فصلنامه علمی - پژوهشی فرماندهی و کنترل، سال ششم، شماره چهار، زمستان ۱۴۰۱

طراحی و ساخت آنتن روزنه ای اصلاح شده به منظورارتقای سامانه های راداری در محیط جنگ الکترونیک

گوهر ورامینی*[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۳**

چکیده

آنتن های فراپهن باند در کاربردهای طیف گسترده، نظامی و امنیتی از اهمیت زیادی برخوردار می باشند. این آنتن ها بدلیل توانایی پوشش چندین باند فرکانسی در سیستم های رادار و محیط های جنگ الکترونیک نقش اساسی را بر عهده دارند. از طرفی پرش فرکانسی، عدم تطبیق مناسب الگوی تابشی و ابعاد به عنوان نقطه ضعف و کاهش کارایی در این نوع سیستم ها بشمار می‌آیند. در این مقاله یک آنتن فراپهن باند اصلاح شده کاربردی به منظور ارتقا عملکرد در سیستم های طیف گسترده با استفاده از تشعشات متقارن و سیستم کوپلاژ الکترومغناطیسی طراحی و تغذیه شده است. مدل پیشنهادی با ساختار خط متامتریال همگن و ترکیب اصلاح شده از هندسه مینیاتوری ارائه و باترکیب مناسبی از نظر ابعاد، پهنای باند، بهره و الگوی تشعشعی است. آنتن مورد نظر در محدوده ۷-۱ گیگاهرتز و فرکانس تشدید در محدوده ٤ گیگاهرتز می باشد. بخش زیرین آنتن بر روی پچ فلزی مس ۳۵ میکرون و خط انتقال همگن آنتن پیشنهادی از خازن های سری و سلف موازی تشکیل شده است و دارای الگوی تابشعی متقارن است. .بهبود آنتن مورد نظر از طریق ایده زمین شکاف دار تامین و کوپلاژ همراه با خط انتقال همگن باعث ایجاد پلاریزاسیون دایروی در محدوده کاری پهنای باندی، تطبیق امپدانس و کاهش تلفات ورودی در آنتن طراحی شده است و در نهایت نتایج حاصل مشخص می کند که آنتن پیشنهادی یک آنتن ساده و فشرده است که بسیاری از استانداردهای مورد تأیید ارتقا سامانه های راداری جنگال و سیستم های طیف گسترده از جمله بهبود پهنای باند، مینیاتور سازی، تطبیق امپدانس و اصلاح الگوی تابشی که به عنوان هدف اصلی طرح می‌باشد را پوشش داده است.

واژگان کلیدی: میناتوری اصلاح شده، آنتن روزنه ای ، خط متا متریال ، جنگ الکترونیک

[۱] استادیار، گروه مهندسی برق، واحد بیضا، دانشگاه آزاد اسلامی، بیضا، ایران Gohar.Varamini@iau.ac.ir

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-09-06]

۱- مقدمه

کاربرد اصلی رادار و محل پیدایش و رشد آن در صنایع نظامی و هوانوردی است و نقش اصلی یک سیستم راداری نظارت بر یک محدوده بزرگ و تشخیص اجسام متحرک، ردیابی اهداف و استخراج مشخصاتی مانند سرعت، ارتفاع و ... است [۱]. در این میان وظیفه یک سیستم اخلال‌گر[۲] گیرندگی رادار در مباحث جنگ الکترونیک جلوگیری از شناسایی یا اندازه‌گیری دقیق فاصله، سرعت [۲] و زاویه هدف توسط رادار[۳] به منظور مورد هدف قرار نگرفتن توسط افزاره‌های جنگی است[۳]. بنابراین در این میان نیاز به تجهیزاتی به منظور بهبود عملکرد و ارتقا سامانه های راداری و جنگ الکترونیک از اهمیت و جایگاه بسیار ویژهای برخوردار می باشد[۴]. آنتن های فراپهن باند بدلیل ویژگی های منحصربفرد و قابلیت کار در محدوده فرکانسی بیشتر و امکان جابجایی در چندین باند فرکانسی در سیستم های طیف گسترده[۵] و محیط های جنگ الکترونیک (جنگال)[۴]بسیار مورد توجه می باشند[۶]. اندازه آنتن به عنوان یک محدودیت در باند فرکانسی به شمار می آید[۷]. کوچک سازی ابعاد آنتن ها با توجه به تأثیر بر روی محدوده فرکانسی، از اهمیت و جایگاه ویژه ای برخوردار می باشند[۸]. در طراحی آنتن های مستقل از فرکانس سعی می شود از وجود اندازه مشخصه در آنتن ها اجتناب شود، همچنین آنتنی که دارای بیش از یک اندازه مشخصه است، قابلیت انتشار چندین طول موج را دارا است و آنتن های روزنه ای دارای اهمیت بسیار زیادی می باشند[۹] بنابراین ساختارهایی که خاصیت خود شبیهی را شامل می باشند[۱۰]، دارای ماهیتی مستقل از فرکانس هستند و در ساختارشان به دلیل نبود یک اندازه مشخص، تجانس زیادی موجود است[۱۱] این امر قابلیت استفاده، کاربرد در طراحی و کوچک سازی آنتن ها باکاهش تلف بازگشتی و در نهایت افزایش تطبیق در طراحی و پیاده سازی را امکان پذیر می کند[۱۲] آنتن های مایکرواستریپ با ساختار هندسی تکرار و شبیه آن بهترین گزینه برای تأمین نیازهای سیستم های فراپهن باند هستند[۱۳]. از آنجایی که ساختارهای متناوب فراوانی در طبیعت وجود داردکه محققان زیادی را به سمت خود جذب کرده است[۱۴]. داشتن اثر متقابل این نوع ساختار با امواج الکترومغناطیس، پدیده‌ی محرکی را ظاهر کرده و ویژگی‌های شگفت‌انگیزی را نتیجه می‌دهد[۱۵] و به طور خاص، ویژگی هایی مانند باند فرکانس توقف، باند گذر و باند gap را می‌تواند تعیین نماید[۱۶]. با بررسی مقالات، مشاهده می‌شود که ساختارهای متفاوتی بسته به حوزه برنامه‌های کاربردی استفاده شده است. این کاربردها در طراحی فیلترها، مش‌بندی و سطوح انتخابی فرکانس (FSS) [۱۷]، کریستال‌های فوتونی [۱۸] و باند gap فوتونیک (PBG) [۱۹] دیده شده است. همه این موارد تحت اصطلاح گسترده‌ای از "باند شکاف الکترومغناطیس (EBG)[۵]" طبقه‌بندی می‌گردند [۲۰].

