

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دستور کار آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی ۱

مؤلفان:

علی امام‌حسینی

عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

محمدرضا شایسته

عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد



۱۳۹۵

سرشناسه	: علی امامحسینی - محمدرضا شایسته
عنوان و نام پدیدآور	: دستور کار آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی ۱ / علی امامحسینی - محمدرضا شایسته
مشخصات نشر	: یزد: آرتاکاوا، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۵۶ ص.: مصور، جدول . ۵/۲۱×۵/۱۴ س.م.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۶۷۷-۶۲-۲
موضوع	: ماشین آلات برقی- آزمایشگاهها
رده‌بندی کنگره	: Tk ۲۱۸۹/ ۸/T۴ ۱۳۹۵
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۱۰۴۲



دستور کار آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی ۱

■ مؤلفان: علی امامحسینی - محمدرضا شایسته

■ ناشر: آرتاکاوا

■ ناظر چاپ: حمید صادقی، اسماعیل ثقفی

■ شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه

■ قیمت: ۶۰۰۰ تومان

■ شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۶۷۷-۶۲-۲

کلیه حقوق مادی و معنوی اثر متعلق به نویسنده است

مقدمه مؤلفان

در کشور ما استقلال از تمام جنبه ها مدنظر است و استقلال علمی هم جزئی تفکیک ناپذیر از آن به شمار می رود. برای رسیدن به این هدف وجود منابع علمی ضروری می باشد. همین انگیزه موجب ترغیب و تشویق ما در تألیف این کتاب شده است.

برای دانشجویان رشته های فنی و مهندسی علاوه بر آموختن دروس تئوری، فراگیری دروس کارگاهی و آزمایشگاهی از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. درواقع آزمایشگاه محلی برای تحقیق اندوخته های تئوری است. کتابی که در پیش رو دارید یک دستور کار استاندارد آزمایشگاه ماشین های الکتریکی (۱) برای دانشجویان مقطع کاردانی و کارشناسی رشته مهندسی برق می باشد. در این کتاب، دستورالعمل ده آزمایش استاندارد مبتنی بر مفاهیم پایه ای ماشین های الکتریکی از قبیل ژنراتورهای با تحریک های مستقل، شنت، سری و کمپوند و موتورهای الکتریکی شنت، سری و کمپوند و نیز ترانسفورماتورها بیان می شود که دانشجویان و دانش پژوهان در آزمایشگاه با استفاده از آن می توانند مطالب تئوری که از قبل فراگرفته اند را به صورت عملی تجربه نمایند.

بی شک هیچ نوشته ای عاری از نقص نیست؛ بنابراین از خوانندگان عزیز و گرامی استدعا می شود تا با ارسال نظرات خود به انتشارات آرتاکاوا، ما را در غنای هر چه بیشتر نگارش های بعدی این کتاب یاری نمایند. در اینجا لازم است از کلیه عزیزانی که در تهیه این کتاب ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی شود. در خاتمه از آقای حمید صادقی مدیرمسئول انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد کمال قدردانی می گردد.

علی امام حسینی - محمدرضا شایسته

اعضای هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

فهرست

مقدمه.....	۷
آزمایش شماره ۱: ژنراتور تحریک مستقل.....	۱۷
آزمایش شماره ۲: ژنراتور تحریک سرخود (شنت).....	۲۳
آزمایش شماره ۳: ژنراتور سری.....	۲۷
آزمایش شماره ۴: ژنراتور کمپوند ۱.....	۲۹
آزمایش شماره ۵: ژنراتور کمپوند ۲.....	۳۳
آزمایش شماره ۶: موتور شنت.....	۳۵
آزمایش شماره ۷: موتور کمپوند.....	۳۹
آزمایش شماره ۸: موتور سری.....	۴۳
آزمایش شماره ۹: ترانس تک فاز ۱.....	۴۵
آزمایش شماره ۱۰: ترانس تک فاز ۲.....	۵۱

مقدمه

آزمایشگاه محلی برای تحقیق اندوخته‌های تئوری می‌باشد. رشته‌های فنی و مهندسی آن چیز که در پایان دوره تحصیل از اهمیت زیادی برخوردار است کار عملی می‌باشد که لازم است فراگرفته شود تا بتوانیم در عمل موفق باشیم.

وات متر

وات‌متر دستگاهی است که می‌تواند مقدار توان الکتریکی را اندازه‌گیری نماید در ساختمان وات‌متر دو نوع سیم‌پیچ بکار رفته است یکی سیم‌پیچ جریان که جریان مصرف‌کننده از آن عبور می‌نماید و با مصرف‌کننده به‌صورت سری بسته می‌شود و سیم‌پیچ دیگر سیم‌پیچ ولتاژ که با مصرف‌کننده به‌صورت موازی بسته می‌شود سیم‌پیچ جریان دارای تعداد دور کم و قطر زیاد و مقاومت کم می‌باشد و سیم‌پیچ ولتاژ دارای تعداد دور زیاد و قطر کم می‌باشد. برای اندازه‌گیری توان مصرف‌کننده‌های با جریان خیلی زیاد از ترانس جریان (CT) و برای مصرف‌کننده‌های با ولتاژ زیاد از ترانس ولتاژ (PT) همراه وات‌متر استفاده می‌شود.

ولت‌متر

ولت‌متر دستگاهی است که برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سر یک مدار الکتریکی بکار می‌رود. ولت‌مترها در شکل‌های مختلفی بسته به نوع کاربریشان ساخته می‌شوند. این دستگاه‌ها که روی یک صفحه دارای مقیاس نصب شده‌اند، به‌منظور کنترل ولتاژ ژنراتورها و دستگاه‌های دیگر به کار می‌روند. که به‌صورت موازی در مدار قرار می‌گیرد.

آمپر متر

آمپر متر بنا به تعریف دستگاه اندازه‌گیری است که به‌منظور اندازه‌گیری جریان مدار استفاده می‌شود. آمپر متر همیشه در مدار به‌صورت سری قرار می‌گیرد. نکته: همیشه آمپرسنج سری با موتور را از نوع عقربه‌ای قرار دهید زیرا به هنگام راه‌اندازی موتور جریان اولیه شدید ممکن است به آمپر متر دیجیتالی صدمه وارد کند.

اصول اساسی کار ماشین‌های الکتریکی

تمام ماشین‌های الکتریکی اعم از اینکه برای تولید انرژی بکار گرفته می‌شود و یا آن‌هایی که در انواع محرک‌های الکتریکی یا سیستم‌های کنترل مورد استفاده قرار می‌گیرند به چند دسته تقسیم می‌شوند.

ماشین‌های الکتریکی به دو طریق دسته‌بندی می‌شوند:

از نظر نوع جریان الکتریکی

الف- ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم

ب- ماشین‌های الکتریکی جریان متناوب

از نظر نوع تبدیل انرژی

الف- مولدهای الکتریکی که انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند

ب- موتورهای الکتریکی که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند

به‌طور کلی ماشین‌های الکتریکی جزء وسایل تبدیل انرژی غیرخطی هستند یعنی

هر تغییر در ورودی همیشه به یک نسبت در خروجی ظاهر نمی‌شود.

مولد ساده جریان مستقیم

یک مولد ساده جریان مستقیم از چهار قسمت اصلی زیر تشکیل شده است:

۱- قطب‌های مغناطیسی: که وظیفه ایجاد میدان مغناطیسی مولد را بر عهده

دارد و می‌تواند به‌صورت آهنربای دائم و یا آهنربای الکتریکی باشد

۲- هادی‌ها: برای ایجاد ولتاژ القایی به کار گرفته می‌شود

۳- کموتاتور: در ساده‌ترین حالت از دو نیم استوانه مسی که توسط میکا نسبت به

یکدیگر عایق شده‌اند تشکیل می‌گردد، وظیفه یک‌طرفه کردن ولتاژ و جریان القایی

را در خارج از مولد بر عهده دارد.

۴- جاروبک: جهت انتقال جریان الکتریکی از هادی‌ها به مصرف‌کننده

استفاده می‌شود.

طرز کار مولد ساده جریان مستقیم: با حرکت هادی‌ها در فضای مابین قطب‌ها

باعث می‌شود میدان مغناطیسی توسط هادی‌ها قطع می‌شود بدین ترتیب مطابق

پدیده القاء در هادی‌ها ولتاژ القاء می‌شود. ابتدا و انتهای هر کلاف به یک نیم استوانه

مسی یا یک تیغه کوموتاتور وصل می‌شود روی تیغه‌های کوموتاتور دو عدد جاروبک به‌طور ثابت قرار داشته و با حرکت هادی‌ها تیغه‌های کوموتاتور زیر جاروبک می‌لغزند، بدین ترتیب در ژنراتورهای جریان مستقیم از طریق کوموتاتور ولتاژ القاء شده طوری به جاروبک‌ها منتقل می‌شود که همیشه یکی از جاروبک‌ها دارای پلاریته مثبت و دیگری دارای پلاریته منفی است. برای افزایش سطح ولتاژ القاء شده و بهبود یک‌سوسازی به‌منظور داشتن ولتاژ با دامنه ثابت باید تعداد کلاف‌ها را افزایش داد و کلاف‌ها را به کمک تیغه‌های کوموتاتور سری کنیم.

چگونگی تغییر پلاریته ولتاژ القایی در مولد ساده در مولد جریان مستقیم تغییر پلاریته ولتاژ خروجی عملاً در صورت ایجاد یکی از دو حالت زیر ممکن می‌شود:

- ۱- جهت چرخش آرمیچر عوض شود
 - ۲- جهت جریان در سیم‌پیچ قطب‌ها تغییر کند در صورتی که قطب‌ها از نوع مغناطیس دائم نباشد
 - ۳- چگونگی تغییر دامنه ولتاژ القایی در مولد ساده
- برای افزایش دامنه ولتاژ القاشده دو روش ممکن است:
- ۱- افزایش سرعت چرخش آرمیچر که باعث افزایش ولتاژ به‌صورت خطی می‌شود.
 - ۲- افزایش جریان تحریک که باعث افزایش ولتاژ مولد به‌صورت غیر خطی می‌شود

موتور ساده جریان مستقیم

موتور ساده از نظر ساختمانی مانند مولد ساده جریان مستقیم می‌باشد فقط نحوه کار آن با مولد ساده جریان مستقیم تفاوت دارد. در موتور ساده هادی‌ها از طریق کوموتاتور و جاروبک‌ها به یک منبع جریان مستقیم متصل می‌شود در این صورت جریانی از هادی‌ها عبور کرده و در نتیجه مطابق نیروی لورنس به هادی‌ها نیروی وارد می‌شود و آن‌ها به حرکت درمی‌آید.

