

کاربرد روش‌های عددی در تحلیل و شبیه‌سازی آنتن

مؤلفان:

علی جبار رشیدی

محمد احراری

سرشناسه: رشیدی، علی جبار. ۱۳۴۹-

عنوان و نام پدیدآور: کاربرد روش‌های عددی در تحلیل و شبیه‌سازی آنتن/ مولفان علی جبار رشیدی، محمد احراری.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۹۳. مشخصات ظاهری: ر. ۲۷۶ ص.

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا

نوع: آنتن‌ها

موضوع: آنتن‌ها- طرح و ساختمان

شناسه افزوده: احراری، محمد، ۱۳۴۹-

رده بندی کتب: ۶۲۱/۳۸۳۴ رده بندی دیویی: ۶۲۱/۳۸۳۴ کتلتباسی ملی: ۳۴۴۳۶۰۲



انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر



دانشگاه صنعتی مالک اشتر

معاونت پژوهش و فناوری

عنوان کتاب: کاربرد روش‌های عددی در تحلیل و شبیه‌سازی آنتن

مولف: دکتر علی جبار رشیدی، مهندس محمد احراری

ناشر: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر

طرح روی جلد: فریناز عسگری

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر

صفحه‌آرایی رایانه‌ای: امین پژوهش جهرمی

ویراستار ادبی: امین پژوهش جهرمی

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

نوبت چاپ: اوایل بهار ۹۳

قیمت: ۱۵۳۰۰ ریال

ISBN: 978-600-5665-87-1

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۶۶۵-۸۷-۱

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.

آدرس: تهران، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مرکز فناوری اطلاعات و مدیریت دانش

مدیریت انتشارات. تلفن: ۲۲۹۳۲۸۹۱

مقدمه مؤلفان

امروزه پیش گسترده آنتن در کاربردهای مختلف و در محیط‌های متنوع (از جمله دریا، خشکی، فضا و...) و در طیف امواج الکترومغناطیسی (از فرکانس‌های بسیار پایین تا فرکانس‌های تراهرتزی و بیش‌تر از آن در آینده)، برای مقاصد گوناگون نظامی و غیرنظامی بر کسب و نگهداری نیست. شبکه‌های ارتباطی مانند شبکه‌های تلفن همراه و ارتباطات راه دور، شبکه‌های انرژی، کنترل و مدیریت شبکه‌ها و حسگرهای نظارتی توزیع‌شده، شبکه‌ها و سامانه‌های مراقبت و جستجو و ردگیری راداری، فرماندهی و کنترل، مراکز خدمات و سرویس‌های توزیع‌شده اینترنت و اینترنت بی‌سیم، سامانه‌های ارتباط، کنترل و مدیریت ماهواره‌ها در مدارهای فضایی و بسیاری حوزه‌های کاربردی دیگر هستند که بدون آنتن اساس کیفیت و کارایی لازم را نخواهند داشت. آنتن‌ها بسته به نوع کاربرد و خواسته‌های کاربران، از شکل و تنوع مختلفی برخوردار هستند.

تاکنون نویسندگان مختلفی با نگارش کتاب‌های وزین و بسیار ارزشمند درباره تئوری آنتن و تحلیل و طراحی آن، توانسته‌اند در گسترش دانش و مفاهیم از گام‌های قابل تقدیر و ماندگاری بردارند که امروزه دانشجویان و مهندسان مخاطبان این کتاب بهره‌مند هستند. اغلب این کتاب‌های ارزشمند بر موضوعات مبتنی بر تئوری الکترومغناطیس و انتشار امواج و مدل‌های ریاضی آنتن‌های مرسوم‌تر مانند آنتن‌های دو قطبی و سهموی و آرایه‌ها و الگوی شعشی و محاسبات بهره آنتن‌ها با استفاده از معادلات و فرمول‌های مربوطه و از منظر تئوری آنتن متمرکز هستند و کم‌تر به