در این مقاله یک آنتن روزنه ای با استفاده از تشعشات متقارن و سیستم کوپلاژ الکترومغناطیسی طراحی و تغذیه شده اند. طراحی و ساخت آنتن از طریق ترکیب مینیاتوری اصلاح شده با دو ساختار مختلف EBG وخط متامتریال ، پوشش پهنای باند فرکانسی موردنظر و ترکیب ساختار تکرار جدید آنتن روزنه ای اصلاح شده پیشنهادو پیاده سازی شده است که این دو روش ترکیبی به عنوان دو نسل از هندسه مینیاتوری مطرح می شود، و دارای ویژگی های مناسبی از نظر ابعاد، پهنای باند، بهره و الگوی تشعشعی می باشد. آنتن مورد نظر در محدوده ۷-۱ گیگاهرتز و فرکانس تشدید در محدوده ۴ گیگاهرتز می باشد. کوپلاژ همراه با خط انتقال همگن باعث ایجاد پلاریزاسیون دایروی در محدوده پهنای باندی تطبیق امپدانس و کاهش تلفات ورودی در آنتن طراحی شده است. تطبیق امپدانس و کاهش تلفات ورودی در آنتن روزنه ای طراحی شده نیز کاملاً مشخص است و در نهایت نتایج حاصل مشخص می کند که آنتن روزنه ای [۶]پیشنهادی یک آنتن فشرده است که بسیاری از استانداردهای مورد تأیید در طراحی آنتن ها و سیستم های فراپهن باند را که هدف اصلی طرح می باشد را پوشش می دهد.

[2] Jammer
[3] Radar
[4] Electronic warfare
[5] Electromagnetic Band Splitter
[6] Aperture Antenna

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی فرماندهی و کنترل، سال ششم، شمارهٔ چهار، زمستان ۱۴۰۱

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-09-06]

۲- تکرار مینیاتوری

هندسه تکراری که در این مقاله مورد مطالعه قرار می گیرد ، به این صورت است که یک مربع به عنوان شکل آغازین خواهد بود. مراحل این کار در شکل (۱) نشان داده شده است [۲۱]. یک ترتیب مشابه برای تولید هر حلقه مانند حلقه ی کوچک قبلی مورد استفاده قرار گرفته است یک قطعه تولید کننده با هر قطعه از شکل اولیه مورد جایگزینی قرار می گیرد شکل آغازین یک مربع است هر یک از چهار ضلع با ترکیبات تولید کننده جایگزین و طراحی می شود که در شکل (۲) نشان داده شده است. منبع اولیه به گونه ای تغییر مقیاس پیدا کرده است که پس از هر تکرار نقاط انتهایی هر ژنراتور دقیقاً مشابه قطعه آغازین باشد.

این مراحل جایگزینی هر قطعه با تولید کننده به تعداد دفعات نامتناهی در تولید یک فرکتال واقعی مورد استفاده قرار می گیرد. شکل مربع آغازین دارای تکرار صفر است[۲۲]. جایگزین هر یک از چهار ضلع، مربع آغازین با تولید کننده تکرار اول محسوب و در نظر گرفته می شود و جایگزنین هر قطعه از شکل جدید با تولید کننده ی تکرار بعدی و همین طور الی آخر، در هر قسمت حلقه های فرکتالی در بر گیرنده یک تکرار کوچک و طولهای یکسانی دارد، که در بردارنده همان طول اصلی می باشد. برای فرکتال مربعی هم یک چنین طولی وجود دارد، بدین ترتیب که دو بخش پایانی و بخش میانی، طول بخش آغازین را دارند[۲۲] و دو بخش دیگر طوری میزان شده اند که طول فرکتالی را در سرتاسر محیط پیرامونشان تنظیم کنند. طول هماهنگ سازی به نام پهنای دندانه معروف شده است و مولد اختصاصی و مورد نظر را ایجاد می کند که در آنتهای شکل (۲) نمایش داده شده است.

