طراحی مدار محافظ گیرنده مایکروویو با قابلیت تحمل توان بالا

با استفاده از پارامترهای اسکترینگ

محمد ملکشاهی [۱]

اسفندیار مهرشاهی [۲]

چکیده

در این نوشته تکنیک جدیدی برای طراحی مدارات محافظ گیرنده بر اساس پارامترهای اسکترینگ بیان شده است. در این روش هدف رسیدن به بیشینه توان قابل تحمل است که معمولا برای رسیدن به این هدف نیاز به آنالیز توان و بهینه سازی آن می باشد. در این مقاله روشی ارائه شده که بدون نیاز به آنالیز توان و تنها با تحلیل پارامترهای S می توان مدار محافظی با قابلیت تحمل توان بالا و مشخصه بسامدی انتخابگر طراحی نمود.

کلید واژه

مدار محافظ گیرنده، پین دیود، پارامترهای S، تحمل توان ، توان تلفاتی.

۱. کارشناس ارشد برق، دانشگاه شهید بهشتی mmsbu60@ gmail.com

۲. استادیار دانشکده برق، دانشگاه شهید بهشتی

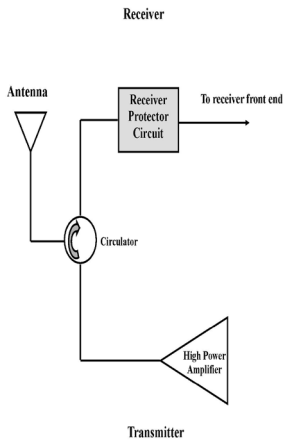
تاریخ دریافت:۹۰/۲/۲۸ تاریخ پذیرش:۹۰/۴/۱۵

Archive of SID

www.SID.ir

معرفی

یکی از مهمترین مسائلی که درطراحی سیستم های فرستنده-گیرنده توان بالا (مانند رادار) باید مورد توجه قرار گیرد، محافظت از گیرنده در مقابل توان نشتی فرستنده می باشد. در این سیستم ها توان فرستنده بسیار بالاست و نشتی آن می تواند به گیرنده صدمه وارد کند. در واقع گیرنده این سیستمها به خاطر اینکه وظیفه آشکارسازی سیگنال های ضعیف را بر عهده دارد، در ساختار خود از نیمه هادی های ظریف استفاده میکند. اما از آنجا که نشتی توان فرستنده به گیرنده، یک سیگنال قوی است، می تواند به آن صدمه وارد کند. شکل ۱ بلوک دیاگرام کلی یک فرستنده-گیرنده توان بالا مانند رادار و نقش مدار محافظ را در آن نشان می دهد. [۱]



شکل ۱: فرستنده-گیرنده رادار به همراه مدار محافظ گیرنده

برای محافظت از گیرنده از تکنولوژیهای مختلفی استفاده می شود. تکنولوژیهای TR-Tube،Ferrite و Multipactor از تکنولوژیهای رایج مدارات محافظ گیرنده هستند. در کنار مزایایی که هر کدام از این تکنولوژیها دارند، مسائلی همچون طول عمر محدود، هزینه بالا، سرعت کم و پیچیدگی کاربرد آنها را محدود می کند. یکی از تکنولوژیهای بسیار موثر برای محافظت از گیرنده، تکنولوژی PIN diode می باشد. این تکنولوژی که به صورت فعال(با اعمال بایاس) یا غیرفعال(بدون اعمال بایاس)

www.SID.ir

مورد استفاده قرار می گیرد، شامل یک یا چند دیود است که معمولا به صورت موازی در ورودی گیرنده قرار می گیرند [۲] و [۳]. از زمان مطرح شدن این تکنولوژی در اواخر دهه ۱۹۶۰، به عنوان مدار اصلی محافظِ اغلب گیرنده های مدرن مورد استفاده قرار گرفته است [۳]. این تکنولوژی هر چند مزایایی چون کاملا نیمه هادی بودن، استفاده به صورت فعال یا غیر فعال، کوچک بودن سایز ، کم بودن افت عبور و عدم نیاز به عملیات انفجار را داراست، اما در عین حال عامل مهمی وجود دارد که کاربرد آن را محدود میکند و آن پایین بودن توان قابل تحمل می باشد. بر این اساس تلاش برای افزایش توان قابل تحمل با طراحی و ساخت دیودهای توان بالا ادامه دارد. اما بالا بردن توان قابل تحمل دیود، ضمن افزایش هزینه و ابعاد مدار، ایراد عمده دیگری دارد و آن کاهش سرعت سوییچینگ است. در واقع با بالا رفتن توان دیود و متعاقب آن بزرگ شدن ابعاد، خازن دیود هم بزرگ می شود و به علت انباشت بار در داخل این خازن، سرعت سوییچ کاهش می یابد [۳] و [۴].

