هندبوک جامع ماشین‌های الکتریکی

مؤلفان:
مهندس حامد ملکی
دکتر ایمان سریری

سرشناسه: ملکی، حامد، ۱۳۶۲-
عنوان و نام پدیدآور: هندبوک جامع ماشین‌های الکتریکی/مولفان حامد ملکی ، ایمان سریری.
مشخصات نشر: تهران : نوآور، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری: ۶۲۸ص.
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۷۰۵-۱
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: کتابنامه: ص.۶۲۵ - ۶۲۸.
موضوع: ماشین‌های الکترونیک -- نگهداری و تعمیر -- دستنامه‌ها
موضوع: Electronic apparatus and appliances -- Maintenance and repair -- Handbooks, manuals, etc.
شناسه افزوده: سریری آجیلی، ایمان، ۱۳۵۹-
رده بندی کنگره: ۲/۷۸۷۰TK
رده بندی دیویی: ۳۸۱۵۴/۶۲۱
شماره کتابشناسی ملی: ۹۱۷۱۲۹۴
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا

هندبوک جامع ماشین‌های الکتریکی

مولفان: مهندس حامد ملکی، دکتر ایمان سریری
ناشر: نوآور
شمارگان: ۱۰۰ نسخه
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۷۰۵-۱

نشرنوآور

مرکز پخش:
نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه اول، واحد ۳ تلفن: ۹۲ـ ۶۶۴۸۴۱۹۱، www. noavarpub. com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

صفحه رسمی انتشارات نوآور در شبکه‌های اجتماعی
@Noavarpub

فـهرست مطالب

مقدمه ۱۱

فصل اول: ترانسفورماتورهای تک‌فاز ۱۳
مقدمه ۱۴
کاربردهای ترانسفورماتور تکفاز ۱۵
محاسبات ولتاژ بی‌باری ترانسفورماتور ۱۵
رابطه اساسی ترانسفورماتور ایده‌ال ۱۶
دسته‌بندی ترانسفورماتور ایده‌آل و واقعی: ۲۰
کوپلینگ سیم‌پیچ‌ها ۲۰
محاسبه مقادیر RP و XP ۲۱
مولفه‌های جریان حالت بی‌باری ۲۲
ضریب توان ترانسفورماتور در حالت بی‌باری ۲۳
مفهوم میدان پراکندگی در یک ترانسفورماتور ۲۳
مشخصه و علامت پراکندگی میدان در اولیه ۲۴
اندوکتیویته معادل پراکندگی یک ترانسفورماتور ۲۴
مفهوم درصد ولتاژ اتصال کوتاه ۲۵
اهداف مدار معادل ترانسفورماتور ۲۶
اجزای مدار معادل یک ترانسفورماتور ۲۶
وقوع اتصال کوتاه در ترانسفورماتور ۲۷
دلایل افزایش جریان در هنگام وصل ترانسفورماتور ۲۸
راندمان ترانسفورماتور ۲۸
محاسبات تلفات آهنی ۲۹
محاسبات تلفات مسی ۲۹
نمایش انواع تلفات در ترانسفورماتور ۳۰
دیاگرام برداری بی‌باری ترانسفورماتور ایده‌آل ۳۰
دیاگرام برداری با باری ترانسفورماتور ایده‌آل ۳۱
تحلیل رگولاسیون ولتاژ ۳۱
ولتاژ اتصال کوتاه UK% و جریان اتصال کوتاه **IKD** ۳۳
محاسبه افت ولتاژ کلی در ترانسفورماتور **Δu** ۳۶
ضریب بهره یا راندمان در ترانسفورماتوردر بار نامی ۳۷
منحنی‌های راندمان سالیانه یک ترانسفورماتور ۳۹
راندمان ماکزیمم در ترانسفورماتور ۴۰
راندمان در ترانسفورماتور در بارهای کمتر از بار نامی ۴۰
محاسبه افت ولتاژ کلی در بارهای کمتر از بار نامی **ΔuK%** ۴۱
شرط راندمان ماکزیمم در چه ضریب باری رخ می‌دهد ۴۲
منحنی راندمان به ازای تغییرات بار ۴۳
درصد تنظیم ولتاژ در ترانسفورماتورهای قدرت **VR%** ۴۴
سه حالت در تنظیم ولتاژ ترانسفورماتور VR ۴۵
سه حالت مهم در افت ولتاژ Δu ۴۵
ضریب بهره سالیانه در ترانسفورماتور **ηAD** ۴۶
راندمان شبانه روزی ۴۶
محاسبه افت ولتاژهای اهمی و پراکندگی با استفاده از **UK** در آزمایش اتصال کوتاه ۴۸
مدار معادل ترانسفورماتور ۵۰
ترانسفورماتور صرفه‌ای (اتو ترانسفورماتور) ۵۵
نام‌گذاری سیم‌پیچ‌های اتو ترانسفورماتور ۵۸
مفهوم توان عبوری در اتوترانسفورماتور ۵۸
کاربردهای اتوترانسفورماتورها ۶۰
تبدیل ترانسفورماتور معمولی به ترانسفورماتور صرفه‌ای یا اتوترانسفورماتور ۶۰
ترانسفورماتور ایزوله ۷۰
حذف اضافه ولتاژها ۷۲
نویز حالت مشترک ۷۳
مشخصات فنی ترانسفورماتور ایزوله بیمارستان بر اساس نشریه ۸۹ ..... ۷۴
مسائل فصل اول ۷۷

فصل دوم: ترانسفورماتورهای سه فاز ۸۶
مقدمه ۸۷
اتصال ستاره ۸۷
اتصال مثلث ۸۷
اتصال زیگزاگ ۸۸
اتصال **V** ۸۹
ویژگی‌های انواع اتصالات ترانسفورماتور ۹۰
اتصال ستاره یا Y ۹۰
اتصال زیگزاگ یا Z ۹۰
اتصال مثلث یا D ۹۰
گروه‌های ترانسفورماتورهای سه فاز و روش محاسبه ضرایب تبدیل در آنها ۹۰
روش تست گروه برداری ۹۵
بررسی مزایا و معایب ترانسفورماتورها ۱۰۰
مزایای اتصال ستاره- ستاره ۱۰۰
معایب اتصال ستاره- ستاره ۱۰۰
مزایای اتصال Y-Δ ۱۰۰
معایب اتصال Y-Δ ۱۰۰

