

توسعه ی قابلیت های تحلیل و طراحی لامپ های مایکروویو و موج میلی متری ژایرو در دانشکده ی مهندسی برق دانشگاه شیراز

هومن بهمن سلطانی^۱، حبیب اله عبیری^۲، سید محمد روزگار^۳

abiri@shirazu.ac.ir

۱- دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه شیراز

۲- عضو هیات علمی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه شیراز

چکیده

در این گزارش به طور خلاصه به توسعه ی قابلیت های تحلیل و طراحی سامانه های ژایرو در دانشکده ی مهندسی برق دانشگاه شیراز پرداخته ایم.

واژگان کلیدی: لامپ های مایکروویو، لامپ های ژایروترو

۹۴/۱۲/۲۵

تاریخ دریافت مقاله

۹۵/۰۱/۰۲

تاریخ پذیرش مقاله

۱- مقدمه

لامپ‌های مایکروویو سامانه‌های پر قدرت الکترومغناطیسی هستند که برای تولید و تقویت امواج RF به کار می‌روند. این سامانه‌ها از بسامدهای UHF تا تراهرتز و سطوح توان میلی وات تا مگاوات را تولید می‌کنند و در قسمت‌های فرکانس بالای طیف، نسبت به سامانه‌های حالت جامد و اپتیک غیر خطی توان‌های به مراتب بیشتری را تولید می‌کنند. لامپ‌های مایکروویو ژایرو از منابع پر قدرت امواج الکترومغناطیسی در ناحیه‌ی موج میلی متری و تراهرتز محسوب می‌شوند [۱]. تولید مگاواتی توان RF در بسامدهای ۱۰۰-۱۴۰ گیگاهرتز از توانایی‌های منحصر به فرد این سامانه‌هاست [۲].

سامانه‌های ژایرو در حالت‌های نوسان‌سازی و تقویت‌کنندگی قابل استفاده‌اند. سامانه‌ی ژایرو TWT یک تقویت‌کننده‌ی پر قدرت ناحیه‌ی موج میلی متری است که از برهمکنش ژایرو الکترون‌ها و موج رونده‌ی RF برای تقویت سیگنال بهره می‌جوید. توان خروجی این سامانه‌ها از چند وات تا صد کیلوولت و بالاتر از آن در ناحیه‌ی موج میلی متری قابل دست‌یابی است. ژایرو مونوترون‌ها نوسان‌سازهای پر قدرت ناحیه‌ی مایکروویو تا تراهرتز‌اند. ژایرو BWO‌ها در ناحیه‌ی میلی متری و زیر میلی متری قابل استفاده‌اند، در عین حال کاربردهای محدودتری نسبت به ژایرو مونوترون‌ها دارند.

۲- بررسی سامانه‌های ژایرو در دانشکده‌ی مهندسی برق دانشگاه شیراز

بررسی سامانه‌های ژایرو در دانشکده‌ی مهندسی برق دانشگاه شیراز از سال ۱۳۹۱ در چهار محور انجام گرفته است:

۱- تحلیل سیگنال بزرگ لامپ با ایجاد و توسعه‌ی کد مدلساز ناحیه‌ی برهمکنش لامپ ژایرو (شکل‌های (۱) و (۲))

۲- طراحی و تحلیل ناحیه‌ی گان مولد الکترون‌های دوار به کار رفته در لامپ موسوم به ژایرو الکترون‌ها (شکل ۳)

۳- تحلیل و طراحی زیر سیستم‌های RF سیستم مانند مبدل‌های مود و مقسم توان (شکل (۴))

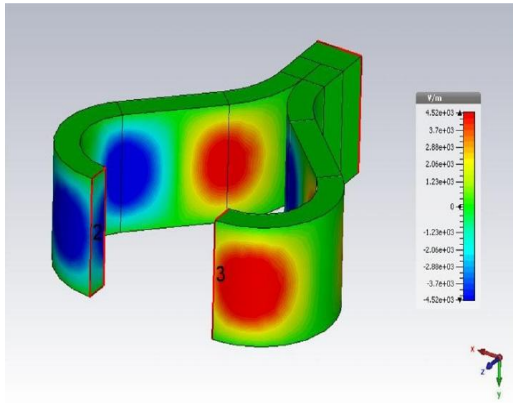
۴- تحلیل و طراحی ناحیه‌ی برهمکنش لامپ با استفاده از نرم افزارهای PIC (شکل (۵) و (۶)) قسمت‌های ۲ و ۳ در تمامی سامانه‌های ژایرو مشترک‌اند. قسمت‌های ۱ و ۴ برای لامپ خاص ژایرو می‌بایست پیاده‌سازی شود. این روند‌ها برای سه سامانه‌ی ژایرو TWT، ژایرو مونوترون و ژایرو BWO به صورت جداگانه پیاده‌سازی شده‌اند.

