

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۲۷۹۲.

۱۳۷۸ / ۱۲ / ۱۰



دانشگاه علم و صنعت ایران
دانشکده مهندسی برق

مرکز اطلاع‌رسانی و کتابخانه
تعمیرات

طراحی، تحلیل و ساخت فیدرهای خطی و سطحی برای
منعکس‌کننده کروی

شهرام حسین زاده

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته

مهندسی برق - مخابرات

۵۵۴۲

استاد راهنما: آقای دکتر حجت کاشانی

اردیبهشت ۷۸

۲۷۹۲۰

تقدیم به آنانی که

تحصیل خود را مدیون راهنماییها و زحمات ارزنده آنان هستم

چکیده

طراحی و ساخت آنتن مناسب باعث افزایش کارایی سیستمهای مخابرات رادیویی می باشد. امکان استفاده از آنتنهای منعکس کننده در اندازه های مناسب باند میکروویو را باندی مناسب برای مخابرات رادیویی (مخابرات نظامی یا تجاری) کرده است. مهمترین آنتنی که در این باند مورد استفاده قرار می گیرد منعکس کننده سهموی با فیدرهرن در کانون سهموی می باشد. این نوع منعکس کننده انتخاب اول طراحان سیستمهای مخابراتی می باشد با وجود این ساخت آنتنهای سهموی بزرگ مقرون به صرفه نیست از طرف دیگر برای مقاصد راداری و ستاره شناسی که نیاز به ردگیری و جستجوی اهداف در زاویه های بزرگ نیست به محور منعکس کننده داریم نیاز به موتورهای قوی برای حرکت دادن کل منعکس کننده داریم. با استفاده از منعکس کننده کروی مشکلات فوق را میتوان حل نمود. ساخت کره بزرگ مقرون به صرفه تر از ساخت سهموی بزرگ می باشد. از طرف دیگر با توجه به تقارن کره با تغییر مکان فیدر زاویه های بیشتری را نسبت به سهموی میتوان ردگیری و یا جستجو نمود. در این پروژه دو نوع فیدر سطحی و خطی برای منعکس کننده کروی ساخته شده فیدر خطی برای رسیدن به حداکثر بهره طراحی گردیده است در ضمن میدان روی محور کره با استفاده از این نوع فیدر دارای پلاریزاسیون خطی می باشد. با استفاده از ترکیب روشهای PO (در نزدیکی محور) و GTD (در بقیه نواحی فضا) به دست آمد .

در انتها فیدر سطحی برای رسیدن به میدان یکنواخت در دهانه منعکس کننده کروی طراحی و ساخته شده است . میدان حاصل از این فیدر در دهانه با روش GTD به دست آمده است .

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از راهنماییهای کارساز جناب آقای دکتر حجت کاشانی در طول انجام پروژه تشکر میکنم.

همچنین از آقایان دکتر آرزم و دکتر عریضی که علیرغم مشغله کاری زیاد در جلسه دفاعیه شرکت نمودند و بارانماییهای ارزنده شان باعث غنای علمی پروژه شدند سپاسگزاری میکنم.

در انتها از استاد گرانقدر جناب آقای مهندس ابوتراب که با صبر و حوصله آنتن را تست نمودند و راهنماییهایی که برای بهبود کارائی آنتن نمودند تشکر میکنم.

۱	مقدمه
۴	فصل (۱) منعکس کننده کروی
۴	(۱-۱) مقدمه
۶	(۲-۱) منعکس کننده کروی در حالت گیرندگی
۷	(۳-۱) معرفی روشهای طراحی فیدر مناسب برای منعکس کننده کروی
۹	فصل (۲) دوقطبی مغناطیسی
۹	(۱-۲) مقدمه
۱۰	(۲-۲) شیار روی موجبر
۱۰	(۲-۲-الف) تعیین نوع شیار مورد استفاده
۱۴	(۲-۲-ب) مدلسازی شیار عرضی
۲۱	(۳-۲) آرایه شیارها
۲۷	(۴-۲) طراحی آرایه شیارها
۳۱	(۵-۲) الگوریتم طراحی آرایه شیارهای سرتد یا فاز دلخواه
۳۵	فصل (۳) تحلیل آنتن منعکس کننده کروی در فرکانسهای بالا
۳۵	(۱-۳) مقدمه
۳۸	(۲-۳) معرفی روشهای هندسی برای تحلیل آنتنهای منعکس کننده و مقایسه آنها
۴۷	(۳-۳) بررسی دقیق و جزئی روشهای ECM, PO, UTD, GO
۴۷	(۱-۳-۳) مقدمه
۵۰	(۲-۳-۳) تحلیل موج منعکس شده
۶۰	(۳-۳-۳) بررسی پراش با استفاده از UTD
۷۲	(۴-۳-۳) روش مدل جریان معادل ECM
۷۵	(۵-۳-۳) روش PO
۷۷	فصل (۴) طراحی فیدر خطی برای ماکزیمم بهره
۷۷	(۱-۴) مقدمه
۷۷	(۲-۴) تحلیل PO منعکس کننده کروی با فرض شیار عرضی
۸۲	(۳-۴) ساخت فیدر خطی در باند X برای ماکزیمم بهره