مزایای اتصال مثلث–ستاره ۱۰۱
معایب اتصال مثلث–ستاره ۱۰۱
مزایای اتصال مثلث–مثلث ۱۰۱
معایب اتصال مثلث– مثلث ۱۰۲
اتصال زیگزاگ ۱۰۲
محاسبات ضرایب تبدیل درترانسفورماتورهای سه فاز ... ۱۰۴
الف– ضریب تبدیل اتصال ستاره ستاره: ۱۰۵
ب– ضریب تبدیل اتصال مثلث مثلث: ۱۰۵
پ– ضریب تبدیل اتصال ستاره مثلث: ۱۰۵
ت– ضریب تبدیل اتصال مثلث ستاره: ۱۰۶
ث– ضریب تبدیل اتصال مثلث زیگزاگ: ۱۰۶
ج– ضریب تبدیل اتصال ستاره زیگزاگ: ۱۰۶
کاربردهای خاص گروه‌های برداری مختلف ۱۰۹
موازی کردن ترانسفورماتورهای سه فاز ۱۱۱
تحلیل امپدانس داخلی با ولتاژ اتصال کوتاه ۱۱۷
تشریح امپدانس نشتی ۱۱۸
تحلیل ولتاژ اتصال کوتاه برآیند در ترانسفورماتورموازی ۱۲۲
مقادیر مقاومت، راکتانس و امپدانس برای ترانسفورماتورهای توزیع معمولی ۴۰۰ ولت ۱۲۵
مطالعات اتصال کوتاه ۱۲۷
محاسبهٔ جریان اتصال کوتاه به صورت توابعی از پارامترهای شبکه (هندبوک ABB) ۱۲۸
اتصال کوتاه، انتخاب وسیله حفاظتی ۱۳۰
اساس حلقه اتصال کوتاه سیستم TN درحالات مختلف ۱۳۱
نقش نسبت X/R در ارزیابی عملکرد اتصال کوتاه قطع کننده مدار ۱۳۲
جریان خطای متقارن (یعنی بدون افستDC) ۱۳۳
ملاحظات برای ارزیابی کلیدهای قدرت ۱۳۴
نتیجه‌گیری ۱۳۶
محاسبات اتصال کوتاه شبکه ۱۳۶
محاسبات اتصال کوتاه ژنراتور ۱۳۷
محاسبات اتصال موتورهای سه فاز آسنکرون ۱۳۸
محاسبات اتصال کوتاه ترانسفورماتور ۱۳۸
محاسبات اتصال کوتاه کابل ۱۳۹
تشریح قدرت اتصال کوتاه در کابل ها ۱۳۹
محاسبات قدرت قطع کلیدها و وسایل حفاظتی ۱۴۲
محاسبات قدرت قطع کلیدهای حفاظتی تابلو ترانسفورماتور (اثر موتور) ۱۴۳
محاسبه قدرت قطع کلیدها در شرایط ترانسفورماتور موازی ۱۴۴
بررسی جریان متعادل کننده در ترانسفورماتوهای موازی ۱۴۹
بررسی امپدانس ولتاژ مساوی و در حد تلرانس‌های مجاز ۱۵۱
تخمین اتصال کوتاه و روش محاسبات آن ۱۵۴
ساختار ترانسفورماتورها ۱۵۶
ترانسفورماتور هرمتیک (HERMETICALLY SEALED TYPE) ۱۵۷
ترانسفورماتورهای هرمتیک با بالشتک گازی (رادیاتوری) ۱۵۷
ترانسفورماتورهای هرمتیک روغنی(پره‌ای) ۱۵۹
ساختمان ترانس‌های قدرت روغنی (CONSERVATOR TANK) ۱۶۰
ترانسفورماتور خشک رزینی ۱۶۲
ترانسفورماتور آغشته شده فشار خلاء VPI (VACUUM PRESSURE IMPREGNATED) ۱۶۲
کاربرد ترانسفورماتور خشک ۱۶۳
هسته و سیم‌پیچ‌ها ۱۶۶
انواع سیم پیچ مورد استفاده برای ترانسفورماتور نوع هسته ۱۶۷
سیم‌پیچ‌های استوانه‌ای ۱۶۷
سیم‌پیچ‌های حلزونی ۱۶۸
سیم‌پیچ متقاطع ۱۷۰
سیم‌پیچی دیسک و دیسک پیوسته ۱۷۱
سیم‌پیچ برای ترانسفورماتور نوع پوسته ۱۷۱
سیم‌پیچ نوع ساندویچ ۱۷۱
نقش مخزن روغن یک ترانسفورماتور ۱۷۲
اکتیو پارت ترانسفورماتور ۱۷۲
نقش منبع انبساط در ترانسفورماتور ۱۷۳
رله بوخهولتز ۱۷۴
اصل کار رله بوخهولتز ۱۷۵
ساخت رله بوخهولتز ۱۷۶
عملیات رله بوخهولتز ۱۷۶
محدودیت‌های رله بوخهولتز ۱۷۶
عوامل به کار افتادن رله بوخهولتز ۱۷۶
گام نخست آژیر ۱۷۶
گام دوم (برش) ۱۷۷
عملکرد رله بوخهلتز در خطاهای کوچک ۱۷۷
ترمینال‌های رله بوخهلتز ۱۷۹
سیم‌کشی رله بوخهلتز ۱۸۰

نصب رله بوخهلتز ۱۸۱
دستورالعمل نصب و راه‌اندازی ۱۸۲
محافظ ۱۸۲
رلـه درجـه حـرارت روغـن:(OIL TEMPERATURE RELAY) ۱۸۳
الف- نوع مستقیم ۱۸۴
ب- نوع از راه دور ۱۸۴
رله درجه حرارت سیم‌پـیچ‌هـا (WINDING TEMPERATURE RELAY) ۱۸۵
شیر فشارشکن یا شیر اطمینان PRV ۱۸۷
فشار سنج ترانسفورماتور ۱۸۹
تپ چنجر ۱۹۰
تپ چنجر ترانسفورماتور خشک ۱۹۸
ساعت تپ چنجر ۱۹۹
De-Energized Tap Changer (DETC) ۱۹۹
Load Tap Changer (LTC) ۲۰۰
بوشینگ ترانسفورماتور ۲۰۳
نوع اول بوشینگ ترانسفورماتور با عایق پرسلان ۲۰۳
نوع دوم بوشینگ ترانسفورماتور با عایق رزین ۲۰۳
نوع سوم بوشینگ ترانسفورماتور با عایق کاغذی ۲۰۴
رطوبت‌گیر (DEHUMIDIFIER) ۲۰۵
روغن‌نما یـا MOG IN TRANSFORMER (MAGNETIC OIL LEVEL GAUGE) ۲۰۷
الف- مانیتورینگ محلی – شیشه گیج ۲۰۷
ب- نظـارت محلـی و از راه دور – گـیج روغـن مغناطیسـی (MOG) ۲۰۷
مزایای گیج سطح مغناطیسی ۲۰۹
روغن نمای چشمی (Glass Sight) ۲۰۹
پیچ اتصال بدنه ۲۱۰
جعبه ترمینال ۲۱۰
جرقه‌گیر ترانسفورماتور ۲۱۱
کفشک ترانسفورماتور ۲۱۳
بلسن مقره ۲۱۴
درپوش منبع انبساط ترانسفورماتور ۲۱۵
درپوش و مغزی شیر تخلیه روغن ترانسفورماتور ۲۱۵
چرخ ۲۱۶
رله فشار ناگهانی (SUDDEN PRESSURE RELAY). ۲۱۶
رلـه چنـد منظـوره DGPT2 یـا MULTI-FUNCTION RELAY ۲۱۹
D.M.C.R. PROTECTION RELAY FOR OIL) DMCR TRANSFORMER) ۲۲۳
امکانات D.M.C.R ۲۲۳
سیستم‌های خنک کننده ترانسفوماتور ۲۲۵
عمر عایقی ترانسفورماتور ۲۲۸
عوامل موثر بر خرابی عایق ترانسفورماتور ۲۲۹
۱- دما ۲۲۹
۲- رطوبت ۲۲۹
۳- حالت حفاظت از روغن ۲۳۰
۴- تأثیرات ولتاژ اضافی ۲۳۰
۵- اثرات الکترومکانیکی اتصال کوتاه ۲۳۰
صدا در ترانسفورماتور ۲۳۰
مغناطیس انقباض چیست؟ ۲۳۰
تکنیک‌های کاهش نویز ترانسفورماتور ۲۳۱
رابطه بین نویز ترانسفورماتور بار ۲۳۱
آیا صدای ترانسفورماتور با افزایش سن افـزایش مـی‌یابـد؟ ۲۳۱
دمای نقاط داغ ترانسفورماتور ۲۳۲
روغن ترانسفورماتور ۲۳۵
انواع ترانس‌های قدرت از نظر عایق‌بندی ۲۳۶
روغن معدنی ترانسفورماتور چیست؟ ۲۳۷
خصوصیات روغن ترانسفورماتور ۲۳۷
استانداردهای روغن ترانسفورماتور ۲۳۸
مشخصات روغن ترانسفورماتور ۲۳۸
خصوصیات شیمیایی روغن ترانسفورماتور ۲۳۸
خصوصیات فیزیکی روغن ترانسفورماتور ۲۳۹
گاز SF6 ..... ۲۴۰
خاصیت خود ترمیمی گاز SF6 ..... ۲۴۱
ارزیابی محتوای آب در کاغذ عایق ترانسفورماتورهای قدرت ۲۴۲
اصول خشک کردن ترانسفورماتورهای قدرت ۲۴۳
روش‌های فیلتر نمودن ۲۴۴
الف- روش‌های Off-line ۲۴۴
ب- روش‌های نوین (روش‌های در حین کار) ۲۴۴
کات اوت فیوز ۲۴۵
تأثیر ارتفاع از سطح دریا در محاسبات ظرفیت ترانسفورماتور ۲۴۹
بارگیری بـیش از ظرفیـت ترانسـفورماتور اضـافه بـارگیری ترانسفورماتورهای روغنی استاندارد IEC۶۰۰۷۶-۷ ..... ۲۵۰
دمای محیط نصب ترانس ۲۵۰
ارتفاع منطقه جغرافیایی نصب ترانس خشـک از سـطح دریـا ۲۵۱
ایربـگ ترانسـفورماتور (RUBBER AIR CELL FOR

