



دانشگاه شاهرود

دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی برق و مخابرات

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته تحصیلی: مهندسی برق گرایش: مخابرات (میدان)

عنوان پایان نامه:

طراحی، آنالیز و شبیه سازی آنتن شیپوری مخروطی چهار تیغه ای برای کاربردهای پهن باند

استاد راهنما: دکتر علیرضا ملاح زاده

نگارش: علی اکبر دسترنج

تحت حمایت مرکز تحقیقات مخابرات ایران

شهریور ۱۳۸۷

کلیه حقوق مادی و معنوی این پایان نامه متعلق به دانشگاه شاهد می باشد.

این پروژه طبق قرارداد شماره ۵۰۰/۷۲۲۴/ت مورخ ۸۷/۵/۱۲ تحت حمایت مادی
و معنوی مرکز تحقیقات مخابرات ایران قرار گرفته است.

تقدیم به

همسر عزیزم که وجودش مایه آرامش من است

و

پدر بزرگوار و مادر مهربانم که همواره مرا حمایت کرده‌اند.

خداوند متعال را سپاس می گویم که این فرصت و توانایی را به من داد تا یکی دیگر از درجات علمی را به پایان برسانم. بر خود واجب می دانم از استاد راهنمای عزیزم جناب آقای دکتر علیرضا ملاح زاده که در طول انجام این پروژه از هیچ تلاشی دریغ نکردند و بخش بسیار زیادی از وقت گرانبهای خود را صرف این پروژه نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از اینکه این افتخار نصیب اینجانب گردید تا به عنوان اولین دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد از حضور این استاد گرانقدر فارغ التحصیل گردم به خود می بالم و بار دیگر از ایشان سپاسگزاری می کنم. در اینجا نیز از اساتید فرهیخته جناب آقای دکتر رضا فرجی دانا و جناب آقای دکتر محمد ناصر مقدسی که داوری این پایان نامه را انجام دادند تشکر و سپاسگزاری می کنم. همچنین از سایر اساتید محترم گروه مخابرات به ویژه جناب آقای دکتر حمیدرضا حسنی و جناب آقای دکتر بابک سیف تشکر می کنم.

از همسر عزیزم که همواره سنگ صبور من بوده و در طول این دوره پا به پای من پیش آمد و مشکلات زیادی را تحمل کردند تشکر و قدردانی می کنم. همچنین از پدر دلسوز و مادر فداکارم و برادران و خواهرانم به خاطر زحمات زیادی که در این راه متحمل شدند تشکر می کنم. در نهایت از دوستان خوبم در دانشگاه شاهد تشکر و قدردانی می کنم.

علی اکبر دسترنج - شهریور ۱۳۸۷

چکیده

آنتن شیپوری^۱ یکی از پرکاربردترین و ساده ترین نوع آنتنهای میکروویوی می باشد. در این تحقیق هدف طراحی و شبیه سازی آنتن شیپوری مخروطی چهار تیغه ای^۲ پهن باند می باشد به طوری که ضمن دارا بودن ویژگیهای مثبت آنتنهای شیپوری هرمی^۳ چهار تیغه ای این ویژگیهای مثبت را بهینه ساخته و ارتقاء داده و در عین حال تا حد ممکن هیچ یک از معایب و نقاط ضعف آنها را نداشته باشد. برای رسیدن به چنین هدفی در مرحله اول خصوصیات تشعشی آنتن شیپوری مخروطی را بررسی می کنیم. در مرحله بعد به عنوان مقدمه طراحی، آنتن شیپوری مخروطی دو تیغه ای^۴ را در باند فرکانسی ۸ تا ۱۸ گیگا هرتز طراحی و شبیه سازی می کنیم و نتایج بدست آمده را ارزیابی می کنیم. در مرحله سوم، آنتن دو تیغه ای را در باند فرکانسی ۲ تا ۱۸ گیگا هرتز طراحی و شبیه سازی کرده و نتایج بدست آمده را با آنتنهای هرمی مشابه مقایسه می کنیم. در ادامه به عنوان یک گام اصلی آنتن شیپوری مخروطی چهار تیغه ای را در باند فرکانسی ۸ تا ۱۸ ارائه می کنیم. الگوهای تشعشی^۵ این آنتن به ویژه در فرکانسهای بالا دارای انحراف و چرخش می باشند که در مرحله بعد با اعمال یک تکنیک کاملاً جدید در این آنتن، مشکل انحراف الگوهای تشعشی را بر طرف می کنیم. اساس این تکنیک جدید استفاده از دو کابل هم‌محور عمود برهم می باشد که نسبت به راستای آنتن دقیقاً در یک موقعیت یکسان قرار دارند و قسمت انتهایی هادیهای داخلی در دو جهت مخالف خمیده شده اند. پس از کسب اطلاعات کافی در مورد طراحی آنتن شیپوری مخروطی چهار تیغه ای و شناخت نقاط ضعف و قوت این آنتن، آن را در باند فرکانسی ۲ تا ۱۸ گیگا هرتز طراحی و شبیه سازی می کنیم. در اینجا نیز با مشکل انحراف و چرخش نمایه تشعشی برخورد می کنیم که به عنوان مرحله نهایی با اعمال همان تکنیک قبل، مشکل را بر طرف می کنیم. با توجه به نتایج بدست آمده خواهیم دید که آنتنهای شیپوری مخروطی دو تیغه ای و چهار تیغه ای در باندهای فرکانسی مختلف در مقایسه با آنتنهای هرمی مشابه ویژگیهای بسیار مطلوب تری دارند. برای بالا بردن دقت شبیه سازی و اطمینان از نتایج حاصله در تمامی مراحل طراحی از دو نرم افزار HFSS و CST استفاده شده است. در همه موارد نتایج کاملاً مشابهی بدست آمده است که نشان دهنده صحت نتایج است.

