آنتن دوقطبی فوق پهن‌باند با ساختاری نوین

احسان امین[۱] بهبد قلمکاری[۲] محمد ناصر مقدسی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد- گروه مهندسی برق – مخابرات، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
ehsan.amin.1990@ieee.org

۲- استادیار- گروه مهندسی برق – مخابرات، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
ghalamkari@srbiau.ac.ir

۳- استاد- گروه مهندسی برق – مخابرات، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
mn.moghaddasi@srbiau.ac.ir

چکیده: در این مقاله، یک آنتن دوقطبی فوق پهن‌باند با ساختاری ساده، جدید و ارزان ارائه شده است. پهنای باند امپدانسی این آنتن با معیار (S_{11}≤-10dB) در محدوده فرکانسی (1.2_4.55GHz) برابر ۱۱۶٪ است. بخش اعظم باند فرکانسی L، تمام محدوده‌ی باند S و قسمتی از باند C توسط این آنتن با پلاریزاسیون خطی پوشش داده شده است که در آن مقدار حداقل و حداکثر گین به ترتیب 2.48dBi و 7.48dBi است. با وجود الگوی تشعشعی شبه ایزوتروپیک، گین بیش از 7dBi به خصوص در محدوده‌ی باند فرکانسی پرکاربرد 2.4GHz، شرایط مطلوبی را برای این آنتن ایجاد کرده است. برای تغذیه آنتن از کابل هم‌محور ۵۰ اهم استفاده شده و حذف جریان برگشتی و ایجاد تطبیق امپدانس با خط انتقال توسط بالن بازوکا انجام گرفته است. تحلیل توزیع جریان و میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر روی المان دوقطبی ارائه شده است و در پارامترهای شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده S_{11}، گین و الگوی تشعشعی تطابق قابل قبولی دیده می‌شود.

واژه های کلیدی: آنتن دوقطبی، فوق پهن‌باند، ارزان قیمت، بالن بازوکا

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۶/۰۴/۱۲
تاریخ پذیرش مشروط مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۲۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۲۲
نام نویسندهی مسئول: دکتر بهبد قلمکاری
نشانی نویسندهی مسئول: ایران-تهران - انتهای بزرگراه شهید ستاری - میدان دانشگاه - بلوار شهدای حصارک - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات -دانشکدهی برق و کامپیوتر

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.26765810.1398.16.4.13.4]
Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.16- No.4- Winter2018

۱- مقدمه

اخیراً، به علت افزایش تقاضا برای سیستم‌های ارتباطی بیسیم، آنتن‌های گوناگونی برای کاربردهای مختلف توسط محققین ارائه شده است. به عنوان یکی از پر کاربردترین مصارف مخابرات بیسیم می‌توان به شبکه‌های WLAN و WiMax اشاره کرد [۱-۳]. یکی دیگر از تکنولوژی‌های مخابرات بیسیم که امروزه بسیار مورد توجه محققین است و تقریباً در تمامی دستگاه‌های ارتباطی تجاری مشاهده می‌شود، تکنولوژی بلوتوث است. این مسأله موجب شده که در آنتن‌های طراحی شده توسط پژوهشگران، فرکانس 2.4GHz بسیار مورد توجه باشد [۴]. از سوی دیگر سیستم‌های موقعیت‌یاب جهانی به طور گسترده در صنایع مختلف مانند حمل و نقل با دو فرکانس (L_1) (1575.42MHz) و (L_2) (1227.60MHZ) استفاده می‌شوند. با توجه به کاربرد وسیع سیستم‌های موقعیت‌یاب جهانی می‌توان این دو فرکانس را نیز در زمره فرکانس‌های مورد توجه طراحان آنتن‌های مخابراتی دانست. [۵] تکنولوژی دیگری که با افزایش بکارگیری شبکه‌های بیسیم نظیر اینترنت اشیاء، گسترش یافته و آنتن‌های مختلفی با اهداف گوناگون برای آن طراحی شده، تکنولوژی زیگبی است. از این تکنولوژی می‌توان در فرکانس‌های 2.4GHz و 868MHz متناسب با سرعت انتقال دیتای مورد نیاز استفاده کرد که البته به دلیل کوچکتر شدن ابعاد تجهیزات و آنتن، فرکانس 2.4GHz بیشتر مورد توجه است [۶].

با توجه به اینکه امروزه معمولاً سیستم‌های مخابراتی دارای بیش از یک کاربرد هستند، به عنوان مثال یک تلفن همراه خدماتی همچون ارتباطات بیسیم توسط شبکه‌های WLAN، بلوتوث، GSM، LTE و سیستم‌های موقعیت‌یاب جهانی ارائه می‌دهد. همچنین برخی از کاربردها مانند رادارهای نفوذ کننده در زمین (GPR) به صورت مجزا به پهنای باند وسیعی نیاز دارند [۷]. از این رو نیاز به یک آنتن پهن باند که تمام این درخواست‌ها را پاسخ دهد بیش از پیش احساس می‌شود.