نحوه ایجاد نیرو و گشتاور در موتور ساده: در صورتی که از یک کلاف تک حلقه که بین قطب‌های یک مغناطیس قرار دارد جریان الکتریکی عبور کند به بازوی سمت راست نیرویی به سمت بالا و به بازوی سمت چپ نیرویی

به سمت پایین وارد می‌شود با وارد شدن دونیروی مختلف‌الجهت به دو طرف کلاف طبیعی است که کلاف حول محورش شروع به دوران خواهد نمود یعنی وارد آمدن زوج نیرو موجب ایجاد گشتاور لازم شده است.

اگر صفحه کلاف عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار گیرد به آن گشتاوری وارد نمی‌شود در ضمن که گشتاور واردشده نیز دامنه یکنواخت ندارد برای رفع شدن این معایب می‌بایست تعداد کلاف‌ها و تیغه‌های کوموتاتور را افزایش داد کلاف‌ها در زاویه‌های مختلف قرار می‌گیرد و باهم توسط تیغه‌های کوموتاتور سری می‌شود.

تغییر جهت گردش در موتور DC به دو روش زیر ممکن است:

۱- تغییر جهت جریان در کلاف که با تغییر پلاریته ولتاژ منبع از خارج موتور میسر است

۲- تغییر قطب‌های مغناطیسی که با تغییر جهت جریان در سیم‌پیچی تحریک ممکن است

ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم

اجزاء تشکیل‌دهنده ماشین‌های جریان مستقیم را می‌توان به‌صورت زیر دسته‌بندی کرد:

۱- قسمت ساکن شامل قطب‌ها و بدنه

۲- قسمت گردان (آرمیچر)

۳- مجموعه جاروبک و جاروبک نگهدارها

هرکدام از قسمت‌های فوق به‌طور خلاصه توضیح داده می‌شود

۱- اجزاء ساکن ماشین‌های جریان مستقیم: قسمت‌های ساکن جریان مستقیم

شامل اجزاء زیر هستند:

الف- قطب‌های اصلی

ب- قطب‌های کمکی

ج- بدنه

- قطب‌های اصلی: وظیفه این قسمت تأمین میدان مغناطیسی موردنیاز ماشین

است. قطب‌های اصلی خود شامل قسمت‌های زیر می‌باشد:

- هسته قطب: از ورق‌های فولاد الکتریکی به ضخامت حدود ۰/۵ تا ۰/۶۵ میلی‌متر با خاصیت مغناطیسی قابل قبول تشکیل می‌شود.
- کفشک قطب: شکل قطب به نحوی است که سطح مقطع کوچک‌تر برای سیم‌پیچ اختصاص داده می‌شود و قسمت بزرگ‌تر که کفشک قطبی نام دارد سبب شکل دادن میدان مغناطیسی و سهولت هدایت فوران مغناطیسی به فاصله هوایی می‌شود.
- سیم‌پیچ تحریک: یا سیم‌پیچ قطب اصلی که دور هسته قطب پیچیده می‌شود، برای جریان‌های کم باید تعداد دور سیم‌پیچ تحریک زیاد باشد و سطح مقطع آن کم و برای جریان‌های زیاد تعداد دور کم برای سیم‌پیچ لازم است و با سطح مقطع زیاد
- قطب‌های کمکی: قطب‌های کمکی در ماشین‌های جریان مستقیم از هسته و سیم‌پیچ تشکیل می‌شوند، هسته قطب‌های کمکی را معمولاً از فولاد یکپارچه می‌سازند. سیم‌پیچی قطب‌های کمکی نیز با تعداد دور کم و سطح مقطع زیاد پیچیده می‌شوند.
- بدنه: قطب‌های اصلی، کمکی و جاروبک نگهدارها روی بدنه ماشین محکم می‌شوند و به وسیله ماشین روی پایه‌اش نصب می‌گردد. قسمتی از بدنه را هسته آهنی تشکیل می‌دهد که برای هدایت فوران مغناطیسی قطب‌های اصلی و کمکی بکار می‌رود.
- ۲- قسمت گردان یا آرمیچر: در ماشین‌های جریان مستقیم قسمت گردنده را القاء شوند یا آرمیچر می‌نامند که از اجزاء زیر تشکیل شده است:
 - الف- هسته آرمیچر
 - ب- سیم‌پیچی آرمیچر
 - ج- کلکتور یا یکسو کننده مکانیکی
 - د- محور
 - ه- پروانه خنک‌کننده

- سیم‌پیچی آرمیچر: از کلاف‌های مشابهی تشکیل می‌شود که با الگوی مناسب تهیه و در شیارها قرار می‌گیرد سیم‌پیچی آرمیچر مبتنی بر اصول فنی بوده و از طراحی ماشین‌های جریان مستقیم تبعیت می‌کند.

- کلکتور: از تیغه‌های مسی سخت که توسط میکا نسبت به یکدیگر و محور ماشین عایق شده‌اند تشکیل می‌شود.

محور: محور آرمیچر ماشین‌های جریان مستقیم باید از فولادی تهیه گردد که خاصیت مغناطیسی آن کم اما استحکام مکانیکی کافی در مقابل تنش‌های برشی، کششی و پیچشی را دارا باشد. انتخاب کردن محور ضعیف خطرآفرین بوده و ممکن بوده در مواقع بروز خطا سبب انهدام کلی ماشین گردد.

- پروانه خنک‌کننده: پروانه خنک‌کننده سبب تهویه و ازدیاد عمر مفید ماشین می‌شود.

۳- جاروبک و جاروبک نگهدارها: وظیفه جاروبک نگهدار قرار دادن صحیح جاروبک روی تیغه‌های کلکتور است جاروبک‌ها قطعاتی از جنس زغال یا گرافیت می‌باشند که برای گرفتن جریان از کلکتور یا دادن جریان به آن استفاده می‌شود.

سیم‌پیچی آرمیچر ماشین‌های جریان مستقیم

بسته به نیاز کلاف‌ها می‌توانند به‌طور سری یا موازی یا ترکیبی از این دو به همدیگر وصل شوند.

در صورتی که کلاف‌ها باهم سری شوند نیرومحرکه کلاف‌ها باهم جمع می‌شوند و ولتاژ دهی آرمیچر افزایش می‌یابد. (سیم‌پیچی موجی)

در صورتی که کلاف‌ها موازی شوند تعداد مسیرهای جریان موجود در آرمیچر افزایش یافته و قابلیت ولتاژ دهی آرمیچر افزایش می‌یابد. (سیم‌پیچی حلقوی)

عکس‌العمل مغناطیسی آرمیچر:

چنانچه ماشین‌های جریان مستقیم زیر بار قرار گیرند یعنی از سیم‌پیچی آرمیچر جریان عبور کند یک میدان عکس‌العمل (عرضی) توسط آرمیچر ایجاد می‌گردد. این میدان باعث می‌شود منطقه خنثی در مولدها در جهت چرخش و در موتورها در خلاف جهت چرخش تغییر مکان دهد. عکس‌العمل آرمیچر علاوه بر انحراف محور

خنثی سبب تضعیف میدان مغناطیسی اصلی می‌شود در نتیجه نیروی محرکه القاء شده در سیم‌پیچ کم شده، تلفات انرژی در ماشین و جرقه در زیر جاروبک‌ها به وجود می‌آید برای از بین بردن و یا کم کردن اثر عکس‌العمل در ماشین‌های جریان مستقیم می‌توان از قطب‌های کمکی و یا در ماشین‌های بزرگ‌تر از سیم‌پیچی جبران‌گر هم استفاده کرد.

عیب‌یابی موتور تک فاز:

قطع‌شدگی در مدار موتور، مثل سوختن فیوز، قطع شدن کابل حامل جریان، خرابی کلید قطع و وصل.

اگر موتوری به برق وصل شود ولی کار نکند ممکن است فیوز سوخته است یا کلید قطع و وصل خراب‌شده باشد یا کابل حامل جریان قطع‌شده است. در صورتی‌که همه این‌ها سالم باشد قطع‌شدگی در مدار سیم‌پیچ است.

برای رفع عیب ابتدا به سراغ فیوز می‌رویم و فیوز را با یک لامپ سری می‌کنیم اگر لامپ روشن شد فیوز سالم است. در صورتی‌که لامپ روشن نشد فیوز سوخته است و باید تعویض گردد.

یا به کمک یک اهم‌متر نیز می‌توان فیوز را تست کرد دو سر کانتورهای اهم‌متر با به دوسر فیوز وصل می‌کنیم، در صورتی‌که عقربه منحرف شد (در اهم‌مترهای دیجیتالی نشان دادن یک عدد) فیوز سالم است و در غیر این صورت فیوز سوخته است.

در صورتی‌که بخواهیم موتور را از بیرون تست کنیم، سیم‌پیچ‌های اصلی و راه‌انداز را از هم جدا می‌کنیم و دوسر اهم‌متر را به سر سیم‌پیچ‌ها (هر یک به‌صورت جداگانه) وصل می‌کنیم در صورت انحراف یا نشان دادن عدد توسط اهم‌متر قطع‌شدگی وجود ندارد در غیر این صورت در کلاف‌ها پارگی وجود دارد و تک‌تک کلاف‌ها را باید به همین صورت تست کرد تا قطعی مشخص گردد و آن را برطرف نماییم.

۲- اتصال بدنه: یکی دیگر از عیب‌هایی که ممکن است در موتورهای تک فاز دیده شود اتصال بدنه است. برای تشخیص اهم‌متر را به سرهای خروجی و بدنه

موتور وصل می‌کنیم در صورت انحراف عقربه اهم‌متر موتور اتصال بدنه است. بیان این نکته ضروری است که در صورتی که موتور کاملاً اتصال بدنه نشده است تشخیص به وسیله اهم‌متر ممکن نیست. در چنین مواردی از میگر استفاده می‌شود. برای این کار یکسر میگر را به خروجی و سر دیگر آن را به بدنه متصل و دسته آن را می‌چرخانیم. در صورتی که عقربه میگر به سمت راست حرکت کرد، نشان از اتصال بدنه است. رنج میگر را باید روی ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ ولت تنظیم نماییم.