در این مقاله راه حلی برای بالا بردن توان قابل تحمل مدارات محافظ فعال دیودی(سوییچ) بدون نیاز به استفاده از دیودهایی با تحمل توان بالا، ارائه شده است. در این طرح که بر روی ساختار مایکرواستریپ شبیه سازی شده است، با تغییر محل قرارگیری دیودها در روی صفحه مایکرواستریپ، ضمن اینکه فقط با استفاده از پارامترهای S و با تلاش برای دستیابی به شبکه ای با توان تلفاتی کمتر، توان قابل تحمل افزایش میبابد؛ طراحی به گونه ای انجام شده که سوییچ خاصیت انتخاب گری دارد و دارای خاصیت فیلتری در حالت روشن و نیز حالت خاموش باشد. استفاده از این طرح نیاز به استفاده از دیودهایی با توان قابل تحمل بالاتر را از بین میبرد. همچنین با توجه به اینکه طراحی مدار به طور کامل مبتنی بر پارامترهای S است، حجم عمده ای از محاسبات طراحی که بر مبنای محاسبه توان دیودها بوده، کاهش یافته و سرعت طراحی افزایش می یابد.

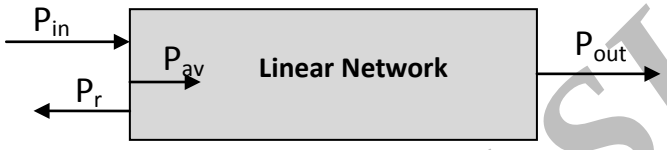
در بخش ۲ راه حل پیشنهادی برای افزایش توان قابل تحمل سوییچ با استفاده از پارامترهای S تشریح میگردد. در بخش ۳ مداری که بر اساس این روش طراحی شده، به همراه نتایج آن نشان داده شده است و روش ارائه شده با روشهای معمول مقایسه می گردد و بالاخره در بخش ۴ نتیجه بحث ارائه می شود.

طراحی مدار محافظ فعال با استفاده از پارامترهای اسکترینگ

می دانیم که ماتریس اسکترینگ در شبکه های بدون افت،خاصیت یکانی دارد. به این معنا که مجموع مربعات قدرمطلق پارامترهای سطرها برابر یک است. همچنین می دانیم که در شبکه های تلفاتی هرچه این مقدار به ۱ نزدیکترباشد،تلفات کمتری خواهیم داشت.این خاصیت مورد استفاده قرار می گیرد.

Archive of SID
www.SID.ir

و با تلاش برای نزدیک کردن مجموع مربعات قدر مطلق پارامترهای یکی از سطرهای ماتریس اسکترینگ به ۱ ، عملیات طراحی انجام می شود. در واقع هر چه این مقدار به یک نزدیکتر باشد، توان کمتری در مدار تلف می شود و توان قابل تحمل بالاتر می رود. این موضوع را میتوان به صورت زیر نشان داد: [۵]



شکل۲: توان ورودی، برگشتی، تحویلی و خروجی در یک شبکه خطی

در شکل ۲، P_{in} توان ورودی، P_r توان برگشتی، P_{av} توان تحویلی و P_{out} توان خروجی شبکه می باشد.

$$P_{av}=P_{in}-P_r=(1-S^2_{11})\,P_{in} \quad (۱)$$

$$P_{out}=S^2_{21}\,P_{in} \quad (۲)$$

توان تلفاتی شبکه را که توسط دیودها تلف می شود با P_d نشان می دهیم. این توان از تفاضل P_{av} و P_{out} به دست میآید و داریم:

$$P_d=P_{av}-P_{out}=(1-S^2_{11}-S^2_{21})\,P_{in} \quad (۳)$$

از رابطه (۳) به وضوح مشخص است که هر چه توان تلفاتی به صفر نزدیکتر شود، به یک نزدیکتر میشود. این مقدار را در ادامه u مینامیم. با توجه به اینکه مدار به صورت متقارن طراحی می گردد، مجموع مربعات قدر مطلق پارامترهای سطرهای ماتریس اسکترینگ برابر میشود. با استفاده از این قضیه تنها با نزدیک به یک شدن یکی از این مجموع مربعات، مثلا باعث نزدیک شدن شبکه به یک شبکه بدون افت شده و به این صورت توان قابل تحمل آن بالا میرود. همچنین با توجه به اینکه برای شبیه سازی سوییچ دیودی از مدل خطی(مقاومت در حالت روشن و ترکیب موازی خازن و مقاومت در حالت خاموش) استفاده می گردد، در طراحی ها شبکه به صورت خطی در نظر گرفته می شود.

