

اصول مهندسی میکروویو و آنتن

پدیدآورندگان

دکتر ایاز قربانی

(دانشیار دانشکده مهندسی برق دانشگاه امیرکبیر)

دکتر غلامرضا مرادی

(دانشیار دانشکده مهندسی برق دانشگاه امیرکبیر)

سرشناسه	قربانی، ایاز، ۱۳۳۷ -
عنوان و نام پدیدآور	اصول مهندسی مایکروویو و آنتن؛ پدیدآورندگان: ایاز قربانی، غلامرضا مرادی
مشخصات نشر	تهران: نیاز دانش، ۱۳۹۳
مشخصات ظاهری	۳۴۴ ص.: مصور. جدول، نمودار
شابک	978-600-7724-00-2
وضعیت فهرست‌نویسی	فبا
یادداشت	واژه‌نامه.
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	مایکروویو
موضوع	آنتن‌ها
موضوع	موج‌برها
شتابسه افزوده	مرادی، غلامرضا، ۱۳۴۵ -
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۳ الف ۴ / ق ۴ TK۷۸۷۶
رده‌بندی دیویی	۶۲۱/۳۸۱۳
شماره کتابشناسی ملی	۷۷۳۰۴۴۳



نام کتاب	اصول مهندسی مایکروویو و آنتن
نویسندگان	دکتر ایاز قربانی - دکتر غلامرضا مرادی
مدیر اجرایی - ناظر بر چاپ	حمیدرضا محمد شیری - محمد شمس
ناشر	نیاز دانش
صفحه‌آرا	واحد تولید انتشارات نیاز دانش
لیتوگرافی / چاپ	گنجینه
نوبت چاپ	اول - ۱۳۹۳
شمارگان	۵۰۰
قیمت	۲۰۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-7724-00-2

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۷۲۴-۰۰-۲

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری و تهیهی CD) از محتویات این اثر بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

تماس با انتشارات: ۰۹۱۲۷۰۷۳۹۳۵ - ۰۶۶۴۷۸۱۰۸ - ۰۶۶۴۷۸۱۰۶ - ۰۲۱-۶۶۴۷۸۱۰۶

www.Niaze-Danesh.com

مشاوره جهت نشر: ۰۹۱۲ - ۲۱۰۶۷۰۹

به نام آنکه حکمت آموخت

پیشگفتار

در نیم قرن اخیر، مهندسی مایکروویو و آنتن به علت پیشرفت فناوری مخابرات و نیاز روزافزون به سرعت انتقال و پهنای باند بالا، توسعه شگرفی یافته است و تنوع کاربردها، سبب گسترش روزافزون این شاخه از علوم مهندسی شده است. دنیای سیستمهای رادیویی و مایکروویوی، به طور معمول حوزه فرکانسی از چند صد کیلوهرتز تا حدود چند صد گیگاهرتز را در بر می گیرد. با مروری بر تاریخ تحول سیستمهای رادیویی، می توان پیش بینی نمود که فناوری مخابرات فرکانس بالا در قرن ۲۱ با روندی سریع تر از قبل به رشد خود و تأثیرگذاری بر زندگی بشر ادامه دهد. در این راستا، آشنایی با مبانی مایکروویو و آنتن، برای مهندسان و دست اندازان سیستمهای رادیویی امری ضروری به نظر می رسد.

وزارت علوم و تحقیقات و فناوری، اخیراً در بازنگری دروس مهندسی برق، تغییرات قابل ملاحظه ای در درس مایکروویو و آنتن داده است که کتاب حاضر تحت عنوان مهندسی مایکروویو و آنتن با توجه به این بازنگری ها جهت رفع نیاز دانشجویان مهندسی برق و به عنوان کتاب درسی تدوین شده است. برای بهره برداری مناسب از این کتاب، اشاراتی با مبانی خطوط انتقال مخابراتی و اصول میدانها و امواج الکترومغناطیسی ضروری است.

فصل اول این کتاب، موجبرهای مستطیلی و استوانه ای را مورد مطالعه قرار می دهد. روشهای نوین و ساده ای جهت درک انتشار موج در موجبرها، در این فصل معرفی می شود. برای مطالعه مدارات فرکانس بالا، ضرابی موسوم به پارامترهای پراکندگی بکار می روند. روش استخراج این کمیت، مفاهیم مربوطه و قضایای حاکم بر این پارامترها در فصل دوم معرفی می شود. اتصال تی و هایبرید به عنوان دو قطعه پرکاربرد فرکانس بالا، در فصل سوم بحث می شود. تشدید کننده های مایکروویو و تنظیم کننده های امپدانس که از قطعات پرکاربرد مایکروویو هستند در فصل چهارم مورد مطالعه قرار می گیرند.

