

آنتن شکافدار موجبری جدید با پلاریزاسیون دایروی

مهدی سالاری^۱ و مسعود موحدی^۲

^۱بخش مهندسی برق، دانشگاه شهید باهنر کرمان، Mehdi.Salari64@gmail.com

^۲بخش مهندسی برق، دانشگاه شهید باهنر کرمان، Movahhedi@iee.org

چکیده - در این مقاله یک روش مناسب برای دستیابی به پلاریزاسیون دایروی در آنتن‌های شکافدار موجبری ارائه می‌شود، که امکان دستیابی به آرایه دو بعدی و در نتیجه الگوی تشعشعی مناسب را در عین داشتن پلاریزاسیون دایروی ایده‌آل، فراهم می‌سازد. آرایه 5×4 طراحی شده، دارای پهنای پرتوی الگوی تشعشعی توان 10° درجه حول محور عمود بر آرایه، نسبت محوری کمتر از 1^{dB} در محدوده پهنای پرتو، جهت دهندگی $19/9^{dBi}$ در جهت عمود و سطح گلبزرگ فرعی 11^{dB} می‌باشد.

کلید واژه- آنتن شکافدار موجبری، پلاریزاسیون دایروی، شکاف V شکل.

ابعاد و فاصله دیپل تا شکاف، به پلاریزاسیون دایروی دست یافت. آنتن‌های شکافدار به دلیل داشتن ساختار مسطح، در هواپیماها و فضاپیماها کاربرد عمده‌ای دارند. استفاده از دیپل به عنوان مبدل پلاریزاسیون باعث می‌شود آنتن شکافدار این مزیت اصلی خود، یعنی داشتن ساختار مسطح را از دست بدهد. در این مقاله، یک ساختار جدید برای رسیدن به پلاریزاسیون دایروی از دیواره‌های جانبی موجبر، ارائه می‌شود. این آنتن هیچ یک از معایب ساختارهای بالا را ندارد و می‌توان ضمن حفظ مسطح بودن آنتن، به یک الگوی تشعشعی بدون هیچ گلبزرگ فرعی بزرگی دست یافت. نتایج شبیه سازی این ساختار در محیط نرم افزار CST Microwave Studio، در ادامه ارائه خواهد شد.

۲- ساختار آنتن شکافدار جدید

آنتن پیشنهادی، همان‌گونه که در شکل (۱) نشان داده شده است، از یک موجبر مستطیلی که تحریک از طریق آن صورت می‌گیرد و تشدید کننده هائی که شکاف‌های تشعشعی کننده V شکل روی آنها ایجاد می‌شوند، تشکیل شده است. در اینجا این تشدیدکننده نقشی که از یک تشدیدکننده معمول مورد انتظار است را ندارد؛ بلکه نقش آن ایجاد ساختاری است که بتوان شکاف V شکل را روی آن ایجاد کرد. برای جلوگیری از تشعشع در فضای پشت آنتن، سایر ابعاد این ساختار مکعبی شکل بسته می‌باشند. از طرف دیگر، شکاف X شکل روی دیواره عریض موجبر ایجاد می‌شود و مرکز آن در نقطه‌ای قرار می‌گیرد که

۱- مقدمه

آنتن‌های شکافدار موجبری به دلیل سادگی ساختار، قابلیت دستیابی به انواع پلاریزاسیون، مقاومت فیزیکی بالا و ساختار مسطح در ساخت آرایه‌های یک بعدی و دو بعدی مورد استفاده در رادارها و فضاپیماها کاربرد عمده‌ای دارند. روش‌های متعددی برای تشعشع از این آنتن‌ها با پلاریزاسیون‌های خطی [1]-[2]، و دایروی [3]-[5]، ارائه شده است. یکی از روش‌های معمول برای رسیدن به پلاریزاسیون دایروی، ایجاد یک شکاف X شکل و یا دایروی روی دیواره عریض موجبر در نقطه‌ای می‌باشد که مولفه‌های طولی و عرضی جریان سطحی، هم‌اندازه هستند [4]. در این روش در یک آرایه دو بعدی نمی‌توان در هیچ بعد آرایه عناصر را با فواصل نزدیک به نصف طول موج فضای آزاد $\lambda/2$ کنار هم قرار داد. بنابراین در یک آرایه یک بعدی، دو و در آرایه دو بعدی چهار گلبزرگ فرعی قابل قیاس با گلبزرگ اصلی خواهیم داشت. یک راه برای رفع این مشکل، ارائه روشی برای تشعشع از دیواره‌های جانبی موجبر است. قرار دادن آنتن دیپل در مقابل شکاف‌های آنتن شکافدار موجبری با پلاریزاسیون خطی، به عنوان مبدل پلاریزاسیون یک راه برای دستیابی به پلاریزاسیون دایروی از دیواره‌های جانبی موجبر و حل مشکل ساختارهایی مانند ساختار بالا می‌باشد [5]. در این روش یک دیپل در مقابل هر شکاف آنتن شکافدار موجبری با پلاریزاسیون خطی، که شکاف‌های آن روی دیواره جانبی موجبر می‌باشند، قرار می‌گیرد و می‌توان با تنظیم

