فضای جستجو (ب) آینه شدن الگوی ایجاد شده در نیم فضا توسط HFSS (ج) الگوی نهایی حاصل از مقدار اولیه (د) CSRR طراحی شده در بخش قبل ۶۷
- شکل ۴-۱۹- مقدار اولیه‌ی الگوریتم ژنتیک و نحوه‌ی قرار گیری پیسکل‌ها ۶۸
- شکل ۴-۲۰- پاسخ فرکانسی مطلوب فیلتر میان گذر با محفظه‌ی فلزی ۶۹
- شکل ۴-۲۱- بهترین پاسخ الگوریتم ژنتیک پس از تولید ۳۰ نسل ۷۰
- شکل ۴-۲۲- فیلتر طراحی شده‌ی نهایی (الف) لایه‌ی بالایی نمونه‌ی ساخته شده (ب) لایه‌ی زمین بهینه شده با الگوریتم ژنتیک (ج) شبیه‌سازی و اندازه‌گیری پاسخ فرکانسی فیلتر ۷۰
- شکل ۴-۲۳- فیلتر بالاگذر اولیه جهت طراحی فیلتر UWB ۷۲
- شکل ۴-۲۴- شکل پاسخ فرکانسی فیلتر UWB مطلوب به همراه ضرایب وزن ۷۳
- شکل ۴-۲۵- ساختار زمین ناقص بهینه شده برای فیلتر UWB ۷۴
- شکل ۴-۲۶- فیلتر UWB نهایی (الف) لایه‌ی بالایی نمونه‌ی ساخته شده (ب) لایه‌ی زمین بهینه شده با الگوریتم ژنتیک (ج) پاسخ فرکانسی فیلتر ۷۴

شکل ۴-۲۷- تاخیر گروه فیلتر UWB طراحی شده.	۷۵
شکل ۵-۱- ساختار کروموزومها در الگوریتم ژنتیک درختی.	۷۸
شکل ۵-۲- نحوه‌ی عملکرد توابع الگوریتم ژنتیک درختی الف) تابع جهش ب) تابع تلفیق.	۷۹
شکل ۵-۳- آنتن میکرواستریپی بهینه شده الف) با الگوریتم ژنتیک باینری معمولی ب) با الگوریتم ژنتیک درختی [۴۵].	۷۹
شکل الف-۱- فرم کلی دستور ماکروی رسم یک جعبه در HFSS از بخش Help نرم افزار.	۸۲
شکل الف-۲- مجموعه‌ی دستورات VB برای رسم یک جعبه در HFSS ، جنس دهی و تکثیر آن به نقطه‌ی دیگر.	۸۳
شکل الف-۳- فلوجارت برقراری ارتباط Matlab با HFSS.	۸۳
شکل الف-۴- فرم کلی ماکروی دستور Rotate در محیط VB ب) M-file متناظر نوشته شده‌ی دستور Rotate در Matlab.	۸۴

مقدمه

در سال‌های اخیر و با پیشرفت علم مخابرات، فیلترها در کنار دیگر ادوات غیرفعال میکروویو از اهمیت به سزایی برخوردار شده‌اند. فیلترهای فرکانس بالا، برای جداسازی فرکانس‌های مختلف بکار می‌روند و می‌توانند طیف الکترومغناطیسی را برای کاربرد مورد نظر محدود نمایند. در کاربردهایی مانند مخابرات بی‌سیم، عملکرد بهتر، اندازه کوچکتر، وزن کمتر و قیمت ارزان‌تر فیلتر مهم می‌باشد.

پیشرفت‌های اخیر در مواد جدید و تکنولوژی ساخت، مانند مدار مجتمع میکروویو یکپارچه (MMIC)، ابرسازهای با دمای بالا (HTS) و سرامیک‌ها، نقش مهمی در گسترش سریع فیلترهای میکرواستریپی داشته است. بعلاوه در سال‌های اخیر و با توسعه‌ی شبیه‌سازهای الکترومغناطیسی، طراحی فیلترهای میکرواستریپی گسترش فراوانی پیدا نموده است.