سامانه‌های تقویت‌کننده‌ی ژایرو مستعد انواع ناپایداری‌ها مانند نوسانات ناخواسته‌ی هارمونیک سیکلوترونی بالاتر ژایرو مونوترونی، ژایرو BWO، ناپایداری ویبل و مانند آن هستند. این ناپایداری‌ها در شبیه‌سازی PIC در صورت استفاده‌ی درست از نرم افزار به صورت خودکار تحلیل خواهند شد (شکل ۷). در عین حال، شبیه‌سازی لامپ با نرم افزارهای PIC به طور قابل توجهی زمان بر است. این زمان بر بودن با افزایش مش‌زنی، افزایش تعداد ذرات باردار، و افزایش نسبت طول لامپ به طول موج فضای آزاد سیگنال کاری افزایش می‌یابد. در این حالت به صرفه است که تحلیل سیگنال بزرگ توسط کد‌های نوشته شده انجام گیرد. این روند تاکنون در مورد سامانه‌های ژایرو مونوترون، ژایرو TWT و ژایرو BWO انجام شده است. یک لامپ ژایرو TWT می‌تواند در کد نوشته شده‌ی ژایرو مونوترونی نیز شبیه‌سازی شود تا امکان وقوع نوسانات ناخواسته‌ی ژایرو مونوترونی در آن مورد بررسی قرار گیرد.

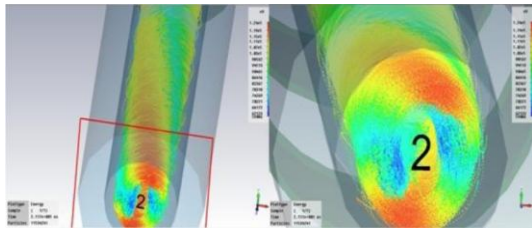
در مورد کد‌های سیگنال بزرگ لامپ ژایرو، حداقل دو قابلیت می‌بایست وجود داشته باشد تا کد بتواند به تحلیل شرایط واقعی بپردازد:

۱- قابلیت وارد کردن توزیع آماری سرعت‌های الکترونی

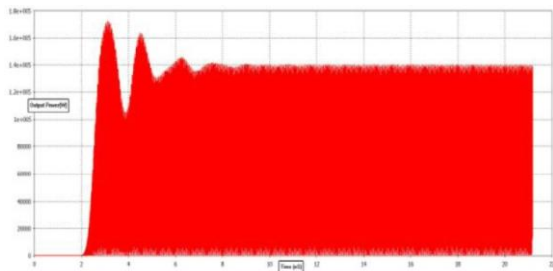
۲- قابلیت وارد کردن ناهمگنی‌های میدان مغناطیسی