می‌شود. در ساختار ارائه شده در این مقاله می‌توان ارتفاع موجبر و تشدیدکننده‌ها را به گونه‌ای انتخاب کرد که مجموع آنها کمتر از نصف طول موج فضای آزاد، $\lambda/2$ باشد. بنابراین می‌توان آرایه‌های یک بعدی را با فواصل $\lambda/2$ به گونه‌ای کنار هم قرار داد که در آرایه دو بعدی حاصل، فاصله معادل بین شکاف‌ها در راستای طول موجبرها برابر با $\lambda_g/2$ و در بعد دیگر آرایه برابر با $\lambda/2$ باشد. بنابراین آرایه دو بعدی حاصل هیچ گلبه فرعی ناخواسته‌ای در الگوی تشعشعی خود نخواهد داشت. شکل (۲) نحوه قرار گرفتن آرایه‌های یک بعدی در کنار یکدیگر و فاصله معادل بین شکاف‌ها در آرایه دو بعدی را نشان می‌دهد.

۳- روش طراحی

شکل (۳) توزیع جریان سطحی روی دیواره‌های موجبر را نشان می‌دهد. برای مولفه‌های توزیع جریان مد TE_{10} روی دیواره عریض موجبر مستطیلی داریم:

$$J_x \propto \frac{\lambda}{2a} \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right) \quad (1)$$

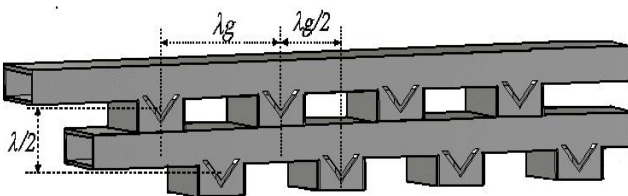
$$J_z \propto \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \quad (2)$$

که λ طول موج فضای آزاد است.

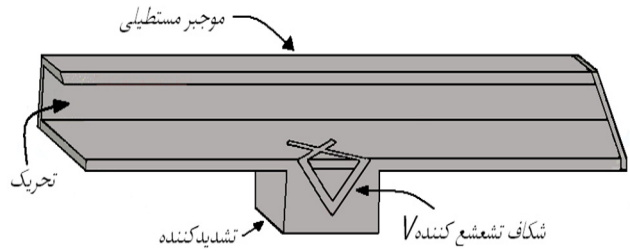
با توجه به روابط (۱) و (۲)، در نقطه x دامنه مولفه‌های طولی و عرضی توزیع جریان با هم برابر خواهند بود اگر x برابر با رابطه (۳) انتخاب شود:

$$x = \frac{a}{\pi} \tan^{-1} \left[\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2a}{\lambda}\right)^2 - 1}} \right] \quad (3)$$

در نقطه x مولفه‌های طولی و عرضی جریان سطحی موجبر هم‌اندازه و دارای 90° درجه اختلاف فاز می‌باشند. اگر در این نقطه یک شکاف X شکل با شاخه‌های عمود بر هم ایجاد شود،



شکل ۲: نحوه قرار گرفتن موجبرها برای اینکه فاصله معادل بین شکاف‌ها نزدیک به $\lambda/2$ باشد.



