



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

## طراحی یک آمپلی فایر لوله موج گذرا موجبر آبشاری باند V پرتوان جدید

طراحی یک لوله موج گذرای آبشاری (TWT) موجبر مارپیچی باند V در این مقاله ارائه شده است. در این ساختاری آبشاری، یک مدل تئوری غیر خطی رومقی اولین بار برای شبیه سازی این دو نوع لوله با فرایند مشترک ارائه می شود. از این روی، یک اصل طراحی اولیه پیشنهاد می شود که می تواند این دو نوع لوله را طراحی کند. با استفاده از این اصل یک TWT مارپیچی با بهره بالا به طور دقیق به صورت آمپلی فایر طبقه اول و سپس FWG TWT برای دست یابی به توان بالا طراحی می شود. شبیه سازی ها پیش بینی می کنند که توان پیک W 800 با بهره اشباع 60 دسی بل از 55 گیگاهرتز تا 60 گیگاهرتز را می توان بدست آورد.

### 1-مقدمه

دامنه فرکانس باند V (50-75 گیگاهرتز) یک منطقه ای از طیف موج میلی متر با کاربرد بالقوه برای ارتباطات بین ماهواره ای و رادار های با عملکرد بالا از جمله مطالعات جوی، تشخیص بقایای فضایی، مسیر یابی دقیق و تصویر برداری با وضوح بالا می باشد (1-3). با این حال، با محدودیت توان و اندازه در این دامنه فرکانسی، هنگام استفاده از لوله موج گذرای مارپیچی (1-4) و برخی TWT های با ساختار جدید (5-7) بر روی این باند با فرکانس بالا مواجه است. با این حال برخی از TWT های فلزی (FWG TWT) میتوانند به توان بالایی دست پیدا کنند با این حال بهره کمی در یک لوله برای ناپایداری نوسان موج پسرو قوی (BWO) و نیز برای FWG آبشاری (11-12) و TWT آبشاری CC-FWG (13) بدست می آید.

به منظور دست یابی به لوله موج گذرای باند V با بهره و توان بالا به شکلی عملی، ما یک آمپلی فایر لوله موج گذرای آبشاری H-FWG را طراحی کردیم. در این طرح، ما از لوله موج گذرای پیچیده به عنوان یک آمپلی فایر طبقه اول استفاده می کنیم که دارای پهنای باند زیاد و توان بالا بوده و سپس سیگنال تقویت شده را وارد لوله گذرای FWG برای بدست آوردن توان بالا صادر می کند. لوله موج گذرای FWG دارای ظرفیت توان بالا برای ساختار فلزی بوده و به توان بالا در دامنه فرکانس باند V انتخاب می شود.

یک مدل تئوری اثر متقابل موج-پرتوی رقمی (14-15) برای تحلیل عملکرد لوله موج گذرای آبخاری FWG استفاده می شود که در MTSS قرار می گیرد (16). در این مدل، میدان های رقمی، با بدست آوردن داده هایی از نرم افزار شبیه سازی الکترومغناطیسی برای SWS دلخواه، برای اثر متقابل با حفظ تبدیل و حفظ انرژی بین پرتو و موج EM استفاده می شود. این مدل تئوری رقمی به دلیل شیوه کلی خود در فرایند اثر متقابل موج-پرتو، را می توان برای شبیه سازی و تحلیل عملکرد غیر خطی لوله موج گذرا با SWS متفاوت استفاده کرد. یک لوله موج گذرای آبخاری FWG ماریچی برای تست روش طراحی استفاده شده و بهینه سازی گردید. در نهایت شبیه سازی توان خروجی اشباع بیش از 34 وات با بهره اشباع بالاتر از 33 دسی بل در پهنای باند 5 گیگاهرتز در TWT طبقه اول است. و برای لوله موج گذرای آبخاری با پهنای باند مشابه، بهره اشباع شده بالاتر از 18 دسی بل بوده و به توان خروجی 800 وات می رسد. پس از تطبیق توان ورودی-خروجی، لوله آبخاری کل به بهره 60 دسی بل و 800 وات در باند 5 گیگاهرتز می رسد. شکل مدل TWT آبخاری FWG در شکل 1 نشان داده شده است.

ادامه این مقاله به صورت زیر سازمان دهی شده است. بخش 2، طرح، مدل تئوری اثر متقابل موج-پرتوی غیر خطی رقمی و بخش 3 اصل طراحی TWT را نشان می دهد. بر اساس اصل طراحی و مدل تئوری رقمی، طراحی و تحلیل TWT آبخاری H-FWG در بخش 4 نشان داده شده است. نتیجه گیری در ادامه مقاله نشان داده شده است.

