

طراحی و ساخت آنتن پهن باند با قطبش دایروی

سام معینی^۱، علیرضا امیدوار^۲، سید حسین محسنی ارمکی^{۳*}

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، ۲- کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران،

۳- دانشیار، دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران

(دریافت: ۹۸/۰۳/۱۰، پذیرش: ۹۸/۰۶/۱۱)

چکیده

در این مقاله می‌خواهیم یک آنتن پهن باند با قطبش دایروی طراحی نماییم. اگر امیدانس بار بهینه تقویت‌کننده در فرکانس‌های مختلف، به هم نزدیک باشند، می‌توان آنتن را به‌عنوان بار بهینه برای تقویت‌کننده به‌کار گرفت. در حالی که در این مقاله خروجی آنتن پس از اعمال سیگنال در باند فرکانسی S بررسی شده است و اثرات تابش آنتن بر روی بخش مدارات تطبیق تقویت‌کننده تا حدودی در نظر گرفته شده است.

کلیدواژه‌ها: آنتن پهن باند، تقویت‌کننده آنتن، باند فرکانسی S، آنتن میکرواستریپی، قطبش دایروی

۱. مقدمه

۵۰٪ دست یابند. در [۵] به کمک یک آنتن شکاف‌دار موفق به تحقق آنتن با حذف شبکه تطبیق شده‌اند. در [۶] یک نمونه آنتن با تغذیه دوقطبی متقاطع که توسط دیودهای پین کنترل می‌شود و پهن باند است و در [۷] از پیچ‌های مربعی ۲ در ۲ به تعداد ۴ المان با بازدهی حدود ۵۰٪ در باند فرکانسی S استفاده شده است. در جدول (۱) اهم کارهای انجام‌شده، آمده است.

جدول (۱): کارهای انجام شده در زمینه آنتن فعال.

مرجع	فرکانس (Ghz)	نوع آنتن	PAE
[۱]	۲/۵۵	پیچ دایروی	۶۳
[۳]	۲/۴۵	Dual fed patch	۶۳
[۴]	۱/۸	PIFA	۵۰
[۱۷]	۵/۵	Slot	۶۷
[۲۲]	۲/۴	Cross dipole Feed	۴۰
[۲۴]	۲/۴	Squre patch	۵۰

در زمینه کارهای انجام شده (صرفاً آنتنی برای استاندارد باند فرکانسی S نیز می‌توان به تعداد زیادی از کارهای تجاری و تحقیقاتی اشاره کرد. عمده کارهای صورت‌گرفته در ارتباط با طراحی آنتن برای گوشی‌های تلفن همراه انجام شده است، [۸-۱۰] که موضوع این مقاله نیست. به‌طور کلی با پیشرفت علم و پدیدار شدن فناوری‌های نوین، علاقه طراحان آنتن‌های ایستگاه‌های پایه به پوشش هر چه بیشتر نسل‌های مختلف به وسیله یک آنتن است. به‌طوری که در شکل (۱) دیده می‌شود، در بین سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۳ آنتن‌ها از پوشش تک فرکانس به

در این مقاله می‌خواهیم یک آنتن پهن باند با قطبش دایروی طراحی نماییم. آنتن مورد نظر باید نقش بار بهینه که از طریق تحلیل لودپول به‌دست‌آمده را نیز ایفا نماید. اگر امیدانس بار بهینه تقویت‌کننده در فرکانس‌های مختلف، به هم نزدیک باشند، می‌توان آنتن را به‌عنوان بار بهینه برای تقویت‌کننده به‌کار گرفت. در ابتدا لازم است که با کارهای مرتبط با آنتن و آنتن مرتبط با آنتن و آنتن فعال آشنا شویم.

