بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

تحت حمایت مرکز تحقیقات مخابرات ایران

عنوان پایان نامه:

طراحی و ساخت آنتن لگاریتمی-تناوبی با المان های انحناء دار در پهنای باند 2-8GHz

استاد راهنما : آقای دکتر حسنی

استاد مشاور : آقای دکتر ملاح زاده

نگارش : مجتبی پیرای

پاییز ۸۸

کلیه حقوق این پایان نامه متعلق به دانشگاه شاهد می باشد

این پروژه طبق قرارداد شماره ۵۰۰/۱۱۵۲۸
مورخ ۸۷/۵/۲۹ تحت حمایت مادی و معنوی مرکز
تحقیقات مخابرات ایران صورت گرفته است

تقدیم به مادر عزیزم

که همواره سایه پر مهر و محبتش را بر سر داشته ام و دعای خیرش را در گوش شنیده ام و عطر زندگی اش را بوئیدام، او که تمام رویشم به جانب خورشید پرفروغ روی اوست.

تقدیم به همسر عزیزم

اسطوره استواری و صبر که درخشش نگاه پر امیدش روشنایی بخش راهم و وجود پر مهرش همواره پشتیبانم بوده است.

با تشکر و قدردانی از استاد بزرگوار

جناب آقای دکتر حسنی

که از راهنمایی های ایشان بهره فراوان بردم

با تشکر فراوان از استاد گرامی

جناب آقای دکتر ملاح زاده

که اینجانب را در انجام پروژه یاری کرده اند.

چکیده

امروزه آنتن های لگاریتمی-تناوبی به دلیل قابلیت های فراوانی که دارند بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. در سالهای اخیر مقالات زیادی در رابطه با طراحی آنتن های لگاریتمی-تناوبی به چاپ رسیده است و آنتن هایی که در این مقالات طراحی شده اند در کاربرد های متنوعی مورد استفاده قرار گرفته اند. بسیاری از این مقالات مربوط می شود به کاهش سایز این آنتن ها، که هر روز به تعداد مقالاتی که در این زمینه به چاپ می رسند افزوده می شود. در این پایان نامه سعی می شود تا یک بررسی تحلیلی و دقیق روی آنتن های لگاریتمی-تناوبی صورت گیرد و این آنتن ها را از ابتدای پیدایش مورد بررسی قرار داده و ضمن بررسی چند نمونه از آنتنهای لگاریتمی-تناوبی، مشخصات، معایب و مزایای هرکدام را بیان می شود. یکی از معایب آنتن دو قطبی لگاریتمی-تناوبی محدودیت استفاده از این آنتن به دلیل ابعاد فیزیکی آن می باشد. برای حل این مشکل ابتدا یک آنتن دو قطبی سیمی لگاریتمی-تناوبی ساده بررسی، سپس با تغییر شکل المانهای آن با انحناء کردن، می توان ۲۰ درصد کاهش سایز ایجاد کرد که با افزایش گین تقریبا dB ۲ نیز همراه می باشد. سپس با طراحی آنتن دو قطبی مدار چاپی لگاریتمی-تناوبی ساده و جایگزین کردن المان های آن با المان های T و دارای دو T شکل می توان با حفظ کردن پارامتر های آنتن به ترتیب ۵۰ و ۵۴ درصد کاهش سایز ایجاد کرد. بعد از ساخت دو نمونه آنتن با المان های صاف وT شکل مدار چاپی و تست آنها و مقایسه نتایج با شبیه سازیهای انجام شده مشاهده شد که این نتایج تطابق خوبی با هم داشتند، این موضوع نشان از درستی شبیه سازیها می باشد. در این پایان نامه از دو نرم افزار HFSS[1] و CST[2] که به ترتیب از روشهای FEM و FDTD استفاده می کنند، برای طراحی استفاده شده است.