¹ Horn antenna

² Quad-ridged conical horn antenna

³ Pyramidal horn antenna

⁴ Double-ridged conical horn antenna

⁵ Radiation patterns

فهرست

- دیباجه ۱
- فصل اول : خصوصیات تشعشعی آنتنهای شیپوری مخروطی ۳
- ۱-۱) مقدمه ۴
- ۲-۱) توصیف آنتن شیپوری مخروطی ۴
- ۳-۱) آنتنهای شیپوری مخروطی بهینه ۸
- ۴-۱) سطح مؤثر آنتنهای شیپوری مخروطی ۱۱
- ۵-۱) جهت بندی آنتنهای شیپوری مخروطی ۱۳
- فصل دوم : طراحی و شبیه سازی آنتن شیپوری مخروطی دو تیغه ای در باند فرکانسی ۸ تا ۱۸ گیگا هرتز ۱۵
- ۱-۲) مقدمه ۱۶
- ۲-۲) طراحی و توصیف بخشهای مختلف آنتن ۱۷
- ۱-۲-۲) طراحی و شبیه سازی موجبر دایره ای دو تیغه ای در باند فرکانسی ۸ تا ۱۸ گیگا هرتز ۱۸
- ۲-۲-۲) طراحی بخش انتقال از کابل کوکسیال به موجبر دایره ای دو تیغه ای ۲۲
- ۳-۲-۲) تعیین طول و اندازه دهانه بخش مخروطی آنتن شیپوری مخروطی ۲۳
- ۴-۲-۲) طراحی تیغه ها در بخش مخروطی آنتن (بخش باریک شونده) ۲۴
- ۳-۲) نتایج شبیه سازی ۲۷
- فصل سوم : طراحی و شبیه سازی آنتن شیپوری مخروطی دو تیغه ای در باند فرکانسی ۲ تا ۱۸ گیگا هرتز ۳۲
- ۱-۳) مقدمه ۳۳
- ۲-۳) طراحی و توصیف بخشهای مختلف آنتن ۳۳
- ۱-۲-۳) طراحی و شبیه سازی موجبر دایره ای دو تیغه ای در باند فرکانسی ۲ تا ۱۸ گیگا هرتز ۳۴
- ۲-۲-۳) طراحی بخش انتقال از کابل کوکسیال به موجبر دایره ای دو تیغه ای ۳۸
- ۳-۲-۳) تعیین طول و اندازه دهانه بخش مخروطی آنتن شیپوری مخروطی ۴۰

