

۲۹۰
۷۰
لد پلیری

بسم الله الرحمن الرحيم

طراحی نوین ترانسفورماتور

پاولوس جورجی لاکیس

Povlos. Georgilakis

ترجمه:

دکتر حیدر لسانی

استاد دانشکده برق و کامپیوتر

پردیس دانشکده های فن - دانشگاه تهران



انتشارات قائم

سرشناسه	: گئورگیلاکيس، ياولوس استيليانوس
عنوان و نام پديدآور	: (Georgilakis, Pavlos S. (Pavlos Stylianos
مشخصات نشر	: طراحي نوين ترانسفورماتور / ياولوس جورجى لاکيس ؛ ترجمه حميد لسانی.
مشخصات ظاهري	: تهران: انتشارات قائم، ۱۳۹۷.
شابک	: ۳۱۶ ص: مصور، جدول، نمودار.
وضعيت فهرست	: 978-964-6139-11-4
نويسي	: فيبا
يادداشت	: عنوان اصلي: Spotlight on modern transformer design.
يادداشت	: واژه نامه.
موضوع	: ميپلها -- طرح و ساختمان
موضوع	: Electric transformers -- Design and construction
موضوع	: ميپلها
موضوع	: Electric transformers
تسلسله افزوده	: - مترجم
رده بندي کنگره	: ۱۳۹۷ ۷۸۷۲TK /م۲گ۹
رده بندي ديوي	: ۶۲۱/۱۲
شماره کاتالوگي	: ۳۸۵۰۲
ملی	



انتشارات قائم

طراحی نوین ترانسفورماتور

تالیف	: Povlos, Georgilakis
ترجمه	: دکتر حمید لسانی
ناشر	: انتشارات قائم
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۹
شمارگان	: ۳۰۰ نسخه
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۶۱۳۹-۱۱-۴

ISBN: 978-964-6139-11-4

کليه حقوق چاپ و نشر اين اثر در انحصار انتشارات قائم مي باشد و هرگونه استفاده غيرمجاز از آن پيگرد قانوني دارد.

آدرس : مقابل دانشگاه تهران، خيابان فخررازي، بين چهارراه روانمهرولبافي نژاد، کوچه ديده بان، پلاک ۲ (۱۳۰ قديم)

تلفن: ۶۶۹۵۰۹۶۵-۶۶۴۱۵۷۷۲

قيمت: ۱۰۰،۰۰۰ تومان

Email: yaredana90@gmail.com

پیش گفتار

از آغاز قرن گذشته ترانسفورماتور های پر بازده و پایا، در برتری بخشیدن به شبکه های جریان متناوب سهیم بوده اند. از زمان های قدیم، طراحی آنها بسیار مورد توجه بوده و با تحقیقات گسترده ای توأم بوده است. اولین کوشش ها بر پایه حل تحلیلی - تطبیقی نهاده شده، که طراح را قادر می سازد تا ساختمان آنها را بهینه کرده و از مزایای بهبود خواص مواد مغناطیسی و الکتریکی بهره ببرند. در دهه های اخیر توسعه فلسفه طراحی ترانسفورماتور با استفاده از کامپیوتر و ابزارهای محاسبات عددی، باعث شده که پیچیدگی های هندسی و همچنین مشخصه غیر خطی مواد نیز برای تجزیه و تحلیل مسئله، مدل شوند. به علاوه الگوریتم های بهینه سازی با روش های عددی ترکیب شده تا پدیده های الکترومغناطیسی و حرارتی در ترانسفورماتور قدرت را نمایش داده و روش محاسباتی ترکیبی قدرتمندی را نتیجه بدهد. بویژه الگوریتم های هوشمند مصنوعی که در چنین فئونی نهاده شده است، سرعت و قابلیت حصول طراحی تفصیلی بهینه را بسیار ارتقاء داده است.

