

۲۲۸۵۹۶۵

به نام خدا

ترکیب مدارها و طراحی

فیلترهای الکتریکی

www.ketab.ir

مؤلفین:

دکتر حسین سلیمانی

عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

دکتر علیرضا ملاح زاده

استادیار بازنشسته دانشگاه شیراز

عضو هیئت علمی دانشکده فنی مهندسی

موسسه آموزش عالی زند شیراز، ایران

سرشناسه	: ملاحزاده، علیرضا، ۱۳۳۳-
عنوان و نام پدیدآور	: ترکیب مدارها و طراحی فیلترهای الکتریکی/ مولف علیرضا ملاحزاده، حسین سلیمانی.
مشخصات نشر	: تهران: ادبستان، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری	: ۲۴۴ ص.: مصور، نمودار.
شابک	: 978-600-196-152-6
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۲۲۹ - ۲۳۰.
موضوع	: پالایه‌های برقی Electric filters طرح و ساختمان Design and construction
شناسه افزوده	: سلیمانی، حسین، ۱۳۶۶ -
رده بندی کنگره	: ۷۸۷۲TK
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۸۱۵۳۲۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۸۰۰۰۹۱

نام کتاب	: ترکیب مدارها و طراحی فیلترهای الکتریکی
مؤلف	: دکتر علیرضا ملاحزاده - دکتر حسین سلیمانی
ناشر	: ادبستان
چاپ و صحافی	: دیجیتال سام
نوبت چاپ	: اول - ۱۴۰۱
تیراژ	: ۱۰۰ نسخه
قیمت	: ۸۰۰۰۰ تومان

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۱۹۶-۱۵۲-۶
ISBN : 978-600-196-152-6

دفتر مرکزی (کتاب آیلار)

انقلاب - خیابان شهید منیری جاوید (اردیبهشت) - خیابان شهدای ژاندارمری شرقی - شماره ۱۴۶
تلفن: ۶۶۴۰۱۲۵۵ - دورنگار: ۶۶۴۹۴۴۳۱ (ساختمان آیلار)

فروشگاه شماره ۱ (کتاب آیلار)

انقلاب - روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران - بازارچه کتاب

فروشگاه شماره ۳ (کتاب آیلار)

خیابان انقلاب - روبروی دانشگاه تهران - پاساژ فروزنده - طبقه همکف - واحد ۳۲۱
تلفن: ۶۶۹۶۳۵۹۶-۹۷

این اثر مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش یا الکترونیک عرضه کند تحت پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

پیشگفتار

هدف از نوشتن این کتاب آشنایی دانشجویان با مفاهیم و روش‌های سنتز (یافتن ترکیب) مدارهای الکتریکی غیرفعال و فعال و استفاده آن‌ها در طراحی فیلترهای الکتریکی است. فرض بر این است که دانشجویان دارای پیش‌زمینه‌ای اساسی در ریاضیات اعداد مختلط باشند و با مفهوم معادلات دیفرانسیل و حل آن‌ها به روش‌های مختلف در حوزه زمان و تبدیل لاپلاس و تبدیل فوری آشنا هستند. همچنین با ساختار و مشخصات تقویت‌کننده‌های عملیاتی که از عناصر اصلی فیلترهای فعال هستند نیز آشنایی دارند. با وجود این جهت یادآوری در ابتدای هر فصل هر جا که ضروری به نظر می‌رسیده مطالب مختصری در رابطه با آنالیز (تحلیل) این مدارها و خواص توابع مدار ارائه گردیده است. ترکیب مدار از یک طرف به تئوری خیلی پیشرفته که از جدیدترین تئوری و امکانات ریاضی استفاده می‌کند و از طرف دیگر به کارهای عملی که در آزمایشگاه جهت طرح و آزمایش و تصحیح لازم است، نیازمند است. دقت در هر دو موضوع لازمه موفقیت و به نتیجه رساندن طرح و یافتن ترکیب مدارها می‌باشد. گرچه وجود نرم‌افزارهای متنوع کامپیوتری در شبیه‌سازی فیلترها کمک فراوانی در سرعت و دقت در طراحی و پیش‌بینی مشخصات فیلترهای الکتریکی نموده است اما آشنایی با تئوری طراحی آن‌ها با توجه به اینکه در سنتز مدار بیش از یک مدار مشخص ورودی - خروجی مورد نظر طراح را به دست می‌دهد در انتخاب مناسب مدار مورد نظر بسیار مهم است. در این کتاب سعی شده از مطالب تئوری مناسبی در مقطعی تحصیل دانشجویان که با مفاهیم اساسی تحلیل مدارها آشنایی کسب کرده باشند استفاده شود. این کتاب شامل ۷ فصل و ۳ پیوست می‌باشد.