CONSERVATOR) ۲۵۱
رله ایربگ ۲۵۳
مقاومت ترانس در برابر زلزله ۲۵۴
شوک ضربه برای ترانس‌ها ۲۵۴
انحراف از شاقول(تراز عمودی) برای ترانس ۲۵۴
بازده ترانس در دمای ۷۵ درجه سلسیوس در حالت ONAN ۲۵۴
۴ حالت بارداری مورد نیاز ۲۵۴
تلفات ترانسفورماتور ۲۵۴
ترانسفورماتور (مراقبت و نگهداری) ۲۵۵
انتخاب ترانسفورماتور و تابلو و کابل بر اساس توان درخواستی ۲۵۵
رله جانسون (JOHNSON RELAY) ۲۵۶
رله دیفرانسیل(DIFFERENTIAL RELAY) ۲۵۶
رله حفاظتی REF یا RESTRICTED EARTH FAULT ۲۵۷
حفاظت از خطای زمین محدود ترانسفورماتور ۲۵۷
عملکرد انواع رله‌ها و آلارم‌های هشدار ۲۵۹
Differential Relay ۲۵۹
E/F PROT TRIP ۲۶۰
OVER FLUX PROT ۲۶۰
ZERO VOLTAG ۲۶۱
R.E.F PROT ۲۶۱
SC PROT ۲۶۲
WINDING TEMP ۲۶۲
GT BUCHHOLZ STAGE 1 ALARM ۲۶۳
GTOIL TEMP STAGE 1 ALARM ۲۶۳
GT OIL LEVEL ABNORMAL ۲۶۳
GT RELIEF VENT ALARM ۲۶۳
WINDING TEMP STAGE 1 ALARM ۲۶۳
OVER FLUX PROT ALARM ۲۶۳
OIL LEVEL ABNORMAL ۲۶۴
RELIEF VENT ALARM ۲۶۴
OIL TEMP STAGE 1 ALARM ۲۶۴
OLTC SUPPLY FAIL ۲۶۴
OLTC INCOMPLET ۲۶۴
ترانسفورماتور زمین ۲۶۵
روش‌های جبران افت ولتاژدرشبکه‌های توزیع ۲۶۷
الف) استفاده از تپ چنجر ۲۶۷
ب)استفاده از خازن ۲۶۸
ج) اتوبوستر ۲۶۹
تشریح عملکرد اتوبوستر در شبکه شعاعی ۲۷۲
ترانسفورماتور ایزوله سه فاز ۲۷۳
روش عملکرد ۲۷۴
ترانسفورماتور سه سیم‌پیچه ۲۷۶
کویل پترسون ۲۷۷
طراحی اتاق ترانس ۲۷۸
شرایط اتاق انواع ترانس (مبحث۱۳ویرایش سال ۹۵) ۲۷۹
انتخاب محل و جهت اتاق ترانسفورماتور ۲۸۴
ابعاد اتاق ترانسفورماتور ۲۸۵
اجزای اتاق ترانسفورماتور(پله، درب، کانال، حائل آتش، مخزن روغن، نحوه نصب) ۲۸۶
شرایط اتاق ترانس (نشریه ۱۱۰) ۲۸۹
نصب ترانسفورماتور درخارج ساختمان و در روی زمین ... ۲۸۹
ضوابط طراحی تهویه اتاق ۲۹۱
محاسبه مقاومت در مجرای هوا و مقطع تهویه ۲۹۵
فن اتاق‌های تابلو و ترانسفورماتور ۲۹۶
روش‌های محاسبه ۲۹۷
مکان‌های باز تهویه ۲۹۸
نوع دهانه‌های تهویه ۲۹۹
تهویه اتاقک MV ۲۹۹
پلاک مشخصات ترانسفورماتور توزیع ۲۹۹
چک لیست نگهداری ترانس قدرت– ترانس جریان– ترانس ولتاژ ۳۰۲
تعمیر ترانس ۳۰۲
چک لیست نگهداری ماهانه ترانس ۳۰۲
نگهداری روزانه ترانسفورماتور ۳۰۳
چک لیست سالانه نگهداری ترانسفورماتور ۳۰۳
بخش اول ۳۰۳
بخش دوم ۳۰۳
اقداماتی که باید ۲ سال یک بار انجام شود (چک لیست‌های ۲ سال یک بار ترانس): ۳۰۴
نگهداری نیم سالانه ترانس (شش ماهه) ترانس ۳۰۴
نگهداری ترانس جریان ۳۰۴
نگهداری از CT که در یک بازه یک ساله ۳۰۴
نگهداری شش ماهه ترانس جریان نیز وجود دارد بعنوان مثال: ۳۰۵
اکنون ما در مورد نگهداری ماهانه ترانس جریان بحث خواهیم کرد. ۳۰۵
نگهداری ترانس ولتاژ و ترانس ولتاژ خازنی ۳۰۵
نگهداری سالانه ترانس ولتاژ یا ترانس ولتاژ خازن ۳۰۵
تفاوت ترانس نرمال و ترانس‌های کم تلفات ۳۰۶
تجهیزات اصلی ترانس کم تلفات ۳۰۷

