



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی برق

عنوان:

آنتن های شکاف دار

دانشجو:

امیر صحرائی

استاد راهنما:

دکتر حبیب اله زلفخانی

شهریور ۱۳۹۲

تقديم به زيباترين ها

پيدن و مادر م



تقدیر و تشکر از

راهنمایی های استاد گرامی که همواره بنده را در تمام مراحل یاری کردند

وسپاس از دوستان گرامی آقایان - مهندسین حاجی زاده - عل اکبری - حاج علی و....



فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه

۱-۱- مقدمه

۲-۱- اهداف پروژه و روش دست یابی به آن ها

۳-۱- محدودیت های آنتن شکافی بر پایه موجبر زیر لایه ای

۴-۱- دورنمای فصول

فصل ۲: مروری بر منابع

۱-۲- مقدمه

۲-۲- آنتن آرایه ای شکافی بر پایه موجبر مستطیلی

۳-۲- موجبر زیر لایه ای

۴-۲- آنتن آرایه ای شکافی بر پایه موجبر زیر لایه ای

فصل ۳: مبانی نظری تحلیل و طراحی آنتن آرایه ای شکافی بر پایه موجبر زیر لایه ای

۱-۳- مقدمه

۲-۳- مبانی آنتن آرایه ای شکافی بر پایه موجبر مستطیلی

۱-۲-۳- بررسی انواع شکاف های موجبری

۲-۲-۳- تئوری تشعشع کننده های شکافی موجبری

۳-۲-۳- معادلات طراحی الیوت برای آرایه ای از شکاف های طولی

۳-۳- مبانی موجبر زیر لایه ای

۱-۳-۳- ساختار موجبر زیر لایه ای و بررسی مدهای انتشاری

۲-۳-۳- قواعد طراحی موجبر زیر لایه ای

۴-۳- ساختار تغذیه آنتن

۳-۴-۱- آرایه خطی

۳-۴-۲- آرایه صفحه ای

فصل ۴: آنتن آرایه ای شکافی بر پایه موجبر زیر لایه ای با تغذیه موج ایستا

۴-۱- کلیت طراحی

۴-۲- محاسبه ادمیتانس شکاف ایزوله

۴-۳- طراحی آرایه خطی از شکاف های طولی

۴-۳-۱- تشکیل تابع خطای روش کم ترین مربعات

۴-۳-۲- روش کمینه سازی تابع خطا

فصل ۵: آنتن آرایه ای شکافی بر پایه موجبر زیر لایه ای با تغذیه موج رونده

۵-۱- کلیت طراحی

۵-۲- طراحی آرایه خطی از شکاف های طولی

۵-۲-۲- تشکیل تابع خطای روش کم ترین مربعات

فصل ۶: جمع بندی و پیشنهادها

۶-۱- جمع بندی

۶-۲- پیشنهادها

مراجع

فهرست اشکال

شکل (۱-۲) مدارات معادل «استیونسون» برای انواع شکاف در دیواره عریض و باریک موجبر

مستطیلی [۳].....

شکل (۲-۲) تعدادی مقالات چاپ شده در IEEE بر روی موضوع موجبر زیرلایه ای [۲۹].....

شکل (۳-۲) نمای روبرو و پشت آنتن آرایه ای شکافی بر پایه‌ی موجبر زیر لایه ای [۲۳].....

شکل (۴-۲) آنتن آرایه ای بر پایه‌ی موجبر زیرلایه ای تغذیه شده با خط میکرواستریپ [۲۴].

شکل (۱-۳) موجبر مستطیلی [۲۵].....

شکل (۲-۳) جریان سطحی بر روی موجبر مستطیلی [۲۵].....

شکل (۳-۳) نحوه تقاطع شکاف ها با جریان های سطحی دیواره های موجبر: الف- دیواره

عریض ب- دیواره باریک [۳].....

شکل (۴-۳) یک شکاف جابجا شده بر روی دیواره عریض بالای موجبر مستطیلی [۲۵].....

شکل (۵-۳) یک عنصر موازی در خط انتقال دو سیمه [۲۵].....

شکل (۶-۳) یک شکاف طولی تحریک شده توسط مود TE_{10} [۲۶].....

شکل (۷-۳) موقعیت دو شکاف در یک آرایه [۱۰].....

شکل (۸-۳) هندسه ساختارهای متفاوت SIC غیر مسطح الف- موجبر زیرلایه ای ب-

SISW ج- SINRD د- SINDG و- SIIG [۲۲].....

شکل (۹-۳) موجبر زیرلایه ای.....

شکل (۱۰-۳) توزیع جریان سطحی مود غالب TE_{10} بر روی یک موجبر مستطیلی با شکاف

هایی بر روی دیواره های جانبی [۲۱].....