۸۸	فصل (۵) طراحی فیدر سطحی برای منعکس کننده کروی
۸۸	(۱-۵) مقدمه
۸۸	(۲-۵) به دست آوردن سطح منعکس کننده فرعی
۹۲	(۳-۵) تحلیل PO منعکس کننده فرعی
۹۹	(۴-۵) ساخت منعکس کننده فرعی در باند X
۱۰۳	خلاصه و نتایج
۱۰۶	ضمیمه ۱: روش طراحی آرایه شیارهای عرضی با در نظر گرفتن موج برگشتی و اثر متقابل شیارها بر یکدیگر
۱۱۱	ضمیمه ۲: اطمینان از درستی جوابهای روش اپتیک هندسی
۱۱۳	ضمیمه ۳: بررسی جوابهای حاصل از UTD در نواحی نزدیک مرزها
۱۲۰	ضمیمه ۴: اطمینان از درستی جوابهای روش اپتیک فیزیکی
۱۲۳	ضمیمه ۵: بدست آوردن تحریک بهینه برای منعکس کننده با شعاع انحنای بزرگ
۱۲۷	ضمیمه ۶: منعکس کننده کروی در حالت گیرندگی
۱۳۳	ضمیمه ۷: معرفی چند اصطلاح
۱۳۵	ضمیمه ۸: معرفی برنامه های کامپیوتری
۱۳۶	مراجع

فهرست تصاویر

۳	م-۱: فیدر خطی برای منعکس کننده کروی
۳	م-۲: فیدر خطی در مقابل منعکس کننده کروی
۳	م-۳: فیدر سطحی در مقابل منعکس کننده کروی
۵	۱-۱: نمودار بهره بر حسب زاویه ردیابی یا جستجو
۵	۱-۲: نمودار پهنای تابه 10db و 3db بر حسب زاویه جستجو یا ردیابی
۶	۱-۳: تابش موج تخت به منعکس کننده کروی
۷	۱-۴: فیدر خطی
۸	۱-۵: فیدر سطحی
۹	۲-۱: آنتن شیاری
۱۲	۲-۲: شیار عرضی
۱۴	۲-۳: تحلیل شیار عرضی
۱۷	۲-۴: مدل شیار عرضی
۲۲	۲-۵: مدل دیافراگم
۲۴	۲-۶: دیافراگم سلفی
۲۴	۲-۷: دیافراگم خازنی
۲۵	۲-۸: اندازه راکتانس بر حسب ابعاد دیافراگم سلفی
۲۶	۲-۹: اندازه سوسپتانس بر حسب ابعاد دیافراگم خازنی
۲۷	۲-۱۰: مدل آرایه ای از شیارهای عرضی
۳۰	۲-۱۱: تضعیف بر حسب طول شیار برای $\frac{G}{T} = \frac{1}{4}$ (مورد استفاده در پروژه)
۳۰	۲-۱۲: α بر حسب طول شیار برای $\frac{G}{T} = \frac{2}{3}$
۳۱	۲-۱۳: β بر حسب طول شیار برای $\frac{G}{T} = \frac{2}{3}$
۳۲	۲-۱۴: مدل آرایه
۳۸	۳-۱: شکل مسئله تابش موج تخت بر نیم صفحه
۳۹	۳-۲: مسیر انتگرالگیری