۴۰	..... (۳-۲-۴) طراحی تیغه ها در بخش مخروطی آنتن (بخش باریک شونده)
۴۳	..... (۳-۳) نتایج شبیه سازی
۴۷	فصل چهارم : طراحی و شبیه سازی آنتن شیپوری مخروطی چهار تیغه ای در باند فرکانسی ۸ تا ۱۸ گیگا هرتز
۴۸	..... (۱-۴) مقدمه
۵۰	..... (۲-۴) تحلیل موجبرهای دایره ای چهار تیغه ای
۵۵	..... (۳-۴) طراحی و توصیف بخشهای مختلف آنتن
۵۶	..... (۱-۳-۴) طراحی و شبیه سازی موجبر دایره ای چهار تیغه ای در بازه فرکانسی ۸ تا ۱۸ گیگا هرتز
۵۹	..... (۲-۳-۴) طراحی بخش انتقال از کابل کواکسیال به موجبر دایره ای چهار تیغه ای
۶۲	..... (۳-۳-۴) تعیین ابعاد بخش مخروطی آنتن شیپوری مخروطی در باند فرکانسی ۸ تا ۱۸ گیگا هرتز
۶۲	..... (۴-۳-۴) طراحی تیغه ها در بخش مخروطی آنتن (بخش باریک شونده)
۶۴	..... (۴-۴) نتایج شبیه سازی
	فصل پنجم : حذف انحراف نمایه تشعشی در آنتنهای شیپوری مخروطی و هرمی چهار تیغه ای
۷۲	..... برای باند فرکانسی ۸ تا ۱۸ گیگا هرتز با استفاده از پروبهای خمیده
۷۳	..... (۱-۵) مقدمه
۷۴	..... (۲-۵) طراحی آنتنهای شیپوری مخروطی و هرمی چهار تیغه ای در باند فرکانسی ۸ تا ۱۸ گیگا هرتز
	(۳-۵) آنتنهای شیپوری مخروطی و هرمی چهار تیغه ای اصلاح شده در باند فرکانسی
۷۹	..... ۸ تا ۱۸ گیگا هرتز
۸۱	..... (۴-۵) نتایج شبیه سازی و مقایسه
۹۴	فصل ششم : طراحی و شبیه سازی آنتن شیپوری مخروطی چهار تیغه ای در باند فرکانسی ۲ تا ۱۸ گیگا هرتز
۹۵	..... (۱-۶) مقدمه
۹۶	..... (۲-۶) طراحی و توصیف بخشهای مختلف آنتن
۹۷	..... (۱-۲-۶) طراحی و شبیه سازی موجبر دایره ای چهار تیغه ای در بازه فرکانسی ۲ تا ۱۸ گیگا هرتز
۱۰۰	..... (۲-۲-۶) طراحی بخش انتقال از کابل کواکسیال به موجبر دایره ای چهار تیغه ای

- ۳-۲-۶) تعیین ابعاد بخش مخروطی آنتن شیپوری مخروطی در باند فرکانسی ۲ تا ۱۸ گیگا هرتز ۱۰۳
- ۴-۲-۶) طراحی تیغه ها در بخش مخروطی آنتن (بخش باریک شونده) ۱۰۳
- ۳-۶) نتایج شبیه سازی ۱۰۵

فصل هفتم : حذف انحراف نمایه تشعشعی در آنتن شیپوری مخروطی چهار تیغه ای

- برای باند فرکانسی ۲ تا ۱۸ گیگا هرتز با استفاده از پروبهای خمیده ۱۱۲
- ۱-۷) مقدمه ۱۱۳
- ۲-۷) طراحی آنتن شیپوری مخروطی چهار تیغه ای در باند فرکانسی ۲ تا ۱۸ گیگا هرتز ۱۱۴
- ۳-۷) آنتن شیپوری مخروطی چهار تیغه ای اصلاح شده در باند فرکانسی ۲ تا ۱۸ گیگا هرتز ۱۱۶
- ۴-۷) نتایج شبیه سازی و مقایسه ۱۱۷
- فصل هشتم : جمع بندی و نتایج ۱۲۶
- فهرست منابع ۱۲۹
- پیوست ها ۱۳۳

فهرست شکلها

۵	شکل ۱-۱
۶	شکل ۲-۱
۷	شکل ۳-۱
۱۰	شکل ۴-۱
۱۰	شکل ۵-۱
۱۱	شکل ۶-۱
۱۸	شکل ۱-۲
۲۰	شکل ۲-۲
۲۰	شکل ۳-۲
۲۱	شکل ۴-۲
۲۱	شکل ۵-۲
۲۳	شکل ۶-۲
۲۳	شکل ۷-۲
۲۵	شکل ۸-۲
۲۷	شکل ۹-۲
۲۸	شکل ۱۰-۲
۲۹	شکل ۱۱-۲
۳۰	شکل ۱۲-۲
۳۰	شکل ۱۳-۲
۳۱	شکل ۱۴-۲
۳۴	شکل ۱-۳
۳۶	شکل ۲-۳
۳۶	شکل ۳-۳
۳۷	شکل ۴-۳
۳۷	شکل ۵-۳
۳۹	شکل ۶-۳
۳۹	شکل ۷-۳
۴۱	شکل ۸-۳
۴۳	شکل ۹-۳

