

## افزایش بهره آنتن شکافی موجبری با استفاده از سطوح انتخاب‌گر فرکانس

رسول فاخته بلسی<sup>۱</sup>، حبیب قربانی نژاد<sup>۲</sup>

[ghorbaninejad@guilan.ac.ir](mailto:ghorbaninejad@guilan.ac.ir)

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی برق، دانشگاه گیلان

۲- استادیار گروه مهندسی برق، دانشگاه گیلان

### چکیده

در این مقاله یک آنتن محفظه‌ای تشدیدی ساده‌ی با بهره بالا با استفاده از سطوح انتخاب‌گر فرکانس به عنوان رولایه ارائه شده است. در طرح پیشنهادی از یک لایه سطح انتخاب‌گر فرکانس به عنوان رولایه استفاده شده است که از پچ‌های مربعی شکل  $10 \times 10$  واقع بر زیر نوار دی‌الکتریکی تشکیل شده تا خاصیت انعکاسی از خود نشان داده و باعث افزایش بهره و جهت‌دهی آنتن پیشنهادی شود. یک آنتن شکافی موجبری به عنوان تغذیه اولیه برای ساختار کلی آنتن در نظر گرفته شده است. آنتن پیشنهادی دارای پهنای باند  $17.4\%$  درصد و بهره  $15.5$  دسی‌بل بوده و از بازده بسیار بالایی در حدود  $98\%$  درصد برخوردار است.

**واژگان کلیدی:** آنتن شکافی موجبری، فبری پروت، سطوح انتخاب‌گر فرکانس، آنتن محفظه‌ای تشدیدی

تاریخ دریافت مقاله : ۹۴/۱۲/۲۰

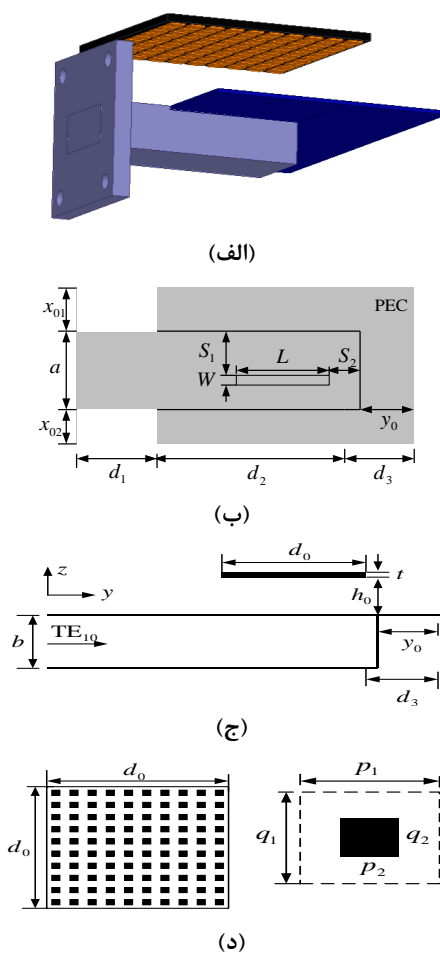
تاریخ پذیرش مقاله : ۹۵/۰۱/۱۶

## ۱- مقدمه

دیواره‌های خارجی گسترش یافته تحریک شده است. برای افزایش قابل توجه بهره آنتن از یک پوشش FSS به عنوان رولایه استفاده شده است.

## ۲- روش طراحی

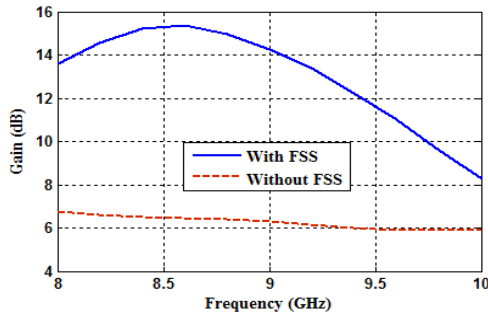
بر طبق روش تحلیل پرتو آنتن‌های فبری پروت، اگر ارتفاع محفظه فبری پروت و فاز انعکاسی رولایه FSS به درستی تنظیم شوند قسمتی از امواج از پوشش FSS انتقال یافته و پرتو با جهت‌دهی بالا در فرکانس مورد طراحی بدست خواهد آمد. شکل (۱) هندسه آنتن پیشنهادی و سلول FSS به کار رفته در آن را نشان می‌دهد.



