

حذف جابجایی فرکانسی بین پهنای باند نسبت محوری و پهنای باند امپدانس آنتن پچ با

قطبی‌شدگی دایروی

فرهاد قربانی^۱، هادی علی‌اکبریان^{۲*}، سهیل رادیوم^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، ۲- استادیار، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، مرکز تحقیقات فضایی، پژوهشگاه فضایی ایران

۳- دکتری، مرکز تحقیقات فضایی، پژوهشگاه فضایی ایران

(دریافت: ۹۶/۰۹/۱۲، پذیرش: ۹۷/۰۲/۱۰)

چکیده: افزایش پهنای باند آنتن‌های پچ همواره یکی از چالش‌های پیش رو طراحان بوده است. یکی از روش‌های ساده برای افزایش پهنای باند و بهره، افزایش ضخامت زیر لایه آنتن پچ است. این روش در آنتن‌های پچ بریده شده با قطبی‌شدگی دایروی سبب جابجایی فرکانسی پهنای باند نسبت محوری آنتن می‌شود. در این مقاله ما توانستیم با مستطیل کردن آنتن پچ بریده شده که در اصل مربعی است، این جابجایی فرکانسی را جبران کنیم. به کمک روابط تحلیلی، عامل به وجود آورنده این جابجایی فرکانسی مشخص شده و به‌خوبی اثر آن خنثی می‌شود. کارایی روش پیشنهادی، با اعمال آن بر روی یک آنتن پچ بریده شده نمونه در باند UHF که با استفاده از زیر لایه هوا و FR4 طراحی شده است، به‌خوبی مشخص می‌شود. بدون اعمال این روش پهنای باند واقعی، شامل اشتراک عرض باند امپدانس و نسبت محوری آنتن معیار، کمتر از ۰/۵ درصد است در حالی که با اعمال روش پیشنهادی در این مقاله پهنای باند آنتن تا حدود ۲/۵ درصد افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی در نرم‌افزار CST و HFSS و تست عملی آنتن، عملکرد خوب این روش را نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: آنتن پچ، قطبی‌شدگی دایروی، افزایش پهنای باند، نسبت محوری

۱- مقدمه

برای طراحی یک آنتن پچ با قطبی‌شدگی دایروی، اولین گزینه استفاده از دو تغذیه با اختلاف فاز ۹۰ درجه جهت تحریک آنتن پچ مربعی است. این روش نیاز به جابجایی فاز دهنده مجزا جهت ایجاد اختلاف فاز است. گزینه دیگر برای طراحی آنتن CP استفاده از یک تغذیه است. در این روش با ایجاد یک تغییر کوچک در ساختار مربعی شکل آنتن پچ اولیه، دو مد عمود بر هم را ایجاد می‌کنند. روش ایجاد تغییر در ساختار پچ مربعی منجر به طراحی انواع مختلفی از آنتن‌های CP شده است. هدف از طراحی آنتن CP، ایجاد دو مد تشعشعی با اندازه یکسان و اختلاف فاز ۹۰ درجه است. طراحی‌های هندسی مختلف از قبیل پچ مربعی، بریده، شکاف دار و ... در مراجع [۱، ۳، ۷ و ۸] مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در طراحی‌ها با یک تغذیه، محل قرارگیری تغذیه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مرجع [۹] برای آنتن پچ با هندسه تقریباً مربعی^۲ محل تغذیه بهینه را بررسی کرده است.

به صورت کلی عرض باند آنتن به پارامترهای زیادی همچون بهره، الگو تشعشعی، نسبت محوری و ... بستگی دارد. لذا عرض باند آنتن به بازه فرکانسی اطلاق می‌شود که پارامترهای آنتن در

آنتن پچ ریز نوار^۱، یک آنتن صفحه‌ای است که به دلیل هندسه مسطح آن بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در مراجع [۵-۱] مبانی طراحی آن بیان شده است. تحلیل عملکرد آنتن پچ از طریق مدل کردن آن با کاواک در مرجع [۱] بیان شده است. همچنین روش دیگر تحلیل آن استفاده از مدل مداری است. مدل مداری برای آنتن پچ با قطبی‌شدگی دایروی در مرجع [۶] بررسی شده است.

برخی مواقع امکان دارد به دلیل بازتاب و یا انتشار چندمسیره، قطبی‌شدگی موج ارسالی تغییر کند. در این شرایط با توجه به نامعلوم بودن قطبی‌شدگی موج ارسالی، بهترین گزینه برای دریافت امواج، استفاده از آنتن گیرنده با قطبی‌شدگی دایروی است. آنتن‌های مختلف معمولاً روش‌هایی برای طراحی با قطبی‌شدگی دایروی دارند. در این مقاله یکی از معضلات طراحی آنتن پچ با قطبی‌شدگی دایروی بررسی و راه‌حل آن ارائه می‌شود.