از فیلترهای مرسوم میکرواستریپی می‌توان به فیلترهای پله‌ای^۱، فیلترهای با عناصر شبه فشرده، فیلترهای تشدیدی نصف طول موج با کوپل موازی^۲ و فیلترهای بین‌انگشتی^۳ اشاره نمود. با این همه، وجود پاسخهای ناخواسته، علی‌الخصوص هارمونیک‌های فیلتر که در ضرایب فرکانس مرکزی اتفاق می‌افتند، کارایی بسیاری از فیلترهای مذکور را زیر سؤال می‌برد. بعلاوه همواره تلاش‌های فراوانی جهت بدست آوردن مشخصه‌ی عبوری مناسب از باند گذر به باند قطع صورت پذیرفته است. در مجموع می‌توان گفت طراحی و ساخت فیلترهای میکرواستریپی کوچک با ناحیه‌ی قطع تیز و وسیع، در سال‌های اخیر یکی از مهمترین چالش‌های طراحی فیلترهای فرکانس بالا بوده است. الگوریتم‌های ژنتیک، یک روش بهینه‌سازی مطمئن و کارآمد است. الگوریتم‌های ژنتیک در حقیقت فرآیندی الگوبرداری شده از طبیعت است و برای یافتن بهترین پاسخ‌ها در جایی که نقاط بهینه محلی زیادی وجود دارد، بسیار مناسب است. در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای به استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک جهت حل مسائل الکترومغناطیسی شده است [۱-۴]. یکی از حوزه‌های مورد توجه، استفاده از الگوریتم ژنتیک جهت طراحی ادوات فرکانس بالای غیرفعال با پاسخ دلخواه می‌باشد [۳] و [۴].

اخیرا به کارگیری ساختارهای زمین ناقص^۴ در طراحی فیلترهای میکرواستریپی پیشنهاد گردیده است [۵]. این ساختارها، که با ایجاد نقص در زمین شکل می‌گیرند در فرکانسهای خاصی رزونانس نموده و مانند یک فیلتر میان‌گذر عمل می‌کنند. تاکنون از ساختارهای مذکور جهت طراحی فیلترهای پایین‌گذر و میان‌گذر و یا بهبود پاسخ فیلترهای مرسوم میکرواستریپی استفاده شده است.

¹ Stepped impedance filter

² Coupled line filter

³ Inter-digital filter

⁴ Defect ground structure

در این پایان نامه از الگوریتم ژنتیک برای طراحی و بهینه سازی ساختارهای DGS غیر شهودی، جهت ایجاد فیلترهای فشرده‌ی میکرواستریپی با ناحیه‌ی قطع تیز و وسیع استفاده خواهیم نمود.

این پایان نامه، مشتمل بر پنج فصل است که در فصل اول مقدمه ای بر طراحی فیلترهای میان‌گذر آورده شده است و تاریخچه‌ای از فیلترهای میان‌گذر مرسوم ارائه گردیده است.

در فصل دوم، به بررسی ساختارهای زمین ناقص می‌پردازیم. ارائه‌ی کلیه‌ی ساختارهای زمین ناقص پیشنهاد شده در سال‌های اخیر و بررسی پاسخ و مقایسه‌ی آنها با یکدیگر از اهداف این فصل می باشد. در این فصل همچنین و عیوب و نواقص ساختارهای زمین ناقص آورده شده است.