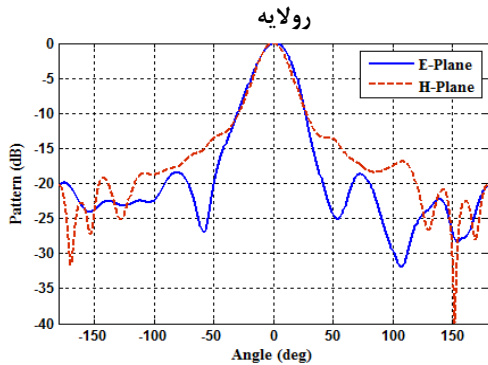
شکل (۱) آنتن محفظه ای فبری پروت پیشنهادی (الف) نمای سه بعدی (ب) نمای بالا (ج) نمای کناری (د) پارامترهای طراحی عبارتند از:  $a=22.86$  mm,  $b=10.16$  mm,  $d_0=60$  mm,  $d_1=15$  mm,  $d_2=37.52$  mm,  $d_3=12.72$  mm,  $y_0=30$  mm,  $L=18$  mm,  $W=3.5$  mm,  $S_1=1.68$  mm,  $S_2=3.72$  mm,  $h_0=21$  mm,  $t=2$  mm,  $p_1=5.81$  mm,  $p_2=4$  mm,  $q_1=5.81$  mm,  $q_2=4$  mm

فاصله بین دیواره گسترش یافته که به عنوان هادی کامل الکتریکی ایفای نقش می‌کند و رولایه نصف طول موج فضای آزاد در نظر گرفته شده است و موجبر مستطیلی

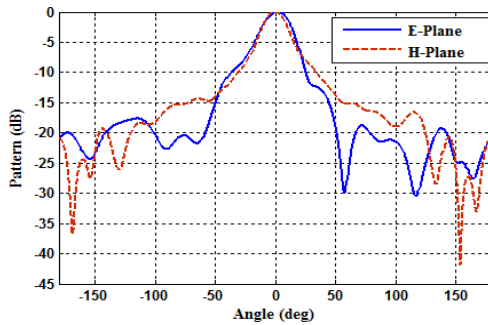
آنتن‌های شکافی موجبری دارای مشخصه‌های مناسبی از قبیل قابلیت انتقال توان و بازده بالا و پهنای باند مناسب هستند. این آنتن‌ها به طور گسترده در کاربردهای ارتباطی و راداری و ناوبری گوناگونی بواسطه ساختار ساده و فشرده و انعطاف‌پذیری در تولید پترن‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱]. این نوع آنتن‌ها معمولاً از یک بدنه آلومینیومی و شکاف‌های تابشی ایجاد شده در دیواره خارجی موجبر ساخته می‌شوند. وقتی که اندازه آنتن بزرگ می‌شود وزن و ناپایداری مکانیکی آنتن نیز افزایش می‌یابد [۲]. زمانی که به یک آنتن با وزن سبک برای کاربردهایی از قبیل پهباد و هواپیمای بدون سرنشین نیاز داشته باشیم اندازه به عنوان عامل چالش برانگیز مطرح خواهد بود. در گذشته، تحقیقاتی برای کاهش اندازه آنتن با استفاده از مواد دی‌الکتریکی صورت گرفته است با وجود این، مواد دی‌الکتریکی اغلب دارای تلف بالا بوده و باعث کاهش بهره آنتن خواهند شد. آنتن‌های تشدید کننده فبری پروت با ویژگی‌های مناسب از قبیل بهره بالا، حجم کم و تغذیه ساده برای سال‌های متمادی مورد توجه بوده- اند [۳-۴]. این آنتن‌ها از یک تابش کننده اولیه که بین یک صفحه زمین فلزی و یک صفحه قسمتی انعکاسی واقع است؛ تشکیل می‌شود [۳]. وقتی فاصله بین این دو صفحه مضرب فردی از نصف طول موج فضای آزاد باشد، انرژی آزاد شده از آنتن تغذیه بین صفحه زمین و رولایه چندین بار انعکاس یافته و سپس بهره آنتن با استفاده از مفهوم هم فازی می‌تواند به صورت قابل توجه افزایش یابد. اخیراً نشان داده شده که استفاده از سطوح انتخاب‌گر فرکانس با عنوان رولایه در آنتن‌های فبری پروت به صورت قابل توجهی بهره و جهت‌دهی آنتن اولیه را افزایش می‌دهد. این ویژگی‌ها باعث قابلیت استفاده این آنتن‌ها در کاربردهای میکروویوی و موج میلی‌متری بهره بالا می‌شود [۵-۹]. در [۷]، FSS پچی شکل به عنوان رولایه و در [۸] طراحی رولایه FSS دایپلی نواری معرفی شده است. در [۹] دو لایه FSS با تناوب یکسان برای افزایش جهت‌دهی دو بانده مورد استفاده قرار گرفته است. در این مقاله یک آنتن فبری پروت شکافی موجبری جدید طراحی شده است. این آنتن بوسیله یک آنتن شکافی موجبری با



