بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی برق گرایش مخابرات - میدان و امواج

عنوان پایان نامه:

طراحی و ساخت آرایه آنتن شبه‌یاگی مدارچاپی پهن باند

استاد راهنما: دکتر حسنی

نگارش: زکیه اعظمی‌راد

تابستان ۱۳۹۰

شماره: تاریخ:	**اظهار نامه دانشجو**	

اینجانب زکیه اعظمی‌راد دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق گرایش مخابرات (میدان و امواج) دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شاهد، گواهی می دهم که پایان نامه تدوین شده حاضر با عنوان؛ " طراحی و ساخت آرایه آنتن شبه‌یاگی مدارچاپی پهن باند " به راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکترحسنی، توسط شخص اینجانب انجام و صحت و اصالت مطالب تدوین شده در آن، مورد تأیید است و چنان چه هر زمان، دانشگاه کسب اطلاع کند که گزارش پایان نامه حاضر صحت و اصالت لازم را نداشته، دانشگاه حق دارد، مدرک تحصیلی اینجانب را مسترد و ابطال نماید هم چنین اعلام می دارد در صورت بهره گیری از منابع مختلف شامل؛ گزارش های تحقیقاتی، رساله، پایان نامه، کتاب، مقالات تخصصی و غیره، به منبع مورد استفاده و پدید آورنده آن به طور دقیق ارجاع داده شده و نیز مطالب مندرج در پایان نامه حاضر تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب و یا سایر افراد به هیچ کجا ارایه نشده است. در تدوین متن پایان نامه حاضر، چارچوب مصوب تدوین گزارش های پژوهشی تحصیلات تکمیلی دانشگاه شاهد به طور کامل مراعات شده و نهایتاً این که، کلیه حقوق مادی ناشی از گزارش پایان نامه حاضر، متعلق به دانشگاه شاهد می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو:.....

امضاء دانشجو:

تاریخ:

تقدیم به

مادر که مظهر مهر است،

پدر که اسوه صبر است

و همسرم که نماد ایمان است.

تشکر و قدردانی

اکنون که با الطاف و عنایات خداوندی کار تدوین و نگارش این پایان‌نامه به انجام رسیده است، بر خود فرض می‌دانم از زحمات و محبت‌های استاد بزرگوار **"جناب آقای دکتر حسنی"** که با راهنمایی‌ها و ارشادات ارزنده مشوق اینجانب بوده‌اند، صمیمانه قدردانی و تشکر نمایم.

همچنین مشاوره‌های ارزشمند جناب آقای مهندس بایدرخانی و جناب آقای دکتر اعظمی راد را ارج نهاده و از ایشان نیز کمال تشکر را دارم.

چکیده

آنتن‌هایی با تراز گلبرگ کناری (**SLL**) پایین و پهنای باند زیاد کاربردهای فراوانی در بسیاری از سیستم‌های راداری دارند. آنتن شبه یاگی به دلیل ساختار ساده ، سبک و ساخت آسان توجه بسیاری از طراحان آنتن را به خود جلب نموده است. از اینرو هدف این پایان نامه طراحی، آنالیز و شبیه سازی آرایه آنتن شبه یاگی پهن باند با تراز گلبرگ کناری پائین می‌باشد. از آنجا که پهنای باند آرایه آنتن از برهمکنش پهنای باند عناصر آرایه و خط تغذیه حاصل می‌شود، عنصر جدیدی ارائه می گردد که پهنای باند آن بهبود یافته است.