در این مقاله یک آنتن دو قطبی فوق پهن‌باند با ساختاری نوین، ساده و اقتصادی با پهنای باند نسبی ۱۱۶٪ در محدوده فرکانسی (1.2_4.55GHz) با پلاریزاسیون خطی و حداکثر گین 7.48dBi ارائه شده است. نوآوری این مقاله به این نحو بوده است که با ترکیب هوشمندانه‌ی دو حلقه‌ی مدار چاپی به صورتی که علاوه بر ایجاد ساختاری ساده و ارزان قیمت دستیابی به ویژگی‌های فوق پهن باند بودن و نیز گین بیش از 7dBi در الگوی تشعشعی شبه ایزوتروپیک را میسر کرده است. حداکثر گین 7.48dBi در محدوده باند فرکانسی صنعتی، علمی و پزشکی 2.4GHz با الگوی تشعشعی شبه ایزوتروپیک موجب شده است تا کاربردهای فراوانی بتوان برای این آنتن متصور شد. تغذیه المان دوقطبی آنتن توسط کانکتور SMA و کابل هم‌محور ۵۰ اهم انجام گرفته است. استفاده از بالن بازوکا در این آنتن موجب شده تا با حذف جریان برگشتی از آنتن، تطبیق امپدانس مطلوبی ایجاد گردد و ساختار آنتن نیز استحکام مکانیکی بهتری پیدا کند. در ادامه با کمک روابط تبدیل ساختار مایکرواستریپ به ساختار سیمی نتایج شبیه‌سازی هر دو مدل ارائه شده است. نهایتاً تطابق قابل قبولی در مقایسه نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری در پارامترهای تلفات برگشتی و الگوی تشعشعی دیده می‌شود.

۲- طراحی آنتن

روش‌های مختلفی برای طراحی آنتن‌های پهن‌باند وجود دارد که می‌توان این روش‌ها را در دو گروه اصلی تقسیم‌بندی کرد. روش اول افزایش تطبیق امپدانس در بازه فرکانسی وسیعتر با بکارگیری طرح‌های مختلف در آنتن و روش دوم استفاده از چند رزوناتور مستقل با فرکانس‌های رزونانس نزدیک به هم [۸]. همانطور که ذکر شد در روش اول برای افزایش پهنای باند، تطبیق امپدانس در محدوده فرکانسی وسیعتری انجام می‌گیرد برای دستیابی به این هدف یکی از روش‌هایی که تطبیق امپدانس را میسر می‌سازد استفاده از بالن‌ها در خط تغذیه آنتن است. بالن‌ها با حذف جریان برگشتی از آنتن باعث ایجاد تطبیق امپدانس در آنتن می‌شوند. برای نمونه در طرح [۹] از بالن مخروطی برای ایجاد تطبیق امپدانس و دستیابی به پهنای باند مورد نظر استفاده شده است. استفاده از مدارات فعال متصل به آنتن (آنتن اکتیو) روش دیگری برای ایجاد تطبیق امپدانس وسیع، کاهش ابعاد و افزایش گین است [۱۰] ولی این روش علاوه بر مزیت‌های ذکر شده محدودیت‌ها و پیچیدگی‌هایی به سیستم اعمال می‌کند که برای مثال می‌توان به اثر غیرخطی المان‌های فعال اشاره کرد. مورد دیگری که برای افزایش پهنای باند ذکر شد، ایجاد رزونانس‌های متفاوت در آنتن و نزدیک کردن این رزونانس‌ها تا سر حد پیوستگی باند و در نتیجه ایجاد پهنای باند وسیع است. یکی از روش‌های ایجاد رزونانس‌های مختلف در آنتن استفاده از اسلات‌ها بر روی آنتن است [۱۱]. بطور مثال در مرجع [۱۲] با ایجاد اسلات U شکل در صفحه رزوناتور آنتن، چندین رزونانس ایجاد شده است و به دلیل نزدیک بودن این رزونانس‌ها پهنای باند وسیعی بدست آمده است. البته همیشه دستیابی به رزونانس‌های یکپارچه به سادگی امکان پذیر نیست و ممکن است مجبور به استفاده از ساختارهای چند لایه باشیم [۱۳]. استفاده از المان‌های پارازیتی با اشکال گوناگون برای رزونانس در فرکانس‌های مختلف ایده دیگری برای دستیابی به چندین رزونانس است این در حالیست که ممکن است باعث افزایش در ابعاد آنتن شود [۱۴]. مورد دیگری که علاوه بر ایده‌های ذکر شده امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته، استفاده از فرامواد‌ها برای طراحی آنتن‌های پهن‌باند است که علاوه بر افزایش پهنای باند باعث کوچک شدن ابعاد و افزایش گین آنتن می‌شوند [۱۵]. از معایب این روش می‌توان به پیچیدگی طراح‌های ارائه شده و غیر دسترس بودن برخی از فرامواد‌ها اشاره کرد.