در فصل اول پس از بیان تاریخچه مختصری از روند پیشرفت و تکامل ترکیب مدارها و طراحی فیلترهای الکتریکی مفاهیم اساسی سنتز و تفاوت آن با آنالیز (تحلیل) مدار همراه با بیان مراحل یافتن ترکیب مدارها توضیح داده می‌شود. همچنین روش تراز نمودن امپدانس یا ادمیتانس مدارها نسبت به یک امپدانس و یک فرکانس مبنا که در یافتن ترکیب مدارها نقشی اساسی دارند آورده شده است. در فصل دوم پس از تحلیل چندین مدار مختلف خواص امپدانس و ادمیتانس ورودی و انتقالی و همچنین تابع انتقالی ولتاژ مدارها در حالت کلی آورده شده است. پس از بیان خواص توابع حقیقی مثبت که از خصوصیات امپدانس و ادمیتانس ورودی مدارهای غیرفعال است روش آزمایش آن‌ها نیز بیان گردیده است. در فصل سوم روش‌های مختلف یافتن ترکیب مدارهای یک‌قطبی غیرفعال که امپدانس و یا ادمیتانس ورودی آن‌ها از نوع توابع حقیقی مثبت هستند برای مدارهای LC ، RC ، RL و RLC آورده شده است و نشان داده شده که سنتز مدار بیش از یک جواب دارد. البته لازم به تذکر است که برای مدارهای RLC با توجه به اینکه در حالات کلی نیاز به بیان تئوری گسترده‌ای است فقط در حالاتی که خصوصیات این مدارها امکان سنتز آن‌ها را با روش‌های خاصی امکان‌پذیر می‌نمایند

بحث شده است. در فصل چهارم پس از بیان مختصری از تحلیل مدارهای دوقطبی غیرفعال و تعریف "ماتریس حقیقی مثبت" روش‌های یافتن ترکیب این مدارها به صورت مدارهای نردبانی و پنجره‌ای متقارن آورده شده است. در فصل پنجم تئوری‌های مختلف تقریبات فیلترهای پایین‌گذر با تاکید بیشتر بر دو تئوری پایه و اساسی باترورث و جپی شف توضیح داده شده است. در فصل ششم روش‌های سنتز و طراحی فیلترهای پایین‌گذر که اساس طراحی انواع دیگر فیلترهای غیرفعال است بررسی گردیده و نشان داده شده که پس از طراحی یک فیلتر پایین‌گذر متناظر با مشخصات فیلترهای بالاگذر و میان‌گذر و میان‌نگذر با تغییر مناسب متغیر S می‌توان ترکیب آن‌ها را طراحی نمود. در فصل هفتم روش‌های مختلف طراحی فیلترهای فعال آورده شده است و نشان داده شده که با توجه به خصوصیات تقویت‌کننده‌های عملیاتی که مقاومت ورودی بسیار زیاد و مقاومت خروجی بسیار کمی دارند با تجزیه توابع انتقالی به دست آمده از تقریبات به حاصل ضرب توابع درجه دو می‌توان هر تابع درجه دو را به طور مستقل طراحی نمود و با پشت سرهم قرار دادن آن‌ها مدارات فیلترهای با درجات بالاتر را طراحی نمود. در پیوست ۱ توابع حساسیت تغییرات محل قطب‌های تابع مدار نسبت به تغییر درجه حرارت که خود باعث تغییر مقادیر عناصر مدار می‌شود از نظر ریاضی به دست آورده شده است و نشان داده شده که در نظر گرفتن این فاکتور در طراحی فیلترهای فعال و انتخاب مناسب قطعات آن‌ها بسیار مهم است ولی در طراحی فیلترهای غیرفعال با توجه به پایداری بالای حراوتی قطعات غیرفعال چندان اهمیتی ندارد. در پیوست ۲ فرمول‌های نهایی نوشتن برنامه‌های نرم‌افزاری کامپیوتری طراحی فیلترها برای تقریبات مختلف انتخابی در فصل پنجم آورده شده است و چندین نرم‌افزار رایگان با بیان قابلیت‌های آن‌ها که به راحتی از اینترنت قابل بارگذاری است مختصراً توضیح داده شده‌اند. در پیوست ۳ خصوصیات تقریبات مختلف توضیح داده شده در فصل پنجم با هم مقایسه گردیده و نشان داده شده که در انتخاب عملی روش تقریب مناسب همیشه باید بین خواسته‌های اساسی مسأله مانند ریبیل در باند گذر و یا باند نگذر و شیب افت دامنه در باند گذر و همچنین تعداد عناصر در طراحی مدار و در دسترس بودن قطعات یک مصالحه در نظر گرفته شود.