برای پیدا کردن کلاف اتصال بدنه باید رابط کلاف‌ها را از هم جدا کرد و هر کدام را جداگانه آزمایش کرد.

در صورتی که موتور تازه سیم‌پیچی شده است و هنوز وارنیش نخورده است می‌توان یک سر اهم‌متر را به بدنه و سر دیگر آن را به یک سر سیم‌پیچ‌ها وصل کرد و با یک چوب آرام کلاف‌ها را در داخل شیارها حرکت داد در صورت انحراف اهم‌متر این کلاف دارای اتصال بدنه است.

در بسیار از موارد خصوصاً در زمستان اتصال بدنه ناشی از رطوبت و نفوذ آب به درون موتور است. برای رفع عیب باید استاتور را جداگانه به وسیله کوره حرارتی با درجه کم خشک کرد.

۳- اتصال کوتاه شدگی در مدار: از عیب‌های دیگر موتورهای الکتریکی اتصال کوتاه شدن بر اثر گرما و حرارت و از بین رفت عایق بین سیم‌پیچ‌ها است. اتصال کوتاه شدن باعث می‌شود که بخشی از سیم‌پیچ از مدار خارج شود و موتور جریان بیشتری بکشد. برای تشخیص عیب، اهم‌متر را به دوسر هر کلاف وصل می‌کنیم عدد نشان داده شده توسط اهم‌متر در همه کلاف‌ها باید یکسان باشد در صورتی که یک کلاف عدد کمتر را نشان دهد آن کلاف اتصال کوتاه است.

۴- اتصال بین سیم‌پیچ‌های اصلی و کمکی و راه‌انداز: دو سیم‌پیچ کمکی و راه‌انداز باید نسبت به هم کاملاً عایق و هیچ‌گونه ارتباط الکتریکی باهم نداشته باشند و فقط از طریق ترمینال‌های خروجی است که باهم ارتباط پیدا می‌کنند. برای تشخیص عیب می‌توان یک سر از سیم‌پیچ اصلی و یک سر از سیم‌پیچ راه‌انداز را به اهم‌متر

وصل کرد در صورتی که عددی نشان داده شود این دو سیم پیچ به هم وصل شده‌اند و باید از همدگر جدا و عایق گردند.

۵- خرابی خازن در موتورهای خازنی: برای تست خازن ابتدا دو سر خازن را به هم وصل می‌کنیم تا تخلیه گردد. سپس دو سر آن را به برق وصل می‌کنیم پس از حدود ۵ ثانیه آن را از برق جدا و مجدداً دو سر خازن را اتصال کوتاه می‌کنیم در صورتی که تخلیه خازن با جرقه خوب همراه بود خازن سالم است اگر جرقه ضعیف یا اصلاً نبود خازن خراب و باید تعویض گردد.

۶- خرابی کلید در موتورهای فاز شکسته و راه‌انداز خازنی. باید کلید تعویض گردد.

تست ترانس:

برای پی بردن به سالم بودن ترانس، با اتصال اهم‌تر به خروجی و ورودی آن از اتصال آن اطمینان حاصل فرمایید.

ترانس‌ها معمولاً به ۲ گونه عیب پیدا می‌کنند:

- ۱- سوختن سیم پیچ که باعث پاره شدن سیم می‌شوند
- ۲- لاک روی سیم خراب می‌شود و در قسمت‌هایی از سیم پیچ باعث اتصال می‌شوند که در این حالت ترانس کار می‌کند ولی مقادیر خروجی بسته به میزان خرابی دقیق نمی‌باشد.

خروجی ترانس‌های کاهنده که برق شهر وصل می‌شوند معمولاً کمتر از ۵ اهم مقاومت دارند و ورودی آن‌ها هم که به برق شهر متصل است بین ۵۰۰ تا چند کیلو اهم می‌تواند مقاومت داشته باشد.

نکات ایمنی در آزمایشگاه ماشین الکتریکی:

در هنگام انجام آزمایش از شوخی بپرهیزید.

هیچ‌گاه به شانس اکتفا نکنید.

قبل از شروع به کار فیوز را قطع نموده

تمامی کابل‌ها و سیم‌ها باید سالم باشند.

هرگز یک سیم برق لخت را قبل از اطمینان از بی‌برق بودن آن، لمس نکنید.

راه‌اندازی با مسئول مربوطه هماهنگ کنید

از گذاشتن سیم‌های بدون استفاده روی میز کار پرهیز کنید.
بعد از بستن مدار مربوطه آن را ابتدا چک کنید.

آزمایش شماره ۱: ژنراتور تحریک مستقل

هدف: تعیین مشخصه‌های بی‌باری و بارداری

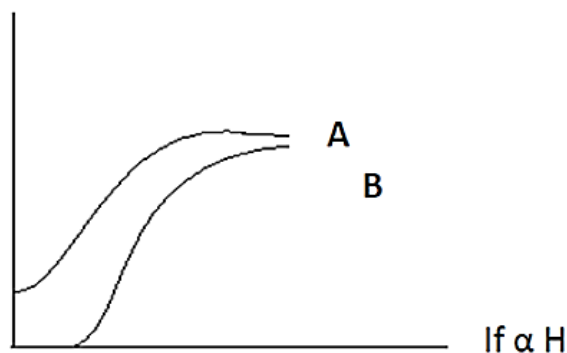
کاربرد: این ژنراتور هنگامی که یک حوزه وسیع از تغییرات ولتاژ خروجی مورد نیاز باشد استفاده می‌گردد. با ورود انواع مختلف یکسو کننده‌های کنترل شده به بازار مصرف از اهمیت ژنراتور DC کاسته شد. هرگاه انرژی DC مورد نیاز باشد از تبدیل AC به DC استفاده می‌شود که خیلی ارزان تر است. کاربردهای اصلی ژنراتور تحریک مستقل DC عبارت‌اند از:

۱. به عنوان منبع ولتاژ تحریک کننده‌ی آلترناتورهای بزرگ
۲. تغذیه کمکی و اضطراری
۳. آباری الکتریکی تجهیزات گران قیمت نظیر هواپیما و بمب افکن

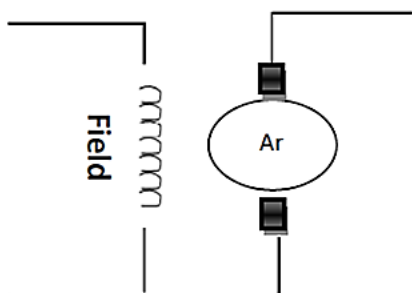
تئوری آزمایش:

در یک دسته‌بندی کلی، ماشین‌های الکتریکی شامل خود تحریک‌ها و تحریک مستقل می‌باشد. جریان لازم برای میدان کسر بسیار کوچکی از جریان نامی آرمیچر می‌باشد که یک قدرت کوچک در میدان می‌تواند مقدار نسبتاً بزرگی را در جریان آرمیچر کنترل کند، یعنی ژنراتور یک تقویت کننده قدرت است.

$$V \propto E \propto B$$



شکل ۱-۱: منحنی مغناطیس ماشین تحریک مستقل



شکل ۱-۲: ماشین dc تحریک مستقل

منحنی مشخصه بی‌باری: در یک سرعت ثابت تغییر جریان میدان ژنراتور باعث می‌شود و رسم این تغییرات به صورت منحنی مشخصه بی‌باری ژنراتور را به دست می‌دهد. منحنی مغناطیسی ماشین با توجه به آزمایش نمایانگر تغییرات نیروی محرکه القایی (E)، برحسب جریان میدان (I_f) است و چون در یک مولد جریان مستقیم رابطه $E = k\omega \phi$ حاکم است چنانچه دور ثابت باشد $E \propto \phi \propto B$ ز طرف دیگر $I_f \propto N\phi \propto H$ است لذا این همان منحنی $B-H$ است که نشان‌دهنده خواص

آلیاژ بکار رفته در هسته است. منحنی B رابطه بین ولتاژ ترمینال V_t و جریان میدان I_f را در شرایطی که I_a و سرعت، بت است نسبت به منحنی مشخصه بی‌باری مقداری افت ولتاژ دارد.

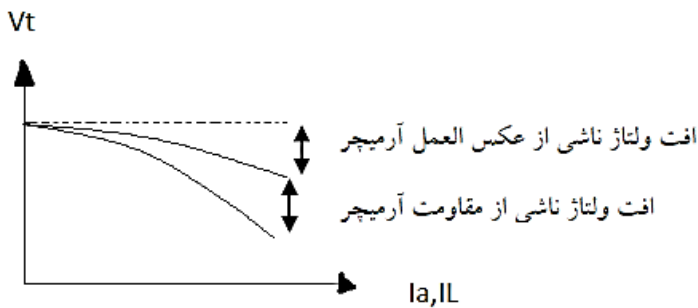
منحنی مشخصه خارجی:

مهم‌ترین مشخصه یک مولد مشخصه خارجی آن است که این منحنی ولتاژ ترمینال آرمیچر، برحسب جریان بار I_L در I_f (جریان میدان) ثابت و سرعت ثابت می‌باشد.

کاهش ولتاژ ترمینال با افزایش I_L در اثر افت ولتاژ ناشی از عکس‌العمل آرمیچر و مقاومت مدار آرمیچر است. با عبور جریان از سیم‌پیچ آرمیچر، میدانی تولید می‌شود که باعث تضعیف میدان اصلی می‌گردد.

از طرفی کاهش میدان باعث افت ولتاژ القایی V_t می‌شود که این را افت ناشی از عکس‌العمل آرمیچر می‌نامند. برای جلوگیری از این افت از قطب‌های کمکی استفاده می‌شود.

در آزمایشگاه از پل دیودی استفاده می‌کنیم تا ولتاژ DC یکسو شده را محیا کنیم.

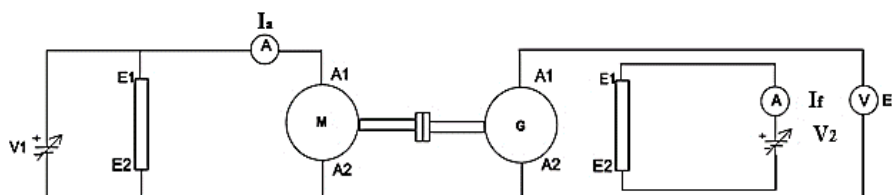


شکل ۱-۳: منحنی مشخصه خارجی مولد تحریک مستقل

مراحل آزمایش:

ابتدا مدار را مطابق شکل زیر ببندید.