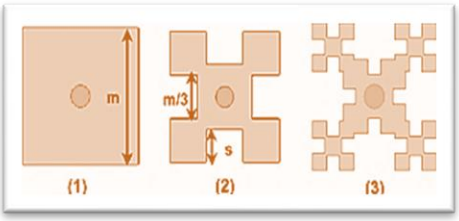
تغییرات پهنای دندانه بر روی ابعاد فرکتالی شکل اثر خودش را می گذارد و هرچه پهنای دندانه بزرگتر شود ابعاد فرکتال بزرگتر می شود. ابعاد هندسه تکرار قابلیت پرشدن فضایی فرکتالی را در پی دارندکه اندازه ی یک بعد را تکمیل می کنند به طور مشابه اندازه ی دو بعد از ناحیه و الی آخر را به طور کامل پوشش می دهد. بنابراین ناحیه بوسیله ی حلقه ی فرکتالی احاطه و در نتیجه طول محیط به پهنای دندانه بستگی پیدا می کند.

شکل۱. روال‌های ایجاد تکرار مینیاتوری[۱۱]

دو نوع آنتن روزنه ای بر اساس روش تکرار مینیاتوری در این مقاله معرفی و بصورت نسل اول و نسل دوم هندسه مینکوسکی مطرح شده است که باعث اصلاح شدگی آنتن می شود.

۳- نسل اول تکرارآنتن ترکیبی پیشنهادی

در مدل یا نسل اول از آنتن پچ استفاده شده و در اطراف آن چهار سلول قرار گرفته است در اینجا نشان داده شده است که پچ به عنوان عنصر دست راستی است. در واقع در این آنتن از ترکیب هندسه تکرار مینیاتوری و ساختار EBG استفاده می‌شود. مطابق شکل (۲) روال طراحی تکرار پیشنهادی باهندسه پایه‌ی مینیاتوری آغاز می‌شود که همان مربع اقلیدسی است. سپس به مرکزیت این مربع اقلیدسی، چهار ساختار EBG در هر چهار طرف این مربع اقلیدسی با فاصله ۰.۲ میلیمترقرار می‌گیرند. شعاع حفره هر EBG برابر ۱ میلیمتر و عرض آن برابر ۱۲ میلیمتر می‌باشد.



شکل (۲). سه مرحله اول ایجاد هندسه تکرار ساختار پیشنهادی اول

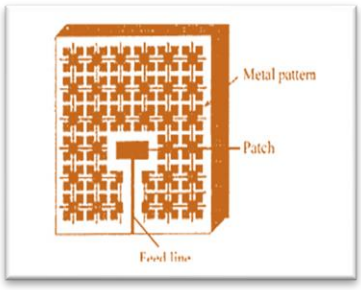
شکل(۲) مشخصات پراکندگی شبیه سازی شده آنتن مایکرواستریپ مینیاتوری را مشخص می‌کند. مطابق شکل در قدم اول طراحی، یک پچ ساده مشاهده می‌شود که این پچ ساده هیچگونه اثر تشدید ایجاد نمی‌کند و یک ساختار ساده از آنتن های متداول بشمار می آید که مشکل تلفات و عدم تطبیق امپدانس در آنها مشهود است.

در قدم دوم سلول‌های EBG نیز به آنتن پیشنهادی اضافه می‌شود که دو بانده بودن ساختار و بهبود تلفات را در فرکانس‌های ۳ و ۴.۵

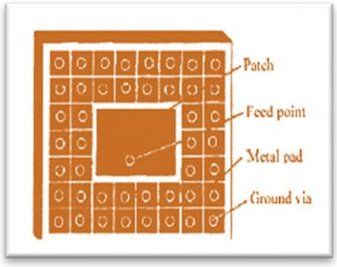
فصلنامهٔ علمی – پژوهشی فرماندهی و کنترل، سال ششم ، شمارهٔ چهار، زمستان ۱۴۰۱

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-09-06]

گیگاهرتز ایجاد می کند. در مرحله سوم ترکیب اول نیز به ساختار کلی افزوده می‌شود این تغییرات باعث جابجایی پهنای باند و شیفت فرکانسی می گردد و دو بانده شدن مشخصه پراکندگی در بازه فرکانسی ۷-۱ گیگاهرتز شده است که فرکانس تشدید مرحله سوم ۴.۲۵ گیگاهرتز است و در مرحله آخر طراحی ترکیب اصلاح شده هندسه فرکتالی (تکرار) باعث دو بانده شدن آنتن پیشنهادی در فرکانس‌های تشدید ۲.۵و ۴ گیگاهرتز می‌شود.اثر متقابل مدل مورد نظر با امواج الکترومغناطیس، پدیده‌ی محرکی را ایجاد می کند و ویژگی هایی مانند باند فرکانس توقف، باند گذر و باند gap را می‌تواند تعیین نماید و در زمینه طراحی فیلترها، مش‌بندی و سطوح انتخابی فرکانسFSS ، کریستال‌های فوتونی و باند gap فوتونیک (PBG)بسیار کاربردی و مفید می باشد و به عنوان "باند شکاف الکترومغناطیس "(EBG) طبقه‌بندی می‌گردند. به طور کلی، ساختارهای باند شکاف الکترومغناطیسی به عنوان ساختارهای متناوب مصنوعی و یا گاهی غیر متناوب تعریف می‌گردند که از انتشار امواج الکترومغناطیسی در یک باند فرکانسی مشخص برای همه حالت‌های الگوی تابشی جلوگیری وکمک می‌کنند. ساختارهای EBG عموماً توسط مواد دی الکتریک و هادی‌های فلزی به صورت متناوب تحقق می‌یابند .