در فصل سوم، به بررسی دقیق الگوریتم ژنتیک و خصوصیت و قابلیت آن در حل مسائل الکترومغناطیسی پرداخته خواهد شد. همچنین بررسی آخرین دستاوردهای الگوریتم ژنتیک در ایجاد شکل‌های دلخواه در ادوات غیر فعال فرکانس بالا نظیر آنتن‌ها و انواع فیلترها از اهداف فصل مذکور می باشد. نهایتاً در انتهای این فصل الگوریتم ژنتیک مورد استفاده در این پروژه و نحوه‌ی استفاده از آن در طراحی ساختارهای زمین ناقص دلخواه به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

فصل چهارم، به واقع گزارشی از فیلترهای طراحی و ساخته شده به کمک الگوریتم ژنتیک می باشد. در این فصل گزارشی از نتایج دو فیلتر میکرواستریپی پایین‌گذر فشرده با ناحیه‌ی قطع تیز آورده شده است. سپس طراحی یک فیلتر میان‌گذر فشرده جدید ارائه شده است که هارمونیک‌های فیلتر مذکور به کمک الگوریتم ژنتیک حذف گردیده است در نهایت یک فیلتر UWB با فرکانس قطع تیز و وسیع به کمک الگوریتم ژنتیک مختلط طراحی می‌گردد. کلیه‌ی فیلترهای این فصل ساخته شده و نتایج شبیه‌سازی با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه شده‌اند.

از تحلیل‌ها و شبیه‌سازی‌ها، نتایج و نکات قابل توجه و کاربردی مهمی بدست آمده است که در فصل پنجم به آن پرداخته شده است. پیشنهادات برای پژوهش‌ها و کارهای آینده نیز در این فصل بیان شده است.

فصل ۱ – مقدمه‌ای بر فیلترهای مایکروویوی

۱-۱- مقدمه

فیلتر مایکروویوی یک شبکه دوقطبی است که برای حذف و یا انتخاب سیگنال مورد نظر در سیستم‌های مخابراتی بکار می‌رود. این عمل با انتقال سیگنال در فرکانس‌های پهنای باند عبور فیلتر و تضعیف در باند قطع صورت می‌گیرد. تحقیقات نظری در مورد ساخت فیلترهای مایکروویو به سال‌های قبل از جنگ جهانی دوم باز می‌گردد. در اواخر دهه ۱۹۳۰ روش پارامتر تصویر در طراحی فیلترها ابداع و سپس توسعه زیادی پیدا کرد. در آغاز دهه ۱۹۵۰ با توسعه و پیشرفت سیستم‌های مخابراتی تحقیقات در زمینه فیلترهای مایکروویو توسعه پیدا کرد. از مهمترین کاربردهای فیلترهای مایکروویو می‌توان در سیستم‌های رادار، ارتباطات مایکروویو، سیستم‌های آزمایش و اندازه‌گیری، نوسان‌سازها، تقویت‌کننده‌های تنظیم‌شونده، متعادل‌کننده‌های فاز و غیره اشاره کرد.

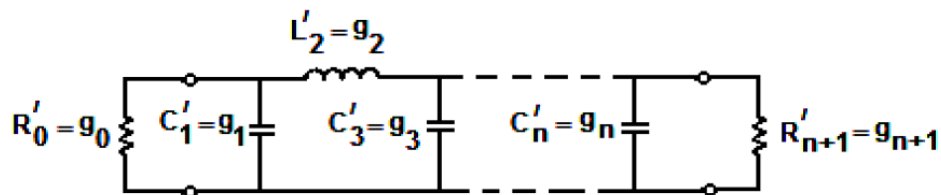
امروزه طراحی فیلترهای مایکروویو عموماً بوسیله بسته‌های نرم‌افزاری طراحی پیشرفته کامپیوتری انجام می‌شود و اساس این نرم‌افزارها با تکیه بر مفهوم اتلاف تعبیه است. فیلترهای طراحی شده با این روش شامل یک مجموعه از فیلترهای ساده‌تر دوقطبی است که فرکانس‌های قطع مورد نیاز و تضعیف‌های مناسب را در محدوده پاسخ فرکانس مورد نظر فیلتر ایجاد می‌کنند.

¹Insertion Loss

در این فصل ابتدا به اصول کلی طراحی فیلتر میان گذر می پردازیم. برای طراحی فیلتر میان گذر ابتدا نیازمند بررسی طراحی فیلتر پایین گذر اولیه هستیم. سپس تاریخچه ای از فیلترهای میان گذر صفحه ای^۱ به همراه آخرین دستاوردها در این نوع فیلترها آورده شده است.