موتور را توسط موتور محرک به گردش درآورده و سرعت مولد را به 1500 rpm برسانید. با قطع بودن جریان تحریک $I_f = 0$ ولتاژ پسماند را اندازه‌گیری نموده. با تنظیم جریان تحریک ولتاژ را به 160 V برسانید و جدول زیر را کامل کنید.



جریان تحریک I_f	0								
E									160

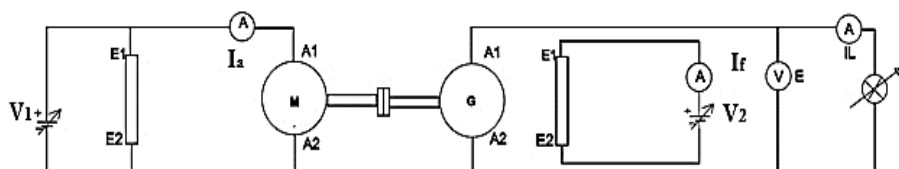
آزمایش فوق را در جهت عکس تکرار نمایید و جدول زیر را کامل کنید؛ و منحنی هیستریزیس را رسم کنید.

جریان تحریک I_f									
E									

آزمایش با بار:

مدار شکل زیر را ببندید.

در طول آزمایش I_f و دور موتور را برابر با $n = 1500 \text{ rpm}$ ثابت نگاهدارید.



E	160								
جریان بار I_L									
جریان تحریک I_f									
جریان آرمیچر I_a									

خواسته‌ها:

منحنی‌های $E=F(I_f)$ و $V=F(I_a)$ مربوط به هر آزمایش را رسم کنید.

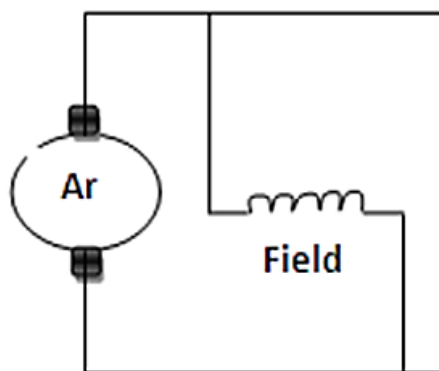
سؤالات:

سطح حلقه هیستریزیس بیانگر چه موضوعی است؟
چرا منحنی‌های رفت و برگشت برهم منطبق نیستند؟

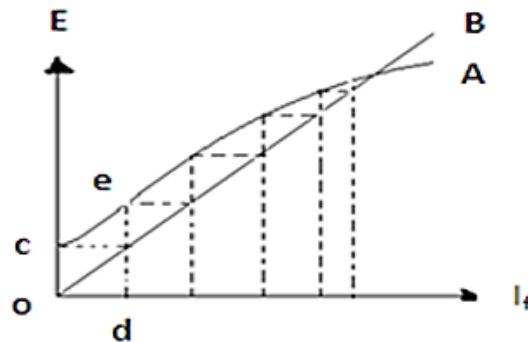
آزمایش شماره ۲: ژنراتور تحریک سرخود (شنت)

هدف: تعیین مشخصه مولد شنت

کاربرد: و تئوری آزمایش: ژنراتور شنت کاربردهای زیادی دارد از جمله شارژر باتری، تأمین روشنایی، تغذیه سیمپیچ قطبهای مولد نیروگاهی، تأمین برق اضطراری، به دلیل اینکه به منبع جدایی نیاز ندارد، در هر حال باید جریان بار کمتر از جریان ماکزیمم باشد تا از انحراف زیاد ولتاژ جلوگیری شود. در مولد شنت جریانی که از سیمپیچ میدان می‌گذرد ۱ تا ۳٪ جریان نامی است که اثر ناچیزی در شار اصلی دارد و به همین خاطر منحنی بی‌باری و بارداری مشابه همان منحنی تحریک مستقل است یعنی منحنی مغناطیسی آن به صورت شکل زیر است:



شکل ۲-۱: ساختار ماشین شنت



شکل ۲-۲: طریقه ساخته شدن ولتاژ در مولد شنت

A: منحنی مشخصه مغناطیسی سرعت n

B: منحنی مقاومت تحریک

اگر مقاومت میدان شنت تا حدی افزایش یابد که بر منحنی مغناطیسی مماس گردد (مقاومت بحرانی) و یا سرعت چرخش آرمیچر از مقدار معینی کمتر گردد به طوری که بر خط مقاومت میدان مماس شود (سرعت بحرانی) و یا نقطه تقاطعی نداشته باشد ولتاژی ایجاد نخواهد شد و امکان ایجاد ولتاژ در پایانه‌های مولد از بین می‌رود، لذا دلایل ساخته نشدن به صورت زیر است:

الف- مقاومت زیاد مدار میدان (بیشتر از مقاومت بحرانی)

ب- سرعت کمتر از سرعت بحرانی

ج- عدم وجود پسماند مغناطیسی

سرعت بحرانی: برابر سرعتی است که اگر سرعت مولد از آن کمتر باشد ولتاژ خروجی نخواهیم داشت.

مراحل آزمایش:

ابتدا مدار شکل زیر را ببندید.

دور موتور را به 1500 rpm رسانده و در طول آزمایش دور ثابت باشد.

با افزایش I_f جدول زیر را برای حالات رفت و برگشت کامل کنید.

خواسته‌ها:

۱- منحنی مشخصه مغناطیسی رفت و برگشت را رسم نموده و نقطه کار ماشین را روی آن به دست آورید؟

۲- مقاومت بحرانی و سرعت بحرانی مولد را به دست آورید؟ (شیب خط $V_f = R_f \cdot I_f$ در قسمت خطی بر منحنی مغناطیسی مماس باشد. $\tan \alpha = R_f = V_f / I_f$ اگر مقاومت بحرانی بزرگ‌تر یا مساوی با آن باشد مولد تحریک نخواهد شد.)

سؤال:

۱- اگر ژنراتور شنت ناگهان اتصال کوتاه شود چه جریانی از آن عبور می‌کند؟

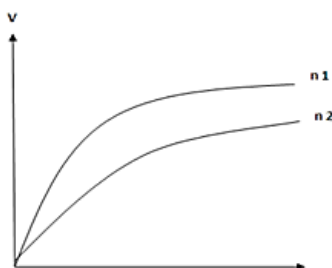
آزمایش شماره ۳: ژنراتور سری

هدف: بررسی مشخصه‌های ژنراتور سری

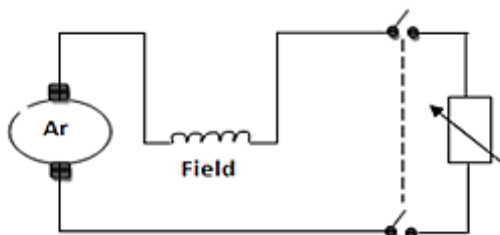
کاربرد: این ژنراتور عموماً به عنوان تقویت کننده‌های سری متصل به خط که اثر افت اهمی را خنثی می کنند استفاده می گردد. (بوستر یا خطوط انتقال DC)

تئوری آزمایش:

در این مولد سیم پیچ قطب های آن از تعداد حلقه های کمتر و قطر سیم بیشتری نسبت به نوع مستقل و شنت برخوردار است و شار بارها تابع جریان بار است. بار و سیم پیچ میدان باهم سری هستند، لذا جریان میدان برابر جریان آرمیچر یا جریان بار می باشد؛ بنابراین تا جریان باری وجود نداشته باشد. شار پسماند تقویت نمی شود تا ولتاژی ایجاد شود و لذا مشخصه آن به صورت زیر است:



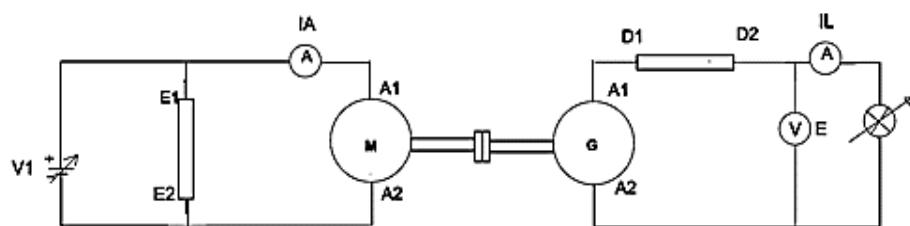
شکل ۳-۱: مشخصه خارجی مولد سری



شکل ۳-۲: ژنراتور سری

مراحل آزمایش:

- ۱- ابتدا مدار شکل زیر را ببندید.
- ۲- سرعت موتور را به 1500 rpm رسانده و پس از پایداری، بار ماشین را اضافه نموده
- ۳- جدول زیر را کامل کنید.



جریان بار I_L	0								
جریان آرمیچر I_a									
E									

خواسته‌ها:

- ۱- منحنی تغییرات $E = F(I_a)$ را رسم نموده.

سؤال:

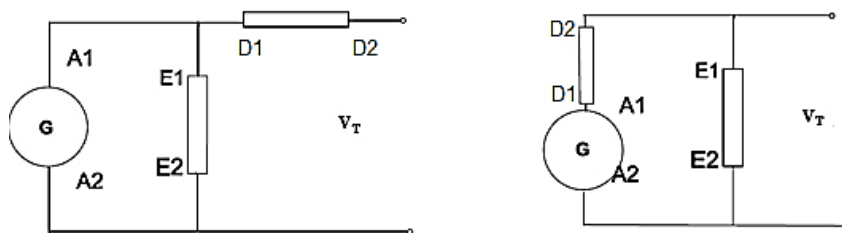
- ۱- آیا می‌شود مولد سری را اتصال کوتاه کرد؟

آزمایش شماره ۴: ژنراتور کمپوند ۱

هدف: بررسی مشخصه‌های ژنراتور کمپوند

تئوری آزمایش: با توجه به اینکه منحنی مشخصه بار در ژنراتورهای سری و موازی به گونه‌ای هستند که ترکیب آن‌ها باهم می‌تواند سبب بهبود مشخصه بار گردد از این ژنراتورهای کمپوند ساخته می‌شوند. اصولاً این ژنراتورها برای جبران و بهبود بخشیدن به مشخصه بار و اصلاح تنظیم ولتاژ بکار می‌روند.

