

# طراحی و شبیه سازی یک نمونه شیفتهنده ی فاز فوق پهن باند

سعیده بنائی<sup>۱</sup>، مسعود موحدی<sup>۲</sup>، کامبیز افروز<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان (s.banaei68@gmail.com)

۲- استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان (movahhedi@uk.ac.ir)

۳- استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان (afrooz@uk.ac.ir)

## خلاصه

در این مقاله، برای طراحی یک شیفتهنده ی فاز ۱۸۰ درجه پهن باند، از ساختار گذار مایکرواستریپ-شکاف استفاده شده است. مدل ارائه شده دارای سازگاری خوبی با مدارات متداول مایکرواستریپ می باشد. این مدل با نرم افزار ADS2009 شبیه سازی شده است. با توجه به نتایج شبیه سازی، در بازه فرکانسی ۴.۵ تا ۱۱.۵ گیگاهرتز، شاهد شیفتهنده فاز ۱۸۰ درجه، تنها با اختلاف پنج درجه می باشیم. تلفات برگشتی کمتر از ۱۰ dB و Insertion loss بین ۰.۲dB و ۱.۵ dB می باشد.

**کلمات کلیدی:** شیفتهنده فاز، پهنای باند، ۱۸۰ درجه، پهن باند

## ۱. مقدمه

شیفتهنده ایده آل، یک بلوک دو قطبی است که بدون ایجاد تلفات، اختلاف فاز مابین سیگنال های ورودی و خروجی را تغییر می دهد. شیفتهنده های فاز در پیاده سازی سیستم های آنتن های آرایه فازی، مدولاتورها، سیستم های رادار، سیستم های اندازه گیری و دیگر ماژول های کنترلی کاربرد گسترده ای دارند. [1-5]

شیفتهنده های فاز را، می توان به دو گروه آنالوگ و دیجیتال تقسیم بندی کرد. در شیفتهنده های فاز آنالوگ، تغییر فاز می تواند به صورت پیوسته باشد و معمولاً در آنها از خازن های متغیر با ولتاژ استفاده می شود. در شیفتهنده های فاز دیجیتال، اگرچه کماکان سیگنال های ورودی و خروجی آنالوگ هستند، ولی تغییر فاز می تواند در پله های معینی صورت گیرد، که عملکردشان اغلب، براساس المان های سوئیچ کننده ی الکترونیکی مانند دیودهای PIN و فتهای (FET)، فریت ها و... می باشد. برای طراحی بهترین شبکه شیفتهنده ی فاز، باید به پهنای باند مورد نیاز، تلفات، سرعت سوئیچینگ، صحت و دقت بررسی توان و رزولوشن توجه داشت. [6] بسیاری از شیفتهنده های فاز دیجیتال طراحی شده موجود، دارای باند باریک هستند. با توجه به افزایش روز افزون سرعت انتقال اطلاعات، نیاز به مداراتی با پهنای باند زیاد، روز به روز، افزایش می یابد. از این رو، تکنیک های زیادی جهت افزایش پهنای باند شیفتهنده های فاز استفاده شده است که می توان از جمله ی آنها، استفاده از ساختار تزویج [7-10]، متمتریال [11]، خطوط انتقال بارگذاری شده [12]، SIW [13-15] و کوپلرهای جهتی [16] را نام برد. با گسترش دامنه کاربردهای شیفتهنده های فاز در ادوات الکترونیکی و مخابراتی و افزایش روز افزون کاربران، نیاز به سیستم های با پهنای باند بیشتر نیز، در حال افزایش است. از سوی دیگر، تجهیزات و ادوات بکار رفته در جنگ الکترونیک همواره نیازمند پهنای باند زیادی بوده اند. لذا تلاش های بسیاری جهت افزایش پهنای باند ادوات الکترونیکی و مخابراتی، صورت پذیرفته است که شیفتهنده های فاز نیز، از این قاعده مستثنی نبوده اند.