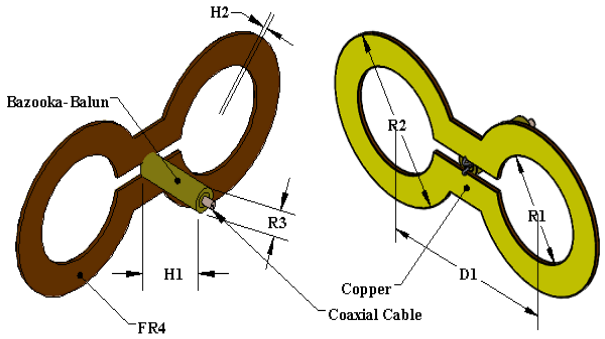
در شکل (۱) آنتن دوقطبی پهن‌باند ارائه شده از دو نمای روبرو و پشت برای درک بهتر ساختار آنتن نشان داده شده است. این آنتن از طراحی

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.26765810.1398.16.4.13.4]

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.16- No.4- Winter 2018

بسیار ساده با دو حلقه دایره شکل متصل به یکدیگر تشکیل شده و برای کاهش هزینه ساخت زیر لایه آنتن از ماده FR4 انتخاب شده است. تغذیه المان دوقطبی آنتن توسط کانکتور SMA و کابل هم‌محور ۵۰ اهم انجام گرفته، این کابل برای بالا بردن کیفیت شیلدینگ و استحکام بیشتر از نوع صلب انتخاب شده و همچنین برای حذف جریان برگشتی از سطح آن و ایجاد تطبیق امپدانس در آنتن از بالن بازوکا استفاده شده است. یک سر مغزی کابل هم‌محور به مغزی کانکتور SMA و طرف دیگر به یک بازوی المان دوقطبی لحیم شده است. شیلد کابل هم‌محور نیز در یک طرف به فلز بیرونی کانکتور و در طرف دیگر به بازوی دیگر المان دوقطبی متصل شده است. مس بکار رفته بر روی زیر لایه FR4 برای دسترسی راحت در بازار با ضخامت متعارف ۳۵ میکرون انتخاب شده و تکنولوژی مدار چاپی به دلیل دقت بالای آن در ساخت به عنوان روش ساخت آنتن معرفی شده است.



(ب) (الف)

شکل (۱): آنتن دوقطبی پهن‌باند پیشنهاد شده با بالن بازوکا الف)نمای روبروی آنتن ب) نمای پشت آنتن

تمامی ابعاد آنتن به صورت پارامتری در شکل (۱) نشان داده شده و مقادیر بر حسب میلیمتر در جدول (۱) لیست شده‌اند.

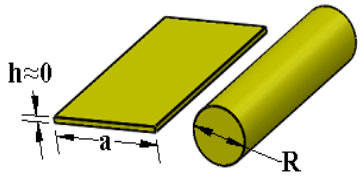
جدول (۱): مقادیر پارامترهای ابعاد آنتن

پارامتر	مقدار(میلیمتر)
R_1	44
R_2	70
R_3	10
D_1	80
H_1	30
H_2	1.635

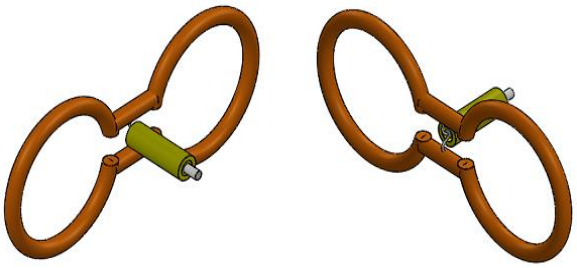
مزایای غیر قابل انکار تکنولوژی مدار چاپی موجب شده است تا این ساختار مورد توجه بسیاری از محققین قرار گیرد اما دلایلی همچون دور از دسترس بودن این تکنولوژی برخی را به سمت طراحی آنتن‌های سیمی سوق داده است [۱۶]. بنابراین در این مقاله برای آنتن ارائه شده معادلی در ساختار سیمی پیشنهاد شده تا در صورت وجود محدودیت‌های استفاده از تکنولوژی مدار چاپی از ساختار سیمی استفاده شود. با استفاده از فرمول (۱) خطوط مایکرواستریپ به سیم مفتول با مقطع دایروی قابل معادل‌سازی است [۱۷].

$$R = 0.5a; h \cong 0 \qquad (۱)$$

در فرمول (۱)، همانطور که در شکل (۲) نیز مشخص شده R قطر سیم مفتول معادل خط مایکرواستریپ با عرض a است و تنها شرطی که برای این معادل‌سازی وجود دارد، نزدیک به صفر بودن ارتفاع خط مایکرواستریپ است ($h \cong 0$). در شکل (۳) آنتن دوقطبی پیشنهاد شده با ساختار سیمی در نماهای روبرو و پشت نشان داده شده است. در بخش بعدی نتایج شبیه‌سازی ساختار سیمی نیز آورده شده است.