پایان نامه مذکور در دو بخش آنتن شبه یاگی مدارچاپی پهن‌باند و آرایه آنتن خطی با تغذیه سری تنظیم گردیده است. در بخش آنتن شبه یاگی مدارچاپی پهن باند دو طرح مختلف با جایگزینی آنتن پاپیونی به عنوان عنصر تحریک شده‌ی آنتن شبه‌یاگی مدارچاپی، در باند فرکانسی **Ku** ارائه شده است. در بخش آرایه آنتن خطی شبه‌یاگی مدارچاپی با تغذیه سری، آرایه‌ی ۲۲ عنصری از نخستین آنتن پیشنهادی در فرکانس مرکزی **۱۶/۲۶GHz** طراحی گردیده است. آنتن های مذکور در نرم‌افزار **HFSS** شبیه‌سازی و بهینه‌سازی شده و در مرحله بعد ساخته و تست گردیدند. نتایج تست آنتن شبه‌یاگی مدارچاپی عبارتست از **BW=۴۶٪ ، GAIN=۵/۸dBi**. به منظور دستیابی به پهنای باند حداکثری و کاهش ابعاد آنتن یک بالون پهن باند جدید برای تبدیل خط تغذیه میکرواستریپ به **CPS** ارائه و برای آنتن شبه یاگی نخست به کار رفت که منجر به **BW=۵۳٪ ، GAIN=۴/۸dBi** و ۴۸٪ کاهش ابعاد آنتن شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی آرایه آنتن مذکور عبارتست از: **SLL=-۳۳dB** و **BW=۳۶٪** که در مقایسه با کارهای تحقیقاتی انجام شده پیشین **۴dB** بهبود در **SLL** و ۲۶٪ افزایش پهنای باند را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آرایه آنتن، شبه یاگی، مدارچاپی، پهن باند، بهره، **SLL**.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست اشکال ..... ط
فهرست جداول ..... ک

فصل اول: کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲-طرح مسأله تحقیق ۳

۱-۳- تبیین جایگاه تحقیق در افزایش پهنای باند و کاهش تراز گلبرک کناری آنتن ۳

۱-۴-روش تحقیق ۴

۱-۵-نوآوری تحقیق ۵

۱-۶-اهداف تحقیق ۶

۱-۷- ساختار تحقیق ۶

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲- مروری بر کارهای گذشته ۹

فصل سوم: پارامترهای مؤثر بر پهنای باند و بهره آنتن شبه یاگی

۳- ۱- مقدمه ۲۰

۳-۲- آنتن یاگی یودا ۲۰

۳- ۳- آنتن شبه یاگی مدار چاپی ۲۱
۳- ۴- عنصر تحریک شده ۲۲
۳- ۵- دو قطبی های مدار چاپی ۲۲
۳- ۶- دوقطبی های پهن باند ۲۴
۳- ۶- ۱- دوقطبی پاپیونی سیمی ۲۴
۳- ۶- ۲- آنتن های دومخروطی ۲۵
۳- ۶- ۳- آنتن دومخروطی مسطح ۲۶
۳- ۶- ۴- آنتن پاپیونی مدار چاپی ۲۶
۳- ۷- تغذیه آنتن میکرواستریپ ۲۸
۳- ۸- عناصر پارازیت ۲۹
۳- ۹- تأثیر عناصر پارازیت در پهنای باند آنتن میکرواستریپ ۲۹
۳- ۹- ۱- پیکره بندی های پچ هم سطح ۳۰
۳- ۱۰- تأثیر مشخصات زیر لایه بر عملکرد آنتن میکرواستریپ ۳۲

فصل چهارم: طراحی آنتن شبه یاگی مدار چاپی جدید

۴-۱- مقدمه ۳۶
۴-۲- طراحی عنصر تحریک شده آنتن شبه یاگی مدارچاپی ۳۷
۴-۳- طراحی عناصر راهنما و افزایش بهره ۴۲
۴-۴- هندسه آنتن شبه یاگی مدار چاپی پهن باند ۴۲
۴-۵- نتایج و توضیحات ۴۴

۴-۶- آنتن شبه‌یاگی مدارچاپی تغذیه شده با خط نواری هم‌صفحه ۴۷
۴-۶- ۱- بررسی نحوه عملکرد بالون میکرواستریپ به CPS ۴۸
۴-۷- طراحی آنتن شبه یاگی مدارچاپی با تغذیه CPS ۵۱
۴-۸- نتایج شبیه سازی ۵۳