شکل (۱۱-۳) پارامتر K تابعی از قطر و فاصله‌ی میان شکاف ها [۲۰].....

شکل (۱۲-۳) تلفات ناشی تابعی از قطر و فاصله‌ی میان شکاف ها [۲۰].....

شکل (۳-۱۳) نمایش نواحی مختلف در صفحه‌ی $d/\lambda_c - p/\lambda_c$ [۲۰].....

شکل (۳-۱۴) منحنی $\alpha_z - k_0$ و $\beta_z - k_0$ زمانی که $p/\lambda_c = 1/2\sqrt{3}$ [۲۰].....

شکل (۳-۱۵) ناحیه‌ی مورد نظر موجبر زیرلایه ای در صفحه‌ی $d/\lambda_c - p/\lambda_c$ [۲۰].....

شکل (۳-۱۶) گذار پهن باند بین موجبر زیرلایه ای و خط میکرواستریپ.....

شکل (۳-۱۷) پترن میدان موجبر و خط میکرواستریپ.....

شکل (۳-۱۸) کوپلر شکافی.....

شکل (۴-۱) مدل استفاده شده برای محاسبه Y/G_0

شکل (۴-۲) قسمت حقیقی و موهومی Y/G_0 برای موجبر زیرلایه‌ای طراحی شده در فرکانس

۱۰ GHz برای آفست ۰,۴ تا ۱,۴ میلی‌متر.....

شکل (۴-۳) ساختار آنتن شش شکافی موج ایستا به همراه نمایش پارامترها.....

شکل (۴-۴) پترن صفحه H آرایه‌ی خطی شش شکافی موج ایستا.....

شکل (۴-۵) $S_{11}(dB)$ آرایه خطی شش شکافی موج ایستا.....

شکل (۴-۶) پترن صفحه H آرایه‌ی خطی چهارده شکافی موج ایستا.....

شکل (۴-۷) $S_{11}(dB)$ آرایه خطی چهارده شکافی موج ایستا.....

شکل (۴-۸) پترن تشعشی (الف) هدف (ب) بدون در نظر گرفتن و (ج) با در نظر گرفتن

پراکندگی موده‌های مرتبه بالاتر.....

شکل (۴-۹) ساختار آرایه 3×6 شکافی موج ایستا.....

شکل (۴-۱۰) پترن صفحه H آرایه صفحه ای 3×6 شکافی موج ایستا.....

شکل (۴-۱۱) $S_{11}(dB)$ آرایه صفحه ای 3×6 شکافی موج ایستا.....

شکل (۵-۱) مدار معادل آرایه‌ی شکاف‌های طولی با تغذیه موج رونده.....

شکل (۵-۲) هندسه‌ی آرایه‌ی موج رونده.....

شکل (۳-۵) پارامترهای بدست آمده: فاز و دامنه V_n^s ، آفست، طول و فاصله‌ی شکاف ها

شکل (۴-۵) تصویر نمونه آنتن موج رونده ساخته شده

شکل (۵-۵) پترن صفحه H در $f=10 \text{ GHz}$ نمونه آنتن موج رونده

شکل (۶-۵) $S_{11}(dB)$ نمونه آنتن موج رونده

شکل (۷-۵) $S_{21}(dB)$ نمونه آنتن موج رونده

شکل (۸-۵) پترن صفحه H در $F=10,2 \text{ GHz}$ نمونه آنتن موج رونده

شکل (۹-۵) پترن صفحه H در $F=10,4 \text{ GHz}$ نمونه آنتن موج رونده



فهرست جداول

جدول (۱-۴) نتایج بدست آمده برای آنتن شش شکافی موج ایستا با استفاده از روش پیشنهاد

شده

جدول (۲-۴) نتایج بدست آمده برای آنتن چهارده شکافی موج ایستا با استفاده از روش

پیشنهاد شده

جدول (۳-۴) نتایج بدست آمده برای آرایه صفحه ای 3×6 شکافی موج ایستا با استفاده از روش