شکل (۲): خط مایکرواستریپ با معادل سیم مفتول مقطع دایروی



(ب) (الف)

شکل (۳): آنتن دوقطبی معادل‌سازی شده با ساختار سیمی و بالن بازوکا. الف)نمای روبروی آنتن ب) نمای پشت آنتن

شبیه‌سازی و تحلیل جریان و میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر روی آنتن پیشنهادی انجام شده و به همراه نتایج اندازه‌گیری پارامترهای تلفات برگشتی و الگوی تشعشعی در بخش بعدی ارائه شده است.

۳- نتایج شبیه‌سازی و ساخت

در این بخش توزیع جریان و میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، الگوی تشعشعی و پارامترهای تلفات برگشتی و گین آنتن توسط نرم افزار تجاری CST STUDIO SUITE شبیه‌سازی شده و در نهایت اندازه‌گیری‌ها از نمونه آنتن ساخته شده ارائه شده است. برای ساختار معادل با سیم مفتول نیز نتایج پارامترهای شبیه‌سازی تلفات برگشتی و گین، آورده شده است.

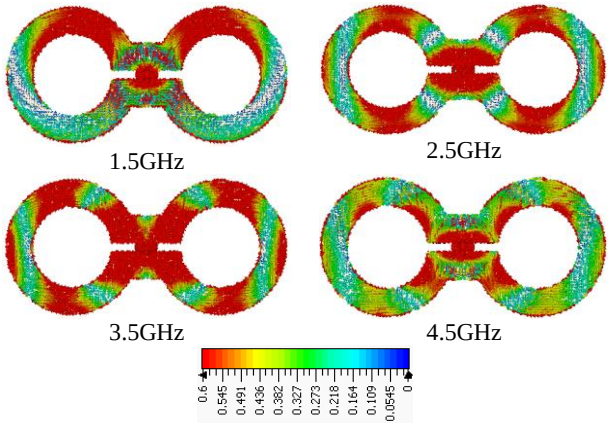
با توجه به توزیع جریان‌های ارائه شده در شکل (۴) می‌توان ساختار آنتن را متشکل از دو حلقه مجزا دانست و هر کدام را یک المان

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.26765810.1398.16.4.13.4]
Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.16- No.4- Winter2018

دوقطبی در نظر گرفت که به صورت موازی با یکدیگر به تغذیه متصل شده‌اند و در فرکانس‌های 1.5_2.5_3.5_4.5 GHz نیز دارای رفتار مشابهی از نظر تقارن دو حلقه هستند.

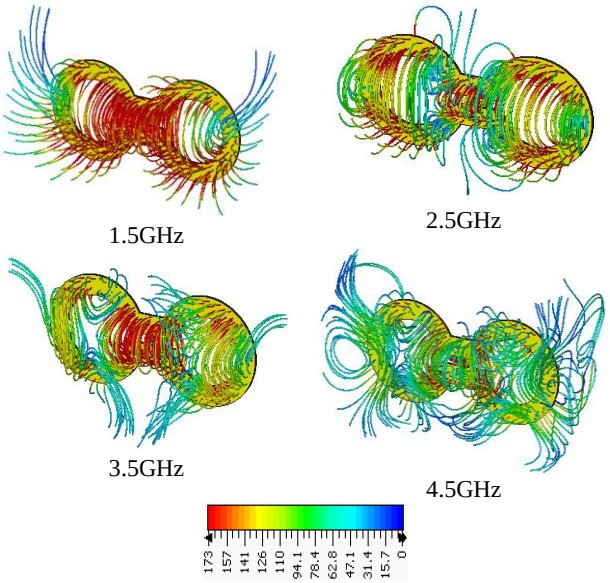
با در نظر گرفتن ابعاد آنتن محیط متوسط هر حلقه تا مکان اتصال آنتن به تغذیه حدوداً ۲۰۰ میلیمتر است. بنابراین در فرکانس 1.5GHz (λ=200mm) طول حلقه و طول موج سیگنال برابر می‌شوند یعنی در مکان اتصال تغذیه به آنتن جریان باید حداقل باشد [17] که این پدیده در شکل (۴) نیز کاملاً مشخص است. نتیجتاً به دلیل وجود دو حلقه در ساختار آنتن، طول الکتریکی با طول موج فرکانس رزونانس با ضریب ۱/۲ نسبت پیدا می‌کنند که این نشانگر تحریک مد اول است. اما در فرکانس‌های 2.5GHz (λ=120mm) و 4.5GHz (λ=66mm) جریان در مکان اتصال خط انتقال به آنتن حداکثر است زیرا طول حلقه به ترتیب حدود 3/2λ و 3λ است و همچنین برای فرکانس 3.5GHz (λ=85mm) این ضریب در حدود 2/3λ است که باعث شده مقدار جریان در آن مکان همانطور که در شکل (۴) نیز مشخص شده مقداری کمتر از دو فرکانس قبل باشد[17] و همچنین برای این دو فرکانس نیز به ترتیب مدهای دوم و سوم تحریک شده است.