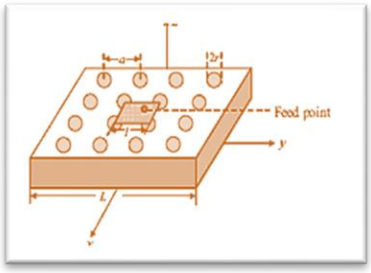


(الف) زیرلایه

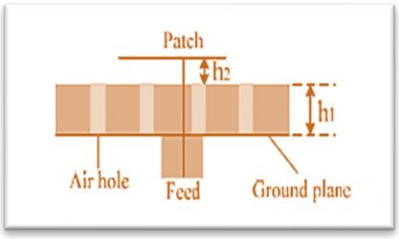


(ب) پچ معلق

شکل(۳) . ساختارEBG در زیرلایه و پچ معلق .



(الف) زیرلایه

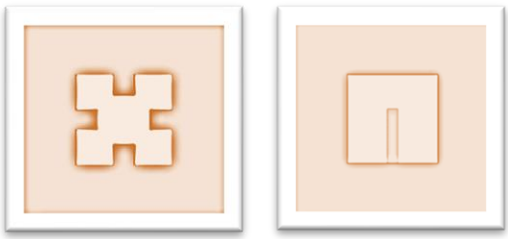


(ب) پچ معلق

شکل (۴). ساختار PBG در زیرلایه و پچ معلق .

۴- نسل دوم آنتن های ترکیبی پیشنهادی

در طراحی آنتن پیشنهادی دوم، از ساختار تکرار مینیاتوری اول کمک گرفته شده است بطوریکه مطابق شکل ابتدا یک آنتن روزنه ای ساده توسط خط مایکرواستریپ تغذیه و سپس در مراحل بعد یک آنتن روزنه ای جایگزین اسلات ساده مرحله اول می‌شود و در نهایت هندسه اصلاح شده مدل ترکیبی تکرار مینیاتوری بر روی قسمت روزنه ای ساختار و بر روی SRR پیاده سازی می شود.



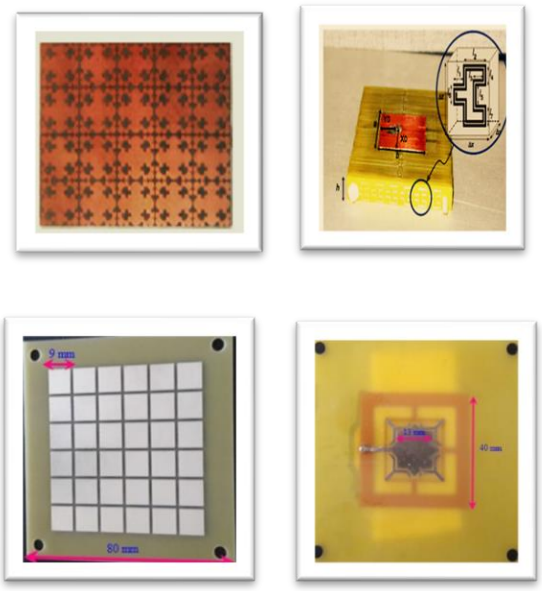
شکل (۵). روال ایجاد تکرار مینیاتوری در آنتن روزنه ای .

۵- نتایج اندازه گیری و شبیه سازی

بعد از اتمام مراحل ساخت آنتن طراحی شده در اتاق آنتن مورد تست قرار گرفته و تفاوتهای حاصل از شرایط تست و تأثیر ابعاد SAM بر روی تشعشع آنتن و ... مورد مطالعه قرار گرفته است. باید توجه داشت که استفاده از مواد جذاب به منظور پوشاندن SAM

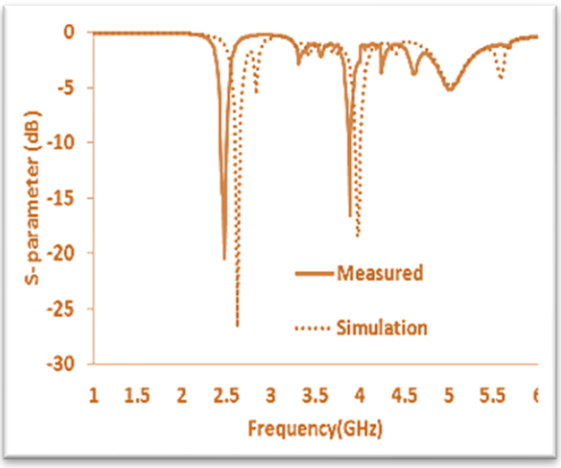
[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-09-06]

تأثیر ابعاد را تا حدودی کاهش می دهد. در ادامه نمودار تلفات برگشتی را در حالت اولیه و آنتن با ساختار زمین ناقص و خط تغذیه الکترومغناطیسی را نمایش و الگوی تشعشعی آنتن در صفحات E و H قابل مشاهده می باشد.



شکل (۶). ساخت برد و آنتن پچ روزنه ای.