پیشنهاد شده

جدول (۱-۵) گین آنتن موج رونده طراحی شده در شبیه سازی و اندازه گیری

چکیده

آنتن های آرایه ای شکافی بر پایه ی موجبر زیر لایه ای به دلیل مزایای فراوانشان به طور گسترده در سال های اخیر مورد توجه محققین قرار گرفته شده اند. در این پایان نامه، یک روش مؤثر طراحی برای آنتن های آرایه ای شکافی طولی بر پایه موجبر زیر لایه ای با تغذیه موج ایستا و همچنین موج رونده ارائه شده است. روند طراحی الیوت برای طراحی آنتن های آرایه ای شکافی طولی بر پایه موجبر مستطیلی معمولی را می توان برای این گونه آنتن ها بر پایه موجبر زیر لایه ای استفاده نمود، با این توضیح که باید از مفهوم موجبر معادل برای موجبر زیر لایه ای استفاده شود. با توجه به ارتفاع کم این موجبرها، اثر کوپلینگ داخلی مودهای مرتبه بالاتر بسیار بااهمیت است. بنابراین لازم است که برای طراحی این گونه آنتن ها از معادلاتی استفاده شود که هر سه منبع تولید میدان شکاف ها یعنی میدان تابشی، کوپلینگ خارجی و کوپلینگ داخلی شکاف ها را لحاظ نماید. طراحی با بهره گیری از روش «کم ترین مربعات» و تشکیل یک تابع خطای چندگانه براساس اهداف طراحی صورت می گیرد. سپس از ترکیب روش های الگوریتم ژنتیک و گرادیان مزدوج جهت مینیمم کردن این تابع خطا و بدست آوردن پارامترهای طراحی استفاده می شود. در طراحی آرایه ای از شکاف ها با تغذیه موج ایستا در دو آرایش طولی و صفحه ای (به همراه تغذیه با استفاده از شکاف های مرکزی کج)، با توجه به اهداف تطبیق امپدانس ورودی و پترن تشعشی مورد نظر، تابع خطای سه گانه (برای معادلات طراحی، امپدانس ورودی و پترن تشعشی) تشکیل داده و پارامترهای طراحی شامل ولتاژ تحریک، طول و آفست شکاف ها را بدست می آوریم. و برای تغذیه با موج رونده علاوه بر اهداف فوق، باید به دنبال مقدار توان تلفاتی پایین در بار نیز باشیم که منجر به اضافه کردن یک ترم به تابع خطا می گردد. برای رسیدن به یک آنتن شکافی موج رونده کارآمد (برآوردن همه اهداف)، فرمول های طراحی الیوت برای آرایه شکافی با فواصل غیر یکنواخت

تعمیم داده می شود و در فرایند بهینه سازی، علاوه بر پیامترهای طراحی بیان شده، فواصل

بهینه شکاف ها را نیز بدست می آوریم. این روش بسیار موثر می باشد، چون علاوه بر تحقق

اهداف طراحی به طور هم زمان، قابلیت سرعت و دقت طراحی بالا را فراهم می نماید. مقایسه

نتایج بدست آمده از روش فوق با نرم افزارهای تمام موج برای نمونه های مختلف نشان دهنده

تطبیق خوب می باشد. و همچنین برای تست عملی، یک نمونه آنتن موج رونده با مشخصات

مورد نظر در باند X ساخته شد، که نتایج اندازه گیری نیز تایید کننده دقت این روش می

باشد.

واژه های کلیدی: آنتن آرایه ای شکافی، موجبر زیر لایه ای، روش حداقل مربعات و بهینه

سازی.



فصل ۱:

مقدمه

پایان نامه کارشناسی



آزمایشگاه پروژهباق

آنتن های آرایه ای شکافی موجبری به دلیل مزایای مهمی که دارند، در رادارها و سیستم های مخابراتی بی سیم کاربردهای فراوانی یافته‌اند. از مزایای آن ها می توان به استحکام مکانیکی مناسب، بهره بالا و توان قابل تحمل مناسب اشاره کرد. در این کلاس از آنتن ها، آنتن های شکافی طولی به دلیل پایین بودن سطح مؤلفه های متعامد پلاریزاسیون دارای جایگاه ویژه ای می باشند. البته آنتن های شکافی بر پایه موجبر مستطیلی معمولی، حجیم و دارای هزینه ساخت بالا می باشند و مجتمع سازی آن ها با مدارهای صفحه ای دشوار می باشد.

ساختار موجبری جدیدی به نام موجبر زیرلایه‌ای (SIW^۱) در سال های اخیر مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته شده است که می توان جایگزین بسیار مناسبی برای موجبر مستطیلی در این گونه آنتن ها شود. مشخصات موجبرهای زیرلایه ای بسیار شبیه به موجبرهای مستطیلی می باشد و آن ها در حالی که اکثر مزایای موجبر مستطیلی را حفظ می کنند، عیوب بیان شده در فوق را نیز برطرف می کنند. البته کم بودن ارتفاع آن ها نسبت به موجبر معمولی می تواند منجر به ویژگی های متمایزی شود. بعلاوه، موجبرهای زیرلایه ای می توانند به وسیله‌ی فرایند مدار چاپی معمولی (PCB^۲) ساخته شوند که امتیاز ساخت آسان را نیز به سایر مزایای آن اضافه می نماید. برخلاف خطوط میکرواستریپی که در فرکانس های بالا به طور ذاتی تلفات بالایی را به همراه دارند، موجبرهای زیرلایه ای دارای ضریب کیفیت بالا می باشند. بنابراین با توجه به نکات ذکر شده، آنتن شکافی طولی بر پایه موجبر زیرلایه ای دارای ضریب کیفیت بالا می باشند. بنابراین با توجه به نکات ذکر شده، آنتن شکافی طولی بر پایه موجبر زیرلایه ای گزینه ای مناسب برای کاربردهای مخابراتی بی سیم می باشد.