همانطور که از توزیع جریان‌ها در شکل (۴) مشخص است طول هر یک از بخش‌های بیشینه‌ی جریان با فراز و فرود آن در حدود λ/2 است. در فرکانس‌های بالاتر (4.5GHz) همانطور که در شکل (۴) نیز مشخص است به علت کوچک شدن طول موج سیگنال، مقدار آن با مقدار عرض حلقه نسبت معناداری پیدا کرده و توزیع جریان حول دایره‌ی کوچکتر حلقه متمرکز شده است که این امر با کاهش طول موج قابل پیش بینی بود.

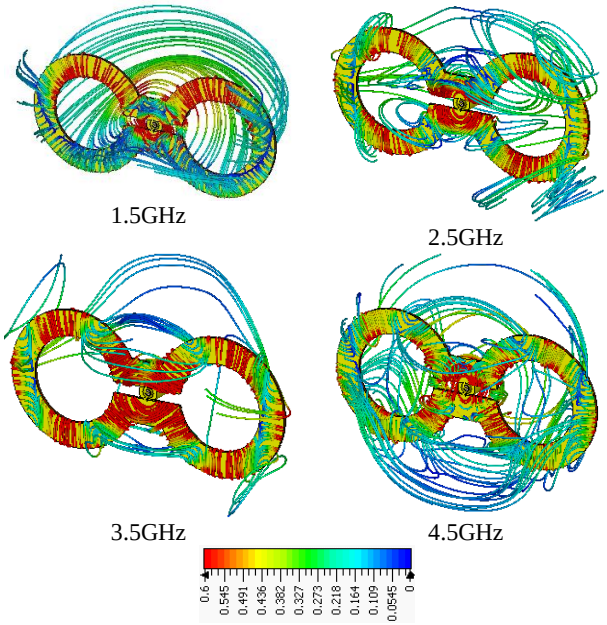


شکل (۴): توزیع جریان الکتریکی در فرکانس‌های (1.5_2.5_3.5_4.5GHz)

در ادامه برای نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی همان تقارن که در توزیع جریان‌ها دیده شد قابل مشاهده است. توزیع میدان الکتریکی روی صفحه‌ی المان دوقطبی در فرکانس‌های 1.5_2.5_3.5_4.5GHz در شکل (۵) نشان داده شده است. همانطور که در این شکل مشخص است میدان الکتریکی به صورت عمودی از یک بازوی دوقطبی حلقه‌ای به بازوی دیگر کشیده شده و هرچه از آنتن دورتر شده مقدار آن کمتر می‌شود. در شکل (۶) توزیع میدان مغناطیسی بر روی سطح المان دوقطبی نشان داده شده است. با توجه به رابطه مستقیم جریان الکتریکی با میدان مغناطیسی همانطور که در این شکل نیز مشخص است مکان‌هایی که بر طبق شکل (۴) جریان الکتریکی در آنجا بیشتر بوده میدان مغناطیسی نیز با توجه به شکل (۶) بیشتر است و جهت میدان آن نیز طبق قانون دست راست به صورت راست گرد به دور حلقه است[۱۷].



شکل (۵): توزیع میدان الکتریکی در فرکانس‌های (1.5_2.5_3.5_4.5GHz)