همان‌طور که ملاحظه شد مشخصه بار ژنراتورهای شنت به گونه‌ای بود که با افزایش بار به تدریج ولتاژ ترمینال نزول پیدا می‌کرد درحالی‌که در ژنراتورهای سری افزایش بار قبل از پایداری سبب تقویت ولتاژ خروجی می‌گردید. بنابراین ترکیب این دو در ژنراتورهای کمپوند باعث بهبود تنظیم ولتاژ خواهد شد. در این ژنراتورها به سیم‌پیچ تحریک ژنراتور شنت یک سیم‌پیچ دیگر به صورت سری با آرمیچر اضافه می‌شود.



شکل سمت چپ کمپوند با شنت کوتاه و شکل سمت راست کمپوند با شنت بلند را نشان می‌دهد.

۱- ژنراتور کمپوند با شنت بلند: در این ژنراتور از سیم‌پیچ تحریک سری با آرمیچر فقط جریان از آرمیچر عبور می‌کند؛ بنابراین در حالت بی‌باری سیم‌پیچ سری تحریک می‌گردد.

۲- ژنراتور کمپوند با شنت کوتاه: در این ژنراتور از سیم‌پیچ تحریک سری شده جریان بار (I_L)

عبور می‌کند لذا در هنگام بی‌باری این سیم‌پیچ تحریک نمی‌شود.

بالین وجود مشخصه بار این دو ژنراتور شبیه هم است. از آنجایی که در این ژنراتورها دو سیم‌پیچ تحریک سری و موازی وجود دارد بسته به اینکه جهت عبور جریان و در نتیجه میدانی که هر کدام به وجود می‌آورند در چه جهتی باشد انواع دیگری از ژنراتورهای کمپوند به شرح زیر به وجود می‌آید:

الف- ژنراتورهای کمپوند نقصانی

ب- ژنراتورهای کمپوند اضافی

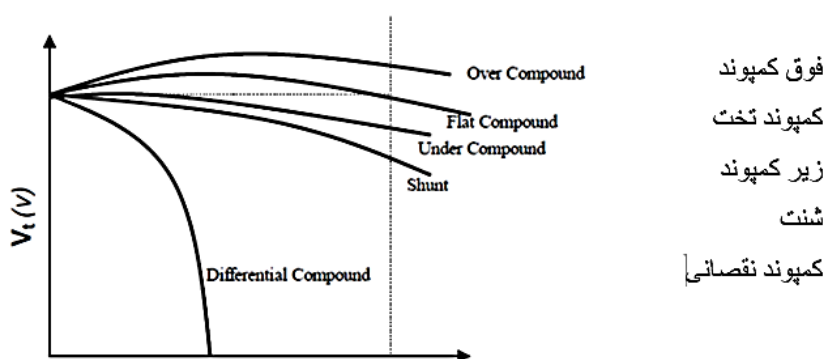
در نوع نقصانی جهت جریان در سیم‌پیچ تحریک سری و موازی برخلاف جهت هم به وجود آمده لذا با عبور جریان بار میدان برآیند سیر نزولی خواهد گرفت و ولتاژ بشدت سقوط خواهد کرد. با توجه به این منحنی می‌توان مشاهده نمود که شباهت زیادی بین این ژنراتور و ژنراتور سری وجود دارد لذا در جاهایی می‌توان استفاده نمود که جریان ثابت باشد و این ژنراتورها برای تأمین منبع ولتاژ DC اصولاً مطلوب نیستند.

ژنراتورهای کمپوند اضافی به گونه‌ای است که برآیند میدان ایجاد شده در سیم‌پیچ تحریک موازی و سری مجموع دو میدان خواهد بود. به عبارت دیگر هر دو میدان در یک جهت به وجود می‌آیند. در این حالت منحنی مشخصه بار آن‌ها بهبود یافته و مثل ژنراتورهای موازی در اثر افزایش بار ولتاژ خروجی افت شدید نخواهد داشت. بسته به مقدار شدت و ضعف (بزرگی) میدان ایجاد شده در سیم‌پیچ سری نه تنها ولتاژ ترمینال کاهش نخواهد یافت که ممکن است در اثر افزایش جریان بار ولتاژ ترمینال ثابت مانده و یا حتی تغییرات صعودی نسبت به بار داشته باشد. با توجه به نکات فوق ممکن است سه وضعیت زیر برای ژنراتور حاصل شود.

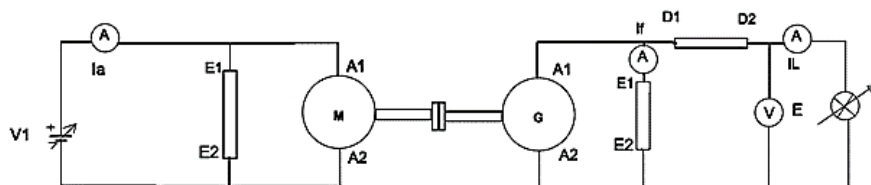
الف- کمپوند مسطح: حالتی است که ولتاژ ترمینال در حالت بدون بار و بار کامل باهم برابر باشند

ب- زیر کمپوند: حالتی است که ولتاژ ترمینال در حالت بار کامل کمتر از ولتاژ ترمینال در وضعیت بدون بار باشند.

ج- فوق کمپوند: حالتی است که ولتاژ ترمینال در حالت بار کامل بیشتر از ولتاژ ترمینال در حالت بدون بار باشند.



شکل ۴-۱: منحنی مشخصه انواع کمپوند



آزمایش کمپوند اضافی، نقصانی را با شنت کوتاه انجام دهید.

مراحل آزمایش:

۱- مدار شکل فوق را ببندید.

۲- موتور را راه اندازی کنید و سرعت آن را به 1500 rpm برسانید و در طول آزمایش ثابت نگاه دارید.

با اضافه کردن بار جدول زیر را کامل کنید.

E	160								
جریان تحریک I_f									
جریان بار I_L									

در مرحله بعد جای D_1 و D_2 را جابجا کرده و مراحل آزمایش را تکرار کنید.

E	160								
جریان تحریک I_f									
جریان بار I_L									

خواسته‌ها:

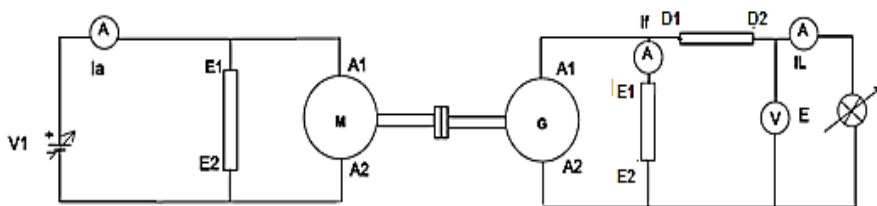
۱- منحنی $E=F(I_a)$ را در هر یک از آزمایش‌های فوق را رسم کنید.

سوالات:

- ۱- اثر اتصال کوتاه را در انواع مولدهای کمپوند را بررسی نمایید؟
- ۲- سیم‌پیچ‌های میدان سری و موازی را از نظر الکتریکی و تعداد حلقه مقایسه کنید؟
- ۳- موارد استفاده از انواع کمپوند را بنویسید؟
- ۴- تفاوت کمپوند اضافی و نقصانی را بنویسید؟
- ۵- چگونه می‌توان یک مولد کمپوند را به‌صورت نقصانی طراحی کرد؟

آزمایش شماره ۵: ژنراتور کمپوند ۲

آزمایش ژنراتور کمپوند را این بار به صورت بلند ببندید.
ابتدا دور را به ۱۵۰۰ rpm رسانده و آن را ثابت نگاه دارید.
با اضافه کردن بار در هر مرحله جدول را کامل کنید.



E	160								
جریان تحریک I_f									
جریان بار I_L									

در مرحله بعد جای D_1 , D_2 عوض کرده و مراحل را تکرار کنید.

E	160								
جریان تحریک I_f									
جریان بار I_L									

در آخر D_1 , D_2 را اتصال کوتاه کنید و مراحل را تکرار کنید.

E	160								
If جریان تحریک									
IL جریان بار									

خواسته‌ها:

- ۱- منحنی مشخصه هر یک از آزمایش‌های فوق را رسم کنید.
- ۲- انواع ژنراتور کمپوند را باهم مقایسه کنید.

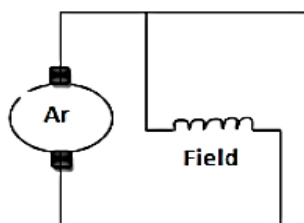
آزمایش شماره ۶: موتور شنت

هدف: بررسی و راهاندازی موتور شنت

کاربرد: موتور شنت را موتور سرعت ثابت می‌نامند ولی در این مورد موتورهای القایی قفس سنجابی سرعت ثابت ارزان‌تر و قوی‌تر می‌باشند (برای استفاده با سرعت قابل تنظیم). در سرعت‌های بالا انتخاب موتور شنت ارجحیت دارد. هنگامی که بار با رنج وسیعی از سرعت (پایین و بالای سرعت پایه) احتیاج باشد موتور شنت DC بکار می‌رود.

این موتورها نباید در زیر بار سنگین راهاندازی شوند چون جریان آرمیچر آن بیش‌ازحد زیاد شده و به آن صدمه می‌زند، بیشترین کاربرد این موتور در بارهای ثابت مانند هواکش‌های صنعتی و دمنده‌ها می‌باشد.

تئوری آزمایش: در این موتور به ازای تغذیه ثابت، جریان میدان ثابت است. نحوه رفتار و مشخصه‌های هر موتور DC را می‌توان با توجه به معادلات اساسی کار موتور توجیه کرد.



$$E_a = k \phi \omega \quad \text{نیروی ضد محرکه}$$

$$V_t = E + I_a r_a \quad \text{ولتاژ شبکه}$$

$$T_e = k \phi I_a \quad \text{گشتاور الکتریکی تولیدی}$$

شکل ۶-۱: ساختار ماشین شنت

مشخصه سرعت: وابستگی سرعت موتور شنت به بار آن بسیار کم است و این یکی از خواص کم‌نظیر این نوع موتور است. هنگامی که ولتاژ ترمینال موتور را ثابت فرض کنیم (در حد نامی) در این حالت سرعت موتور به دو عامل بستگی دارد:

۱- افت ولتاژ

۲- عکس‌العمل مغناطیسی آرمیچر

به این گونه که با افزایش بار، افت ولتاژ زیاد شده و E کاهش یافته که در نتیجه دور کاهش خواهد یافت و از طرفی شار عکس‌العمل آرمیچر باعث کاهش شار می‌شود و افزایش سرعت موتور می‌گردد در نتیجه اثر دو عامل فوق که در خلاف یکدیگر بوده باعث می‌شود که سرعت موتور شنت در بی‌باری تا بارداری تقریباً ۵٪ تغییر می‌کند.