Archive of SID

www.SID.ir

در این مقاله بر اساس تئوری بیان شده، با در اختیار داشتن چند عدد(به طور متداول سه عدد) دیود مشخص می شود و تنها با تغییر محل آنها، توان قابل تحمل افزایش داده شده و بهینه می گردد. برای این کار از نرم افزار ADS استفاده شده و ساختاری برای دستیابی به بیشینه توان قابل تحمل در فرکانس 15GHz طراحی میشود. در بخش بعد ضمن تشریح مدار طراحی شده، روش ارائه شده با روشهای قبلی مقایسه می گردد.

مدار محافظ فعال دیودی در بند ku

الف) مدار توان بالا با خاصیت انتخاب گری فرکانس

بر اساس روش گفته شده و با استفاده از نرم افزار ADS مداری با هدف دستیابی به بیشینه توان قابل تحمل و بیشینه ایزولاسیون[1] و همچنین کمترین افت حالت عبور[2] طراحی میشود. مدار طراحی شده در فرکانس 15GHz(در باند ku) بوده و پهنای باند آن حدود 400MHz می باشد . این پهنای باند برای رادارهای مورد استفاده در این باند مناسب است. توان ورودی مدار 10w CW در نظر گرفته شده است.

فرایند طراحی مدار شامل طراحی ساختار اولیه مدار و بهینه سازی آن با استفاده از نرم افزار ADS Agilent می باشد. ابتدا ساختار اولیه مدار طراحی شده و سپس با استفاده از هر دو روشِ محاسبه توان(روشی که بر مبنای محاسبه توان تلفاتی دیودها میباشد[۶] و روش پیشنهادی عملیات بهینه سازی انجام شده است. بررسی نتایج نشان میدهد که روش پیشنهادی ضمن اینکه به پاسخی مشابه پاسخ روش محاسبه توان منجر شده است، به خاطر کم شدن حجم محاسبات سرعتی حداقل دو برابر روش قبلی دارد.

شکل ۳- الف ساختار مدار طراحی شده را نشان می دهد. در این مدار از پین دیود APD1520-203 شرکت Skyworks به عنوان عنصر اصلی محافظت کننده استفاده شده است. با مراجعه به کاتالوگ این دیود، در حالت روشن با یک مقاومت 1.2Ω و در حالت خاموش با ترکیب موازی یک خازن 0.2pf و مقاومت 50kΩ معادل شده و از اثرات سلفی پایه ها و نیز از اثرات مدار DC صرفنظر میگردد. [۷] البته تغییر مدار معادل دیود تاثیری در روش ارائه شده ندارد و بنابراین از مدار معادل ساده و پایه های پین دیود استفاده شده است. در شکل ۳-ب مدار معادل دیود در

1.Isolation

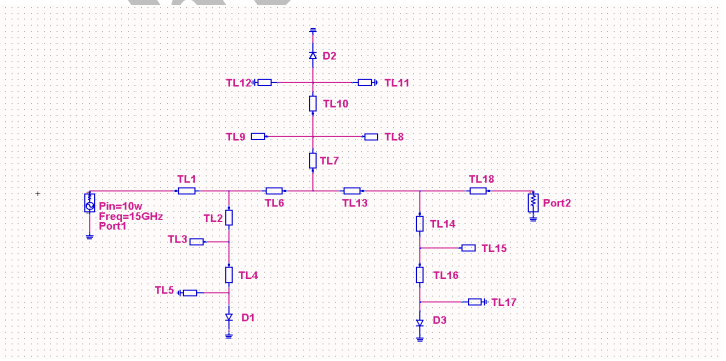
2.Insertion loss

Archive of SID
www.SID.ir

حالت خاموش(قطع) و در شکل ۳-ج مدار معادل دیود در حالت روشن(وصل) نشان داده شده است. ابعاد خطوط مایکرواستریپ شکل ۳-الف در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. ابعاد خطوط مایکرو استریپ مدار طراحی شده با روش محاسبه توان و روش پیشنهادی

Microstrip Line	ابعاد به دست آمده از روش محاسبه توان		ابعاد به دست آمده از روش پارامترهای S	
	W(mm)	L(mm)	W(mm)	L(mm)
TL1	0.15	2.4	0.16	0.52
TL2	2	4.7	2.15	4.27
TL3	0.18	6.46	0.15	9.53
TL4	1.1	1.72	0.66	1.54
TL5	1	8.9	1.96	7.52
TL6	0.65	3.72	0.64	2.38
TL7	0.86	1.6	0.2	1.56
TL9	0.86	2.68	0.2	14.26
TL10	0.52	2.5	1.38	2.49
TL12	0.83	11.97	1.1	4.65



شکل ۳. (الف) ساختار مدارطراحی شده .