شکل ۱: ساختار آنتن و نحوه قرار گرفتن شکاف‌ها

اندازه مولفه‌های طولی و عرضی جریان سطحی موجبر با هم برابر باشند. مولفه‌های طولی و عرضی جریان روی دیواره عریض موجبر دارای اختلاف فاز 90° درجه نیز می‌باشند، بنابراین در شاخه‌های شکاف X ، میدان‌های الکتریکی هم‌دامنه و با اختلاف فاز 90° درجه ایجاد خواهد شد. برخلاف ساختار ارائه شده در [4]، میدان‌های الکتریکی ایجاد شده در این شکاف تشعشع نمی‌یابند، بلکه شکاف X نقش یک خط انتقال را ایفا کرده و این میدان‌های الکتریکی را به شاخه‌های شکاف V می‌رساند. از آنجاییکه شاخه‌های شکاف V بر هم عمود می‌باشند، این شکاف به عنوان یک عنصر تشعشع‌کننده، با داشتن مولفه‌های میدانی هم‌دامنه و با اختلاف فاز 90° درجه، یک موج با پلاریزاسیون دایروی در ناحیه راه دور آنتن ایجاد خواهد نمود.

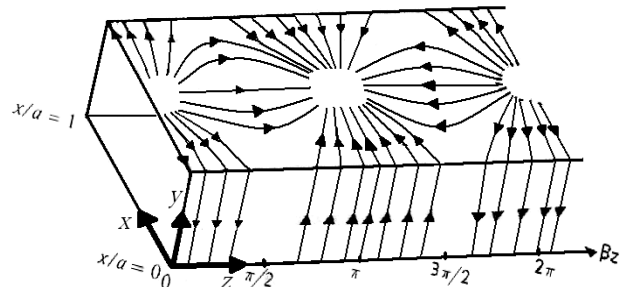
برای اینکه در الگوی تشعشعی یک آرایه گلبه فرعی ناخواسته نداشته باشیم، باید فاصله بین عناصر آرایه نزدیک به نصف طول موج فضای آزاد باشد. در موجبر مستطیلی برای این که شکاف‌ها هم فاز تحریک شوند، باید فاصله بین آنها برابر با طول موج داخل موجبر، λ_g باشد. در صورتیکه پلاریزاسیون خطی مورد نظر باشد، می‌توان شکاف‌ها را به صورت یک در میان دو طرف خط مرکزی صفحه عریض موجبر قرار داد و فاصله بین شکاف‌ها را به $\lambda_g/2$ کاهش داد. در حالتی که پلاریزاسیون دایروی مدنظر باشد، نمی‌توان با یک در میان قرار دادن شکاف‌ها در دو طرف خط مرکزی صفحه عریض موجبر فاصله شکاف‌ها را به $\lambda_g/2$ کاهش داد، زیرا در این حالت شکاف‌های یک سمت خط مرکزی موجی با پلاریزاسیون دایروی راست‌گرد و شکاف‌های سمت دیگر موجی با پلاریزاسیون دایروی چپ‌گرد تشعشع می‌کنند. برآیند این دو موج در ناحیه راه دور آنتن، یک موج با پلاریزاسیون خطی خواهد بود. بنابراین در روش معمول ارائه شده در مرجع [4]، برای داشتن پلاریزاسیون دایروی باید شکاف‌ها را به فاصله λ_g از یکدیگر قرار داد، در نتیجه به دلیل این که λ_g در داخل موجبر بزرگتر از λ فضای آزاد می‌باشد، در الگوی تشعشعی آنتن گلبه‌های فرعی ناخواسته و قابل قیاس با گلبه اصلی ایجاد

$$2b + 3t \leq \frac{\lambda}{2} \Rightarrow b \leq 6 \quad (5)$$

در اینجا b برابر با ϵ^{mm} در نظر گرفته می‌شود.