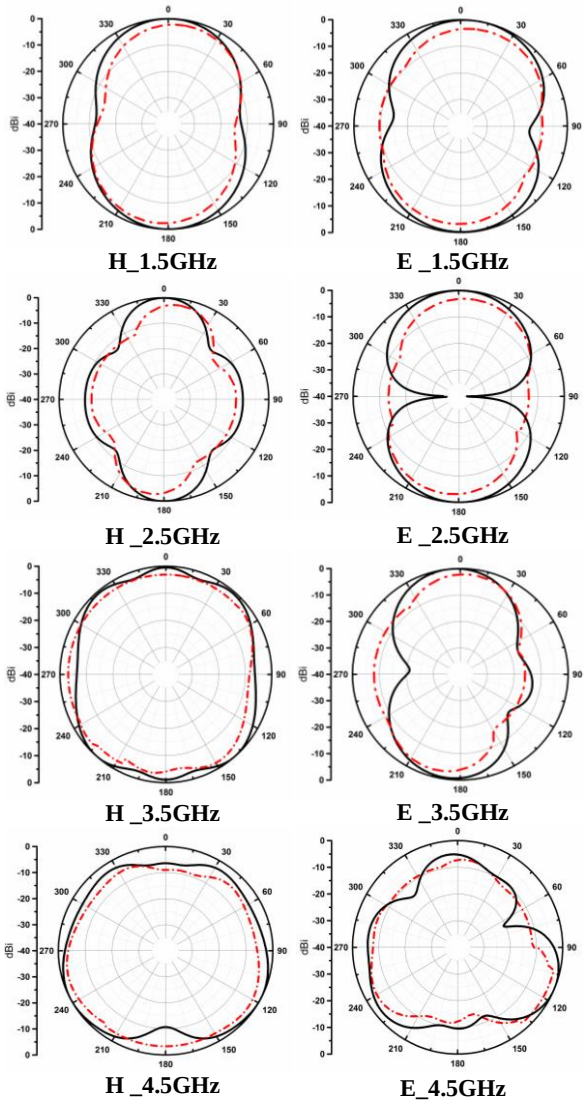
شکل (۶): توزیع میدان مغناطیسی در فرکانس‌های (1.5_2.5_3.5_4.5GHz)

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.26765810.1398.16.4.13.4]

الگوی تشعشعی آنتن طراحی شده در شکل (۷) برای فرکانس‌های 1.5_2.5_3.5_4.5GHz در مختصات قطبی نشان داده شده است. الگوی انتشار میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به ترتیب با نماد E و H مشخص شده‌اند. در این شکل مشخص است که بالن بازوکای استفاده شده، در انتهای باند عملکرد ضعیفتری داشته و عدم تقارن ایجاد شده در اثر کابل هم‌محور را نتوانسته به خوبی مرتفع کند البته این ناموزون بودن الگوی تشعشعی در فرکانس 4.5GHz از پراکندگی خطوط در شکل (۵) و شکل (۶) برای میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی نیز مشخص بود. در شکل (۷) نمودارهای توپر سیاه و خط چین قرمز رنگ به ترتیب نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری را نشان می‌دهند که بیانگر تطابق قابل قبولی بین این نتایج هستند. تطابق نسبتاً خوب بدست آمده بین نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری، ناشی از مزیت ساختار ساده‌ی آنتن پیشنهادی است زیرا در ساختارهای پیچیده دستیابی به نتایج اندازه‌گیری مشابه نتایج بدست آمده در تئوری و یا شبیه‌سازی به سختی و یا اختلاف زیاد حاصل می‌شود. مورد دیگر استفاده از تکنولوژی مدار چاپی در ساخت آن است که باعث عدم ایجاد خلای انسانی در نتایج ساخت شده است،

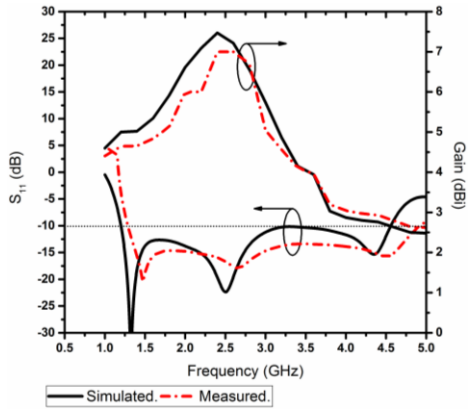
در شکل(۸) اندازه‌گیری و شبیه‌سازی نمودارهای تلفات برگشتی و گین آنتن پیشنهادی نشان داده شده است، بطوریکه خط توپر سیاه و خط چین قرمز رنگ به ترتیب نمودارهای شبیه‌سازی و اندازه‌گیری هستند. در این مقاله پهنای باند توسط معیار (S_{11}≤-10dB) محاسبه شده است که از این رو پهنای باند شبیه‌سازی شده ۱۱۶٪ در محدوده فرکانسی (1.2_4.55GHz) است. پهنای باند اندازه‌گیری شده و شبیه سازی با کمی اختلاف در ابتدا و انتهای باند، دارای تطابق قابل قبولی هستند. حداکثر گین آنتن در حالت شبیه‌سازی 7.48dBi است که با مقدار اندازه‌گیری شده حدود 0.5dBi اختلاف دارد. با نزدیک شدن به انتهای باند، گین آنتن افت شدیدی پیدا کرده است که علت آن را می‌توان همان پراکندگی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی نشان داده شده دانست که نتیجتاً گین آنتن را به حداقل مقدار 2.48dBi رسانده است. در آنتن‌های دوقطبی مرسوم دستیابی به گین 7.48dBi و پهنای باند ۱۱۶٪ با ابعادی معادل ابعاد آنتن پیشنهادی به صورتی که اندازه طول دوقطبی کوچکتر از طول موج کاری آنتن باشد امکان پذیر نیست، ولی در آنتن پیشنهاد شده با بکارگیری ایده‌ی آنتن‌های دوقطبی تاشده همانطور که در [۱۷] به صورت مشروح آمده است ساختار تاشده معادل دوقطبی بزرگتری است که با ایجاد خم‌هایی در آن علاوه بر کاهش ابعاد، گین بیشتری را نیز نسبت به دوقطبی مرسوم ایجاد می‌کند.