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان

<sup>۲</sup> استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان

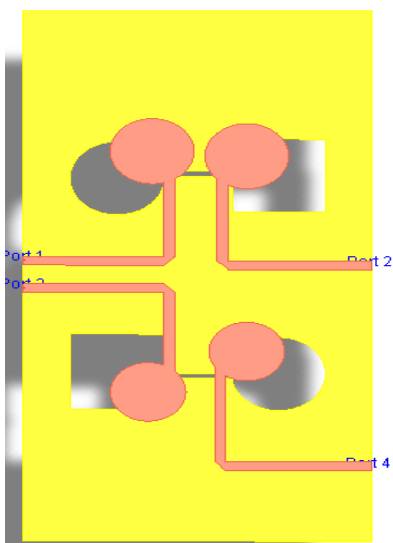
<sup>۳</sup> استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان

## ۲. طراحی و شبیه سازی

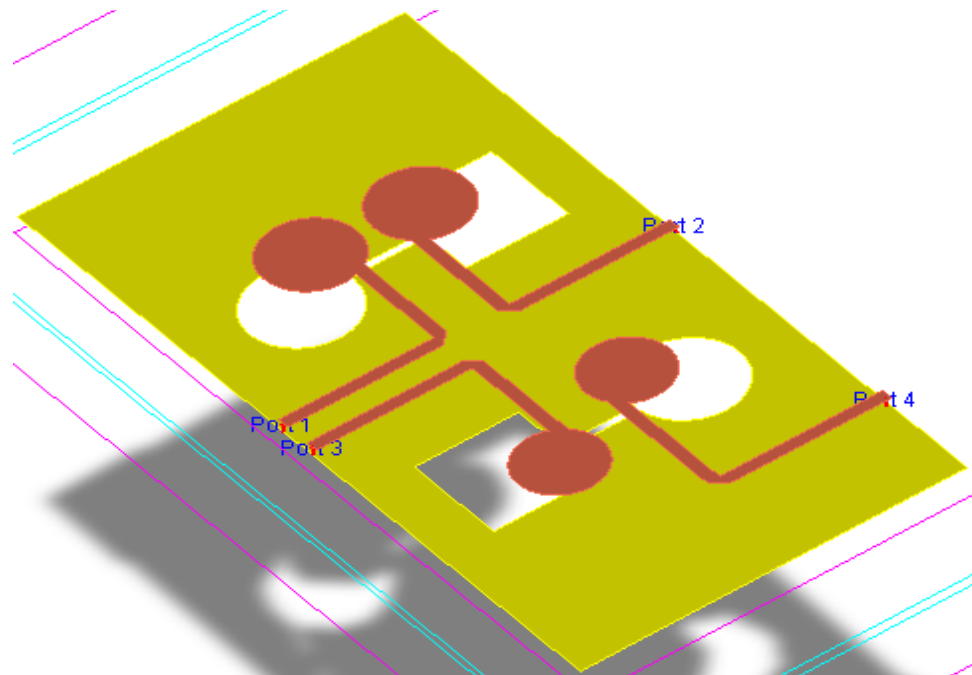
مدار شیفیت دهنده فاز یک مدار کنترلی است که می تواند مقدار اختلاف فاز ایجاد شده بین سیگنال ورودی و خروجی خود را تغییر دهد. یک شیفیت دهنده فاز ایده آل دارای تاخیر گروهی ثابت در باند فرکانسی مورد استفاده است. مقدار این تاخیر گروهی با تغییر اختلاف فازی که مدار ایجاد می کند تغییر نمی کند و بنابراین اختلاف فاز مابین حالت های مختلف مدار با تغییر فرکانس ثابت می باشد. [2,3] هم چنین یک شیفیت دهنده فاز ایده آل در پهنای باند مورد نظر تلفات ندارد و دارای تلفات برگشتی بی نهایت در ورودی و خروجی می باشد. با وجود اینکه تلاش های زیادی برای افزایش پهنای باند بسیاری از مدارهای مخابراتی صورت پذیرفته است، طراحی مدارهای شیفیت دهنده فاز با پهنای باند زیاد به سختی امکان پذیر است. مهم ترین علت این موضوع، چندبعدی بودن مسئله طراحی یک مدار شیفیت دهنده فاز است. طراحی یک مدار شیفیت دهنده فاز که اختلاف فازهای مورد نظر را در یک فرکانس خاص ایجاد کند، به سادگی انجام پذیر می باشد، در صورتی که ثابت نگه داشتن اختلاف فاز مورد نظر در یک پهنای باند فرکانسی وسیع بسیار سخت است. با افزایش مقدار اختلاف فازهایی که مدار باید ایجاد کند، طراحی مدار شیفیت دهنده فاز نیز دشوارتر می شود. این در حالی است که طراحی مدار باید به نحوی صورت پذیرد که سایر مشخصات شیفیت دهنده فاز مانند تلفات و تطبیق امپدانس ورودی و خروجی در طول بازه فرکانسی مورد نظر و در همه اختلاف فازهای مدار از مقادیر معینی تجاوز نکنند. [6-7-9-17]