فصل پنجم: طراحی آرایه آنتن شبه یاگی تغذیه سری

۵- ۱- مقدمه ۵۷
۵- ۲- شبکه تغذیه ۵۹
۵- ۲- ۱- مقایسه انواع شبکه تغذیه ۶۰
۵- ۲- ۲- شبکه تغذیه سری ۶۱
۵- ۲- ۳- طراحی آرایه های تغذیه سری تشدیدی ۶۴
۵-۲- ۴- طراحی شبکه تغذیه سری به منظور دستیابی به SLL معین ۶۷
۵-۳- آرایه خطی تغذیه سری آنتن شبه‌یاگی پهن باند با تراز گلبرگ کناری پایین ۷۳
۵- ۴- نتایج و توضیحات ۷۴

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- جمع بندی ۷۸
۶-۲- محدودیت ها و پیشنهادات ۷۹
پیوست ۸۰
منابع و مراجع **۸۳**

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ روش انجام تحقیق ۵

شکل ۲-۱ فرم میکرواستریپی آنتن یاگی ۱۰
شکل ۲-۲ آنتن شبه یاگی تغذیه شده با خط انتقال میکرواستریپ به CPS ۱۰
شکل ۲-۳ تصویر نمونه اولیه آنتن شبه یاگی اصلاح شده در باند C ۱۱
شکل ۲-۴ آنتن پچ شبه یاگی ۱۲
شکل ۲-۵ آرایه آنتن یاگی چاپی دوگانه ۱۲
شکل ۲-۶ پیکره بندی آنتن شبه یاگی با تغذیه CPW پیشنهادی ۱۳
شکل ۲-۷ آنتن شبه یاگی مسطح پیشنهادی ۱۴
شکل ۲-۸ آرایه دوعنصری شبه یاگی همه جهته در باند L در صفحه H ۱۵
شکل ۲-۹ نمونه ساخته شده آنتن میکرواستریپی یاگی-یودا ۱۶
شکل ۲-۱۰ الف) تک عنصر ب) آرایه ۴*۱ آنتن دوقطبی تا شده با خط تغذیه میکرواستریپ ۱۷
شکل ۲-۱۱ طرح آنتن یاگی-یودای پیشنهادی. ۱۷

شکل ۳-۱ الف) آرایش آرایه آنتن یاگی یودای سه عنصری شامل یک عنصر تحریک شده، یک بازتابنده و یک راهنما، ب) پرتو صفحه H حاصل از روشهای عددی؛ ج) پرتو صفحه E بدست آمده از محاسبات عددی. ۲۱
شکل ۳-۲ مکانیزم های تحریک دوقطبی میکرواستریپ ۲۳
شکل ۳-۳ فرم دیگری از دوقطبی مدارچاپی ۲۳
شکل ۳-۴ VSWR بعنوان تابعی از فرکانس برای دوقطبی با قطر سیم متفاوت ۲۴
شکل ۳-۵. دوقطبی پاپیونی سیمی ۲۵
شکل ۳-۶ آنتن دومخروطی محدود ۲۵
شکل ۳-۷ شبیه سازی آنتن دومخروطی: آنتن پاپیونی ۲۶
شکل ۳-۸ هندسه آنتن پاپیونی ۲۷
شکل ۳-۹پیکره بندی آنتن پاپیونی مدارچاپی به عنوان عنصر تحریک شده آنتن شبه یاگی ۲۷
شکل ۳-۱۰ پچ مستقیما تزویج شده: تغذیه تطبیق یافته ربع موج با مدار معادل ۲۹
شکل ۳-۱۱ پچ های تزویج شده به صورت پارازیتی برای افزایش پهنای باند. ۳۰
شکل ۳-۱۲ پچ های مستقیما تزویج شده برای افزایش پهنای باند. ۳۱

شکل ۴-۱ امپدانس ورودی دومخروطی بر حسب ارتفاع Lh ۳۸
شکل ۴-۲ تغییرات بخش حقیقی و موهومی امپدانس ورودی آنتن پاپیونی بر حسب زاویه θh ۳۹
شکل ۴-۳ یک آنتن پاپیونی به عنوان عنصر تحریک شده آنتن شبه یاگی ۳۹