۴۳	۳-۳: تکنیکهای هندسی برای تحلیل میدان در فرکانسهای بالا
۴۸	۳-۴: نمونههای از لوله باریک موج
۵۱	۳-۵: مسیر موج برگشت از کره در صفحه $\varphi = \varphi'$
۵۲	۳-۶: مسیر موج برگشت از صفحه $\varphi = \pi + \varphi'$
۶۲	۳-۷: پراش از لبه واقع در $\varphi = \varphi'$
۶۴	۳-۸: پراش از لبه
۶۶	۳-۹: پراش از لبه اول
۶۸	۳-۱۰: فاصله بین کاستیکها در امتداد موج برگشت
۷۰	۳-۱۱: پراش از لبه دوم
۷۱	۳-۱۲: ناحیه هاشور خورده ناحیه سوم می باشد
۷۵	۳-۱۳: روش اپتیک فیزیکی
۷۷	۴-۱: منبع خطی در مقابل کره
۸۳	۴-۲: دهانه در منعکس کننده کروی
۸۴	۴-۳: نمودار دامنه و فاز میدان نزدیک در دهانه الف: دامنه ب: فاز
۸۵	۴-۴: نمودار دامنه و فاز میدان نزدیک در $\varphi = 0$ الف: دامنه ب: فاز
۸۵	۴-۵: نمودار دامنه و فاز میدان نزدیک در $\varphi = \frac{\pi}{2}$ الف: دامنه ب: فاز
۸۶	۴-۶: میدان دور در $\varphi = 0$
۸۶	۴-۷: میدان دور در $\varphi = \frac{\pi}{2}$
۸۷	۴-۸: پترن محاسبه شده در فاصله 4.5m
۸۷	۴-۹: پترن اندازه گیری شده در فاصله 4.5m
۸۸	۵-۱: منعکس کننده کروی با فیدر کره گورین
۹۶	۵-۲: روزنه مستطیلی

- ۹۶ ۳-۵: دستگاه مختصات
- ۹۹ ۴-۵: نمودار دامنه و فاز میدان نزدیک در $\varphi = 0$
الف: دامنه ب: فاز
- ۱۰۰ ۵-۵: نمودار دامنه و فاز میدان نزدیک در $\varphi = \frac{\pi}{2}$
الف: دامنه ب: فاز
- ۱۰۱ ۶-۵: نمودار دامنه و فاز میدان نزدیک در $\varphi = 0$
الف: دامنه ب: فاز
- ۱۰۱ ۷-۵: نمودار دامنه و فاز میدان نزدیک در $\varphi = \frac{\pi}{2}$
الف: دامنه ب: فاز
- ۱۰۲ ۸-۵ پترن اندازه گیری شده
- ۱۱۳ ض ۳-۱-الف: خط چین نمایانگر مرز سایه موج تابش است
- ۱۱۴ ض ۳-۱-ب: خط چین نمایانگر مرز سایه موج برگشتی است
- ۱۱۵ ض ۳-۲
- ۱۱۸ ض ۳-۳
- ۱۲۰ ض ۴-۱: شکل مسئله اصلی
- ۱۲۰ ض ۴-۲: شکل مسئله معادل
- ۱۲۱ ض ۴-۳: شکل مسئله معادل بعد از اعمال قانون تصویر
- ۱۲۲ ض ۴-۴: مقاسیه پترن دوروش در صفحه $\varphi = 0$
- ۱۲۲ ض ۴-۵: مقاسیه پترن دوروش در صفحه $\varphi = \frac{\pi}{2}$
- ۱۲۷ ض ۶-۱: تابش موج به کره
- ۱۳۲ ض ۶-۱: مسیر موج

فهرست جداول

۸۲	جدول ۱-۴ ضرائب تضعيف و طول شيارها
۸۳	جدول ۲-۴: مشخصات ديفراگم هاى به كار رفته

امکان دسترسی راحت به آنتن کارا در باند مایکروویو، یکی از عمده ترین دلایل استفاده از این باند در مخابرات رادیویی می باشد. مهمترین آنتنی که در این باند مورد استفاده قرار می گیرد، منعکس کننده سهموی با فیدر هرن در کانون سهمی می باشد با استفاده از این نوع آنتن بهره در رنج 30dB به بالا به راحتی به دست می آید. با وجود این ساخت آنتنهای سهموی بزرگ مقرون به صرفه نیست. از طرف دیگر برای مقاصد راداری و ستاره شناسی که نیاز به ردگیری و جستجوی اهداف در زاویه های بزرگ نسبت به محور منعکس کننده داریم. نیاز به موتورهای قوی برای حرکت دادن کل منعکس کننده داریم. استفاده از منعکس کننده کروی اشکالات ذکر شده در بالا را میتوان حل نمود. به عنوان مثال منعکس کننده آرسیو در پرتوریکو (بزرگترین منعکس کننده جهان) را در نظر بگیرید. این آنتن دارای دهانه به قطر 300m می باشد و با استفاده از آن میتوان تا حداکثر زاویه 27° را با تغییر فیدر (نه منعکس کننده) جستجو و ردیابی نمود. حداکثر خطا در ساخت این منعکس کننده 6mm می باشد.