عمده کارهای انجام‌شده در این زمینه از یک آنتن میکرواستریپی بسیار ساده به‌عنوان عنصر تشعشع‌کننده استفاده کرده‌اند. همچنین نتایج اعلام‌شده برای حالتی است که تحریک ورودی فقط یک سینوسی ساده است. در حالی که در این مقاله خروجی نتن پس از اعمال سیگنال باند S نیز بررسی شده است و اثرات تابش آنتن بر روی بخش مدارات تطبیق تقویت‌کننده تا حدودی در نظر گرفته شده است. مرجع [۱] با استفاده از تقویت‌کننده کلاس F و قرار دادن یک آنتن میکرواستریپ دایروی به‌عنوان بار بهینه به بازدهی ۶۳٪ دست یابد. در مراجع [۲-۳] نیز ساختارهای مشابهی در باند تجاری S طراحی شده‌اند، اما در تمامی این ساختارها بین آنتن و تقویت‌کننده، یک مدار تطبیق قرار گرفته است. در [۴] مؤلفین با به‌کارگیری یک آنتن wifi و استفاده از روش short-pin توانسته‌اند بار بهینه برای تقویت‌کننده را در فرکانس ۱/۸ GHz فراهم کنند و به بازدهی

فرستنده‌های شرکت Huawei از آنتن با قطبش دوگانه (عمود-افق) و تقویت‌کننده توان با ردگیری پوش استفاده می‌کنند در حالی که فرستنده‌های Nokia از تقویت‌کننده دو هرتزی استفاده می‌کنند. لازم به ذکر است که علاوه بر مسائل فنی، پارامترهای دیگری در بحث طراحی آنتن و فرستنده دخیل می‌باشند. به‌عنوان مثال، ممکن است بخواهیم از یک آنتن پهن باند استفاده بکنیم و برای جداسازی باندهای مختلف از بانک فیلتر کمک بگیریم و یا بر عکس از یک داپلکسر و آنتن چند بانده استفاده بشود. در این مقاله، با توجه به چند بانده بودن تقویت‌کننده، می‌خواهیم آنتن را به‌صورت پهن باند طراحی کنیم. همچنین همان‌طور که در ادامه خواهیم دید، طراحی آنتن پهن باند با قطبش دایروی بسیار چالشی است.

۲. طراحی آنتن پهن باند با قطبش دایروی

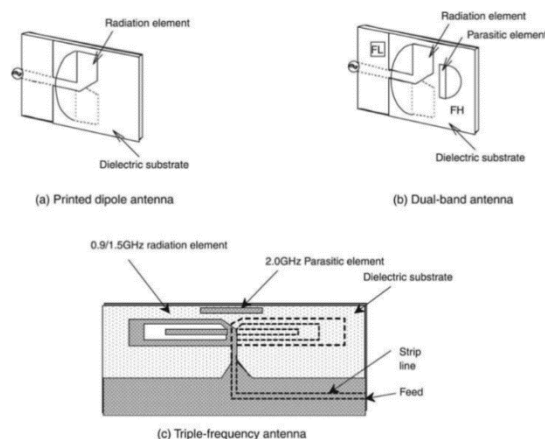
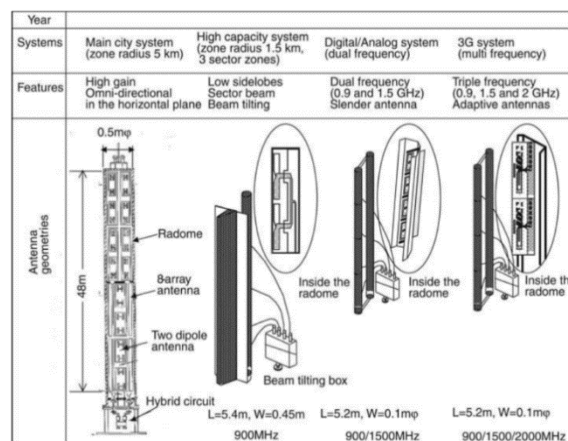
قطبش دایروی یکی از محبوب‌ترین شیوه‌های قطبش است که در سامانه‌های مخابراتی مختلفی همچون رادار، ماهواره، GPS و سامانه‌های WiMax استفاده می‌شود. این قطبش در مقابل پدیده‌های جوی و محو شونده‌گی مقاوم است و نیازی به هم‌راستا بودن فرستنده و گیرنده نمی‌باشد.