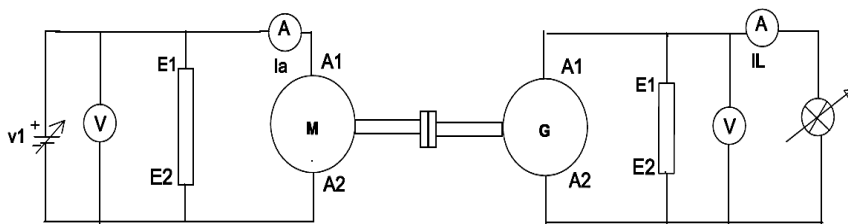
ب - مشخصه گشتاور: در حالت بی‌باری چون جریان تحریک ثابت است لذا فلوی میدان ثابت بوده و چون $T = \frac{E \cdot I_a}{\omega}$ می‌شد. منحنی منحنیور جریان خط مستقیم می‌شود $T \propto I_a$ و از طرفی در حالت بارداری به علت وجود عکس‌العمل عرضی آرمیچر فلوی میدان کاهش یافته، لذا گشو لذا اینجا نسبت به بی‌باری به ازای یک مقدار جریان کاهش خواهد یافت.

مراحل آزمایش:

ابتدا مدار را مطابق شکل ببندید

سرعت موتور را به ۱۵۰۰ rpm رسانده (در حالی که بار قطع است)

در طول آزمایش ولتاژ ورودی موتور و جریان تحریک را ثابت نگاه دارید و مرحله به مرحله بار به ژنراتور اضافه کنید و جدول زیر را کامل کنید.



N دور بر دقیقه	1500								
Ia جریان بار									

خواسته‌ها:

- ۱- منحنی $n=F(I_f)$, $n=F(I_a)$, $T=F(I_a)$ را رسم کنید
- ۲- اگر رئوس را با سیم‌پیچ تحریک شنت سری کنیم تأثیر آن را بیان کنید.

سؤالات:

- ۱- جهت چرخش موتور شنت را چگونه می‌توان عوض کرد؟
- ۲- کاربرد موتور شنت را نام ببرید.

آزمایش شماره ۷: موتور کمپوند

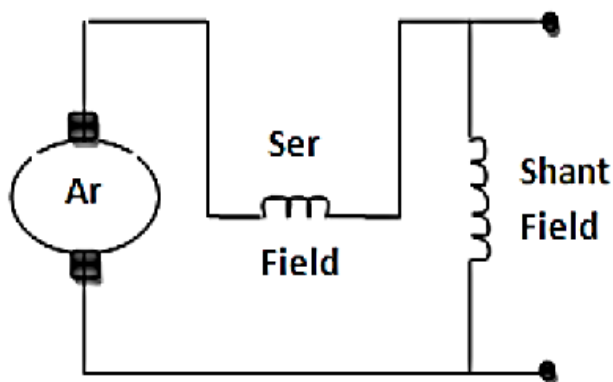
هدف: بررسی مشخصه‌های موتور کمپوند

کاربرد: این نوع موتور جریان مستقیم دارای میدان‌های سری و موازی می‌باشد رفتار این میدان به‌گونه‌ای است که می‌توانند به تضعیف یا تقویت یکدیگر پرداخته و حالت‌های کمپوند اضافی و نقصانی ایجاد نمایند.

در صورت تبدیل موتور به ژنراتور نقصانی تبدیل می‌شود و در صورتی که موتور کمپوند نقصانی باشد ژنراتور کمپوند اضافه می‌شود. در این موتورهای گشتاور راه‌اندازی بزرگ‌تر از نوع شنت است به این صورت که همانند یک موتور سری دارای گشتاور زیادی جهت راه‌اندازی بوده و همانند یک موتور شنت در شرایط بی‌باری به سرعت بیش از حد مجاز نمی‌رسند (در صورتی که از موتور با شنت کوتاه استفاده شود در موقع راه‌اندازی دوسر قطب‌های سری را اتصال کوتاه کنید)

موتور کمپوند اضافی: در مواردی که با برداشتن بار موتور مهارگسسته نشود؛ مانند دستگاه‌های تراش که در هر پریود کاری بی‌بار شده و سپس در بار کامل قرار می‌گیرد.

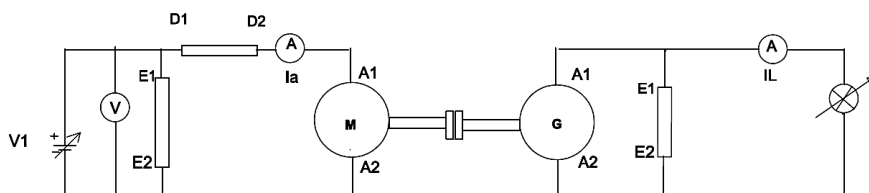
موتور کمپوند نقصانی: در مواردی که به کار می‌رود که به سرعت تقریباً نیاز باشد لذا معمولاً از این موتور در آزمایشگاه‌ها برای تأمین دور ثابت استفاده می‌شود.



شکل ۷-۱: ساختار ماشین کمپوند

مراحل انجام آزمایش:

- ۱- ابتدا موتور را مطابق شکل به صورت کمپوند بلند ببندید.
- ۲- پس از راه اندازی موتور را تمام بار نموده و جدول را کامل کنید.



IL جریان بار	0							5
Te گشتاور								
Ia جریان بار								
N دور بر دقیقه								

خواسته‌ها:

- ۱- مشخصه‌های $n=g(I_a)$, $T_e=F(I_a)$ را رسم کنید.

سؤالات:

- ۱- موارد استفاده از موتور کمپوند را بنویسید.
- ۲- جهت گردش موتور کمپوند را چگونه تغییر می‌دهند؟
- ۳- چرا هنگام راه‌اندازی موتور کمپوند نقصانی سیم‌پیچ سری را اتصال کوتاه می‌کنند؟

آزمایش شماره ۸: موتور سری

هدف: بررسی مشخصه‌های موتور سری

کاربرد: موتورهای سری استفاده فراوانی دارند. خصوصیت برجسته موتورهای سری در این است که به‌مجرد اینکه افزایش گشتاور بار لازم باشد، سرعت به‌طور اتوماتیک کاهش می‌یابد. کاهش سرعت به همراه افزایش گشتاور بار یا بالعکس، فقط تأثیر اندکی روی میزان قدرت الکتریکی گرفته‌شده توسط موتور سری دارد. از آنجایی که موتور سری در راه‌اندازی بارهای سنگین از خود استقامت خوبی نشان می‌دهد و گشتاور راه‌اندازی بالایی تولید می‌کند.

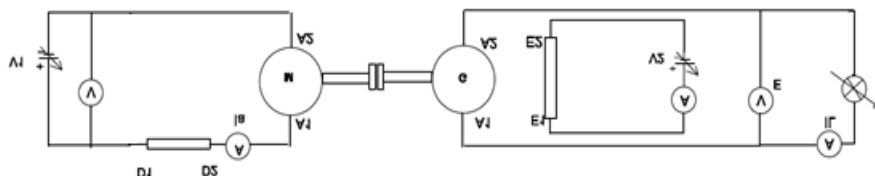
به علت بالا بودن گشتاور و راه‌اندازی این موتور درجایی که گشتاور راه‌اندازی بالا موردنظر باشد استفاده می‌شود مانند پرس‌های ضربه‌ای، جرثقیل‌ها، بالابرها و آسانسورها. همچنین بهترین موتور برای وسایل نقلیه مانند اتوبوس‌های برقی، لوکوموتیوها می‌باشد و از این‌رو از موتور سری در قطارهای برقی استفاده می‌شود که اصطلاحاً به آن موتور کششی گویند.

تئوری آزمایش:

سیم‌پیچ میدان که دارای مقاومت خیلی کمتری نسبت به قطب‌های شنت می‌باشد با آرمیچر سری بسته می‌شود لذا قطب‌های ماشین با I_a تغذیه می‌شوند. I_a و ϕ با توجه به اینکه موقع بی‌باری جریان آرمیچر کم است لذا شار حاصل کم بوده و سرعت موتور که با شار نسبت عکس دارد افزایش شدید پیدا می‌کند که برای این موتور خطرناک می‌شود لذا هیچ‌گاه یک موتور سری را بدون بار راه‌اندازی نکنید.

مراحل آزمایش:

- ۱- مدار را مطابق شکل زیر ببینید.
- ۲- سرعت موتور را به 1500 rmp برسانید و ولتاژ آرمیچر را یادداشت نموده.
- ۳- با افزایش بار ژنراتور درحالی که ولتاژ آرمیچر را ثابت نگه‌داشته‌اید جدول را کامل کنید



E									
جریان بار I_a									
N دور بر دقیقه	1500								

خواسته‌ها:

- ۱- منحنی سرعت برحسب جریان آرمیچر معینی $n=F(I_a)$ را رسم نمایید؟
- ۲- منحنی گشتاور الکترومغناطیسی موتور را برحسب جریان آرمیچر یعنی $T=F(I_a)$ را رسم نمایید.

$$T = \frac{V - (Ra + Rf)I_a}{\frac{2\pi N}{60}}$$

$$T = \frac{E \cdot I_a}{\omega}$$

- ۳- منحنی سرعت برحسب گشتاور الکترومغناطیس موتور را رسم نمایید.

سوالات:

- ۱- راه‌اندازی موتور سری با چه روش‌هایی صورت می‌گیرد؟
- ۲- برای حفاظت از موتور سری در برابر افزایش سرعت چه روشی را پیشنهاد می‌کنید؟
- ۳- روش‌های تغییر در جهت حرکت موتور سری چگونه است؟
- ۴- چرا از موتور سری در وسایل حمل‌ونقل و جرثقیل استفاده می‌شود؟

آزمایش شماره ۹: ترانس تک فاز ۱

هدف: مطالعه تلفات مسی و آهنی و راندمان ترانس

کاربرد: ترانسفورماتور ماشینی است که انرژی الکتریکی را از یک سطحی به سطح دیگر تبدیل می‌کند. ترانسفورماتور به منظور کاهش و یا افزایش ولتاژ و یا جریان بکار می‌رود.