هدف از این پروژه طراحی و تحلیل و ساخت دو نوع فیدر سطحی و خطی برای منعکس کننده کروی می باشد. این گزارش در پنج فصل تنظیم شده است.

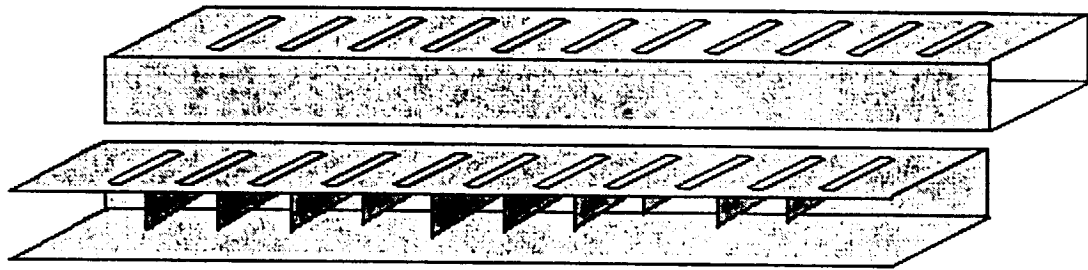
فصل اول اختصاص به معرفی کامل منعکس کننده کروی، بررسی تابش موج تخت به منعکس کننده کروی و معرفی دو نوع فیدر سطحی و خطی دارد.

در فصل دوم دو قطبی مغناطیسی (شیار روی موجبر) مورد بررسی قرار می گیرد در ادامه فصل شیار عرضی روی موجبر مستطیلی مورد بررسی قرار می گیرد. آرایه شیارها و طراحی آرایه شیارها از دیگر مطالب این فصل می باشد در انتهای فصل الگوریتمی برای طراحی آرایه شیارها سرتد با فاز تحریک دلخواه ارائه میشود.

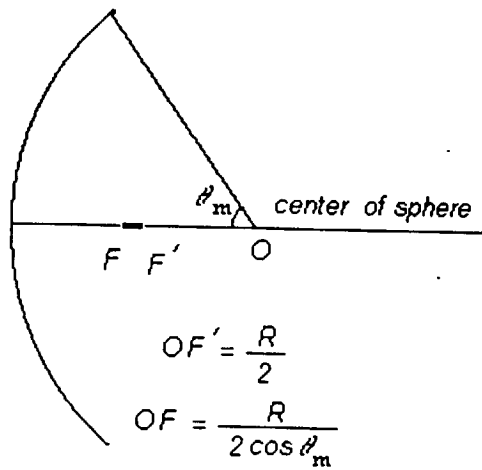
روشهای تحلیل منعکس کننده کروی در فرکانسهای بالا در فصل سوم مورد بحث قرار می گیرد. ابتدا روشهای کلی برای تحلیل آنتنها به طور خلاصه مورد ارزیابی قرار می گیرند. سپس روشهای هندسی به صورت جزئی تر مورد بررسی قرار می گیرند در انتها روشهای ECM, PO, UTD, GO به طور جزئی و دقیق معرفی میشوند همراه با معرفی روشهای فوق منعکس کننده کروی نیز با روشهای ECM, PO, UTD, GO تحلیل میشود.

فصل چهارم اختصاص به طراحی یک فیدر خطی برای منعکس کننده کروی برای دستیابی به حداکثر بهره می باشد. با تحلیل PO شیار عرضی در مقابل کره، میدان روی محور کره برای دو قطبی مغناطیسی در مقابل کره به دست آورده میشود. با استفاده از میدان فوق عبارتی برای ستمگرایی به دست آورده میشود سپس تحریک شیارها به گونه ای به دست آورده میشود که ستمگرایی آنتن و در نتیجه بازدهی ماکزیمم باشد در انتها نتایج به دست آمده با یک نمونه عملی تست میشود.