تست‌های ترانسفورماتور ۳۰۹
تست‌های نوعی ۳۰۹
تست‌های خاص ۳۱۰
تست پاسخ فرکانسی(FRA) ۳۱۰
بازدید حین کارکرد ۳۱۰
نگهداری حین کارکرد ۳۱۰
بازرسی و عیب‌یابی در زمان خاموشی ۳۱۰
روغن ترانسفورماتور ۳۱۱
بوشینگ‌ها و محل اتصالات ۳۱۱
کلید تنظیم ولتاژ ۳۱۱
حفاظت سطوح بیرونی ۳۱۲
واشرهای آب بندی ۳۱۲
شرحی بر استاندارد IEC 60076 ۳۱۲
استاندارد IED 60076 و درصد اضافه تحریک ۳۱۲
استاندارد IEC 60076 و اصول بارگذاری ترانسفورماتور ۳۱۳
بهره‌برداری تحت شرایط غیر استاندارد ۳۱۳
انواع بارگیری از ترانسفورماتور ۳۱۳
الف- بارگیری دوره‌ای عادی ۳۱۳
ب- بارگیری کوتاه مدت اضطراری ۳۱۴
ج- بارگیری طولانی مدت اضطراری ۳۱۴
اثرات بارگیری بیش از قدرت ترانسفورماتور ۳۱۴
عوامل موثر در طول عمر مفید ترانسفورماتور ۳۱۴
سیستم اطفاء حریق در ترانسفورماتور ۳۱۵
علل آتش‌سوزی در ترانسفورماتورها ۳۱۵
سیستم اطفاء حریق ۳۱۵
انواع سیستم حفاظت از حریق ترانسفورماتور ۳۱۶
استفاده از گازها ۳۱۷
طرح‌های اجرایی دیوار آتش ۳۱۸
جمع‌بندی روابط ترانسفورماتور ۳۲۰
مسائل فصل دوم ۳۲۵

فصل سوم: موتورهای الکتریکی سه فاز ۳۳۰
تقسیم‌بندی موتورهای الکتریکی ۳۳۱
میدان دوار و لغزش در ماشین‌های القای ۳۳۲
اثر لغزش بر مدار رتور ۳۳۴
محاسبه تلفات مسی (ژولی) در رتور ماشین القای ۳۳۸
محاسبات گشتاور در ماشین القای ۳۳۸
شرط حداکثر شدن گشتاور راه‌اندازی در موتور رتور سیم‌پیچی ۳۴۵
رتور مسی یا آلومینیومی در ماشین القای ۳۴۸
راه‌اندازی ستاره – مثلث در ماشین‌های القای ۳۴۹
اندازه‌گیری مقاومت در اتصال ستاره – مثلث با آزمایش **dc** ۳۴۹
تحلیل بارداری در موتورهای القای ۳۵۰
۱) تلفات مسی استاتور ۳۵۰
۲) تلفات مسی رتور ۳۵۰
۳) تلفات آهنی **PFe** ۳۵۰
۴) تلفات مکانیکی **Pmec** ۳۵۰
سایر جزئیات نمودار توازن ۳۵۱
تشریح تلفات ثابت وتلفات متغیر ماشین القایی ۳۵۲
۱) تلفات مسی استاتور ۳۵۲
۲) تلفات مسی رتور ۳۵۲
۳) تلفات آهنی **PFe** ۳۵۲
۴) تلفات مکانیکی **Pmec** ۳۵۲
روش‌های راه‌اندازی موتور القایی سه فاز ۳۶۷
راه‌اندازی با اتوترانسفورماتور (واریاک یا کمپانساتور) – AUTO-TRANSFORMER STARTING ۳۷۳
گشتاور و موتور ۳۷۵
اتصالات ترمینال موتور القایی ۳۸۰
مقایسه موتور القایی رتور قفسی و رتورسیم‌پیچی شده ۳۸۰
ناحیه کاری موتور القایی ۳۸۱
شباهت موتور القایی رتور قفسی چه شباهتی با ترانسفورماتور ۳۸۲
تغییر دور در صورت افزایش بار موتورهای القایی ۳۸۲
هدف از ساختن رتورهای دو قفسی ۳۸۲
کاربردهای موتورهای القایی رتورقفسی و رتور سیم پیچی شده ۳۸۳
مقدار مقاومت راه اندازی در موتورهای القایی رتور سیم پچی شده ۳۸۳
منحنی‌های کاربردی موتور القایی ۳۸۳
پلاک الکتروموتور ۳۸۴
پلاک موتور القایی ۳۸۵
کلاس حرارتی عایقی موتور: ۳۸۶
محدوده کلاس عایقی و افزایش دما ۳۸۷
حفاظت عمومی موتور ۳۸۷
انواع رژیم‌های کارکرد یا چرخه کار الکتروموتور (DUTY TYPES) ۳۸۸
۱- S1:کارکرد پیوسته یکنواخت ۳۸۸
۲- S2:کارکرد کوتاه مدت ۳۸۹
۳- S3:کارکرد غیر دایمی تناوبی ۳۹۰
۴- S4:کارکرد غیر دایم تناوبی به همراه راه‌اندازی نسبتاً طولانی در ابتدای هر استارت ۳۹۰