مرکز شکاف X در نقطه x و شاخه‌های آن با زاویه $\pm 45^\circ$ درجه نسبت به محور Z قرار می‌گیرند، شاخه‌های شکاف V از انتهای شاخه‌های شکاف X که از دیواره جانبی موجبر خارج شده‌اند، شروع شده و با زاویه $\pm 45^\circ$ درجه نسبت به محور y ، در طول دیواره تشدیدکننده ایجاد می‌شوند. شاخه‌های شکاف V بر هم عمود بوده و میدان‌های الکتریکی آن‌ها دارای 90° درجه اختلاف فاز هستند، بنابراین میدان راه دور تشعشع شده از این شکاف دارای پلاریزاسیون دایروی خواهد بود. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، شکاف X مانند یک خط انتقال عمل می‌کند. یک سمت این خط انتقال به اتصال کوتاه و سمت دیگر آن به شاخه‌های شکاف V ختم می‌شود. می‌توان شاخه‌های شکاف V را به عنوان یک بار در انتهای این خط انتقال فرض کرد، بنابراین فاصله انتهای شاخه‌های شکاف X تا مرکز آن و همچنین عرض شاخه‌های شکاف V ، در توزیع میدان الکتریکی در شکاف‌ها و در نتیجه در اندازه نسبت محوری آنتن موثرند. مقادیری نزدیک به نصف طول موج فضای آزاد برای طول شاخه‌های شکاف X و مقادیری نزدیک به ضخامت دیواره‌های موجبر برای عرض شاخه‌های شکاف V ، اندازه اولیه مناسبی می‌باشند. با تنظیم این پارامترها می‌توان به پلاریزاسیون دایروی نزدیک شد. در اینجا طول شاخه‌های شکاف X برابر با $13/5^{mm}$ و عرض شاخه‌های شکاف V برابر با 1^{mm} در نظر گرفته شده است.

شرط داشتن میدان‌های الکتریکی هم‌اندازه با اختلاف فاز 90° درجه در شاخه‌های شکاف‌های X و V این است که داخل موجبر موج کاملاً رونده داشته باشیم. با ایجاد شکاف X روی دیواره موجبر بخشی از توان انعکاس یافته و دیگر یک موج رونده کامل و در نتیجه میدان‌های الکتریکی هم‌اندازه با اختلاف فاز 90° درجه در شاخه‌های شکاف‌ها نخواهیم داشت. با تغییر میزان انعکاس از انتهای موجبر می‌توان اثر این آشفتگی را جبران کرد و به یک پلاریزاسیون دایروی ایده‌آل دست یافت. ضریب انعکاس از انتهای موجبر بستگی به تعداد و ابعاد شکاف‌ها دارد. با افزایش تشعشع از شکاف‌ها از طریق تغییر ابعاد و یا افزایش تعداد آن‌ها، توان کمتری به انتهای موجبر می‌رسد، بنابراین برای جبران اثر آشفتگی ذکر شده باید از باری با ضریب انعکاس بزرگتر در انتهای موجبر استفاده کرد.



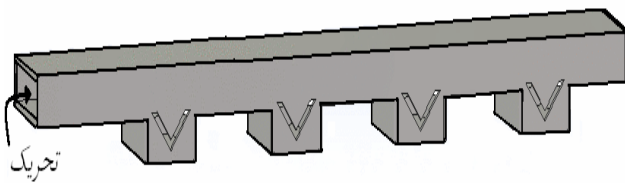
شکل ۳: توزیع جریان روی سطوح دیواره‌های موجبر.

میدان الکتریکی ایجاد شده در این شاخه‌ها هم‌اندازه و دارای 90° درجه اختلاف فاز خواهد بود. در روش ارائه شده در [4]، از همین شکاف X به عنوان عنصر تشعشع‌کننده استفاده شده است. برای اینکه فرکانس قطع موجبر مستطیلی نزدیک به فرکانس کار آنتن نباشد، عرض موجبر a ، باید بزرگتر از $\lambda_g/2$ انتخاب شود. از آنجا که در موجبر مستطیلی، λ_g بزرگتر از λ می‌باشد، بنابراین با این روش نمی‌توان موجبرها را با فواصل نزدیک به $\lambda/2$ کنار هم قرار داد و به الگوی تشعشعی مناسب دست یافت. برای رسیدن به این هدف سعی می‌شود شکاف‌ها از دیواره عریض موجبر به دیواره جانبی آن منتقل شوند. در ساختار ارائه شده در این مقاله از شکاف X به عنوان عنصر تشعشع‌کننده استفاده نمی‌شود، بلکه این شکاف در نقش یک خط انتقال، میدان الکتریکی را به شاخه‌های شکاف V که روی تشدیدکننده قرار دارد، هدایت می‌کند و این شکاف به عنوان عنصر تشعشع‌کننده توان الکترومغناطیسی عمل می‌کند.