* نویسنده پاسخگو: aliakbarian@eetd.kntu.ac.ir

1- Microstrip

2 -Almost square

در آنتن‌های پچ CP افزایش ضخامت زیر لایه منجر به جابجایی فرکانس مرکزی AR می‌شود. بر این اساس عدم اشتراک پهنای باند RL و AR در ضخامت‌های زیاد، منجر به از بین رفتن عرض باند و در نتیجه ناکارآمدی روش افزایش ضخامت در آنتن پچ CP شده است. در این مقاله دلایل این موضوع بنا بر روابط تحلیلی بر طبق طراحی آنتن پچ بریده بررسی شده است. طبق بررسی‌های انجام‌شده هرچه ضخامت بیشتر افزایش پیدا کند، فاصله بین فرکانس مرکزی AR و RL بیشتر می‌شود. این موضوع در ضخامت‌های بالا منجر به از بین رفتن کامل پهنای باند مفید آنتن می‌شود. هرچه ضخامت زیر لایه افزایش پیدا کند فاصله فرکانس مرکزی پهنای باند AR و پهنای باند RL افزایش یافته، تا جایی که عملاً این دو با یکدیگر همپوشانی نخواهند داشت. با این توصیف عملاً پهنای باند آنتن در ضخامت‌های زیاد صفر شده و آنتن کارایی خود را از دست می‌دهد. این مشکل در مرجع [۳] نیز گزارش شده است اما راه‌حلی برای آن مطرح نشده است. در ادامه منشأ این مشکل و راه‌حل آن از لحاظ تئوری بررسی می‌شود.

راه‌حل اجراشده در این مقاله، استفاده از ساختار هندسی ترکیبی برای ایجاد تغییر در هندسه آنتن است. آنتن‌های بریده از برش دو گوشه یک پچ مربعی ساخته می‌شوند. آنتن‌های تقریباً مربعی نیز با بزرگ‌تر کردن یکی از اضلاع آنتن پچ مربعی به دست می‌آید. در این مقاله از طریق روابط ریاضی، نتایج شبیه‌سازی و تست عملی نشان داده می‌شود که با ترکیب هندسه آنتن بریده و آنتن تقریباً مربعی می‌توان در ضخامت‌های زیاد زیر لایه، فرکانس مرکزی AR را جابجایی داد. به نحوی که پهنای باند AR و RL تقریباً منطبق شوند.

آنتن طراحی‌شده در این مقاله قسمتی از آنتن گیرنده رادیوسوند است. ابعاد، فرکانس مرکزی و دیگر پارامترهای آن به نحوی انتخاب شده‌اند که در آنتن گیرنده رادیو سوند بهترین کارایی را داشته باشند. بر همین مبنا فرکانس کاری آنتن ۴۰۵ MHz انتخاب شده است.

در این مقاله در بخش ۲، روابط تحلیلی که می‌تواند این جابجایی فرکانسی را توصیف کند بررسی می‌شود. در بخش ۳، مسائل مربوط به مدل‌سازی و شبیه‌سازی آنتن مورد بحث قرار می‌گیرد. در بخش ۴، ساختار نهایی ساخته شده، ارائه می‌شود و مقایسه بین نتایج شبیه‌سازی و تست عملی بررسی می‌شود. در نهایت نیز در بخش انتهایی نتیجه‌گیری کلی مقاله ارائه می‌شود.

۲- تحلیل عرض باند نسبت محوری

در شکل (۱) طرح اولیه یک آنتن پچ آورده شده است. روابط

آن رفتار موردنظر طراح را اغنا کند. در بین این پارامترها، تلفات بازگشتی^۱ و الگوی تشعشی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. البته الگوی تشعشی خود دسته متنوعی از پارامترها از قبیل سمت‌گرایی^۲، بهره، نسبت محوری و عرض بیم^۳ را شامل می‌شود. با توجه به کارکرد مورد انتظار و مطلوب آنتن برای هر کدام از این پارامترها یک عرض باند مخصوص هر کدام تعریف می‌شود و عرض باند نهایی آنتن بازه فرکانس مشترک بین همه آن‌ها است.

در طراحی آنتن با قطبی‌شدگی خطی، پهنای باند تلف بازگشتی مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده محدود فرکانسی آنتن است. اما در آنتن‌های پچ با قطبی‌شدگی دایروی علاوه بر پهنای باند تلف بازگشتی، پهنای باند نسبت محوری نیز تعیین‌کننده می‌شود.

پارامتر تعیین‌کننده نسبت اندازه دو مد تشعشی، نسبت محوری یا AR نام دارد. پارامتر AR در حقیقت معیاری برای سنجش قطبی‌شدگی دایروی آنتن‌های CP است. در آنتن‌ها با قطبی‌شدگی دایروی علاوه بر پهنای باند RL باید پهنای باند AR نیز مورد توجه قرار گیرد. با توجه به این که یک آنتن CP باید در پهنای باند خود RL و AR مناسب داشته باشد پس پهنای باند آنتن‌های CP اشتراک پهنای باند RL و پهنای باند AR آنتن است. این موضوع اساس کلی این مقاله را تشکیل می‌دهد.