۵- S5:کارکرد غیر دایم تناوبی به همراه راه‌اندازی نسبتاً طولانی در ابتدای هر استارت به همراه استفاده از ترمز الکتریکی ۳۹۱
۶- S6: کارکرد پیوسته بصورت پریودیک ۳۹۲
۷- S7:کارکرد پیوسته بصورت پریودیک به همراه ترمز الکتریکی برای توقف ۳۹۲
۸- S8:کارکرد پیوسته به همراه تغییرات سرعت بار ۳۹۳
۹- S9:کارکرد غیر پریودیک بار به همراه تغییرات سرعت در بار ۳۹۴
۱۰- S10:کارکرد با باری که دارای مقادیر متفاوت ولی ثابتی باشد ۳۹۴
مقدار متوسط توان، گشتاور و جریان ۳۹۶
ضریب سرویس S.F (SERVICE FACTOR) ۳۹۷
محدوده ولتاژ و فرکانس موتور ۳۹۹
مصرف انرژی ۴۰۰
محاسبه صرفه جویی در هزینه ۴۰۶
نوع نصب ۴۰۶
فریم سایز یا سایز فریم موتور ۳ فاز ۴۱۳
کلاس‌های موتور القایی ۴۱۹
طرح کلاس A ۴۲۰
طرح کلاس B ۴۲۰
طرح کلاس C ۴۲۱
طرح کلاس D ۴۲۱
Frame Size ۴۲۵
Degree of Protection ۴۲۵
Temperature Rise ۴۲۶
محاسبات جریان روتور قفل شده از روی پلاک موتور ۴۲۷
نحوه محاسبات زمان راه‌اندازی الکتروموتورهای القایی ۴۲۹
روش تقریبی محاسبه زمان راه‌اندازی موتورهای القایی ۴۳۱
تنظیمات رله برای موتور اصلاح شده با خازن ۴۳۲
مقدمه ۴۳۲
پیاده‌سازی‌های فنی ۴۳۳
جریان نامی موتور اصلاح شده ۴۳۳
تنظیمات رله برای یک موتور با ضریب قدرت خازن اصلاح شده ۴۳۴
سطح مقطع کابل‌های منبع تغذیه ۴۳۵
تعیین میزان افت ولتاژ الکتروموتورها در سیستم توزیع ۴۳۶
حداکثر حدود افت ولتاژ ۴۳۶
موتور دالاندر DAHLANDER MOTOR ۴۴۸
تاورکرین یا جرثقیل برجی ۴۵۴
کاربردهای تاورکرین ۴۵۶
قطعات تاور کرین ۴۵۶
قطعات پایه تاور کرین ۴۵۷
سکشن‌های ارتفاعی تاور کرین ۴۵۷
قطعه ارتفاع‌دهنده تاورکرین ۴۵۷
گردان تاور کرین ۴۵۷
کله قندی یا تاج تاور کرین ۴۵۷
جیب یا فلش ۴۵۷
کانتر جیب یا کن فلش ۴۵۷
کابین اپراتور ۴۵۸
ترولی یا کالسکه حرکت ۴۵۸
سیستم حرکت ترولی ۴۵۸
سیستم هویست یا الکترو موتور قلاب ۴۵۸
سیستم قلاب یا هوک تاور کرین ۴۵۸
تابلوی کنترل ۴۵۸
سنسورها ۴۵۹
انواع تاور کرین: ۴۵۹
الکتروموتور تاورکرین ۴۵۹
انواع الکتروموتورهای تاورکرین ۴۶۲
- الکترو گیربکس قلاب ۴۶۲
- الکترو گیربکس شاریوت ۴۶۲
- الکترو گیربکس گردان ۴۶۲
الکتروموتور آسانسور ۴۶۳
آسانسورهای کششی ۴۶۴
موتور گیربکس تک سرعته (3VF) ۴۶۴
موتور گیربکس دو سرعته (AC2) ۴۶۵
موتور گیرلس آسانسور ۴۶۷
موتور آسانسور هیدرولیک ۴۷۱
موتور هیدرولیکی مغروق در روغن ۴۷۳
موتور هیدرولیکی خشک-هوا خنک ۴۷۳
موتور آسانسور پنوماتیک ۴۷۴
آسانسور مغناطیسی (LINEAR SYNCHRONOUS MOTOR) ۴۷۶
سایزبندی الکتروموتورها ۴۷۹
روش انتخاب ۴۷۹
محاسبات اندازه موتور ۴۸۰
۱- Load Torque Calculation - Ball Screw Drive ۴۸۰
۲- Load Torque Calculation - Pulley Drive ۴۸۱
۳- conveyor ۴۸۱
رایج‌ترین بارهای موتورهای ۴۸۲
طبقه‌بندی گشتاورهای بار ۴۸۳
۱- گشتاور ثابت ۴۸۵
۲- گشتاور درجه دوم ۴۸۶

۳- توان ثابت ۴۸۶
۴- نسبت توان گشتاور ثابت ۴۸۷
۵- تقاضای گشتاور راه‌اندازی زیاد ۴۸۷
سیستم‌های انتقال نیرو ۴۸۷
الف- سیستم انتقال نیرو تسمه‌ای ساده ۴۸۷
ب- سیستم انتقال تسمه دوبل ۴۸۸
ج- سیستم انتقال چرخ‌دنده‌ای ساده ۴۸۹
د- سیستم انتقال چرخ‌دنده‌ای دوبل ۴۹۰
ه- سیستم انتقال نیرو حلزونی ۴۹۰
پمپ ۴۹۱
معادله انرژی: محاسبه افزایش هد از طریق پمپ ۴۹۲
ساده‌سازی فرمول ۴۹۳
محاسبه افزایش واقعی هد ۴۹۳
محاسبه کار مخصوص پمپ ۴۹۳
پارامترهای پمپ ۴۹۴
منحنی‌های عملکرد پمپ ۴۹۶
مسائل فصل سوم ۴۹۸
پرسش‌های تحقیقی ۵۰۳

فصل چهارم: موتورهای الکتریکی تکفاز ۵۰۶

اصول کارکرد موتور القایی تک فاز ۵۰۷
روش‌های ایجاد موتور القایی تکفاز خود راه‌انداز ۵۰۸
گشتاور اولیه ۵۰۹
مقایسه موتورهای القایی تک فاز و سه فاز ۵۰۹
روابط سرعت و قدرت و گشتاور در موتور تکفاز ۵۱۰
راه‌اندازی الکتروموتورهای سه فاز با جریان تکفاز ۵۱۵
انواع موتورهای تکفاز ۵۱۹
الف: موتور با خازن راه‌انداز ۵۱۹
کاربردهای موتور استارت خازن ۵۲۱
ب: موتور با خازن دائم کار ۵۲۱
مزایای موتور خازن اسپلیت دائمی ۵۲۲
محدودیت‌های موتور خازن دائمی ۵۲۲
کاربردهای موتور خازن دائمی ۵۲۲
پ: موتور دو خازنی ۵۲۳
ت: موتور فاز شکسته یا راه‌انداز مقاومتی ۵۲۵
کاربردهای موتور القایی فاز اسپلیت ۵۲۷
ث: موتور قطب چاکدار ۵۲۷
تشریح عملکرد موتور قطب چاکدار ۵۲۹
اصل کار موتور قطب سایه‌دار: ۵۳۰
ج: موتور رلوکتانسی ۵۳۳
چ-موتور سروو ۵۳۴
انواع سروو موتور ۵۳۵
روتور قفس سنجابی سروو موتور ۵۳۸
نوع دوم ساختار روتور فنجانی ۵۳۹
ویژگی سرو موتور DC ۵۳۹
سرو موتور سری ۵۳۹
سروو موتور سری چاکدار ۵۳۹
ویژگی سروو موتور AC ۵۴۰
مشخصات فنی شناسایی یک سروو موتور ۵۴۰
ساختار یک سروو موتور ۵۴۱
ح- انکودرها ۵۴۳
انواع انکودر ۵۴۴
انکودر افزایشی (incremental) ۵۴۴
انکودر مطلق (absoluto) ۵۴۵
سیم‌های ABZ در انکودر افزایشی ۵۴۶
سیم‌های ABZ در انکودر افزایشی ۵۴۶
انکودر کالسکه ۵۴۷
اندازه‌گیری حرکت خطی ۵۴۷
انکودر خطی ۵۴۷
خط‌کش اهمی (مقاومت متغیر) ۵۴۸
خط‌کش مغناطیسی (انکودر خطی) ۵۴۸
مزیت سروو موتورها نسبت به استپر موتور ۵۴۸
کاربرد سروموتورها ۵۴۹
انکودر آسانسور ۵۴۹
کاتالوگ انکودر ۲۵۰ پالسه ۵۵۱
خ-موتور یونیورسال ۵۵۲
مشخصه گشتاور سرعت موتور یونیورسال ۵۵۳
طرز کار موتور یونیورسال ۵۵۴
تشریح علمی عملکرد موتور سری ۵۵۵
Emf از میدان اصلی (محور d): ۵۵۶
نمودار فازور موتور سری مدل مدار AC ۵۵۷
گشتاور توسعه یافته: ۵۵۸
ویژگی‌های عملکردی موتورهای سری AC: ۵۵۹
سیم‌پیچ‌های جبرانی و بین قطبی: ۵۵۹
ویژگی‌های سرعت جریان ۵۶۲
مشخصات جریان گشتاور ۵۶۳
مشخصات سرعت گشتاور ۵۶۳
ویژگی‌های قدرت خروجی ۵۶۳
روش‌های کنترل سرعت موتور یونیورسال ۵۶۳
ج) مدار الکترونیکی: ۵۶۴
روش‌های کنترل سرعت موتور یونیورسال ۵۶۵
در مورد روش کنترل چاپر PWM ۵۶۵