شکل (۷): الگوی تشعشعی شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده برای آنتن پیشنهادی در فرکانس‌های (1.5_2.5_3.5_4.5GHz)

از دیدگاه پهنای باند نیز دوقطبی تاشده را معادل دو آنتن دوقطبی مرسوم فرض می‌کنند که به صورت موازی به یکدیگر متصل شده‌اند و همین امر در آنتن پیشنهادی باعث بوجود آمدن تطبیق امپدانس بین المان دوقطبی، کابل هم‌محور و کانکتور SMA شده است. البته بالن بکار رفته نیز نقش تکمیل کننده‌ای را ایفا می‌کند و با حذف جریان‌های برگشتی از سطح کابل هم‌محور نتیجتاً پهنای باند ۱۱۶٪ را موجب شده‌اند.

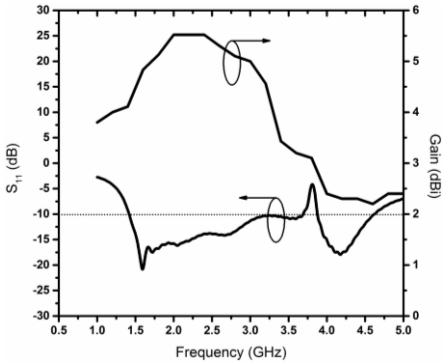
[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.26765810.1398.16.4.13.4]
Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.16- No.4- Winter2018



شکل(۸): نمودارهای تلفات برگشتی و گین آنتن پیشنهاد شده در دو حالت شبیه‌سازی و اندازه‌گیری

نتایج شبیه‌سازی پارامترهای تلفات برگشتی و گین آنتن معادل با ساختار سیمی نیز در شکل (۹) نشان داده شده است. در نمودار تلفات برگشتی در محدوده فرکانس 3.8GHz پرشی به بالای مقدار -10dBi وجود دارد که در ساختار مایکرواستریپ وجود ندارد و این از ناتوانی بالن در حذف جریان برگشتی در آن فرکانس منشعب شده است که البته در صورت نیاز می‌توان با تغییراتی در ابعاد و یا ساختار بالن آن را برطرف کرد تا به نتیجه بهتری دست پیدا کرد اما این موضوع با هدف این مقاله فاصله دارد [۱۸]. فراز و فرود در نمودار گین در ساختار سیمی از نمودار گین برای ساختار مایکرواستریپ پیروی می‌کند با این تفاوت که دو نمودار در حدود 1.8dBi در ماکزیمم مقدار با هم متفاوتند. در نتیجه در صورت عدم دسترسی به تکنولوژی مدار چاپی می‌توان ساختار سیمی ارائه شده را جایگزین نسبتاً مناسبی برای ساختار اصلی دانست.

نمونه ساخته شده از آنتن دوقطبی فوق‌پهن‌باند پیشنهادی در شکل (۱۰) نشان داده شده است. کابل هم‌محور ۵۰ اهم از نوع صلب انتخاب شده تا علاوه بر کیفیت بالاتر شیلدینگ، در طول بازه‌ای که در داخل بالن قرار دارد فاصله یکنواختی از جداره‌ی بالن داشته باشد و باعث افزایش تقارن پرتو در آنتن شود. همانطور که در شکل نیز مشخص است انتخاب بالن بازوکا علاوه بر حذف جریان برگشتی از سطح خارجی کابل هم‌محور، پایه نگهدارنده‌ای برای المان دوقطبی است که باعث استحکام آنتن شده است.



شکل (۹): نمودار تلفات برگشتی و گین آنتن دوقطبی فوق‌پهن‌باند پیشنهاد شده معادل با ساختار سیمی



شکل (۱۰): نمونه ساخته شده از آنتن دوقطبی فوق‌پهن‌باند پیشنهاد شده

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله، طراحی و ساخت آنتن دوقطبی فوق پهن‌باند با ساختاری ساده و ارزان قیمت ارائه شده است. این آنتن دارای پهنای باند ۱۱۶٪ در محدوده فرکانسی (1.2_4.55GHz) با حداکثر گین 7.48dBi، الگوی تشعشعی شبه ایزوتروپیک و پلاریزاسیون خطی است. آنتن پیشنهادی از ماده FR4 با ساختار مایکرواستریپ و تکنولوژی مدار چاپی بهره برده است در حالی که ساختاری معادل با سیم مفتول نیز برای آن ارائه شده است. تحلیل بر روی توزیع جریان و میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی انجام گرفته است و نمونه اولیه‌ای از آنتن ساخته شده و نتایج حاصل از شبیه‌سازی و اندازه‌گیری با یکدیگر مقایسه شده‌اند که دارای تطابق قابل قبولی هستند.