1 High Frequency Structure Simulation
2 Computer Simulation Technology

فهرست مطالب

عنوان	صفحه

فصل اول : مقدمه ۱

فصل دوم : آنتن های لگاریتمی-تناوبی ۴

۲-۱. آنتن های لگاریتمی-تناوبی ۵

۲-۲. اصول پایه ۷

۲-۳. آنتن های دندانه ای لگاریتمی-تناوبی مسطح ۱۰

۲-۴. آنتن های دندانه ای لگاریتمی-تناوبی غیر مسطح ۱۸

۲-۵. آنتن های دو قطبی لگاریتمی-تناوبی ۲۲

۲-۶. آنتن های لگاریتمی-تناوبی با شیار تا شده ۲۷

۲-۷. آنتن های لگاریتمی-تناوبی به عنوان تغذیه-انعکاس گر ۳۱

فصل سوم : آنتن دو قطبی سیمی لگاریتمی-تناوبی با المان های انحناء دار ... ۳۶

۳-۱. مقدمه ۳۷

۳-۲. ساختار آنتن ۳۹

۳-۳. شبیه سازی و نتایج ۴۲

فصل چهارم: آنتن دو قطبی مدار چاپی لگاریتمی-تناوبی با المان های T شکل ۴۷

۴-۱. مقدمه ۴۸

۴-۲. ساختار آنتن ۵۰

۴-۳. نتایج شبیه سازی و ساخت ۵۳

نتیجه گیری وپیشنهادات ۶۰

مراجع ۶۲

فصل اول

مقدمه

آنتن های لگاریتمی-تناوبی جزء بنیادی ترین و پرکاربردترین آنتن هایی هستند که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته اند. اولین آنتن های لگاریتمی-تناوبی در سال ۱۹۵۰ توسط داهمل و ایزبل شرح داده شده اند. آنها روابط تحلیل را از اصول لگاریتمی-تناوبی بدست آوردند. این اصول از توضیحات هندسی شکل و تجارب بدست آمده از اصول مورد نظر در یک آنتن صفحه مسطح (شیار دار) تشکیل یافته اند. با افزایش فرکانس کار سیستمهای مخابراتی و در نتیجه ایجاد خطوط انتقال جدیدتر مثل خط انتقال هم محور، میکرواستریپ[۱] و موجبر هم صفحه [۲] و همچنین ظهور فناوری های تازه مانند تلفنهای همراه، مخابرات سیار، شبکه های بی سیم شبکه محلی[۳]، سیستمهای مخابراتی چند باند[۴] و فوق پهن باند[۵](UWB)و ...، آنتنهای لگاریتمی-تناوبی سیر تکاملی داشتند و در اکثر فناوری ها و کاربرد های تازه مورد استفاده قرار گرفتند.

در سالهای اخیرمقالات زیادی در مورد آنتنهای لگاریتمی-تناوبی در کاربرد های مختلف به چاپ رسیده است. با توجه به اینکه یکی از معایب آنتن دو قطبی لگاریتمی-تناوبی محدود بودن استفاده از این آنتن به دلیل ابعاد فیزیکی آن می باشد، تعداد زیادی از این مقالات به کاهش سایز این آنتن ها مربوط می شود. در بسیاری از این مقالات با کاهش سایز، بعضی از پارامتر های آنتن بهم می ریزد که نا مطلوب است. در فصل دوم این پایان نامه سعی شده تا یک بررسی تحلیلی و دقیق روی آنتهای لگاریتمی-تناوبی صورت گیرد و این آنتنها را از ابتدای پیدایش مورد بررسی قرار دادیم و ضمن بررسی چند نمونه از آنتنهای لگاریتمی-تناوبی مشخصات، معایب و مزایای هرکدام را بیان می کنیم.