در این کتاب پروفسور پاولس جورجی لاکیس در اشاعه روش های عددی مرکب، برای طراحی ترانزموآرر قدرت بر پایه ترکیب فنون طراحی استاندارد با روش های عددی پیشرفته، مانند روش اجزاء محدود و الگوریتم های موثر بهینه سازی مانند برنامه ریزی مجذوری ترتیبی، روش شاخه کردن و تحدید، الگوریتم وراثتی، شبکه، درخت تصمیم گیری و شبکه های عصبی مصنوعی سهیم بوده است. طرح رسیدن به این موضوع، از اصطلاحی بین روش های مختلف و سهم خاص آنها را در این حوزه برقرار کرده است. مسئله مهم معیار انتخاب ترانسفورماتور به طور اصولی، با استفاده از ملاحظات هزینه تملک کل و هزینه مسائل محیط خارج است.

ورود مؤلف در پژوهش، هم در بخش طراحی شرکت ساخت ترانسفورماتور و هم در دانشگاه صنعتی کربت، تجربیات وسیعی را در این زمینه به او داده است. تجربیات صنعتی قبلی وی در این کتاب توسط منابع بسیاری در عمل منعکس شده است. سابقه علمی وی و تعداد مقالاتی که در مجلات علمی پژوهشی منتشر کرده، این اطمینان را می دهد که نظریه ای کامل در موضوعات مهم، دیده شده است.

مزیت مهم این کار آنست که روش های ارائه شده، نه تنها عملی تفصیلی در مورد ساختمان ترانسفورماتور قدرت، بانضمام ترانسفورماتور زرهی ارائه شده است، بلکه برای طراحی ترانسفورماتور را طرح کرده و به صورت هم آهنگ و جدی حل شده است. ارائه تفصیلی موضوعات بنیادی و پدیده های درگیر، کاربرد این کتاب را برای تدریس قدم به قدم طراحی ترانسفورماتور در مقطع کارشناسی و تحصیلات تکمیلی ممکن ساخته است. مطمئناً این کتاب مرجع عالی برای محققین این حوزه، مهندسين عملی و مهندسين بخش طراحی ترانسفورماتور در کارخانه ها خواهد بود.

بدون شک این کتاب **حفره مهم دانش را در چالش های تبدیل انرژی** پر خواهد کرد.

جان آ-تاکولوس

پروفسور بازنشسته دانشگاه صنعتی آتن - عضو IEEE

فهرست مطالب

بخش ۱: طراحی مرسوم (سنتی) ترانسفورماتور	۱۷
فصل اول: اصول کار ترانسفورماتور	۱۷
چکیده	۱۷
۱-۱ مقدمه	۱۸
۱-۲ مدارهای مغناطیسی	۱۸
۱-۲-۱ کلیات	۱۸
۱-۲-۲ تحلیل رهای مغناطیسی	۲۰
۱-۲-۲-۱ مثال ۱-۱	۲۱
۱-۲-۲-۱ شار پیوندی	۲۲
۱-۲-۲-۱ مواد مغناطیسی	۲۲
۱-۲-۲-۱ مثال ۲-۱	۲۲
۱-۳ اصول کار ترانسفورماتور	۲۳
۱-۳-۱ مدار معادل	۲۳
۱-۳-۱ تعیین پارامترهای مدار معادل	۲۵
۱-۳-۱ مثال ۳-۱	۲۵
۱-۳-۱ تنظیم ولتاژ	۲۷
۱-۳-۲-۱ مثال ۴-۱	۲۸
۱-۳-۲-۱ مثال ۵-۱	۲۹
۱-۳-۲-۱ بازده	۲۹
۱-۴-۳-۱ مثال ۶-۱	۳۰
۱-۴-۳-۱ مثال ۷-۱	۳۱
۴-۱ مشخصه‌های الکتریکی ترانسفورماتور	۳۲
۱-۴-۱ توان نامی	۳۲