۲-۱- اصول کلی طراحی فیلترهای میان گذر

در این قسمت روش کلی طراحی یک نمونه از فیلترهای میان گذر با استفاده از تقریب چبی شف با تقریب پاسخ حداکثر تخت مورد بررسی قرار می گیرد. با توجه به روش کلی طراحی فیلترهای میان گذر در [۶]، با استفاده از الگوی عناصر فشرده ابتدا یک فیلتر پایین گذر طراحی شده و در ادامه فیلتر میان گذر مطابق با آن طراحی و آنالیز می شود. شکل ۱-۱- یک نمونه اولیه از فیلترهای پایین گذر را نشان می دهد [۶].



شکل ۱-۱- مدل مداری و الگوی اولیه یک فیلتر پایین گذر [۶]

برای بدست آوردن پارامترها و عناصر فشرده یک فیلتر میان گذر در فرکانس تشدید ω_0 بر حسب پارامترها و عناصر فشرده یک فیلتر پایین گذر با توجه به موازی یا سری بودن ساختار آن دو پارامتر متفاوت تعریف می شود. یکی از پارامترهایی که در فرکانس مرکزی تشدید فیلتر تعریف می شود، پارامتر شیب می باشد. برای هر تشدیدکننده از نوع سری پارامتر شیب راکتانسی بصورت رابطه (۱-۱) تعریف می شود [۶]:

$$\alpha = \frac{\omega_0}{2} \frac{dX}{d\omega} \Big|_{\omega_0} \quad (1-1)$$

که در رابطه (۱-۱)، X راکتانس تشدیدکننده می باشد.

به عنوان نمونه برای یک تشدیدکننده ساده سری از نوع LC، با توجه به رابطه (۱-۱)، پارامتر شیب راکتانسی

آن $\alpha = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$ می باشد. مشابه این پارامتر، برای تشدیدکننده از نوع موازی پارامتر شیب سوسپتانسی بصورت

زیر تعریف می شود [۶]:

¹ Planar band-pass filters

$$\gamma = \left. \frac{\omega_0}{2} \frac{dB}{d\omega} \right|_{\omega_0} \quad (2-1)$$

که در رابطه (2-1)، B سوسپتانس تشدیدکننده از نوع موازی می‌باشد. در این حالت به عنوان نمونه برای یک تشدیدکننده ساده موازی LC با توجه به رابطه (2-1)، پارامتر شیب سوسپتانسی بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\gamma = \omega_0 C = \frac{1}{\omega_0 L} \quad (3-1)$$

پس از طراحی فیلتر پایین گذر و تعیین عناصر فشرده بکار رفته در مدل مداری آن، مدل مداری فیلتر میان گذر را می‌توان با استفاده از الگوی اولیه آن به دست آورد.

چنانچه از شکل 2-1-2 مشاهده می‌شود، در مدل مداری فیلتر میان گذر بدست آمده از الگوی اولیه فیلتر پایین گذر، از تشدیدکننده‌های موازی و سری از نوع عناصر فشرده استفاده شده است. برای محاسبه مقادیر عناصر فشرده موجود در تشدیدکننده‌های سری و موازی، مدل مداری فیلتر میان گذری که بر حسب مقادیر عناصر فشرده الگوی اولیه فیلتر پایین گذر طراحی شده، از پارامترهای شیب راکتانسی و سوسپتانسی استفاده می‌شود.

