

طراحی آنتن فرایپن باند با رویکرد بهینه سازی بهره آنتن

محسن جعفری چاشمی^۱، محمد جعفری چاشمی^۲

چکیده

در مقاله ارائه شده، ما به طراحی و بهینه‌سازی آنتن فرایپن باند در گستره فرکانسی ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ مگاهرتز پرداخته‌ایم. رویکرد ما برای طراحی، ارائه آنتن فرایپن باندی در این گستره فرکانسی می‌باشد که اولاً دارای تطبیق امپدانس مناسبی در گستره فرکانسی ذکر شده باشد و ثانیاً در گستره فرکانسی ۹۰۰ تا ۲۲۰۰ مگاهرتز بهره آن بر روی محور و زوایای مجاور آن یکنواخت شود. دلیل نیاز به یکنواختی بهره در این گستره فرکانسی به این خاطر است که پالس تشعشی توسط این آنتن بیشترین توان خود را در این بازه فرکانسی ارسال خواهد داشت و یکنواختی بهره در این بازه فرکانسی متضمن یکنواختی دامنه پالس ارسالی خواهد شد. تحلیل و شبیه‌سازی آنتن را با بکارگیری نرم افزار CST به انجام رسانده و بازخوردهای هر بار تحلیل را به بخش بهینه‌سازی-که کد نویسی آن بوسیله نرم افزار Matlab به انجام رسیده است- اعمال می‌کنیم. ساختار فیزیکی این آنتن تقریباً مانند آنتن V شکل با بازوهای صفحه‌ای می‌باشد که شیب هر یک از بازوهای این آنتن بصورت متقارن و بفرم قطعه قطعه شده دارای مقادیر مختلفی است. پس از هر بار تحلیل آنتن، شیب‌های هر یک از این قسمت‌ها طی یک فرایند بهینه‌سازی با بکارگیری روش گرادیان با رویکرد جستجوی مستقیم به فرمی تعیین خواهد شد که هم تطبیق امپدانس مناسبی داشته باشیم و هم مقدار بهره آنتن بر روی محور آنتن به عنوان شاخص اصلی طراحی، در گستره فرکانسی ۹۰۰ تا ۲۲۰۰ مگاهرتز تا حد امکان یکنواخت گردد. همچنین با توجه به بالانس بودن بازوهای آنتن و غیربالانس بودن کابل هم‌محور، ترتیبی اتخاذ گردید که اتصال بهینه بین ورودی آنتن و خروجی مولد پالس برقرار گردد.

کلیدواژه

آنتن فرایپن باند، بهره یکنواخت، تطبیق امپدانس بهینه، بهینه‌سازی گرادیان

مقدمه

فرکانسی، تامین بهره مناسبی را تضمین می‌کند و علاوه بر این در بازه فرکانسی‌ای که پالس ارسالی حداکثر توان را در آن داراست (گستره فرکانسی ۹۰۰ تا ۲۲۰۰ مگاهرتز) بهره یکنواختی را ارائه می‌کند. در واقع وجه تمایز اساسی طرح ارائه شده در این مقاله نسبت به نمونه فعالیت‌های انجام گرفته شده تا کنون همین موضوع می‌باشد که در آنتنی که نتایج طراحی و ساخت آن ارائه می‌شود در واقع نقیصه پرداختن یکجانبه به مشخصات بهینه پهنای باند، که در برخی موارد حتی منجر به بهره‌ای بسیار کم برای آنتن شده است، با طرحی جامع‌تر که ناظر بر ارائه ساختاری با رویکرد بهینه‌سازی پهنای باند و بهره بصورت توأمان می‌باشد، مرتفع شده است. با توجه به اینکه طراحی برای پالس‌های بزرگتر از ۲۰ کیلوولت انجام شده است، ملاحظات عدم شکست ولتاژ در دهانه آنتن نیز لحاظ گردید. [۵] برای این کار بر روی دهانه آنتن و در محل اتصال بالون به آن از تفلون استفاده کرده‌ایم که ضریب شکست آن تقریباً برابر ۲۴ کیلوولت بر میلیمتر است.

با توجه به کاربرد وسیع آنتن‌های فرایپن باند در کاربردهای راداری و جنگ الکترونیکی بکارگیری آن‌ها و ارائه طراحی بهینه آن‌ها در کاربردهای امروزی امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. با توجه به اینکه رزولوشن دقیق‌تر برای مکان‌یابی هدف همواره متناظر با ارسال پالس‌های باریکتری با پهنای باند فرکانسی بیشتری می‌باشد [۱]، طراحی آنتنی با پهنای باند بالا و مشخصات تشعشی مناسب همواره مورد توجه طراحان و مهندسان آنتن بوده است. از طرفی در اکثر طرح‌های ارائه شده برای آنتن‌های فرایپن باند پرداختن به افزایش پهنای باند بصورت یکسویه تا حدی بوده است که بحث تامین بهره کافی و عدم اعوجاج پالس ارسالی مغفول مانده است. (به مراجع [۲] تا [۴] نگاه کنید) در طراحی ارائه شده در این مقاله ما به ساخت آنتنی فرایپن باند در گستره فرکانسی ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ مگاهرتز پرداخته‌ایم که علاوه بر تطبیق امپدانس مناسب در این بازه

^۱ کارشناس ارشد مخابرات، دانشگاه شهید بهشتی، Ch.mohsen@gmail.com

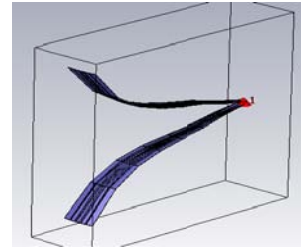
^۲ کارشناس ارشد مخابرات، دانشگاه علم و صنعت ایران

