طراحی و شبیه سازی یک آنتن فراپهن باند با الگوی تشعشعی همه جهته ی هم سطح با بدنه برای کاهش سطح مقطع راداری

مهدی درویشی بهلولی[۱]، شاهرخ جم[۲] و محسن صاحبی پور[۳]
[۱]دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی شیراز، Mahdi.db136998@yahoo.com
[۲]استاد دانشگاه صنعتی شیراز ، Jam@sutech.ac.ir
[3]کارشناس ارشد دانشگاه صنعتی مالک اشتر ، M.sahebi@yahoo.com

چکیده - این مقاله به توصیف طراحی و شبیه‌سازی یک آنتن فرا پهن باند هم‌سطح با بدنه برای فرکانس های ۲تا۲۰ گیگا هرتز می‌پردازد. این نوع آنتن برای نصب بروی بدنه‌ی هر وسیله‌ی هوایی یا زمینی به منظور کاهشحداکثری سطح مقطع راداری نسبت به آنتن های با بیرون زدگی ، طراحی شده است . تلفات بازگشتی آنتن طراحی شده در تمام بازه فرکانسی کمتراز ۱۰- دسی‌بل است. الگوی تشعشی این آنتن در راستای افق به صورت همه جهته بوده و قطبی‌شدگی آن به صورت خطی- عمودی است.

کلید واژه- آنتن فرا پهن باند،آنتن هم‌سطح با بدنه، کاهش سطح مقطع راداری

.

۱- مقدمه

در سال های اخیر، کاهش سطح‌مقطع‌راداری آنتن‌ها در تکنولوژی پنهانکاری و ضد پنهانکاری بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در بسیاری از موارد بدون طراحی آنتن با کمترین سطح مقطع راداری، وسیله طراحی شده دارای سطح مقطع راداری بسیار بالایی است. در نتیجه کاهش سطح مقطع رادری آنتن‌های مورد استفاده در وسیله های پنهانکار و رادار گزیز در اولویت طراحی قرار دارند[1]. در این مقاله ابتدا به چند روش متداول در کاهش سطح‌مقطع‌رادری می-پردازیم و سپس جزئیات طراحی یک آنتن هم سطح با بدنه‌ی فرا پهن باند در بازه فرکانسی ۲تا۲۰ گیگاهرتز ارئه می‌شود. در پایان نتایج شبیه سازی انجام گرفته توسط نرم افزار شبیه‌سازِ میدان‌های مغناطیسی (CST) ارائه می‌گردد.

۲- روش های کاهش سطح مقطع رادری

یکی از این روش ها استفاده از ساختار های فرکانس گزین می باشد. این صفحات یا به صورت جاذب امواج الکترو مغناطیسی عمل کرده و با جذب امواج رسیده به خود و عدم باز گرداندن آن ها باعث کاهش سطح مقطع راداری می شوند و یا با تغییر زاویه بازتابش امواج ارسالی این عمل را انجام میدهد گفتنی است هیچ یک از این نمونه ها را نمی توان برروی خود آنتن ها قرار داد بلکه بایستی از آنها در اطراف آنتن ها استفاده نمود. مشکل اصلی این ساختار ها گرم شدن در توان های بالا و پوشش ندادن ساختار آنتن است[2]. نمونه ی دیگر استفاده از ساختار های فرکانس گزین فیلتری است. این ساختار ها اجازه عبور به فرکانس های خاصی که مدنظر آنتن فرستنده است را می دهند و اجازه عبور بقیه فرکانس ها از آن داده نمی شود . در واقع ارسال و دریافت در یک بازه فرکانسی خاصی انجام و بقیه بازه های فرکانسی توسط ساختار جذب می‌شود. عیب عمده این روش مسئله‌ی پهنای باند فرکانسی قابل پوشش و همچنین تغییر مشخصات فرکانس‌گزینی با تغییر زاویه بیم تشعشی آنتن است[3].