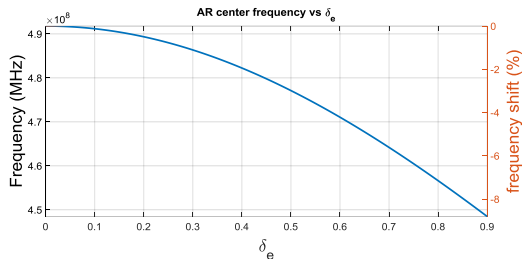
روش‌های افزایش پهنای باند آنتن پچ به تفصیل در مرجع [۳] بیان شده است. ضریب دی‌الکتریک و ضخامت آن پارامترهایی هستند که می‌توان با تغییر آن‌ها پهنای باند را افزایش داد. در مرجع [۹] به کمک تغییر ضریب دی‌الکتریک و طراحی فراماده برای این منظور، پهنای باند آنتن افزایش پیدا کرده است. یکی دیگر از رایج‌ترین روش‌ها برای افزایش پهنای باند، افزایش ضخامت زیر لایه آنتن پچ است. این روش در مرجع [۱۱] مورد بررسی قرار گرفته است. طبق بررسی‌های صورت گرفته در مرجع [۳] ارتباط ضخامت زیر لایه پچ با پهنای باند رابطه‌ای پیچیده است. اما از یک فرکانسی به بعد می‌توان به تقریب خوبی ادعا کرد که با افزایش ضخامت، پهنای باند آنتن نیز افزایش می‌یابد. این فرکانس مرزی از طریق روش خاصی تعیین نمی‌شود. برای آنتن مورد بررسی ما، با افزایش ضخامت پهنای باند آنتن افزایش می‌یابد. این موضوع نشان می‌دهد که فرکانس مرزی گفته شده برای این آنتن کمتر از فرکانس کاری ما است. افزایش پهنای باند با توجه به سادگی در طراحی و داشتن کارایی لازم، بسیار مورد توجه طراح‌های آنتن قرار گرفته است.

1- Return loss

2- Directivity

3- Beamwidth

محوری عمودی سمت راست مقدار درصد جابجایی فرکانسی نسبت به بیشینه فرکانس مرکزی AR رسم شده است. این نمودار به با فرض $a=b=30,5$ cm و همچنین زیر لایه هوا ($\epsilon_r = 1$) رسم شده است.



شکل (۲): نمودار تغییر فرکانس مرکزی بر حسب تغییر دلتای موثر

در مرجع [۳] برای دو ضخامت مختلف مقدار δ_e را به صورت

زیر آورده است.

$$\delta_{eff} = \tan \delta + 0.00786 \quad \text{for thickness} = 0.0795 \text{ cm} \quad (8)$$

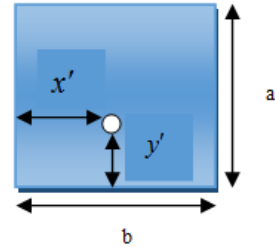
$$\delta_{eff} = \tan \delta + 0.02204 \quad \text{for thickness} = 0.318 \text{ cm}$$

طبق رابطه (۸) می‌توان نتیجه گرفت که رابطه بین δ_e و $\tan \delta$ یک رابطه خطی است اما در مورد رابطه بین δ_e و ضخامت زیر لایه تنها می‌توان گفت که با افزایش ضخامت مقدار δ_e نیز افزایش می‌یابد اما میزان این افزایش از رابطه خاصی پیروی نمی‌کند.

با توضیحات داده شده در بالا، جابجایی فرکانس مرکزی AR با افزایش ضخامت به خوبی قابل توضیح است. مطابق رابطه (۸) افزایش ضخامت باعث افزایش δ_e می‌شود. همچنین مطابق رابطه (۷) و نمودار شکل (۲) افزایش δ_e سبب کاهش فرکانس مرکزی AR می‌شود. لذا می‌توان ادعا کرد که افزایش ضخامت سبب کاهش فرکانس مرکزی AR می‌شود. از آنجا که رابطه بین δ_e و افزایش ضخامت فقط به صورت کیفی مشخص است پس نمی‌توان میزان دقیق این جابجایی فرکانسی را برای ضخامت‌های مختلف بیان کرد. این موضوع در مرجع [۳] با نتایج تجربی بیان شده است.

برای رفع مشکل باید به رابطه (۷) بازگردیم. در این رابطه جنس زیر لایه و ابعاد آنتن نیز در تعیین فرکانس مرکزی AR تاثیر دارند. تغییر جنس زیر لایه برای خنثی‌سازی این جابجایی فرکانسی سبب تغییر در دیگر ویژگی‌های آنتن نظیر پهنای باند امیدانسی، فرکانس کاری آنتن، بهره و... می‌شود. لذا تغییر این پارامتر توصیه نمی‌شود. پارامتر موثر دیگر ابعاد آنتن است. با اندکی تغییر در یکی از ابعاد آنتن می‌توان اثر افزایش ضخامت را

تحلیلی که در ادامه آورده می‌شود بر مبنای هندسه و پارامترهای نشان داده شده در شکل (۱) است.