^۱ Substrate integrated waveguide
^۲ Printed Circuit Board

۱-۲- اهداف پروژه و روش دستیابی به آن ها

در پروژه حاضر به تحلیل و طراحی بهینه آرایه آنتن های شکافی بر پایه موجبر زیر لایه ای می

پردازیم. به طور خلاصه در این پروژه دستیابی به اهداف زیر دنبال می شود:

✓ تحلیل و طراحی موجبر زیر لایه ای.

✓ تحلیل و طراحی جامع آرایه های خطی از شکاف های طولی بر پایه موجبر زیر لایه ای

با تغذیه موج ایستا.

✓ تحلیل و طراحی جامع آرایه های صفحه ای از شکاف های طولی بر پایه موجبر زیر لایه ای

ای با تغذیه موج ایستا به همراه طراحی کوپلر شکافی به عنوان ساختار تغذیه آنتن.

✓ تحلیل و طراحی جامع آرایه های خطی از شکاف های طولی بر پایه موجبر زیر لایه ای

با تغذیه موج رونده.

✓ ساخت یک نمونه آتن آرایه ای شکافی بر پایه موجبر زیر لایه ای با تغذیه موج رونده در

باند X.

روند طراحی الیوت برای طراحی آنتن های آرایه ای شکافی طولی بر پایه موجبر معمولی را می

تان برای این گونه آنتن ها بر پایه موجبر زیر لایه ای استفاده نمود، با این توضیح که باید از

مفهوم موجبر معادل برای موجبر زیر لایه ای استفاده شود. با توجه به ارتفاع کم این موجبرها،

اثر کوپلینگ داخلی مودهای مرتبه بالاتر بسیار با اهمیت است. بنابراین لازم است که برای

طراحی این گونه آنتن ها از معادلاتی استفاده شود که هر سه منبع تولید میدان شکاف ها

یعنی میدان تابشی، کوپلینگ خارجی و کوپلینگ داخلی شکاف ها را لحاظ نماید. طراحی با

بهره گیری از روش «کم ترین مربعات» (MLS) و تشکیل یک تابع خطای چندگانه براساس

اهداف طراحی صورت می گیرد. سپس از ترکیب روش های الگوریتم ژنتیک (بهینه ساز

عمومی) و گرادیان مزدوج (بهینه ساز محلی) جهت مینیمم کردن این تابع خطا و بدست آوردن پارامترهای طراحی استفاده می شود. روش فوق با استفاده از کدنویسی در نرم افزار MATLAB پیاده می شود و مقایسه نتایج بدست آمده از روش فوق با استفاده از نرم افزارهای تمام موج همچون CST و HFSS انجام می گیرد.

۳-۱- محدودیت های آنتن شکافی بر پایه موجبر زیر لایه ای

این آنتن چه از لحاظ تکنولوژی ساخت و چه از لحاظ سیستم اندازه گیری دارای محدودیت هایی می باشد، در ایران اکنون شرایط برای ساخت و تست آنتن در باند X فراهم می باشد. روش مطرح شده در این پالین نامه می تواند برای هر فرکانسی مورد استفاده قرار گیرد. البته این نکته قابل توجه است که موجبر زیر لایه ای تا فرکانس ۳۰۰ GHz می تواند به عنوان ساختار عملی مناسب چه از لحاظ هزینه پایین زیر لایه ها و تکنیک های ساخت مورد استفاده قرار گیرد. از لحاظ ماکزیمم توان قابل تحمل، مطمئناً این ساختار توانی کمتر از آنتن شکافی بر پایه موجبر معمولی می تواند تحمل کند و نسبت به یک آنتن میکرواستریپ در این مورد برتری دارد.