اگر یک آنتن دو مؤلفه هم اندازه و عمود بر هم (مثلاً E_x و E_y) که 90° درجه با هم اختلاف فاز دارند را تشعشع کند، این قطبش به‌دست می‌آید [۱۴].

دو روش عمده برای تولید این نوع قطبش یکی استفاده از ساختارهای تک تغذیه و دیگری تغذیه آنتن با دو منبع و اختلاف فاز 90° درجه است. اگرچه روش دوم منجر به دست‌یابی به پهنای باند دایروی بیشتری در مقایسه با ساختارهای تک تغذیه می‌گردد، اما این روش احتیاج به مقسم‌های توان پهن باند دارد که موجب افزایش قیمت، ابعاد و هزینه خواهد شد. از سوی دیگر دست‌یابی به پهنای باند بالا با یک تغذیه دشوار است. لازم به ذکر است که طراحی آنتن چند بانده که در هر باند قطبش دایروی داشته باشد بسیار مشکل است. به همین خاطر اغلب کارهای صورت گرفته برای افزایش پهنای باند این آنتن‌ها به‌صورت آنتن‌های پهن باند بوده است. آنتن‌های شکاف‌دار [۱۷-۱۵] پیچشی [۱۸]، گوشه بریده [۱۹] و رزوناتورهای دی‌الکتریک [۲۰] از جمله متداول‌ترین ساختارهای به‌کار رفته می‌باشند.

توپولوژی آنتن پیشنهادی در شکل (۲) آمده است. ابعاد آنتن بر روی هر شکل موجود است، این ابعاد برای بهترین حالت بهینه‌سازی شده‌اند. در این شکل پیچ داخلی یک پیچ مربعی است که گوشه‌های آن بریده شده‌اند. برای جلوگیری از تحریک مدهای بالاتر با افزایش فرکانس (و اعوجاج در الگوی آنتن) دو فرورفتگی بر روی این پیچ ایجاد شده است. این فرورفتگی‌ها با تغییر مسیر جریان از تحریک مدهای بالاتر جلوگیری می‌کند. پیچ خارجی که با "Metal" مشخص شده است یک شش ضلعی به همراه دو تا

پوشش ۳ فرکانس رسیده‌اند. علاوه بر مبحث آنتن و عنصر تشعشع‌کننده، موارد دیگری همچون Sectoring و Antenna diversity و دیگر مباحث سیستمی نیز باید در یک طراحی خوب لحاظ شود [۱۱].



شکل (۱): چند نمونه آنتن ایستگاه‌های پایه [۸].

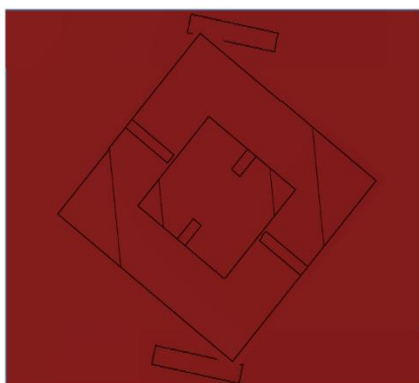
اما آنچه از نظر یک مهندس طراح آنتن در وهله اول مهم است، نوع آنتن، فرکانس کاری، مشخصات تشعشعی و قطبش آنتن است. به‌طور کلی آنتن‌های فرستنده به‌صورت یک آرایه خطی هستند که موجب سمت‌گرایی بیشتر آنتن و افزایش بهره آن می‌شود. این آنتن‌ها یا به‌صورت دو قطبشی [۱۳-۱۲] هستند و یا از قطبش دایروی برای مقابله با محوشدگی و تلف قطبش^۱ استفاده می‌کنند. فرستنده‌های کنونی مایل به پوشش باندهای فرکانسی GSM، 3G، 4G، GPS، WiMax با یک آنتن هستند.