شکل (۱): هندسه کلی پیچ

در صورتی که یک آنتن پیچ دارای قطب‌بندی دایروی باشد، رابطه (۱) برای آن برقرار خواهد بود [۳]. ما بررسی‌های خود را از این رابطه شروع می‌کنیم.

$$\frac{(k_{eff} - k_{10})}{(k_{eff} - k_{01})} = \frac{j}{A} \quad (1)$$

$$A = \frac{\cos(\frac{\pi y'}{b})}{\cos(\frac{\pi x'}{a})} \quad (2)$$

در رابطه فوق عدد موج مد TM10 و TM01 و همچنین عدد موج موثر به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$k_{10} = \frac{\pi}{b}, \quad k_{01} = \frac{\pi}{a} \quad (3)$$

$$k_{eff} = \sqrt{\epsilon_r} k_0 (1 - j \frac{\delta_e}{2}) \quad (4)$$

در رابطه (۴)، k_0 عدد موج خلا و پارامتر δ_e متناسب با $\tan \delta$ و ارتفاع زیر لایه است. از رابطه (۱) روابط زیر ناشی می‌شود:

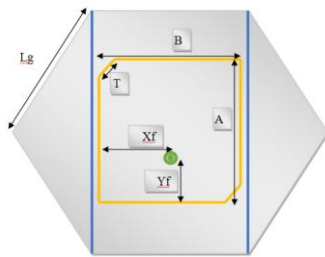
$$\text{Re} \left[\frac{(k_{eff} - k_{10})}{(k_{eff} - k_{01})} \right] = 0 \quad (5)$$

$$\text{Im} \left[\frac{(k_{eff} - k_{10})}{(k_{eff} - k_{01})} \right] = \frac{1}{A} \quad (6)$$

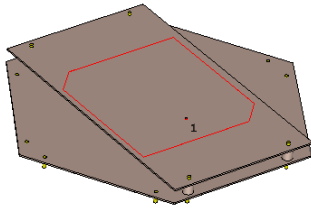
با جایگذاری رابطه (۳) و رابطه (۴) در رابطه (۵) و انجام ساده‌سازی‌های مناسب به رابطه ساده شده زیر می‌رسیم.

$$f = c \left(\frac{(a+b) + \sqrt{(a+b)^2 - ab(4 + \delta_{eff}^2)}}{ab \sqrt{\epsilon_0} (4 + \delta_{eff}^2)} \right) \quad (7)$$

رابطه فوق فرکانسی را که در آن رابطه (۱) برقرار هست را نشان می‌دهد. بر طبق رابطه (۷) در صورتی که δ_e افزایش یابد مقدار فرکانس مرکزی AR نیز کاهش می‌یابد. در شکل (۲) نمودار تغییرات فرکانس مرکزی AR بر حسب δ_e آورده شده است. در محور عمودی سمت چپ میزان جابجایی فرکانسی و در



الف



ب

شکل (۲): الف) هندسه آنتن پیچ طراحی شده با قطب‌شدگی دایروی (ب) مدل شبیه‌سازی شده

جدول (۱): پارامترهای هندسی آنتن طراحی شده

اندازه (cm)	پارامتر
۲/۶۸	ضخامت زیر لایه
۳۲	Lg
۳۰.۵	A
۲۹۰	B
۲/۵	T
۱۴/۷	Xf
۶/۲۵	Yf

با توجه به این که از زیر لایه هوا برای این آنتن استفاده شده است، نیاز به نگهدارنده‌های جداگانه‌ای برای نگه‌داشتن پیچ تشعشع‌کننده بر روی زمین آنتن داریم. بر این منظور از نگه‌دارنده‌های تفلونی استفاده شده است. همچنین پیچ‌های نگه‌دارنده آنتن بر روی ساختار نهایی و کانکتور تغذیه نیز در مدل شبیه‌سازی لحاظ شده است.

هندسه معمول برای آنتن بریده مطابق مرجع [۳]، هندسه مربعی شکل دارد اما همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، هندسه این آنتن طراحی شده به شکل تقریباً مربعی و truncate است. بر اساس آنچه شرح داده شد به منظور کاهش فرکانس مرکزی AR، اندکی از اندازه ضلع B کم شد تا این اتفاق رخ دهد.

میزان اثر این تغییر طول در فرکانس مرکزی AR به ازای طول‌های مختلف در نمودار شکل‌های (۴-۵) آورده شده است.

خنثی کرد. اثر تغییر ابعاد آنتن در جابجایی فرکانس مرکزی AR در شبیه‌سازی بررسی شده است.