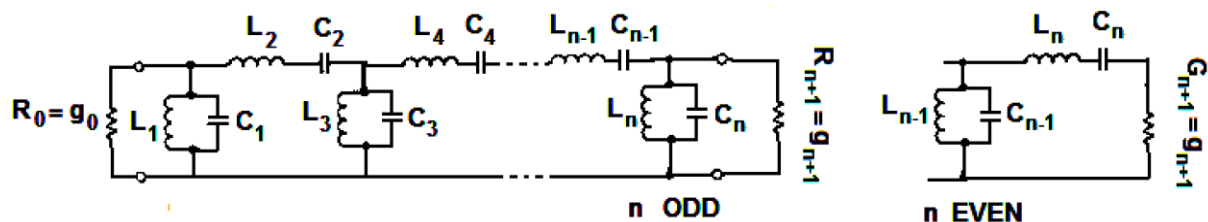
معادلات و روابطی که چگونگی ارتباط بین عناصر فشرده فیلتر میان گذر و فیلتر پایین گذر برای تشدیدکننده‌ها از نوع موازی و سری را به ترتیب بیان می‌کند، عبارتند از:

$$\gamma_j = \omega_0 C_j = \frac{1}{\omega_0 L_j} = \frac{\omega'_1 g_j}{W} \quad (4-1)$$

$$\alpha_K = \omega_0 L_K = \frac{1}{\omega_0 C_K} = \frac{\omega'_1 g_K}{W} \quad (5-1)$$

که در روابط (4-1) و (5-1)، W پهنای باند نسبی و ω_0 فرکانس تشدید مرکزی فیلتر میان گذر و ω' فرکانس قطع فیلتر پایین گذر می‌باشند. در ادامه با استفاده از روابط (4-1) و (5-1) و دو پارامتر تعریف شده شیب راکتانسی و شیب سوسپتانسی، پارامترها و مقادیر عناصر فشرده در تشدیدکننده‌های سری و موازی فیلتر میان گذر شکل 2-1-2 محاسبه می‌شوند.

در [6] و [7] نحوه بدست آوردن فیلتر میان گذر مطابق با این فیلتر پایین گذر به تفصیل شرح داده شده است. شکل 2-1-2 فیلتر میان گذر مطابق با فیلتر پایین گذر شکل 1-1-1 که مستقیماً از الگوی اولیه فیلتر پایین گذر بدست آمده است را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱-۲- مدل مداری فیلتر میان گذر بدست آمده از الگوی اولیه یک فیلتر پایین گذر

بدست آوردن ساختار معادل از خطوط انتقال با ساختار فیلتر میان گذر شکل ۲-۱-۲- در فرکانس‌های میکروویو مشکل و پیچیده می‌باشد. برای رفع این مشکل اغلب از تبدیل‌کننده‌های امپدانس و ادمیتانس^۱ در طراحی فیلترهای میان گذر استفاده می‌شود [۶].

طراحی مدل مداری یک فیلتر که در ساختار آن از مبدل‌های امپدانس یا ادمیتانس استفاده شده باشد، در فرکانس‌های میکروویو بسیار مهم و از تقریب بالایی با آنچه که در عمل و پیاده‌سازی فیلتر وجود دارد، برخوردار است. به منظور چگونگی استفاده از مبدل‌های امپدانس و ادمیتانس در طراحی مدل مداری فیلترها در فرکانس‌های میکروویو، عناصر موازی در مدل مداری فیلتر پایین گذر شکل ۱-۱-۱- با استفاده از روابط زیر با مبدل‌های امپدانس جایگزین می‌شوند.

$$K_{01} = \sqrt{\frac{R_A L_{01}}{g_0 g_1}} \quad (۶-۱)$$

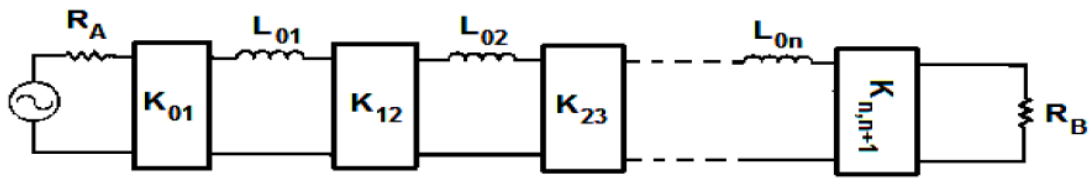
$$K_{K,K+1} \Big|_{K=to(n-1)} = \sqrt{\frac{L_{0k} L_{0(k+1)}}{g_k g_{k+1}}} \quad (۷-۱)$$