تاریخ دریافت: ۱۷ آبان ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: ۲۱ اسفند ۱۳۹۲

اعمال تغییرات در شیب قطاع‌های آنتن برای یکنواختی

بهره

ساختار کلی الگوی اولیه این آنتن به فرم شکل ۱ می‌باشد. مجموعه تغییرات اعمال شده در هر یک از بازوهای آنتن در کلیه روند بهینه‌سازی به صورتی بوده است که تطبیق امپدانس مناسبی در بازه فرکانسی مورد نظر انجام شده و از طرفی تامین بهره با سطح مناسبی در تمام گستره فرکانسی تضمین گردد و در نهایت بهره آنتن برای گستره فرکانسی ۹۰۰ تا ۲۲۰۰ مگاهرتز با پذیرش خطایی کمتر از حد تعریف شده، یکنواخت گردد.



شکل ۱. نمای ظاهری آنتن (در نقطه شروع طراحی)

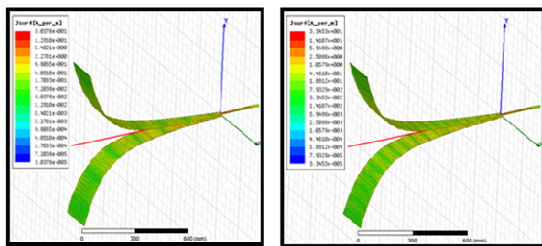
مبانی نظری طراحی آنتن

الگوی اولیه طرح مورد نظر در شکل ۱ نشان داده شده است، همانطور که می‌دانیم برای این فرم آنتن‌ها میدان الکتریکی در ورودی آنتن بین دو نوار فلزی آنتن هدایت شده و تشعشع از دهانه آنتن و محل بازشدگی آن شروع می‌شود. [۶] عموماً از همان ابتدای دهانه آنتن، تشعشع برای فرکانس‌های بالاتر فراهم می‌باشد و تا انتهای دهانه آنتن ادامه دارد، لیکن برای فرکانس‌های پایین هرچه به سمت لبه‌های انتهایی آنتن پیش می‌رویم این قابلیت بروز بیشتری پیدا می‌کند و به همین دلیل عموماً قابلیت تشعشع فرکانس‌های پایین برای آنتن‌های فرایه‌ن باند از نکات چالشی بوده و اثر لوب‌های فرعی و لوب‌پشتی برای این فرکانس‌ها بیشتر طراحی این نوع آنتن‌ها را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. الگوی تشعشعی میدان الکتریکی برای فرکانس‌های پایین و فرکانس‌های بالای گستره فرکانسی مورد نظر در شکل ۳ و همچنین توزیع جریان متناظر با آن‌ها در شکل ۲ ارائه شده است. در همان نقطه شروع طراحی همانگونه که از شکل ۱ مشخص است بفرم تقریباً خطی پهناهای هر یک از نوارهای فلزی بازوهای آنتن را به سمت انتهای آن، افزایش داده‌ایم تا به این ترتیب تا حدودی قابلیت تشعشع برای فرکانس‌های پایین را بهبود داده باشیم. با بررسی توزیع جریان آنتن و در ادامه بهره آن، تاثیر مثبت این موضوع بر مشخصات تشعشعی آنتن در فرکانس‌های پایین بر ما محرز شده است. با ذکر مقدمه کلی برای طرح حاضر، بصورت خاص طراحی را با سه رویکرد زیر که بصورت همزمان در شبیه‌سازی لحاظ شده است، ارائه می‌کنیم:

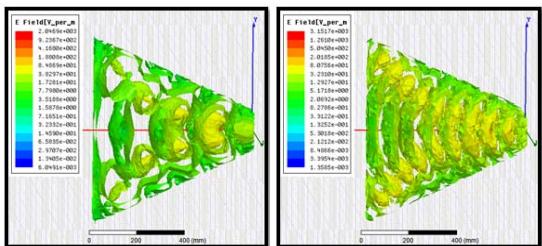
الف) اعمال تغییرات مناسب در هر یک از قطاع‌های بازوهای آنتن بطوری‌که متضمن یکنواختی بهره در گستره فرکانسی ۹۰۰ تا ۲۲۰۰ مگاهرتز باشد.

ب) ارائه طرح مناسب برای تطبیق امپدانس در گستره فرکانسی ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ مگاهرتز.

ج) ارائه طرح مناسب در ورودی آنتن به فرمی‌که از طرفی اتصال مناسبی بین آنتن و کابل هم‌محور ایجاد شده باشد و از طرفی دیگر ملاحظات ولتاژ شکست در آن لحاظ شده باشد.