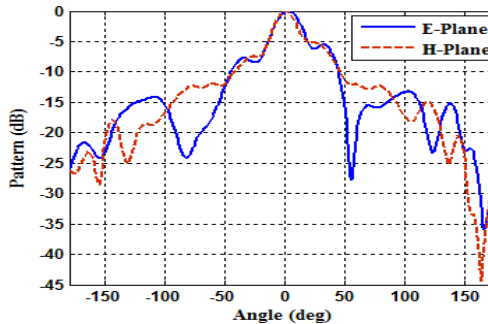
شکل (۴) بهره شبیه سازی شده آنتن پیشنهادی با و بدون



(الف)



(ب)



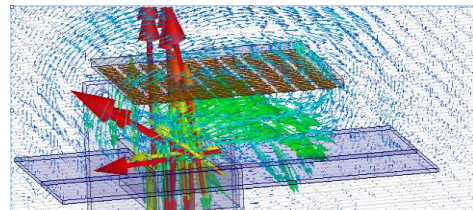
(ج)

شکل (۵) پترن های تشعشی آنتن پیشنهادی (الف) ۸/۴

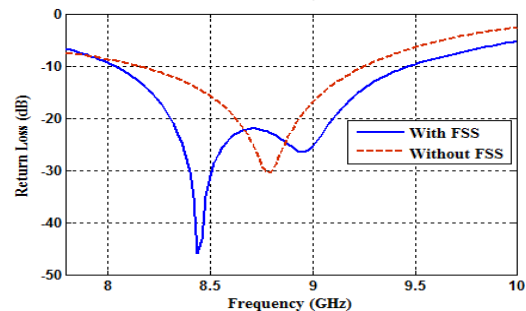
گیگاهرتز (ب) ۸/۸ گیگاهرتز (ج) ۹/۲ گیگاهرتز

فرکانسی موجود در پهنای باند نشان داده شده است. در شکل (۶) بازدهی تشعشی آنتن پیشنهادی نشان داده شده است.

WR90 به عنوان تغذیه آنتن محفظه‌ای فبری پروت استفاده شده است. یک شکاف به ابعاد  $L=18$  و  $W=3.5$  در دیواره خارجی با ضخامت ۱ میلی‌متر ایجاد شده است سلول FSS مورد طراحی آنتن در شکل (د) نشان داده شده است. FSS یک سطح متناوب است که از قرار گرفتن المان‌های یکسان مرتب شده در آرایه‌ای یک یا دو بعدی تشکیل یافته است [۱۰]. ساختار آنتن پیشنهادی در شکل (۱) نشان داده شده است. FSS شامل سلول‌های  $10 \times 10$  قرار گرفته در زیر نوار دی‌الکتریکی، مستطیلی است. همانگونه که در [۱۱] نشان داده شده است یک رولایه با افزایش فاز داخل باند فرکانسی موجب ایجاد آنتن تشدید کننده فبری پروت پهن باند می‌شود. شکل (۲) بردار میدان الکتریکی در اطراف آنتن را در فرکانس ۹ آنتن ۸-۹.۵ گیگاهرتز است. در طراحی نهایی ثابت دی-الکتریک نوار  $3/5$  و ضخامت آن ۲ میلی‌متر انتخاب می‌شود. شکل (۳) دامنه انعکاس آنتن مورد طراحی با و بدون رولایه را نشان می‌دهد همانگونه که این شکل نشان می‌دهد رولایه FSS به منظور ایجاد یک آنتن فبری پروت پهن باند مورد استفاده قرار گرفته است. در شکل (۴) نیز بهره آنتن پیشنهادی با و بدون رولایه FSS به نمایش در آمده است. این شکل بهره ۱۵/۵ دسی‌بل را برای ساختار آنتن پیشنهادی نشان می‌دهد. همچنین در شکل (۵) پترن‌های تابشی آنتن در صفحات E و H در سه نقطه



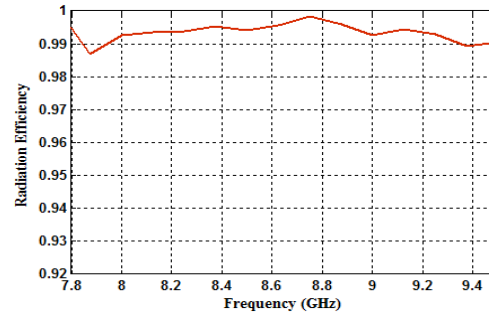
شکل (۲) آرایش میدان الکتریکی درون محفظه‌ی آنتن در فرکانس ۹ گیگاهرتز



شکل (۳) تلف برگشتی شبیه سازی شده آنتن پیشنهادی با و بدون رولایه

antennas using FSS superstrate with dissimilar size”, *Microwave & Opt. Tech. Letters*, Vol.50, No.6, pp.1623-1627,2008.