روش‌های تحلیل و طراحی مبتنی بر روش‌های عددی (که محدودیت‌های روش‌های مرسوم را ندارند) پرداخته‌اند. درک و فهم این کتاب‌ها اغلب از منظر مهندسان و دانشجویان به دلیل استفاده از فرمولاسیون و مباحث پیچیده تئوری بسیار سخت و از جاذبه یاددهی آن می‌کاهد و اصولاً دانشجویان و مهندسان در این دروس کم‌تر می‌توانند ساختارهای آنتن‌های جدید را تحلیل و شبیه‌سازی کنند. از طرفی در بسیاری از دانشگاه‌ها، دروس روش‌های عددی در الکترومغناطیس یا مشابه آن (که برای دانشجویان ارائه می‌شود) نیز بیش‌تر معطوف به روش‌های عددی و تئوری آن‌ها در انتشار موج می‌باشد و به مسائل عملی در حوزه ادوات و سامانه‌های مخابراتی کم‌تر توجه می‌شود.

نویسندگان بسیاری از دانشجویان و مهندسان مخابراتی و با توجه به تنوع بالای آنتن‌ها با شکل‌ها و ساختارهای پیچیده و غیرقابل تحلیل با استفاده از روش‌های غیر عددی و مبتنی بر تجربه پورهای آموزشی خود، ارائه کتابی با ویژگی‌هایی مانند افزایش اطلاعات کلی خوانندگان با آنتن و انواع آن با پرهیز از پیچیدگی‌های تئوری آنتن در عین کافی بودن، محدود نبودن تحلیل و روش‌های تحلیل و شبیه‌سازی به آنتن‌های خاص و مرسوم، یاددهی گام به گام روش‌های شبیه‌سازی و تحلیل، آموزش کدهای نوشته شده توسط نویسندگان به خواننده را هدف قرار داده و سعی در پیونددهی عملی روش‌های عددی و آنتن در فرآیند یادگیری دانشجویان و مهندسان نموده‌اند که امید است قدمی هرچند کوچک در ارائه خدمت به آنان باشد.

بنابراین، در کتاب حاضر ابتدا مروری بر مفهوم آنتن خواهیم داشت. در فصل نخست تاریخچه ابداع و گسترش آنتن‌ها را به اختصار بررسی می‌کنیم. آشنایی با عناصری که در ساخت آنتن‌های مختلف و در دوره‌های گوناگون استفاده شده‌اند، موضوعی جذاب خواهد بود. در ادامه برخی چالش‌های اساسی که در طراحی آنتن با آن مواجه‌ایم، معرفی خواهند شد. معرفی برخی ساختارها و سازوکارهای نوآورانه

آنتن‌ها و طراحی آن‌ها که به تازگی معرفی شده‌اند، آخرین موضوعی خواهد بود که در فصل نخست به بررسی آن خواهیم پرداخت.

در فصل دوم، پارامترهای اساسی و مشخصات آنتن، معرفی خواهند شد. آشنایی با این پارامترها از دو جهت حائز اهمیت است: نخست معرفی آنتن بر مبنای پارامترهای آن؛ دوم طراحی آنتن بر مبنای نیازهای مشخص. پس از این که پارامترهای اساسی آنتن را ساختیم، نیاز به آشنایی با انواع مختلف آن خواهیم داشت. بدین ترتیب در گام بعدی، با انواع معروف تر آنتن‌ها آشنا خواهیم شد. هدف از طرح این مباحث آشنایی با انواع معروف تر آنتن‌ها، جدای از تحصیل دانش موشکافانه هر یک خواهد بود. در انتهای فصل سوم، در مورد چند نمونه از آنتن‌های جدیدتر به بحث خواهیم پرداخت. یکی از مهم‌ترین مباحثی که باعث ایجاد تحولی شگرف در گسترش مفاهیم آنتن‌ها شده، ایجاد و توسعه روش‌های عددی در تحلیل و طراحی مسائل الکترومغناطیس به ویژه آنتن است. مدل مهم و موفقیت فناوری آنتن، پیشرفت و ابداع روش‌ها و فناوری رایانه و پردازش‌های مبتنی بر روش‌های عددی و توسعه آن‌ها است. الکترومغناطیس عددی با استفاده از محاسبات قدرتمند و قابلیت محاسبات موازی، فعل و انفعالات یک موج الکترومغناطیس پیچیده را در هر دو حوزه زمان و فرکانس، مدل خواهد کرد.