$$K_{n,n+1} = \sqrt{\frac{L_{0n} R_B}{g_n g_{n+1}}} \quad (۸-۱)$$

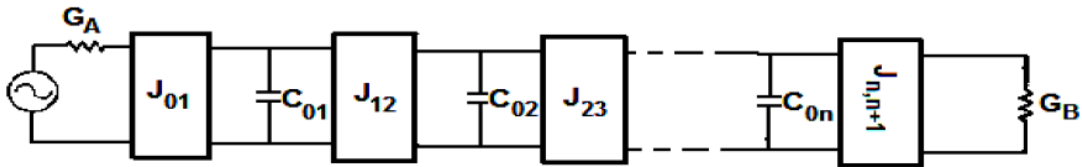
با استفاده از این روابط، مدل مداری فیلتر پایین گذر شکل ۱-۱-۱- به مدل مداری شکل ۱-۳-۱- الف تبدیل می‌شود. چنانچه از شکل‌های (۱-۱) و (۱-۳-الف) مشاهده می‌شود، عناصر موازی در مدل مداری فیلتر پایین گذر با مبدل‌های امپدانس جایگزین شده‌اند.

در طراحی فیلترهای پایین گذر در فرکانس‌های میکروویو، علاوه بر استفاده از مبدل‌های امپدانس در برخی موارد و در کاربردهای خاصی - چنانچه در شکل ۱-۳-۱- ب نشان داده شده است- از دوگان آن - مبدل‌های ادمیتانس- استفاده می‌شود.

¹ Impedance and admittance inverter



(الف)



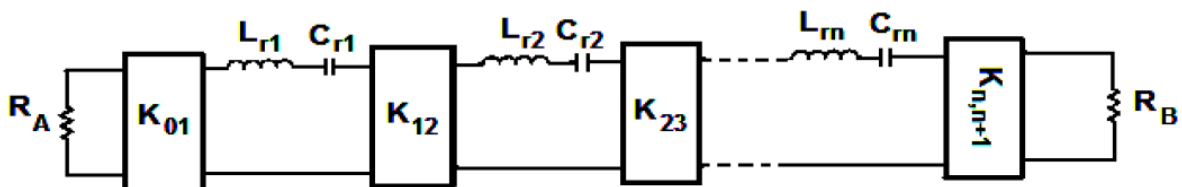
(ب)

شکل ۳-۱- مدل مداری فیلتر میان گذر با استفاده از الف) مبدل های K (ب) مبدل های J

مشابه آنچه که در تبدیل عناصر فشرده به مبدل های امپدانس یا ادمیتانس در فیلترهای پایین گذر صورت می گیرد، در طراحی فیلترهای میان گذر نیز می توان عناصر موازی در مدل مداری شکل ۳-۱-۲ را به مبدل های امپدانس تبدیل نمود. پس از جایگزین کردن مبدل های امپدانس، مدل مداری مشابه آنچه که در شکل ۳-۱-۴ نشان داده شده است، برای فیلتر میان گذر بدست می آید.

چنانچه قبلاً بیان شد، طراحی فیلترهای میان گذر در فرکانس های میکروویو با استفاده از عناصر فشرده مشکل می باشد. برای یک طراحی ساده، در گام اول و چنانچه نشان داده شد، می توان عناصر فشرده موازی در مدل های مداری با مبدل های امپدانس یا ادمیتانس جایگزین شوند. پس از جایگزینی مبدل های امپدانس یا ادمیتانس - چنانچه از شکل ۳-۱-۴ مشاهده می شود در شاخه های سری مدل مداری، عناصر فشرده وجود دارند. به منظور اجتناب از بکارگیری این عناصر فشرده، در طراحی این نوع فیلترها در فرکانس های میکروویو، اغلب از عناصر توزیعی استفاده می شود.