فرکانس کار در اینجا 10^{GHz} و مرکز شکاف X وسط دیواره جانبی و خط مرکزی موجبر انتخاب شده است، $x = a/4$. بنابراین شرط داشتن مولفه‌های هم‌اندازه جریان سطحی در نقطه x به رابطه (۴) تقلیل می‌یابد:

$$a = \lambda / \sqrt{2} \quad (4)$$

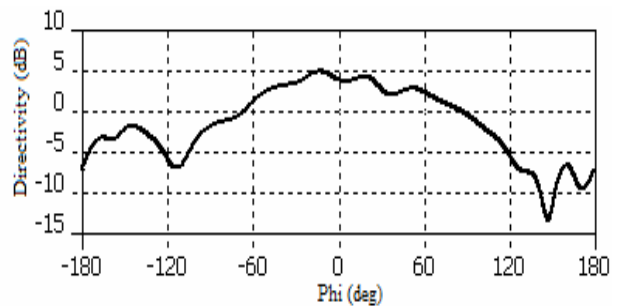
همان‌طور که قبلاً اشاره شد، ارتفاع موجبر و تشدیدکننده‌ها را می‌توان به گونه‌ای انتخاب کرد که مجموع آن‌ها برابر با نصف طول موج فضای آزاد باشند و بتوان آرایه‌های یک بعدی را با فواصل $\lambda/2$ ، به گونه‌ای کنار هم قرار داد که فاصله معادل بین عناصر در آرایه دو بعدی در یک بعد برابر با $\lambda_g/2$ و در بعد دیگر برابر با $\lambda/2$ گردد. برای این که بتوان موجبرها را با فواصل نزدیک به نصف طول موج فضای آزاد کنار هم قرار داد، باید رابطه (۵) برقرار باشد. ضخامت دیواره‌های موجبر t ، را برابر با 1^{mm} و ارتفاع موجبر و تشدیدکننده‌ها را هم‌اندازه و برابر با b در نظر می‌گیریم:



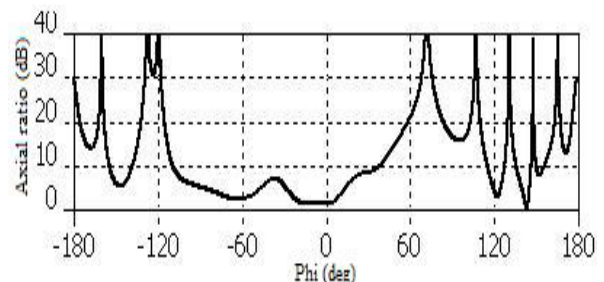
شکل ۶: آنتن شکافدار آرایه ای یک بعدی.

شکل (۶) یک آرایه یک بعدی که از ۴ شکاف تشکیل شده را نشان می‌دهد. تحریک از یک دهانه موجبر صورت می‌گیرد و دهانه دیگر موجبر توسط مدار تطبیق بسته شده است. برای این ساختار، برای داشتن پلاریزاسیون دایروی مناسب، مقداری که برای ضریب انعکاس از سر بار به دست آمده برابر با 125° - $\angle 0.483$ می‌باشد. این مقدار با تغییر ارتفاع پیچ درون موجبر، برای رسیدن به پلاریزاسیون دایروی به دست آمده است. میزان انعکاس از این بار در تعیین مقدار نسبت محوری آنتن نقش کلیدی دارد. نسبت محوری این آنتن در بازه ± 5 درجه حول محور عمود بر آرایه کمتر از $1/7$ dB می‌باشد. نسبت محوری و جهت‌دهی این آنتن به ترتیب در شکل‌های (۷) و (۸) آمده‌اند. جهت‌دهی این آرایه در راستای عمود بر محور آن 10.4 dB_i، پهنای پرتوی آن 10° درجه و نسبت محوری آن در جهت حداکثر تشعشع کمتر از 0.5 dB می‌باشد. با توجه به این‌که در آرایه یک بعدی فاصله عناصر آرایه برابر با طول موج موجبر است، بنابراین سطح گلبرگ فرعی آنتن بزرگ می‌باشد. در این آرایه سطح گلبرگ فرعی آنتن برابر با $1/4$ dB- است. با دو بعدی شدن آرایه فاصله معادل بین شکاف‌ها به نصف طول موج موجبر نزدیک می‌شود و دامنه گلبرگ‌های فرعی در الگوی تشعشعی آنتن کاهش می‌یابد، در نتیجه سطح گلبرگ فرعی آنتن بسیار کم خواهد شد. برای ساختن آرایه دو بعدی از شکاف‌های ۷، ۵ آرایه یک بعدی در کنار هم قرار گرفته‌اند. همان‌طور که در شکل (۹) دیده می‌شود، این ساختار این امکان را می‌دهد که آرایه‌های یک بعدی را به فواصل $\lambda/2$ کنار هم قرار داد، همچنین می‌توان با شیفت دادن این آرایه‌های یک بعدی ساختار آنتن را به گونه‌ای طراحی کرد که فاصله معادل بین شکاف‌ها در راستای طول موجبرها به $\lambda/2$ کاهش یابد، بنابراین در الگوی تشعشعی آنتن انتظار وجود هیچ گلبرگ فرعی قابل توجه‌ای وجود نخواهد داشت.