1 Microstrip
2 Co-Planar Waveguide(CPW)
3 Wireless Local Area Network(WLAN)
4 Multi Band
5 Ultra Wide Band(UWB)

در فصل سوم ابتدا یک آنتن دو قطبی سیمی لگاریتمی-تناوبی ساده بررسی شده است. سپس با تغییر شکل المان های آن با انحناء کردن، نشان داده شده که ۲۰ درصد کاهش سایز ایجاد می کنیم که با افزایش گین تقریبا ۲ dB نیز همراه می باشد.

در فصل چهارم نیز با طراحی آنتن دو قطبی مدار چاپی لگاریتمی-تناوبی ساده و جایگزین کردن المان های آن با المان های T و دارای دو T شکل نشان داده شده که با حفظ کردن پارامتر های آنتن به ترتیب ۵۰ و ۵۴ درصد کاهش سایز ایجاد می کنیم.

فصل دوم

آنتن های لگاریتمی-تناوبی

در این فصل ابتدا به طور کلی آنتن های لگاریتمی-تناوبی توضیح داده خواهد شد. سپس در مورد آنتن های تناوبی- لگاریتمی دندانه دار غیر مسطح، تناوبی- لگاریتمی دندانه دار مسطح، دو قطبی تناوبی- لگاریتمی و آنتن های لگاریتمی-تناوبی شیار تا شده و کاربرد این نوع از آنتن ها توضیح داده خواهد شد.

۲-۱ آنتن های لگاریتمی-تناوبی

نظریه (تئوری) آنتن های مستقل از فرکانس شامل مشخصه های میدان- دور[۱] و میدان- نزدیک[۲] مستقل از فرکانس می باشد[7-1]. بنابراین یک آنتن مستقل از فرکانس[۳] باید شامل یک دهانه بزرگ نامحدود برای حذف محدوده فرکانس های پایین وهم چنین باید یک منطقه تغذیه کوچک و باریک نا محدود برای حذف فرکانس های بالا باشد. برای حذف متغیر طول ، یک آنتن مستقل از فرکانس تنها با متغیر زاویه (θ) شرح داده شده می شود. برای کاهش و به طور ایده ال حذف کردن ناخالصی میدان- دور باید جریان های پس ماند[۴] پس از عبور از منطقه فعال و قبل از ورود به مرتبه بالا تر منطقه تشعشع به سمت صفر میل داده شوند. هر چند تشعشع کامل از یک ناحیه فعال ، همچنین شناختن نمونه تشعشع موثر ممکن نیست. در نتیجه یک آنتن مستقل از فرکانس ایده ال باید شامل یک تغذیه مستقل از فرکانس باشد. به طور حتم آنتن غیر عملی (ایده ال) می تواند این احتیاجات را برآورده سازد.

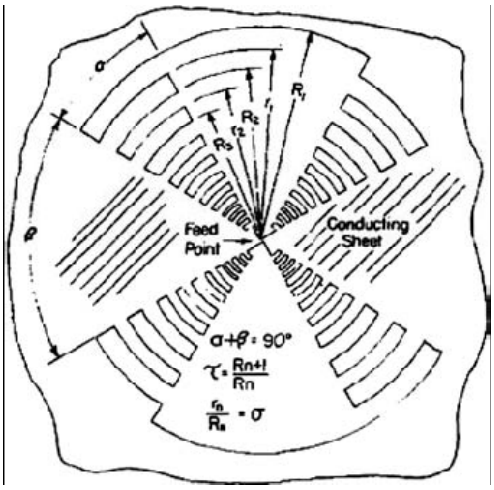
بنابراین آنتن های مستقل از فرکانس عملی رفلکتورهای هستند که شامل : امپدانس ثابت مجازی، مشخصه های پرتو تششعشی در پهنای باند های لحظه ای خیلی پهن (عریض) یا باندهای مکرر لگاریتمی تناوبی چند برابر می باشند. امپدانس سازگار و مشخصه های پرتو تشعشعشی در پهنای باند 100:1 با موفقیت تا به حال انجام شده است. یکی از آنتن های مستقل از فرکانس آنتن لگاریتمی-تناوبی می باشد.

