

افزایش پهنای باند آنتن تشدید عایقی با بهره‌گیری از پهنای متغیر ساختار

پژمان رضائی^{۱*}

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>در این مقاله، ساختار آنتن تشدید عایقی مستطیلی، تغذیه شده توسط یک خط میکرواستریپ بررسی و تکنیک‌های بهبود رفتار آن مرور شده است. بدین منظور، نحوه عملکرد تشعشعی آنتن عایقی مطالعه و روش‌های مختلف بهبود آن و به طور خاص افزایش پهنای باند آن بررسی شده است. سپس ساختار جدیدی با هدف افزایش پهنای باند امپدانسی آن پیشنهاد شده است. در ساختار معرفی شده، با بهره‌گیری از ساختاری یکپارچه ولی چندبخشی با ابعاد مختلف، با کاهش پارامتر کیفیت آنتن، پهنای باند آن افزایش یافته است. برای سادگی و کاهش تعداد پارامترهای طراحی، علاوه بر حفظ تقارن ساختار با ثابت ماندن ضریب عایقی و ارتفاع قطعات، تغییر ابعاد این قطعات به عرض آنها محدود شده است. بدین ترتیب، با بهره‌گیری از ساختاری غیریکنواخت با پهنای متغیر، افزایش قابل توجهی در پهنای باند آنتن ایجاد شده است. نتایج طراحی بیانگر تحقق پهنای امپدانسی بیش از ۵۲٪ با استفاده از ساختاری ۷ تکه می‌باشد.</p>	<p>واژگان کلیدی: آنتن تشدید عایقی مستطیلی، افزایش پهنای باند، پارامتر کیفیت، ساختار غیریکنواخت.</p>

۱- مقدمه

آنتن عایقی استوانه‌ای شکل، توسط لانگ و همکاران در دانشگاه هوستون، تحقیقات روی این آنتن توسعه یافته است [۲]. قطعات عایقی در کاربرد آنتنی از مزایایی همچون راندمان تشعشعی زیاد، ساختاری ساده و متراکم برخوردارند. این قطعات همچنین از لحاظ شکل هندسی و نحوه تغذیه متنوعند.

آنتن‌های عایقی تشدید^۱ (DRA) به سه شکل مستطیلی، استوانه‌ای و نیمکره متداول می‌باشند. همچنین سه روش اصلی تغذیه این آنتن عبارتند از [۳]:

- با استفاده از خط میکرواستریپ به صورت مستقیم
- تزویج روزنه‌ای
- تغذیه با پروب

تشدید کننده عایقی از مواد عایقی با تلفات کم ساخته شده است. فرکانس تشدید آن تابعی از ابعاد، شکل و ضریب نفوذپذیری الکتریکی قطعه عایق به کار رفته می‌باشد. به کارگیری تشدیدکننده‌های عایقی مزایای متعددی نظیر ابعاد کوچک، ارتفاع کم، سبکی و ارزانی را در پی دارد. قطعات عایقی به عنوان عنصر ذخیره کننده انرژی کاربرد وسیعی در فیلترها و نوسان‌سازهای میکروویوی دارند [۱].

با توجه به انتشار مدهای تحریک شده در خارج عایق، بهره‌گیری از آنها به عنوان عنصر تشعشعی نیز مورد توجه قرار گرفت. از سال ۱۹۸۳ پس از ساخته شدن نخستین

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: prezaei@semnan.ac.ir
۱. استادیار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان

¹ Dielectric resonator Antenna

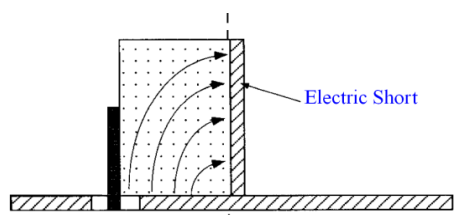
و

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_U h_U + \varepsilon_L h_L + \varepsilon_S h_S}{h_U + h_L + h_S} \quad (2)$$

و فرکانس تشدید آنتن عایقی دو بخشی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$f_r = \frac{h_U f_u + h_L f_L + h_S f_S}{h_U + h_L + h_S} \quad (3)$$

که در آن اندیس‌های ضخامت و فرکانس S، L و U به ترتیب مربوط به زیرلایه، لایه باریک پایینی اضافه‌شده و لایه بالایی (قطعه اصلی آنتن) می‌باشد. کوچک‌سازی ابعاد ساختار آنتن DR نیز بر مبنای اصل تصویر با استفاده از فرم عایق نصف شده و نیز قطاعی با افزودن صفحه‌های فلزی بعنوان دیوار الکتریکی و نیز بهره‌گیری از پیچ‌های پارازیتی^۱ به دست می‌آید [۱۴-۱۸].



شکل ۲- آنتن DRA مستطیلی نصف شده

مرور تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد که افزایش پهنای باند آنتن تا دستیابی به پهنای باندی وسیع تا ۱۲۰٪، سهم بالایی را به خود اختصاص داده است [۴-۶]. در ادامه، برخی از این روش‌ها به اختصار مرور شده است.