## 2-مدل تئوری غیر خطی رقمی

مدل تئوری غیر خطی رقمی یک مدل تئوری غیر خطی شبه سع بعدی می باشد که در MTSS (16) قرار گرفته است. این به توزیع میدان الکترومغناطیسی SWS اختیاری را از نرم افزار شبیه سازی عددی نظیر HFSS، CST و HFCS می کند و سپس از اصل حفاظت انرژی برای دست یابی به تبادل انرژی بین پرتو و موج EM استفاده می کند. در نتیجه، این مدل تئوری رقمی برای تحلیل عملکرد غیر خطی انواع بسیاری از لوله های موج گذرا با استفاده از ساختار های با فرکانس بالای دوره ای مجاز است.

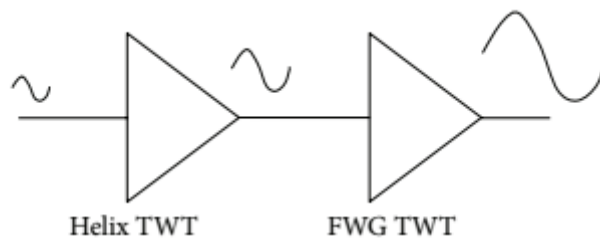
در تئوری غیر خطی رقمی، میدان های FR وارده بر روی انتشار پرتوی الکترون در SWS به صورت زیر نمایش داده می شود

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_{rf}(\mathbf{x}, t) &= \sum_n \mathbf{E}_{rf,n}(\mathbf{x}, t) = \sum_n [f_n(z) \mathbf{e}_n(\mathbf{x}) e^{-i\omega_n t}], \\ \mathbf{H}_{rf}(\mathbf{x}, t) &= \sum_n \mathbf{H}_{rf,n}(\mathbf{x}, t) = \sum_n [f_n(z) \mathbf{h}_n(\mathbf{x}) e^{-i\omega_n t}]. \end{aligned} \quad (1)$$

میدان الکتریکی  $\mathbf{E}_{rf}$  و میدان مغناطیسی  $\mathbf{H}_{rf}$  متشکل از هارمونیک های زمانی مختلف است که فرکانس زاویه ای  $\omega_n$  بوده و دامنه در امتداد محور  $Z$  برابر با  $f_n(z)$  است. اندیس  $N$  نشان دهنده عدد هارمونیک و  $\mathbf{e}_n(\mathbf{x})$  و  $\mathbf{h}_n(\mathbf{x})$  پروفیل های میدان RF بدون پرتوی الکترونی بار گذاری شده می باشد که با شبیه سازی EM HFSS، HFCS، CST بدست می آید. هنگام بدست آوردن پروفیل های میدان RF، تغییرات بزرگی میدان RF را می توان با قانون حفاظت انرژی بدست آورد و در نهایت فرمول زیر بدست می آید

$$\begin{aligned} \left[ \frac{\partial}{\partial z} + \alpha_n(z) \right] f_n(z) &= -\frac{1}{2} \int_z^{z+\lambda_h} \frac{dz}{\lambda_h} \int_t^{t+T} \frac{dt}{T} \\ &\cdot \iint_A \mathbf{j} \cdot \mathbf{e}_n^*(\mathbf{x}_\perp, z_0) e^{-im\varphi_n} e^{i\omega_n t} ds, \quad z_0 \in [0, \lambda_h). \end{aligned} \quad (2)$$

از این روی  $\alpha_n$  ثابت میرایی،  $\lambda_h$  طول دوره محوری ساختار و  $T$  زمان است.  $\mathbf{j} = \rho \mathbf{v}$  تراکم جریان پرتو می باشد.  $M$  نشان دهنده تعداد دوره هایی است که در آن  $Z$  استفاده می شود و  $\varphi_n$  تغییر فاز برای  $n$  مین سیگنال RF در یک دوره است. برای نوع متفاوت ساختار موج کند (SWS)،  $\mathbf{e}_n(\mathbf{x})$  و  $\mathbf{h}_n(\mathbf{x})$  کاملا متفاوت است. بدون توجه به مدل تحلیلی ساختار موج کند، می توان از 1- برای بدست آوردن میدان EM و سپس ذرات در پرتو استفاده کرد.