شکل ۲. الگوی توزیع جریان آنتن (سمت راست فرکانس بالا و سمت چپ فرکانس پایین)



شکل ۳. الگوی انتشار میدان در آنتن فرایه‌ن باند (سمت راست فرکانس بالا و سمت چپ فرکانس پایین)

شبیه‌سازی این آنتن را با بکارگیری نرم‌افزار CST به انجام رسانده و با بکارگیری روش‌های حساب تغییراتی به بررسی رفتار آنتن در قبال تغییرات آرایش هر یک از بازوهای آن پرداختیم، در ادامه با روش بهینه‌سازی گرادیان با رویکرد جستجوی مستقیم، تغییرات الگوی هر یک از بازوهای آنتن را به سمتی سوق داده‌ایم که ما را به هدف نهایی طراحی آنتن سوق دهد. برای شروع بهینه‌سازی در ابتدا تابع خطا را بفرم زیر تعریف می‌کنیم:

$$\text{Error} = \sum_{i=1}^n (G_i - G_{AV})^2 \quad (1)$$

که در رابطه فوق G_i نشان‌دهنده بهره در هر فرکانس و G_{AV} متوسط بهره در بازه فرکانسی مورد نظر و n تعداد نمونه‌های بازه فرکانسی می‌باشد. نکته قابل توجه اینکه در رابطه فوق عدد بهره بفرم قدرمطلق لحاظ شده‌است و نه بر حسب دسی‌بل که متداول می‌باشد. با توجه به اینکه مقادیر شیب هر یک از

بازوهای آنتن، به الگوی کلی منحنی هر یک از بازوهای آنتن دست یافته‌ایم که برای ساخت آن در ابتدا الگوی شیب بدست آمده را بر روی یک بستر چوبی برش داده و سپس ورق‌های فلزی هر یک از بازوهای آنتن را بر روی آن خوابانیده‌ایم. (به شکل ۶ نگاه کنید) در جدول ۱ شیب قطاع‌های آنتن پس از اعمال بهینه‌سازی نشان داده شده است. بهینه‌سازی را در مرحله نهایی به ازای ۳۵ مقطع مستقل انجام داده‌ایم که در جدول ۱ شیب هر یک از مقاطع بازوی بالایی آنتن به ترتیب از ورودی آنتن به سمت دهانه آن ارائه شده است. (واضح است که بازوی دوم دقیقاً قرینه بازوی اول است.)

جدول ۱. شیب قطاع‌های بازوی بالایی آنتن پس از بهینه‌سازی (به ترتیب از ورودی آنتن به سمت دهانه آن)

شماره قطاع	۱	۲	۳	۴	۵
شیب	۰.۰۳۵۷	۰.۰۳۶۸	۰.۰۳۷۹	۰.۰۳۹۳	۰.۰۴۱۴
شماره قطاع	۶	۷	۸	۹	۱۰
شیب	۰.۰۴۲۹	۰.۰۴۵۷	۰.۰۴۹۳	۰.۰۵۳۶	۰.۰۵۸۶
شماره قطاع	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
شیب	۰.۰۶۴۳	۰.۰۷۱۴	۰.۰۷۹۳	۰.۰۸۷۹	۰.۱۰۰۰
شماره قطاع	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
شیب	۰.۱۱۳۶	۰.۱۲۸۶	۰.۱۴۷۱	۰.۱۷۱۴	۰.۲۰۰۰
شماره قطاع	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵
شیب	۰.۲۳۷۹	۰.۲۹۲۹	۰.۳۵۷۱	۰.۴۲۸۶	۰.۵۰۷۱
شماره قطاع	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰
شیب	۰.۶۰۰۰	۰.۷۱۴۳	۰.۸۳۵۷	۱.۰۰۰۰	۱.۲۱۴۳
شماره قطاع	۳۱	۳۲	۳۳	۳۴	۳۵
شیب	۱.۵۰۰۰	۱.۸۵۷۱	۲.۲۸۵۷	۲.۷۸۵۷	۳.۴۲۸۶

تطبيق امپدانس در گستره فرکانسی ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ مگاهرتز

در مراحل بهینه‌سازی پس از تحلیل خروجی هر یک از مراحل، تطبيق امپدانس آنتن مورد بررسی قرار گرفته و شرایط تغییرات شیب قطاع‌های آنتن به فرمی رقم خواهد خورد که تامین تطبيق امپدانس مناسب در گستره فرکانسی ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ مگاهرتز محرز گردد. در واقع هر چند که تابع مورد بهینه‌سازی تابع بهره آنتن می‌باشد، لیکن تطبيق امپدانس آنتن در گستره فرکانسی مذکور به عنوان پیش فرض طراحی قلمداد شده و

قطاع‌های بازوهای آنتن به عنوان ورودی مساله در نظر گرفته شده‌است، با بکارگیری روش بهینه‌سازی گرادیان، بردار گرادیان را به شکل تغییرات تابع خطا به تغییرات شیب هر یک از قطاع‌های آنتن بصورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$\nabla(\text{Error}) = \frac{\partial \text{Error}}{\partial a_i} \quad (2)$$

در رابطه فوق a_i مبین بردار شیب قطاع‌های آنتن می‌باشد. در عمل برای بدست آوردن بردار فوق به محاسبه میزان تغییرات تابع Error به ازای هر بار تغییرات اندک شیب هر یک از قطاع‌های آنتن در بازه فرکانسی ۹۰۰ تا ۲۲۰۰ مگاهرتز پرداخته‌ایم.

پس از محاسبه بردار گرادیان خطا در هر مرحله تابع U را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$U = \frac{\partial G_i}{\partial f} \quad (3)$$

عبارت G_i مبین بهره آنتن بر روی محور آن و f نشان‌دهنده فرکانس می‌باشد، در واقع تابع U تغییرات بهره آنتن را در گستره فرکانسی مورد نظر بیان می‌دارد. روند بهینه‌سازی را به سمتی سوق می‌دهیم که یا تابع U به سمت صفر میل کند (به این معنا که از حداکثر خطای مورد قبول کمتر شود.) و یا اینکه بردار گرادیان خطا برابر صفر شود. [۷]

پس از تعریف توابع فوق (تابع خطا و تابع U) روند کلی بهینه‌سازی طی مراحل زیر انجام می‌گیرد:

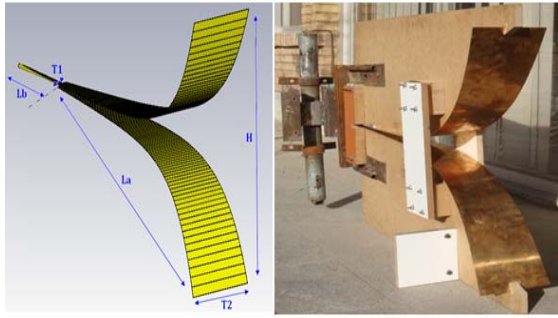
۱. بردار a را مقدار دهی اولیه می‌کنیم.
۲. تابع خطا را طبق رابطه (۱) بدست می‌آوریم.
۳. به ازای تغییرات کوچک هر یک از پارامترهای بردار شیب، بردار گرادیان خطا را محاسبه می‌کنیم.
۴. طبق رابطه زیر اندازه α را با تغییرات آن در یک بازه محدود، طوری انتخاب می‌کنیم که تابع U به حداقل مقدار خود برسد. در این بخش بایستی توجه داشت که کاهش توام تابع U و تابع خطا به همراه دستیابی به حداقل بهره مطلوب آنتن بصورت توامان، بایستی مورد نظر قرار گیرد.

$$a^{i+1} - a^i = -\alpha \nabla \text{Error}^i \quad (4)$$

در رابطه فوق a^i مبین شیب قطاع‌های آنتن در مرحله i ام و a^{i+1} مبین شیب قطاع‌های آنتن برای مرحله بعدی می‌باشند. مقدار α همانگونه که گفته شد طبق روش جستجوی مستقیم و با مینیمم سازی تابع U در هر مرحله بدست خواهد آمد. [۸]

۵. مراحل فوق را تا دستیابی به بازه مطلوب پاسخ‌ها تکرار می‌کنیم.

بهینه‌سازی را از هفت مقطع مستقل برای بازوهای آنتن شروع کرده و در ادامه به افزایش تعداد قطاع‌های آنتن پرداخته شده و در نهایت بصورت حدی و با افزایش تعداد قطاع‌های هر یک از



شکل ۶. تصویر نمونه ساخته شده آنتن فراپهن باند به همراه پارامترهای شبیه سازی آن

ارائه نتایج طراحی و ساخت

در این بخش نتایج طراحی و ساخت شاخص‌های اساسی آنتن ارائه شده است، طراحی آنتن را با نرم افزار CST به انجام رسانده و بهینه‌سازی الگوی بازوهای آنتن را با روش گرادیان و کدنویسی در محیط نرم افزار Matlab انجام داده‌ایم. تصویر آنتن فراپهن باند ساخته شده به همراه پارامترهای اساسی شبیه‌سازی آن در شکل ۶ و مشخصات ابعاد فیزیکی آنتن و تغذیه آن در جدول ۲ نشان داده شده است.

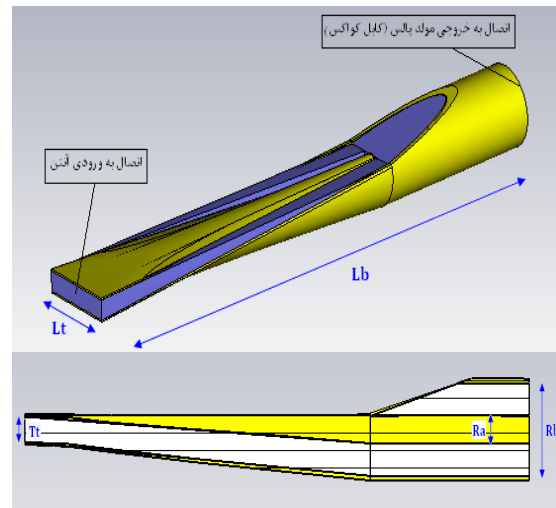
جدول ۲. مشخصات فیزیکی آنتن و تغذیه آن

ردیف	پارامتر	مشخصه	اندازه به سانتی متر
۱	La	طول آنتن (بدون بالون)	۹۰
۲	H	طول دهانه آنتن	۷۵
۳	T1	عرض صفحه فلزی در ورودی آنتن	۴
۴	T2	عرض صفحه فلزی در دهانه آنتن	۱۸
۵	Lb	طول بالون	۱۷
۶	Lt	پهنای تفلون در ورودی تغذیه آنتن	۲
۷	Tt	ضخامت تفلون در ورودی تغذیه آنتن	۰.۴
۸	Ra	قطر مغزی کابل هم محور (مولد)	۰.۴۵
۹	Rb	قطر دی الکتریک کابل هم محور (مولد)	۱.۵۵

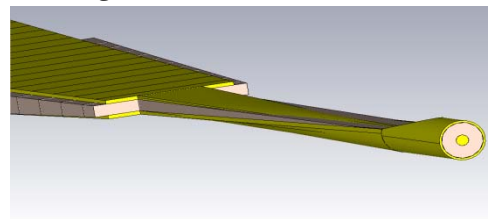
شرایط بهینه بودن آن در ابتدای هر مرحله از بهینه‌سازی آنتن مورد بازبینی قرار می‌گیرد.