شکل ۴-۴ الف) تلفات بازگشتی ب) امپدانس ورودی شبیه سازی آنتن پاپیونی بر حسب فرکانس ۴۱
شکل ۴-۵ الگوی تشعشعی صفحات E و H آنتن پاپیونی در فرکانس ۱۶/۲۶ GHz..... ۴۱
شکل ۴-۶ آنتن شبه یاگی مدارچاپی پهن باند جدیدا..... ۴۳
شکل ۴-۷ تصویری از آنتن ساخته شده ۴۴
شکل ۴-۸ ضریب انعکاس شبیه سازی شده و اندازه گیری شده آنتن شبه یاگی مدارچاپی پهن باند جدید..... ۴۵
شکل ۴-۹ الگو های تشعشعی شبیه سازی شده و اندازه گیری شده آنتن شبه یاگی مدارچاپی پهن باند جدید در فرکانس ۱۴ GHz..... ۴۵
شکل ۴-۱۰ الگو های تشعشعی شبیه سازی شده و اندازه گیری شده آنتن شبه یاگی مدارچاپی پهن باند جدید در فرکانس ۱۶ GHz..... ۴۶
شکل ۴-۱۱ الگو های تشعشعی شبیه سازی شده و اندازه گیری شده آنتن شبه یاگی مدارچاپی پهن باند جدید در فرکانس ۱۸ GHz..... ۴۶
شکل ۴-۱۲ تغییرات بهره بر حسب فرکانس ۴۷
شکل ۴-۱۳ آنتن شبه یاگی مدارچاپی با تغذیه CPS..... ۴۸
شکل ۴-۱۴ پیکره بندی بالون پهن باند..... ۴۹
شکل ۴-۱۵ بردار های چگالی جریان سطحی محاسبه شده در ۱۶/۲۶ GHz..... ۵۰
شکل ۴-۱۶ آنتن شبه یاگی مدارچاپی با بالون میکرواستریپ به CPS ۵۲
شکل ۴-۱۷ تلفات بازگشتی آنتن شبه یاگی مدارچاپی با تغذیه CPS..... ۵۴
شکل ۴-۱۸ الگو های تشعشع آنتن شبه یاگی مدارچاپی با تغذیه CPS..... ۵۵

شکل ۵-۱ (الف) آرایه تغذیه موازیcorporate feed، (ب) آرایه تغذیه سری Series feed..... ۵۹
شکل ۵-۲ الف) شبکه تغذیه سری با عناصر موازی با خط تغذیه اصلی، (ب) شبکه تغذیه سری با عناصر سری با خط تغذیه اصلی..... ۶۲
شکل ۵-۳ مدار معادل آرایه تغذیه سری ۶۴
شکل ۵-۴ مدل خط انتقال برای محاسبه خطوط ربع طول موج..... ۶۸
شکل ۵-۵ نرم افزار MATLAB در حال گرفتن پارامترهای مطلوب برای طراحی آرایه آنتن مدارچاپی با خط تغذیه سری..... ۷۰
شکل ۵-۶ تصویری از نرم افزار MATLAB در حال ارائه خروجی ۷۱
شکل ۵-۷ ضریب آرایه ۲۲ عنصری تغذیه سری با SLL = -۴۰ dB ۷۱
شکل ۵-۸ آرایه آنتن شبه یاگی تغذیه سری مدار چاپی پهن باند..... ۷۳
شکل ۵-۹ تصویر آرایه آنتن شبه یاگی تغذیه سری مدار چاپی پهن باند ساخته شده ۷۴
شکل ۵-۱۰ ضریب انعکاس شبیه سازی شده و اندازه گیری شده آرایه آنتن شبه یاگی پهن باند..... ۷۵
شکل ۵-۱۱ الگو های تشعشعی شبیه سازی شده و اندازه گیری شده آرایه شبه یاگی در فرکانس مرکزی..... ۷۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱: بازدهی و پهنای باند پچ بر حسب ضخامت زیرلایه ۳۳
جدول ۴-۱ ابعاد اولیه آنتن شبه یاگی مدارچاپی پهن باند ۴۳
جدول ۴-۲ ابعاد آنتن شبه یاگی مدارچاپی پهن باند ۴۳
جدول ۴-۳ تأثیر عناصر راهنما در پارامترهای آنتن شبه یاگی مدارچاپی جدید ۴۴
جدول ۴-۴ ابعاد آنتن شبه یاگی تغذیه شده با CPS ۵۳
جدول ۴-۵ عملکرد آنتن شبه یاگی مدارچاپی تغذیه با خط CPS ۵۴
جدول ۵-۱ طول و عرض شبکه تغذیه نهایی (بر حسب میلیمتر) ۷۲