شکل 1: مدل ابشاری H-FWG (سیاه و سفید)

به عنوان اولین مرحله، برای دست آوردن بهره و توان خروجی مطلوب، ولتاژ پرتو و تراکم پرتو در تونل (FWG) در منطقه تعامل پرتو-موج بایستی انتخاب شود. توان خروجی  $P_o$  را می توان با ولتاژ پرتو  $V$ ، جریان پرتو  $I_0$  و کارایی الکتریکی  $\eta$  بدست آورد.

$$P_o = \eta V I_0. \quad (3)$$

بر اساس معادله (3)، جریان پرتو را بدست می آوریم

$$I_0 = \frac{P_o}{\eta V}. \quad (4)$$

و تراکم پرتو در تونل در منطقه پرتو-موج به صورت زیر است

$$J = \frac{I_0}{\pi b^2} = \frac{I_0}{\pi (\rho r_a)^2} = \frac{P_o}{\pi (\rho r_a)^2 \eta V}. \quad (5)$$

در این جا  $B$ ، شعاع پرتو،  $P$  نسبت پرتو دهی و  $r_a$  شعاع تونل است. از سوی دیگر، ضریب نسبیت  $\gamma (= 1/\sqrt{1 - v_0^2/c^2})$  را می توان به صورت زیر برآورد کرد.

$$\gamma - 1 = \frac{e V}{m c^2}, \quad (6)$$

که  $e/m$  نسبت بار به جرم الکترون و  $C$  سرعت نور است که از آن سرعت نور اولیه  $v_0$  بدست می آید

$$v_0 = \sqrt{\frac{e}{m} \left( \frac{\gamma + 1}{\gamma^2} \right) V}. \quad (7)$$

پارامتر بدون بعد و متغیر  $\Gamma$  به صورت زیر تعریف می شود

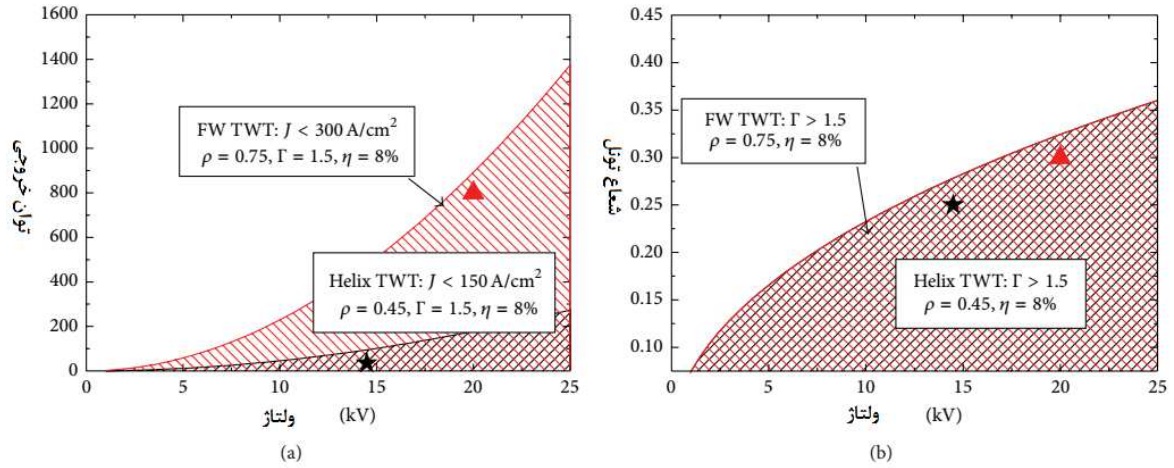
$$\Gamma = \frac{\omega}{v_p} r_a \approx \frac{\omega}{v_0} r_a. \quad (8)$$

با تلفیق معادله 7-8، شعاع تونل  $r_a$  را می توان به صورت زیر بدست آورد

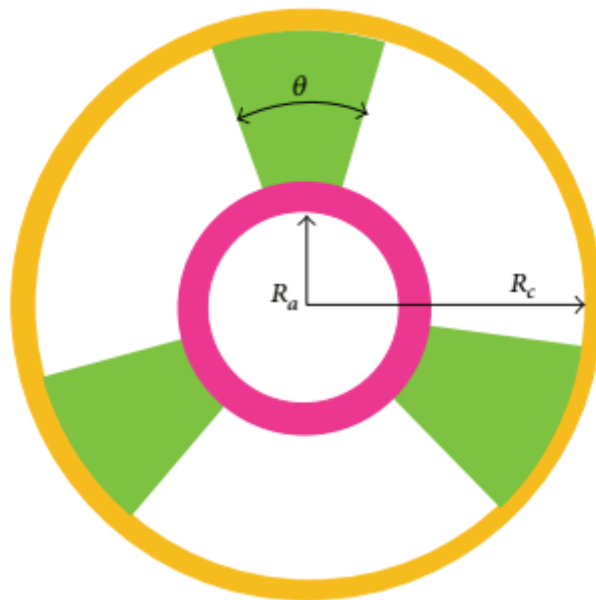
$$r_a = \frac{\Gamma}{\omega} \sqrt{\frac{e}{m} \left( \frac{\gamma + 1}{\gamma^2} \right) V}. \quad (9)$$

با قرار دادن معادله 9 در 5، تراکم پرتو را می توان به صورت زیر نوشت

$$J = \frac{mP_o}{e\pi\eta(\gamma + 1)} \left( \frac{\gamma\omega}{\rho\Gamma V} \right)^2 \quad (10)$$



شکل 2: الف: رابطه بین توان خروجی و ولتاژ برای TWT مارپیچ و FWG TWT که به طور جزئی هم پوشانی می شوند ب: رابطه بین شعاع تونل و ولتاژ برای TWT مارپیچ و FWG TWT که به طور کامل هم پوشانی دارند.