۳- شبیه‌سازی

برای مشاهده پدیده مطرح‌شده و راه‌حل آن، شبیه‌سازی‌های اولیه در غالب یک آنتن پیچ بریده و در نرم‌افزار CST و HFSS انجام شده است. همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد، آنتن طراحی شده قسمتی از یک آنتن چند بخشی است که به منظور دریافت سیگنال فرستنده رادیوسوند طراحی شده است. بر این اساس شکل هندسی زمین این آنتن به نحوی طراحی شده است که به راحتی در ساختار نهایی آنتن گیرنده قرار گیرد. فرکانس مرکزی این آنتن ۴۰۵ MHz بوده و بهره در محور تراز آن حدود ۷/۵ dB است. مقدار AR کمتر از ۳ dB و پهنای باند حدود ۲/۵ درصدی نیز از اهداف طراحی هست. بر اساس شبیه‌سازی و آنچه در مرجع [۳] بیان شده است پهنای باند AR در حالت عادی حدود ۰/۵ درصد است. برای افزایش این پهنای باند به ناچار باید یکی از روش‌های پهن باندسازی را استفاده می‌کردیم. روش مورد استفاده نباید موجب کاهش بهره آنتن هم شود. لذا از روش افزایش ضخامت زیر لایه جهت افزایش پهنای باند استفاده کردیم. همزمان با افزایش ضخامت و کاهش ضریب دی‌الکتریک زیر لایه، پهنای باند و بهره آنتن افزایش یافت. زیر لایه آنتن را هوا انتخاب کردیم تا کمترین ضریب دی‌الکتریک ممکن را داشته باشد. متناسب با ساختار نگه‌دارنده آنتن نهایی، هندسه طراحی شده به صورت شکل (۳) است. ضخامت زیر لایه آن نیز ۲/۶۸ سانتی‌متر قرار داده شده است.

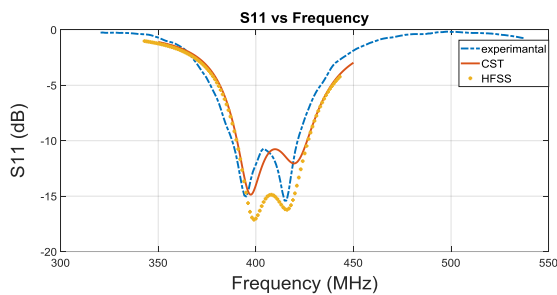
برای طراحی انجام‌شده در فرکانس ۴۰۵ MHz مطابق شکل (۳)، مقادیر پارامترهای طراحی در جدول (۱) آورده شده است. مقادیر اولیه پارامترهای موجود در جدول (۱) بر اساس روابط موجود در مرجع [۱۲] به دست آمده است. مقادیر نهایی نیز متناسب با اهداف طراحی، با تغییر مقادیر اولیه به دست آمدند.

در طراحی نهایی به منظور حفاظت از آنتن تشعشع‌کننده در برابر شرایط جوی، عدم نیاز به پوشش رادوم و همچنین حفظ استحکام آنتن، یک لایه FR4 به عنوان لایه بالایی بر روی قسمت تشعشع‌کننده و همچنین زمین آنتن قرار داده شده است. ضخامت این لایه ۰/۳۲ cm در نظر گرفته شده است تا از استحکام خوبی برخوردار باشد.

ساختار سه‌بعدی نهایی طراحی شده در نرم‌افزار CST در شکل (۳-ب) آورده شده است.

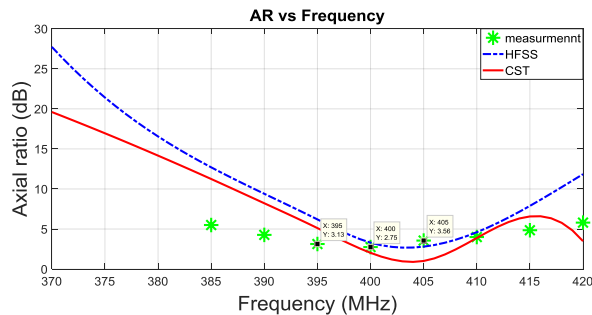
فضایی ایران نصب شده است.

نمودارهای S_{11} و AR و الگو تشعشی آنتن به‌عنوان معیارهای کارایی آنتن در این قسمت گزارش شده است. مقایسه بین نتایج شبیه‌سازی‌ها و اندازه‌گیری نشان می‌دهد که آنتن از کارایی بالایی برخوردار است. اندازه‌گیری‌های الگوی تشعشی و نسبت محوری این آنتن در اتاق آنتن دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیر انجام شده است. با توجه به این که اتاق‌های آنتن در دسترس معمولاً از فرکانس‌های بالای ۷۰۰ MHz معتبر می‌باشند، دقت اندازه‌گیری در فرکانس ۴۰۰ MHz کاهش یافته است. با توجه به اینکه تنها الگو تشعشی آنتن اندازه‌گیری شده است، به منظور مقایسه بهتر نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری، مقادیر الگو تشعشی نرمالیزه شده‌اند.