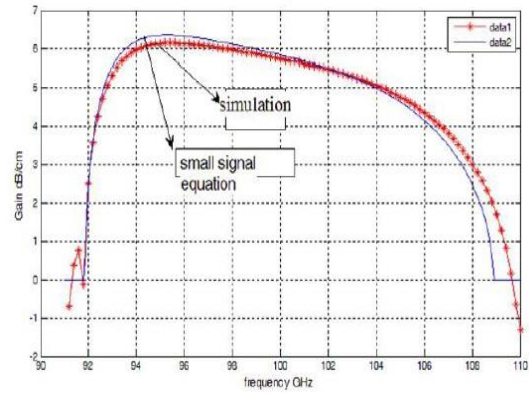
شکل (۴) مقسم توان در باند موج میلی متری



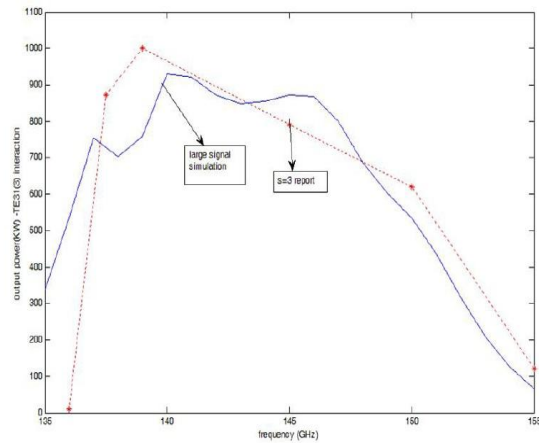
شکل (۵) باریکه ی الکترونی در گیر در برهمکنش در نرم افزار PIC



شکل (۶) توان خروجی به دست آمده از نرم افزار PIC



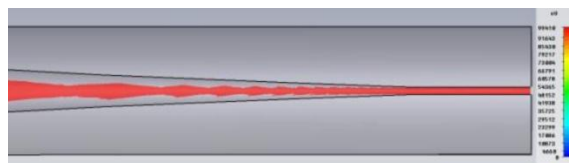
شکل (۱) مقایسه ی بهره ی سیگنال کوچک به دست آمده از کد های نوشته شده در دانشگاه شیراز با معادله ی تحلیلی برای یک ژایرو TWT در باند W



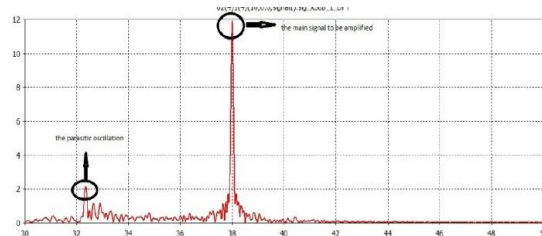
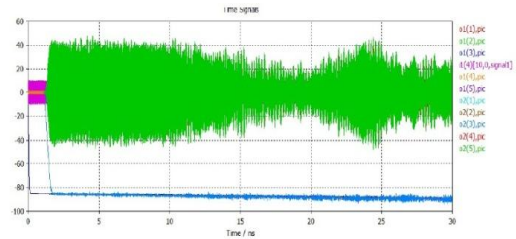
شکل (۲) مقایسه ی شبیه سازی نتایج سیگنال بزرگ ژایرو TWT با نتایج گزارش شده در مقالات معتبر شبیه سازی

هر دو ویژگی به ویژه در تقویت کننده های موج رونده دارای اهمیت است. این قابلیت ها در نرم افزارهای نوشته شده در نظر گرفته شده اند.

زمان اجرای شبیه سازی های PIC بین کسری از یک روز تا سه روز طول می کشد. زمان اجرای شبیه سازی با استفاده از کد های نوشته شده، بین یک تا ده دقیقه



شکل (۳) گان نوع cusp برای تحریک ژایروترون های هارمونیک سیکلوترونی



شکل (۷) شکل حوزه ی زمان و طیف خروجی که سامانه ی ژاپرو که متحمل نوسانات ناخواسته ی ژاپرو BWO شده است.

طول می کشد. کد ها در محیط MATLAB نوشته شده اند و در صورت پیاده سازی در محیط C، زمان اجرای فوق احتمال تا حد یک تا دو مرتبه ی بزرگی کاهش خواهد یافت.

۳- نتیجه گیری

در حوزه ی تحلیل و طراحی سامانه های پر قدرت موج میلی متری ژاپرو، قابلیت های دانشکده ی مهندسی برق دانشگاه شیراز که از سال ۱۳۹۱ تا کنون توسعه یافته است، بیان شد. این قابلیت ها سطوح مختلف شبیه سازی با کد های آماده ی PIC، کد های نوشته شده در دانشگاه شیراز، تحلیل باریکه و نیز زیر سامانه های جانبی RF را در بر می گیرد.

۴- منابع

- [1] A.S.Gilmour, Jr. , *Klystrons, Traveling Wave tubes, Magnetrons, Crossed field Amplifiers and Gyrotrons*. ARTECH HOUSE, pp. 430-435, 2011.
- [2] Robbert J. Barker , Neville C. Luhmann , John H. Booske , Gregory S. Nusinovich , *Modern Microwave and Millimeter-Wave Power Electronics*, Wiley-IEEE Press, 2005.