روش دیگر برای کاهش سطح مقطع راداری استفاده از آنتن های پلاسمایی است. این آنتن ها عموما از ساختار شیشه ای ساخته می شوند و با توجه به فرکامنس مد نظر طراح گاز خاصی درون ساختار آنتن تزریق و با استفاده از ولتاژ بالا گاز داخلی ملتهب و نقش آنتی را ایفا می کند. مهمترین ایراد این روش ساختار شیشه ای آن و نبود مقاومت مکانیکی کافی و همچنین الزام استفاده از ولتاژ بسیار بالا است[4].

روش دیگر استفاده از آنتن‌هایی است که بیرون زدگی از بدنه نداشته باشند. این روش، یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای کاهش سطح مقطع رادری در بین طراحان است .اما حفظ قطبی‌شدگی و تأمین پهنای باند مناسب یکی از چالش‌های اساسی برای طراحان آنتن‌های هم‌سطح با بدنه محسوب می شود.

در این مقاله یک آنتن هم‌سطح با بدنه با پهنای باند ۲تا ۲۰ گیگاهرتز

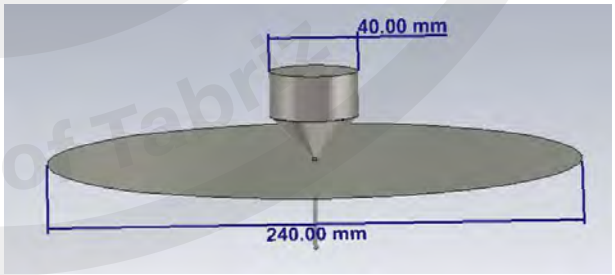
را طراحی و ارئه می کنیم.

۳- روش طراحی

هدف طراحی یک آنتن پهن باند هم سطح با بدنه است. ایده اولیه برای این طراحی این است که یک آنتن فرا پهن باند طراحی و با روشی خاص به سمت هم‌سطح کردن این آنتن با بدنه و از بین بردن بیرون زدگی که عامل اصلی بالا بودن سطح مقطع رادری است،می باشد. یکی از پهن باندترین آنتن‌ها با الگوی تشعشعی همه جهته، آنتن دو مخروطی است. با توجه به اینکه در آنتن هم‌سطح با بدنه الگوی تشعشعی یک جهته است،ابتدا یک آنتن تک مخروطی به همراه صفحه ی زمین با الگوی تشعشی همه جهته در راستای افق طراحی و شبیه سازی می‌نماییم.قطبی‌شدگی این آنتن به صورت عمودی و خطی می‌باشد .در ادامه بایستی تغییرات را به گونه ای انجام دهیم تا هم الگوی تشعشعی همچنان همه جهته در راستای افق بماند و قطبی شدگی نیز تغییری نکند و همزمان این تغییر باعث همسطح شدن آنتن با بدنه شود. ایده ؛ استفاده از یک دیواره متصل به صفحه‌ی زمین و برش آن با یک منحنی برای آنتن همه جهته‌ی تک مخروطی به طوری که این صفحه‌ی زمین ارتفاع معادل با مخروط اصلی بگیرد و با آن همسطح گردد. در بخش شبیه سازی و ارائه نتایج نحوه‌ی ایجاد منحنی مشاهده می‌شود.

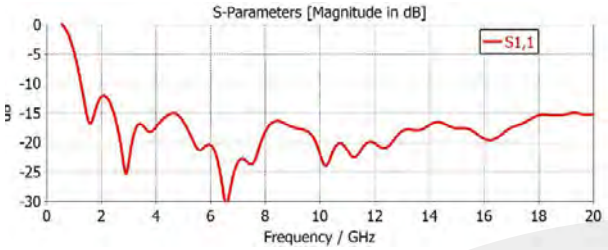
۴- شبیه سازی و نتایج

با استفاده از مقالات [5,6] یک آنتن تک مخروطی به همراه یک صفحه زمین با الگوی تشعشعی همه جهته طراحی شده است. شمای مکانیکی طرح اولیه این آنتن در شکل ۱ قابل مشاهده است.