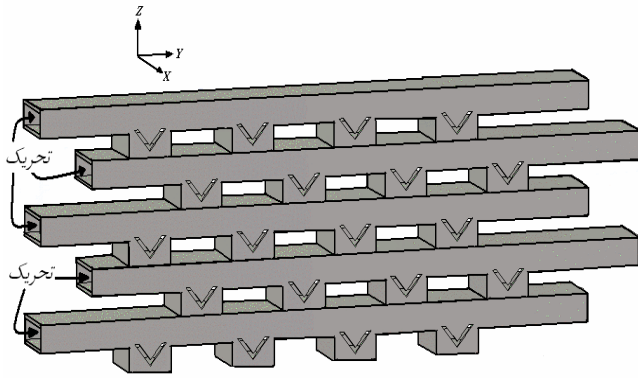
با توجه به مقادیر به دست آمده برای ابعاد موجبر و مقادیر اولیه پیشنهاد شده برای ابعاد شکاف‌ها در قسمت قبل، یک آنتن تک عنصری، یک آرایه یک بعدی و یک آرایه دو بعدی بر مبنای روش پیشنهادی، طراحی و در محیط نرم افزار CST Microwave Studio پیاده و شبیه‌سازی شده است. شکل (۴) جهت‌دهی یک آنتن تک عنصری طراحی شده با روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۵) دیده می‌شود، نسبت محوری این آنتن در جهت عمود بر شکاف کمتر از $1/7$ dB می‌باشد. همان‌طور که قبلاً گفته شد، برای رسیدن به پلاریزاسیون دایروی باید ضریب انعکاس از انتهای موجبر را تنظیم کرد تا به نسبت محوری قابل قبول دست یافت. برای تنظیم انعکاس از انتهای موجبر می‌توان از یک پیچ در دیواره بالایی موجبر استفاده کرد و با بالا و پایین بردن پیچ درون موجبر به ضریب انعکاس مناسب برای داشتن پلاریزاسیون دایروی دست یافت. پهنای باند این آنتن وابسته به پهنای باند مدار تطبیقی است که برای تنظیم نسبت محوری، در انتهای موجبر قرار می‌گیرد. پهنای باند آنتن طراحی شده برابر با $1/5$ درصد می‌باشد و همان‌طور که گفته شد، با افزایش پهنای باند مدار تطبیق می‌توان پهنای باند آنتن را نیز افزایش داد.



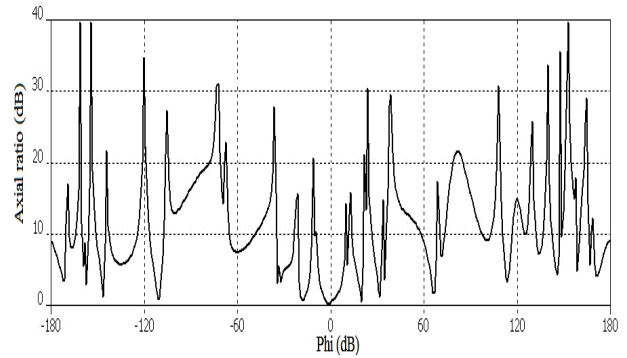
شکل ۴: نمودار جهت‌دهی آنتن تک عنصری بر حسب زاویه ϕ ، در صفحه $\theta=90^\circ$ ، (پلاریزاسیون دایروی).