۴۴	شکل ۱۰-۳
۴۵	شکل ۱۱-۳
۴۵	شکل ۱۲-۳
۴۶	شکل ۱۳-۳
۵۴	شکل ۱-۴
۵۴	شکل ۲-۴
۵۵	شکل ۳-۴
۵۶	شکل ۴-۴
۵۸	شکل ۵-۴
۵۸	شکل ۶-۴
۵۹	شکل ۷-۴
۵۹	شکل ۸-۴
۶۰	شکل ۹-۴
۶۱	شکل ۱۰-۴
۶۱	شکل ۱۱-۴
۶۴	شکل ۱۲-۴
۶۶	شکل ۱۳-۴
۶۷	شکل ۱۴-۴
۶۸	شکل ۱۵-۴
۶۹	شکل ۱۶-۴
۶۹	شکل ۱۷-۴
۷۰	شکل ۱۸-۴
۷۵	شکل ۱-۵
۷۷	شکل ۲-۵
۷۸	شکل ۳-۵
۷۹	شکل ۴-۵
۸۰	شکل ۵-۵
۸۳	شکل ۶-۵
۸۴	شکل ۷-۵
۸۵	شکل ۸-۵
۸۶	شکل ۹-۵

٨٧	شکل ١٠-٥
٨٨	شکل ١١-٥
٨٩	شکل ١٢-٥
٩٠	شکل ١٣-٥
٩١	شکل ١٤-٥
٩٢	شکل ١٥-٥
٩٣	شکل ١٦-٥
٩٤	شکل ١-٦
٩٨	شکل ٢-٦
٩٩	شکل ٣-٦
٩٩	شکل ٤-٦
١٠٠	شکل ٥-٦
١٠١	شکل ٦-٦
١٠٢	شکل ٧-٦
١٠٢	شکل ٨-٦
١٠٤	شکل ٩-٦
١٠٧	شکل ١٠-٦
١٠٨	شکل ١١-٦
١٠٩	شکل ١٢-٦
١١٠	شکل ١٣-٦
١١١	شکل ١٤-٦
١١٤	شکل ١-٧
١١٥	شکل ٢-٧
١١٥	شکل ٣-٧
١١٧	شکل ٤-٧
١١٩	شکل ٥-٧
١٢٠	شکل ٦-٧
١٢١	شکل ٧-٧
١٢٣	شکل ٨-٧
١٢٥	شکل ٩-٧
١٢٥	شکل ١٠-٧

دیباچه

آنتنهای شیپوری کاربرد بسیار زیادی در سیستمهای مخابراتی از جمله رادار، سیستمهای ردگیری ماهواره، تغذیه آنتنهای بشقابی (باز تابنده)، تستهای EMC^۱، جنگ الکترونیک، سیستمهای جهت یاب، آشکارساز و غیره، دارند. این کاربردهای فراوان به دلیل ویژگیهای استثنایی این آنتنها مانند پهنای باند مناسب، تطبیق پذیری و همه کاره بودن، تغذیه نسبتاً آسان، ساخت نسبتاً آسان، بهره بسیار بالا و جهت بندی خوب می باشد.

بدلیل کاربرد وسیع این نوع از آنتنها، طراحی و بهینه سازی پارامترهای آنها همواره مورد نظر مهندسان آنتن بوده است. "اولین آنتنهای شیپوری در اواخر سالهای ۱۸۰۰ میلادی ساخته و مورد بهره برداری قرار گرفتند [۱]. اگر چه در اوایل سالهای ۱۹۰۰ میلادی کمی مورد بی توجهی قرار گرفتند ولی دوباره در اواخر دهه ۱۹۳۰ میلادی برای کاربردهای میکروویوی و در خطوط انتقال موجبری در طی جنگ جهانی دوم مورد استفاده قرار گرفتند. تا کنون مقالات زیادی در مورد مکانیزم تشعشع، روشهای طراحی بهینه و کاربردهای آنها ارائه شده اند". آنتنهای شیپوری هر می در مراجع زیادی مورد بحث قرار گرفته اند در حالیکه منابع بسیار محدودی در مورد آنتنهای شیپوری مخروطی موجود می باشد.

آنتنهایی که تا کنون طراحی شده اند آنتنهای شیپوری هر می ساده، هر می دو تیغه ای و هر می چهار تیغه ای بوده اند که هر یک متناسب با روشهای طراحی، نوع تغذیه، ابعاد و سایر پارامترهای مؤثر در طراحی خصوصیات مختلفی داشته اند. از طرفی آنتنهای شیپوری هر می دارای معایبی همچون ایجاد فرو رفتگی و چرخش در الگوی تشعشعی در فرکانسهای بالا، بالا بودن دامنه گلبرگهای کناری^۲ و گلبرگهای پشتی^۳، بالا بودن نسبی پلاریزاسیون متقاطع^۴ و ... می باشند.