اتصال بین آنتن و کابل هم محور و ملاحظات شکست ولتاژ در دهانه آنتن

برای اتصال مناسب بین آنتن و تغذیه آن که با کابل هم‌محور انجام شده است، یک گذر تدریجی بین ساختار بالانس آنتن و کابل هم‌محور غیربالانس ایجاد کرده‌ایم، به این ترتیب که با یک برش مقطعی مناسب بر روی کابل هم‌محور و باز کردن انتهای آن، اتصال آنرا با آنتن انجام داده‌ایم. [۹] از نقطه نظر اطمینان از عدم شکست ولتاژ در دهانه ورودی آنتن، فواصل بین بازوهای آنتن را در دهانه طوری تنظیم کرده‌ایم که عدم امکان شکست ولتاژ محرز گردد. [۵] همچنین به منظور افزایش قابلیت تشعشع پالس‌های با ولتاژ بالاتر بر روی دهانه ورودی آنتن از تفلون استفاده کرده‌ایم که ضریب شکست ولتاژ آن تقریباً هشت برابر هوا می‌باشد. [۱۰] با توجه به اینکه لبه‌های ورودی آنتن فاصله‌ای بیش از ۳ میلی‌متر دارند، با این کار توانایی تحمل ولتاژ در دهانه آنتن را به بیش از ۵۰ کیلوولت بهبود داده‌ایم. در شکل ۴ شمای ظاهری بالون طراحی شده برای ورودی آنتن و نمای جانبی آن و در شکل ۵ نحوه اتصال تغذیه به آنتن ارائه شده است.



شکل ۴. نمای ظاهری تغذیه آنتن و برش طولی آن

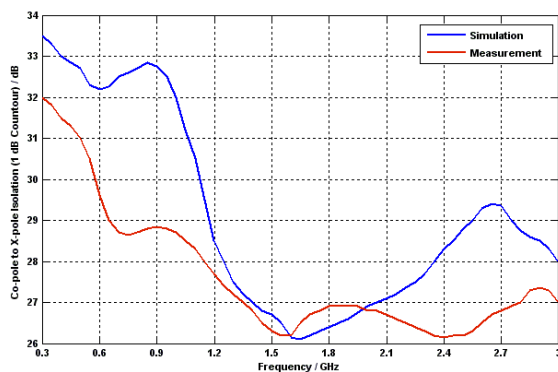


شکل ۵. نحوه اتصال آنتن به تغذیه آن

شبیه سازی الگوی تشعشعی آنتن در صفحات E و H

ایزولاسیون نسبت به قطبش متعامد

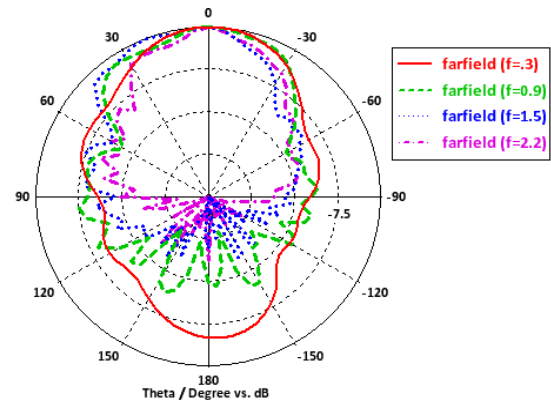
همان گونه که می دانیم در صفحه $\phi=45$ درجه، میزان اختلاف سطح الگوی تشعشعی آنتن در صفحه هم قطبش نسبت به صفحه با قطبش متعامد استخراج می شود که معرف ایزولاسیون آنتن نسبت به پلاریزاسیون عمود بر آن است. [۱۲] در شکل ۹ نتایج شبیه سازی و اندازه گیری نسبت الگوی تشعشعی هم قطبش به قطبش متعامد، به ازای کانتور افت ۰.۳ دسیبل برای الگوی تشعشعی هم قطبش، در بازه فرکانسی ۰.۳ تا ۳ گیگاهرتز ارائه می گردد.



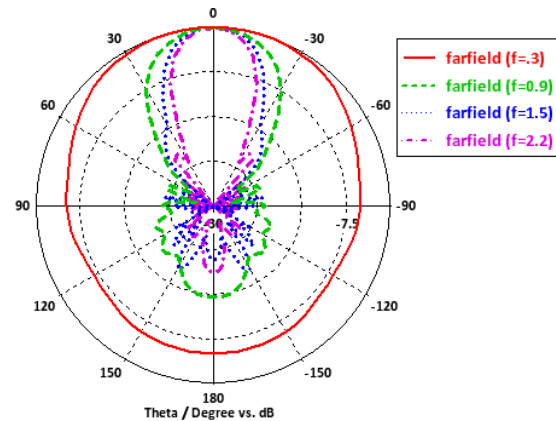
شکل ۹. ایزولاسیون آنتن نسبت به پلاریزاسیون متعامد (به ازای کانتور افت یک دسیبل الگوی هم قطبش)

تلفات برگشتی و مشخصات فاز

همان طور که می دانیم برای کاربردهای فراپهن باند عموماً سطح ۱۰- دسیبل برای تلفات برگشتی معیار طراحی قرار می گیرد، که معادل نسبت موج ساکن برابر ۲ می باشد. در شکل ۱۰ تلفات برگشتی آنتن بعد از اتصال بالون در ورودی آن ارائه شده است. همچنین فاز تلفات برگشتی که معیاری برای تعیین اعوجاج پالس ارسالی می باشد در محیط شبیه سازی ارائه خواهد شد که در طراحی ایده آل انتظار داریم این فاز برای گستره فرکانسی مورد نیاز خطی بوده و سرعت فاز تابعی از فرکانس نباشد. [۱۳] همان گونه که از شکل ۱۱ مشخص است برای گستره فرکانسی ۹۰۰ تا ۲۲۰۰ مگاهرتز تقریباً می توان رفتار فاز آنتن را بصورت خطی تقریب زد. در ادامه نمودار تاخیر گروه آنتن در شکل ۱۲ ترسیم شده است که مقدار بیشینه اختلاف آن برای گستره فرکانسی ۹۰۰ تا ۲۲۰۰ مگاهرتز برابر ۱۰ نانوثانیه و معادل اختلاف فازی برابر ۱۲ درجه (در بدترین شرایط) می باشد که با تقریب خوبی موید رفتار خطی فاز آنتن در این گستره فرکانسی است. همچنین برای استخراج فاز لینک ارتباطی و تاخیر گروه بین دو آنتن فراپهن باند، در محیط نرم افزار به