Archive of SID
www.SID.ir

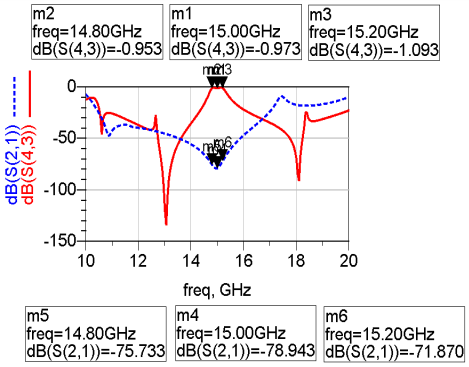
(ج) (ب)

(ب) مدار معادل دیود در حالت خاموش

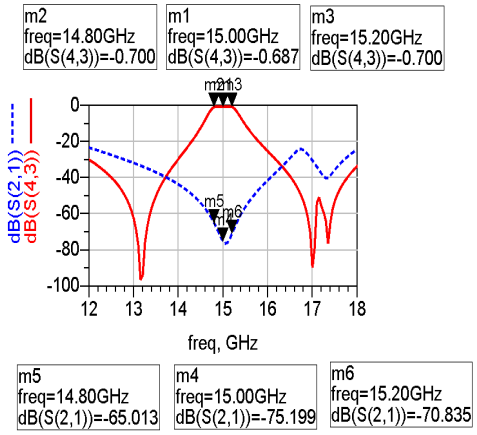
(ج) مدار معادل دیود در حالت روشن

در مدار فوق با تغییر محل دیودها و ابعاد خطوط مایکرواستریپ توان تلفاتی و سایر مشخصات مدار محافظ تغییر می کند. هدف، دستیابی به بیشترین توان قابل تحمل و مشخصه بسامدی مطلوب با تغییر محل دیودها و ابعاد خطوط مایکرواستریپ بوده و برای رسیدن به این هدف از هر دو روش بهینه سازی توان تلفاتی دیودها و نزدیک کردن u به ۱(روش پیشنهادی) استفاده شده است. شکل ۴ مشخصه بسامدی مدار به دست آمده در هر دو روش و شکل ۵ توان تلفاتی دیودها را در آنها نشان می دهد.(طراحی ها با استفاده از بهینه سازی از روش Gradient و با 200 Iteration در نرم افزار ADS انجام شده است.)

Archive of SID
www.SID.ir



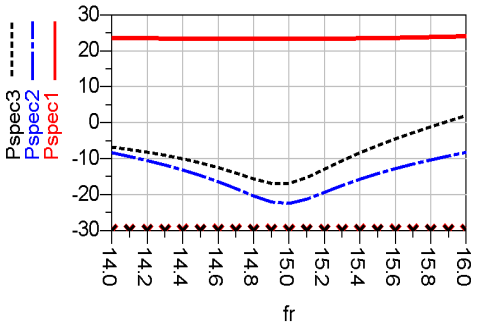
(الف)



(ب)

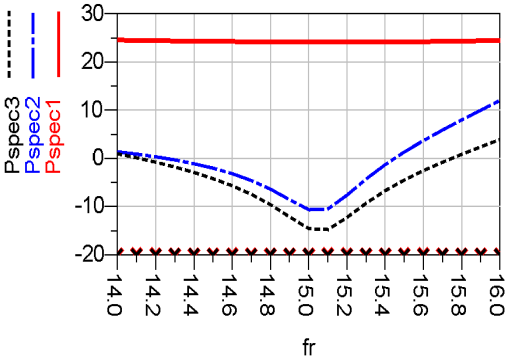
شکل ۴) مشخصه بسامدی مدار (الف). روش محاسبه توان دیودها (ب) روش پیشنهادی

www.SID.ir



D1-D3 power dissipation(dBm) Versus frequency(GHz)

(الف)



D1-D3 power dissipation(dBm) versus frequency(GHz)