۴-۱- دورنمای فصول

مطالب فصول آتی این گزارش به این شرح است: فصل دوم را به مروری بر منابع موجود در زمینه آنتن های شکافی بر پایه موجبر مستطیلی، موجبر زیر لایه ای و آنتن شکافی بر پایه موجبر زیر لایه ای اختصاص می دهیم و در فصل سوم، مبانی نظری لازم برای تحلیل و طراحی آنتن شکافی بر پایه موجبر زیر لایه ای را مورد بررسی قرار می دهیم. در فصل چهارم، چگونگی طراحی بهینه آرایه شکاف های طولی (به عنوان متداول ترین نوع شکاف) با تغذیه موج ایستا را

با استفاده از روش «کم ترین مربعات» در دو نوع آرایش خطی و صفحه ای (به همراه تغذیه با

کوپلر شکافی) ارائه نموده و مثال هایی را برای اثبات روش مطرح می نماییم. در فصل پنجم به

تعمیم تئوری طراحی الیوت برای آرایه شکاف های طولی با تغذیه موج رونده برای حالت

فواصل غیر یکنواخت شکاف ها پرداخته و با بهره گیری از روش مذکور، روند طراحی را برای

این گونه آرایه ها بیان می نماییم. و در انتهای این فصل، طراحی نمونه ای از این نوع آنتن به

همراه نتایج حاصل از ساخت آن ارائه شده است که بیانگر دقت روش مطرح شده می باشد. و

در نهایت در فصل هفتم به جمع بندی و ارائه پیشنهاداتی برای کارهای آتی خواهیم پرداخت.



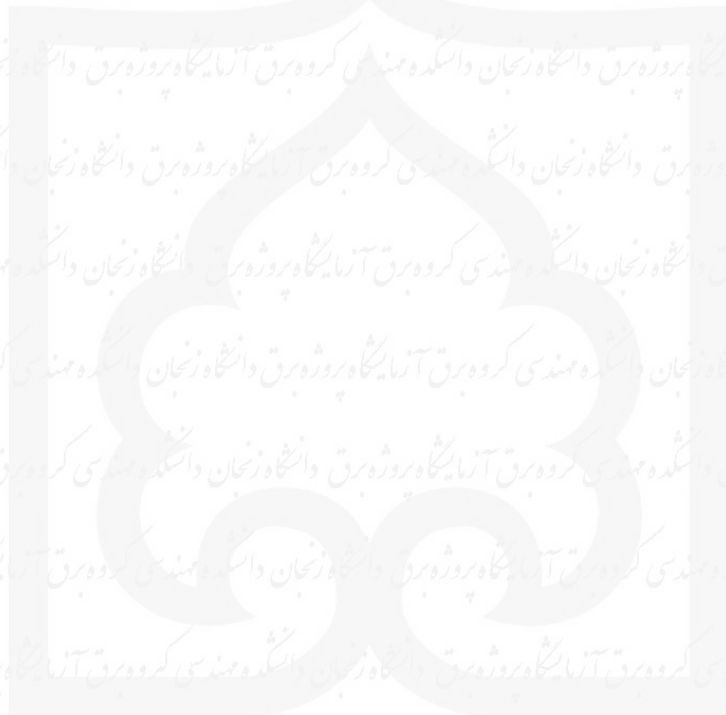
دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

پایان نامه کارشناسی

فصل ۶:

جمع بندی و پیشنهادها



۶-۱- جمع بندی

توانایی ساخت مدارهای میکروویو در حجم گسترده، یک موضوع بسیار مهم می باشد. در صورتی که نتوان یک مدار را با سرعت و دقت بالا در حجم وسیعی تولید کرد، هزینه‌ی آن به شدت افزایش می یابد. حجیم بودن موجبرهای معمولی و گذارهای لازم برای اتصال موجبر با مدارهای صفحه ای، تولید انبوه مدارهای شامل این موجبرها را بسیار سخت و هزینه بر می نماید. یکی از این کاربردها، آنتن شکافی موجبری می باشد که از ویژگی های آن می توان به دوام و مستحکم بودن و فراهم کردن گین بالا اشاره کرد. موجبر زیر لایه ای، اجازه‌ی تحقق یک موجبر مستطیلی معدل درون زیر لایه را می دهد که می توان موانع ذکر شده را از سر راه بردارد.

در این پایان نامه، تکنولوژی موجبر زیر لایه ای برای طراحی آنتن های شکافی مورد استفاده قرار گرفته شد. یک روش مؤثر برای طراحی آنتن های آرایه ای شکافی بر پایه‌ی موجبر زیر لایه ای با تغذیه موج ایستا و همچنین موج رونده ارائه شد. با توجه به رونده طراحی الیوت برای طراحی آنتن های آرایه ای شکافی طولی بر پایه موجبر مستطیلی معمولی، به طراحی این گونه آنتن ها بر پایه موجبر زیر لایه ای پرداخته شد، با این توضیح که از مفهوم موجبر معادل برای موجبر زیر لایه ای استفاده شد. با توجه به ارتفاع کم این موجبرها، اثر کوپلینگ داخلی مودهای مرتبه بالاتر بسیار با اهمیت است. بنابراین برای طراحی این گونه آنتن ها از معادلاتی استفاده نمودیم که هر سه منبع تولید میدان شکاف ها یعنی میدان تابشی، کوپلینگ خارجی و