۳۳	۴-۱-۲ افزایش دما
۳۳	۴-۱-۳ دمای محیط
۳۳	۴-۱-۴ ارتفاع تاسیسات
۳۳	۴-۱-۵ ولتاژ اتصال کوتاه
۳۳	۴-۱-۶ تلفات بی‌بار
۳۴	۴-۱-۷ تلفات بارگذاری
۳۴	۴-۱-۸ ولتاژها، نامی
۳۵	۴-۱-۹ روه‌پیری
۳۵	۴-۱-۱۰ فرکانس
۳۵	۴-۱-۱۱ نویز (سر و صد)
۳۵	۴-۱-۱۲ جریان اتصال کوتاه
۳۵	۴-۱-۱۳ جریان بی‌بار
۳۶	۵-۱ بهره برداری ترانسفورماتور
۳۶	۵-۱-۱ اضافه بار
۳۶	۵-۱-۲ کار موازی
۳۶	۵-۱-۳ توزیع بار ترانسفورماتورهای موازی
۳۷	۵-۱-۴ مثال ۱-۸
۳۷	۶-۱ استاندارد ترانسفورماتورها و رواداری‌ها
۳۷	۶-۱-۱ استانداردهای ترانسفورماتور
۳۸	۶-۱-۲ رواداری‌ها
۳۸	۷-۱ آزمایش‌های ترانسفورماتور
۳۸	۷-۱-۱ آزمایش‌های نمونه‌ای
۳۸	۷-۱-۲ آزمایش‌های تک به تک (عادی)
۴۰	۷-۱-۳ آزمایش‌های خاص

۴۰	۸-۱ انواع ترانسفورماتور
۴۰	۱-۸-۱ طبقه‌بندی براساس کاربرد ترانسفورماتور
۴۱	۲-۸-۱ طبقه‌بندی ترانسفورماتور براساس روش خنک کردن
۴۱	۳-۸-۱ طبقه‌بندی براساس ماده عایق ترانسفورماتور
۴۱	۴-۸-۱ دسته‌بندی ترانسفورماتور براساس ساختمان هسته
۴۲	۹-۱ ترانسفورماتورهای مورد مطالعه در این کتاب
۴۲	منابع و مراجع
۴۳	فصل دوم : طراحی سیمی ترانسفورماتور
۴۳	چکیده
۴۴	۱-۲ فهرست علائم و اختصارها
۴۸	۲-۲ مقدمه
۴۹	۳-۲ فرموله کردن مساله
۴۹	۱-۳-۲ تابع هدف
۴۹	۱-۱-۳-۲ جرم مواد فعال
۴۹	۲-۱-۳-۲ هزینه مواد فعال
۵۰	۴-۱-۳-۲ هزینه تولید
۵۰	۵-۱-۳-۲ هزینه کل
۵۰	۶-۱-۳-۲ توان نامی
۵۰	۲-۳-۲ قیود
۵۰	۱-۲-۳-۲ محدودیت ولتاژ القائی
۵۱	۲-۲-۳-۲ محدودیت نسبت تبدیل
۵۱	۳-۲-۳-۲ محدودیت تلفات بی‌بار
۵۱	۴-۲-۳-۲ محدودیت تلفات بارداري
۵۱	۵-۲-۳-۲ محدودیت تلفات کل