در این مقاله هدف ما طراحی یک آنتن با قطبش دایروی و حداکثر پوشش فرکانسی از ۱/۷ تا ۲/۷ گیگاهرتز است. توجه داریم که انتخاب نوع قطبش و باند فرکانسی کاملاً در اختیار طراح است و استاندارد در این مورد وجود ندارد، برای مثال

^۱ Dual-polarized

^۲ Polarization mismatch

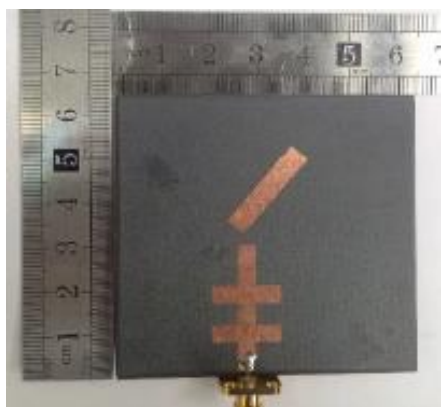
تغییر ابعاد استاب‌ها بهینه‌سازی برای تطبیق امپدانس و به‌دست آوردن پارامترهای بهینه s11 انجام شده است. در مرحله بعدی بهینه‌سازی با تغییر پارامترهای مشخص‌شده در شکل (۲) پارامترهای axial ratio و گین آنتن بهینه شده است.



شکل (۴): نمای دیگر آنتن طراحی شده.

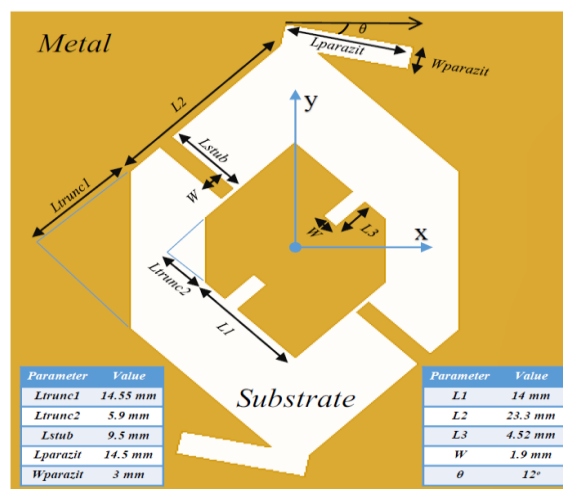
۳. نتایج ساخت و شبیه‌سازی

آنتن پیشنهادی بر روی زیر لایه RT5880 با ضخامت ۱/۵ mm و ضریب گذردهی ۲/۲ ساخته شد. ابعاد آنتن ۶۳×۶۳ mm² است. شکل (۵) تصاویر آنتن ساخته‌شده را نشان می‌دهد. شبیه‌سازی آنتن به کمک نرم‌افزار CST و به روش FEM انجام شده است. مشخصات آنتن در اتاق آنتن اندازه‌گیری شده‌اند.



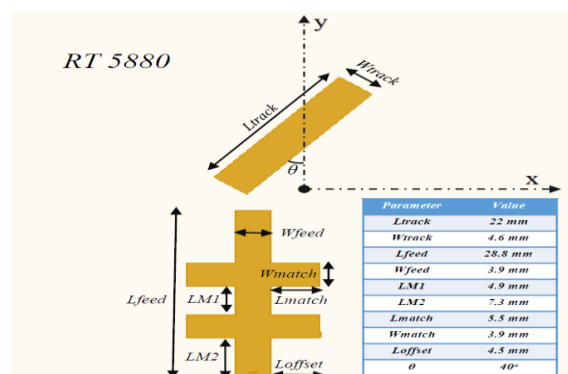
شکل (۵): تصویر آنتن ساخته شده.

زائده^۱ و دو تا شکاف است. ابعاد گوشه بریده شده به‌همراه این شکاف عامل اصلی تولید قطبش دایروی می‌باشد.