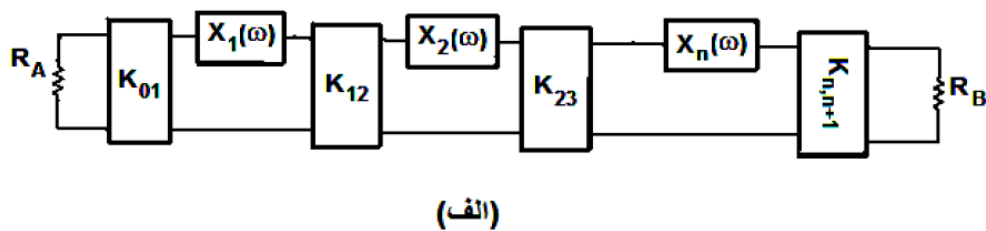
از این رو برای عناصر سری از تشدیدکننده های راکتانس و برای عناصر موازی از تشدیدکننده های سوسپتانس استفاده می شود. شکل ۳-۱-۵ الف مدار معادل فیلتر میان گذر شکل ۳-۱-۴ که با استفاده از تبدیل کننده های امپدانس و تشدیدکننده های راکتانس سری طراحی شده، را نشان می دهد.



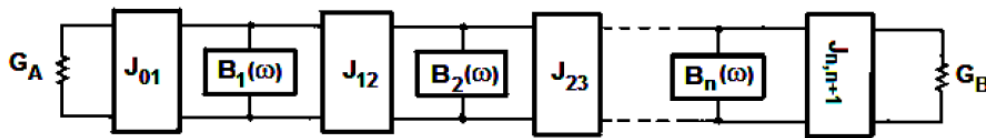
شکل ۳-۱-۴ مدل مداری فیلتر میان گذر با استفاده از مبدل های K

در مدل مداری شکل ۵-۱-الف می‌توان با تبدیل‌های مستقیم (در [۶] به تفصیل شرح داده شده است) مبدل‌های امپدانس را به مبدل‌های ادمیتانس و راکتانس‌های سری را به سوسپتانس‌های موازی تبدیل کرده و مدار معادل شکل ۵-۱-الف را که دوگان مدل مداری شکل ۵-۱-الف می‌باشد، را بدست آورد.

در ادامه و به منظور جایگزینی مبدل‌های امپدانس بجای عناصر فشرده در مدل مداری فیلتر میان گذر شکل ۲-۱-، مشابه فیلتر پایین گذر طراحی شده عمل می‌شود. با در نظر گرفتن مدل مداری فیلتر میان گذر نشان داده شده در شکل ۵-۱-الف را که با استفاده از مبدل‌های امپدانس و تشدیدکننده‌های راکتانس سری طراحی شده و با فرض داشتن یک الگوی اولیه از فیلتر پایین گذر با پارامترهای g_{n+1}, \dots, g_1, g_0 و فرکانس ω_1' می‌توان به راحتی پارامترهای شیب تشدیدکننده‌های $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ برای فیلتر میان گذر را به دست آورد.



(الف)



(ب)

شکل ۵-۱-مدل مداری فیلتر میان گذر با استفاده از الف) مبدل‌های K و راکتانس‌های سری ب) مبدل‌های J و سوسپتانس‌های موازی

در ادامه و با معلوم در نظر گرفتن پارامترهای R_A و R_B و پهناهای باند نسبی، با استفاده از پارامترهای اولیه فیلتر پایین گذر و پارامترهای شیب تشدیدکننده‌ها، می‌توان بوسیله روابط زیر مقادیر مبدل‌های امپدانس در مدل مداری شکل (۵-۱-الف) را محاسبه کرد.

$$K_{01} = \sqrt{\frac{R_A a_1 W}{g_0 g_1 \omega_1'}} \quad (9-1)$$

$$K_{j,j+1|j=0 \text{ to } (n-1)} = \frac{W}{\omega_1'} \sqrt{\frac{a_j a_{j+1}}{g_j g_{j+1}}} \quad (10-1)$$

$$K_{n,n+1} = \sqrt{\frac{R_B a_n W}{\omega_1' g_n g_{n+1}}} \quad (11-1)$$