فصل اول:

کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

آنتن یکی از مهمترین بخش‌های سامانه‌های مخابراتی و راداری می‌باشد که نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در عملکرد و بازدهی کل سامانه ایفا می‌نماید. ابعاد آنتن، مشخصات الگوی تشعشعی، پهنای باند، هزینه ساخت، سادگی طراحی و ساخت و ... همگی پارامترهایی هستند که در انتخاب آنتن برای سامانه‌های مخابراتی گوناگون مد نظر قرار می‌گیرند[۱]. در سامانه‌های نظامی به دلیل حساسیت و دقت بیشتر برخی از پارامترهای فوق در کنار پارامترهای مهم دیگر از اهمیت بیشتری برخوردارند. از جمله این پارامترها می‌توان به ابعاد آنتن، سطح مقطع راداری[۱]، تراز گلبرگ کناری[۲] (SLL)، شکل الگوی تشعشعی و ... اشاره نمود.

ازجمله مهمترین سامانه‌های مخابراتی می‌توان به سامانه‌های راداری اشاره نمود. هرچند سامانه‌های راداری امروزه در بسیاری از بخش‌های غیر نظامی مانند سامانه‌های ناوبری دریایی و هوایی به طور وسیع کاربرد دارند اما در کاربردهای نظامی، این سامانه‌ها دارای مشخصات دقیق‌تر و عملکرد حساس‌تری می‌باشند که آنها را از سامانه‌های راداری معمول تفکیک می‌نماید. ازجمله مهمترین پارامترهایی که در یک سامانه راداری مورد توجه قرار می‌گیرند می‌توان به سطح تراز گلبرگ کناری و پهنای باند اشاره نمود [۱]. هرچند در سامانه‌های راداری مختلف، با توجه به کاربرد ممکن است الگوهای تشعشعی مختلفی مد نظر باشد، اما پارامترهای فوق در اکثر سامانه‌های راداری تک پالس و جستجوگر با الگوی تشعشعی مدادی شکل مورد توجه می‌باشند.

در این پایان‌نامه بحث خود را روی آرایه آنتن شبه یاگی مدارچاپی[۳] پهن باند محدود می‌نماییم. آنتن‌های آرایه‌ای مدار چاپی امروزه در بسیاری از کاربردهای مخابراتی از جمله سامانه‌های نقطه به نقطه[۴]، یک نقطه به چند نقطه[۵] و همچنین

[1] Radar Cross Section (RCS)
[2] Side Lobe Level
[3] printed quasi-Yagi antenna array
[4] Point to Point
[5] Point to Multi-point

سامانه‌های راداری مایکروویو و امواج میلیمتری مورد استفاده وسیعی قرار می‌گیرند[۱]. آنتن‌های مدار چاپی به دلیل مزایای بسیار زیاد آنها از جمله: کوچکی اندازه، سبکی وزن، کم هزینه بودن، سادگی ساخت و ... همواره مورد توجه بوده و هر روز بیش از پیش در سامانه‌های گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرند. از مهمترین نقاط ضعف آنتن‌های مدار چاپی می‌توان به : کم بودن بهره، داشتن پهنای باند باریک، و نیز قابلیت پایین این نوع آنتن‌ها در ارسال و دریافت توان‌های بالا اشاره کرد[۳]. البته برخی از این نقاط ضعف را می‌توان با استفاده از برخی روش‌ها جبران کرد. به عنوان مثال به منظور افزایش بهره، می-توان این‌گونه آنتن‌ها را به صورت آرایه‌ای به کاربرد.