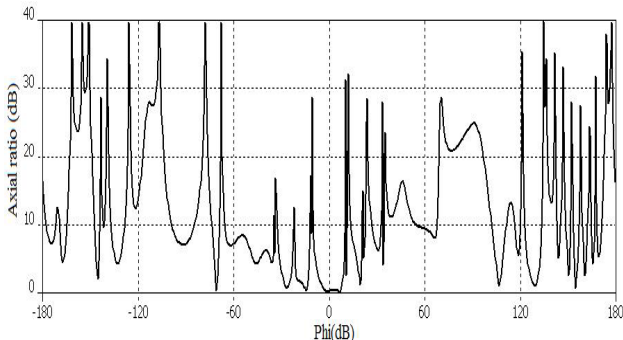
شکل ۵: نسبت محوری آنتن تک عنصری بر حسب زاویه ϕ ، در صفحه $\theta=90^\circ$.



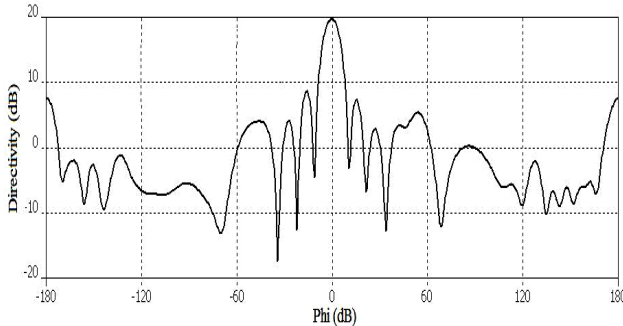
شکل ۹: آرایه دو بعدی متشکل از ۵ آرایه یک بعدی که هر یک شامل ۴ شکاف V می‌باشند.



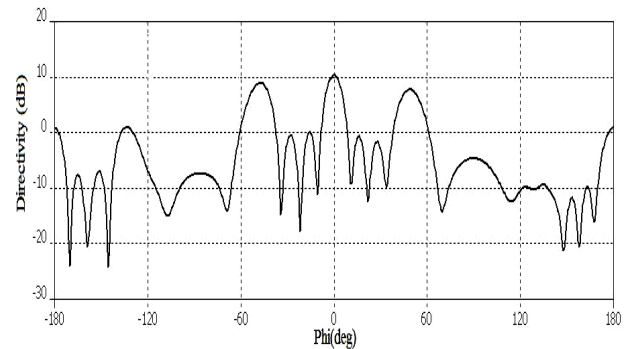
شکل ۷: نسبت محوری آرایه یک بعدی ۴ عنصری بر حسب زاویه Φ ، در صفحه $\theta=90$.



شکل ۱۰: نسبت محوری آرایه دو بعدی بر حسب زاویه Φ ، در صفحه $\theta=90$.



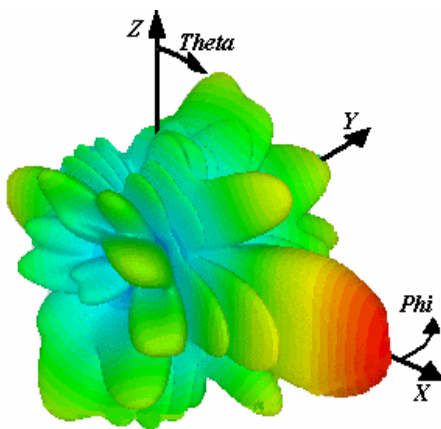
شکل ۱۱: نمودار جهت‌دهی آرایه دو بعدی بر حسب زاویه Φ ، در صفحه $\theta=90$ ، (پلاریزاسیون دایروی).



شکل ۸: نمودار جهت دهی آرایه یک بعدی ۴ عنصری بر حسب زاویه Φ ، در صفحه $\theta=90$ ، (پلاریزاسیون دایروی).