- [5] G. Von Trentini, “Partially reflecting sheet arrays,” *IRE Trans. Antenna Propag.*, vol. AP-4, pp. 666--671, Oct. 1956.
- [6] D. R. Jackson and N. G. Alexopoulos, “Gain enhancement methods for printed-circuit antennas,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. AP-33, no. 9, pp. 976–987, Sep. 1985.
- [7] Foroozesh and L. Shafai, “Investigation into effects of the highly reflective patch-type FSS superstrate on the high-gain cavity resonance antenna,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. AP-58, pp. 258-270,2010.
- [8] Y. J. Lee, J. Yeo, R. Mittra, and W. S. Park, “Design of a high directivity electromagnetic band gap (EBG) resonator antenna using a frequency-selective surface (FSS) superstrate,” *Microw. Opt. Tech. Lett.*, vol. 43, pp. 462--467, Dec. 2004.
- [9] D.H. Lee, Y.J. Lee, J. Yeo, R. Mittra and W.S. Park, “Design of novel thin frequency selective surface superstrates for dual-band directivity enhancement,” *Microw. Antennas & Propagation, IET*, vol. 1, issue 1, pp. 248–254, Feb. 2007.
- [10] B.A. Munk, *Frequency Selective Surfaces, Theory and Design*. New York, NY, USA: Wiley, pp. 26-52,2000.
- [11] Y. Ge, K. P. Esselle, and Trevor Bird, “The Use of Simple Thin Partially Reflective Surfaces with Positive Reflection Phase Gradients to Design Wideband, Low-Profile EBG Resonator Antennas”, *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. AP-64, no. 2, pp. 743 - 750, Feb. 2012.



شکل (۶) بازده تشعشی آنتن پیشنهادی

### ۳- نتیجه گیری

آنتن پیشنهادی از یک صفحه زمین هادی کامل و یک FSS متشکل از سلول‌های  $10 \times 10$  قرار گرفته شده بر زیر نوار دی الکتریک تشکیل شده است. در طراحی آنتن، اندازه کلی لایه FSS  $60 \times 60 \times 2.02$  میلی‌متر است. همچنین اندازه صفحه زمین آنتن پیشنهادی  $67.5 \times 95$  میلی‌متر است. ضریب انعکاس آنتن پیشنهادی حاکی از پهنای باند  $17.4$  درصد ( $8-9.5$  گیگاهرتز) بوده و از شکل پترن‌های تابشی آنتن مورد طراحی می‌توان دریافت که سطوح لوب کناری زمانی که فرکانس بالاتر می‌رود، به بالای منفی  $10$  دسی بل افزایش می‌یابد. آنتن پیشنهادی دارای بازده تابشی بسیار خوب و در حدود  $98$  درصد است که حاکی از عملکرد بسیار خوب آنتن مورد طراحی است. نرم افزار تجاری HFSS برای شبیه‌سازی ساختار این آنتن مورد استفاده قرار گرفته است.

### ۴- منابع

- [1] Manuilov M., Lerer V., and Sinyavsky G. 2007, ‘The analysis methods and novel applications of slotted-waveguide antenna arrays’, *Modern electronics Achievements*, 5, 3-28. (in Russian) W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems*. Belmont, CA: Wadsworth, pp. 123–135, 1993.
- [2] K. Nicholson, W. Rowe, P. Callus, “Splitting resonator loaded slot array,” *Proceedings of the Asia-Pacific Microwave Conference*, pp 1338-1341, 2011.
- [3] Foroozesh and L. Shafai, “Size reduction of a microstrip antenna with dielectric superstrate using meta-materials: Artificial magnetic conductors versus magneto-dielectrics,” in *Proc. IEEE Antennas Propag. Soc. Int. Symp.*, pp. 11–14, 2006.
- [4] Z.G. Liu, W.X. Zhang, D.L. Fu, et al, “Broadband Fabry-Perot resonator printed