شکل (۷) تلفات برگشتی پراکندگی آنتن روزنه ای طراحی و ساخته شده را در مراحل طراحی با یکدیگر مقایسه کرده است. در مرحله اول طراحی آنتن دارای یک تشدید در فرکانس ۴ گیگاهرتز با مقدار ۸dB- را شامل می‌شود. در مرحله بعدی، در اثر اعمال هندسه ترکیبی اصلاح شده بر روی روزنه ، آنتن در فرکانس ۳.۵ گیگاهرتز تشدید بسیار موثری را مطابق شکل از خود نشان می‌دهد. سپس با اعمال ساختار SRR باعث ایجاد تشدید دوم در ساختار می‌شود بطوریکه تشدید اول در ۳.۱ گیگاهرتز و تشدید دوم در ۴.۵ گیگاهرتز اتفاق می‌افتد و سرانجام در مرحله چهارم، هنگامیکه نسل دوم هندسه مینیاتوری اصلاح شده اعمال می‌شود، فرکانس تشدید اول از ۳.۱ به ۲.۷ گیگاهرتز کاهش می‌یابد.



شکل (۷). پارامتر پراکندگی شبیه سازی و اندازه گیری شده آنتن پیشنهادی پچ روزنه ای .

پچ منظم در ۵.۷ گیگاهرتز با S_{11} مقدار ۵- دسی بل تشدید داشته است، در حالیکه تشدید مدل مینیاتوری در ۵.۱ گیگاهرتز با S_{11} مقدار ۷- دسی بل می باشد. اما هر دو آنتن مقدار تلفات بازگشتی بیش از ۱۰- دسی بل را خواهند داشت و برای دسترسی بدون سیم مناسب نمی باشند. با این حال، در برخی از کاربردهای indoor تلفات بازگشتی کمتر از ۶- دسی بل قابل قبول می باشد. مدل پیشنهادی اصلاح شده اندازه موثر آنتن را افزایش می دهد، بنابراین تشدید آنتن به فرکانس های پایین جابجایی می یابد و تطبیق امپدانس برای این آنتن بهبود پیدا و میزان تلفات تا حد بسیار زیادی کاهش می یابد . پچ فراکتال به عنوان بخشی از دست راستی در مدل CRLH پیشنهادی عمل می کند و f_{RH} میزانش ۵.۱ گیگاهرتز می باشد. اندازه موثر مدل آنتن را می توان برای کنترل تشدید گرها و مقدار تلفات بازگشتی در نظر گرفت.

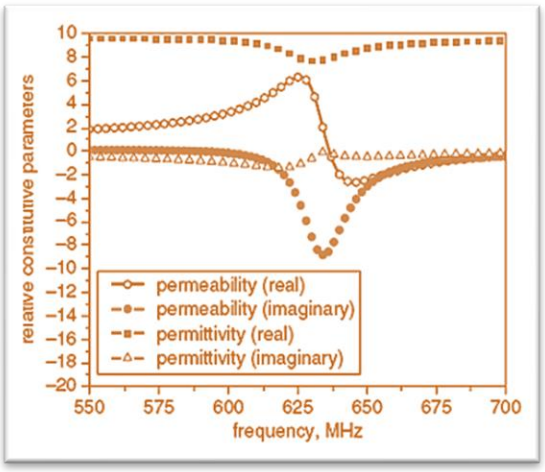
جدول (۱) . مقایسه خروجی مدار تست

frequency	Gain	Efficiency	BW
2.5GHz	4.2dBi	70%	25MHz
3.5GHz	3.5dBi	72%	120MHz
5GHz	4.4dBi	73%	450MHz

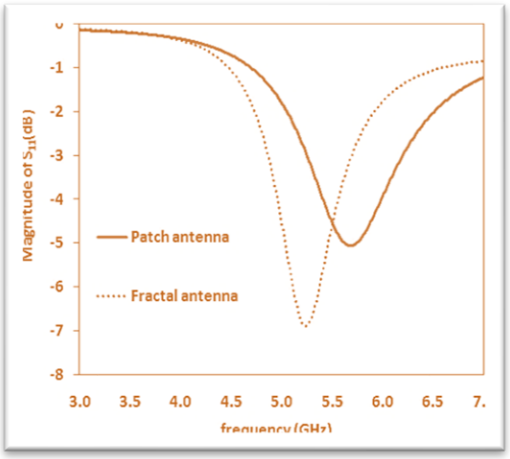
علاوه بر این، مقادیر تلفات بازگشتی مناسب نیستند بنابراین ایده بارهای فراموا برای بهبود آن لحاظ شده و تطابق خوبی بین این دو وجود دارد. در مرحله بعد، پارامتر S برای آنتن روزنه ای با مکان

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-09-06]

های مختلف نقطه تغذیه بررسی می شود و اثرات قرار دادن نقطه تغذیه بر روی تشدید آنتن و تطبیق امپدانس، نشان داده شده است.