(ب)

شکل ۵) توان تلفاتی دیودها (الف) روش محاسبه توان دیودها (ب) روش پیشنهادی

www.SID.ir

در شکل۴، S_{43} مشخصه بسامدی مدار درحالت عبور و S_{21} مشخصه بسامدی مدار درحالت محافظت می باشد. مشاهده می کنیم ضمن اینکه پاسخ بسامدی در هر دو روش انتخابگر بوده است، با استفاده از روش پیشنهادی مشخصه فرکانس بهتری (از نظر افت عبور و تقارن مشخصه بسامدی) به دست می آید و از نظر توان قابل تحمل در شرایط تقریبا یکسانی هستیم. (عامل تعیین کننده در توان قابل تحمل مدار، توان تلفاتی دیود اول می باشد که بخش عمده ای از توان ورودی در آنجا تلف می شود. این مقدار در دو روش تفاوت ناچیزی دارد. توان تلفاتی دیود دوم که در روش محاسبه توان کمتر است در هر دو روش در محدوده بسامدی موردنظر مقدار ناچیزی داشته و تاثیر چندانی در توان قابل تحمل مدار ندارد. ذکر این نکته ضروری است که روش طراحی دقیقا مبتنی بر روشهای نظری بهینه سازی موجود بوده و در فرایند بهینه سازی هر دو روش مقدار اولیه ای به خطوط مایکرواستریپ اختصاص داده و با استفاده از روش بهینه سازی Gradient سعی در رسیدن به هدف نهایی داشته ایم.

علاوه بر اینکه با استفاده از روش پیشنهادی به پاسخی مشابه روش محاسبه توان (در برخی موارد پاسخ هایی بهتر ازاین روش) رسیدیم، سه مزیت عمده برای این روش وجود داشته که باعث می شود این روش به عنوان یک جایگزین مناسب برای روشهای معمول مطرح گردد. این مزایا به شرح زیر می باشند:

- افزایش سرعت طراحی حداقل تا دو برابر: با توجه به کاسته شدن حجم محاسبات و طراحی کاملا S-Parameter، سرعت دستیابی به پاسخ بیش از دو برابر شده است. (روش پیشنهادی پس از حدود ۳ دقیقه و روش بهینه سازی توان قابل تحمل پس از حدود ۷ دقیقه به نتیجه منتهی شد.) این سرعت در طراحی و تحلیل مدارات پیچیده بسیار کارساز خواهد بود.

- مشخص بودن هدف طراحی در روش پیشنهادی: در روش پیشنهادی، هدف طراحی و بهینه سازی نزدیک کردن u به ۱ بوده که یک هدف کاملا مشخص و معلوم است. در حالیکه در روش بهینه سازیِ توان قابل تحمل، قید مساله بهینه سازی (توان قابل تحمل دیودها) جزء مجهولات بوده که با سعی و خطا به دست آمده تا به مقدار مطلوب برسد.

- طراحی و تحلیل تنها بر اساس پارامترهای S: در این روش دیگر نیازی به محاسبه توان و استفاده از سیمولاتورهای محاسبه گر توان وجود نداشته و مدار به طور کاملا خطی طراحی و یا تحلیل می گردد. با در نظر گرفتن این موضوع بدون توجه به ساختار داخلی یک مدار محافظ تنها با در اختیار داشتن پارامترهای S میتوان آن را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

Archive of SID

www.SID.ir

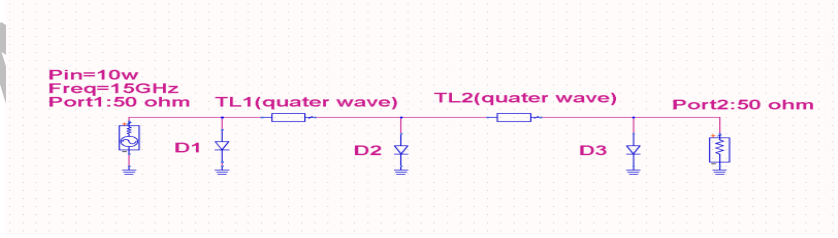
در جدول ۲ ، نتایج مدار طراحی شده با روش پیشنهادی، با دو مدار محافظ در مراجع [۲] و [۸] ارائه شده اند مقایسه می گردد.