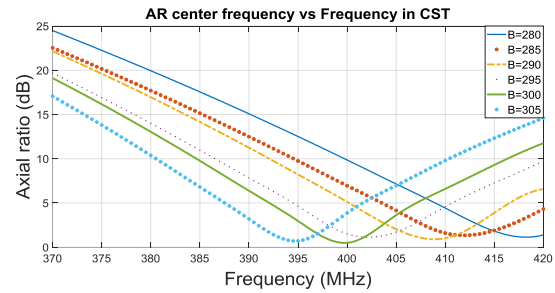
شکل (۷): نمودار S_{11} در حالت شبیه‌سازی در دو نرم‌افزار CST و HFSS و اندازه‌گیری توسط تحلیل‌گر شبکه

نمودار شکل (۷) مقدار S_{11} را در فرکانس‌های مختلف نشان می‌دهد. هر سه نمودار نشان‌دهنده تطبیق مناسب آنتن از فرکانس ۳۹۷ MHz تا فرکانس ۴۱۵ MHz می‌باشد. پهنای باند آن‌ها نیز تقریباً ۷٪ است. این پهنای باند تنها با افزایش ضخامت زیر لایه به‌دست آمده است.

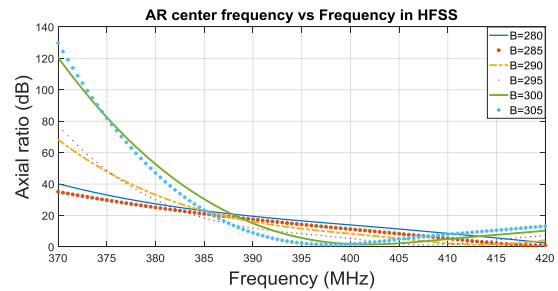


شکل (۸): نمودار AR در حالت شبیه‌سازی و اندازه‌گیری

نمودار شکل (۸) مقدار AR را در فرکانس‌های مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود نتایج شبیه‌سازی نسبت محوری در دو نرم‌افزار CST و HFSS در بازه مورد نظر از تطبیق مناسبی برخوردار است و در فرکانس تقریبی ۴۰۲ MHz به بهترین حالت رسیده است. علی‌رغم دقت کم اندازه‌گیری نسبت محوری و الگوی تشعشی در این فرکانس، که توضیح آن داده



شکل (۴): تغییر فرکانس مرکزی AR به‌ازای طول‌های مختلف (شبیه‌سازی‌شده در نرم‌افزار CST)

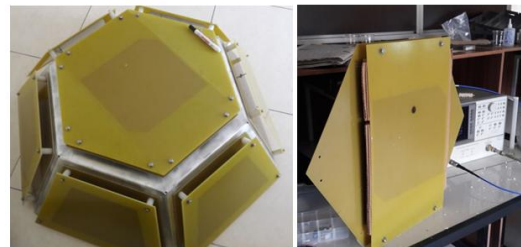


شکل (۵): تغییر فرکانس مرکزی AR به‌ازای طول‌های مختلف (شبیه‌سازی‌شده در نرم‌افزار CST)

بر طبق این نمودار با کاهش طول ضلعی که تغذیه در وسط آن واقع شده است، فرکانسی که در آن مقدار AR کمترین مقدار خود را دارد، افزایش می‌یابد و به فرکانس مرکزی پهنای باند امیدانسی نزدیک‌تر می‌شود.

۴- ساخت و مقایسه نتایج تست و شبیه‌سازی

در مدل‌سازی آنتن داخل نرم‌افزار CST و HFSS تقریباً اکثر اجزایی که قرار است در ساخت آنتن مورد استفاده قرار گیرند پیش‌بینی شده است. در شکل (۶) ساختار نهایی ساخته‌شده در حال تست با دستگاه نتورک آنالایزر را مشاهده می‌کنید.