سیستم های پهن باند توسعه یافته در دهه اخیر، برای ارائه دادن یک شیفیت دهنده فاز ثابت، در یک باند فرکانسی گسترده فراخوانده می شوند. در بسیاری از مقالات، شیفیت دهنده فاز را با استفاده از ساختار گذار مایکرواستریپ-شکاف، در زیرلایه دو طبقه ای طراحی نموده اند، اما مشاهده می شود که شیفیت دهنده فاز پهن باند را نیز می توان با استفاده از ساختار مایکرواستریپ-شکاف در زیرلایه ای یک طبقه، نیز طراحی نمود. مزیت آن نسبت به حالت دو طبقه ای، این است که سازش پذیری بیشتری با مدارات مایکرواستریپ متداول، دارد. در این مقاله، طراحی یک ساختار متناوب از مایکرواستریپ-شکاف دوتایی را، گزارش می کند، که برای طراحی شیفیت دهنده فاز پهن باند استفاده شده است. در مدل ارائه شده از استاب های دایروی و مستطیلی و خطوط انتقال استفاده شده است. رویه بالایی زیرلایه، شامل استاب های دایروی و خطوط انتقال اتصال دهنده آنها، می باشد. در رویه پایینی ساختار، استاب دایروی و مستطیلی و خطوط انتقال وصل کننده آنها، بصورت شکافی از صفحه زمین (رویه پایینی زیرلایه) کنده شده اند. در این دو گذار، سیگنال در یکی از پورت های مایکرواستریپ، جاری می شود. سپس با یک خط شکاف در صفحه زمین تزویج می شود و تا زمانی که با پورت دوم مایکرواستریپ تزویج نشده است، در خط شکاف گردش می نماید. [18]