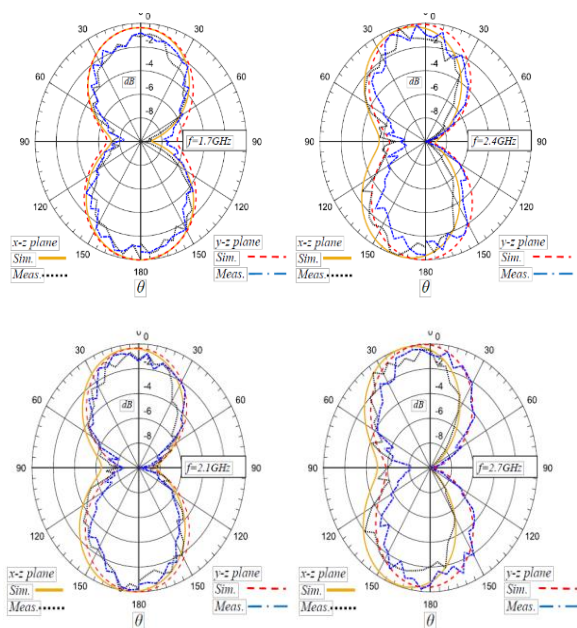
شکل (۲): نمای بالای آنتن طراحی شده.

شکل (۳) ساختار تغذیه آنتن را نشان می‌دهد. خط تغذیه آنتن ساده میکرواستریپی به همراه دو تکه زائده است. این زائده‌ها نقش مدار تطبیق را به عهده دارند و موجب افزایش پهنای باند امپدانس آنتن می‌شوند. در این شکل یک نوار میکرواستریپی پارازیتی دیده می‌شود. این عنصر پارازیتی موجب پایداری الگوی و از چرخش آن در فرکانس‌های بالا جلوگیری می‌کند. برای تجسم بهتر آنتن می‌توان به شکل زیر مراجعه نمود. این آنتن از ساختار پیچ مربعی ساده تشکیل شده است که برای ایجاد قطبش دایروی گوشه‌های آن برش خورده است تا اختلاف فاز ۹۰ درجه مورد نیاز را برآورده کند. مطابق شکل (۴) برای ایجا پهنای باند بیشتر در ساختار پیچ از شکاف‌هایی به‌صورت متقارن استفاده شده است و این شکاف‌ها از چرخش بیم آنتن در فرکانس‌های بالاتر جلوگیری می‌کند.

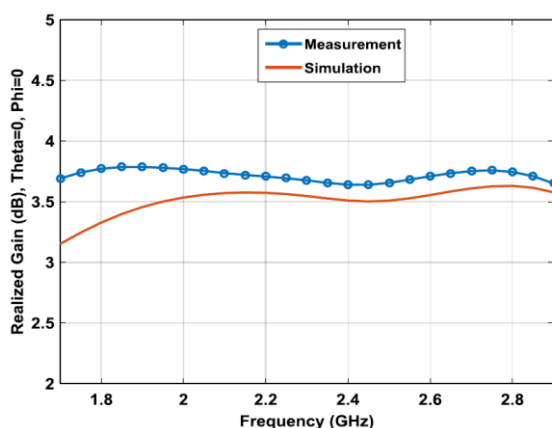


شکل (۳): نمای شبکه تغذیه (پشت آنتن) آنتن طراحی شده.

در مرحله بعدی از طراحی اولیه و با در نظر گرفتن ابعاد کلی آنتن برحسب نصف طول موج از دو مرحله بهینه‌سازی در طراحی آنتن به کمک بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. در مرحله اول بهینه‌سازی با استفاده از خط تغذیه با تغییر طول و



شکل (۸): الگوی بهره نرمالیزه برای فرکانس‌های مختلف.



شکل (۹): بهره آنتن برحسب فرکانس.