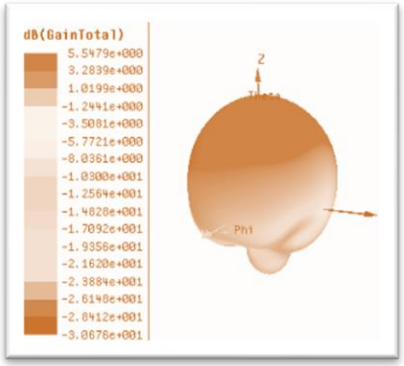
شکل(۸). ضریب گذردهی زیر لایه



شکل(۹). تلفات بازگشتی برای پچ و آنتن فراکتال

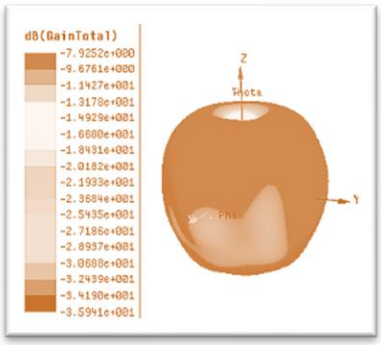
مدل پیشنهادی شامل فراکتال و فراماده می باشد که پایه اصلی طراحی و ساخت مورد نظر است و درنهایت نتایج حاصل از آزمایش بیان شده است. در این نمودار مشخص می شود حضور فراماده به تنهایی که متداول ترین روش در طراحی آنتن ها بشمار می آید، چندان مفید نمی باشد و تلفات بازگشتی کاهش چندانی نداشته و تاثیر آنها بر روی نتایج آنتن مشهود می باشد. وجود تلفات بازگشتی باعث کاهش بهره و کارایی آنتن می شود. با ترکیب مینیاتور سازی و فراماده ، تلفات تا حد بسیار زیادی کاهش یافته است. حضور هندسه مینیاتوری و فراماده بطور همزمان باعث افزایش سطح موثر ، افزایش جریان سطحی در آنتن مورد نظر می باشد. بنابراین طول الکتریکی آنتن از نصف طول موج کمتر و کوچک سازی بصورت تاثیر گذار تری بر روی رفتار سیستم عمل می کند. همچنین افزایش جریان باعث افزایش فرکانس و در نتیجه بهبود بهره و جابجایی فرکانس تشدید به فرکانس های پایین تر را امکان پذیر تر می کند. مقدار تئوری و آزمایشگاهی دارای یک مقدار اختلاف عددی می باشند . این اختلاف عددی بدلیل اتصال قطعات و منبع تغذیه می باشد که دارای یک سری تلفات بازگشتی می باشند. نتایج حاصل نشان می دهد که آنتن پیشنهادی یک آنتن فشرده با پهنای باند و تطبیق مناسب است. همچنین با توجه به عرض باند مناسب که از طریق طراحی آنتن با مدل تکرار در اختیار سیستم های فراپهن باند قرار گرفته است، به عنوان پایه و ایده کارآمد به منظور طراحی آنتن های مایکرواستریپ تکرار با تطبیق مناسب به منظور تأمین یک یا چندین باند مورد نظر می باشد. الگوی سه بعدی برای هر دو تشدید آنتن های پیشنهادی ارائه شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده است، الگوی تابشی در تشدید اول پچ فراکتال، سمتگرا می باشد کارایی این آنتن حدود ۷۵٪ در شبیه سازی(۷۲٪ در اندازه گیری) می باشد.

تشدید دوم در واقع به علت جفت شدگی ناشی از میدان الکتریکی عنصر پارازیتی ایجاد شده است. بنابراین، کارایی کم و کاهش بهره برای این فرکانس قابل پیش بینی است . با این حال، می توان از این فرکانس برای دریافت و اولین تشدید برای انتقال سیگنال استفاده نمود. همچنین بهره آنتن به ۳/۴ دسی بل در ۵ گیگاهرتز با کارایی ۷۲ درصد کاهش می یابد، در حالیکه در ۶ گیگاهرتز، بهره با کارایی ۷۴ درصد تا ۲.۶ دسی بل کاهش می یابد.

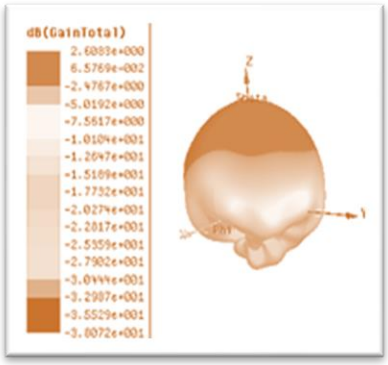


(الف)

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-09-06]

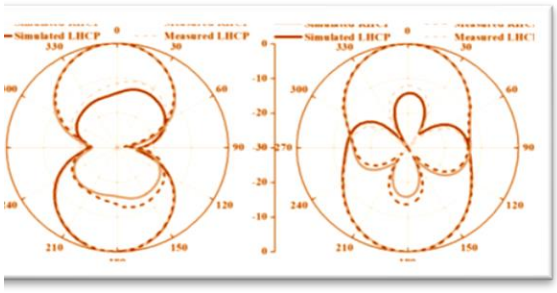


(ب)

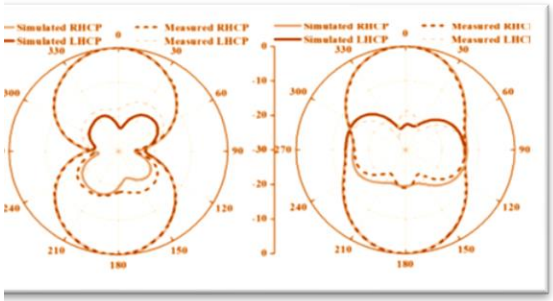


(ج)