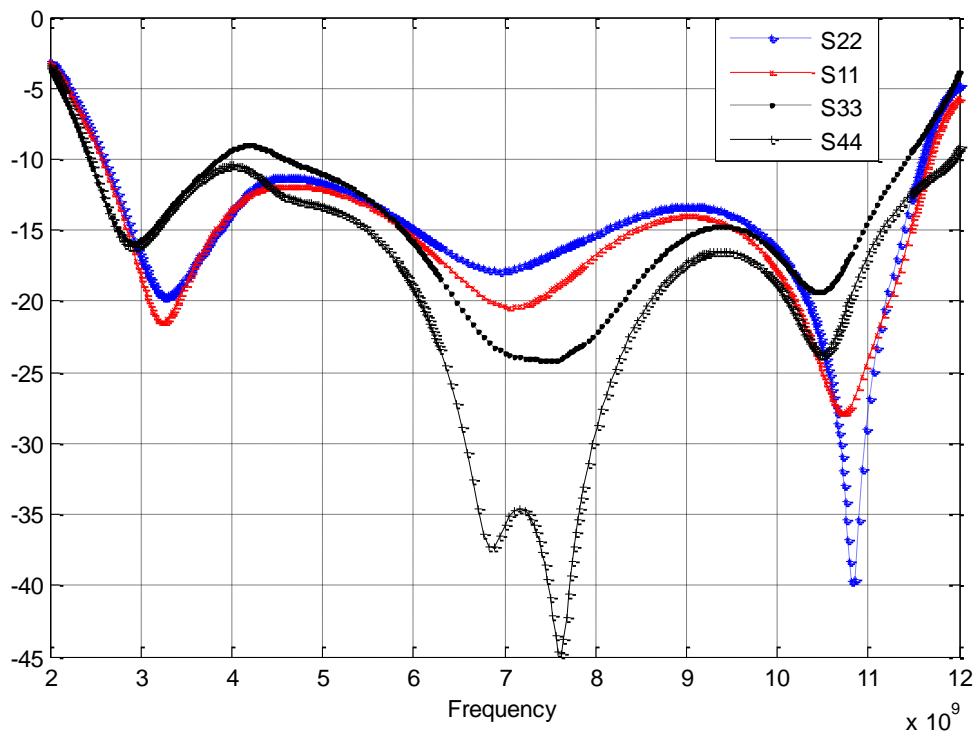
مدل ساختار طراحی شده و نمودارهای پراکنندگی آن و اختلاف فاز بدست آمده در شکل (۱) نشان داده شده است. این ساختار با نرم افزار ADS2009 شبیه سازی شده است. در این طراحی از زیرلایه RO3210 استفاده شده است، که دارای ضریب دی الکتریک ۱۰.۲ با ضخامت ۲۰mil و ضریب تلفات ۰.۰۰۳ می باشد.



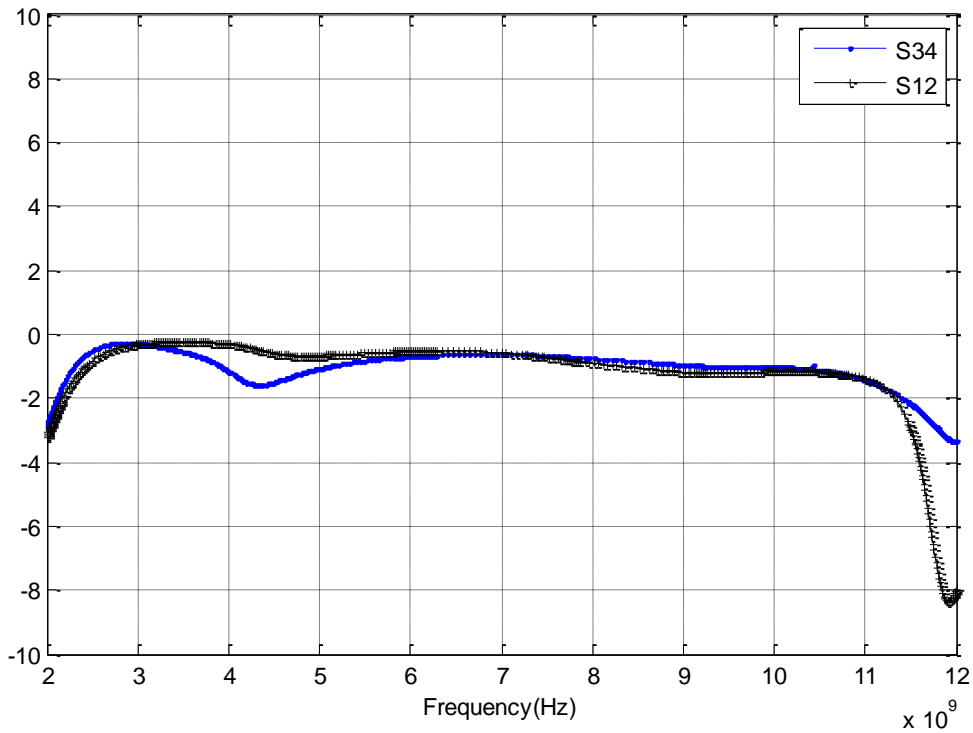
(الف)