نکته: یکی از خواص ترانسفورماتور این است که ولتاژ و جریان را تغییر می‌دهد بدون آنکه حاصل ضرب آن‌دورا تغییر دهد؛ یعنی قدرت ورودی و قدرت خروجی تقریباً برابر است.

ساختمان ترانس:

ترانس از یک هسته آهنی و دو عدد سیم‌پیچ تشکیل یافته است که یکی سیم‌پیچ اولیه و دیگری سیم‌پیچ ثانویه می‌باشد. سیم‌پیچ اولیه به سیم‌پیچی اطلاق می‌شود که به منبع متصل باشد و سیم‌پیچ ثانویه نیز به سیم‌پیچی اطلاع می‌شود که به بار متصل باشد. ترانس‌ها را در دو گروه افزایشده و کاهشده تقسیم‌بندی می‌نمایند. اگر چنانچه ولتاژ ثانویه نسبت به اولیه بیشتر باشد اصطلاحاً ترانس را افزایشده گویند و اگر ولتاژ ثانویه کم‌تر از ولتاژ اولیه باشد ترانس را ترانس کاهشده می‌نامند. هسته ترانس از ورقه‌های نازک که نسبت به هم عایق هستند و از جنس آهن مخصوص تشکیل شده است و از تلفاتی که جریان فوکو تولید می‌کند جلوگیری می‌نماید. نحوه شناخت جریان ترانس: به عنوان مثال جریان $5/300\text{ A}$ ، ترانسی است که جریان ۳۰۰ آمپر را در اولیه به ۵ آمپر در ثانویه تبدیل می‌کند که جریان مناسبی برای تجهیزات اندازه‌گیری یا حفاظتی می‌باشد.

نحوه کار ترانسفورماتور:

ترانسفورماتور وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به وسیله دو یا چند سیم‌پیچ و از طریق القای الکتریکی از یک مدار به مداری دیگر منتقل می‌کند. به این صورت که جریان جاری در مدار اول (اولیه ترانسفورماتور) موجب به وجود آمدن یک میدان

مغناطیسی در اطراف سیم‌پیچ اول می‌شود، این میدان مغناطیسی به‌نوبه خود موجب به وجود آمدن یک ولتاژ در مدار دوم می‌شود که با اضافه کردن یک بار به مدار دوم این ولتاژ می‌توان به ایجاد یک جریان در ثانویه منجر شود. ولتاژ القاشده در ثانویه V_s و ولتاژ دو سر سیم‌پیچ اولیه V_p دارای یک نسبت با یکدیگرند که به‌طور ایده آل برابر نسبت تعداد دور سیم‌پیچ ثانویه به سیم‌پیچ اولیه است.

ترانسفورماتورها یکی از پربازده‌ترین تجهیزات الکتریکی هستند به‌طوری‌که در برخی ترانسفورماتورهای بزرگ راندمان به ۹۹٫۷۵٪ نیز می‌رسد.

اساس کار ترانسفورماتور:

اساس کار ترانسفورماتور بر مبنای اثر میدان‌های مغناطیسی (القای متقابل) بین سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه است. هرگاه سیم‌پیچ اولیه به ترانسفورماتوری را به شکل زیر به یک منبع ولتاژ متناوب با ولتاژ V_1 وصل کنیم، جریانی از آن عبور می‌کند و در فضای اطراف سیم‌پیچ اولیه تولید میدان مغناطیسی می‌کند.

این میدان، پس از عبور هسته از ترانس، سیم‌پیچ‌های ثانویه را قطع و ولتاژ V_2 را در آن القا می‌کند. اگر در سیم‌پیچ‌های ثانویه ترانسفورماتور مصرف‌کننده (بار) قرار گیرد، چون مسیر آن بسته می‌شود، جریان I_2 از آن جاری می‌شود.

انواع ترانسفورماتور:

تقسیم‌بندی اول: انواع ترانسفورماتور از نظر ساختمان (شکل هسته)

الف) ترانسفورماتور جداری (هسته زرهی)

در این ترانسفورماتور سیم‌پیچ اولیه و ثانویه و هر دو روی بازوی وسط هسته سیم‌پیچی شده، نیمی در یک طرف و نیمی دیگر در طرف دیگر سیم‌پیچ‌ها را قرار دارند که از این نوع ترانسفورماتور در فشار ضعیف استفاده می‌شود.

ب) ترانسفورماتور هسته‌ای (ستونی)

در این ترانسفورماتور بوبین اولیه و ثانویه را به دو قسمت مساوی تقسیم کرده و سپس نیمی از سیم‌پیچ اولیه و نیمی از سیم‌پیچ ثانویه را روی یکی از بازوها و دونیمه دیگر سیم‌پیچ‌ها را نیز روی بازوی دیگر قرار می‌دهند. از این نوع ترانسفورماتور در فشار قوی استفاده می‌شود.

۲. تقسیم‌بندی ترانسفورماتور از نظر تک فاز و یا سه فاز بودن

الف) ترانس‌های تک فاز :

- ۱- کاهنده، ۲- افزایشنده، ۳- اتوترانس (ترانس صرفه‌ای)، این ترانس خود به دو گروه افزایشنده و کاهنده تقسیم می‌شود، ۴- ترانس‌های اندازه‌گیری CT و PT، ۵- ترانس‌های حفاظت (ترانس ایزوله)

ب) ترانس‌های سه فاز:

- ۱- کاهنده (فشارقوی)، ۲- افزایشنده (فشار ضعیف - فشارقوی)، ۳- اتوترانس (فشار ضعیف) که خود به دودسته افزایشنده و کاهنده تقسیم می‌گردد، ۴- ترانس‌های حفاظت (ترانس ایزوله)

۳. ترانسفورماتورها را از نقطه نظر مقدار ولتاژ خروجی نسبت به ولتاژ ورودی به دودسته تقسیم می‌کنند:

الف) ترانسفورماتور کاهنده: در این نوع ترانس، ولتاژ ثانویه آن کمتر از ولتاژ اولیه است و در نتیجه تعداد دور سیم‌پیچ‌های ثانویه از سیم‌پیچ‌های اولیه کمتر است یعنی: معمولاً از این نوع ترانسفورماتور، زمانی استفاده می‌شود که ولتاژ کار مصرف‌کننده از ولتاژ منبع تغذیه‌کننده کمتر باشد. ترانسفورماتورهایی که در دستگاه‌های جوشکاری و لوازم خانگی مانند رادیو به کار می‌روند از این نوع هستند. برخی آداپتورها نیز از این نوع ترانس استفاده می‌کنند.

ب) ترانسفورماتور افزایشنده:

در این نوع ترانس، ولتاژ ثانویه آن بیشتر از ولتاژ اولیه است و در نتیجه تعداد دور سیم‌پیچ‌های ثانویه از سیم‌پیچ‌های اولیه بیشتر است یعنی:

از این نوع ترانسفورماتورها در مواردی که مصرف‌کننده به ولتاژی بیش از ولتاژ منبع تغذیه نیاز داشته باشد، استفاده می‌شود. از جمله این موارد می‌توان ترانسفورماتورهای انتقال انرژی الکتریکی در شبکه‌های برق یا ترانسفورماتور جرقه مشعل‌های گازوئیلی را نام برد. در مشعل گازوئیلی تراس جرقه ولتاژ ۲۲۰ ولت را تا حدود ۱۰۰۰۰ ولت افزایش می‌دهد.

ترانس ایده آل:

ترانس ایده آل عبارت است از دستگاهی که متشکل از دو سیم‌پیچ اولیه و ثانویه همراه با هسته می‌باشد که می‌توان فرض کرد هیچ‌گونه تلفاتی در آن به وجود نمی‌آید. امروزه ترانس‌های واقعی بسیار نزدیک به این فرض هستند به گونه‌ای که بعضی از آن‌ها دارای راندمانی تا ۹۹٪ هم هستند؛ بنابراین فرض ایده آل بودن در مورد اکثر ترانس‌های امروزی فرض قابل‌قبولی خواهد بود. یک ترانس ایده آل خواهد بود اگر فرض شود که:

۱. تمامی شار محدود به هسته است و از درون به دو سیم‌پیچ اولیه و ثانویه به‌طور کامل عبور می‌کند.

۲. مقاومت الکتریکی دو سیم‌پیچ قابل‌اغماض است

۳. اتلاف انرژی در هسته ناچیز است.

۴. تراوندگی مغناطیسی (شار تراوش شده بر اساس واحد نیروی محرکه) آن‌چنان زیاد است که تنها نیروی محرکه مغناطیسی کمی نیاز است تا شار موردنظر تولید شود.

ترانس به‌منزله یکی از عوامل اصلی برای استفاده گسترده از سیستم‌های قدرت AC، تولید توان الکتریکی و اقتصادی‌ترین ولتاژ انتقال را ممکن می‌سازد. ترانسفورماتور در مدارات الکترونیکی و کنترلی با قدرت در مناسب‌ترین سطح ولتاژ برای استفاده خاص در یک دستگاه خاص و انتقال قدرت در اقتصادی‌ترین ولتاژ انتقال را ممکن می‌کند. ترانسفورماتور در مدارات الکترونیکی و کنترلی با قدرت و جریان کم، برای انجام اعمالی از قبیل تطبیق امپدانس یک منبع و بار آن برای حداکثر انتقال توان، عایق کردن یکی از دیگری یا مجزا کردن سیستم ابقای پیوستگی AC بین دو مدار نیز به‌طور گسترده کاربرد دارد.