---

1 Far-Filed
2 Near-Filed
3 FI
4 Residual currents

آنتن های لگاریتمی-تناوبی در سال ۱۹۵۰ توسط داهمل[1] [11, 12] و ایزبل[2] [13] شرح داده شده اند.

آنها روابط (فرمول های) تحلیل را از اصول لگاریتمی-تناوبی بدست آوردند. این اصول از توضیحات هندسی شکل و تجارب بدست آمده از اصول مورد نظر در یک آنتن صفحه مسطح (شیار دار) که در شکل ۲-۱ نشان داده شده است تشکیل یافته بوداند.



شکل۲-۱ نمایشی از اولین آنتن لگاریتمی-تناوبی ۲ شاخه مسطح [8]

ادامه این کار اصلی و کارهای ثبت نشده ایزبل، داهمل و اور[3] تأکید داشت که جریانها بر لبه های یک صفحه فلز خود مکمل مسطح تمرکز پیدا می کنند. بنابراین آنها با برداشتن فلز از مرکز، آنتن های لگاریتمی-تناوبی سیمی شکل را اختراع کردند. آنها همچنین طرح های پلاریته دایروی و کارائی چند جهته با یک شکل تا شده را نیز به اثبات رساندند. طراحی خطوط هادی و آنتن های لگاریتمی-تناوبی دو قطبی با تغذیه از جلو و عقب که یکی از

1 DuHammel
2 Isbell
3 Ore

بیشترین موارد استفاده در تابندها است توسط کارل[1] ساخته شد. یک بخش عمده از کارها در سالهای اخیر به ثبت رسید. اولین آنتن مسطح تک تغذیه ای در آن زمان آنتن مارپیچ لگاریتمی-تناوبی بود. آنتنی که به طور همزمان در پهنای باند (هشت تایی) و دارای پلاریزاسیون در تمام جهات بود.

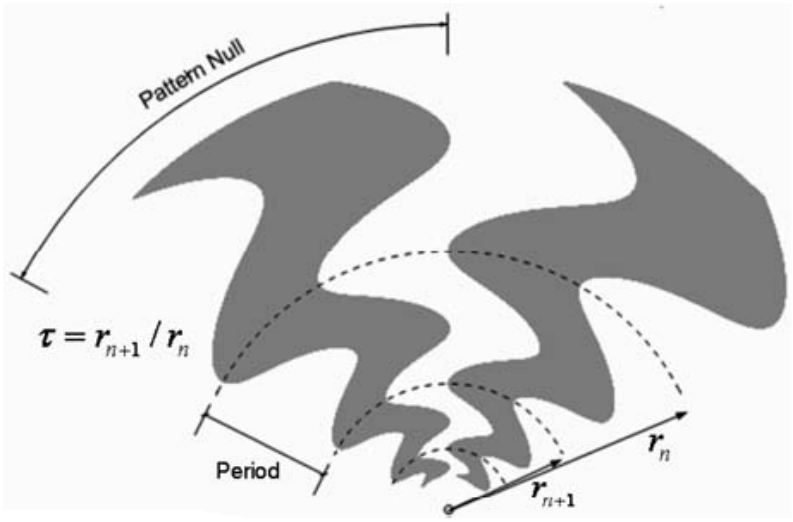
۲-۲ اصول پایه

یک آنتن لگاریتمی-تناوبی ساختاری است که در آن مشخصه های الکتریکی بصورت تناوبی با لگاریتم فرکانس متناسب باشد[8-10]. اگر یک آنتن بتوان ساخت که در آن هر بخش از کارائی آنتن با وضعیت های

پهنای باند مشخص تغییر کند (بطور مثال قسمت حقیقی امپدانس ورودی برابر ۷۰ Ω ±۲۰ یا Gain=۵±۱ dB وغیره) در نتیجه دهها عملکرد می توان بدست آورد.