۲-۱- روش‌های افزایش پهنای باند

یکی از روش‌های افزایش پهنای باند ساختار مستطیلی استفاده از ساختاری شکافدار^۲ به منظور کاهش فاکتور کیفیت^۳ (با کاهش انرژی ذخیره شده) است. در این روش، مطابق شکل ۳، حفره‌ای در داخل عایق ایجاد می‌شود که افزایش پهنای باند ساختار را در پی خواهد داشت [۱۹].

¹ Parasitic Patch

² Notched

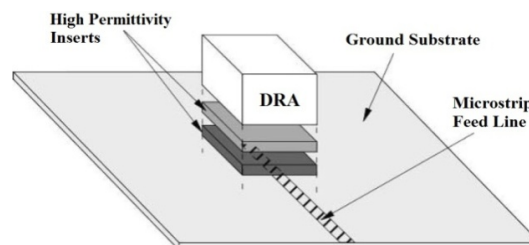
³ Quality Factor

در این مقاله، آنتن عایقی مستطیلی شکل تحریک شده به صورت مستقیم توسط یک خط مایکرواستریپ مورد توجه قرار گرفته است.

۲- بهینه‌سازی آنتن عایقی تشدید

در دو دهه اخیر، روش‌های مختلفی برای بهینه‌سازی ساختار آنتن عایقی تشدید، به منظور بهبود عملکرد تشعشی آن ارائه شده است. مهمترین اهداف این روش‌ها را می‌توان به افزایش پهنای باند یا چندباندی کردن آن، افزایش میزان تزویج و کارایی آنتن، کوچک‌سازی ابعاد ساختار، افزایش بهره، تنظیم پرتو و پلاریزاسیون تشعشی آنتن تفکیک نمود. در برخی موارد با بهره‌گیری از این روش‌ها بیش از یک هدف نیز به طور همزمان محقق شده است [۳-۱۰].

افزایش میزان تزویج از خط تغذیه مایکرواستریپ به آنتن با بهره‌گیری از ساختارهای چندلایه با افزودن زیرلایه‌هایی با ارتفاع و ضریب عایقی مناسب محقق شده است [۱۱].



شکل ۱- آنتن DRA مستطیلی چندلایه جهت افزایش تزویج

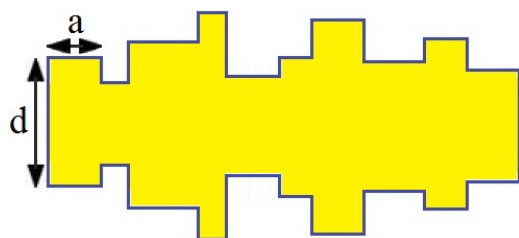
در طراحی آنتن عایقی چندبخشی، توصیه می‌شود که ضخامت لایه اضافه شده می‌بایست به گونه‌ای انتخاب شود که نسبت $h_L / (h_L + h_U)$ بین ۰/۱ تا ۰/۳ باشد [۱۱]. بدین ترتیب این لایه گذردهی مؤثر (ε_{eff}) را تغییر می‌دهد. در مراجع این مقدار با استفاده از مدل متوسط وزین شده به دو فرم زیر محاسبه می‌شود [۱۱-۱۳]:

$$\varepsilon_{eff} = \frac{h_U + h_L + h_S}{\frac{h_U}{\varepsilon_U} + \frac{h_L}{\varepsilon_L} + \frac{h_S}{\varepsilon_S}} \quad (1)$$

۳- ساختار پیشنهادی

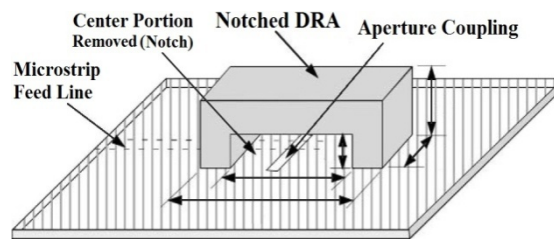
ایده روش‌های جدید به طور معمول از تئوری‌های موجود در زمینه افزایش پهنای باند در ساختارهای مشابهی نظیر آنتن‌های پچ مایکرواستریپ ناشی می‌شود. همچنین با ایجاد تغییراتی در روش‌های قبل، می‌توان عملکرد آنتن را ارتقاء بیشتری بخشید. برای مثال، با بهره‌گیری از دو ساختار عایقی نیمه در طرفین دیوار الکتریکی می‌توان پهنای باند آن را افزایش داد [۲۹-۳۱]. می‌توان برای دستیابی به حداکثر پهنای باند امیدانسی فرم خط تغذیه را به منظور بهبود توزیع اصلاح کرد [۳۲] یا نسبت بین ابعاد عایق مستطیلی را به شکل مناسب تنظیم نمود [۳۳]. همچنین با به‌کارگیری زیرلایه‌ای مغناطیسی به جای عایقی یا توأم با آن، پهنای باند آن را به صورت قابل توجهی افزایش داد [۳۳-۳۵].

در این تحقیق، ساختاری متشکل از چندین قطعه عایق با ابعاد متفاوت به جای عایق یکپارچه معمول ارائه شده است. در این ساختار هر بخش عایقی خود دارای سه متغیر طول، عرض و ارتفاع می‌باشد. به لحاظ دشواری کنترل تغییرات پارامترهای متعدد و نیز حفظ تقارن شکل پرتو تشعشی آنتن، طراحی روی ساختاری متقارن تمرکز یافته است. بدین منظور، ساختارهایی با تعداد قطعات عایقی فرد (۳، ۵، ۷ و ...) بررسی شده است. نمایی کلی از ساختار با پهنای متغیر پیشنهادی در شکل ۵ نشان داده شده است.