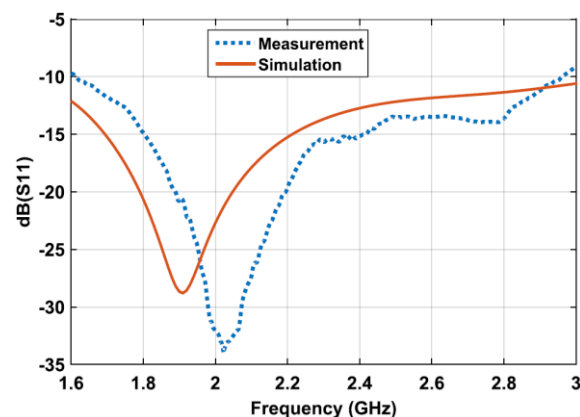
شکل (۱۰) نمودار این دو پهنای بیم را بر حسب فرکانس در دو صفحه 90° و 0° نشان می‌دهد. در شکل (۸) الگوی تشعشعی آنتن در فرکانس‌های مختلف در مختصات قطبی برای قطبش چپ گرد نمایش داده شده است. با در نظر گرفتن نتایج به دست آمده در شکل (۶) برای تطبیق امپدانس و محاسبه axial ratio در شکل (۷) می‌توان مشاهده نمود که آنتن مورد نظر پهنای باند بالایی دارد. راندمان تشعشعی آنتن فوق برحسب پارامترهای تشعشعی و توان تحویل داده شده به مدار به کمک رابطه بازدهی تشعشعی در نرم افزار CST شبیه‌سازی شده است که در شکل (۱۱) مشاهده می‌شود.

در شکل (۱۲) نسبت میزان گین قطبش چپ‌گرد به گین قطبش راست‌گرد محاسبه شده است.

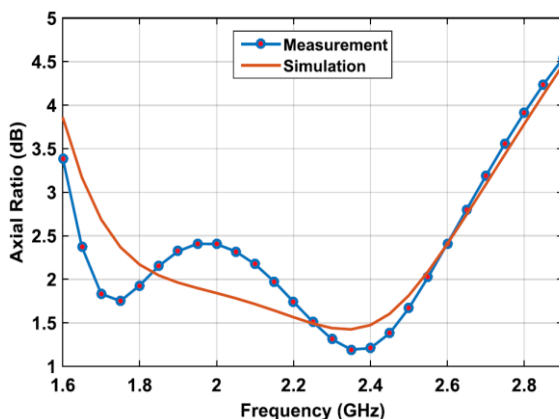
منحنی‌های S_{11} و AR (Axial Ratio) آنتن در ادامه در شکل‌های (۷-۶) نشان داده شده‌اند. مشاهده می‌شود که تطابق خوبی بین شبیه‌ساز و اندازه‌گیری وجود دارد. نتایج اندازه‌گیری حاکی از پهنای باند S_{11} حدود ۵۶٪.

الگوی بهره نرمالیزه در صفحات $x-z$ و $y-z$ برای فرکانس‌های ۲/۷ GHz و ۲/۴، ۲/۱، ۱/۷ در شکل (۸) رسم شده‌اند. همان‌طور که دیده می‌شود تطابق خوبی بین شبیه‌سازی و اندازه‌گیری وجود دارد. نمودار بهره آنتن بر حسب فرکانس در شکل (۹) رسم شده است. بهره آنتن در تمام بازه فرکانسی پیش از ۳/۵ dBic است.

یکی از ضعف‌های آنتن‌های پیشنهاد شده در دیگر مراجع باریک بودن پهنای بیم دایروی (جایی که با چرخش θ در صفحه ϕ ثابت مقدار $AR < 3dB$ باشد) است. مطلوب است که HPBW و ARBW به هم نزدیک باشند که به معنی انتقال حداقل نصف توان با قطبش دایروی است. یکی از مزیت‌های این طرح داشتن HPBW و ARBW بزرگ و نزدیک به هم است.



شکل (۶): منحنی s_{11} آنتن.

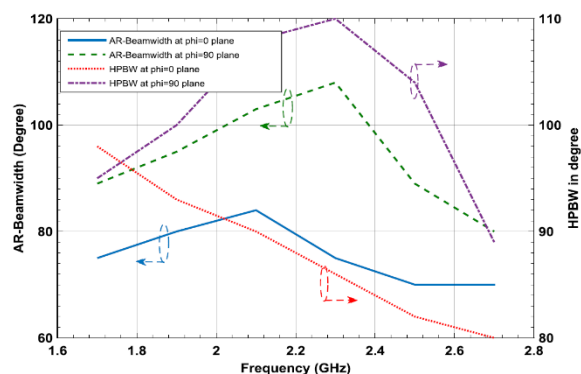


شکل (۷): منحنی AR آنتن.