کوپلینگ داخلی شکاف ها را لحاظ نماید. با بهره گیری از روش «کم ترین مربعات» و تشکیل یک تابع خطای چندگانه براساس اهداف طراحی و کمینه سازی آن با استفاده از روش بهینه سازی ترکیبی GA-CG، طراحی آرایه صورت گرفت. در طراحی آنتن آرایه ای شکافی با تغذیه موج ایستا (طولی و صفحه ای به همراه تغذیه با استفاده از شکاف های مرکزی کج)، با

توجه به اهداف تطبیق امپدانس ورودی و پترن تشعشی مورد نظر، تابع خطای سه گانه (برای معادلات طراحی، امپدانس ورودی و پترن تشعشی) تشکیل داده و پارامترهای طراحی شامل ولتاژ تحریک، طول و آفست شکاف ها را بدست می آوریم. و برای تغذیه با موج رونده علاوه بر اهداف فوق، باید به دنبال مقدار توان تلفاتی پایین در بار نیز باشیم که منجر به اضافه کردن یک ترم به تابع خطا گردید. برای رسیدن به یک آنتن شکافی موج رونده کارآمد (برآوردن همه اهداف)، فرمول های طراحی الیوت برای آرایه شکافی با فواصل غیر یکنواخت تعمیم داده شد و در فرایند بهینه سازی، علاوه بر پارامترهای طراحی بیان شده، فواصل بهینه شکاف ها را نیز بدست می آوریم. این روش بسیار موثر می باشد، چون علاوه بر تحقق اهداف طراحی به طور هم زمان، قابلیت سرعت و دقت طراحی بالا را فراهم می نماید.

۲-۶- پیشنهادها

با توجه به تجربیات بدست آمده در این پروژه، می توان موارد زیر را به عنوان پیشنهادهایی برای کارهای آتی مطرح نمود:

- ۱- یکی از مشکلات موجود در طراحی آنتن های آرایه ای شکافی بر پایه ی موجبر زیر لایه ای که به ویژه در حالت موج ایستا (رزونانسی بودن شکاف ها) در این پروژه با آن مواجه شدیم، عدم تطبیق کامل ادیمیتانس ورودی بدست آمده از روابط موجود با نتایج حاصل از شبیه سازی ها می باشد و که این ناشی از دو دلیل می باشد؛ تقریب های بکار رفته در فرمول های طراحی الیوت (ارتفاع بسیار کوچک موجبر) و معادل کردن موجبر زیر لایه ای با موجبر مستطیلی. و همچنین مشکل دیگر که در حالت موجبر مستطیلی معمولی نیز مشاهده می شود، رسیدن به SLL بسیار پایین (کوچک تر از -30dB) می باشد. که این مسائل، نیاز ما را به روابط با دقت

بالاتر برای طراحی این گونه آنتن ها نشان می دهد. بنابراین، بدست آوردن روابط طراحی با

دقت بسیار بالا می تواند به عنوان زمینه ای برای فعالیت در آینده مطرح شود.

۲- همان طور که بیان شد، مناسب ترین آرایش برای رسیدن به پلاریزاسیون خطی، حالت

شکاف طولی می باشد، که در این پروژه به آن پرداختیم. با این حال می توان آرایش های

ترکیبی را برای دست یابی به پلاریزاسیون دایروی استفاده نمود.

۳- طراحی آرایه‌ی صفحه ای با تغذیه‌ی موج رونده می تواند گزینه ای دیگر برای آینده باشد.

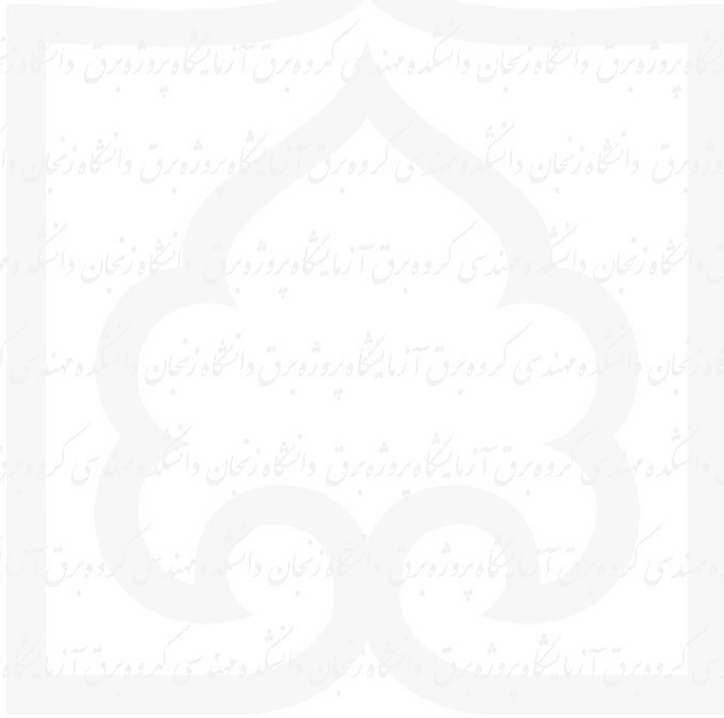
۴- طراحی آنتن آرایه ای شکافی بر پایه‌ی موجبر جدید HMSIW^۱ با هدف کاهش سایز