¹ Electromagnetic Compatibility

² Side Lobes

³ Back lobes

⁴ Cross polarizatio

در این تحقیق هدف طراحی آنتن جایگزینی است که ضمن دارا بودن ویژگیهای مثبت آنتنهای شیپوری هرمی این ویژگیهای مثبت را بهینه ساخته و ارتقاء داده و در عین حال تا حد ممکن هیچ یک از معایب و نقاط ضعف آنها را نداشته باشد. نتیجه مطالعه و تحقیقات گسترده در این زمینه نشان داد که آنتن شیپوری مخروطی چهار تیغه ای گزینه بسیار مناسبی برای تحقق اهداف فوق می باشد.

طراحی و شبیه سازی آنتن شیپوری مخروطی چهار تیغه ای پهن باند مستلزم داشتن اطلاعات کافی در مورد آنتنهای شیپوری ساده و دو تیغه ای می باشد. جهت آشنایی با آنتن شیپوری، در فصل اول به توصیف خصوصیات تشعشی این آنتن می پردازیم. بنابراین قبل از اینکه طراحی و شبیه سازی آنتن چهار تیغه ای را آغاز کنیم، به عنوان مراحل مقدماتی در فصلهای دوم و سوم آنتنهای دو تیغه ای را در دو باند فرکانسی ۸ تا ۱۸ گیگاهرتز و ۲ تا ۱۸ گیگاهرتز طراحی و شبیه سازی می کنیم و نتایج بدست آمده را تجزیه و تحلیل کرده و مشکلات و معایب طراحی را مورد بررسی قرار می دهیم و راه حلهای مناسب برای رفع این مشکلات ارائه می کنیم. پس از تسلط کامل بر موضوع و آشنایی با مشکلات طراحی و روشهای حل آنها، در فصل چهارم طراحی و شبیه سازی آنتن شیپوری مخروطی چهار تیغه ای در باند فرکانسی ۸ تا ۱۸ گیگاهرتز را ارائه می کنیم. در این فصل خواهیم دید که این آنتن دارای مشکل انحراف الگوی تشعشی است که در فصل پنجم با اعمال یک تکنیک جدید به رفع این مشکل می پردازیم. در فصل ششم آنتن شیپوری مخروطی چهار تیغه ای در باند فرکانسی ۲ تا ۱۸ گیگاهرتز را طراحی و شبیه سازی کرده و مجدداً مشکل انحراف الگوی تشعشی رخ خواهد داد که در فصل هفتم با اعمال همان تکنیک، مشکل موجود را برطرف می کنیم. در فصل هشتم نتایج بدست آمده را مورد بحث و بررسی قرار داده و به مقایسه این نتایج با نتایج حاصل از آنتنهای هرمی که در مراجع مختلف ارائه شده اند، می پردازیم.

فصل اول

خصوصیات تشعشعی آنتنهای شیپوری مخروطی

آنتن شیپوری مخروطی شامل یک مخروط ناقص می باشد که توسط یک موجبر دایره ای تغذیه می شود. در این موجبر دایره ای معمولاً فقط مود غالب منتشر می شود. مراجع بسیاری در مورد آنتنهای شیپوری هرمی وجود دارد [۲۱]-[۲] و خصوصیات این نوع آنتنها کاملاً شناخته شده هستند. در حالیکه مراجع بسیار اندکی در مورد آنتنهای شیپوری مخروطی موجود است [۲۶]-[۲۲] و خصوصیات تشعشی این آنتنها موضوع مناسبی برای تحقیق می باشد. آنتن شیپوری مخروطی تقریباً مناسبترین و ساده ترین ساختاری است که می توان برای رسیدن به بهره بالا (بیش از ۱۵ dB) و در پهنای باند زیاد مورد استفاده قرار داد. رفتار کلی این آنتنها مانند آنتنهای هرمی می باشد و با تغییر ابعاد از جمله طول و قطر دهانه، بهره تغییر می کند. این آنتنها به عنوان یک آنتن با بهره استاندارد در اندازه گیری بهره و نمایه تشعشی سایر آنتنها در آزمایشگاهها کاربرد بسیار زیادی دارند.