۱-۲- طرح مسأله تحقیق

پیشرفت در فناوری‌های ارتباط مخابراتی، منجر به افزایش تقاضا برای آنتن هایی با پهنای باند بیشتر و اندازه‌ی کوچک‌تر شده است. آنتن شبه یاگی به دلیل ساختار ساده، سبک و ساخت آسان و همچنین کاربردهای فراوانی که در سامانه های مخابراتی دارد، توجه بسیاری از طراحان آنتن را به خود جلب نموده است. اکنون این سوال مطرح است که چگونه می-توان پهنای باند آنتنی با ویژگی های فوق را افزایش داد، به نحوی که الگوی تشعشعی مناسب با بهره بالا داشته باشد، ضمن اینکه آنتن، سادگی و کوچکی ساختار خود را حفظ کند. از طرفی دستیابی به آنتنی با تراز پائین گلبرگ کناری در سیستم های راداری کاربردهای فراوانی دارد. بنابراین در مرحله بعد کاهش تراز گلبرگ کناری آنتن مدنظر می‌باشد.

۱-۳- تبیین جایگاه تحقیق در افزایش پهنای باند و کاهش تراز گلبرگ کناری آنتن

آنتن یاگی- یودای کلاسیک در فرکانس های بالا دارای معایبی چون؛ مشکل تغذیه آن، شکننده بودن ساختار و هزینه بالا می‌باشد. از طرفی در سال های اخیر، آنتن شبه یاگی به دلیل مناسب بودن برای محدوده وسیعی از کاربردها، مثل سامانه های مخابرات بی سیم، ترکیب کننده های توان[1] و آرایه های فازی[2]، مورد توجه قرار گرفته است.

با رشد روز افزون سامانه های مخابراتی، ضرورت طراحی آنتنی که پهنای باند وسیعی داشته باشد، تا بتوانند سامانه های مخابراتی مختلفی را پوشش دهد ، احساس می‌شود. طرح های مختلفی از آنتن شبه یاگی به جهت افزایش پهنای باند فرکانسی، گزارش شده است[۱۵-۵]. اما در هر یک از این طرح ها عنصر تحریک شده و راهنما مشابه اند، و بیشترین تمایز مشاهده شده در روش تغذیه است؛ که این خود باعث پیچیدگی های فراوانی می‌شود. بنابراین تلاش برای افزایش پهنای باند این آنتن ضمن حفظ سادگی ساختار از جایگاه ویژه ای برخوردار است.

[1] Power combiner
[2] Phased array

از طرفی در بسیاری از سامانه های رادار برخی پارامترهای آنتن از قبیل تراز گلبرگ کناری (SLL) و پهنای پرتو نقش مهمی را ایفا می‌کنند. بر اساس سامانه های رادار عملی تراز گلبرگ کناری بین dB ۲۰- تا dB ۵۰- معمولاً مورد نیازند. اما با استفاده از آنتن های مدار چاپی مرسوم، تحقق آرایه با تراز گلبرگ کناری کمتر از dB ۲۵- به دلایلی چون تزویج متقابل[1] بین عناصر تشعشع کننده؛ اثر امواج سطحی[2]؛ تشعشعات ناخواسته از شبکه تغذیه و خطاهای ساخت، کاری به شدت دشوار است[۲].