آنتن نسبت به تغذیه با موجبر زیر لایه ای، پیشنهاد مناسب دیگری است که کارهای بسیار

اندکی در این زمینه صورت گرفته است.

مراجع

پایان نامه کارشناسی



مراجع

- [۱] W. H. Watson, "Resonant Slots," *IEE J*, ۹۳, pt.۳A, pp. ۶۲۰-۶۲۶, ۱۹۴۶.
- [۲] Stevenson, A. F., "Theory of slots in rectangular waveguides," *J.Appl. Phys.*, vol. ۱۹, pp. ۲۴-۳۸, Jan. ۱۹۴۸.
- [۳] S. Stanculovic, "Theoretical Synthesis and Experimental Measurements of Slotted Waveguide Feeding Systems For ۲,۴۵ GHz Industrial Microwave Heating Installations," Institut fur Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik, Dec. ۲۰۰۶.
- [۴] R. J. Stegen, "Longitudinal Shunt Slots Characteristics," *Hughes Technical Memorandum*, No. ۲۶۱, Nov. ۱۹۵۱.
- [۵] A. A. Oliner, "The Impedance Properties of Narrow Radiating Slots in the Broad Face of Rectangular Waveguide," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, pp ۴-۲۰, Jan. ۱۹۵۷.
- [۶] T. V. Khac and C. T. Carson, "Impedance Properties of a Longitudinal Slot Antenna in the Broad Face of a Rectangular Waveguide," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, pp ۷۰۸-۷۱۰, Sep. ۱۹۷۳.
- [۷] H. Y. Yee, "Impedance of a Narrow Longitudinal Shunt Slot in a Slotted Waveguide Array," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, pp ۵۸۹-۵۹۲, July ۱۹۷۴.
- [۸] R. S. Elliott and L. A. Kurtz, "The Design of Small Slot Arrays," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-۲۶, No.۲, pp ۲۱۴-۲۱۹, March ۱۹۷۸.
- [۹] R. S. Elliott, "On the Design of Traveling-Wave-Fed Longitudinal Shunt Slot Arrays," *IEEE Trans. Antennas*

Propagat., vol. AP-۲۷, No.۵, Sept ۱۹۷۹.

[IO]R. S. Elliott, "An improved design procedure for small slot arrays," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-۳۱, pp. ۴۸-۵۳, Jan. ۱۹۸۳.

[۱۱] R. S. Elliott and W. R. Loughlin, "The design of slot arrays including internal mutual coupling," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. ۳۴, pp. ۱۱۴۹-۱۱۵۴, ۱۹۸۶.

[۱۲]F. Shigeki, "Waveguide line," (in Japanese) Japan Patent ۰۶-۰۵۳ ۷۱۱, Feb. ۲۵, ۱۹۹۴.

[۱۳]۱. Hirokawa and M. Ando, "Single-layer feed waveguide consisting of posts for plane TEM wave excitation in parallel plates," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. ۴۶, no. ۵, pp. ۶۲۵-۵۳۰, May. ۱۹۹۸.

[۱۴]D. Pissort and F. Olyslager, "Study of eigenmodes in periodic waveguides using the Lorentz reciprocity theorem," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. ۵۲, no. ۲, pp. ۵۴۲-۵۵۳, Feb. ۲۰۰۴.

[۱۵]Y. Cassivi, L. Perregrini, P. Arcioni, M. Bressan, K. Wu, and G. Conciauro, "Dispersion characteristics of substrate integrated rectangular waveguide," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. ۱۲, no. ۹, pp. ۳۳۳-۳۳۵, Sep. ۲۰۰۲.

[۱۶]F. Xu, Y. Zhang, W. Hong, K. Wu, and T. J. Cui, "Finite-difference frequency-domain algorithm for modeling guided-wave properties of substrate integrated waveguide," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. ۵۱, no. 11, pp. ۲۲۲۱-۲۲۲۷, Nov. ۲۰۰۳.

[۱۷] F. Xu and K. Wu, "Numerical multimode calibration technique for extraction of complex propagation constants of

substrate integrated waveguide," *IEEE MTT-S Int. Microw. Symp. Dig.*, pp. ۱۲۲۹-۱۲۳۲, Jun. ۲۰۰۴.