جدول۲) مقایسه نتایج مدار طراحی شده با مراجع [۲] و [۸]

	مدار پیشنهادی	[2]	[8]
محدوده بسامدی	14.8-15.2GHz (قابل انتخاب با تغییر ابعاد خطوط مایکرواستریپ)	Ku-Band	8GHz-18GHz
توان قابل تحمل ورودی	80w	10w	8w
ایزولاسیون	>65dB	30dB	>40dB
افت عبور	<0.7dB	1.3dB	<2dB

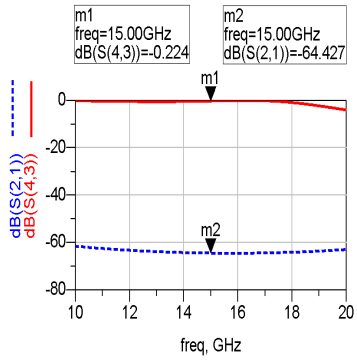
ب) مدار ساده

مدار محافظ ساده مداری است که چند دیود به صورت پشت سرهم در ورودی گیرنده قرار گرفته و از خطوط مایکرواستریپ برای دستیابی به مشخصه انتخابگر استفاده نشده است. [۸] در این مدار فاصله دیودها معمولا $\lambda/4$ است. شکل ۶ مدار ساده و شکل ۷ نتایج تحلیل آن را نشان می دهد.

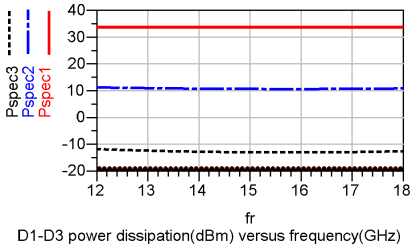


شکل ۶ . مدار ساده محافظ گیرنده

Archive of SID
www.SID.ir



(الف)



(ب)

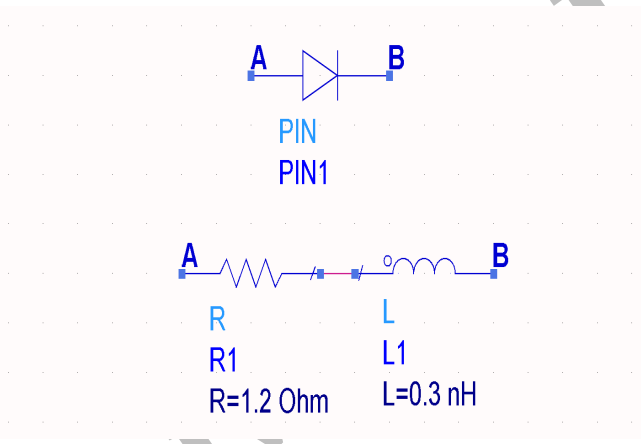
شکل ۷) نتایج تحلیل مدار محافظ ساده. (الف) مشخصه بسامدی (ب) توان تلفاتی دیودها

همانطور که از نتایج شکل ۷ مشخص است - در محدوده بسامدی مورد نظر- مشخصه بسامدی و توان قابل تحمل مدار ساده نسبت به مدار انتخابگر فرکانس شرایط بدتری دارد. در این مدار ضمن اینکه مشخصه انتخابگر وجود نداشته است، به علت بالا بودن توان تلفاتی دیودها(مخصوصا دیود اول) توان قابل تحمل کمتر می باشد. همچنین u در این مدار حدود 0.75 می باشد که کمتر از مدار انتخابگر فرکانس است. در مدار انتخابگر فرکانس u حدود 0.98 و بسیار نزدیک به 1 می باشد که نشان دهنده نزدیکی به یک شبکه بدون تلف است.

Archive of SID
www.SID.ir

ج) اثر تغییر مدار معادل دیودها در روش پیشنهادی

برای بررسی این موضوع که آیا با تغییر مدار معادل پین دیود، روش ارائه شده موثر بوده یا خیر، به مدار معادل دیودها در حالت روشن یک سلف سری که ناشی از اثر پایه ها ست، اضافه می کنیم. از آنجا که برای دیود APD1520-203 این مقدار در کاتالوگ آن ذکر نشده بود، به طور تقریبی 0.3nH در نظر گرفته شده است. شکل ۸ مدار معادل دیود در حالت روشن و شکل ۹ پاسخ مدار که با استفاده از روش پیشنهادی حاصل شده است را نشان می دهد.