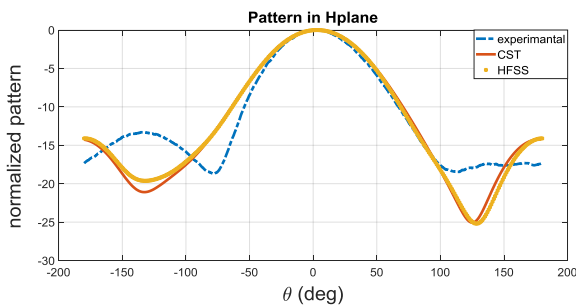


ب

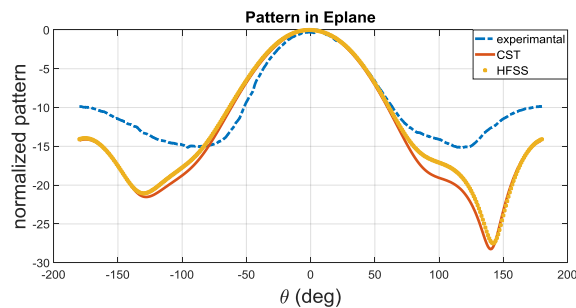
الف

شکل (۶): آنتن نهایی ساخته‌شده، (ب) آنتن نصب شده بر روی ساختار نهایی

همان‌طور که قبلاً گفته شد این آنتن قسمتی از یک آنتن بزرگ‌تر است که وظیفه دریافت سیگنال رادیوسوند را دارد. در شکل (۶) همچنین نحوه قرارگیری این آنتن در ساختار نهایی را مشاهده می‌کنید. ساختار کلی آنتن در حاضر در پژوهشگاه



شکل (۱۲): الگو تشعشی در صفحه Hplane در فرکانس ۴۰۰ MHz



شکل (۱۳): الگو تشعشی در صفحه Eplane در فرکانس ۴۰۰ MHz

۵- نتیجه گیری

به کمک روش ارائه شده در این مقاله افزایش پهنای باند آنتن به روش افزایش ضخامت زیر لایه برای یک آنتن پچ بریده شده با قطبی‌شدگی دایروی امکان‌پذیر خواهد بود. تا قبل از این برای آنتن‌ها با قطبی‌شدگی دایروی روش افزایش ضخامت زیر لایه کاربردی نداشت. این روش بر روی یک آنتن معیار اجرا شده و آنتن ساخته شده به کمک این روش در حال حاضر در پژوهشگاه فضایی ایران نصب شده و کارایی لازم را دارد. روابط تحلیلی و نتایج ارائه شده به خوبی کارایی این روش را نشان می‌دهد.

۶- سپاس‌گزاری

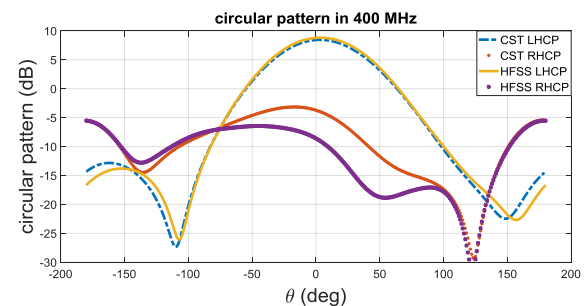
در ابتدا از جناب آقای مهندس ابوتراب، مسئول اتاق آنتن دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی تشکر و قدردانی می‌کنم. از سرکار خانم دکتر چمانی، جناب آقایان مهندس علی‌رضا اکبرپور و مهندس مهدی شیرچیجان به پاس کمک‌هایی که در زمینه تئوری و محاسبات ریاضی این مقاله انجام دادن و همچنین آقایان مهندس مهدی طاهر خانی، مهندس جلال‌الدین طیب‌پور و مهندس مجتبی فلاح‌زاده به پاس کمک‌هایی که در زمینه طراحی این آنتن انجام دادن کمال تشکر و قدردانی را دارم.

۷- منابع

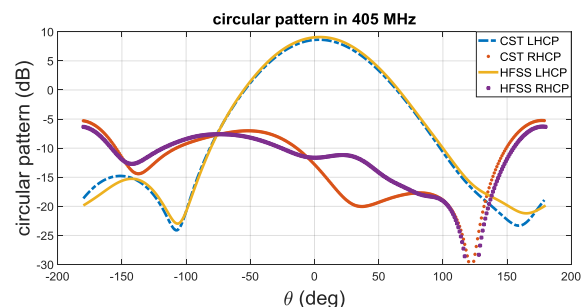
- [1] Sin Keng Lee, A. Sambell, E. Korolkiewicz, and S. F. Ooi, "Analysis and design of a circular polarized nearly square patch antenna using a cavity model," microwave and optical technology letters, vol. 64, no. 4, pp. 406-410, 2005.

شده است، مشاهده می‌شود که رفتار آن مشابه رفتار نسبت محوری شبیه‌سازی شده است و در فرکانس ۴۰۰ MHz به بهترین مقدار (AR=۲/۷۵ dB) خود رسیده است. اندازه‌گیری مقدار نسبت محوری در ۱۰ فرکانس مختلف انجام شده است. همان‌طور که توضیح داده شده، در فرکانس‌های پایین نیاز به اتاق‌های آنتن بزرگتر داریم تا به نتایج دقیق را به دست آورد. با این حال نتایج مطابقت خیلی خوبی با شبیه‌سازی‌ها دارد.