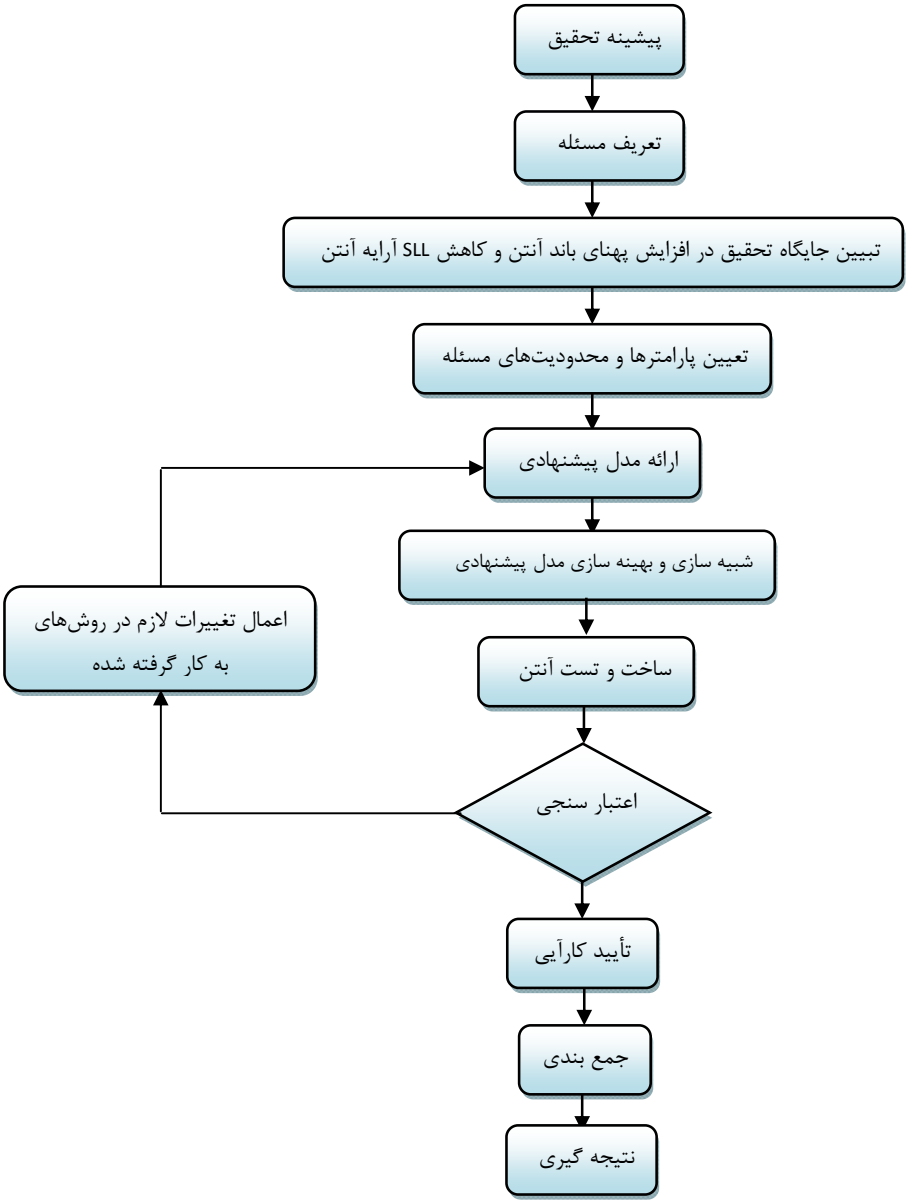
با توجه به نکات مذکور درباره اهمیت پهنای باند آنتن و تراز گلبرگ کناری در سامانه های رادار عملی، دستیابی به آنتنی که دارای پهنای باند بالا ، بهره مناسب و تراز پائین گلبرگ کناری باشد بسیار حائز اهمیت است.

یکی از روش های کاهش تراز گلبرگ کناری استفاده از روش آرایه کردن و توزیع غیر یکنواخت دامنه تحریک عناصر می‌باشد[۳]. از طرفی پهنای باند آرایه آنتن ترکیبی از پهنای باند تک عنصر آرایه و خط تغذیه آن می‌باشد[۴]. بنابراین در صورت استفاده از آنتن پهن باند به عنوان عنصر آرایه می‌توان پهنای باند آرایه آنتن را افزایش داد چنانکه الگوی تشعشعی آنتن و پارامترهای آن از جمله تراز گلبرگ کناری ثابت بماند.