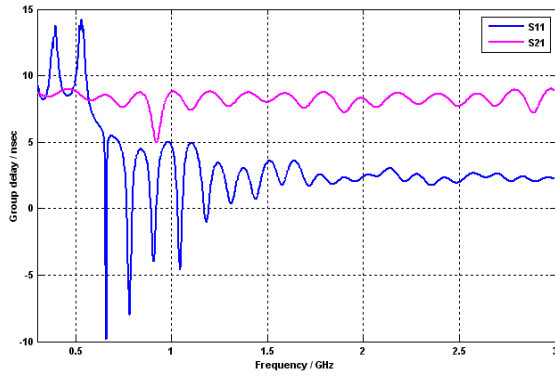


شکل ۷. الگوی تشعشعی استاندارد شده آنتن در صفحه E برای فرکانس های ۳۰۰، ۹۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۲۰۰ مگاهرتز



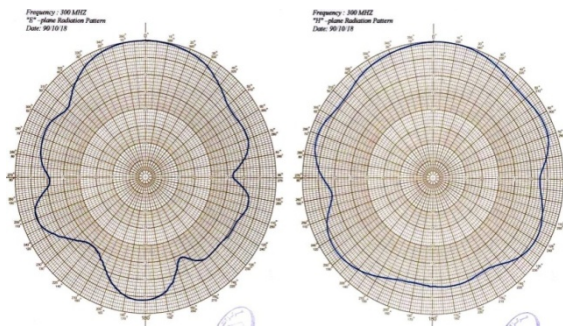
شکل ۸. الگوی تشعشعی استاندارد شده آنتن در صفحه H برای فرکانس های ۳۰۰، ۹۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۲۰۰ مگاهرتز

همان گونه که مشخص است برای این آنتن الگوی تشعشعی در صفحه H در مقایسه با صفحه E دارای سمتگرایی بهتر و الگوی تشعشعی مناسب تری می باشد، در حالت کلی برای این آنتن ها الگوی تشعشعی در صفحه E بیشتر به طرح کلی ساختار آنتن و الگوی تشعشعی در صفحه H بیشتر به ابعاد نوارهای فلزی هر یک از بازوهای آنتن بستگی دارد که هر چه این مقدار بیشتر باشد سمتگرایی در صفحه H بهتر می شود. [۳] بهینه سازی الگوی تشعشعی آنتن و یکنواختی نسبی بهره در محور آن در گستره فرکانسی ۹۰۰ تا ۲۲۰۰ مگاهرتز با بکارگیری روش بهینه سازی گرادینان با رویکرد جستجوی مستقیم میسر شده است. برای این کار ابتدا تعداد محدودی قطاع برای بازوهای آنتن در نظر گرفته ایم و پس از استخراج الگوی کلی شیب قطاع های آنتن، با تعمیم نیازمندی های خود از این آنتن، به ساختار فوق دست یافته ایم.

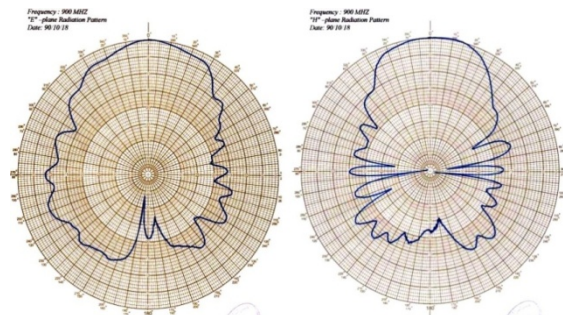


شکل ۱۲. تاخیر گروه در گستره فرکانسی ۰.۳ تا ۳ گیگاهرتز

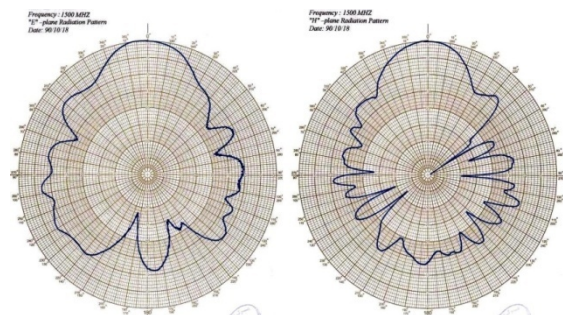
اندازه‌گیری الگوی تشعشی آنتن



شکل ۱۳. الگوی تشعشی آنتن در صفحات H و E برای فرکانس ۳۰۰ مگاهرتز

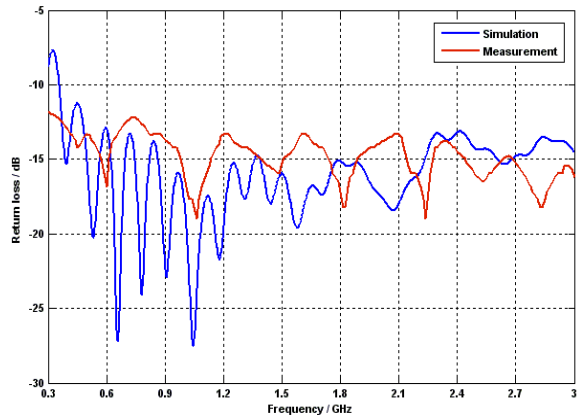


شکل ۱۴. الگوی تشعشی آنتن در صفحات H و E برای فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز

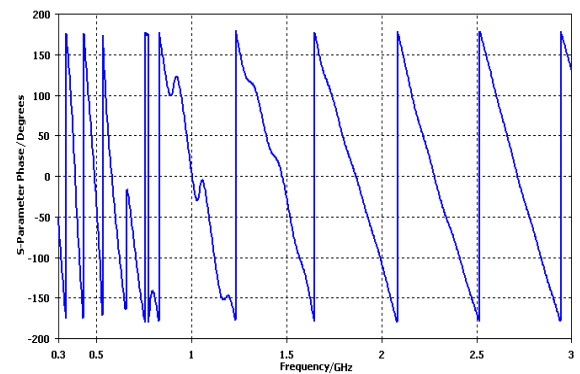


شکل ۱۵. الگوی تشعشی آنتن در صفحات H و E برای فرکانس ۱۵۰۰ مگاهرتز

طراحی لینک ارتباطی آنها پرداخته و نتایج فاز را مورد بررسی قرار داده‌ایم. همان‌طور که می‌دانیم برای محیط غیرپاشنده انتظار داریم که فاز محیط انتشار بین دو آنتن، تابعی خطی بر حسب فرکانس باشد، که از نتایج شبیه‌سازی هم تقریباً این موضوع برمی‌آید. [۱۴]



شکل ۱۰. تلفات برگشتی آنتن فرابهن باند



شکل ۱۱. فاز تلفات برگشتی آنتن فرابهن باند

با توجه به نمودار تاخیر گروه لینک بین دو آنتن (شکل ۱۲)، اگر بیشینه تاخیر زمانی را در گستره فرکانسی ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ مگاهرتز استخراج کنیم به اختلاف ۴ نانو ثانیه‌ای می‌رسیم که با توجه به تعریف پارامتر تاخیر گروه معادل اختلاف فازی کمتر از ۱۵ درجه خواهد شد، بنابراین تقریب خطی فاز برای لینک ارتباطی بین دو آنتن با توجه به اینکه تاخیر گروه تقریباً ثابت است، تقریبی منطقی است. [۱۵]

باشید که رویکرد بهینه‌سازی همواره با افزایش بهره برای فرکانس‌های پایین به منظور رسیدن به بهره فرکانس‌های بالا همراه بوده است، و هرگز یکنواختی بهره به معنای کاهش بهره فرکانس‌های بالا برای همسویی با فرکانس‌های پایین مورد نظر نبوده است. کنترل توزیع جریان برای این منظور، تا حدودی تقارن بهتر الگوی تشعشعی صفحات E و H را نسبت به آنتن‌های مشابه دیگر نیز موجب شده است. (به مراجع [۳]، [۴] و [۱۱] مراجعه کنید.) با توجه به اینکه دقت طراحی و نحوه اتصال بالون بر روی دهانه آنتن اندازه بهره را بخصوص بر روی محور آنتن تحت تاثیر قرار می‌دهد، اندک انحراف بهره آنتن در نمونه ساخته شده نسبت به نمونه طراحی شده به این موضوع بر می‌گردد. از آنجا که روش بهینه‌سازی‌ای که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است، قابل تعمیم به سایر پارامترهای آنتن نیز می‌باشد لذا طرح فوق می‌تواند دامنه وسیعی از پارامترهای آنتن را جهت بهینه‌سازی، در بر بگیرد تنها بایستی موضوعات کلان زیر مورد توجه قرار گیرند:

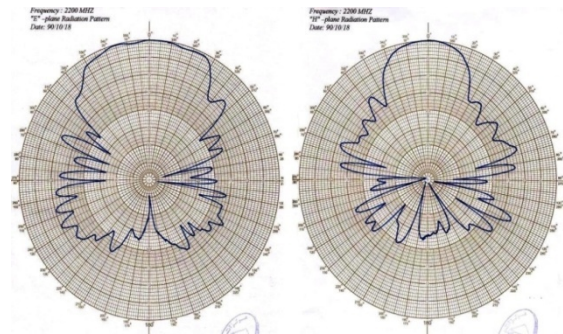
۱. روش تحلیل بکارگرفته شده برای مساله، روشی مستند، دقیق و موجه باشد، بدین معنا که خود فرایند تحلیل بایستی از دقت کافی برخوردار باشد بطوریکه بتواند طراح را قانع کند که خود باعث ایجاد یک منبع خطا در بحث بهینه‌سازی نمی‌باشد.
۲. تعیین تابع هدف و درستی ارتباط آن با پارامترهای مورد بهینه‌سازی به عنوان نکته‌ای کلیدی بایستی مورد توجه قرار گیرد.
۳. در مجموع هر چه اهرم‌های بهینه‌سازی بیشتر باشند به اهداف دقیقتری منجر خواهد شد، لیکن زمان و هزینه طراحی افزایش خواهد یافت، بنابراین بین دقت دستیابی به هدف و نیز هزینه طراحی بایستی مصالح‌های صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانیم از همکاری مجموعه تکتا بخاطر انجام تست‌های مورد نیاز آنتن کمال تشکر و امتنان را ابراز داریم.