فصل پنجم، به تبدیل و تطبیق امپدانس می پردازد. روشهایی چون استفاده از مبدل های دوجمله ای و جپی شف در این فصل بررسی شده اند.

تزیوج کننده های جهت دار که جهت نمونه برداری یا تقسیم توان بکار می روند در فصل ششم بررسی می شوند.

فصل هفتم، بعد از معرفی بردار پتانسیل مغناطیسی، مبانی تشعشع و آنتن را معرفی می‌نماید. سپس مساله آنتن دوقطبی کوچک به عنوان عنصری که نقش پایه‌ای در مفاهیم پیشرفته‌ی آنتن برعهده دارد مورد بحث قرار می‌گیرد. در ادامه این فصل، آنتن‌های سیمی و مشخصات و محاسبات مربوط به آن، مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

فصل هشتم، مبانی آرایه آنتن را معرفی می‌کند و به معرفی آرایه‌های رایج می‌پردازد. ابتدا اصول رشته آنتن با معرفی آرایه‌ی دو عنصری بحث می‌شود و سپس اصول آرایه‌ی چند عنصری مطالعه می‌شود.

فصل آخر کتاب، آنتن متناوب لگاریتمی را معرفی می‌کند که جزو مجموعه آنتن‌های باند وسیع محسوب می‌شود.

مولفان، با توجه به اهمیت موضوع و با تجربه بیش از دو دهه تدریس در این زمینه، بر آن شدند تا کتابی مناسب در حد رفع نیازهای متداول مهندسان، کارشناسان و دانشجویان رشته‌ی مهندسی مخابرات و به خصوص به عنوان کتاب درسی میکروویو و آنتن به رشته تحریر در آورند. امید است خوانندگان گرامی نظرات و پیشنهادات خود را به نحو مقتضی به نویسندگان منتقل نمایند.

دکتر غلامرضا مرادی

GhMoradi@aut.ac.ir

دانشیار دانشکده مهندسی برق و

پژوهشکده سیستم، اطلاعات و کنترل

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دکتر ایاز قربانی

Ghorbani@aut.ac.ir

دانشیار دانشکده مهندسی برق و

پژوهشکده سیستم، کنترل و اطلاعات

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

پائیز ۱۳۹۳

فهرست مطالب

فصل ۱: موجرهای تک‌هادی	۱۱
۱.۱. مقدمه	۱۱
۲.۱. تحلیل موجر مستطیلی	۱۳
۳.۱. ترسیم میدان‌های مد TE و TM و رابطه فرکانسی مدهای مختلف	۲۶
۴.۱. روش ذهنی بیان روابط میدان در موجر مستطیلی	۲۸
۵.۱. موجر دایره‌ای	۳۱
مسائل حل شده	۳۸
تمرین	۴۵
فصل ۲: پارامترها و ماتریس پراکندگی	۵۷
۱.۲. مقدمه	۵۷
۲.۲. توصیف دو دهنه‌ای	۵۷
۳.۲. توصیف پراکندگی	۶۳
۴.۲. ماتریس پراکندگی نرمالیزه	۶۸
۵.۲. ماتریس انتقال پراکندگی	۶۹
۶.۲. خواص اساسی شبکه بدون افت برحسب نمایش پراکندگی	۷۲
۷.۲. بکارگیری خواص پارامترهای S در تحلیل کمیات اندازه‌گیری	۷۴
۸.۲. پارامتر S یک شبکه در حضور بار تطبیق نشده	۷۵
۹.۲. انتقال صفحه مرجع در اندازه‌گیری پارامتر پراکندگی	۷۶
۱۰.۲. تبدیل ماتریس پراکندگی به ماتریسهای امپدانس و ادمیتانس	۷۸
۱۱.۲. کاربرد پارامترهای پراکندگی در تحلیل گر شبکه	۸۶
مسائل حل شده	۸۷
تمرین	۱۰۳

۱۰۷	فصل ۳: قطعات مایکروویو (اتصال T)
۱۰۷	۱.۳. مقدمه
۱۰۹	۲.۳. اتصال T
۱۱۲	۳.۳. اتصال هایرید
۱۱۷	مسائل حل شده
۱۱۹	تمرین