تغییر جهت چرخش در موتورهای یونیورسال ۵۶۶
کاربرد موتورهای یونیورسال ۵۶۶
د–بالابر ۵۶۸
انواع کلید فرمان سیار بالابر مصالح ۵۶۹
سه مولفه مهم در انتخاب الکتروموتور بالابر ۵۷۰
تجهیزات بالابر ۵۷۰
ذ– بررسی مدارهای الکتریکی مخصوص موتورهای تکفاز ۵۷۲
۱– طراحی جایگزین کلید گریز از مرکز ۵۷۲
۲– مدار کنترل موتور تکفاز ۵۷۲
۳–نمونه‌های از روش‌های کنترل دور در موتورهای تکفاز با خازن دایم کار ۵۷۳
۴– کنترل سرعت موتور یونیورسال ۵۷۴
پرسش‌ها ۵۷۵

پیوست ۱: تست ۵۸۱
پاسخنامه ۵۸۹

پیوست ۲: جداول کاربردی ۵۹۰

منابع و مآخذ ۶۲۵

لطفاً جهت دریافت **اصلاحات یا الحاقات** احتمالی این کتاب به سایت انتشارات نوآور مراجعه فرمایید.
Noavarpub.com

مقدمه

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی فراهم آورد تا کتاب هندبوک جامع ماشین‌های الکتریکی را به رشته تحریر در آوریم. هدف اصلی برای نوشتن این کتاب تهیه مرجعی کامل و کاربردی برای مهندسان برق در حوزه نظام مهندسی بوده است.

پراکندگی و گستردگی این مطالب در حوزه ماشین‌های الکتریکی با رویکرد نظام مهندسی در این کتاب مرتفع شده است و خواننده را از مراجعه و مطالعه بسیاری از منابع دیگر بی‌نیاز می‌کند. این موضوع در صنعت بسیار کاربردی و مورد توجه کاشناسان برق می‌باشد. در این کتاب سعی شده با کمک تصاویر، جداول و توضیحات تکمیلی درک بهتر و عمیق‌تری برای خواننده فراهم کند. این کتاب بسیار سودمند مشتمل بر چهار فصل بوده که هر فصل به صورت جامع شرح مفصلی بر ماشین‌های الکتریکی است. این فصول عبارتنداز:

فصل ۱: ترانسفورماتورهای تکفاز

فصل۲: ترانسفورماتورهای سه فاز

فصل۳: موتورهای الکتریکی سه فاز

فصل ۴: موتورهای الکتریکی تک فاز

در فصل اول به تحلیل کامل عملکرد و کاربرد ترانسفورماتور تکفاز پرداخته شده است. در این فصل تمام راوبط مهم همراه با حل مثال های متنوع و کاربردی و همچنین تحلیل کامل تست‌ها با مدار معادل، ترانسفورماتور صرفه‌ای و ترانسفورماتور ایزوله شرح داده شده است.

در فصل دوم ترانسفورماتورهای سه فاز، شرح جامع تجهیزات جانبی، معرفی و شرح کار آن‌ها تشریح شده و به بررسی رفتار ترانسفوماتورهای سه فاز با اتصالات گوناگون که در صنعت برق کاربرد بیشتری دارند، می‌پردازد. در این فصل مثال‌های متنوع و کاربردی حل شده و همچنین موارد بسیار زیادی از قبیل گروه‌های برداری، موازی نمودن ترانسفورماتورها، مطالعات اتصال کوتاه، انواع رله‌های حفاظتی، انواع تست‌ها، طراحی اتاق ترانسفورماتور، کویل پترسون، اتوبوستر و بسیار از موارد دیگر شرح داده شده است.

در فصل سوم به تحلیل کامل عملکرد و کاربرد الکتروموتورهای سه فاز پرداخته شده است. در این فصل مثال‌های متنوع با راه حل‌های جدید ارائه شده است. این فصل مرجع خوبی برای پلاک خوانی الکتروموتورها می‌باشد. محاسبات مختلفی از قبیل زمان راه اندازی الکتروموتور سه فاز، تنظیم رله الکتروموتور و... آورده شده است. این فصل به شرح تاورکرین، انواع الکتروموتورهای آسانسور، و محاسبات پمپ‌ها و... می‌پردازد.

فصل چهارم را به تشریح کامل انواع الکتروموتورهای تکفاز اختصاص داده‌ایم. در این فصل به مطالعه انواع الکتروموتورهای تکفاز، سروو موتور و انکودرها و... می‌پردازیم.

پیشنهاد می‌کنیم که این کتاب را همه مهندسین برق در نظام مهندسی، دانشجویان مقاطع مهندسی و دکتری برق و حتی کسانی که در صنعت برق فعالیت می‌کنند مطالعه کنند.

اذعان می‌کنیم که این اثر با تمام تلاشی که برای آن شده عاری از خطا و اشکال نبوده و تذکر اساتید، دانشجویان و مهندسین ما را در رفع نواقص یاری خواهد نمود.

در انتها این اثر را به همسرم تقدیم می کنم که صبوری و تفاهم ، امکان این امر مهم را فراهم نمود.

فراخوان مساعدت فرهنگی و علمی

خوانندهٔ فرهیخته و بزرگوار

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلّفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همّت خود را برای ارائهٔ کتابی درخور و شایستهٔ شما فرهیختهٔ گرامی به‌کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حدّاقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیّت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

بااین‌وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائهٔ اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرّا از نقص و اِشکال دانست. ازسوی‌دیگر، این انتشارت بنابه تعهّدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلّم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، ازهرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشرهٔ خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید.

لذا دراین راستا، از شما فرهیختهٔ گرامی تقاضا داریم درصورتی‌که حین مطالعهٔ کتاب با اشکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش‌شدهٔ خود را با هزینهٔ انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگهٔ جداگانه‌ای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگهٔ مزبور را با ذکر نام و شمارهٔ تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اِعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارترشدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهّدانه و مسئولانهٔ شما خوانندهٔ فرهیخته و گرانقدر، به‌منظور تقدیر و تشکّر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، درصورتی‌که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به‌رسم ادب و قدرشناسی، نسخهٔ دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح‌شدهٔ آن و نیز از سایر کتب منتشرهٔ خود را به‌عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و درصورتی‌که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدّمهٔ چاپ بعدی کتاب نیز از زحمات شما تقدیر می‌شود.

همچنین نشر نوآور و پدیدآورندگان کتاب، از هرگونه پیشنهادها، نظرات، انتقادات و راه‌کارهای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.

نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

www.noavarpub.com

info@noavarpub.com

فصل اول

ترانسفورماتورهای تک‌فاز

مقدمه

ترانسفورماتور یک دستگاه استاتیک الکترومغناطیسی است (بدون بخش‌های متحرک) که انرژی مغناطیسی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. این دستگاه شامل یک هسته مغناطیسی آهنی است که به عنوان بخشی مغناطیسی ترانسفورماتور و سیم‌پیچ مسی به عنوان بخش الکتریکی ترانسفورماتور کار می‌کند. ترانسفورماتور دستگاهی با راندمان بالا است و تلفات آن نیز بسیار کم است زیرا هیچ اصطکاک مکانیکی در داخل آن وجود ندارد. ترانسفورماتورها تقریباً در تمام سیستم‌های الکتریکی از سطح ولتاژ پایین گرفته تا بالاترین سطح ولتاژ مورد استفاده قرار می‌گیرند و تنها با جریان متناوب AC کار می‌کنند، زیرا جریان مستقیم DC هیچ‌گونه القای الکترومغناطیسی ایجاد نمی‌کند. بسته به شبکه الکتریکی که ترانسفورماتور در آن نصب شده، دو نوع ترانسفورماتور یعنی ترانسفورماتور سه‌فاز و ترانسفورماتور تکفاز وجود دارد. اساس کار ترانسفورماتور تکفاز بدین صورت است که منبع ولتاژ AC یک جریان AC را از طریق سیم‌پیچ اولیه ترانسفورماتور تزریق می‌کند. جریان AC ، منجر به تولید میدان الکترومغناطیسی متناوب می‌شود. خطوط میدان مغناطیسی در هسته آهنی ترانسفورماتور حرکت می‌کنند و مدار ثانویه ترانسفورماتور را تشکیل می‌دهند. بنابراین ولتاژی با همان فرکانس ولتاژ سمت اولیه در سیم‌پیچ ثانویه القا می‌شود. مقدار ولتاژ القایی توسط قانون فارادی تعیین می‌شود.

که در آن:

f - فرکانس بر حسب هرتز

N - تعداد دور سیم‌پیچی

Φ - چگالی شار بر حسب وبر

اگر بار به سمت ثانویه ترانسفورماتور متصل شود، جریان از طریق سیم‌پیچ ثانویه جریان می‌یابد. اصولا ترانسفورماتورهای تک فاز می‌توانند به صورت ترانسفورماتور افزاینده یا کاهنده کار کنند. قسمت‌های اصلی ترانسفورماتور عبارتند از سیم‌پیچ، هسته و عایق. سیم‌پیچ‌ها باید از مقاومت کمی برخوردار باشند وّ معمولاً از مس ساخته شده‌اند (ندرتا از آلومینیوم نیز ساخته شده‌اند) و در اطراف هسته پیچیده شده و باید از آن توسط عایقی مناسب جدا شوند. همچنین، دورهای سیم‌پیچ‌ها نیز باید از یکدیگر جدا شوند. هسته ترانسفورماتور از ورق‌های فلزی بسیار نازکی ساخته شده که از نفوذپذیری بالایی برخوردار هستند. به دلیل کاهش تلفات توان (که به تلفات جریان گردابی (ادی) شناخته می‌شود) ورقه‌ها باید نازک باشند (بین ۰/۲۵ میلی متر و ۰/۵ میلی متر). همچنین دورهای سیم‌پیچ نیز باید از یکدیگر جدا شوند و معمولاً از لاک عایق بدین منظور منظور استفاده می‌شود. عایق ترانسفورماتور را می‌توان به صورت خشک یا مایع پرکننده تأمین نمود. عایق نوع خشک توسط رزین‌های مصنوعی، هوا، گاز یا خلاء تأمین می‌شود که فقط برای ترانسفورماتورهای با اندازه کوچک (زیر ۵۰۰ کیلو ولت) مورد استفاده قرار می‌گیرد. منظور از نوع عایقی با مایع معمولاً استفاده از روغن‌های معدنی است. روغن دارای چرخه عمر طولانی، خصوصیات عایقی خوب، قابلیت اضافه بار است و همچنین قادر است خنک‌کنندگی ترانسفورماتور را تامین نماید. عایق روغن همواره در ترانسفورماتورهای بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ترانسفورماتور تکفاز شامل دو سیم‌پیچ، یکی در سمت اولیه و دیگری در طرف ثانویه است که بیشتر در سیستم برق تکفاز استفاده می‌شوند. کاربرد سیستم سه‌فاز به معنای استفاده از سه واحد تک

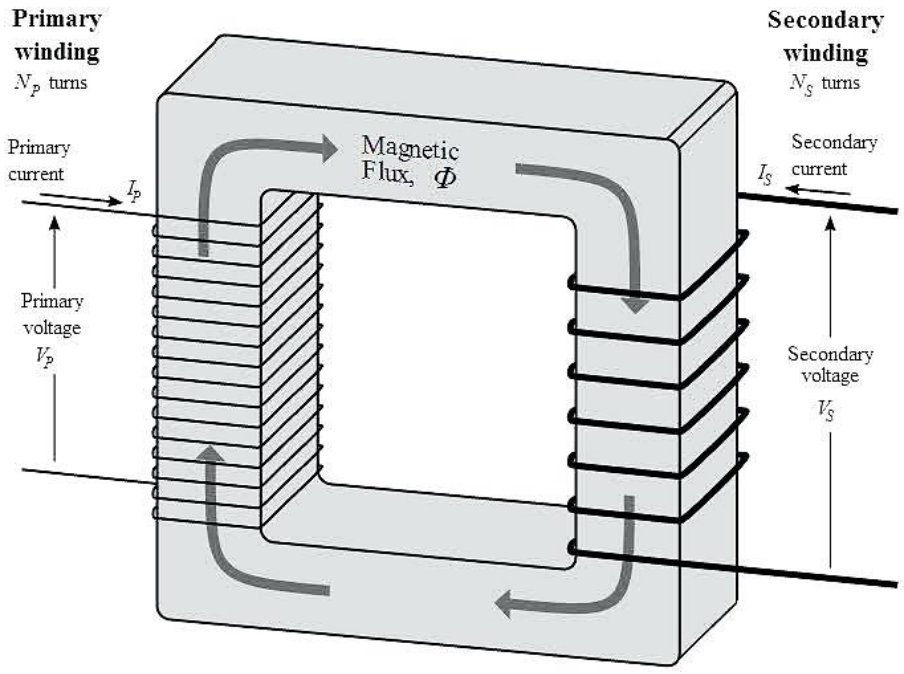
فاز متصل به سیستم سه‌فاز است که راه حلی گران‌تر است و در سیستم فشارقوی استفاده می‌شود.

کاربردهای ترانسفورماتور تکفاز

از مزایای سه واحد تکفاز می‌توان به حمل و نقل و تعمیرات آسان و دسترس‌پذیری واحدهای یدکی اشاره کرد. ترانسفورماتورهای تک فاز به طور گسترده در کاربردهای فشارضعیف تجاری به صورت دستگاه‌های الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ترانسفورماتورها به صورت ترانسفورماتور فشار ضعیف کار می‌کنند و مقدار ولتاژ خانگی را به مقدار مناسب جهت تغذیه تجهیزات الکترونیکی کاهش می‌دهند. معمولاً در سمت ثانویه، یکسوکننده متصل می‌شود تا ولتاژ AC را به ولتاژ DC که در کاربردهای الکترونیکی مورد استفاده می‌گیرد، تبدیل کند.