در فصل سوم با معروف‌ترین روش‌های عددی که در محاسبات مسائل الکترومغناطیس و آنتن استفاده می‌شوند، آشنا خواهیم شد. طی سه دهه اخیر تحلیل یک مسئله با روش‌های عددی و امکان کد نویسی آن با برنامه‌های رایانه‌ای مهندسی در علوم مهندسی تبدیل شده است. ایجاد امکان تحلیل، طراحی و بهینه‌سازی ساختارهای مهندسی الکترومغناطیس از ادوات میکروویو گرفته تا ادوات نوری و امکان گسترش ابزارهای تحلیل میدان، مهم‌ترین دلایل رشد و توسعه روش‌های عددی در حوزه مهندسی برق محسوب می‌شوند. در بسیاری از دانشگاه‌ها در درس

روش‌های عددی در الکترومغناطیس یا دروس شبیه آن، بیش‌تر به روش تفاضل محدود زمانی بسنده شده و روش‌های دیگر را به طور مختصر معرفی می‌کنند. در ادامه فصل سوم این کتاب از میان روش‌های مختلف، روش‌های ممان و تفاضل محدود زمانی را انتخاب کرده و چند نمونه از آنتن‌های مهم از جمله آنتن منعکس‌کننده گوشه‌ای، آنتن سیمی، آنتن یاگی اودا و آنتن میکرواستریپ را با هر دو روش تحلیل و شبیه‌سازی می‌کنیم.

فصل چهارم به عنوان فصلی جذاب و کاملاً کاربردی، به شبیه‌سازی عددی آنتن‌ها در محیط نرم‌افزار پرکاربرد و دوست‌داشتنی متلب اختصاص دارد. در این فصل، آنتن‌هایی را که در فصل سوم تحلیل کرده‌ایم، با استفاده از نرم‌افزار متلب به صورت گام به گام شبیه‌سازی و تدوین خواهیم کرد تا آشنایی با نحوه کاربرد روش‌های عددی در تحلیل و شبیه‌سازی مسائل آنتن، بر خوانندگان محترم روشن شود و بتوانند به طور مستقل و خودآموز مسائل دیگری را مدل کرده و تحلیل و شبیه‌سازی نمایند. در این فصل ملاحظات شبیه‌سازی و مدل کردن آنتن‌ها در روش‌های عددی تفاضل محدود زمانی و ممان و مدل‌سازی شرای مرزی و انطباق شبیه‌سازی با محیط واقعی عملکرد آنتن‌ها به خوبی برای محققان شرح داده است.

استفاده از این کتاب، به مهندسان آنتن کمک می‌کند تا با روشی بازتر با مسائل آنتن روبه‌رو شوند و بتوانند برای طراحی‌های خود از روش‌های عددی استفاده کنند. امید است مجموعه حاضر، به عنوان گامی اولیه و اساسی برای تحلیل مسائل آنتن با روش‌های عددی محسوب شود.

علی‌رغم تلاش نویسندگان، این کتاب خالی از اشکال نیست و مؤلفان از هرگونه پیشنهاد و انتقاد علمی و ویرایش ادبی در مورد این کتاب استقبال می‌کنند.