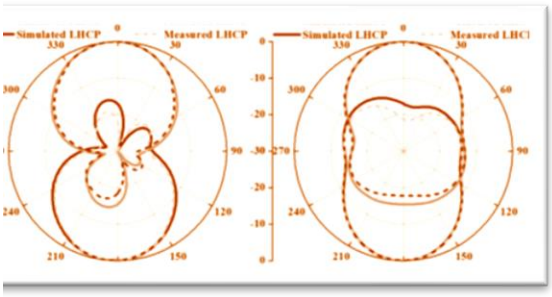
شکل(۱۰). الگوی تابشی سه بعدی مدل پیشنهادی (الف) آنتن در ۴ گیگاهرتز (ب) در ۵ گیگاهرتز (ج) ۶ گیگاهرتز



(الف)



(ب)



(ج)

شکل(۱۱). الگوی تابشی دو بعدی مدل پیشنهادی (الف) آنتن در ۴ گیگاهرتز (ب) در ۵ گیگاهرتز (ج) ۶ گیگاهرتز

جدول(۲). مقایسه آنتن ساخته شده با نتایج تحقیقات قلبی در این زمینه

ردیف	ابعاد λ^2	S_{11} (GHz)	الگوی تابشی	f_0	بهره
مدل	۴۰*۴۰*۱.۶	۱.۲	cp	۴و۵	۷.۵
[۱۴]	۶۰*۵۰*۱.۵	۱.۵	lp	۲.۴	۴.۱
[۱۶]	۶۰*۵۰*۱.۶	۱.۴	cp~	۵.۱	۶.۱
[۱۷]	۶۰*۶۰*۲.۱	۱.۲	cp~	۴.۶	۷.۳
[۲۰]	۵۰*۴۰*۱.۶	۱.۶	lp	۵.۵	۴.۲

۶- نتیجه گیری:

در این مقاله به بررسی، طراحی و ساخت یک آنتن روزنه ای ترکیبی با هندسه اصلاح شده مینیاتوری به منظور پوشش چندین باند فرکانسی و کاربرد بهینه در سیستم های راداری و طیف گسترده پرداخته شده است. آنتن های فراپهن باند بدلیل توانایی پوشش چندین باند فرکانسی در سیستم های رادار و جنگ الکترونیک نقش اساسی را بر عهده دارند. از طرفی پرش فرکانسی، عدم تطبیق مناسب الگوی تابشی و ابعاد به عنوان نقطه ضعف و کاهش کارایی در این نوع سیستم ها بشمار می‌آیند.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-09-06]

در این مقاله یک آنتن فراپهن باند اصلاح شده کاربردی به منظور ارتقا عملکرد در سیستم های طیف گسترده با استفاده از تشعشات متقارن و سیستم کوپلاژ الکترومغناطیسی طراحی و تغذیه شده است. مدل پیشنهادی با ساختار خط متامتریال همگن و ترکیب اصلاح شده از هندسه مینیاتوری ارائه و باترکیب مناسبی از نظر ابعاد، پهنای باند، بهره و الگوی تشعشعی است. آنتن مورد نظر در محدوده ۷-۱ گیگاهرتز و فرکانس تشدید در محدوده ۴ گیگاهرتز می باشد. بخش زیرین آنتن بر روی پچ فلزی مس ۳۵ میکرون و خط انتقال همگن آنتن پیشنهادی از خازن های سری و سلف موازی تشکیل شده است و دارای الگوی تابشعی متقارن است.

.

مشکل اصلی در آنتن های پچ کاهش بهره با فشرده سازی و کوچک سازی آن در فرکانس های پایین است که با استفاده از آنتن پیشنهادی این امر تا حد بسیار زیادی برطرف شده است. مدل پیشنهادی اصلاح شده اندازه موثر آنتن را افزایش می دهد، بنابراین تشدید آنتن به فرکانس های پایین جابجا و تطبیق امپدانس بهبود و میزان تلفات تا حد بسیار زیادی کاهش می یابد تلفات برگشتی مورد نیاز سیستم های فراپهن باند با استفاده از یک الگوی تشعشعی، بهره مناسب طراحی، پیاده سازی و تست شده است. حضور هندسه مینیاتوری و فرامواد بطور همزمان باعث افزایش سطح موثر ، افزایش جریان سطحی در آنتن مورد نظر می باشد. آنتن پیشنهادی با هندسه مینیاتور سازی اصلاح شده و روش ترکیبی به عنوان یک روش موثر در بهبود عملکرد و جابجایی فرکانس تشدید بشمار می آید. همچنین باترکیب مناسبی از نظر ابعاد، پهنای باند، بهره و الگوی تشعشعی را ایجاد و تامین می کند. تطبیق امپدانس و کاهش تلفات ورودی در آنتن طراحی شده نیز کاملاً مشهود و مشخص است و در نهایت نتایج مشخص می کند که آنتن پیشنهادی یک آنتن فشرده است که بسیاری از استانداردهای مورد تأیید ارتقا سامانه های راداری جنگال و سیستم های طیف گسترده را که هدف اصلی طرح می باشد را پوشش می دهدو باعث ارتقا عملکرد سیستم های کاربردی در محیط های جنگال میشود که این امر از طریق ایجاد تغییرات در ساختار زمین وخط تغذیه آنتن به وجود می آید.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-09-06]

منابع و مراجع

[1] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl and A. Ittipiboon, “Design hand book of Micro strip antenna,”IEEE, 2001, pp.67-75.

[2] Werner, Douglas H., A. Rubio Bretones, and B. R. Long. "Radiation characteristics of thin-wire ternary fractal trees." Electronics Letters, vol.35, no. 8, pp. 609-610, June 1999.