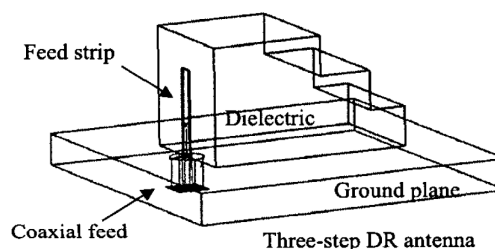
شکل ۵- ساختار آنتن عایقی ۱۰ تکه‌ای از نمای بالا

ایده به کار رفته در این طرح مشابه طرح عایقی پله‌ای می‌باشد. البته در ساختار جدید تغییرات عرض قطعه



شکل ۳- آنتن DRA مستطیلی شکافدار با تغذیه روزنه‌ای

از تکنیک پله‌ای کردن عایق آنتن نیز به عنوان روشی برای افزایش پهنای باند آن استفاده شده است. برای نمونه با بهره‌گیری از ساختار سه پله‌ای و تنظیم فرورفتگی پله‌ها به فرم شکل ۴ پهنای باندی بیش از ۱۰٪ برای امیدانسی و پرتو تشعشی به دست آمده است [۲۰].



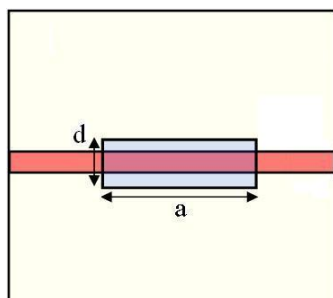
شکل ۴- ساختار آنتن DRA مستطیلی پله‌ای

به طور معمول، در ساختارهای مستطیلی مدهای بیشتری در مقایسه با استوانه‌ای تحریک می‌شود [۲۱]. البته در ساختار استوانه‌ای نیز تحریک مد مرتبه بالاتر در مجاورت مد اصلی با تنظیم نسبت ارتفاع به شعاع آن امکان‌پذیر می‌باشد. بیشترین پهنای باند به طور تجربی برای نسبت ۰/۳۲۹ گزارش شده است [۲۲].

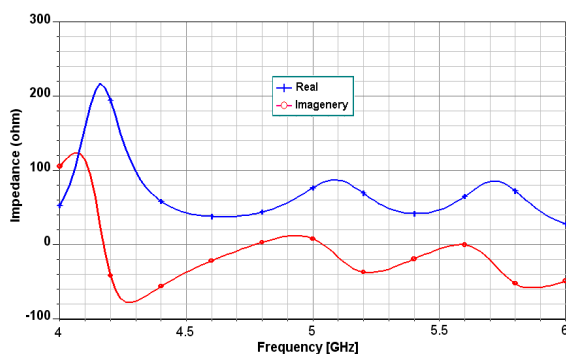
همچنین ساختارهایی شامل تشعشع کننده‌های اضافی با پرتو تشعشی مشابه با ایجاد خاصیت تشدید در چندین باند فرکانسی مجزا، پهنای باند وسیعی را ایجاد می‌کنند [۲۳-۲۶]. به کارگیری ساختار آنتن با شکل‌های خاص نیز در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است [۲۷-۲۸].

ساختار بطور تجربی برای یک نسبت ابعاد بهینه بدست می‌آید. ابعاد قطعه عایقی با نسبت ابعاد مناسب بدست آمده به روش سعی و خطا، شامل طول و عرض (d , a) به ترتیب ۲۰ و ۳ میلی‌متر و ارتفاع قطعه نیز ۱۲ میلی‌متر می‌باشد. ابعاد قطعه به ترتیب معادل ۰/۳۳، ۰/۰۵ و ۰/۲ طول موج در فرکانس مرکزی ۵ گیگاهرتز می‌باشد. همچنین با تنظیم محل استقرار عایق روی خط تغذیه، تطبیق امپدانس مناسبی محقق می‌شود. قطعه عایقی به فرم شکل ۶ روی خط تغذیه مایکرواستریپ ۵۰ اهمی قرار گرفته است.

منحنی بخش‌های حقیقی و موهومی امپدانس ورودی آنتن عایقی طراحی شده روی خط تغذیه مایکرواستریپ در بازه فرکانسی ۴ تا ۶ گیگاهرتز در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۶- نحوه استقرار آنتن عایقی روی خط تغذیه مایکرواستریپ



شکل ۷- منحنی امپدانس ورودی آنتن عایقی تیغه‌ای طراحی شده

منحنی پاسخ فرکانسی افت برگشتی آنتن عایقی نیز در بازه ۴ تا ۶ گیگاهرتز در شکل ۸ نشان داده شده است.