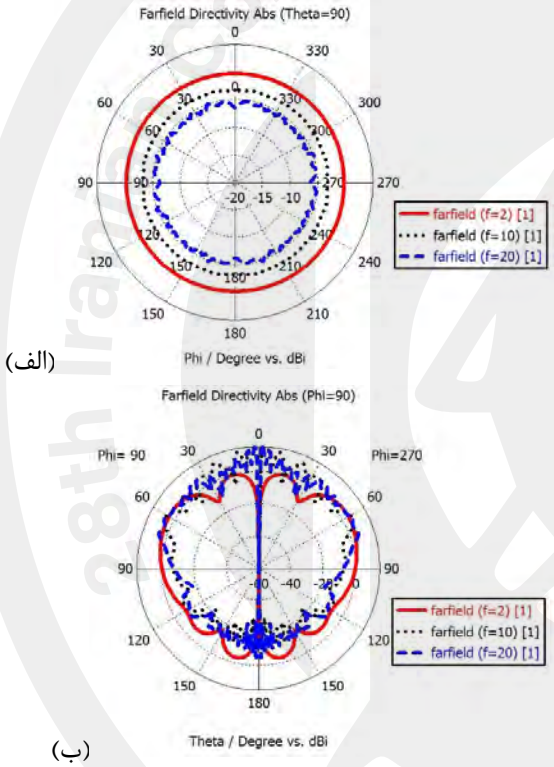
شکل۱: شمایی از یک تک مخروطی طراحی شده

شکل۲ نمایشی از تلفات بازگشتی مربوط به آنتن تک مخروطی طراحی شده است.



شکل۲:نمودارتلفات بازگشتی آنتن تک مخروطی با صفحه ی زمین

همانطور که در شکل۲ قابل مشاهده است، آنتن طراحی شده دارای پهنای باند وسیعی می باشد. در ادامه الگوی تشعشی این آنتن را در سه فرکانس ابتدایی، میانی و پایانی در قالب شکل۳ نمایش داده می‌شود.

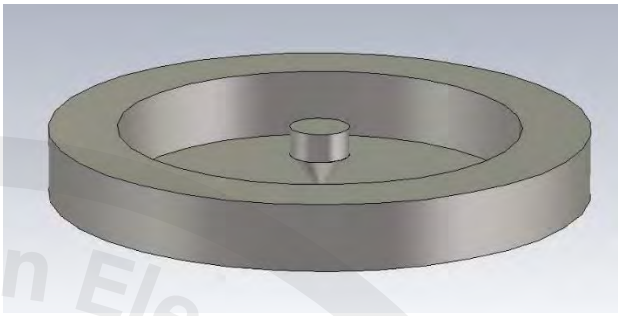


شکل۳: الگوی تشعشعی آنتن تک مخروطی (الف) در راستای افق (ب) در راستای عمود در فرکانس های ۲،۱۰،۲۰ گیگاهرتز

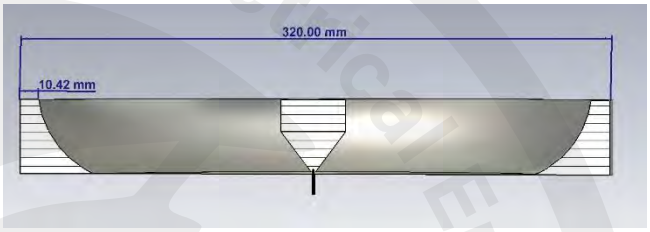
الگوی تشعشعی در راستای افق به صورت همه جهته در فرکانس های ۲و۱۰و۲۰ گیگاهرتز در شکل ۳(الف) قابل مشاهده است.