[3] Werner, Douglas H., and Suman Ganguly. "An overview of fractal antenna engineering research." IEEE Antennas and propagation Magazine,vol. 45, no. 1,pp. 38-57, 2003.

[4] Bahl, Inder Jit. Lumped elements for RF and microwave circuits. Artech house, 2003.

[5] Park, Jae-Hyun, Young-Ho Ryu, Jae-Gon Lee, and Jeong-Hae Lee. "Epsilon negative zeroth-order resonator antenna." IEEE Transactions on Antennas and Propagation , vol .55, no. 12 ,pp.3710-3712, 2007.

[6] Krishna, Deepti Das, M. Gopikrishna, C. K. Anandan, P. Mohanan, and K. Vasudevan. "CPW-fed Koch fractal slot antenna for EBG applications." IEEE antennas and wireless propagation, letters .7, 2008 ,pp. 389-392.

[7] DEG AND EBG applications." IEEE antennas and wireless propagation, letters .7, 2009 ,pp. 179-188.

[8] Anagnostou, Dimitris E., John Papapolymerou, Manos M. Tentzeris, and Christos G. Christodoulou. "A printed log-periodic dipole array (LPKDA)." IEEE Antennas and Wireless Propagation, Letters .7, 2010,pp. 222-235.

[9] Soh, Ping Jack, G. A. E. Vandenbosch, Soo Liam Ooi, and M. R. N. Husna. "Wearable dual-band Minveski fractal PIFA using conductive fabric." Electronics,vol .47, no. 6, pp.123-130,2011.

[10] Gomez-Diaz, J. S., A. Alvarez-Melcon, and Julien Perruisseau-Carrier. "Analysis of the radiation characteristics of CRLH LWAs around broadside." In Antennas and Propagation (EUCAP), 6th. IEEE, European Conference, 2012, pp. 2876-2880,.

[11] Reha, Abdelati, and Ahmed Oulad Said. "Tri-Band Fractal Antennas for RFID Applications." Wireless Engineering and Technology ,vol .4, pp.171-178, July 2013.

[12] Pirooj, Azadeh, Mohammad Naser-Moghadasi, and Ferdows B. Zarrabi. "Design of compact slot antenna based on split ring resonator for 2.45/5 GHz WLAN applications with circular polarization." Microwave and Optical Technology vol. 58, no. 1pp. 12-16, 2016.

[13] Bhattacharya, Ankan, Bappadittya Roy, Santosh K. Chowdhury, and Anup K. Bhattacharjee. "Design and Analysis of a Fractal Monopole Antenna for Wideband Communication." Applied Computational Electromagnetics Society Journal,vol. 32, no. 6, pp.356-369, 2017.

[14] Sedghi, Mohammad Sadegh, Mohammad Naser-Moghadasi, and Ferdows B. Zarrabi. "Microstrip antenna miniaturization with fractal EBG and SRR loads for linear and circular polarizations." International Journal of Microwave and Wireless Technologies,vol. 9, no. 4, pp.891-901, Sep 2017.

[15] Jafari, Fereshteh Sadat, and Javad Ahmadi-Shokouh. "Industrial liquid characterization enhancement using microwave sensor equipped with electronic band gap structure." AEU-International Journal of Electronics and Communications, vol. 82 ,pp.152-159, July 2019.

[16] Varamini, Gohar, Asghar Keshtkar, and Mohammad Naser-Moghadasi. "Compact and miniaturized microstrip antenna based on fractal and metamaterial loads with reconfigurable qualification." AEU-International Journal of Electronics and Communications,vol. 83 ,pp.213-221, 2020.

[17] Varamini, Gohar, Asghar Keshtkar, and Mohammad Naser-Moghadasi. Fractal and EBG miniaturized microstrip antenna based and metamaterial loads with reconfigurable qualification." AEU-International Journal of Electronics and

[18] Communications,vol. 63, pp.313-321, 2021.

[19] Pyo, S., J-W. Baik, S-H. Cho, and Y-S. Kim. "Metamaterial-based antenna with EBG triangular slotted ground for RADAR efficiency improvement." Electronics, vol .45, no. 3, pp.144-146 , 2021.

[20] Soh, Ping Jack, G. A. E. Vandenbosch, Soo Liam Ooi, and M. R. N. Husna. "Wearable PIFA using conductive fabric." Electronics, vol. 57, no. 6 , pp. 365-367، Sep 2022,

[21] Wang, C., Z-H. Yan, P. Xu, J-B. Jiang, and B. Li. "Trident-shaped dual-band CPW-fed monopole antenna for PCS/WLAN applications." Electronics ,vol. 47, no. 4 ,pp.231-232 , 2022.

[22] Yang, Xin Mi, Quan Hui Sun, Ya Jing, Qiang Cheng, Xiao Yang Zhou, Hong Wei Kong, and Tie Jun Cui. "Increasing the bandwidth of microstrip patch antenna." IEEE Transactions on Antennas and Propagation ,vol. 69, no. 12 , pp.373-378, 2022.

[23] Chandrasekaran, Karthik T., Muhammad Faeyz Karim,. "The Behavior of CPW-FED Microstrip patch antenna high-impedance surface." IET Microwaves, Antennas & Propagation, vol.22, no. 6 , pp.218-226 , 2023

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-09-06]