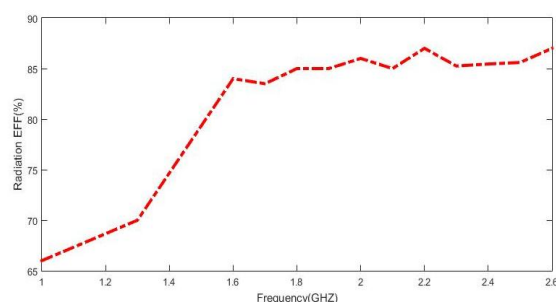
فعال انجام شد. یک آنتن نوین با استفاده از ایده‌ی استفاده از زائده و پیچ پارازیتی طراحی شد. آنتن طراحی شده پهنای باند وسیعی با استفاده از یک مدار تغذیه ارائه می‌کند. این آنتن از لحاظ ساخت ساده و ابعاد آن مناسب است و قابلیت مجتمع شدن را به راحتی داراست.

۵. مراجع

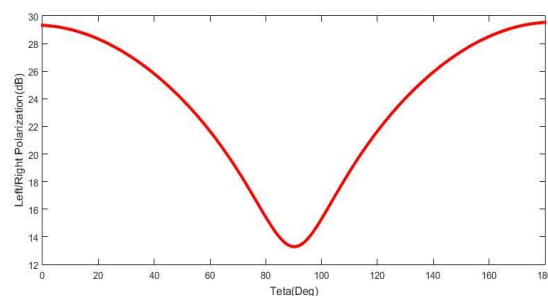
- [1] V. Radisic, Y. Qian, and T. Itoh, "Class F power amplifier integrated with circular sector microstrip antenna," In Microwave Symposium Digest, IEEE MTT-S International, pp. 687-690, 1997.
- [2] Y. Chung, C. Y. Hang, S. Cai, Y. Qian, C. P. Wen, K. L. Wang, et al., "AlGaIn/GaN HFET power amplifier integrated with microstrip antenna for RF front-end applications," Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on, vol. 51, pp. 653-659, 2003
- [3] W. R. Deal, V. Radisic, Y. Qian, and T. Itoh, "Integrated-antenna push-pull power amplifiers," Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on, vol. 47, pp. 1418-1425, 1999.
- [4] G. A. Ellis and S. Liw, "Active planar inverted-F antennas for wireless applications," Antennas and Propagation, IEEE Transactions on, vol. 51, pp. 2899-2906, 2003.
- [5] M. D. Weiss and Z. Popovic, "A 10 GHz high-efficiency active antenna," In Microwave Symposium Digest, 1999 IEEE MTT-S International, pp. 663-666, 1999.
- [6] Pan Pengxian and Boran Guan, "A Wideband Polarization Reconfigurable Antenna with Six Polarization States," In 2018 12th International Symposium on Antennas, Propagation and EM Theory (ISAPE), IEEE, pp. 1-4, 2018.
- [7] Muludi Zainal and Budi Aswoyo, "Truncated microstrip square patch array antenna 2×2 elements with circular polarization for S-band microwave frequency," In 2017 International Electronics Symposium on Engineering Technology and Applications (IES-ETA), IEEE, pp. 87-92, 2017.
- [8] Y.-L. Ban, J.-H. Chen, J. L.-W. Li, and Y. Wu, "Small-size printed coupled-fed antenna for eight-band LTE/GSM/UMTS wireless wide area network operation in an internal mobile handset," IET Microwaves, Antennas & Propagation, vol. 7, pp. 399-407, 2013.
- [9] M. S. Sharawi, S. S. Iqbal, and Y. S. Faouri, "An 800 MHz 21 compact MIMO antenna system for LTE handsets," Antennas and Propagation, IEEE Transactions on, vol. 59, pp. 3128-3131, 2011.
- [10] Y.-J. Ren, "Ceramic based small LTE MIMO handset antenna," Antennas and Propagation, IEEE Transactions on, vol. 61, pp. 934-938, 2013.
- [11] K. Fujimoto and J. R. James, "Mobile antenna systems handbook," Artech House, 2001.
- [12] M. Shaker, H. Abdullah, and E. Allah, "Multi band microstrip slot antenna for mobile base station," In Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI), 2012 IEEE, pp. 1-2, 2012.
- [13] X.-X. Guo and Q.-X. Chu, "Wideband dual-polarized base station antenna with high isolation and low cross polarization for LTE communication system," In Wireless Symposium (IWS), 2013 IEEE International, pp. 1-3, 2013.