شکل 3: مقطع عرضی SWS مارپیچی

و میدان مغناطیسی بریلوین به صورت زیر است

$$\begin{aligned}
 B_B &= \frac{1}{b} \left( \frac{2mI}{\pi e \epsilon_0 v_0} \right)^{1/2} \\
 &= \left[ \frac{2J}{\epsilon_0 \sqrt{(e/m)^3 ((\gamma + 1) / \gamma^2) V}} \right]^{1/2} \quad (11) \\
 &\approx 17.5 \times \frac{(\gamma J)^{1/2}}{[(\gamma + 1) V]^{1/4}} \text{ (Gs)}.
 \end{aligned}$$

بر اساس محدودیت تراکم جریان نوع خاص (9-10)TWT، می توان رابطه بین ولتاژ و توان خروجی را علاوه بر شعاع تونل و ولتاژ بدست آورد. پس از انتخاب کارایی الکترونیک مناسب، نسبت پر سازی پرتو و پارامتر  $\Gamma$ ، یک شعاع تونل و ولتاژ مناسب را می توان بر طبق طراحی انتخاب کرد.

#### 4-طراحی موج گذرای آبشاری H-FWG

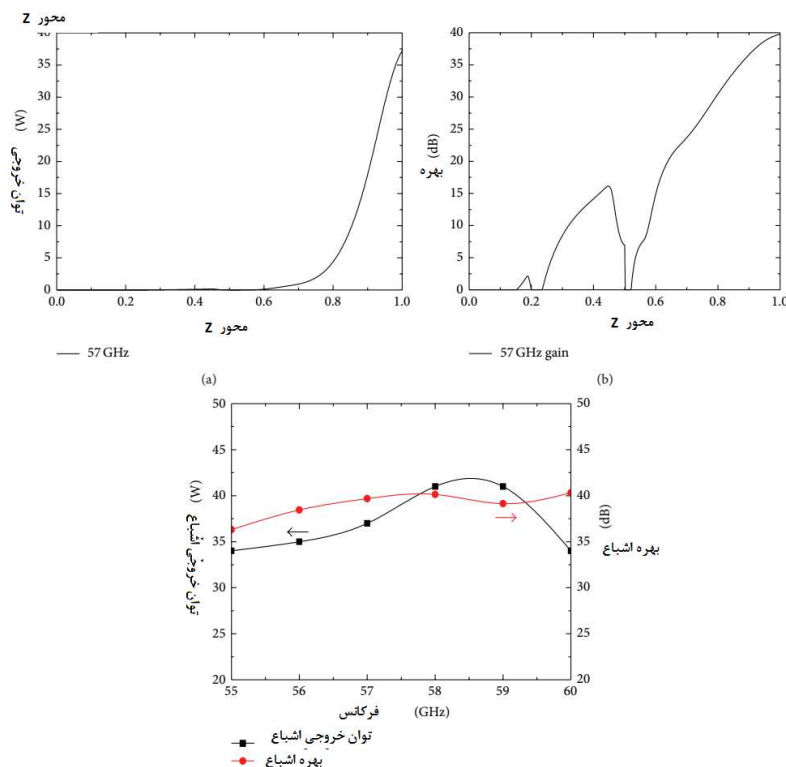
در طراحی لوله موج گذاری آبشاری H-FWG، ما ابتدا یک ولتاژ مناسب و شعاع تونل را انتخاب کرده و سپس SWS و پروفیل موج-پرتوی TWT و H-FWG را به طور جداگانه را بهینه سازی می کنیم. آبشار این دو مقطع، یک توان خروجی 800 وات و بهره 55 دسی بل در باند V از 55 گیگاهرتز تا 60 گیگاهرتز انتظار می رود.

1-4 انتخاب ولتاژ: در این طراحی TWT آبشاری باند V، یک پارامتر  $\Gamma$  و کارایی الکترونیک  $\eta$  را انتخاب می کنیم. تراکم پرتوی TWT مارپیچی کم تر از 150 امپر بر سانتی متر مربع بوده و نسبت پر سازی برابر با 45.0 برای TWT مارپیچی است. برای FWG TWT با ظرفیت توان بزرگ تر، تراکم تیر به صورت 300 امپر بر سانتی متر مربع انتخاب شده و نسبت پر سازی برابر با 0.75 است. با استفاده از 9 و 10، رابطه بین توان خروجی و ولتاژ و نیز شعاع تونل و ولتاژ در شکل 2 نشان داده شده است.