مراجع

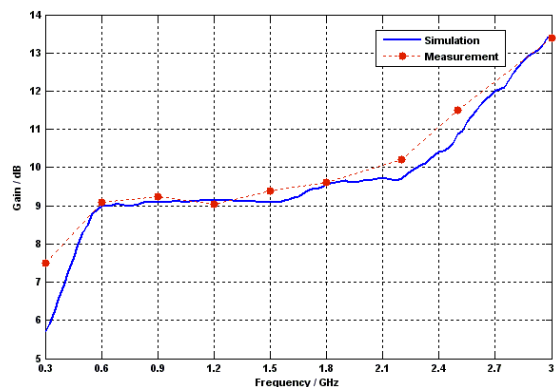
- [1] Merrill I. Skolnik, "Introduction to Radar systems", McGraw-Hill book company, 1981, Singapore, p420-421.
- [2] Joël Andrieu, Séverine Nouvet, Valérie Bertrand, Bruno Beillard, and Bernard Jecko, "Transient Characterization of a Novel Ultrawide-Band Antenna: The Scissors Antenna", IEEE transactions on antennas



شکل ۱۶. الگوی تشعشعی آنتن در صفحات E و H برای فرکانس ۲۲۰۰ مگاهرتز

محاسبه بهره در بازه فرکانسی

در شکل ۱۷ نمودار بهره آنتن در بازه فرکانسی ۰.۳ تا ۳ گیگاهرتز ارائه شده است، نتایج شبیه‌سازی در کل این بازه و نتایج اندازه‌گیری بهره آنتن بصورت گسسته در چند نمونه فرکانسی به انجام رسیده که در شکل فوق مشخص شده است. از روی تلفات لینک بین آنتن‌ها با بکارگیری معادلات مربوط به بودجه لینک - در هر فاصله‌ای - و با توجه به معلوم بودن بهره آنتن و تاخیر گروه آن و نیز تاخیر گروه لینک بین دو آنتن، میزان تغییرات دامنه و فاز پالس ارسالی در هر بازه فرکانسی از طیف ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ مگاهرتزی آن، بر روی محور آنتن تعیین خواهد شد. [۱۶]



شکل ۱۷. بهره آنتن در بازه فرکانسی ۰.۳ تا ۳ گیگاهرتز

نتیجه‌گیری

همانطور که از نتایج شبیه‌سازی و تست آنتن مشخص است، در این مقاله طرح بهینه آنتن فرایه‌ن باند با احراز شاخص‌های اساسی مورد نظر، ارائه شده است. طرح فوق تطبیق امپدانس مناسبی را در گستره فرکانسی ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ مگاهرتز و یکنواختی بهره را برای گستره فرکانسی ۹۰۰ تا ۲۲۰۰ مگاهرتز با انحراف میانگین تقریباً ۰.۵ دسیبل ارائه می‌کند، توجه داشته

- [9] Foster P.R., Tun S.M., "A wideband balun from coaxial line to TEM line". Proc. IEE Conf. Antennas and Propagation, 1995, pp. 286–290
- [10] A. Godard, V. Bertrand, J. Andrieu, M. and other, "Size reduction and radiation optimization on UWB antenna", IEEE transactions on antennas and propagation, 2008.
- [11] A. Godard, L. Desrumaux, V. Bertrand, and others, "A Transient UWB Antenna Array Used with Complex Impedance Surfaces", Hindawi Publishing Corporation International Journal of Antennas and Propagation, 2010, Volume 2010, Article ID 243145, 8 pages.
- [12] Antenna standard committee of the IEEE Antenna and propagation Group, "IEEE Standard definitions of terms of antenna", IEEE Std Board, 1983, New York.
- [13] Ramesh Garg, "Analytical and computational methods in electromagnetic", Artech House INC. 2008, Boston / London.
- [14] David M. Pozar, "Microwave engineering", A John Wiley & sons, inc. publication, 1998, New Jersey.
- [15] David Puente, Juan Ignacio Sancho and others, "Ultra wide Band Antenna: Design and applications", World scientific publishing Co., 2011, London.
- [16]. تهران، ۱۳۸۴، انتشارات اسرار دانش، "مبانی طراحی ارتباطات رادیویی"، عبدالله قاسمی
- and propagation, April 2005, vol. 53, no. 4, p1256 & 1260
- [3] J.-C. Diot, P. Delmote, J. Andrieu, M. Lalande, V. Bertrand, B. Jecko, S. Colson, R. Guillerey, and M. Brishoual, "A Novel Antenna for Transient Applications in the Frequency Band 300 MHz 3 GHz: The Valentine Antenna", IEEE transactions on antennas and propagation, march 2007, vol. 55, no. 3, p987-990.
- [4] Laurent Desrumaux, Adrien Godard, Michèle Lalande, "An Original Antenna for Transient High Power UWB Arrays: The Shark Antenna", IEEE transactions on antennas and propagation, august 2010, vol. 58, no. 8, p2519.
- [5] B. Cadilhon L. Pe'castaing, S. Vauchamp J. Andrieu V. Bertrand, M. Lalande, "Improvement of an ultra-wideband antenna for high-power transient applications", Published in IET Microwaves Antennas & Propagation, July 2008, vol 3, iss. 7, p 1102-1109.
- [6] Constantine A. Balanis, "Antenna theory analysis and design", A John Wiley & sons, inc. publication, 2005, New Jersey.
- [7] Emo Todorov, "Numerical Optimization", Applied Mathematics and Computer Science & Engineering, 2010, Chapter 10, travelling wave and broadband Antenna.
- [8] Jorge Nocedal, Stephen J. Wright, "Numerical optimization", 2nd edition, 2000, Springer publication.