۱-۴- روش تحقیق

پس از تعیین چارچوب کلی مسأله، نخستین گام، مطالعه پیشینه تحقیق به منظور کسب دانایی و مشخص شدن جایگاه تحقیق در میان مطالعات انجام شده قبلی است. گام بعدی تعریف مسأله، تعیین پارامترهای مسأله و مشخص نمودن محدودیت‌ها است. پس از آن مدل پیشنهادی برای مسأله تحقیق با ویژگی‌های مسأله مورد نظر طراحی می‌شود، سپس بنا به لزوم از نرم افزارهای تخصصی مربوطه همانند HFSS,CST,AWR برای شبیه سازی مدل پیشنهادی استفاده می‌گردد. سپس مدل پیشنهادی اعتبار سنجی می‌گردد. در صورت دسترسی به نتایج مطلوب، آنتن ساخته و مورد تست نهایی قرار می‌گیرد. در غیر این صورت پس از بهینه سازی مدل پیشنهادی به جهت دستیابی به اهداف تحقیق توسط نرم افزارهای فوق آنتن ساخته و تست می‌شود. شکل ۱-۱ این ساختار را به صورت جریان کار نشان می‌دهد.

[1] Mutual coupling
[2] Surface wave



شکل ۱-۱- روش انجام تحقیق

۱-۵- نوآوری تحقیق

- ارائه ساختار جدیدی به عنوان آنتن شبه یاگی
- دستیابی به پارامترهای مسأله با آرایه ای از آنتن پیشنهادی

۱-۶- اهداف تحقیق

با توجه به اهمیت پهن باند بودن سامانه های مخابراتی، در این تحقیق به دنبال افزایش پهنای باند آنتن شبه یاگی، ضمن حفظ سادگی و کوچکی ساختار هستیم. دستیابی به بهره مناسب نیز مد نظر می‌باشد. بنابراین آنتن جدیدی طراحی، شبیه سازی و ساخته خواهد شد.

سپس به دلیل نیازمندی سامانه های رادار عملی به سطح پائین تراز گلبرگ کناری و همچنین به منظور بهبود عملکرد آنتن، از جمله افزایش بهره و کاهش پهنای پرتو، از روش آرایه کردن تک آنتن جدید طراحی شده، استفاده می‌گردد. از آن‌جا که در این آرایه، آنتن پهن باند به عنوان عنصر آرایه به کار رفته است انتظار می‌رود آرایه آنتن دارای پهنای باند مطلوبی باشد.

۱-۶- ساختار تحقیق

ادامه مطالب تحقیق حاضر به ترتیب زیر، در فصل‌های آتی سازماندهی شده است. نتایج حاصل از مطالعه پیشینه تحقیق در فصل دوم آمده است. در فصل سوم پارامترهای مؤثر بر بهره و پهنای باند آنتن شبه یاگی بررسی شده است. نکات اساسی در مورد روند دستیابی به ساختار جدید و جزئیات تأثیر هر یک از ایده های اعمال شده به آن در این فصل آمده است.

در فصل چهارم با توجه به نکات مطرح شده در فصل سوم دو نمونه آنتن شبه یاگی جدید طراحی شده و عملکرد آن توسط نرم افزار HFSS بررسی شده است. در این فصل برخی از فرضیه های مطرح در فصل سوم مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج در نمودارها و جداولی ارائه گردیده است. در انتهای فصل نتایج حاصل از اندازه گیری نمونه ساخته شده با نتایج شبیه سازی مقایسه شده است.

در فصل پنجم به منظور دستیابی به آنتنی با پهنای باند بالا و تراز پائین گلبرگ کناری، آرایه ای از نخستین آنتن مطرح شده در فصل چهار توسط نرم‌افزار طراحی آرایه آنتن میکرواستریپ با تغذیه سری طراحی و شبیه سازی می‌گردد. پس از ساخت و تست آرایه آنتن، نتایج حاصل از اندازه گیری و شبیه سازی ارائه و با نتایج آرایه آنتن مطرح شده در مرجع [۲۴] مقایسه می‌شود.

در فصل ششم پس از نتیجه گیری پیشنهاداتی مطرح می‌شود. در پیوست نیز کد نرم‌افزار طراحی آرایه آنتن میکرواستریپ با تغذیه سری که توسط محقق نوشته شده، ارائه می‌گردد.

فصل دوم

مروری بر مطالعات انجام شده