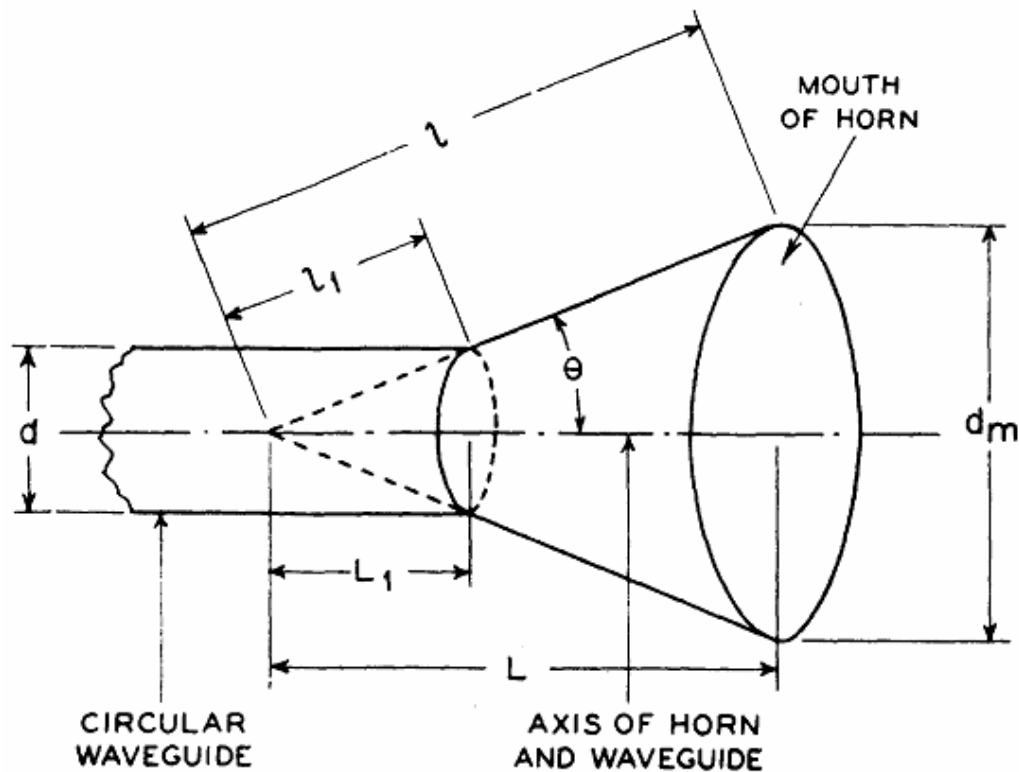
در این فصل خصوصیات تشعشی آنتن شیپوری مخروطی و عوامل مؤثر بر آنها را بررسی کرده و نحوه رفتار این آنتن در مقابل تغییر این عوامل را ارائه می کنیم.

۲-۱ توصیف آنتن شیپوری مخروطی

ساختار کلی یک آنتن شیپوری مخروطی که توسط موجبر دایره ای تغذیه می شود در شکل (۱-۱) نشان داده شده است. خواص تشعشی این نوع از آنتنها عمدتاً توسط دو بعد فیزیکی آنتن مشخص می شوند که عبارتند از طول محوری کل آنتن (L) و قطر دهانه آنتن (d_m) و در شکل (۱-۱) نشان داده شده اند. رفتار این نوع آنتن در مقابل تغییرات این دو بعد کاملاً متفاوت می باشد. بهره کلی آنتنهای شیپوری مخروطی برای ابعاد دلخواه به وسیله نمودار تئوری شکل (۲-۱) نشان داده شده است [۲۷] که توسط آقایان گری و شلکونوف^۵ استخراج شده است. نتایج اندازه گیری برای تعداد زیادی از آنتنهای شیپوری مخروطی و در گستره وسیعی از مقادیر با نتایج حاصل از این نمودار مطابقت دارند. همان طور که در این شکل مشاهده می شود در آنتنهای شیپوری مخروطی با طول ثابت (L) ، با