پس از بهینه سازی دقیق، یک ولتاژ 14.5 کیلوولت برای TWT طبقه اول انتخاب می شود که توان خروجی متناظر برابر با 34 وات و شعاع مارپیچ برابر با 0.25 میلی متر است. برای FWG TWT، ولتاژ برابر با 20 کیلوولت است که متناظر با توان خروجی 800 وات و شعاع تونل 0.3 میلی متر بوده و به صورت مثلث قرمز در شکل 2 نشان داده شده است. و جریان برابر با 32.5 میلی امپر برای TWT مارپیچی و 450 میلی امپر برای FWG TWT است.

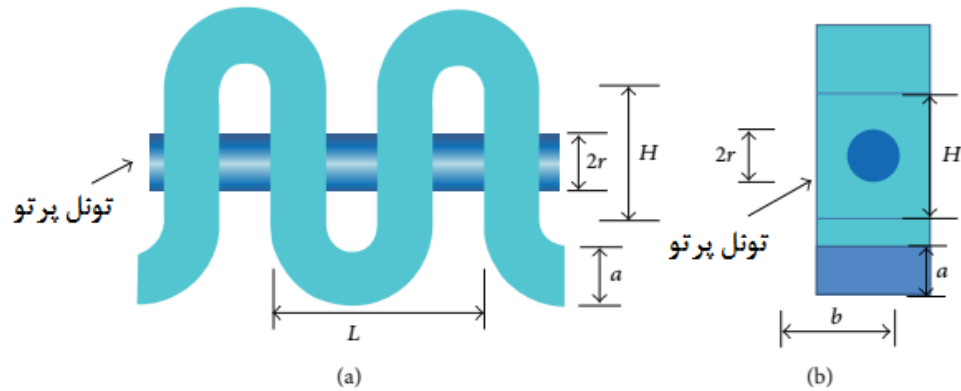
2-4 طراحی TWT مارپیچ : یک SWS مارپیچی ساده با سه بخش APBN انتخاب می شود که به آسانی تولید می شود. اصل طراحی سایر پارامتر های SWS، به جز شعاع مارپیچ برابر با 0.25، دست یابی به ابعاد مناسب برای بیشینه سازی امپدانس و دست یابی به پراکنش یکنواخت بین 55 و 60 گیگاهرتز است. پس از بهینه سازی دقیق، پارامتر های ساختار SWS مارپیچی در جدول 1 نشان داده شده اند. دامنه از 0.45 تا 0.55 میلی متر متغیر است. برای بهینه سازی اثر متقابل موج-پرتو، SWS مارپیچ با پیچ هلیکس متفاوت با سری زمانی 0.02 میلی متر شبیه سازی می شود.

هم چنین BWO با استفاده از یک میراگر اضافی در مدار ورودی و خروجی در نظر گرفته می شود. هم چنین، BWO با استفاده از یک میراگر اضافی در مدار ورودی در نظر گرفته می شود. پیچ میدار برابر با 0.505 میلی متر بوده و با 0.49 میلی متر برابر خواهد بود. پروفیل توان خروجی و بهره در امتداد محور Z در 57 گیگاهرتز در شکل 6 الف و ب نشان داده شده است. بهره اشباع و توان خروجی اشباع در باند در شکل 6 پ نشان داده شده است. بدیهی است که، توان خروجی اولین TWT به 34 ولت رسیده و بهره اشباع 35 دسی بل از 55 تا 60 گیگاهرتز متغیر است.