مراجع

[1] Liu, Shuo, Wen Wu, and Da-Gang Fang. "Single-feed dual-layer dual-band E-shaped and U-slot patch antenna for wireless communication application." IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters 15 (2016): 468-471.

[2] Gautam, Anil Kumar, et al. "Design of Compact F-Shaped Slot Triple-Band Antenna for WLAN/WiMAX Applications." IEEE Transactions on Antennas and Propagation 64.3 (2016): 1101-1105.

[3] Van Rooyen, Marno, Johann Odendaal, and Johan Joubert. "High Gain Directional Antenna for WLAN and WiMAX Applications." IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters (2016).

[4] Chen, Hua-Ming, et al. "Miniature folded patch GPS antenna for vehicle communication devices." IEEE Transactions on Antennas and Propagation 63.5 (2015): 1891-1898.

[5] H. M. Chen, Y. F. Lin, C. H. Chen, C. Y. Pan, and Y. S. Cai, "Miniature Folded Patch GPS Antenna for Vehicle Communication Devices," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 63, no. 5, pp. 1891–1898, 2015.

[6] Jeon, Jinsu, et al. "Design of a miniaturized UHF-band Zigbee antenna applicable to the M2M/IoT communication." Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI), 2014 IEEE. IEEE, 2014.

[7] D. Daniels, *Ground penetrating radar*, vol. 1542, no. 552.IET, 2004.

[8] Chen, Zhi Ning, and Michael Yan Wah Chia.

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.26765810.1398.16.4.13.4]

Broadband planar antennas: design and applications. John Wiley & Sons, 2006.

[9] راشدمحصل، فرجی دانا، محمدپوراقدم، " طراحی، شبیه‌سازی و ساخت آنتن مسطح سینوس با پلاریزاسیون دو گانه در محدوده فرکانسی ۲_۱۸ گیگاهرتز"، نشریه مهندسی برق و الکترونیک ایران، جلد اول، شماره سوم، صفحه ۲۳ تا ۳۲، زمستان ۱۳۸۳.

[10] Takooki, P., et al. "Nonlinear Modeling, Analysis and Design of an Active Antenna in S Frequency Band." Amirkabir International Journal of Electrical & Electronics Engineering 41.1 (2009): 37-43.

[11] مرادی، نیک مهر، "طراحی و ساخت آنتن مایکرواستریپ سه بانده و دوپلاریزه برای BTS"، نشریه مهندسی برق و الکترونیک ایران، جلد دهم، شماره اول، صفحه ۱ تا ۶، بهار و تابستان ۱۳۹۲.

[12] نصیریان، فیروزه، مداح علی، عسگری، "طراحی آنتن مایکرواستریپ با شکاف U شکل و تغذیه تزویج مجاورتی جهت کاربرد در آنتن رادار روزنه مصنوعی"، نشریه مهندسی برق و الکترونیک ایران، جلد سیزدهم، شماره دوم، صفحه ۱ تا ۹، تابستان ۱۳۹۵.

[13] Wu, Jie, Yu Jian Cheng, and Yong Fan. "Millimeter-wave wideband high-efficiency circularly polarized planar array antenna." IEEE Transactions on Antennas and Propagation 64.2 (2016): 535-542.

[14] Wu, Jiangniu, et al. "A printed unidirectional antenna with improved upper band-edge selectivity using a parasitic loop." IEEE Transactions on Antennas and Propagation 63.4 (2015): 1832-1837.

[15] Kisel, Natalya N., Vitaliy A. Cheremisov, and Dmitry S. Derachitc. "The modeling of characteristics of the patch antenna with non-uniform substrate metamaterial." East-West Design & Test Symposium (EWDTS), 2016 IEEE. IEEE, 2016.

[16] Kim, Oleksiy S. "Rapid prototyping of electrically small spherical wire antennas." IEEE Transactions on Antennas and Propagation 62.7 (2014): 3839-3842.

[17] Balanis, Constantine A. Antenna theory: analysis and design. John Wiley & Sons, 2016.

[18] Aghdam, Karim Mohammad Pour, Reza Faraji-Dana, and Jalil Rashed-Mohassel. "Optimization of microstrip tapered balun for sinuous antenna feeding circuits." Antenna Technology and Applied Electromagnetics and URSI Conference, 2004. ANTEM 2004. 10th International Symposium on. IEEE, 2004.

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.26765810.1398.16.4.13.4]

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.16- No.4- Winter2018