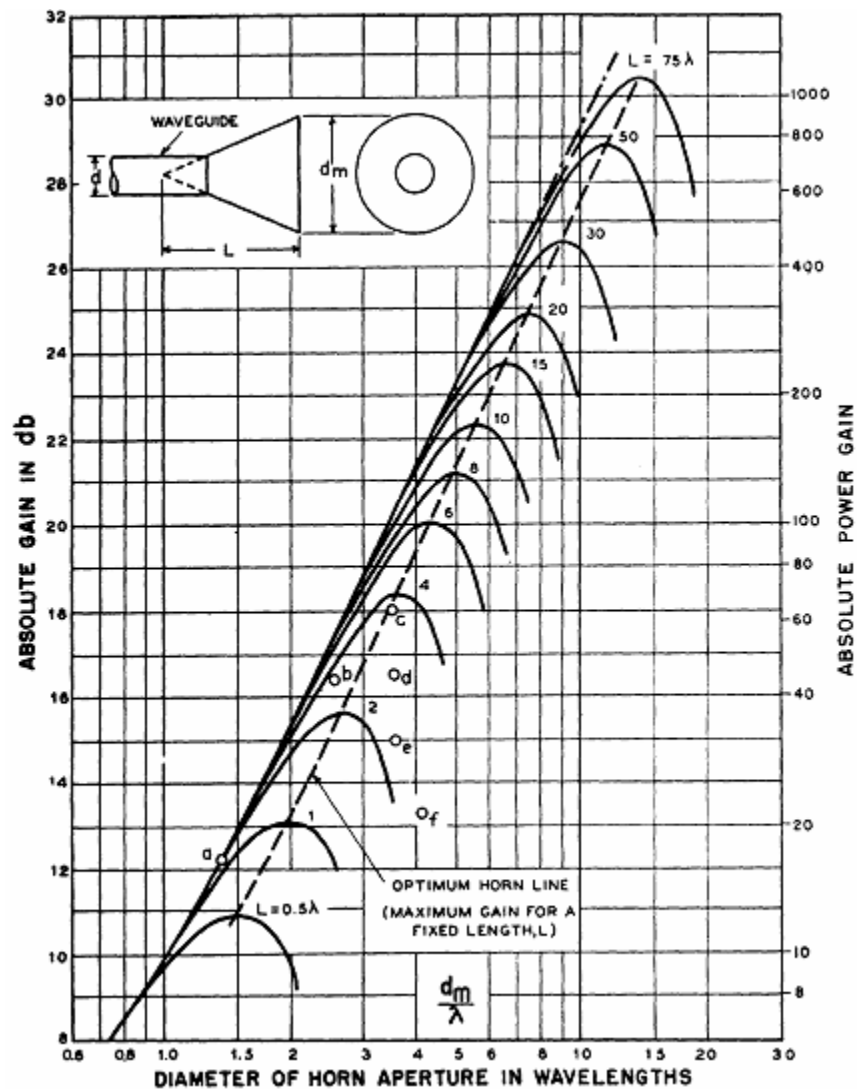
⁵ Gray and Schelkunoff

افزایش قطر دهانه d_m تا مقدار معینی مقدار بهره نیز افزایش می یابد. برای سایر مقادیر d_m ، مقدار بهره کمتر از مقدار ماکزیمم می باشد. به عبارت دیگر در صورتی که مقدار d_m بیشتر از آن مقدار مشخص افزایش یابد، بهره شروع به کاهش یافتن می کند. در حالتی که طول ثابت می باشد ابعاد متناظر با بیشترین بهره را ابعاد بهینه آنتن می نامند. در شکل (۲-۱) خط آنتنهای بهینه با خطوط بریده نشان داده شده است. برای حالتی که قطر دهانه آنتن (d_m) ثابت می باشد و طول (L) تغییر می کند، رفتار آنتن متفاوت می باشد. در این حالت با افزایش طول آنتن (L) بهره آنتن افزایش می یابد و هیچ گونه کاهش بهره ای اتفاق نمی افتد و به عبارتی بیشترین بهره آنتن زمانی است که طول آنتن نامحدود باشد که آنتن تبدیل به یک موجبر دایره ای با قطر دهانه (d_m) و طول نامحدود می شود.



شکل (۱-۱) آنتن شیپوری مخروطی [۲۷].

در شکل (۲-۱) شش نقطه a، b، c، d، e و f نشان داده شده که مربوط به بهره تعدادی آنتن شیپوری مخروطی با ابعاد متفاوت می باشند. در اینجا آنتنهای a و b دارای قطر دهانه (d_m) کمتر از مقدار بهینه هستند و آنتن c دارای قطر دهانه (d_m) بهینه می باشد. آنتنهای d، e و f دارای قطر دهانه بزرگتر از مقدار بهینه می باشند. خصوصیات تشعشعی این آنتنها در شکل (۳-۱) نشان داده شده است. در این شکل دیده می شود که نمایه تشعشعی آنتن در صفحه مغناطیسی H^E فقط دارای پرتو اصلی است و پرتو کناری و فرعی ندارد. در صفحه الکتریکی E^V ، آنتنهای a و b