دکتر علیرضا ملاح زاده

دکتر حسین سلیمانی

موسسه آموزش عالی زند شیراز

دانشگاه علم و صنعت ایران

فهرست مطالب

فصل اول

مقدمه

- ۱-۱: تاریخچه ۱
۲-۱: سنتز و آنالیز مدار ۳
۳-۱: تراز توابع مدار نسبت به یک مقدار مبنای امیدانس و فرکانس ۶
مسائل ۹

فصل دوم

خواص توابع مدارهای غیرفعال و تابع حقیقی مثبت PR

- ۱-۲: خواص توابع مدارهای غیرفعال ۱۱
۲-۲: توابع حقیقی مثبت PR ۱۷
۱-۲-۲: کاربرد قضیه قدر مطلق ماکزیمم در توابع امیدانس و ادمیتانس نقطه تحریک مدار ۱۷
۳-۲: روش‌های بررسی حقیقی مثبت بودن توابع ۲۲
۱-۳-۲: آزمایش توابع PR بروش تالیوت ۲۳
مسائل ۲۹

فصل سوم

سنتز توابع نقطه تحریک مدارهای یک قطبی LC و RC و RLC

- ۱-۳: خواص امیدانس ورودی مدارهای LC ۳۱
۲-۳: روش‌های ترکیب مدارهای یک قطبی LC ۳۳
۱-۲-۳: روش فوستر ۳۳
۱-۱-۲-۳: فوستر I ۳۳
۲-۱-۲-۳: فوستر II ۳۴
۲-۲-۳: روش کاتور ۳۶
۱-۲-۲-۳: شبکه کاتور I ۳۷

۳۹	۲-۲-۲-۳: شبکه کانور II
۴۲	۳-۲-۳: شبکه‌های ترکیبی کانور و فوستر
۴۳	۳-۳: خواص توابع نقطه تحریک مدارهای یک قطبی RC
۴۶	۴-۳: سنتز مدارهای یک قطبی RC
۴۶	۱-۴-۳: روش فوستر
۴۶	۱-۴-۳-۱: فوستر I
۴۶	۲-۴-۳-۱: فوستر II
۴۸	۲-۴-۳: سنتز مدارهای RC به روش کانور
۴۸	۱-۴-۳-۲: شبکه کانور I
۴۸	۲-۴-۳-۲: شبکه کانور II
۵۲	۵-۳: خواص و سنتز توابع نقطه تحریک مدارهای یک قطبی RL
۵۶	۶-۳: سنتز توابع نقطه تحریک مدارهای یک قطبی RLC
۶۰	مسائل

فصل چهارم

سنتز توابع انتقالی مدارهای دوقطبی غیرفعال

۶۵	۴-۱: خواص توابع مدارهای دوقطبی غیرفعال
۷۰	۴-۱-۱: خواص عناصر (توابع) ماتریس‌های امیدانس باز مدار و ادمیتانس اتصال کوتاه مدار دوقطبی‌های غیرفعال
۷۴	۴-۱-۲: ماتریس حقیقی مثبت (ماتریس PR)
۷۵	۴-۱-۳: قضیه اصلی ترکیب مدارهای دوقطبی غیرفعال
۷۹	۴-۱-۴: شبکه‌های دوقطبی متوازن و نامتوازن
۸۰	۴-۱-۵: خواص تابع انتقالی ولتاژ مدار باز
۸۱	۴-۱-۶: صفرهای انتقالی
۸۳	۴-۲: سنتز شبکه‌های دوقطبی نردبانی LC و RC
۸۳	۴-۲-۱: سنتز مدارهای نردبانی LC
۸۹	۴-۲-۲: سنتز یک مدار دوقطبی نردبانی LC که به یک مقاومت Ω ختم شده باشد
۹۰	۴-۲-۲-۱: حالات خاص

۹۱	۳-۲: سنتز مدارهای دوقطبی RC
۹۵	۳-۴: سنتز مدارهای دوقطبی با فرض مشخص بودن تابع انتقالی ولتاژ مدار $G_{120} = \frac{V_2}{V_1}$
۹۶	۴-۴: سنتز شبکه‌های دوقطبی پنجره‌ای متقارن
۹۷	۴-۴-۱: قضیه ترکیب مدارهای پنجره‌ای متقارن
۹۷	۴-۴-۲: روش‌های ترکیب مدارهای پنجره‌ای متقارن
۱۰۲	مسائل

فصل پنجم

تئوری تقریبات فیلترهای پایین گذر

۱۰۶	۵-۱: تقریب باترورث
۱۱۱	۵-۲: تقریب جبی شف
۱۱۸	۵-۳: تقریب انتقالی باترورث - جبی شف
۱۲۱	۵-۴: تقریب جبی شف معکوس
۱۲۲	۵-۵: تقریب بیضوی
۱۲۴	۵-۶: تقریب بسل
۱۲۷	مسائل

فصل ششم

طراحی فیلترهای غیر فعال

۱۲۹	۶-۱: سنتز فیلترهای پایین گذر (LPF)
۱۳۳	۶-۲: سنتز فیلترهای بالاگذر (HPF)
۱۳۶	۶-۳: سنتز فیلترهای میان گذر (BPF)
۱۴۲	۶-۴: سنتز فیلترهای میان نگذر (BSF)
۱۴۷	مسائل