محاسبات ولتاژ بی‌باری ترانسفورماتور

طبق قانون القای الکترومغناطیسی فاراده ولتاژ بی‌باری هر کدام از سیم‌پیچ‌ها را می‌توان از رابطه مقابل محاسبه کرد:



ساختار ترانسفورماتور تکفاز نوع هسته ای

$$\Phi(t) = \Phi m \sin(\omega t+\varphi)$$

$$E_2 = N_2 \frac{\Delta\Phi(t)\text{تغییرات شار}}{\Delta t\text{مدت زمان تغییرات}} = N_2 \frac{d\Phi m \sin(\omega t + \varphi)}{dt} = N_2 \Phi m \frac{d \sin(\omega t + \varphi)}{dt}\ \text{ولتاژ القاء شده}$$

$$E_2 = N_2 \omega \Phi m \cos(\omega t + \varphi) = E_2 max \cos(\omega t + \varphi)$$

$$E_2 max = N_2 \omega \Phi m \quad , \quad \omega = 2\pi F \ , \quad 1T = 10^4 G \ , 1m^2 = 10^4 cm^2$$

$$\Phi m \propto \frac{E}{F} \ [\Phi m] = m^2 \times \frac{wb}{m^2} \ , \ \Phi m = A \times Bm \ , \ E^2 = \frac{E_2 max}{\sqrt{2}} = \frac{N_2 \omega \Phi m}{\sqrt{2}} = 4.44 N_2 \Phi m F$$

طبق قانون القای الکترومغناطیسی فاراده ولتاژ بی‌باری هر کدام از سیم‌پیچ‌ها را می‌توان از رابطه مقابل محاسبه کرد:

$u_{02} = 4.44 \times N_2 \times \emptyset_m \times F$

[F] = Hz فرکانس شبکه بر حسب هرتز

[Φm] = [Bm×A] = Wb شار در هسته بر حسب وبر

[N] تعداد دور سیم‌پیچی

[Bm] = Tesla چگالی شار در هسته بر حسب تسلا

[$U_\circ$] = Volt ولتاژ بی‌باری (موثر) بر حسب ولت

[A] = m^2 سطح مقطع خالص هسته بر حسب متر مربع

A = طول × عرض × درصد آهن هسته

۱) در یک ترانسفورماتور ایده‌آل A , B , F برای همه سیم‌پیچ‌ها ثابت است.

۲) ترانسفورماتوری که دارای تعداد حلقه‌های بیشتری باشد دارای ولتاژ بزرگتری میباشد.

۳) مقدار ولتاژ ماکزیمم سیم‌پیچ برابر با رابطه: $Um = \sqrt{2}\ U_\circ$

۴) شار لحظه‌ای در سیم‌پیچ: $\Phi(t) = \Phi m \sin(\omega t)$ $\omega = 2\pi F$

۱) ترانسفورماتوری دارای هسته میلی متر مربع 20×20 است که 90% آن آهن مغناطیسی است و تعداد حلقه‌های سیم‌پیچ اولیه آن 1600 دور است اگر ماکزیمم چگالی شار 1.8 تسلا باشد این سیم‌پیچ را به چه ولتاژی با فرکانس 50 هرتز می‌توان وصل کرد؟

حل)

$A = 20\times20\times0.9 = 360mm^2 = 360\times10^{-6}\ m^2$

$U_{\circ 1} = e_1 = 4.44\times1.8\times360\times10^{-6}\times50\times1600 = 230\ V$

رابطه اساسی ترانسفورماتور ایده‌ال

منظور از ترانسفور ماتور ایده‌آل چیست؟

ترانسفورماتوری را ایده‌آل گویند که دارای هیچگونه تلفاتی نباشد $\Delta p = 0$. و ضریب بهره آن صد درصد (۱۰۰٪) باشد $\eta = 1$. به عبارت دیگر توان ورودی و خروجی آن یکی باشد $p_1 = p_2$. تمامی خطوط قوای مغناطیسی که از سیم‌پیچ اول می‌گذرد از سیم‌پیچ دوم نیز بگذرد. در شرایط بی‌باری جریان سیم‌پیچ ورودی آن صفر باشد $i_0 = 0$ A و کوپلینگ (پیوست) مغناطیسی آن کامل باشد k=1. ترانسفورماتورهای واقعی بزرگ توان بالا (قدرت) دارای راندمانی بالایی هستند و با تقریب به حالت ایده‌آل بسیار نزدیک می‌باشند.

در یک ترانسفورماتور ایده‌آل نسبت مقابل را با ضریب ثابت a نمایش می‌دهند. در این رابطه ولتاژ و تعداد دور سیم‌پیچی با هم نسبت مستقیم و با جریان رابطه معکوس دارند:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_2}{N_1} = a$$

U_1- ولتاژ سیم‌پیچ اولیه (فشار قوی)

U_2- ولتاژ سیم‌پیچ ثانویه (فشار ضعیف)

N_1- تعداد دور سیم‌پیچی اولیه

N_2- تعداد دور سیم‌پیچی ثانویه

I_1- جریان سیم‌پیچی اولیه

I_2- جریان سیم‌پیچی ثانویه

a- ضریب تبدیل سیم‌پیچی$(\frac{N1}{N2})$

۲) در یک ترانسفورماتور ایده‌آل سیم‌پیچ اولیه دارای 300 حلقه و سیم‌پیچ ثانویه دارای 1200 حلقه است. سیم‌پیچ اولیه را به ولتاژ 12 ولت متناوب وصل می‌کنیم ولتاژ خروجی چند ولت است؟

حل)

طبق رابطه اساسی ترانسفورماتورهای ایده‌آل داریم:

$$\frac{12}{U_2}=\frac{300}{1200} \rightarrow U_2=\frac{1200\times 12}{300}=48\ V$$

۳) رابطه اساسی ترانسفورماتور ایده‌آل را برای سیم‌پیچ‌های آن اثبات کنید؟

حل)

الف- روش اول: بر طبق قانون القای الکترومغناطیسی فاراده:

$$\frac{e_1}{e_2}=\frac{N_1\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}}{N_2\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}}=\frac{N_1}{N_2} \rightarrow \frac{e_1}{e_2}=\frac{N_1}{N_2}=a$$

ب- روش دوم: در یک ترانس ایده‌آل پارامترهای چگالی شار و فرکانس و سطح مقطع هسته برای همه سیم‌پیچ‌ها یکسان است و فقط تعداد دور سیم‌پیچی فرق می‌کند پس:

$$\frac{e_1}{e_2}=\frac{U_1}{U_2}=\frac{4.44\times N_1\times \Phi m\times f}{4.44\times N_2\times \Phi m\times f}=\frac{N_1}{N_2}=a$$

۴) با استفاده از نیروی محرکه مغناطیسی در سیم‌پیچ‌ها رابطه اساسی در ترانس را اثبات کنید؟

حل)

در یک ترانسفورماتور ایده‌آل مقدار نیروی محرکه مغناطیسی سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه همیشه با هم برابراند لذا:

$$\Theta_1=\Theta_2$$

$$N_1\times I_1=N_2\times I_2$$

$$\frac{N_1}{N_2}=\frac{I_2}{I_1}=a$$

۵) با استفاده از این مطلب که در یک ترانسفورماتور ایده‌آل هیچ گونه تلفاتی نداریم رابطه اساسی در ترانس را اثبات کنید؟

حل)

در یک ترانس ایده‌آل توان ورودی همواره برابر با توان خروجی است لذا:

$$S_1=S_2\ ,\ \Delta P=0$$

$$U_1\times I_1=U_2\times I_2$$

$$\frac{U_1}{U_2}=\frac{I_2}{I_1}=a$$