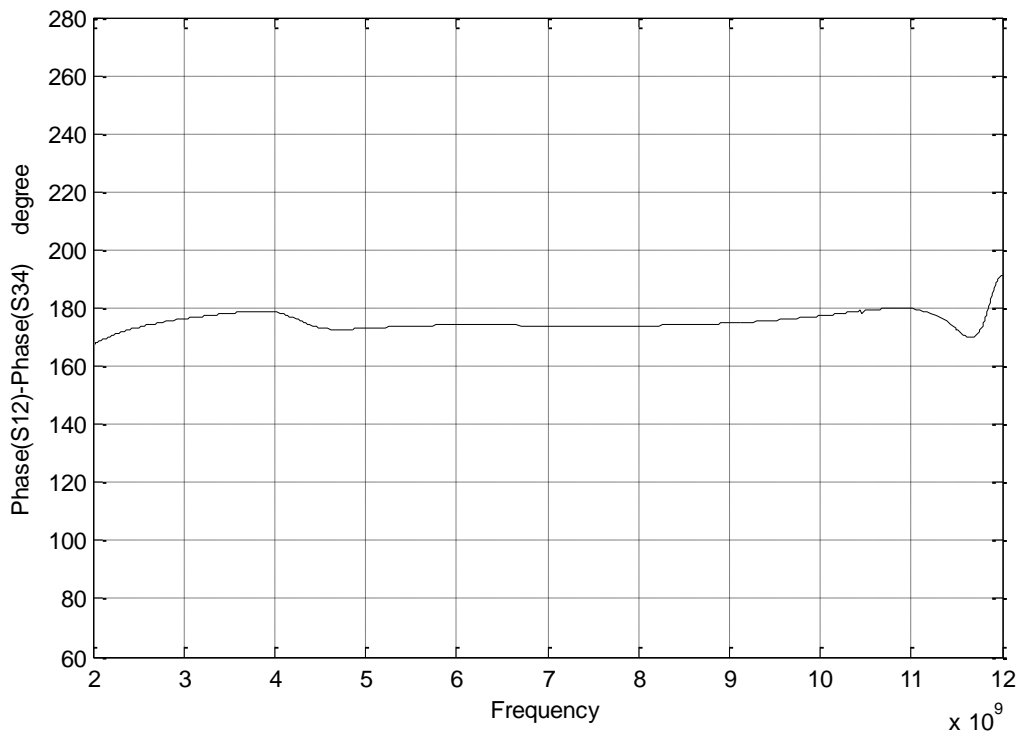
(ب)



(ب)



(ت)



(ث)

شکل (۱) مدل طراحی شده برای شیفت دهنده فاز ۱۸۰ درجه بین باند و پارامترهای پراکندگی الف) نمای روبرو مدل ب) نمای سه بعدی مدل پ)  $S_{11}$ ،  $S_{22}$ ،  $S_{33}$  و  $S_{44}$  (ت)  $S_{34}$ ،  $S_{12}$  (ث) اختلاف فاز

### ۳. نتیجه گیری

با توجه به نمودارها، مشاهده می شود که شیفتر دهنده فاز طراحی شده، به خوبی توانسته است که اختلاف فاز ۱۸۰ درجه را در بازه وسیعی از فرکانس تنها با پنج درجه اختلاف، نتیجه دهد.