جایگزین تغییرات ارتفاع شده است. به عبارتی در کل ساختار ارتفاع عناصر عایقی یکسان می‌باشد. همچنین در روش پیشنهادی تقارن ساختار مورد تأکید قرار گرفته است. بدین ترتیب در یک ساختار متقارن N تکه‌ای تعداد پارامترهای طراحی از $3N$ به $N+2$ متغیر کاهش یافته است. این کاهش برای N های بزرگ قابل ملاحظه می‌باشد. برای مثال، در ساختار ۷ تکه تعداد متغیرهای طراحی از ۲۱ به ۹ کاهش یافته است. برای شبیه‌سازی ساختار عایقی آنتن و صفحه زمین آن از نرم‌افزار Ansoft-HFSS بهره گرفته شده است. اساس عملکرد این نرم‌افزار روش عددی تمام موج اجزاء محدود^۱ (FEM) می‌باشد [۳۶].

۳-۱- طرح اولیه آنتن عایقی مستطیلی

در گام نخست یک طراحی مناسب برای ساختار عایقی تشدید مستطیلی صورت گرفته است. به منظور دستیابی به پهنای باند وسیع‌تر ساختاری تیغه‌ای (با عرض کم) مورد توجه قرار گرفته است. علت آنست که انتخاب نسبت ابعاد مناسب، کاهش فاکتور کیفیت و در نتیجه افزایش پهنای باند امپدانس را در پی دارد [۳۱].

ابعاد اولیه آنتن عایقی تشدید مستطیلی با استفاده از معادلات توسعه یافته برای مدل موج‌بر عایقی برای یک تشدید کننده مستطیلی به فرم زیر تعیین می‌شود [۳۷].

$$f_0 = \frac{c}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{k_x^2 + k_y^2 + k_z^2} \quad (4)$$

که در آن:

$$k_x = \frac{\pi}{a}, \quad k_y = \frac{\pi}{b}, \quad (5)$$

$$k_z \tan(k_z d / 2) = \sqrt{(\epsilon_r - 1)k_0^2 - k_x^2 - k_y^2}$$

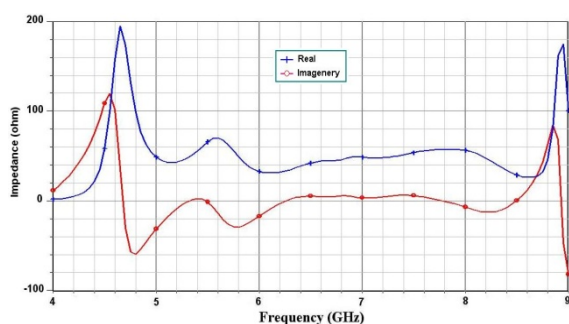
که k_x , k_y و k_z عدد موج در داخل عایق تشدید می‌باشد. ترتیب در امتداد مسیرهای x , y و z است. سپس ابعاد

^۱ Finite Element Method

جدول ۱- ابعاد ساختار آنتن عایق ۷ تکه‌ای بهبود یافته

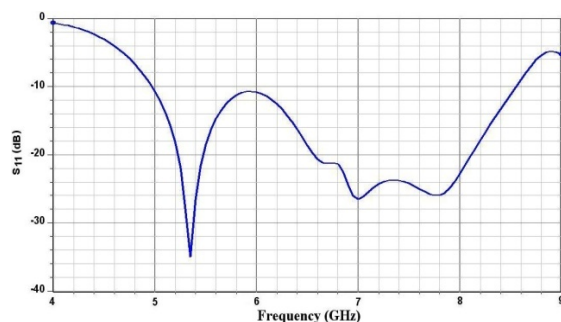
المان #	طول a (mm)	عرض d (mm)
۱	۴	۵
۲	۱/۵	۷
۳	۴/۵	۱/۲
۴	۲	۱/۶

منحنی بخش‌های حقیقی و موهومی امپدانس ورودی آنتن عایقی طراحی شده بهبود یافته روی خط تغذیه میکرواستریپ در بازه فرکانسی ۴ تا ۹ گیگاهرتز در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۰- منحنی امپدانس ورودی آنتن عایق ۷ تکه‌ای

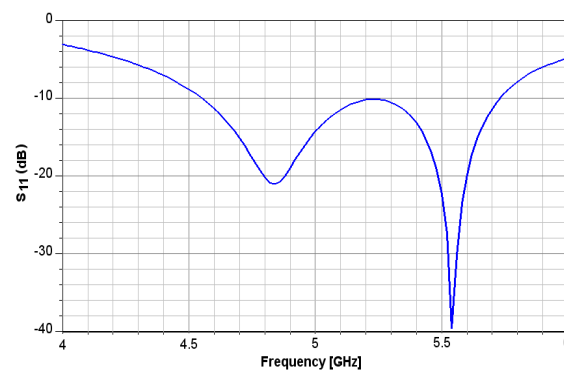
مطابق شکل ۹ تغییرات هر دو بخش حقیقی و موهومی امپدانس در بازه‌ای در حدود ۴/۹ تا ۸/۷ گیگاهرتز به خوبی حول مقدار $50 + j0$ کنترل شده است. منحنی افت برگشتی آنتن عایقی بهبود یافته در بازه فرکانسی ۴ تا ۹ گیگاهرتز در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱- منحنی افت برگشتی آنتن عایق ۷ تکه‌ای طراحی بهبود یافته