در ادامه با توجه به ایده‌ی گفته شده در قسمت قبل به طراحی آنتن همسطح با بدنه اقدام می‌نماییم. پایه‌ی طراحی، آنتن تک مخروطی طراحی شده است. ابتدا همانند شکل ۴(الف) دیواره هایی در در ادامه صفحه‌ی زمین و هم ارتفاع با عنصر مخروطی ایجاد می‌نماییم. اما وجود چنین دیواره‌ای هم پهنای باند فرکانسی و هم قطبی‌شدگی آنتن را از بین می‌برد. در نتیجه استفاده از یک منحنی می‌تواند راه گشا باشد. شکل ۴(ب) نمایشی از شکل نهایی از آنتن هم‌سطح با

بدنه با برشی منحنی وار از دیواره‌ی کناری است.



(الف)

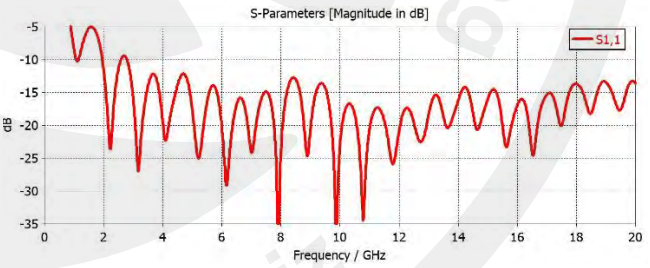


(ب)

شکل۴: ساختارمکانیکی آنتن مسطح با (الف) دیواره های عمودی (ب) با دیواره های برش خورده به صورت منحنی

منحنی برش خورده بر دیواره عمودی را با استفاده از چرخش ۳۶۰ درجه ای یک سطح مقطع دایروی به قطر۹۸ میلی‌متر و به فاصله ی ۱۰۰ میلی‌متر از مرکز صفحه زمین ایجاد نموده‌ایم.

شکل۵ نمودار تلفات بازگشتی آنتن طراحی شده همسطح با بدنه را نمایش می‌دهد.

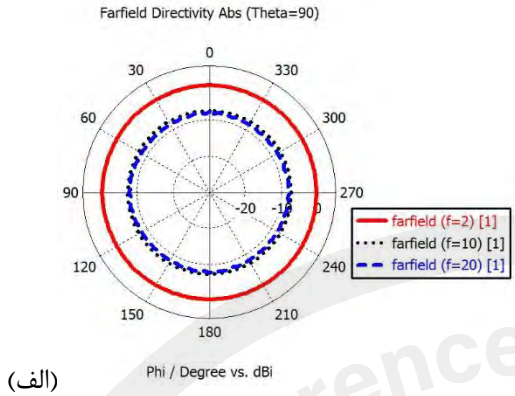


شکل۵: نمودار تلفات بازگشتی آنتن طراحی شده همسطح با بدنه

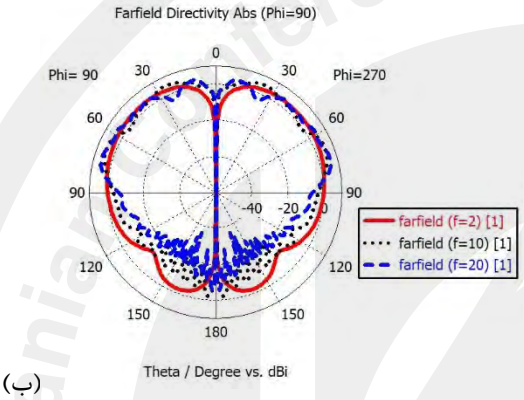
نمودار تلفات بازگشتی نشان از پهنای باند وسیع آنتن طراحی شده دارد.این نمودار در بازه‌ی فرکانسی ۲ تا ۲۰ گیگاهرتز پاسخ مناسبِ زیر ۱۰- دسی بل را نمایش می دهد.

شکل ۶ الگوی تشعشعی آنتن هم سطح با بدنه را در راستای افقی و عمودی نشان می‌دهد.

همانطور که از شکل ۶ برداشت می‌شود الگوی تشعشعی در تمامی فرکانس ها در راستای افق کماکان به صورت تمام همه جهته باقی مانده است.