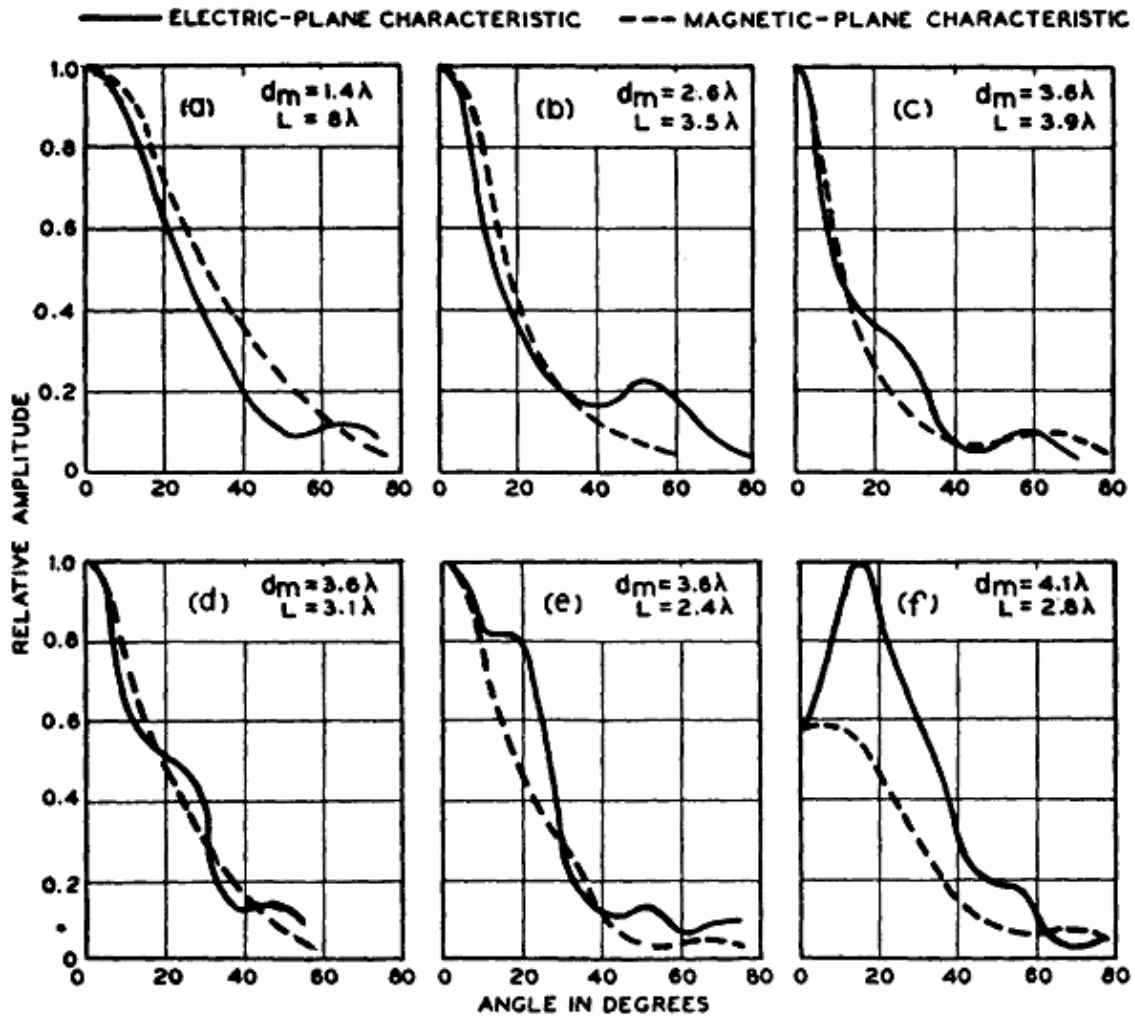


شکل (۲-۱) بهره آنتنهای شیپوری مخروطی به صورت تابعی از قطر دهانه (d_m / λ) برای یک سری از طولها (L) [۲۷].

⁶ H-Plane

⁷ E-Plane

که دارای قطر دهانه (d_m) کمتر از مقدار بهینه هستند، دارای پرتو فرعی می باشند که دامنه پرتو فرعی نسبت به پرتو اصلی پایین است. همان طور که در شکل (۳-۱) نشان داده شده است، با نزدیک شدن مقدار d_m به مقدار بهینه، پرتو فرعی به سمت پرتو اصلی حرکت می کند و دامنه آن افزایش می یابد. وقتی که مقدار d_m از مقدار بهینه بیشتر



شکل (۳-۱) خصوصیات تشعشی تعدادی از آنتنهای شیپوری مخروطی با ابعاد متفاوت، آنتنهای a و b دارای قطر دهانه (d_m) کمتر از مقدار بهینه هستند، آنتن c دارای قطر دهانه (d_m) بهینه می باشد و آنتنهای d, e و f دارای قطر دهانه بزرگتر از مقدار بهینه می باشند [۲۷].