ساختار عایقی مستطیلی طراحی شده در این مرحله دارای سه فرکانس تشدید در فرکانس‌های ۵/۳۵، ۷/۰۱ و

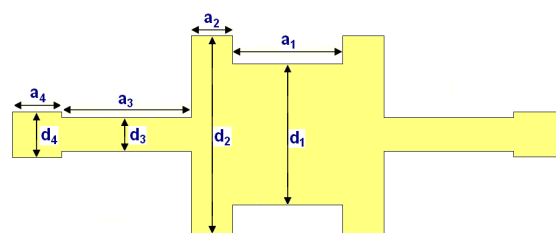
هدف این طراحی، ترکیب دو باند فرکانسی مجاور برای کاربردی پهن‌بند با کمترین هم‌پوشانی است. مطابق شکل، ساختار تیغه‌ای طراحی شده دارای دو فرکانس تشدید در فرکانس‌های ۴/۸۳ و ۵/۵۴ گیگاهرتز است. همچنین دارای باند تطبیق یافته امپدانس یکپارچه‌ای در بازه ۴/۵۵ تا ۵/۷۳ گیگاهرتز می‌باشد که بیانگر دستیابی به پهنای باند فرکانسی ۲۱/۳٪ در این مرحله است.



شکل ۸- منحنی افت برگشتی آنتن عایق تیغه‌ای

۳-۲- طرح بهبود یافته غیریکنواخت

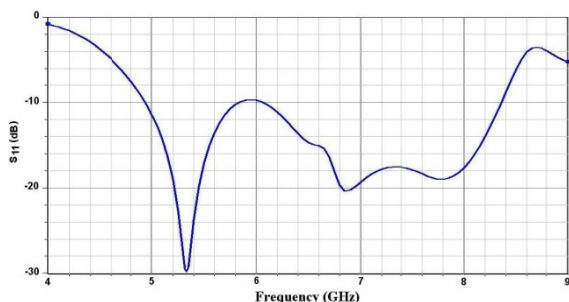
پس از دستیابی به طرح اولیه مناسب، با تفکیک آن به N بخش مجزا و تغییر عرض آنها تحقق پهنای باندی وسیع‌تر دنبال شده است. ارتفاع قطعات عایقی نیز ثابت در نظر گرفته شده است. پارامترهای ساختار یک آنتن عایقی ۷ بخشی مقارنی در شکل ۹ معرفی شده است.



شکل ۹- ساختار آنتن عایقی مقارن ۷ تکه‌ای

نتایج به دست آمده بیانگر آنست که در یک پروفایل عرضی غیریکنواخت، قسمت مرکزی عریض و انتهای باریک نتایج مناسبی دارد. نمونه‌ای از ابعاد ساختار طراحی شده ۷ تکه بهبود یافته در جدول ۱ ارائه شده است.

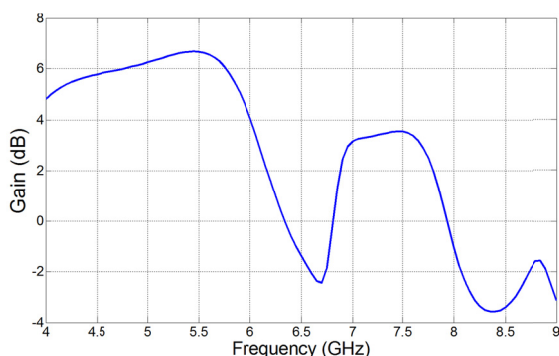
منحنی افت برگشتی آنتن عایقی ۳ تکه جدید نیز در بازه فرکانسی ۴ تا ۹ گیگاهرتز در شکل ۱۳ نشان داده شده است. به علت تشابه بالای منحنی‌های امپدانس ورودی آنتن با ساختار قبل و عدم درک تمایز آنها از تکرار آنها اجتناب شده است.



شکل ۱۳- منحنی افت برگشتی آنتن عایق ۳ تکه‌ای

همانطور که از مقایسه منحنی شکل‌های ۱۰ و ۱۲ کاملاً مشهود است، عدم تطبیق امپدانس آنتن ۳ تکه‌ای افزایش یافته به طوری که علاوه بر بالا آمدن سطح منحنی در کل باند، باند فرکانسی یکپارچه را نیز از دست داده‌ایم. بدین ترتیب با تبدیل ساختار ۷ تکه به ساختاری ۳ تکه‌ای و به عبارتی کاهش درجه آزادی طراحی آنتن، نتایج تطبیق امپدانس آن به طور ملموسی تنزل یافته است.

در ادامه، تأثیر تغییر ساختار ایجاد شده علاوه بر امپدانس ورودی، بر شکل پرتو تشعشی آنتن نیز بررسی شده است. پاسخ فرکانسی بهره تشعشی ساختار ۷ تکه‌ای بهبود یافته در بازه فرکانسی ۴ تا ۹ گیگاهرتز، در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

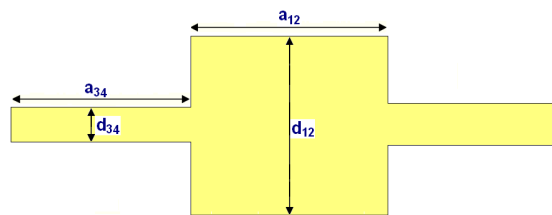


شکل ۱۴- پاسخ فرکانسی بهره تشعشی آنتن عایقی ۷ تکه‌ای

۷/۷۶ گیگاهرتز است. همچنین دارای باند امپدانس تطبیق یافته در باندهای ۴/۹۷ تا ۸/۵۵ گیگاهرتز می‌باشد که بیانگر دستیابی به پهنای باند امپدانس معادل ۵۲/۹۶ درصد می‌باشد.