۵۱	۶-۲-۳-۲ محدودیت ولتاژ مقاومت ظاهری
۵۱	۷-۲-۳-۲ محدودیت چگالی شار
۵۱	۸-۲-۳-۲ محدودیت انتقال حرارت
۵۱	۹-۲-۳-۲ محدودیت افزایش دما
۵۲	۱۰-۲-۳-۲ محدودیت بازده
۵۲	۱۱-۲-۳-۲ محدودیت جریان بی‌بار
۵۲	۱۲-۲-۳-۲ محدودیت تنظیم ولتاژ
۵۲	۱۳-۲-۳-۲ محدودیت ولتاژ القایی
۵۲	۱۴-۲-۳-۲ محدودیت ولتاژ ضربه
۵۲	۱۵-۲-۳-۲ محدودیت آلودگی و غبار
۵۳	۳-۳-۲ فرموله کردن مساله طراحی بهینه ترانسفورماتور
۵۳	۴-۳-۲ مشخصات طراحی بهینه ترانسفورماتور
۵۳	۴-۲ روش سنتی طراحی ترانسفورماتور
۵۳	۴-۲ روش
۵۵	۲-۴-۲ مطالعه موردی
۵۵	۱-۲-۴-۲ اطلاعات طراحی ترانسفورماتور
۵۶	۲-۲-۴-۲ انتخاب متغیرهای طراحی
۵۶	۲-۲-۴-۲ نتایج
۵۷	۴-۲-۴-۲ تحلیل حساسیت
۵۷	۱-۴-۲-۴-۲ تغییرات چگالی شار مغناطیسی
۵۹	۲-۲-۴-۲ تغییر سطح مقطع پیچک فشار ضعیف
۵۹	۳-۴-۲ فرآیند تکراری طراحی ترانسفورماتور
۶۱	۵-۲ مثال اطلاعات طراحی ترانسفورماتور
۶۱	۱-۵-۲ مقدار متغیرهای وصفی

۶۲	۲-۵ متغیرهای مخصوص
۶۲	۲-۵ متغیرهای پیش فرض
۶۲	۲-۵ متغیرهای هزینه
۶۴	۲-۶ محاسبه ولت بر دور و ضخامت ستون هسته
۶۴	۲-۶ محاسبه ولت بر دور
۶۵	۲-۶ محاسبه ضخامت ستون هسته
۶۶	۲-۶ مثال ۱-۲
۶۶	۲-۷ محاسبه لایه های عایق
۶۶	۲-۷ لایه های سیم پیچی فشار ضعیف
۶۷	۲-۷ لایه های سیم پیچی فشار قوی
۶۷	۲-۷ مثال ۲-۲
۶۷	۲-۸ محاسبه ابعاد سیم پیچی و هسته
۶۸	۲-۸ مثال ۳-۲
۷۱	۲-۹ محاسبه وزن هسته و تلفات بی بار
۷۲	۲-۹ مثال ۴-۲
۷۳	۲-۱۰ محاسبه بخش القائی و لذا مقاومت ظاهری
۷۴	۲-۱۰ مثال ۵-۲
۷۶	۲-۱۱ محاسبه تلفات بار داری
۷۷	۲-۱۱ مثال ۶-۲
۷۹	۲-۱۲ محاسبه و لذا مقاومت ظاهری
۷۹	۲-۱۲ مثال ۷-۲
۸۰	۲-۱۳ محاسبه طول پیچک
۸۰	۲-۱۳ مثال ۸-۲
۸۰	۲-۱۴ محاسبه ابعاد مخزن ترانسفورماتور

۸۰	۱-۱۴-۲ مثال ۹-۲
۸۱	۱۵-۲ محاسبه گرادیان سیم پیچی و گرادیان روغن
۸۱	۱-۱۵-۲ مثال ۱۰-۲
۸۳	۱۶-۲ محاسبه انتقال حرارت
۸۴	۱-۱۶-۲ مثال ۱۱-۲
۸۶	۱۷-۲ محاسبه وزن مواد عایق
۸۶	۱-۱۷-۲ مثال ۱۲-۲
۸۸	۱۸-۲ محاسبه دین مجاری
۸۸	۱-۱۸-۲ مثال ۱۳-۲
۸۹	۱۹-۲ محاسبه وزن روس
۸۹	۱-۱۹-۲ مثال ۱۴-۲
۸۹	۲۰-۲ محاسبه وزن ورق فولاد
۸۹	۱-۲۰-۲ مثال ۱۵-۲
۸۹	۲۱-۲ محاسبه وزن صفحات موج دار رادیاتور
۸۹	۱-۲۱-۲ مثال ۱۶-۲
۹۰	۲۲-۲ محاسبه هزینه مواد اصلی ترانسفورماتور
۹۰	۱-۲۲-۲ مثال ۱۷-۲
۹۰	۲۳-۲ محاسبه هزینه ساخت ترانسفورماتور
۹۱	۱-۲۳-۲ مثال ۱۸-۲
۹۲	منابع و مراجع
۹۳	بخش ۲: روش های ارزیابی و بهینه سازی
۹۳	فصل سوم: محاسبات عددی
۹۳	چکیده
۹۴	۱-۳ مقدمه