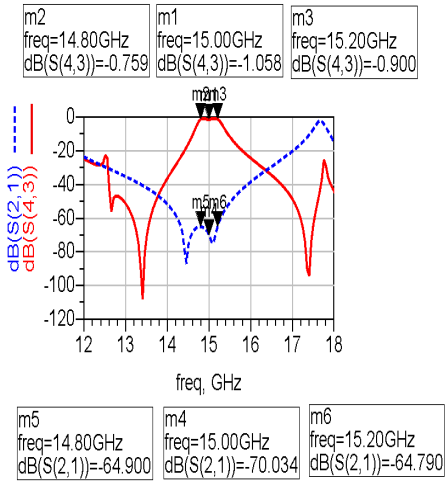


شکل ۸. مدار معادل دیود با اضافهکردن سلف

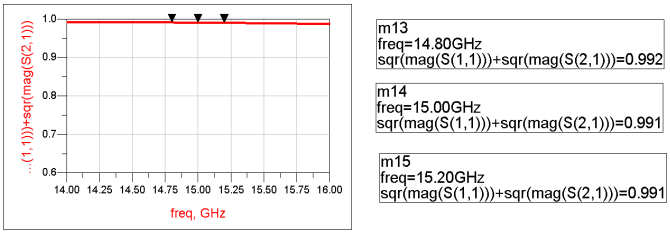
همانطور که انتظار میرفت، تغییر مدار معادل دیود تاثیری در روش ارائه شده نداشته و این موضوعی است که در شکل ۹ به تصویر کشیده شده است. بررسی نتایج این شکل نشان می دهد که هر چند مدار معادل دیود تغییر کرده، اما باز هم نتایجی مشابه حالتی که مدار معادل حالت روشن دیود یک مقاومت بود حاصل شده است. به عبارت دیگر با وجود تغییر مدار معادل دیود باز هم به مشخصه فرکانسی و تحمل توان مورد نظر رسیدیم. این موضوع را می توان به این صورت توجیه کرد که با توجه به آزادی عملی که در انتخاب ابعاد خطوط مایکرواستریپ وجود دارد - با وجود هر مدار معادل خطی - با تغییر ابعاد این خطوط میتوان به پاسخ مطلوب رسید. این موضوع اهمیت زیادی دارد و نشان میدهد از آنجا که تغییر مدار معادل دیود تاثیری در روش ارائه شده ندارد، این مدار را میتوان به راحتی به صورت عملی پیاده سازی نمود و در صورت اختلاف نتایج عملی و تئوری با تغییر ناچیزی در ابعاد خطوط مایکرواستریپ به نتیجه مطلوب رسید. در واقع در حالت تحلیل تمام موج که روابط

Archive of SID
www.SID.ir

حاکم اندکی متفاوت هستند، این آزادی عمل کارساز شده و می توان با بهینه سازی ابعاد خطوط مایکرواستریپ به نتیجه مطلوب رسید.



(الف)



(ب)

شکل ۹. پاسخ مدار از روش پیشنهادی با مدار معادل مقاومتی-سلفی

(الف) مشخصه بسامدی (ب) توان قابل تحمل

www.SID.ir

د) تحلیل نتایج به دست آمده

در تحلیل نتایج به دست آمده دو موضوع را باید به طور جداگانه مورد بررسی قرار داد:

الف)علت افزایش توان قابل تحمل : علت اصلی افزایش توان قابل تحمل انتخابگر بودن مدار و کاهش پهنای باند است. در واقع با تمرکز روی محدوده کوچکی از فرکانس، مدار در این محدوده فرکانس به گونه ای طراحی می شود که S_{11} به 1 نزدیک شده و در نتیجه بخش عمده ای از توان ورودی برگشت خورده و به مدار وارد نشود. این موضوع با مقایسه S_{11} مدار ساده و انتخابگر فرکانس به راحتی قابل تشخیص است. در واقع با تغییر محل دیودها در مایکرواستریپ و نزدیک به1 شدن $S_{11}^2+S_{21}^2$ میزان توان برگشتی یعنی $S_{11}^2 P_{in}$ و توان خروجی مدار $S_{21}^2 P_{in}$ افزایش داده شده تا ضمن کاهش توان تلفاتی مدار افت عبور هم کاهش یابد. کاهش توان تلفاتی مدار منجر به کاهش توان تلفاتی دیودها شده و کاهش توان تلفاتی دیودها باعث افزایش توان قابل تحمل دیودها می گردد، چرا که در مورد توان تلفاتی دیودها داریم:

$$T_J = T_{Heatsink} + \Delta T_J$$

$$\Delta T_J = P_{Dissipated} \times \theta_{JC}(1 - e^{-t/\tau_{Thermal}})$$

در معادله ۵ و به ترتیب مقاومت حرارتی و ثابت زمانی حرارتی دیود بوده که به مشخصات فیزیکی دیود بستگی دارند. همانطور که از این معادله مشخص است، کاهش توان تلفاتی دیودها باعث میشود که دمای دیود افزایش کمتری یافته و در نتیجه به ازاء توان ورودی بیشتری به حداکثر دمای قابل تحمل برسد.