از نظر اندازه آنتن نیز علی‌رغم ثابت ماندن طول مجموع قطعات (در ۲۰ میلی‌متر)، با وجود تغییرات عرض قطعات، در مجموع حجم آن از ۷۲۰ به ۶۹۸/۴ میلی‌متر مکعب کاهش یافته است.

در ادامه کار تأثیر تعداد عناصر عایقی و به عبارتی مزیت بهره‌گیری از پارامترهای بیشتر در طراحی آنتن مورد توجه واقع شده است. بدین منظور تعداد بخش‌های عایقی از ۷ بخش به ۳ بخش کاهش یافته است. با توجه به نزدیکی پهنای المان‌های ۱ و ۲ و نیز المان‌های ۳ و ۴ به هم، مطابق شکل ۱۲ تعداد عناصر عایقی از ۷ به ۳ المان کاهش یافته است.



شکل ۱۲- ساختار آنتن عایق ۳ تکه‌ای

در آنتن عایقی ۳ تکه‌ای جدید، با بهره‌گیری از ساده‌ترین فرمول ممکن، طول المان از ترکیب دو طول مجاور ترکیب شده و نیز عرض تکه‌های عایقی ساختار نیز با متوسط‌گیری از دو عرض ترکیب شده به دست آمده است. ارتفاع ساختار نیز همچنان ثابت در نظر گرفته شده است. ابعاد طول و عرض به دست آمده ساختار بهبود یافته در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- ابعاد ساختار آنتن عایق ۳ تکه‌ای

المان #	طول a (mm)	عرض d (mm)
۲ و ۱	۷	۶
۳	۶/۵	۱/۴

جدول ۳- مقایسه نسبت حجم به سطح تشعشی در ۳ طرح

قطعه عایقی			
نسبت V/S	سطوح تشعشع mm ²	حجم قطعه mm ³	طرح آنتن
۱/۷۹۲	۴۰۱/۶۶	۷۲۰	مکعب
۱/۱۷۶	۶۱۲	۷۲۰	تیغه‌ای
۰/۸۹۱	۷۷۳/۴	۶۹۸/۴	۷ تکه‌ای

مطابق رابطه ۶، در ساختار ۷ تکه‌ای با کاهش نسبت حجم به سطح تشعشی، پارامتر کیفیت ساختار کاهش یافته و در نتیجه پهنای باند ساختار افزایش یابد. بدیهی است که با افزایش تعداد N و افزایش تغییرات سطوح آنتن نسبت حجم به سطح کاهش یافته که کاهش پارامتر کیفیت آنتن و افزایش پهنای باند را در پی خواهد داشت. البته با افزایش پارامترها، طراحی آنتن مستلزم به کارگیری یکی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، افزایش پهنای باند امپدانس یک آنتن عایقی مستطیلی تغذیه شده توسط خط میکرواستریپ مورد توجه قرار گرفته است. بدین منظور ساختار جدیدی برای افزایش پهنای باند آنتن، با کاهش پارامتر کیفیت آن پیشنهاد شده است. در ساختار معرفی شده با بهره‌گیری از ساختاری یکپارچه و متقارن و چندین بخشی با طول و عرض مختلف، پهنای باند افزایش یافته است. با افزایش تعداد بخش‌های عایقی، پهنای باند آن افزایش بیشتری می‌یابد که البته دشواری طراحی ساختار و نیز برش قطعات عایقی در ساخت آن را در پی دارد. در این تحقیق، طراحی بهینه برای ساختاری ۷ تکه صورت گرفته است. با بهره‌گیری از این ساختار، علاوه بر کاهش حجم ساختار و اخذ شکل پرتوی مناسب، پهنای باند امپدانس از ۲۱/۳٪ به ۵۲/۹۶٪ افزایش یافته است.

تقدیر و تشکر

این تحقیق با حمایت دانشگاه سمنان صورت گرفته است. نویسنده مقاله کمال تشکر را از اصلاحات ارزنده داوران، ابراز می‌دارد.

مطابق شکل فوق، بیشترین نوسان بهره تشعشی آنتن بین فرکانس‌های ۵/۵ تا ۸/۴ گیگاهرتز و در حدود ۱۰ دسیبل می‌باشد. مقایسه نتایج بیانگر آن است که با به-کارگیری تکنیک معرفی شده پهنای باند امپدانس بیشتری در مقایسه با روش ارتفاع متغیر به دست آمده است [۲۰]. البته استفاده از این پهنای باند به صورت منفصل می‌باشد و به عبارتی مستلزم به کارگیری آنتن در مدهای مختلف و با شکل پرتوهای تشعشی متفاوت می‌باشد [۳۸]. با ترکیب این دو ایده و تغییر توأم ارتفاع و عرض قطعات عایقی، نتایج بهتری نیز دست‌یافتنی به نظر می‌رسد.