۹۴	۱-۳ مسائل مغناطیسی ساکن
۹۵	۱-۳ روش حل مسائل ایستای مغناطیسی
۹۵	۱-۲-۱ روش های تحلیلی
۹۵	۱-۲-۲ روش های عددی
۹۵	۲-۳ روش اجزاء محدود
۹۵	۱-۲-۳ مقدمه
۹۶	۲-۲-۳ کاربرد روش اجزاء محدود در مهندسی قدرت
۹۶	۳-۲-۳ حل مسائل ایستای مغناطیسی خطی
۱۰۰	۱-۳-۲-۳ مثال ۱-۲
۱۰۷	۴-۲-۳ حل مسائل ایستای مغناطیسی غیرخطی
۱۰۸	۱-۴-۲-۳ مثال ۲-۳
۱۱۲	منابع و مراجع
۱۱۵	فصل چهارم: دسته بندی و پیش بینی
۱۱۵	چکیده
۱۱۶	۱-۴ مقدمه
۱۱۶	۲-۴ آموزش خودکار
۱۱۶	۳-۴ داده کاوی
۱۱۷	۱-۳-۴ ارائه
۱۱۷	۲-۳-۴ انتخاب اسنادها
۱۱۷	۳-۳-۴ انتخاب مدل
۱۱۷	۴-۳-۴ تفسیر و تصدیق
۱۱۷	۵-۳-۴ استفاده از مدل
۱۱۸	۴-۴ مجموعه آموزش و مجموعه آزمون
۱۱۸	۱-۴-۴ دسته بندی

۱۱۸	۲-۴-۲ پیش‌بینی
۱۱۹	۵-۴ درخت تصمیم‌گیری
۱۱۹	۱-۵-۴ مقدمه
۱۲۰	۲-۵-۴ کاربرد در سیستم قدرت
۱۲۰	۳-۵-۴ مشخصه‌های کلی
۱۲۲	۴-۵-۴ استقراء از بالا و پایین
۱۲۲	۵-۵-۴ قاعده در نیمه کردن بهینه
۱۲۵	۶-۵-۴ قاعده توقف دو نیمه کردن
۱۲۶	۷-۵-۴ ساخت الگوریتم درخت تصمیم‌گیری
۱۲۷	۸-۵-۴ مثال ۱-۴
۱۳۱	۹-۵-۴ مثال ۲-۴
۱۳۵	۶-۴ شبکه‌های عصبی مصنوعی
۱۳۵	۱-۶-۴ مقدمه
۱۳۶	۲-۶-۴ کاربرد شبکه‌های عصبی در سیستم قدرت
۱۳۶	۳-۶-۴ انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی
۱۳۷	۴-۶-۴ مدل ریاضی عصب
۱۳۸	۵-۶-۴ معماری ANN
۱۳۹	۶-۶-۴ آموزش ANN
۱۴۱	۱-۶-۶-۴ مثال ۳-۴
۱۴۷	۲-۶-۶-۴ مثال ۴-۴
۱۴۸	۷-۶-۴ آرایش شبکه عصبی مصنوعی
۱۵۰	۸-۶-۴ مثال ۵-۴
۱۵۲	۷-۴ دسته‌بند دوگانه درخت تصمیم‌گیری دوگانه و شبکه عصبی
۱۵۳	۷-۱-۴ مثال ۶-۴