دکتر علی جبار رشیدی، مهندس محمد احراری

فهرست مطالب

فصل نخست: مفهوم آنتن، تاریخچه و چالش‌های فراروی آن	۳
۱-۱ مفهوم آنتن	۳
۲-۱ سیر تاریخچه تکنولوژی آنتن	۶
۱-۲-۱ تاریخچه آنتن	۱۲
۳-۱ برخی چالش‌های فراروی در آنتن‌ها	۱۵
فصل دوم: پارامترهای مهم و انواع آنتن	۱۹
۱-۲ مقدمه	۱۹
۲-۲ چگونگی تشعشع از آنتن	۱۹
۳-۲ معرفی شکل عمومی معادلات ماکسول	۲۱
۴-۲ مروری بر مشخصات اساسی آنتن	۲۴
۱-۴-۲ الگوی تشعشعی آنتن	۲۴
۱-۴-۲-۱ کلیه‌های الگوی تشعشعی	۲۴
۲-۴-۲ چگالی توان تشعشعی	۲۶
۳-۴-۲ آنتن با الگوی تشعشعی ایزوتروپیک	۲۷
۴-۴-۲ آنتن با الگوی تشعشعی همه جهتی	۲۸
۵-۴-۲ آنتن با الگوی تشعشعی یک جهتی	۲۸

۲۹	۲-۴-۶ پهنای پرتو.....
۳۰	۲-۴-۷ بهره آنتن.....
۳۲	۲-۴-۸ بهره جهتی.....
۳۲	۲-۴-۸-۱ جهت‌داری.....
۳۳	۲-۴-۹ بهره توان.....
۳۴	۲-۴-۱۰ مقاومت آنتن.....
۳۴	۲-۴-۱۰-۱ مقاومت تشعشی آنتن.....
۳۴	۲-۴-۱۰-۲ مقاومت مربوط به تلفات آنتن.....
۳۵	۲-۴-۱۱ پهنای باند.....
۳۶	۲-۴-۱۲ پلاریزاسیون.....
۴۰	۲-۵ آنتن بهینه.....
۴۲	۲-۶ اثرات زمین روی آنتن‌ها.....
۴۲	۲-۶-۱ آنتن‌های زمین شده.....
۴۳	۲-۷ انتخاب نقطه تغذیه.....
۴۳	۲-۷-۱ تغذیه ولتاژ و جریان.....
۴۴	۲-۷-۲ امیدانس نقطه تغذیه.....
۴۴	۲-۸ طبقه‌بندی آنتن‌ها.....
۴۴	۲-۸-۱ طبقه‌بندی آنتن‌ها بر مبنای فرکانس کار.....
۴۶	۲-۸-۲ طبقه‌بندی آنتن‌ها بر مبنای شکل.....
۴۶	۲-۸-۳ طبقه‌بندی آنتن‌ها بر مبنای نوع پلاریزاسیون.....
۴۸	۲-۸-۴ طبقه‌بندی آنتن‌ها بر مبنای شکل الگوی تشعشی.....
۵۱	۲-۹ مروری بر انواع آنتن‌ها.....
۵۱	۲-۹-۱ آنتن‌های سیمی.....

۵۱	۲-۹-۱- آنتن های دو قطبی و تک قطبی
۵۹	۲-۹-۱- آنتن سیمی حلقوی
۶۱	۲-۹-۱- آنتن سیمی مارپیچی
۶۳	۲-۹-۱- تحلیل و شبیه سازی میدانی چند حالت مختلف آنتن سیمی
۷۷	۲-۹-۲ آنتن های روزنه ای
۸۱	۲-۹-۲ آنتن های میکرواستریپ
۹۰	۲-۹-۴ آنتن های بازتابنده
۹۰	۲-۹-۴ آنتن های صفحه ای
۹۰	۲-۹-۴ بازتابنده های گوشه ای
۹۲	۲-۹-۴ آنتن های بازتابنده ی حلقه ای (بشقابی)
۹۳	۲-۹-۴ آنتن بازتابنده سه ضلعی با تغذیه از روبه رو
۹۸	۲-۹-۵ بازتابنده سه ضلعی تغذیه ی سگ رین
۱۰۱	۲-۹-۵ آنتن های لنزی
۱۰۳	۲-۹-۶ آرایه آنتن ها
۱۰۳	۲-۹-۶ آرایه یانگی اودا
۱۰۵	۲-۹-۶ آرایه روزنه ای
۱۰۶	۲-۹-۶ آرایه میکرواستریپ
۱۰۷	۲-۹-۶ آرایه شیاری
۱۰۹	۲-۹-۶ آنتن های آرایه فازی
۱۱۲	۲-۹-۷ بررسی بعضی آنتن های جدیدتر
۱۱۳	۲-۹-۷ آنتن های هوشمند
۱۱۶	۲-۹-۷ آنتن های فراکتال
۱۱۸	۲-۹-۷ آشنایی با هندسه های رایج در طراحی آنتن های فراکتالی
۱۲۲	۲-۹-۷ مفهوم فراکتال به کار برده شده در طراحی آنتن ها