۴- بحث

معمولاً برای بهبود تبادل حرارتی در کاربردهایی نظیر پردازنده رایانه^۱ از فرم‌های رادیاتور شکل استفاده می‌شود. علت این امر افزایش سطح تماس مفید برای تبادل حرارتی با محیط است. در ساختار پیشنهادی نیز این مسئله مورد تأکید قرار گرفته است. پارامتر کیفیت آنتن تابعی از نسبت انرژی ذخیره شده در حجم به توان تشعشی از سطح است. بدین ترتیب کیفیت تابعی از نسبت حجم قطعه عایقی به سطوح جانبی تشعشع کننده است. رابطه بین کیفیت آنتن و ساختار هندسی عایق در فرکانس ω_0 به فرم رابطه ۶ است [۳۸].

$$Q = 2\omega_0 \frac{\text{Stored Energy}}{\text{Radiated Power}} \quad (6)$$

$$\propto 2\omega_0 \epsilon_r^p \left(\frac{\text{Volume}}{\text{Surface}} \right)^s \text{ with } p > s \geq 1$$

که همواره یکی از وجوه قطعه عایقی روی خط تغذیه میکرواستریپ قرار گرفته و تشعشع از سایر وجوه (۵ وجه) آن صورت می‌گیرد. نسبت حجم به سطح تشعشی برای سه ساختار مختلف بررسی شده، شامل عایق مکعبی، ساختار طراحی شده تیغه‌ای و نیز ساختار ۷ تکه طراحی شده در جدول ۳ مقایسه شده است.

¹ Heat Sink

مراجع

- [1] Kajfez, D., Guillon, P. (1986), "Dielectric Resonators". Artech House.
- [2] Long, S.A., McAllister, M.W., Shen, L.C. (1983), "The resonant cylindrical dielectric cavity antenna". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 31, pp. 406-412.
- [3] Petosa, A., Ittipiboon, A., Antar, Y.M.M., Roscoe, D. (1998), "Recent advances in dielectric resonator antenna technology". IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 40, pp. 35-48.
- [4] Luk, K.M., Leung, K.W. (2003), "Dielectric Resonator Antennas". Research Studies Press Ltd.
- [5] Petosa, A. (2007), "Dielectric Resonator Antenna Handbook". Artech House Publishers.
- [6] Petosa, A., Ittipiboon, A. (2010), "Dielectric resonator antennas: A historical review and the current state of the art". IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 52, pp. 91-116.
- [7] Batra, D., Sharma, S., Kohli, A.K. (2012), "Dual-band dielectric resonator antenna for C and X band application". Intl. J. Antennas and Propagation, No. 914201, pp. 1-7.
- [8] Petosa, A., Thirakoune, S. (2011), "Rectangular dielectric resonator antennas with enhanced gain". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 59, pp. 1385-1389.
- [9] Gao, Y., Feng, Z., Zhang, L. (2012), "Compact asymmetrical T-shaped dielectric resonator antenna for broadband applications". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 60, pp. 1611-1615.
- [10] Ge, Y., Esselle, K.P., Bird, T.S. (2011), "Compact dielectric resonator antennas with ultrawide 60%-110% bandwidth". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 59, No. 9, pp. 3445-3448.
- [11] Petosa, A., Simons, N., Siushansian, R., Ittipiboon, A., Cuhaci, M. (2000), "Design and analysis of multisegment dielectric resonator antennas". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 48, No. 5, pp. 738-742.
- [12] Rashidian, A., Forooraghi, K., Tayfeh-Aligodarz, M. (2005), "Investigations on two-segment dielectric resonator antennas". Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 45, No. 6, pp. 533-537.
- [13] Rashidian, A., Klymyshyn, D.M. (2009), "On the two segmented and high aspect ratio rectangular dielectric resonator antennas for bandwidth enhancement and miniaturization". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 57, No. 9, pp. 2775-2780.
- [14] Tam, M.T.K., Murch, R.D. (1997), "Half volume dielectric resonator antenna designs". Electronics Letters, Vol. 33, No. 23, pp. 1914-1916.
- [15] O'Keefe, S.G., Kingsley, S.P., Saario, S. (2002), "FDTD simulation of radiation characteristics of half-volume HEM and TE-mode dielectric resonator antennas". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 50, No. 2, pp. 175-179.
- [16] Tam, M.T.K., Murch, R.D. (1999), "Compact circular sector and annular sector dielectric resonator antennas". IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. 47, No. 5, pp. 837-842.
- [17] Guha, D., Gupta, B., Kumar, C., Antar, Y.M.M. (2012), "Segmented hemispherical DRA: New geometry characterized and investigated in multi-element composite forms for wideband antenna applications". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 60, No. 3, pp. 1605-1610.
- [18] Hui, K.Y., Luk, K.M. (2005), "A miniature dielectric resonator loaded patch antenna". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 53, No. 6, pp. 2118-2122.
- [19] Ittipiboon, A., Petosa, A., Roscoe, D., Cuhaci, M. (1996), "An investigation of a novel broadband dielectric resonator antenna". IEEE Antennas and Propagation Society Intl. Symp., pp. 2038-2041, USA.
- [20] Pliakostathis, K., Mirshekar-Syahkal, D. (2004), "Stepped dielectric resonator antennas for wideband applications". IEEE Antennas and Propagation Society Intl. Symp., pp. 1367-1370, USA.
- [21] Li, B., Leung, K.W. (2005), "Strip-fed rectangular dielectric resonator antennas with/without a parasitic patch". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 53, No. 7, pp. 2200-2207.