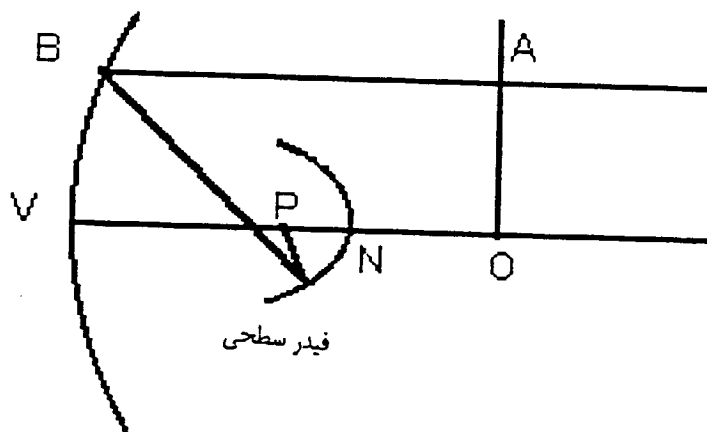
در فصل پنجم روش طراحی یک فیدر سطحی برای منعکس کننده کروی آمده است فیدر طراحی شده با استفاده از روش PO تحلیل میشود و سپس با استفاده از GTD میدان نزدیک کره به دست می آید. در انتها نتایج شبیه سازی با نتایج عملی مقایسه میشود.



شکل (م-۱) فیدر خطی برای منعکس کننده کروی
(برای مشاهده وجه جانبی موجبر برداشته شده است)



شکل (م-۲) فیدر خطی در مقابل منعکس کننده کروی



شکل (م-۳) فیدر سطحی در مقابل منعکس کننده کروی

فصل ۱) معرفی منعکس کننده کرووی

۱-۱) مقدمه :

بی شک منعکس کننده سهموی ایده آل ترین منعکس کننده و انتخاب اول برای طراحی سیستمهای مخابراتی در باند مایکروویو می باشد. امروزه آنتنهای سهموی در اندازه های مختلف و با قیمت های مناسب در دسترس می باشد با وجود این دلایل زیر باعث استفاده از منعکس کننده کرووی به جای سهموی در کاربردهای خاص می باشد.

۱- منعکس کننده سهموی از نظر ساخت سخت تر از منعکس کننده کرووی می باشد مخصوصاً برای آنتنهای بزرگ و برای رسیدن به دقت زیاد در ساخت منعکس کننده استفاده از منعکس کننده کرووی ارجحیت دارد. منظور از آنتن با قطر دهانه بیشتر از 40m در باند مایکروویو (علی الخصوص باند X مایکروویو) می باشد. ۲- برای ماموریت های جستجو و ردیابی در ماموریت های راداری و ستاره شناسی با استفاده از منعکس کننده سهموی نیازمند حرکت کل منعکس کننده می باشیم با توجه به وزن زیاد منعکس کننده (مخصوصاً در رصدخانه ها) نیازمند موتورهای قوی برای حرکت آنها خواهیم داشت لیکن با استفاده از منعکس کننده کرووی می توان در حداکثر زاویه محدودی (معمولاً کمتر از 30°) ماموریت های فوق الذکر را انجام داد حداکثر زاویه جستجو و ردیابی را سر رفتگی (Spill over) تعیین می کند.

به عنوان مثال بزرگترین آنتن منعکس کننده جهان (آنتن رصدخانه آرسیبو در پرتودیکو) یک منعکس کننده کرووی با زاویه قطاع 70° می باشد شعاع آنتن فوق الذکر 870ft و قطر دهانه آن در حدود 1000ft می باشد. حداکثر تفرانس سطح آن در حد 6 mm می باشد این آنتن در فرکانسهای مختلف از وسط باند UHF گرفته تا اوایل باند مایکروویو کار می کند اگر اندازه حداکثر خطای مجاز یکدهم طول موج باشد این آنتن میتواند تا فرکانس 5GHZ نیز کار کند.

Tin gye li با استفاده از یک آنتن شیپوری ساده در فاصله تقریبی نصف شعاع از مرکز آنتن برای آنتن به قطر دهانه 10ft نمودارهای بهره و پهنای تابه نیم توان و پهنای تابه 10dB را در باند X به دست آورد. حداکثر تفرانس آنتن در حدود $\frac{1}{32}$ اینچ بود. از ورودی نمودارها ملاحظه میشود که تا زاویه ۷۶ درجه خواص آنتن تقریباً ثابت باقی می ماند و امکان استفاده از آن برای جستجو و ردیابی وجود دارد. لیکن بهره قابل دسترسی از این آنتن کم و در حدود 39.4dB می باشد اگر منعکس کننده سهموی ایده آل با همان قطر