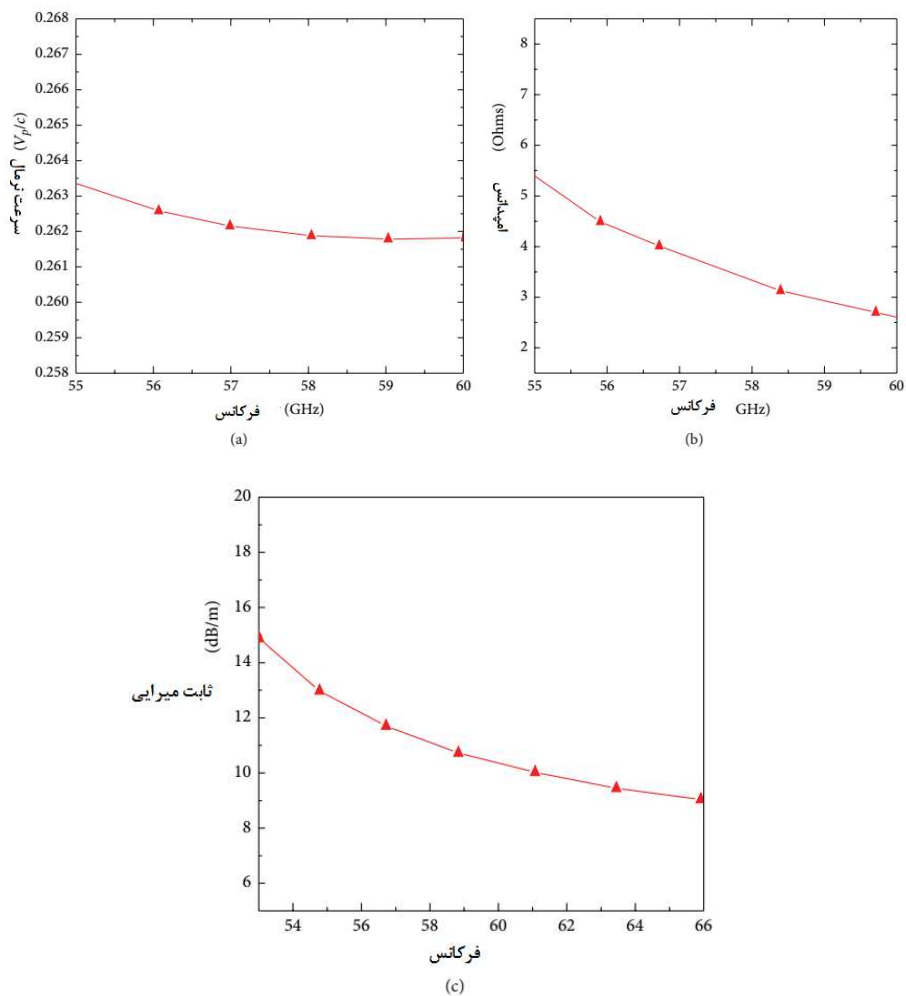




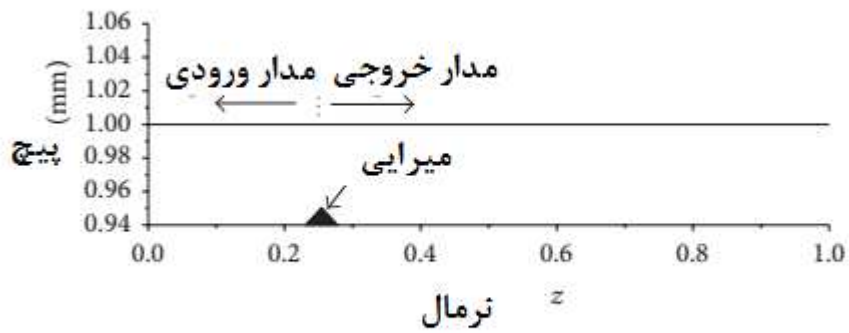
شکل 6: الف: توان خروجی Z در 57 گیگاهرتز، ب: بهره در برابر Z در 57 گیگاهرتز پ: توان خروجی اشباع و بهره اشباع متغیر از 55 گیگاهرتز تا 60 گیگاهرتز.



شکل 7: الف: نمای جانبی ب: نما از جلوی FWG SWS



شکل 8: الف: منحنی پراکندگی ب: امپدانس کوپلینگ پ: ثابت میرایی برای Fwg SWS



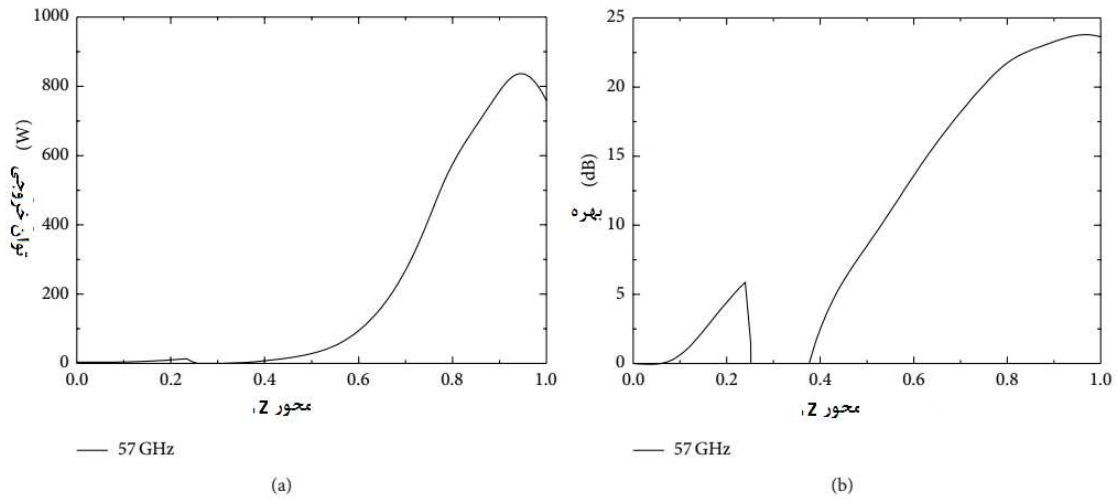
شکل 9: پرویل پیچ و میرایی FWG TWT (سیاه و سفید)