- [22] Chair, R., Kishk, A.A., Lee, K.F. (2005), "Wideband simple cylindrical dielectric resonator antennas". IEEE Microwave and Wireless Components Letters, Vol. 15, No. 4, pp. 241-243.
- [23] Buerkle, A., Sarabandi, K., Mosallaei, H. (2005), "Compact slot and dielectric resonator antenna with dual-resonance, broadband characteristics". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 53, No. 3, pp.1020-1027.
- [24] Denidni, T.A., Rao, Q. (2004), "Hybrid dielectric resonator antennas with radiating slot for dual-frequency operation". IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 3, No. 1, pp. 321-323.
- [25] Lapierre, M., Antar, Y.M.M., Ittipiboon, A., Petosa, A. (2005), "Ultra wideband monopole/dielectric resonator antenna". IEEE Microwave and Wireless Components Letters, Vol. 15, No. 1, pp. 7-9.
- [26] Kishk, A. (2005), "Experimental study of broadband embedded dielectric resonator antennas excited by a narrow slot". IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 4, pp. 79-81.
- [27] Denidni, T.A., Zibin W., Niroo-Jazi, M. (2010), "Z-shaped dielectric resonator antenna for ultra wideband applications". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 58, No. 12, pp. 4059-4062.
- [28] Thamae, L.Z., Zhipeng, W. (2010), "Broadband bowtie dielectric resonator antenna". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 58, No. 11, pp. 3707-3710.
- [29] Rezaei, P., Hakkak, M., Forooraghi, K. (2006), "Dielectric resonator antenna for wireless LAN applications". IEEE Intl. Symp. on Antennas and Propagation, pp. 1005-1008.
- [30] Rezaei, P., Hakkak, M., Forooraghi, K. (2007), "Wide-band rectangular dielectric resonator antenna". 15th Iranian Conf. on Elec. Eng., pp. 17-22.
- [31] Rezaei, P., Hakkak, M., Forooraghi, K. (2006), "Design of wide-band dielectric resonator antenna with a two-segment structure". Progress in Electromag. Res., Vol. 66, pp. 111-124.
- [32] Rezaei, P., Hakkak, M., Forooraghi, K. (2006), "Multi-band rectangular dielectric resonator antenna with Crank-shape feed-line". 7th Intl. Symp. on Antennas and Propagation and EM Theory, Vol. 1, pp. 195-198.
- [33] Rezaei, P., Hakkak, M., Forooraghi, K. (2007), "Effect of magnetic layer on the microstrip-excited rectangular dielectric resonator antennas bandwidth". J. Electromag. Waves and Appl., Vol. 21, No. 7, pp. 915-927.
- [34] Rezaei, P., Hakkak, M., Forooraghi, K. (2007), "Influence of magnetic layer on the microstrip-excited rectangular DRA bandwidth". IEEE Intl. Symp. on Antennas and Propagation, pp. 4893-4896.
- [35] Rezaei, P., Hakkak, M., Forooraghi, K. (2007), "Gap compensation of magnetic layer on the microstrip-excited rectangular DRA". IEEE Intl. Symp. on Antennas and Propagation, pp. 3856-3859.
- [36] HFSS: High Frequency Structure Simulator Based on the Finite Element Method, (2004). Ansoft Corporation, USA.
- [37] Mongia, R.K., Ittipiboon, A. (1997), "Theoretical and experimental investigations on rectangular dielectric resonator antennas". IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 45, No. 9, pp. 1348-1356.
- [38] Bit-Babik, G., Di-Nallo, C., Faraone, A. (2004), "Multimode dielectric resonator antenna of very high permittivity". IEEE Intl. Symp. on Antennas and Propagation, Vol. 2, pp. 1383-1386.

BANDWIDTH BROADENING OF DIELECTRIC RESONATOR ANTENNA BY NON UNIFORM WIDTH

P. Rezaei^{1,*}

1. Semnan University, Electrical Engineering and Computer Faculty

*Corresponding Author: prezaei@semnan.ac.ir

ARTICLE INFO

Keywords:

Rectangular
Dielectric Resonator
Antenna,
Broadening
Bandwidth,
Quality Factor,
Non-Uniform
Structure.

ABSTRACT

In this paper a rectangular dielectric resonator antenna (DRA) fed by a microstrip line is studied. Therefore, at first radiation performance of DRA is studied, and the improvement techniques are reviewed. Then propose a novel configuration for broadening of the impedance bandwidth. In the proposed arrangement, by using multi-segment structure with different dimensions, increase the antenna impedance bandwidth. However for decreasing the design parameters, variations limited to the segments width. So, with the non-uniform configuration by variable width, it is possible to create remarkable increase in frequency bandwidth. Utilizing the symmetrical seven-segment DRA and skillfully varying its aspect ratio, an appropriate structure is obtained that illustrates more than 52% impedance bandwidth for $S_{11} > 10$.