برای بدست آوردن کارائی شرح داده شده، باید برای پارامترهای ساختار آنتن نسبت های ریاضی مشابه بدست آید. شکل ۲-۲ یک نمایش خوب از یک آنتن لگاریتمی-تناوبی شش شاخه است. یک ساختار لگاریتمی-تناوبی را می توان از اختصاص ۲ بعد از ۳ بعد یک آنتن مستقل از فرکانس پیچ مخروطی بدست آورد.

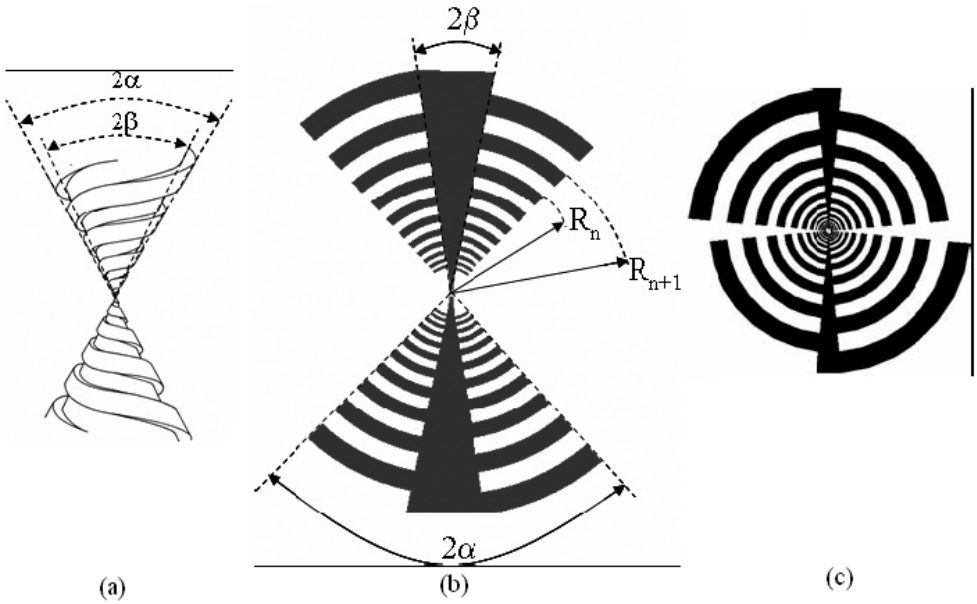
2 Carrel



شکل۲-۲ آنتن لگاریتمی-تناوبی دندانه اره ای خود مکمل مسطح ۶ شاخه

همانگونه که در شکل ۲-۳ نشان داده شده آنتن لگاریتمی-تناوبی مسطح چیزی جزء یک Φ ثابت از یک پیچ مخروطی نمی باشد. برای یک بخش گسسته از فرکانس ها چنانکه $Log(f_n/f_{n+1})=const$ باشد مقیاس ساختار و پهنای باند نیز راه های مشابه دارند.

فرض کنیم یک شکل لگاریتمی-تناوبی نا محدود با یک ناحیه مرکزی خیلی خیلی دقیق و باریک داریم، یک مشاهده آن است که توزیع های جریان در دو فرکانس جدا از هم به نسبت $\ln(1/\tau)$ (که در آن $\tau=R_n/R_{n+1}$) مشابه هم است. این مشاهده اضافه شدن امپدانس های مشابه با دوره های مشابه زمانی، و دوره زمانی تابش پرتو تشعشعی برابر $2\ln(1/\tau)$ را به ما می دهد. محاسبه امپدانس ورودی یک آنتن لگاریتمی-تناوبی غیر مسطح دارای ۲۶ شاخه و نرخ رشد $\tau=$ ۰.۸۵ در شکل ۲-۴ نشان داده شده است.