در شکل‌های (۱۰) و (۱۱) منحنی نسبت محوری و جهت‌دهی آرایه دو بعدی بر حسب Φ ، به ازای $\theta=90$ ترسیم شده است. نسبت محوری این آرایه در راستای حداکثر تشعشع، 0.33 dB است، که به پلاریزاسیون دایروی ایده‌آل بسیار نزدیک می‌باشد. همچنین، جهت‌دهی این آنتن در جهت عمود بر صفحه آرایه برابر با 19.9 dBi است.

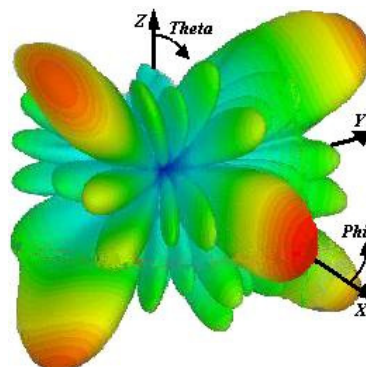
شکل‌های (۱۲) و (۱۳) نشان‌دهنده الگوی تشعشعی سه بعدی این آنتن و ساختار ارائه شده در [4] هستند. همان‌طور که قبلاً گفته شده بود، با استفاده از ساختار ارائه شده در این مقاله، می‌توان به یک آرایه دو بعدی دست یافت که هیچ پرتو فرعی قابل قیاسی با پرتو اصلی ندارد. شکل (۱۳) مربوط به الگوی تشعشعی آرایه دو بعدی طراحی شده بر مبنای روش ارائه شده در [4] است. همان‌گونه که در شکل (۱۳) دیده می‌شود، این آنتن به این دلیل که فاصله بین عناصر آرایه دو بعدی در هر دو بعد بزرگتر از $\lambda/2$ می‌باشد، دارای ۴ گلبرگ فرعی بزرگ و قابل قیاس با گلبرگ اصلی است، که عیب اساسی این ساختار بوده و با روش ارائه شده در این مقاله کاملاً رفع می‌گردد.



شکل ۱۲: الگوی تشعشعی سه بعدی آرایه دو بعدی طراحی شده با ساختار ارائه شده در این مقاله، (پلاریزاسیون دایروی).

مراجع

- [1] J. S. Ajioka, D. M. Joe, and J. L. Mcfarland, "Slot Radiators in Septated Waveguide," *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. AP-32, no. 3, pp. 247-251, 1984.
- [2] R. A. Gilbert, *Antenna Engineering Handbook*. Mc.Graw-Hill. 2007.
- [3] D. R. Hill, "Circularly Polarised Radiation from Narrow Wall Slots in Rectangular Waveguide," *Electronic Letters*, vol. 16, no. 14, pp. 559-560, 1980.
- [4] A. J. Simmons, "Circularly Polarized Slot Raditors" *IRE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 5, no. 1, pp. 31-36, 1957.
- [5] K. S. Min, J. Hirokawa, K. Sakurai, M. Ando, N.Goto, and Y. Hara, "A Circularly Polarized Waveguide Narrow-Wall Slot Array Using a Single Layer Polarization Converter," in *proc. Int. Symp. Antennas and Propagation Soc.*, 1996, pp. 1004-1007.
- [6] G. Montisci, M. Musa, and G. Mazzarella, "Waveguide Slot Antennas for Circularly Polarized Radiated Field," *IEEE Trans. On Antennas and Propagation*, vol. 52, no. 2, pp. 619-623, 2004.



شکل ۱۳: الگوی تشعشعی سه بعدی آرایه دو بعدی طراحی شده با ساختار ارائه شده در مقاله [4]، (پلاریزاسیون دایروی).

۵- نتیجه گیری

در این مقاله یک ساختار موجبری جدید برای تشعشع توان الکترومغناطیسی با پلاریزاسیون دایروی معرفی شده و با ترکیب دو شکاف X و V شکل ایجاد شده روی یک موجبر مستطیلی و تشدیدکننده، به پلاریزاسیون خیلی نزدیک به دایروی دست یافته‌ایم. در این ساختار می توان با نزدیک کردن فاصله بین عناصر در آرایه دو بعدی به $\lambda/2$ ، یک الگوی تشعشعی با سطح گلبرگ فرعی بسیار کم و نسبت محوری نزدیک به واحد و جهت‌دهی بالا به دست آورد.