جدول 1: پارامترهای ساختار موج مارپیچ

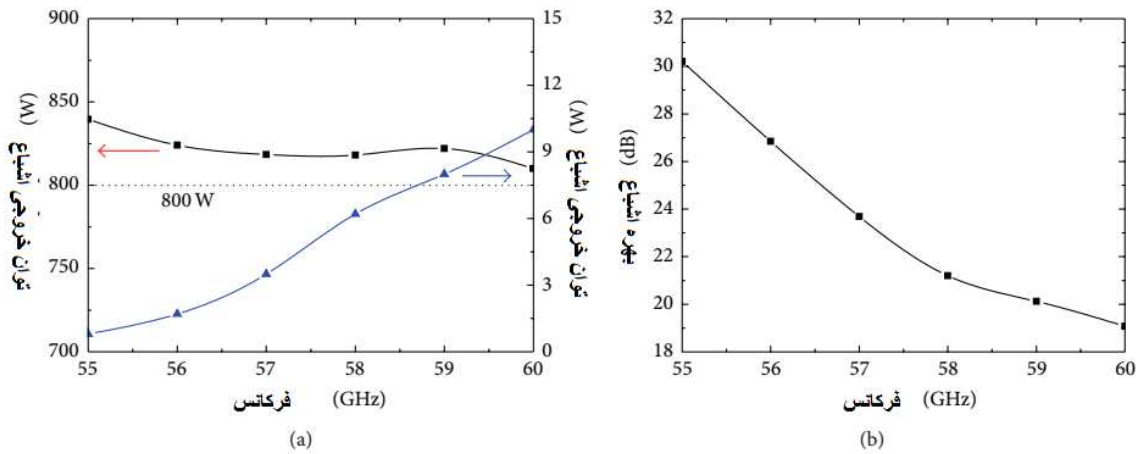
پارامتر	مقدار
شعاع مارپیچ	0.25 mm
ضخامت نوار	0.08 mm
عرض نوار	0.20 mm
پیچ مارپیچ	0.45-0.55 mm
ماده	APBN
زاویه	30 deg
	1.2 mm

3-4: طراحی FWG TWT: بهینه سازی مشابه برای FWG TWT انجام شده است (ساختار در شکل 7 نشان داده شده است).

برای دست یابی به امپدانس و سرعت همگام سازی مناسب، امکان پویش پارامترهای ساختاری وجود داشته و در نهایت FWG TWT با پارامترها در جدول 2 نشان داده شده است.

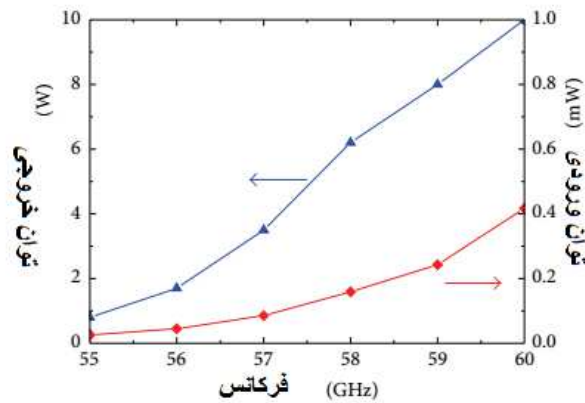


شکل 10: الف: توان خروجی در برابر Z ب: بهره در برابر Z در 57 گیگاهرتز از FWG TWT



شکل 11: الف: توان خروجی اشباع و توان ورودی ب: بهره اشباع FWG TWT متغیر از 55 گیگاهرتز تا 60