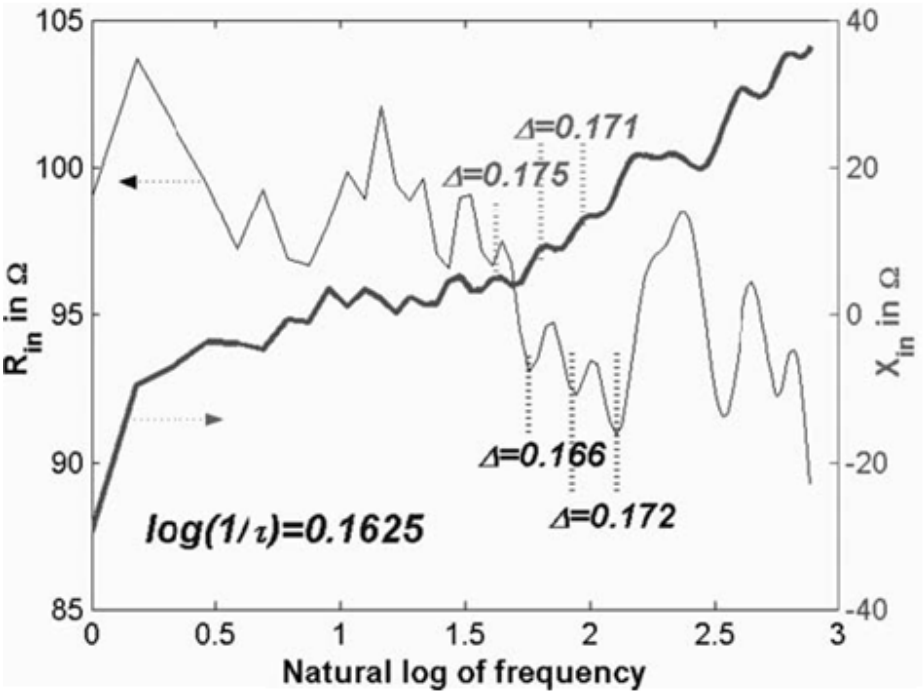


شکل۲-۳ (**a**) پیچ مخروطی (**b**) آنتن لگاریتمی-تناوبی مسطح که از پیچ مخروط φ ثابت بدست آمده و (**c**) ساختار دو شاخه با دندانه های خم شده.

تغییرات دوره زمانی (Δ) در شکل۲-۴ نتیجه یک آنتن سایز محدود و یک بی دقتی حاصل شده در مقادیر محور x می باشد. هر چند نتایج قبلی اشاره بر این داشت که نرخ رشد یک آنتن لگاریتمی-تناوبی کاملا مانند آنتن های حلزونی دارای دقت در انتخاب یک ناحیه مرکزی دقیق باریک و یک سایز محدود در ساختار در سرتاسر پهنای باند است. در این بخش نگاه ما شامل رفلکتورهای لگاریتمی تناوبی مسطح یک جهته و دو جهته، هم چنین دو قطبی لگاریتمی تناوبی سر تاب[۱] و آرایه های شکاف دار[۲] می باشد.

1 End_Fire
2 Slot

هم چنین اصول اولیه عملکرد، بالا ترین کارائی شامل چند مد[1] ، تغذیه[2] و کاربرد تغذیه های رفلکتور شرح داده شده است.



شکل۲-۴ نمودار مقامت و رأ کتانس ثابت در تغییرات زمان

۲-۳ آنتن های دندانه ای لگاریتمی-تناوبی مسطح

یک طرح مستقل از فرکانس لگاریتمی تناوبی دارای پهنای باند برای اولین بار در نوشته های داهمل و ایزبل تحقق یافت (ساختار آنتن لگاریتمی تناوبی پهن باند). عنصر استقرار آزاد صفحه ای نشان داده شده در شکل ۲-۲ یک

1 Multi modeling
2 Feed