

اصول مهندسی میکروویو و آنتن

پدیدآورندگان

دکتر ایاز قربانی

(دانشیار دانشکده مهندسی برق دانشگاه امیرکبیر)

دکتر غلامرضا مرادی

(دانشیار دانشکده مهندسی برق دانشگاه امیرکبیر)

نیاز دانش

تقدیم به اعضای خانواده ایمان که بعد از توفیق الهی، حمایت

آنان، مشوق مادر ایجاد این اثر بوده است.

به نام آنکه حکمت آموخت

پیشگفتار

در نیم قرن اخیر، مهندسی میکروویو 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 میکروویوی، 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 تاثیرگذاری بر زندگی بشر ادامه دهد. در این راستا، آشنایی با مبانی میکروویو و آنتن، برای مهندسان و دست اندرکاران 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 میکروویو و آنتن داده است که کتاب حاضر تحت عنوان مهندسی میکروویو 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، آشنایی 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، ضرایبی موسوم به پارامترهای پراکنندگی 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 میکروویو و تنظیم کننده های امپدانس که از قطعات پرکاربرد میکروویو هستند در فصل چهارم مورد مطالعه قرار می گیرند.

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

ترویج 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: موجبرهای تک‌هادی	۱۱
۱.۱. مقدمه	۱۱
۲.۱. تحلیل موجبر مستطیلی	۱۳
۳.۱. ترسیم میدان‌های مد TE و TM و رابطه فرکانسی مدهای مختلف	۲۶
۴.۱. روش ذهنی بیان روابط میدان در موجبر مستطیلی	۲۸
۵.۱. موجبر 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 هایبیرید
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 بارگذاری 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: تزویج کننده جهت دار.....	۱۸۱
۱.۶. مقدمه.....	۱۸۱
۲.۶. ماتریس پراکنندگی تزویج کننده‌ی جهت دار.....	۱۸۱
۳.۶. تزویج کننده‌های جهت دار موجبری.....	۱۸۳
۴.۶. انواع تزویج 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 پتانسیل‌های تاخیری الکتریکی و مغناطیسی.....	۲۰۱
۵.۷. آنتن عنصر جریان یا دوقطبی ایده‌آل.....	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 تاشده.....	۲۳۳
۱۲.۷. آنتن‌های موج رونده.....	۲۳۴
۱۳.۷. آنتن V شکل.....	۲۳۷
۱۴.۷. آنتن سیمی بلند.....	۲۳۸
۱۵.۷. سمت‌گرایی (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. اندازه‌گیری مشخصات تشعشعی آنتن به کمک شیب‌ساز.....	۲۵۴
۲۳.۷. اندازه‌گیری مشخصات به روش مقیاس کردن.....	۲۵۶
مسائل حل شده.....	۲۵۸
تمرین.....	۲۷۱

۲۷۵	فصل ۸: آرایه آنتن
۲۷۵	۱.۸. مقدمه
۲۷۶	۲.۸. رشته آنتن دوتائی
۲۸۰	۳.۸. رشته آنتن n تایی
۲۹۰	۴.۸. ضرب پرتوها
۲۹۲	۵.۸. رشته آنتن با توزیع جریان غیریکنواخت
۲۹۶	۶.۷. طراحی رشته آنتن با استفاده از سری فوریه
۳۰۰	مسائل حل شده
۳۰۹	تمرین
۳۱۱	فصل ۹: آنتن با تناوب لگاریتمی
۳۱۱	۱.۹. مقدمه
۳۱۲	۲.۹. آنتن متناوب لگاریتمی دندانهای
۳۱۳	۳.۹. آنتن متناوب لگاریتمی با عناصر دوقطبی
۳۱۶	مسائل حل شده
۳۱۷	تمرین
۳۱۹	ضمیمه ۱: نمونه سوالات مروری امواج الکترومغناطیسی، مایکروویو و آنتن
۳۳۷	ضمیمه ۲: فرمولهای مهم و قضایای مفید میدانها و امواج