شکل (۱۰): HPBW و ARBW بر حسب فرکانس.



شکل (۱۱): بازدهی تشعشعی محاسبه شده.



شکل (۱۲): نسبت قطبش چپ گرد و راستگرد.

در جدول (۲) مقایسه بین آنتن پیشنهادی و دیگر کارهای انجام شده ارائه شده است.

جدول (۲): مقایسه بین آنتن پیشنهادی و دیگر آنتن.

Works	Size (mm ²)	AR BW (GHz) Relative BW	Impedance BW Relative BW	Radiation efficiency
[20]	82x82	2.18-3.5 46.5%	2.18-3.5 46.5%	Not reported
[21]	30x36	2.88-3.65 23%	2.45-3.79 41%	93% at center frequency
[13]	70x70	1.5-1.9 23%	1.41-1.9 30%	Not reported
[14]	74x62	2.05-3.35 48%	2.05-3.35 48%	>60%
[15]	50x50	1.69-92 53%	1.68-3.2 62%	>75%
This treatise	63x63	1.63-2.67 49.5%	1.65-2.95 56.5%	>85%

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله مروری بر کارهای انجام شده در زمینه آنتن‌های

- [18] O. Ahmad Mashaal, S. K. A. Rahim, A. Y. Abdulrahman, M. I. Sabran, M. S. A. Rani, and P. S. Hall, "A Coplanar Waveguide Fed Two Arm Archimedean Spiral Slot Antenna With Improved Bandwidth," *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, vol. 61, pp. 939-943, 2013.
- [19] H. Bagheroghli, "A Novel Circularly Polarized Microstrip Antenna With Two Connected Quasi Monopoles for Wideband Applications," *Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE*, vol. 12, pp. 1343-1346, 2013.
- [20] S. Fakhte, H. Oraizi, and R. Karimian, "A Novel Low-Cost Circularly Polarized Rotated Stacked Dielectric Resonator Antenna," *Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE*, vol. 13, pp. 722-725, 2014.
- [14] C. A. Balanis, "Antenna theory: analysis and design," John Wiley & Sons, vol. 1, 2005.
- [15] Z. N. Chen and X. Qing, "Wideband circularly polarized slot antenna," 2012.
- [16] O. G. Kwame, M. S. Ellis, and K. J. John, "A wideband single fed circularly polarized slot antenna for multi-band applications," in *Instrumentation and Measurement, Sensor Network and Automation (IMSNA), 2013 2nd International Symposium on*, 2013, pp. 620-623.
- [17] P. Mousavi, B. Miners, and O. Basir, "Wideband L-Shaped Circular Polarized Monopole Slot Antenna," *Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE*, vol. 9, pp. 822-825, 2010.

Design and Construction of a Wide Band Antenna with Circular Polarization

S. Moeini, A. R. Omidvar, S. H. Mohseni Armaki *

Malek-Ashtar University of Technology

(Received: 22/05/2019, Accepted: 02/09/2019)

Abstract

Circular polarization is one of the most popular polarization approaches used in different communication systems such as radar, satellite, GPS and WiMAX systems. In this article, we want to design a wideband cylindrical antenna with circular polarization and maximum frequency coverage from 1.7 to 2.7 GHz. If the optimum load impedance of the amplifier at different frequencies are close, the antenna can be used as an optimal load for the amplifier. In this paper the output of the antenna after application of signals in the S band is also investigated and the effects of the antenna radiation on the amplifier circuits have been considered to some extent.

Keywords: Broadband Antenna, Antenna Amplifier, S Band Frequency Macro Strip Antenna

* Corresponding author E-mail: mohseni@mut.ac.ir