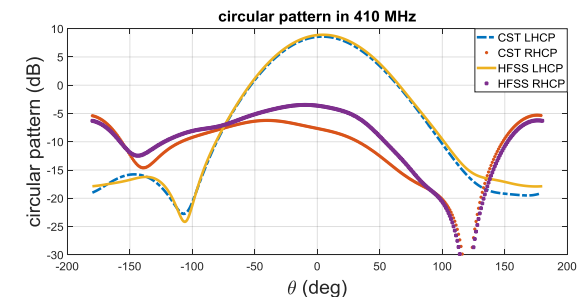
نمودارهای الگوی تشعشی دایروی آنتن در قطبش چپ گرد (LHCP) که قطبش موافق ما است و همچنین در قطبش راست گرد (RHCP) که قطبش مخالف ما است در شکل‌های (۹-۱۱) به ترتیب برای فرکانس‌های ۴۰۰، ۴۰۵، و ۴۱۰ MHz آورده شده است.



شکل (۹): الگو دایروی آنتن در فرکانس ۴۰۰ MHz



شکل (۱۰): الگو دایروی آنتن در فرکانس ۴۰۵ MHz



شکل (۱۱): الگو دایروی آنتن در فرکانس ۴۱۰ MHz

نمودارهای شکل‌های (۱۲-۱۳) الگوی تشعشی آنتن را به ترتیب در دو صفحه Eplane و Hplane نشان می‌دهد. در محور تراز آنتن تقریباً الگو تشعشی آنتن در هر دو صفحه یکسان است و این موضوع دایروی بودن قطبی‌شدگی آنتن را نشان می‌دهد.

- [8] R. Kumar, J. Shinde, and P. Malathi, "The design of CP traingular fractal patch antenna with slit," Proceedings of ISAP2007, Niigata, pp. 1077-1074, Japan, 2007.
- [9] S. K. Lee, A. Sambell, E. Korolkiewicz, S. F. Loh, S. F. Ooi and Y. Qin, "A design procedure for a circular polarized, nearly square patch antenna," microwave journal, vol. 48, no. 1, pp. 116-122, 2005.
- [10] A. Sharifi and Jafar. Khalilpour, "Patch Antenna gain enhancement with metamaterial Spilt Ring Resonator Radome," journal of applied electromagnetic, vol. 3, 2015 (In Persian).
- [11] J. M. Kovitz and Y. Rahmat-Samii, "Using thick substrates and Capacitive probe compensation to enhance the bandwidth of traditional CP patch antennas," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 62, no. 10, pp. 4970-4979, 2014.
- [12] K. Sandar Aung and S. SuYi Mon, "Comparison of Rectangular and Truncated Rectangular Patch Antenna for Ku-Band" International Journal of Electronics and Computer Science Engineering, IJECSE, vol. 3, no. 2, pp. 159-166, 2012.
- [2] A. Mehta, "Microstrip Antenna," International Journal of Scientific & Technology Research, vol. 4, no. 3, pp. 54-57, 2015.
- [3] K. Fong Lee and K. Man Luk, "Microstrip patch antenna," World Scientific, ch 4 & 16, 2011.
- [4] R. C. Johnson and H. Jasik, "Antenna engineering handbook," New York, McGraw-Hill Book Company, 1984, 1356 p. No individual items are abstracted in this volume, 1984.
- [5] C. A. Balanis, "Antenna Theory Analysis and Design," 2nd Edition, Section 14.7, pp. 876-811, Wiley, 1997.
- [6] P. C. Sharma and K. C. Gupta, "Analysis and optimized design of single feed circularly polarized microstrip antennas," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 31, no. 6, pp. 949-955, 1983.
- [7] H. Iwasaki, "A Circularly Polarized Small-Size Microstrip Antenna with a Cross Slot," IEEE transactions on antennas and propagation, vol. 44, no. 10, pp. 1399-1401, 1996.

Elimination of Frequency Shift Between Axial Ratio Bandwidth and Impedance Bandwidth of the Circular Polarized Patch Antenna

F. Ghorbani, H. Aliakbarian*, S. Radiom

K. N. Toosi University of Technology

(Received: 03/12/2017, Accepted: 30/04/2018)

Abstract

Bandwidth of patch antennas has always been a challenge for designers. One of the simplest methods of increasing its bandwidth and gain is to use a thicker patch antenna substrate. Using this method in a truncated circular polarized patch antenna causes a frequency shift between impedance bandwidth and axial ratio bandwidth. In this paper, we were able to compensate this frequency shift by transforming the square truncated patch antenna into a rectangle truncated patch antenna. Using analytical analysis, the main cause of this frequency shift is shown and then its effect is compensated. The performance of the proposed method is successfully verified by applying it to a truncated patch antenna in UHF frequency band designed with air and FR4 substrate. Before applying this method, the total antenna bandwidth namely the common band between the impedance and the axial ratio bandwidth of the antenna is less than 0.5% while by applying the proposed method, the bandwidth of the antenna is enhanced by about 2.5%. The manufacture antenna's measurement results are in a good agreement with the simulation results.

Keywords: Patch Antenna, Circular Polarization, Bandwidth Enhancement, Axial Ratio

* Corresponding author E-mail: aliakbarian@eetd.kntu.ac.ir