(الف)

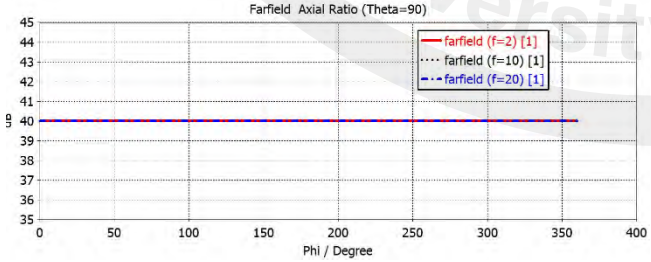


(ب)

شکل۶: الگوی تشعشعی آنتن هم‌سطح با بدنه (الف) در راستای افق (ب) در راستای عمود در فرکانس های ۲،۱۰،۲۰ گیگاهرتز

نکته‌ی نگران کننده از این مدل طراحی بهم‌ریختن قطبی شدگی آنتن طراحی شده است. اما به علت نرمی منحنی استفاده شده برای برش دیواره‌ی عمودی، اتفاقی برای قطبی شدگی آنتن نمی افتد. همانطور که می‌دانیم قطبی شدگی آنتن تک مخروطی با صفحه‌ی زمین از نوع خطی-عمودی است. شکل ۷ نمایشی از معیار قطبی شدگی آنتن هم‌سطح با بدنه است. معیار قطبی شدگی هرچقدر به یک نزدیک باشد نماینده قطبی شدگی دایروی و هرچه فاصله بیشتری از عدد یک داشته باشد نماینده قطبی شدگی خطی است.

در نرم افزار مورد استفاده بالاترین عدد قابل نمایش عدد ۴۰ دسی‌بل است که نمایانگر خطی بودن کامل و عدم تغییر قطبی شدگی است.



شکل7: نمودار معیار قطبی شدگی آنتن هم‌سطح با بدنه طراحی شده

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله ابتدا با استفاده از مقالات موجود یک آنتن تک مخروطی با صفحه‌ی زمین طراحی و با ایده‌ی ایجاد دیوارهِ زمین اطراف عنصر تک مخروطیِ طراحی شده و برش منحنی وار این دیواره ، یک آنتن هم سطح با بدنه‌ی فرا پهن باند در بازه فرکانسی ۲تا ۲۰ گیگاهرتز با قطبی شدگی کاملاً خطی و عمودی با تلفات بازگشتی کمتر از ۱۰- دسی‌بل طراحی و شبیه سازی شده است. با طراحی این آنتن سطح مقطع راداری ناشی از بیرون زدگی آنتن را در وسیله هایی که از این پهنای باند استفاده می‌کنند به شدت کاهش داده‌ایم.

سپاسگزاری

لازم می دانم از سرکار خانم نسیم اکبرپور به دلیل همکاری های بی دریغ خود سپاسگزاری کنم.

مراجع

[1] J. Zheng and S-J. Fang. "A new method for designing low RCS patch antenna using frequency selective surface." Progress In Electromagnetics Research 58,pp.125-131, 2016.
[2]
[3] B.A. Munk, “Frequency-selective surfaces: Theory and design”, Wiley, New York, 2000.
[4] B.S.Tung,B.X. Khuyen,Y.J.Kim,V.D.Lam, K. Kim and Y.P.Lee , “Polarization-independent, wide incident angle and dual-band perfect absorption, based on nearfield coupling in a symmetric metamaterial ” , Sci, 2017.
[5] M. T .Jusoh ,"Plasma antenna design for RCS reduction." 2019 13th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP). IEEE, 2019.
[6] S.Bories,C.Roblin, and A.Sibille. "Ultra-wideband monocone antenna for UWB channel measurements." XXVIII URSI Convention on Radio Science and FWCW meetings. 2003.
[7] J.McDonald and D.S. Filipovic. "On the bandwidth of monocone antennas." IEEE transactions on antennas and propagation 56.4 pp1196-1201 (2008):.