۱۲۱	فصل ۴: تشدید کننده های میکروویو
۱۲۱	۱.۴. مقدمه
۱۲۱	۲.۴. مدار تشدید سری موازی
۱۲۶	۳.۴. اثر بازگذاری بر روی ضریب کیفیت محفظه تشدید
۱۲۷	۴.۴. تشدید در خطوط انتقال
۱۲۹	۵.۴. محفظه تشدید موجبر مستطیلی
۱۳۴	۶.۴. محفظه استوانه ای
۱۳۶	مسائل حل شده
۱۴۱	تمرین

۱۴۳	فصل ۵: تنظیم کننده و تطبیق کننده های امپدانس
۱۴۳	۱.۵. مقدمه
۱۴۳	۲.۵. تنظیم کننده E-H
۱۴۴	۳.۵. تنظیم کننده پیچ لغزان
۱۴۵	۴.۵. عناصر ذخیره ای موجبری
۱۴۸	۵.۵. تضعیف کننده
۱۵۰	۶.۵. تغییر فاز دهنده
۱۵۶	۷.۵. تبدیلات و تطبیق امپدانس
۱۷۳	مسائل حل شده
۱۷۷	تمرین

فصل ۶: توزیع کننده جهت دار.....	۱۸۱
۱.۶. مقدمه.....	۱۸۱
۲.۶. ماتریس پراکندگی توزیع کننده جهت دار.....	۱۸۱
۳.۶. توزیع کننده های جهت دار موجبری.....	۱۸۳
۴.۶. انواع توزیع کننده جهت دار موجبری.....	۱۸۵
تمرین.....	۱۹۳
فصل ۷: مبانی آنتن.....	۱۹۷
۱.۷. مقدمه.....	۱۹۷
۲.۷. اصول تحلیل آنتن.....	۱۹۸
۳.۷. استخراج معادله دیفرانسیل موج ناهمگن (دارای منبع) و معادله هلمهولتز ناهمگن.....	۱۹۸
۴.۷. تعیین پتانسیل های تاخیری الکتریکی و مغناطیسی.....	۲۰۱
۵.۷. آنتن عنصر جریان یا دوقطبی ایده آل.....	۲۰۸
۶.۷. تئوری تصویر.....	۲۱۷
۷.۷. آنتن حلقوی کوچک.....	۲۲۱
۸.۷. آنتن دیپل کوچک.....	۲۲۸
۹.۷. آنتن مونوپل کوچک.....	۲۲۹
۱۰.۷. آنتن سیمی بلند با موج ساکن.....	۲۳۰
۱۱.۷. آنتن دیپل ناشده.....	۲۳۳
۱۲.۷. آنتن های موج رونده.....	۲۳۴
۱۳.۷. آنتن V شکل.....	۲۳۷
۱۴.۷. آنتن سیمی بلند.....	۲۳۸
۱۵.۷. سمت گرایی (دایرکتیویته).....	۲۳۹
۱۶.۷. شدت تشعشع.....	۲۴۰
۱۷.۷. بهره یا گین آنتن.....	۲۴۱
۱۸.۷. سطح مؤثر آنتن.....	۲۴۷
۱۹.۷. پلاریزاسیون آنتن.....	۲۴۹
۲۰.۷. معادله رادار.....	۲۵۳
۲۱.۷. میدان دریافتی در فاصله d از یک آنتن.....	۲۵۳
۲۲.۷. اندازه گیری مشخصات تشعشعی آنتن به کمک شبیه ساز.....	۲۵۴
۲۳.۷. اندازه گیری مشخصات به روش مقیاس کردن.....	۲۵۶
مسائل حل شده.....	۲۵۸
تمرین.....	۲۷۱

فصل ۸: آرایه آنتن ۲۷۵

۱.۸. مقدمه	۲۷۵
۲.۸. رشته آنتن دوتایی	۲۷۶
۳.۸. رشته آنتن n تایی	۲۸۰
۴.۸. ضرب پرتوها	۲۹۰
۵.۸. رشته آنتن با توزیع جریان غیریکنواخت	۲۹۲
۶.۷. طراحی رشته آنتن با استفاده از سری فوریه	۲۹۶
مسائل حل شده	۳۰۰
تمرین	۳۰۹

فصل ۹: آنتن با تناوب لگاریتمی ۳۱۱

۱.۹. مقدمه	۳۱۱
۲.۹. آنتن متناوب لگاریتمی دندانه‌ای	۳۱۲
۳.۹. آنتن متناوب لگاریتمی با عناصر دوقطبی	۳۱۳
مسائل حل شده	۳۱۶
تمرین	۳۱۷

ضمیمه ۱: نمونه سوالات مروری امواج الکترومغناطیسی، میکروویو و آنتن ۳۱۹

ضمیمه ۲: فرمول‌های مهم و قضایای مفید میدان‌ها و امواج ۳۳۷