### ۴. مراجع

1. A. Abbosh, M. Bialkowski and D. Thiel, " Tunable Ultra Wideband Phase Shifter Using Liquid Crystal Polymer", Microwave Conference, 2009. APMC 2009. Asia Pacific , pp.2076-2079, 2009.
2. X. Tang and K. Mouthaan, " Design of a UWB Phase Shifter Using Shunt  $\lambda/4$  Stubs", Microwave symposium Digest. MTT '09. IEEE MTT-S International , pp.1021-1024, June 2009.
3. L. Guo and A. Abbosh, "Multilayer Phase Shifter with Wide Range of Phase and Ultra-Wideband Performance", Proc. of the Asia-Pacific Microwave Conference, pp.16-18, 2013.
4. M. Bialkowski, A. Abbosh, N. Seman, "Compact microwave six-port vector voltmeters for ultra-wideband applications," IEEE Transactions on Microwave Theory And Techniques, vol.55, no.10, pp.2216-2223, 2007.
5. S. Shamsinejad, and P. Mousavi, " Novel 4 States Variable UWB Phase Shifter," Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI) , IEEE, pp.784-785, July 2013.
6. L.G. Maloratsky, Passive RF and Microwave Integrated Circuits, John Wiley, London, 2004.
7. A. Abbosh, "Ultra-wideband phase shifters," IEEE Transactions on Microwave Theory And Techniques, vol. 55, no. 9, pp. 1935–1941, Sep. 2007.
8. S. H. Yeung, K. F. Man, and W. S. Chan, "The multiple circular sectors structures for phase shifter designs," IEEE Transactions on Microwave Theory And Techniques , vol. 59, no. 2, pp. 278–285, Feb. 2011.
9. A. Abbosh, "Broadband fixed phase shifters," IEEE Microwave. Wireless Components. Letters., vol. 21, no. 1, pp. 22–24, Jan. 2011.
10. M. Sorn, R. Lech, and J. Mazur, "Simulation and experiment of a compact wideband 90 differential phase shifter," IEEE Transactions on Microwave Theory And Techniques, vol. 60, no. 3, pp. 494–501, Mar. 2012.
11. P. Sobis, J. Stake, and A. Emrich, "High/low-impedance transmission line and coupled line filter networks for differential phase shifters," IET Microw., Antennas Propag., vol. 5, no. 4, pp. 386–392, 2011.
12. S. H. Yeung, Z. Mei, T. K. Sarkar, and M. Salazar-Palma, "Design and testing of a single-layer microstrip ultrawideband 90 differential phase shifter," IEEE Microwave. Wireless Components. Letters., vol. 23, no. 3, pp. 122–124, Mar. 2013.
13. T. Yang, M. Ettore, and R. Sauleau, "Novel phase shifter design based on substrate integrated waveguide technology," IEEE Microwave. Wireless Components. Letters. , vol. 22, no. 10, pp. 518–520, Oct. 2012.
14. Y. Cheng, W. Hong, and K. Wu, "Broadband self-compensating phase shifter combining delay line and equal-length unequal-width phaser," IEEE Transactions on Microwave Theory And Techniques, vol. 58, no. 1, pp. 203–210, Jan. 2010.
15. O. Kramer, T. Djerafi, and K. Wu, "Dual-layered substrate-integrated waveguide six-port with wideband double-stub phase shifter," IET Microw., Antennas Propag., vol. 6, no. 15, pp. 1704–1709, 2012.
16. B. Schiffman, "A new class of broad-band microwave 90-degree phase shifters," Microwave Theory and Techniques, IRE Transactions on, vol. 6, no. 2, pp. 232–237, 1958.
17. White, J. E, Microwave Semiconductor Engineering, New York: Van Nostrand Reinhold, 1982.
18. Y. Wang, M. E. Bialkowski and A. M. Abbosh, "Double Microstrip-Slot Transitions for Broadband  $\pm 90^\circ$  Microstrip Phase Shifters" IEEE Microwave and Wireless Components Letters, Vol. 22, No2, pp. 58-60, Feb 2012.