[۱۸] A. Zeid and H. Baudrand, "Electromagnetic scattering by metallic holes and its applications in microwave circuit design," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. ۵۰, no. ۴, pp. ۱۱۹۸-۱۲۰۶, Apr. ۲۰۰۲.

[۱۹] J.R. Bray and L. Roy, "Resonant frequencies of post-wall waveguide," *Proc. IEE Microw. Antennas Propag.*, vol. ۱۵۰, pp. ۳۶۵-۳۶۸, Oct. ۲۰۰۳.

[۲۰] D. Deslandes and K. Wu, "Accurate modeling, wave mechanisms, and design considerations of a substrate integrated waveguide," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. ۵۴, pp. ۲۵۱۶-۲۵۲۶, Jun. ۲۰۰۶.

[۲۱] F. Xu and K. Wu, "Guided-wave and leakage characteristics of sub-strate integrated waveguide." *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. ۵۳, no. 1, pp. ۶۶-۷۳, Jan. ۲۰۰۵.

[۲۲] K. Wu, D. Deslandes and Y. Cassivi, "The substrate integrated circuits - A new concept for highfrequency electronics and optoelectronics," in *Proc. TELSIS ۲۰۰۳*, Nis, Serbia and Montenegro, pp. ۲-۹.

[۲۳] L. Yan, W. Hong, G. Hua, J. Chen, K. Wu and T. Cui, "Simulation and experiment on SIW slot array antennas," *IEEE Microwave And Wireless Components Letters*, vol. ۱۴, no. ۹, Sep. ۲۰۰۴.

[۲۴] Z. Weng, R. Guo, and Y.C. Jiao, "Design and experiment on substrate integrated waveguide resonant slot array antenna at Ku-band", *ISAPE Antennas Propagat EM Theory.*, Oct. ۲۰۰۶.

[۲۵] Elliott, R. S., "Antenna Theory and Design, Revised Edition," New Jersey: IEEE Press, ۲۰۰۳.

[۲۶] R. S. Elliot, "The design of waveguide-fed slot arrays, " Antenna Handbook, Y. T. Lo and S.W. Lee (eds.), Chap. ۱۲, Van Nostrand Reinhold, New York, ۱۹۹۳.

[۲۷] D.Deslandes and K. Wu, "Integrated microstrip and rectangular waveguide in planar form" *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 11, no.۲, pp. ۶۸-۷۰, Feb. ۲۰۰۱.

[۲۸] S. R. Rengarajan, and G. M. Shaw, "Accurate characterization of coupling junctions in waveguide-fed planar slot arrays," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. ۴۲, No. ۱۲, pp. ۲۲۳۹-۲۲۴۸, Dec. ۱۹۹۴.

[۲۹] Maurizio Bozzi, Luca Perregrini, Ke WU, and Paolo Arcioni , "Current and Future Research Trends in ubstrate Integrated Waveguide Technology," *RADIOENGINEERING*, VOL. ۱۸, NO.۲, JUNE ۲۰۰۹.

[۳۰]H. Oraizi and M.T. Noghani, "Design and Optimization of Waveguide-Fed Centered Inclined Slot Arrays," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vo!. ۵۷, pp. ۳۹۹۱-۳۹۹۵.۲۰۰۹.

[۳۱] A. Bakhtafrooz, A. Borji, D. Busuioc, and S. Safavi-Naeini, "Compact two-layer slot array antenna with SIW for ۶۰GHz wireless applications, " *IEEE AP-S Int. Symp.*, ۱-۴, Jun. ۲۰۰۹.

[۳۲]F. Xu, W. Hong, P. Chen, and K. Wu, "Design and implementation of low side lobe substrate integrated waveguide longitudinal slot array antennas," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. ۳, pp. ۷۹۰- ۷۹۷, ۲۰۰۹.

[۳۳] Peng Chen, Wei Hong, et.al., "A Substrate Integrated Waveguide Circular Polarized Slot Radiator and Its Linear

Array", *Antennas and Wireless Propagation Letters. IEEE*, vol. ۸, pp. ۱۲۰-۱۲۳, ۲۰۰۹.

[۳۴] S.E. Hosseinijad, N. Komjani, H. Oraizi and M.T.

Noghani, "Optimum Design of SI W Longitudinal Slot Array Antennas with Specified Radiation Patterns," *ACES Journal*, vol. ۹, no.۲, pp. ۱۱۷-۱۲۱, ۲۰۱۲.

[۳۵] S.E. Hosseinijad and N. Kornjani, "Optimum Design and fabrication of travelling-wave SIW Slot Array Antennas," Submmited for *IEEE Trans, Antennas & Propagation*, ۲۰۱۲.