ب) علت بالا بودن سرعت روش ارائه شده: مقایسه زمان شبیه سازی روش ارائه شده و روش متداول نشان میدهد که سرعت روش ارائه شده دو برابر سرعت روشهای متداول است. علت این موضوع نیز روشن است. در روش ارائه شده فقط محاسبه انجام شده و هدف بهینه سازی نزدیک کردن آن به ۱ می باشد. در حالی که در روش متداول باید ابتدا ولتاژ و جریان و سپس توان هر سه دیود محاسبه شده تا در بهینه سازی توان تلفاتی را به حداقل برسانیم. این موضوع نشان میدهد که حجم محاسبات در روش ارائه شده کمتر بوده و و در نتیجه زمان طراحی کاهش می یابد.

Archive of SID
www.SID.ir

نتیجه گیری

در این مقاله روش جدیدی برای طراحی مدارات محافظ گیرنده های مایکروویو با قابلیت تحمل توان بالا ارائه شده است. در این روش که به طور کامل مبتنی بر پارامترهای S میباشد، با تغییر محل دیودهای محافظ در روی صفحه مایکرواستریپ که منجر به برگشت بیشتر توان و افزایش توان عبوری مدار می شود، توان تلفاتی دیودها کم شده و در نتیجه توان قابل تحمل آنها افزایش می یابد. با استفاده از این روش یک مدار محافظ در باند ku با توان قابل تحمل ۸۰w و با مشخصه بسامدی انتخابگر طراحی شده است. عمده ترین مزایای این روش نسبت به روش افزایش توان قابل تحمل را می توان کاهش پیچیدگی محاسبات، کاهش زمان محاسبه و مشخص بودن هدف طراحی دانست. نتایج شبیه سازی نشان میدهد که با کاهش حجم محاسبات، سرعت این روش حداقل دو برابر روش محاسبه توان می باشد. همچنین مقایسه نتایج این روش با نتایج روشهای متداول نشان می دهد که در محدوده بسامدی مورد نظر نتایج روش ارائه شده از نظر توان قابل تحمل، افت عبور و ایزولاسیون بهتر است.

مراجع

[1] Tao Xu, Xi Chen, Zhengwei Du, “The Effect of Frequency on the Thermal Effect of High Power Microwave Pulses on a PIN Limiter”, 2010 Asia-Pacific Symp. on Electromagnetic Compatibility , Beijing, China, 12-16 April, 2010.

[2] Seong-Sik Yang, Tak-Young Kim, Deok-Kyu Kong, So-Su Kim, and Kyung-WhanYeom,”A Novel Analysis of a Ku-Band Planar p-i-n Diode Limiter”, IEEE Trans. Microw. Theory & Tech., Vol. 57, no. 6, pp 1447-1460, June 2009.

[3] ”Receiver Protector Technology”, Cpi Wireless Solution Inc., Beverely Microwave Division, Beverly, MA,USA, Available:http://www.cpii.com/Docs/Related/4/RP%20Tech%20Art.pdf

[4] ”PIN-Limiter Diodes in Receiver Protectors”, Skyworks Solutions Inc., Woburn, MA, 15 Aug., 2008, Available:http://www.Skyworksinc.Com/Uploads/Documents/200480C.pdf

Archive of SID
www.SID.ir

[5] Robert E.Collin, “Foundations for Microwave Engineering”, 2nd ed., Wiley-IEEE Press , Dec 2000.

[6] Brogle, J.J., Hubert, R.J., Boles, T.E., ‘A 50 Watt Monolithic Surface-Mount Series-Shunt PIN Diode Switch With Integrated Thermal Sink’, 2010 Asia-Pacific Microwave Conf. Proc. (APMC), Yokohama, Japan, 6-10 December, 2010.

[7] Skyworks APD Series PIN Diode, Skyworks Solutions Inc., Woburn, MA, 28 September, 2009, Available:http://www.SkyWorksinc.Com/Uploads/Documents/200075L.pdf

[8] Feng Yanmin, ‘The Power Handling Capability of Larger Power Microwave Active Limiter’, 2000 2nd Int. Conf. on Microwave and Millimeter Wave Technology Proc., Beijing, China 14-16 September, 2000.

Archive of SID

www.SID.ir