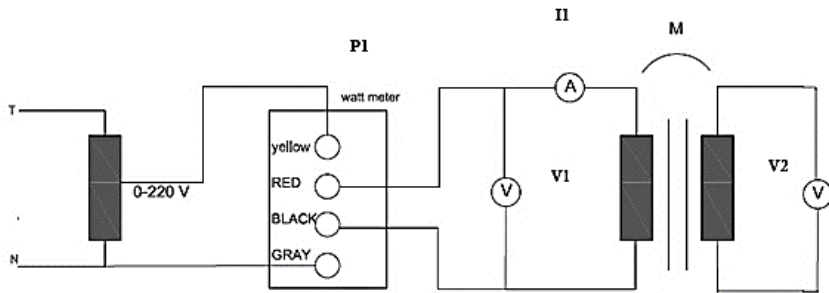
تئوری آزمایش:

یک ترانسفورماتور بر اساس القای الکترومغناطیسی کار می‌کند، بنابراین اگر سیم‌پیچ، شار متغیری را در بر بگیرد، در دو سر آن یک نیروی محرکه الکتریکی (emf) القا می‌گردد؛ که مقدار آن بستگی به تعداد دور سیم‌پیچ و میزان شار عبوری دارد. هرگاه یک وسیله برقی، مورد تجزیه و تحلیل قرار

گیرد، دسترسی به مدار معادل آن ضروری است. مدار معادل برای دستگاه‌های الکترومغناطیسی شامل ترکیبی از مقاومت‌ها، اندوکتانس‌ها و کاپاسیتانس‌ها و ولتاژها می‌باشد.

۱- آزمایش مدار باز

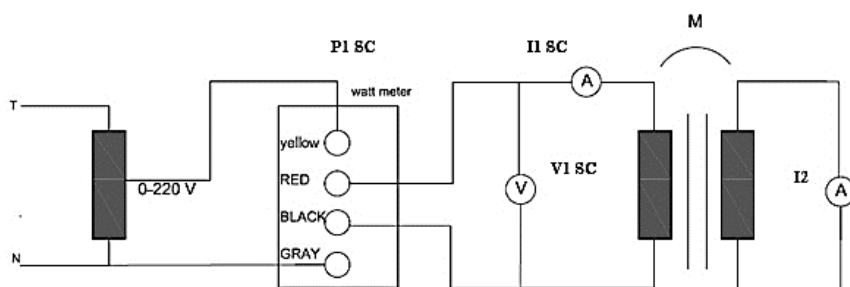
برای انجام آزمایش مداری مطابق شکل بسته و با تغییرات ولتاژ ورودی تا ولتاژ نامی جدول زیر را کامل کنید بررسی کنید در بی‌باری، ترانس دارای چه راندمانی می‌باشد.



V1 ولتاژ اولیه	220	200	180						
P1 توان اولیه									
I1 جریان اولیه									
V2 ولتاژ ثانویه									

۲- آزمایش اتصال کوتاه:

در این آزمایش طرف ثانویه را اتصال کوتاه کنید و با تنظیم ولتاژ اولیه جریان در اولیه را به مقدار نامی که ۵ آمپر است برسانید و با کاهش جریان تا مقدار ۰/۵ آمپر جدول زیر را کامل کنید.



I1 sc	5	4	3	2	1	0.5	0
P1 sc							
V1 sc							

سؤال: ساختار و اصول یک ترانس تک فاز را توضیح دهید.

آزمایش شماره ۱۰: ترانس تک فاز ۲

هدف: مطالعه تلفات مسی و آهنی و راندمان ترانس در حالت بارداری
در یک ترانس ایده آل رابطه زیر همواره صادق است:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

کمیت‌های بکار رفته در این رابطه عبارت‌اند از:

V_1 : ولتاژ منبع تغذیه

V_2 : ولتاژ دو سر مصرف‌کننده

N_1 : تعداد حلقه‌های اولیه

N_2 : تعداد حلقه‌های ثانویه

I_1 : جریان سیم‌پیچ اولیه

I_2 : جریان سیم‌پیچ ثانویه

اصطلاحاً به a ضریب تبدیل ترانسفورماتور گفته می‌شود چراکه به کمک آن می‌توان نسبت تبدیل ولتاژها، جریان‌ها و تعداد دور سیم‌پیچی ترانسفورماتور را محاسبه کرد.

ترانسفورماتور واقعی:

در ترانس‌های واقعی ۴ فرض اساسی ترانس‌های ایده آل ممکن است وجود نداشته باشد. لذا در ترانس واقعی برخی آثار جانبی پدیدار می‌شود که متفاوت از ترانس ایده آل خواهد بود. در ترانس‌های واقعی به دلیل مقاومت اهمی سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه مقداری تلفات به صورت حرارتی خواهیم داشت. علاوه بر این مقداری تلفات انرژی در اثر جریان‌های گردابی در هسته و افت مغناطیسی نیز وجود دارد.

اتو ترانسفورماتور:

اتو ترانسفورماتور به ترانسفورماتوری گفته می‌شود که تنها از یک سیم‌پیچ تشکیل شده است. این سیم‌پیچ دارای دو سر ورودی و خروجی و یک سر در میان

است. به‌طوری‌که می‌توان گفت سیم‌پیچ کوتاه‌تر (که در ترانس کاهنده سیم‌پیچ ثانویه محسوب می‌شود) قسمتی از سیم‌پیچ بلندتر است. در این‌گونه ترانسفورماتورها تا زمانی که نسبت ولتاژ دور در دو سیم‌پیچ برابر باشد ولتاژ خروجی از نسبت سیم‌پیچ تعداد دور سیم‌پیچ‌ها به ولتاژ ورودی به دست می‌آید. با قرار دادن یک تیغه لغزان به‌جای سر وسط ترانس، می‌توان نسبت سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه را تا حدودی تغییر داد و به‌این‌ترتیب ولتاژ پایانه خروجی ترانسفورماتور را تغییر می‌کند. مزیت استفاده از اتو ترانسفورماتور کم‌هزینه‌تر بودن آن است چراکه به‌جای استفاده از دو سیم‌پیچ تنها از یک سیم‌پیچ در آن‌ها استفاده می‌شود.

مزایای اتو ترانسفورماتور:

۱. به علت کم بودن تعداد دور، مس کمتری در آن مصرف می‌شود در نتیجه ارزان‌تر و کوچک‌تر است.
۲. راندمان بیشتری دارد.
۳. ولتاژ متغیر می‌دهد. تلفات آن کم است.

معایب اتو ترانسفورماتور:

۱. ایزوله نبودن سیم‌پیچ اولیه از ثانیه
۲. به دلیل اتصال الکتریکی اولیه و ثانویه بروز عیب در هر طرف، طرف دیگر را نیز به خطر خواهد انداخت.
۳. به دلیل مجزا نبودن اولیه از ثانویه از آن برای تبدیل ولتاژهای زیاد استفاده نمی‌شود

ترانسفورماتور چند فازه:

برای تغذیه بارهای سه فاز می‌توان از سه ترانسفورماتور جداگانه استفاده کرد یا آنکه از یک ترانسفورماتور سه‌فاز استفاده کرد. در یک ترانسفورماتور سه فاز مدارهای مغناطیسی باهم مرتبط هستند و بنابراین هسته دارای شار مغناطیسی در سه فاز متفاوت است. برای چنین هسته‌هایی می‌توان از چندین شکل مختلف برای هسته استفاده کرد که این شکل‌های مختلف هر یک دارای مزایا و معایبی هستند و در مواردی خاص کاربرد دارند. یکی دیگر از کاربردهای ترانس‌ها در شبکه‌های

فشارقوی می‌باشد زمانی که می‌خواهند ولتاژ و یا جریان شبکه‌های فشارقوی را اندازه‌گیری نمایند دیگر نمی‌توان از تجهیزاتی مانند اهم‌متر و غیره استفاده کرد چراکه چنین وسایلی دارای محدوده حفاظتی می‌باشند. بنابراین از گونه‌هایی از ترانس‌هایی استفاده می‌کنند که در زیر به آن‌ها اشاره شده است.

۱- ترانس ولتاژ (Voltage Transtormator)

VT یا Pt

این ترانس داری اولیه با تعداد دور بیشتر بوده و در نتیجه اولیه آن به‌طور موازی به شبکه با ولتاژ بالا وصل شده و ثانویه آن که دارای تعداد دور کمتر می‌باشد به وسیله اندازه‌گیری متصل می‌گردد.

۲- ترانس جریان (Current Transformator) یا CT:

این ترانسفورماتور با اولیه با تعداد دور کم به‌صورت سری در شبکه فشارقوی قرار گرفته و ثانویه آن به دستگاه اندازه‌گیری متصل می‌گردد. نکته حائز اهمیت در ترانس جریان آن است که همیشه ثانویه نمی‌بایست که اتصال باز باشد؛ و بایستی دو سر سیم‌پیچ ثانویه اتصال کوتاه شود پس از قرار گرفتن وسیله سالم می‌توان اتصال ثانویه را باز نمود. این ترانس جریان‌های بالا را به جریان‌های پایین ۵ و ۱ آمپر تبدیل می‌کند.

پلاک ترانسفورماتور:

شکل زیر پلاک مشخصات یک ترانسفورماتور را نشان می‌دهد. ولتاژ خروجی داده شده مقدار مؤثر ولتاژ در بار نامی است.

PE • 21 PLUS™		PREMIUM EFFICIENCY	
ORD.NO.	1LA02864SE41	E. NO.	
TYPE	RGZESD	FRAME	286T
H.P.	30.00	SERVICE FACTOR	1.15
AMPS	34.9	VOLTS	460
R.P.M.	1765	HERTZ	60
DUTY	CONT 40°C AMB.	DATE CODE	
CLASS INSUL	F	NEMA DESIGN	B
SH. END BRG.	50BC03JPP3	K. V. A. CODE	G
		NEMA. NOM. EFF.	93.6
		OPP. END BRG.	50BC03JPP3

شکل ۱۰-۱: پلاک ترانس

- ۱- نام کارخانه
- ۲- مدل
- ۳- قدرت بر حسب اسب بخار
- ۴- شماره بدنه
- ۵- ولتاژ کار
- ۶- تعداد فاز
- ۷- مقدار جریان (آمپر)
- ۸- ضریب خدمات (ضریب کارکرد)
- ۹- کلاس عایقی
- ۱۰- دمای مجاور (دمای محیط)
- ۱۱- تعداد دور در دقیقه
- ۱۲- مدت زمان کار موتور در بار نامی
- ۱۳- حرف رمز حالت توقف و یا در حال کار روتور
- ۱۴- حداکثر بازده

سؤالات:

- ۱- فرق ترانس ایده آل و حقیقی چیست؟
- ۲- به ازای چه جریانی راندمان در یک ترانس ماکزیمم می‌شود؟ این جریان را برای ترانس آزمایش‌شده، پیدا کنید.
- ۳- به ازای یک قدرت معین راندمان در یک بار اهمی بیشتر است یا بار سلفی؟