فصل سوم: روش های عددی تحلیل مسائل الکترومغناطیس و آنتن ۱۲۵

۱۲۵	۳-۱ مقدمه
-----	-----------

- ۲-۳ مروری بر چگونگی تحلیل یک مسئله در الکترومغناطیس کلاسیک ۱۲۶
- ۳-۳ مروری بر چگونگی تحلیل یک مسئله در الکترومغناطیس مدرن ۱۲۸
- ۴-۳ انواع روش‌های تحلیل در الکترومغناطیس ۱۳۰
- ۱-۴-۳ روش‌های تحلیلی (با جواب دقیق) ۱۳۰
- ۲-۴-۳ روش‌های عددی (با جواب تقریبی) ۱۳۱
- ۵-۱ مروری گذرا بر بعضی روش‌های عددی در الکترومغناطیس ۱۳۴
- ۱-۵-۱ روش تفاضل محدود در حوزه زمان ۱۳۴
- ۱-۴-۳ روش‌های حساب تغییرات ۱۴۳
- ۳-۵-۳ روش زمان محدود ۱۴۶
- ۴-۵-۳ روش ۱۵۲
- ۵-۵-۳ روش ماتریس خطی ۱۵۵
- ۶-۵-۳ روش خطوط ۱۵۸
- ۷-۵-۳ روش نمونه کارلو ۱۵۹
- ۶-۳ استفاده از روش‌های عددی برای تحلیل چگونگی نمونه از آنتن ها ۱۶۰
- ۱-۶-۳ تحلیل یک آنتن سیمی با روش تفاضل محدود ۱۶۰
- ۱-۱-۶-۳ حالت اول: در نظر گرفتن محیط بدون شرایط ۱۶۰
- ۲-۱-۶-۳ حالت دوم: با در نظر گرفتن شرایط PML ۱۶۸
- ۲-۶-۳ تحلیل یک آنتن بازتابنده گوشه با روش تفاضل محدود ۱۷۵
- ۳-۶-۳ تحلیل یک آنتن میکرواستریپ با روش تفاضل محدود ۱۸۲
- ۴-۶-۳ تحلیل یک آنتن سیمی با روش ممان ۱۹۳
- ۵-۶-۳ تحلیل یک آنتن یاگی اودا با روش ممان ۲۰۲
- ۶-۶-۳ تحلیل آنتن سیمی حلقوی با روش ممان ۲۰۶
- ۱-۶-۶-۳ هندسه مسئله و تحلیل توزیع جریان ۲۰۷

فصل چهارم: شبیه‌سازی عددی آنتن‌ها در محیط نرم‌افزار متلب ۲۱۵

۱-۴ مقدمه ۲۱۵

۲-۴ شبیه‌سازی آنتن دوقطبی با روش تفاضل محدود ۲۱۵

۳-۴ شبیه‌سازی آنتن دوقطبی با روش ممان برای تعیین توزیع جریان ۲۲۴

۴-۴ شبیه‌سازی آنتن دوقطبی با روش تفاضل محدود با در نظر گرفتن شرایط PML ۲۲۸

۵-۴ شبیه‌سازی آنتن بازتابنده گوشه با روش تفاضل محدود ۲۳۵

۶-۴ شبیه‌سازی آنتن سیمی حلقوی با روش ممان ۲۵۰

۷-۴ شبیه‌سازی آنتن سیمی دایره‌ای با روش ممان ۲۵۵

مراجع ۲۶۵

واژه‌نامه ۲۷۳