گیگاهرتز

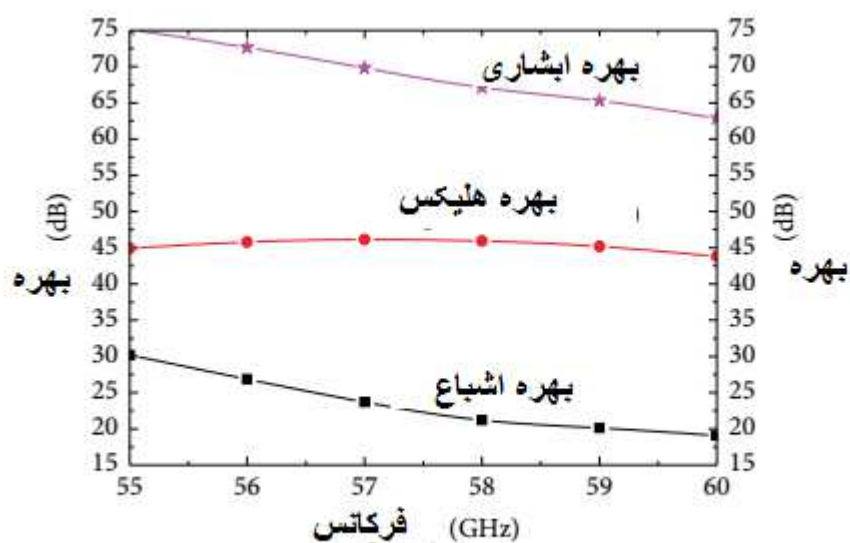


شکل 12: منحنی توان ورودی و خروجی مطابق با توان ورودی اشباع FW

جدول 2: پارامترهای ساختار موجی

پارامتر	مقدار
$r$	0.3 mm
$b$	3.15 mm
$a$	0.85 mm
$H$	0.8 mm
$L$	2.0 mm

سرعت نرمال، امیدانس و ثابت میرایی FWG TWT در شکل 8 نشان داده شده است. به این ترتیب می توان دید که تفاوت نسبی سرعت نرمال کم تر از 1 درصد از 55 تا 60 گیگاهرتز در شکل 8 الف نشان داده شده است که نشان دهنده پراکندگی بوده و مطابق با شرایط همگام سازی است. همان طور که در شکل 8 ب نشان داده شده است امیدانس بزرگ تر از 2.5 اهم در 55 تا 60 گیگاهرتز بوده و اثر متقابل موج-پرتو را می توان انتظار داشت. از این روی می توان انتظار داشت که FWG TWT دارای توان کم تری از یک هلیکس است. چون گذار موج سطحی در امتداد هلیکس با میدان قوی در TWT قرار دارد، امکان بررسی مرز موجبر در FWG TWT وجود دارد.



## شکل 12: بهره ابشاری، هلیکس و منحنی بهره FW

تعداد زیادی از فرایندهای بهینه سازی برای تعیین FWG TWT استفاده شده و پروفیل پیچ با توان بالا در شکل 1 پیشنهاد شده است. یک چاقو برای برش مدار ورودی استفاده شد. توجه کنید که پیچ اشاره به دوره FWG TWT دارد.

عملکرد توان و بهره خروجی در 57 گیگاهرتز در شکل 10 نشان داده شده است. و توان خروجی اشباع و توان ورودی متناظر و نیز بهره اشباع در شکل 11 نشان داده شده است. بدیهی است که توان خروجی بزرگ تر از 800 وات بوده و بهره اشباع بزرگ تر از 8 دسی بل از 55 تا 60 گیگاهرتز متغیر می باشد.

پس از طراحی TWT و FWGTWT به طور مجزا، توان خروجی TWT مشابه با توان ورودی FWG TWT اشباع است. سپس، بهره ابشاری اشباع را می توان با بهره FWG علاوه بر بهره TWT بدست آورد. همان طور که در شکل 13 نشان داده شده است بهره ابشاری بالاتر از 60 دسی بل در باند 55 تا 60 گیگاهرتز انتظار می رود.

## 5- نتیجه گیری

بر اساس مدل تئوری خطی رقومی توسعه یافته در MTSS، یک FWG TWT ابشاری باند V پر توان طراحی میشود که تولید بهره خروجی 800 وات و بهره 60 دسی بل از 55 تا 60 گیگاهرتز میکند. مدل تئوری غیر خطی رقومی که قادر به پردازش اثر متقابل موج-پرتو است معرفی شده است. اصل طراحی TWT ارایه شد که بر اساس آن شعاع تونل و ولتاژ مناسب انتخاب می شود. اولین لوله موج گذار هلیکس دارای توان خروجی بیش از 34 وات و بهره بیش از 35 دسی بل است. برای لوله موج گذرای FWG ابشاری، توان خروجی اشباع بزرگ تر از 800 وات و بهره اشباع بزرگ تر از 18 دسی بل در پهنای باند 5 گیگاهرتز است. در نتیجه توان خروجی مورد انتظار 800 وات و بهره 60 دسی بل با ابشار این دو لوله موج گذرا بدست می آید.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی