

وزارت علوم تحقیقات و فناوری



دانشگاه صنعتی سجاد
نیرودتی - نیرشاهی

دستورکار آزمایشگاه ماشین های الکتریکی ۱



تهیه و تنظیم:

مهندس جواد شاهی

فهرست مطالب

صفحه

پیش گفتار

۱	اصول اساسی کار ماشین های گردان
۴	آزمایش ۱: ژنراتور تحریک مستقل
۹	آزمایش ۲: ژنراتور شنت
۱۴	آزمایش ۳: موتور شنت
۱۸	آزمایش ۴: کنترل سرعت موتورهای DC
۲۰	آزمایش ۵: ژنراتور سری
۲۲	آزمایش ۶: موتور سری
۲۶	آزمایش ۷: ژنراتور کمپوند
۲۹	آزمایش ۸: موتور کمپوند
۳۳	آزمایش ۹: ضریب بهره ماشین DC
۳۷	آزمایش ۱۰: موازی کردن ژنراتورهای DC
۴۱	آزمایش ۱۱: ترانس تکفاز

مقدمه:

یکی از واحدهای درسی رشته مهندسی برق در کلیه گرایش ها آزمایشگاه ماشین های الکتریکی می باشد. که در آن دانشجویان با نحوه عملکرد ماشین های DC، انواع ماشین های ac تکفاز و سه فاز ترانسفورماتورهای تکفاز و سه فاز آشنا می شود.

سیستم آموزشی ماشین های الکتریکی توسط مرکز تحقیقات سجاد به گونه ای طراحی شده است که همه قابلیت های مذکور را دارا باشد.

در این طراحی حفاظت به کار رفته همه جانبه بوده و انواع مشکلاتی که یک دانشجو ممکن است در حین آزمایش با آن رو به رو شود بررسی شده و تدابیر حفاظتی لازم برای آن در نظر گرفته شده است.

در قسمت مقررات آزمایشگاه مواردی جهت بهتر برگزار شدن آزمایشگاه و حفاظت دانشجو و تجهیزات بیان گردیده است. انتظار می رود دانشجویان موارد فوق را مطالعه و رعایت کنند.

امیدوارم دانشجویان و همکاران گرامی هرگونه کوتاهی یا ایرادی که در سیستم یا دستورکار از دید اینجانب پنهان مانده را یادآوری کنند.

مقررات آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی

۱. قبل از حضور در آزمایشگاه تئوری آزمایش را از گزارش کار و سایر مراجع به دقت مطالعه نمایید.
۲. پوشیدن روپوش سفید در کلاس‌های آزمایشگاه الزامی است.
۳. قبل از اینکه مدار توسط استاد آزمایشگاه کنترل شود به هیچ وجه کلید مدار را وصل نکنید.
۴. هنگام انجام آزمایش و برقرار بودن مدار، از جابه‌جایی سیم‌های رابط و قطع و وصل مدار خودداری کنید.
۵. هنگامی که در مقادیر زیاد جریان کار می‌کنید سعی کنید آزمایش را در کمترین مدت ممکن انجام داده و پس از آن مدار را خاموش کنید.
۶. پس از اتمام آزمایش سیم‌های رابط را به شیوه استاندارد درجا سیمی قرار دهید.
۷. پس از اتمام آزمایش صندلی و میز را مرتب کنید.

جواد شاهی

زمستان ۹۱

اصول اساسی کار ماشین های گردان

شکل ساختمانی ماشین های گردان :

تمام ماشین های الکتریکی گردان اعم از اینکه برای تولید انرژی بکار گرفته می شوند ، یا آنهایی که در انواع محرک های الکتریکی یا سیستم های کنترل مورد استفاده قرار می گیرند ، از نقطه نظر ساختمانی دارای قسمتهای ضروری مشترکی هستند . به عنوان مثال هر ماشین الکتریکی گردان بایستی دارای :

۱. استاتور
۲. رتور(قسمت گردان)
۳. فاصله هوایی حد فاصل رتور و استاتور
۴. محور ، یاطاقان ، پایه و غیره باشد

علاوه بر این ها ماشین های الکتریکی معمولا دارای :

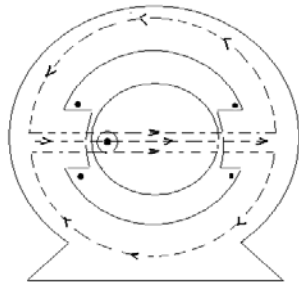
الف : سیم پیچ میدان یا تحریک که شار عمل کننده را تولید می کند

ب : سیم پیچ آرمیچر که به وسیله شار عمل کننده در آن emf القا می گردد می باشد .

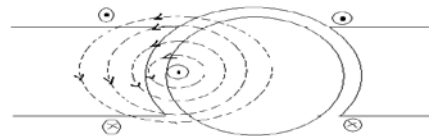
عملکرد :

اصول فیزیکی حاکم بر رفتار ماشین های الکتریکی یکسان است . اگرچه روش های تحلیل ریاضی و مدل ها برای تحلیل ماشین های الکتریکی ضروری هستند ، اما دید و بینش فیزیکی ابزار مهندسی بسیار سودمندی برای تحلیل و کاربرد این وسایل است که یکی از اهداف ما در این مجال می باشد.

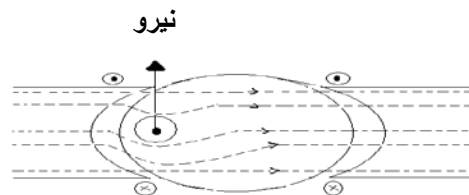
اصول عملکرد ماشین های الکتریکی dc و ac یکسان است و اختلاف آنها فقط به شکل ساختمانی آنها برمی گردد . ابتدا در رابطه با اصول فیزیکی ایجاد گشتاور در ماشین های گردان بحث می کنیم .



شکل ۱



شکل ۲



شکل ۳

اشکال فوق یک استاتور قطب برجسته با دو قطب و یک رتور استوانه ای با یک هادی را نمایش می دهد. هنگامیکه پیچکهای استاتور تغذیه می شوند و در هادی رتور هیچ جریانی وجود نداشته باشد . شار مغناطیسی استاتور در مسیری که در شکل (۱) نشان داده شده ایجاد می گردد ، اگر هادی رتور حامل جریان باشد (که در شکل جهت آن را با قرار دادن یک نقطه به طرف خارج صفحه نشان داده ایم) و در پیچیک استاتور نیز هیچ جریانی وجود نداشته باشد . میدان مغناطیسی مطابق شکل (۲) ایجاد می شود ، در صورتیکه پیچکهای استاتور و رتور هر دو حامل جریان باشند در اینصورت شار ایجاد شده بوسیله جریان رتور با شار تولیدی استاتور تداخل کرده و توزیع شار مغناطیسی منتهی برآیند بصورت نشان داده شده در شکل (۳) خواهد شد . از آنجائیکه خطوط شار مغناطیسی مانند رشته های لاستیکی تحت کشش عمل می کنند ، نیرویی به سمت بالا بر هادی رتور وارد می شود . گشتاور راستگردی که به این ترتیب در نتیجه تداخل میدان های مغناطیسی استاتور و رتور تولید شده گشتاور الکترومغناطیسی یا تداخلی (تقابلی) نامیده می شود .

ماشین های الکتریکی در یک دسته بندی کلی به شرح زیر می باشند :

✓ **ماشین سنکرون ساده :** در یک ماشین سنکرون سیم پیچ آرمیچر (به استثنای موارد نادر) در روی استاتور

و سیم پیچ میدان بر روی رتور جای دارد . سیم پیچ میدان توسط جریان مستقیم تحریک می گردد . در حالت پایدار موتور سنکرون با سرعت ثابت حرکت می کند . در یک موتور سنکرون منفرد که از طریق یک سیستم انرژی تغذیه می گردد باید سرعت آن با فرکانس سیستم سنکرون گردد.

✓ **ماشین جریان مستقیم DC :** در یک ماشین dc سیم پیچ میدان بر روی استاتور و سیم پیچ آرمیچر بر روی

رتور قرار دارد . در اکثر موارد با ترکیب خاصی از سیم پیچ آرمیچر و میدان و اتصال آن به منبع جریان مستقیم ماشین در حالت موتوری استفاده می شود و در حالت ژنراتوری بدون احتیاج به تغذیه خارجی (در اکثر موارد) فقط با چرخاندن رتور باعث ایجاد ولتاژ در خروجی می شوند .

✓ **ماشین القایی :** نوع دوم ماشین های ac ماشین القایی است . معمول ترین نوع در بین تمام موتورهایست در

هر دو سیم پیچ استاتور و رتور جریان متناوب وجود دارد .

از این ماشین بندرت بعنوان ژنراتور استفاده می شود و مشخصه های عملکرد آن بصورت ژنراتور برای اکثر موارد مطلوب نیست . سیم پیچ استاتور آن اساساً مانند سیم پیچ استاتور ماشین سنکرون است اما سیم پیچ رتور از لحاظ الکتریکی اتصال کوتاه بوده و اغلب بدون اتصالات خارجی است . اغلب سیم پیچ های رتور به صورت شمشهای آلومینیومی صلب هستند که از طریق ریخته گری در داخل شیارهای رتور قرار داده شده اند که به این خاطر موتورهای قفسی (قفس سنجابی) مشهورند . در اینگونه موتور سیم پیچ میدان روی استاتور و سیم پیچ آرمیچر روی رتور قرار دارد .

آزمایش ۱ : ژنراتور تحریک مستقل

هدف آزمایش : تعیین مشخصه های بی باری و با باری ، مشخصه خارجی مولد و عکس العمل آرمیچر

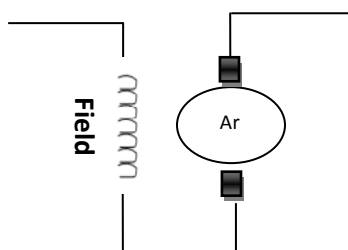
کاربرد :

این ژنراتور هنگامیکه یک حوزه وسیع از تغییرات ولتاژ خروجی مورد نیاز باشد استفاده می گردد . با ورود انواع مختلف یکسو کننده های کنترل شده به بازار مصرف از اهمیت ژنراتورهای dc کاسته شد . هرگاه انرژی dc مورد نیاز باشد از تبدیل ac به dc استفاده می شود که خیلی ارزانتر است . کاربردهای اصلی ژنراتور تحریک مستقل dc عبارتند از :

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

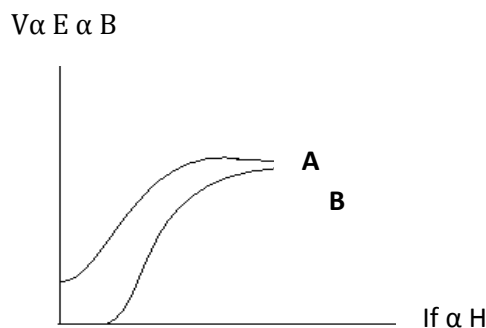
تئوری آزمایش :

در یک دسته بندی کلی از ماشین های الکتریکی شامل خود تحریک ها و تحریک مستقل ها می باشند . نحوه اتصال یک ژنراتور تحریک مستقل در زیر آمده است . جریان لازم برای میدان کسر بسیار کوچکی از جریان نامی آرمیچر می باشد که یک قدرت کوچک در میدان میتواند مقدار نسبتا بزرگی را در جریان آرمیچر کنترل کند ، یعنی ژنراتور یک تقویت کننده قدرت است .



شکل ۱-۱ : ماشین dc تحریک مستقل

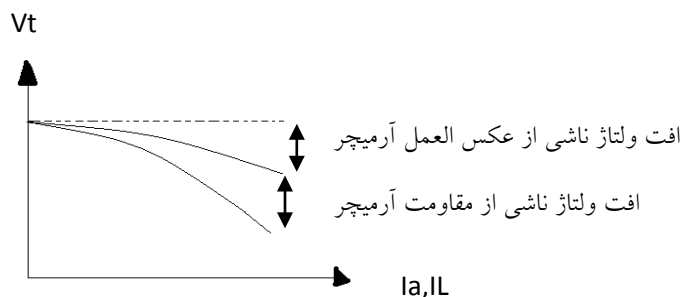
منحنی مشخصه بی باری : در یک سرعت ثابت تغییر جریان میدان ژنراتور باعث تغییر خروجی ژنراتور می شود و رسم این تغییرات به صورت منحنی مشخصه بی باری ژنراتور را بدست می دهد .



شکل ۱-۲: منحنی مغناطیسی ماشین تحریک مستقل

منحنی مغناطیسی ماشین با توجه به آزمایش نمایانگر تغییرات نیروی محرکه القایی (E) ، بر حسب جریان میدان (I_f) است و چون در یک مولد مستقیم رابطه $E = k\Phi\omega$ حاکم است . چنانچه دور ثابت باشد $E \propto \Phi \propto B$ و از طرف دیگر $I_f \propto N I_f \propto H$ است ، لذا این همان منحنی $B - H$ است که نشان دهنده 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 ، ثابت است که نسبت به منحنی مشخصه بی باری مقداری افت ولتاژ دارد .

منحنی مشخصه خارجی : مشخصه خارجی مولد تحریک مستقل را در شکل زیر ملاحظه می کنید .



شکل ۱-۳: منحنی مشخصه خارجی مولد تحریک مستقل

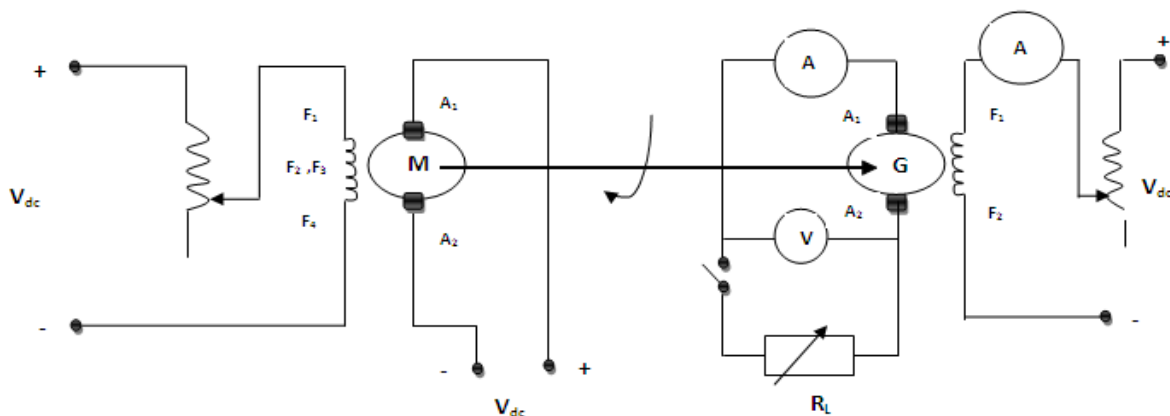
مهمترین مشخصه یک مولد مشخصه خارجی آنست که این منحنی ولتاژ ترمینال آرمیچر ، بر حسب جریان بار I_L در I_f (جریان میدان) ثابت و سرعت ثابت می باشد.

کاهش ولتاژ ترمینال با افزایش I_a در اثر افت ولتاژ ناشی از عکس العمل آرمیچر و مقاومت مدار آرمیچر است. با عبور جریان از سیم پیچ آرمیچر، میدانی تولید می شود که باعث تضعیف میدان اصلی می گردد.

از طرفی کاهش میدان باعث افت ولتاژ القایی V_t می شود که این را افت ناشی از عکس العمل آرمیچر می نامند. برای جلوگیری از این افت از قطب های کمکی استفاده می شود.

مراحل انجام آزمایش :

الف : تعیین مشخصه ولتاژ بی باری بر حسب جریان تحریک (مشخصه مغناطیسی)



شکل ۱-۴: مولد تحریک مستقل (مورد آزمایش). موتور تحریک مستقل (محرک)

مدار را مطابق شکل ببندید. تغذیه آرمیچر موتور محرک با ترمینالی است که ولتاژ آن متغیر است. به کمک موتور محرک دور را به مقدار نامی برسانید. در حالیکه کلید بار قطع می باشد و قبل از وصل مدار تحریک ژنراتور، ولتاژ القا شده ناشی از پسماند را از ولت متر بخوانید و یادداشت کنید. جریان تحریک ژنراتور را از ۰ تا ۱.۱ برابر مقدار نامی آن مرحله به مرحله افزایش دهید و ولتاژ القا شده (E_0) را یادداشت نمایید.

به خاطر داشته باشید در تمام مدت آزمایش دور ثابت باشد. چون منحنی رفت و برگشت با هم متفاوت است برای تنظیم جریان تحریک های مختلف نمی توان رنوستا را کم و زیاد کرد. دانشجوی می بایست رنوستا را با دقت در هر یک از قسمت ها فقط در یک جهت تغییر دهد.

جدول ۱-۱: منحنی رفت

I_f										
E_0										

جدول ۲-۱: منحنی برگشت

I_f										
E_0										

آزمایش فوق را برای ۲۰۰ دور کمتر از مقدار نامی دور مولد تکرار نمایید.

جدول ۳-۱: منحنی رفت

I_f										
E_0										

جدول ۴-۱: منحنی برگشت

I_f										
E_0										

ب: اندازه گیری مشخصه ولتاژ خروجی بر حسب جریان بار (مشخصه خارجی مولد)

مدار مطابق شکل قبل است. ژنراتور را به دور نامی آن برسانید و با تغییر جریان تحریک ولتاژ القا شده را در مقدار نامی پلاک تنظیم کنید. مقاومت R_L را در ماکزیمم مقدارش قرار دهید سپس کلید را وصل کنید با تقلیل مقاومت R_L جریان بار را مرحله به مرحله افزایش داده و ولتاژ خروجی را یادداشت نمایید.

دور و جریان تحریک بایستی ثابت بمانند. آزمایش را تا جریان نامی ژنراتور ادامه دهید.

جدول ۱-۵:

I_a										
V										

خواسته های آزمایش :

۱. منحنی رفت و برگشت مشخصه مغناطیسی را برای هر دو دور در روی یک دیاگرام رسم نمایید و منحنی میانگین هر کدام را بدست آورید.
۲. منحنی مشخصه خارجی مولد را رسم کنید.
۳. درصد رگولاسیون، در بار نامی را حساب نمایید.

پرسش:

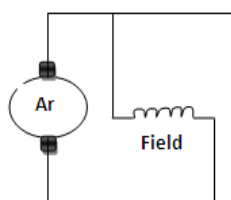
۱. ولتاژ نامی ماشین از روی کدام منحنی و در چه حدودی انتخاب می گردد؟

آزمایش ۲ : ژنراتور شنت

هدف آزمایش : تعیین مشخصه های مولد شنت و دلیل ساخته شدن ولتاژ

کاربرد : ژنراتور شنت کاربردهای زیادی دارد زیرا به منبع جداگانه ای نیاز ندارد ، در هر حال جریان بار باید کمتر از جریان ماکزیمم باشد تا از انحراف زیاد ولتاژ جلوگیری شود .

تئوری آزمایش :

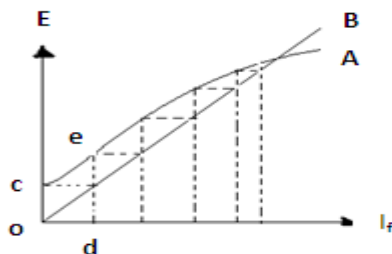


شکل ۱-۲ : ساختار ماشین شنت

مشخصه های مولد شنت : در مولد شنت جریانی که از سیم پیچ میدان میگذرد ۱ تا ۳٪ جریان نامی است که اثر ناچیزی در شار اصلی دارد و به همین خاطر منحنی بی باری و بارداری مشابه همان منحنی تحریک مستقل است یعنی منحنی مغناطیسی آن بصورت شکل زیر است :

A : منحنی مشخصه مغناطیسی سرعت n

B : منحنی مقاومت تحریک



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

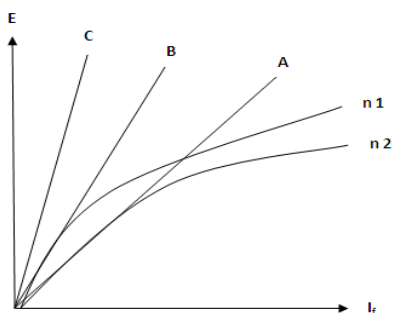
ساخته شدن ولتاژ : یک مولد شنت را در نظر بگیرید منحنی مغناطیسی آن بصورت منحنی A شکل (۱) می باشد و خط مستقیم OB نیز شکل نمایشی قانون اهم برای مدار میدان می باشد. به عبارتی شیب خط OB بیان کننده مقاومت سیم پیچ میدان است. هنگامیکه آرمیچر در سرعت معین نظیر مشخصه مغناطیسی معین می چرخد، شار پسماند قطب، ولتاژ کوچک OC تولید می کند. این ولتاژ در دو سر سیم پیچ میدان باعث عبور جریان OD از آن می شود که این جریان تحریک، باعث ایجاد نیروی محرکه DE می گردد. به همین منوال جریان I_f افزایش می یابد و باعث افزایش نیروی محرکه E می گردد، تا نقطه پایداری n که ولتاژ در این نقطه ثابت می گردد.

دلایل عدم ساخته شدن ولتاژ : چنانچه 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 بطوریکه بر خط مقاومت میدان مماس شود (سرعت بحرانی) و یا نقطه تقاطعی نداشته باشد حالتی که برای ساخته شدن ولتاژ بحث شد ایجاد نخواهد شد، و امکان ایجاد ولتاژ در پایانه های مولد از بین می رود، لذا دلایل ساخته نشدن ولتاژ بصورت زیر می باشند :

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

ب : سرعت کمتر از سرعت بحرانی

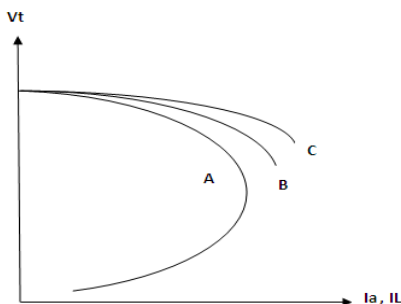
ج : عدم وجود پسماند مغناطیسی، (فرایند ساخت ولتاژ فقط وقتی می تواند شروع شود که پسماند مغناطیسی در مدار مغناطیسی موجود باشد این مشکل را میتوان از طریق تحریک سیم پیچ میدان از منبع جداگانه ای به مدت چند ثانیه، برطرف کرد).



شکل ۲-۳: شرایط ساخته شدن ولتاژ در مولد شنت

معکوس شدن اتصالات میدان : اگر اتصالات میدان معکوس شود شار تولید شده توسط جریان کوچک میدان ، مخالف شار پسماند می گردد و ولتاژ تولید شده تا صفر کاهش خواهد یافت .

مشخصه خارجی : اگر ژنراتور را در سرعت نامی به چرخش درآوریم و جریان میدان به نحوی تنظیم گردد که ولتاژ نامی (یا هر ولتاژ مناسب دیگر) را در بی باری بدهد آنگاه با اتصال بار به مولد تغییراتی در ولتاژ خروجی خواهیم داشت یعنی $V=f(I_L)$ که مشخصه خارجی مولد می باشد ، که به صورت زیر است:



شکل ۲-۴ : مشخصه خارجی مولد شنت

دلایل افت ولتاژ :

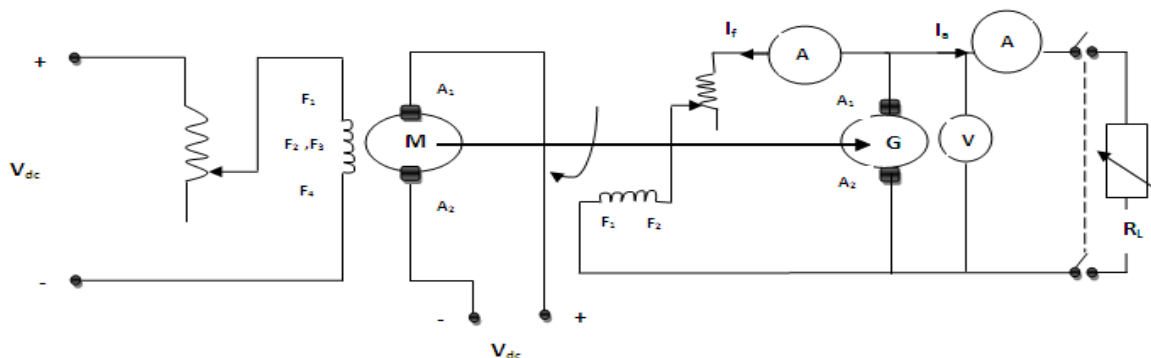
الف : افت ولتاژ در مقاومت آرمیچر R_{aI}

ب : کاهش شار اصلی در اثر عکس العمل آرمیچر

ج : کاهش بیشتر جریان I_f زیرا ولتاژ ترمینال به دو علت "الف و ب" افت می کند ، اگر میزان بار اعمال شده افزایش یابد به دلیل "ج" ولتاژ ترمینال کاهش می یابد تا حدی که منحنی برمی گردد .

مراحل انجام آزمایش :

الف : اندازه گیری مشخصه ولتاژ خروجی بر حسب جریان



شکل ۲-۵ : آزمایش تعیین مشخصات مولد شنت

مدار را مطابق شکل ببینید ، به کمک موتور محرک دور را بدور نامی برسانید و به کمک رئوستا ولتاژ مولد شنت را در مقدار نامی تنظیم کنید. (یا هر ولتاژ دیگری)

بار را در مقدار ماکزیمم قرار دهید ، سپس کلید را ببندید . اکنون بار را بتدریج کاهش دهید و در هر مرحله نتایج خوانده شده را ثبت نمایید . آزمایش را تا مقدار نامی جریان ادامه دهید ، دور در طول آزمایش بایستی ثابت باقی بماند .

در انتها با سرعت زیاد مقاومت بار را کم کنید تا به حالت اتصال کوتاه برسد و سپس به کمک یک سیم دو سر بار را اتصال کوتاه نمایید .

جدول ۲-۱ :

I_a									
I_f									
V									

خواسته های آزمایش :

۱. منحنی مشخصه خارجی مولد شنت را روی یک دیاگرام رسم کنید و در حالیکه جریان بار افزایش یافته و منحنی در حال برگشت است ، ماکزیمم جریان بار (حالت اتصال کوتاه) را مشخص کنید .

پرسش :

۱. اگر مولد با دور نامی به حرکت درآید ولی ولتاژ خروجی افزایش پیدا نکند ، علت چیست ؟
۲. شرایط لازم برای راه اندازی یک مولد تحریک مستقل بصورت شنت چیست ؟
۳. هنگامیکه مقاومت کاهش می یابد منحنی برمی گردد ، علت چیست ؟

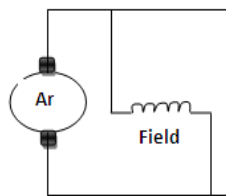
آزمایش ۳ : موتور شنت

هدف آزمایش : مطالعه مشخصه های موتور شنت و راه اندازی

کاربرد :

موتور شنت را موتور سرعت ثابت می نامند ولی در این مورد موتورهای القایی قفس سنجابی سرعت ثابت ارزانند و قویتر ولی در مورد استعمال با سرعت قابل تنظیم در سرعت های پایین انتخاب موتور شنت ارجحیت دارد . هنگامیکه بار با رنج وسیعی از سرعت (پایین و بالای سرعت پایه) احتیاج باشد موتور شنت DC بکار می رود.

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



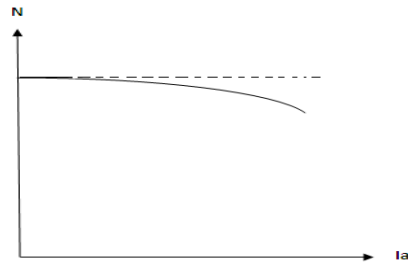
شکل ۳-۱ : ساختار ماشین شنت

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

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

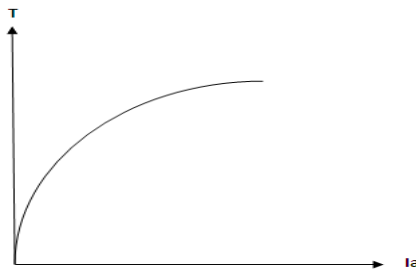
$$T_e = k \phi I_a \quad \text{گشتاور الکتریکی تولیدی}$$

مشخصه سرعت جریان $N=f(I_a)$: برای ولتاژ تغذیه V_t و جریان I_f ثابت سرعت موتور تحت تأثیر افت ولتاژ $r_a I_a$ و اثر عکس العمل آرمیچر تغییر می کند. با افزایش جریان I_a افت ولتاژ $r_a I_a$ افزایش می یابد که باعث کاهش سرعت می گردد و اثر عکس العمل آرمیچر افزایش یافته و میدان تضعیف شده که خود باعث افزایش سرعت می گردد، بنابراین در کل با افزایش جریان تقریباً سرعت موتور ثابت خواهد ماند.



شکل ۳-۲: مشخصه « سرعت - جریان » موتور شنت

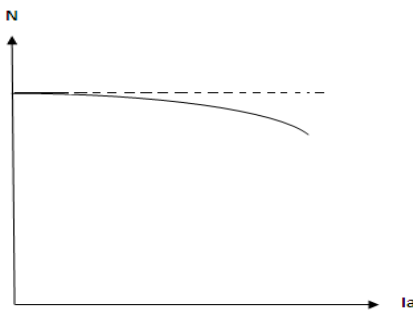
مشخصه «گشتاور - جریان» $T_e=f(I_a)$: طبق رابطه $T=K\Phi I_a$ گشتاور به طور خطی با جریان آرمیچر I_a افزایش می یابد.



شکل ۳-۳: مشخصه « گشتاور - جریان » موتور شنت

مشخصه «سرعت - گشتاور» $N=f(T_e)$: مشخصه سرعت گشتاور مشخصه مکانیکی تحت شرایط کار پایدار می نامند. که با رابطه زیر قابل بیان است.

$$\omega_m = \omega_{m0} - r_a(T_e/K^2\phi^2)$$



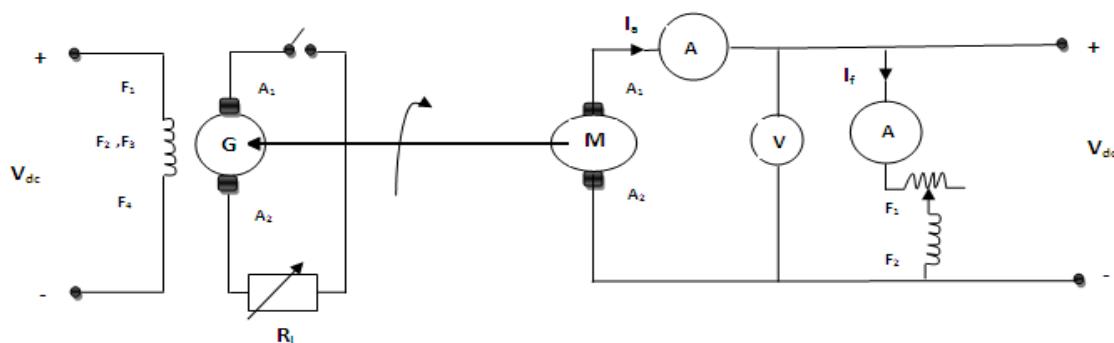
شکل ۳-۴: مشخصه « سرعت - گشتاور » موتور شنت

راه اندازی موتور DC : در لحظه راه اندازی ، سرعت موتور صفر است . بنابراین نیروی ضد محرکه E_a نیز $(E=k\Phi\omega)$ صفر است. در نتیجه برای مدار آرمیچر رابطه $V=0+I_a r_a$ و برای موتورهای سری و کمپوند $V_t=0+I_a(r_a+r_s)$ می باشد .

از آنجائیکه مقاومت های r_a و r_a+r_s خیلی کوچک هستند موتور جریان راه اندازی بزرگی از منبع تغذیه می کشد . این جریان باعث جرقه زیان آور در کموتاتور (کلکتور) و آسیب دیدن سیم پیچ آرمیچر می گردد و گشتاور راه اندازی بالا و شتاب سریع که میتواند به موتور آسیب برساند . بدین منظور جریان راه اندازی آرمیچر را باید با قرار دادن مقاومت خارجی در مدار آرمیچر کنترل می کنند .

مراحل انجام آزمایش :

الف : تعیین مشخصه های موتور DC



شکل ۱-۳ : آزمایش تعیین مشخصه های موتور dc

مدار را مطابق شکل ببندید ، در این مدار بار موتور ، یک ژنراتور DC می باشد . ولتاژ منبع تغذیه را بتدریج افزایش دهید تا در مقدار نامی موتور تنظیم شود . جریان تحریک را به ماکزیمم مقدار خود برسانید . دور موتور در این حالت به مقدار نامی اش خواهد رسید . مقدار بار R_L را در ماکزیمم آن تنظیم کنید ، سپس در حالتیکه تحریک ژنراتور نیز در مقدار نامی اش تنظیم شده کلید K را وصل کنید .

مرحله به مرحله از میزان R_L بکاهید ، تا جریان ورودی به آرمیچر موتور به مقدار نامی اش برسد . در هر مرحله مقادیر جریان آرمیچر ، گشتاور و دور موتور را یادداشت کنید .

جریان تحریک و ولتاژ شبکه باید ثابت باقی بماند .

جدول ۱-۳ :

I_a										
T										
N										

خواسته های آزمایش :

۱. منحنی «گشتاور - جریان» و مشخصه «سرعت - جریان» موتور شنت را بر روی یک دیاگرام رسم کنید .
۲. مشخصه مکانیکی «سرعت - گشتاور» را بر روی یک دیاگرام رسم کنید .

پرسش:

۱. جهت گردش موتور شنت را چگونه می توان عوض کرد؟

آزمایش ۴: کنترل سرعت موتورهای DC

هدف آزمایش: آشنایی با روشهای کنترل سرعت موتور DC

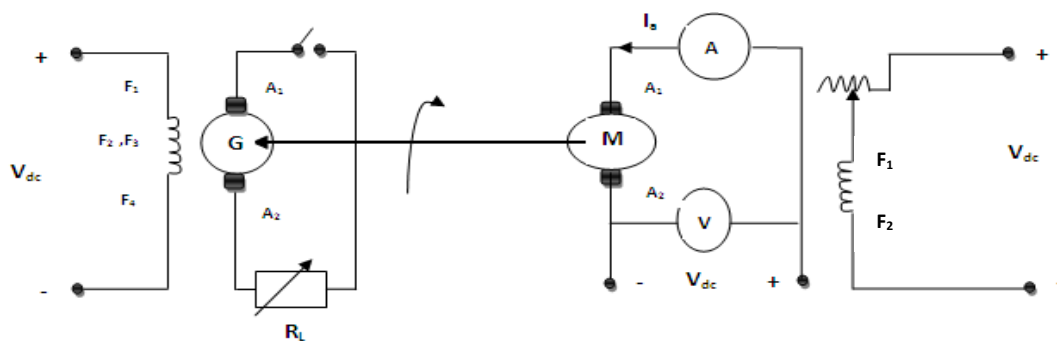
تئوری آزمایش:

کنترل سرعت موتورهای جریان مستقیم از دو طریق امکان پذیر است :

الف : کنترل سرعت با تغییر ولتاژ آرمیچر : برای سرعت های زیر سرعت پایه ، کاهش ولتاژ آرمیچر سبب کاهش سرعت موتور می گردد.

ب : کنترل سرعت با تغییر جریان میدان : برای سرعت های بالاتر از سرعت پایه ، کاهش جریان میدان باعث افزایش سرعت می گردد.

مراحل انجام آزمایش :



شکل ۴-۲: کنترل سرعت موتور DC با تغییر جریان میدان و تغییر ولتاژ آرمیچر

مدار را مطابق شکل بنویسید ، در این مدار بار موتور ، یک ژنراتور DC می باشد . ولتاژ منبع تغذیه را بتدریج افزایش دهید تا در مقدار نامی موتور تنظیم شود . جریان تحریک را به ماکزیمم مقدار خود برسانید . دور موتور در این حالت به مقدار نامی اش خواهد رسید . مقدار بار R_L را در ماکزیمم آن تنظیم کنید ، سپس در حالتیکه تحریک ژنراتور نیز در مقدار نامی اش تنظیم شده کلید K را وصل کنید .

سپس با تغییر مقاومت R_L گشتاور بار را در $1/3$ مقدار نامی موتور تنظیم نمایید . در این حالت باید ولتاژ و دور در مقادیر نامی خود باشند . حال به دو صورت **A,B** کنترل سرعت انجام دهید .

A : با تغییر ولتاژ آرمیچر سرعت را مرحله به مرحله در حدود امکان تغییر دهید ، جریان تحریک و به کمک مقاومت R_L گشتاور مقاوم باید ثابت بماند . هر بار مقادیر دور ، ولتاژ و جریان آرمیچر را یادداشت کنید .

جدول ۴-۲ :

N										
V										
I_a										

B : به کمک تغییر جریان تحریک ، دور را مرحله به مرحله ، تا حد امکان تغییر دهید . ولتاژ ورودی آرمیچر و گشتاور مقاوم (R_L) بایستی ثابت باقی بمانند . هر بار مقادیر جریان تحریک ، سرعت و جریان آرمیچر را یادداشت نمایید . سرعت از ۱.۵ برابر مقدار نامی نباید تجاوز نماید .

جدول ۴-۳ :

N										
I_f										
I_a										

خواسته های آزمایش :

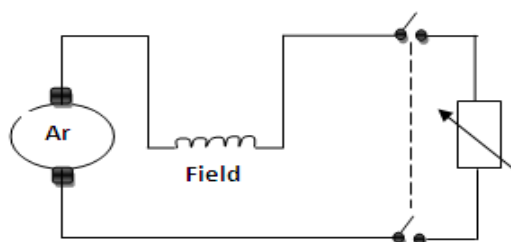
۱. منحنی کنترل «سرعت - ولتاژ» آرمیچر و «سرعت - جریان» تحریک را بر روی یک دیاگرام رسم کنید؟
۲. چرا مجاز نیستیم قبل از قطع ولتاژ آرمیچر ، ولتاژ میدان را قطع کنیم؟

آزمایش ۵: ژنراتور DC سری

هدف آزمایش: مطالعه مشخصه های ژنراتور سری

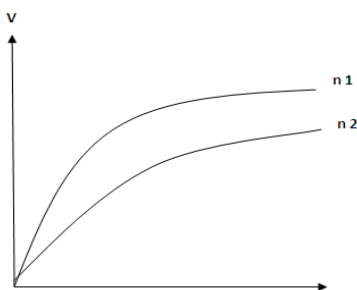
کاربرد: این ژنراتور اصولاً به عنوان تقویت کننده های سری متصل به خط که اثر افت اهمی را خنثی می کند، استفاده می گردد.

تئوری آزمایش:



شکل ۵-۱: ساختار ماشین سری

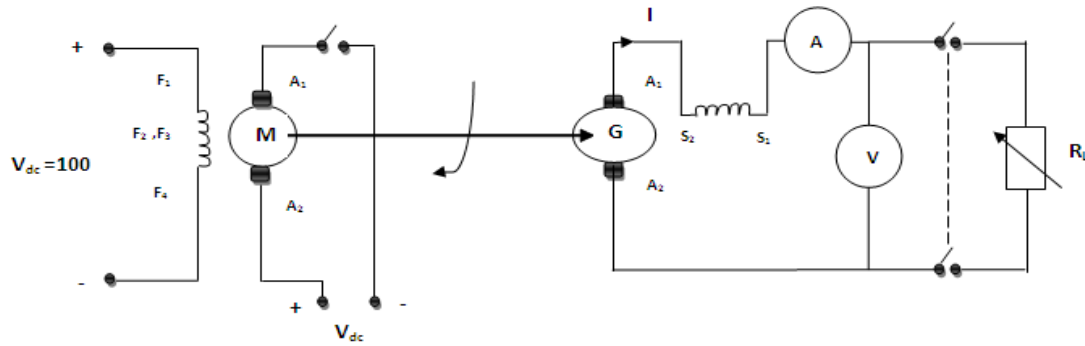
مشخصه خارجی مولد $V=f(I_L)$: در مولد سری، بار و سیم پیچ میدان با هم سری هستند، لذا جریان میدان برابر جریان آرمیچر یا جریان بار می باشد. بنابراین تا جریان باری وجود نداشته باشد، شار پسماند تقویت نمی شود تا ولتاژی ایجاد شود و لذا مشخصه آن به صورت زیر می باشد.



شکل ۵-۲: مشخصه خارجی مولد سری

مراحل انجام آزمایش :

تعیین مشخصه های مولد سری



شکل ۳-۵ : آزمایش تعیین مشخصه های مولد سری

مدار را مطابق شکل ببینید ، از موتور شنت بعنوان محرک استفاده کنید . ولتاژ ثابت ۱۱۰ ولت را به میدان اعمال نموده سپس ولتاژ آرمیچر را بتدریج افزایش دهید تا بدور نامی مولد سری برسد .

بار R_L را در مقدار ماکزیمم آن تنظیم نمائید . سپس کلید K را وصل کنید ، بتدریج از میزان بار R_L بکاهید و هر بار مقدار جریان و ولتاژ موجود را یادداشت نمائید . دور موتور در مدت آزمایش بایستی ثابت باقی بماند .

جدول ۱-۵ :

V										
I										

خواسته های آزمایش :

۱. مشخصه مولد سری را بر روی یک دیاگرام رسم کنید . $V=f(I_a)$

آزمایش ۶: موتور DC سری

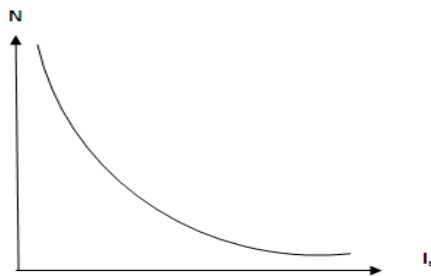
هدف آزمایش: مطالعه مشخصه های موتور سری

کاربرد:

موتورهای سری استفاده فراوانی دارند. خصوصیت بر جسته موتورهای سری این است که به مجرد اینکه افزایش گشتاور بار لازم باشد، سرعت به طور اتوماتیک کاهش می یابد. کاهش سرعت به همراه افزایش گشتاور بار یا بالعکس، فقط تأثیر اندکی روی میزان قدرت الکتریکی گرفته شده توسط موتور سری دارد. از آنجائیکه موتور سری در راه اندازی بارهای سنگین از خود استقامت خوبی نشان می دهد و گشتاور راه اندازی بالایی تولید می کند. لذا بهترین محرک در حرکت بالابرها، قطارها، جرثقیل ها و... می باشند.

تئوری آزمایش:

مشخصه «سرعت - جریان»: این مشخصه بصورت یک هذلولی می باشد. چنانکه در شکل ملاحظه می شود در بی باری جریان آرمیچر خیلی کوچک است و میدان ضعیف است و در اثر همین جریان کوچک سرعت موتور به طرز خطرناکی افزایش می یابد. بدین منظور موتور سری نباید در حالت بی باری راه اندازی شود.

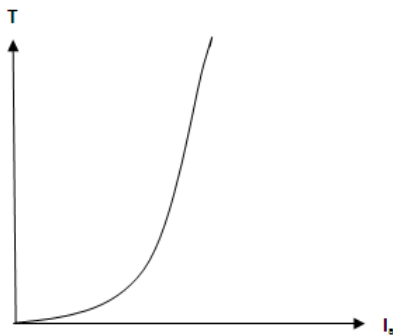


شکل ۶-۱: مشخصه «سرعت - جریان» موتور سری

مشخصه «گشتاور - جریان» $T=f(I)$: با صرف نظر از اثرات اشباع و عکس العمل آرمیچر داریم:

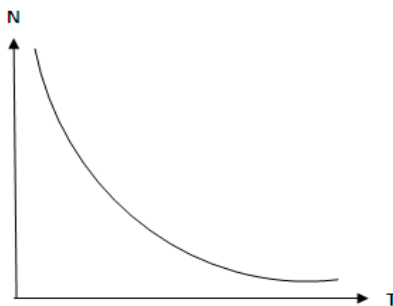
$$T = k \Phi I_a = c_1 I_a, \quad \Phi = c_2 I_a$$

رابطه فوق نشان می دهد که گشتاور متناسب با مجذور I_a است ، بنابراین مشخصه آن بصورت سهمی است .



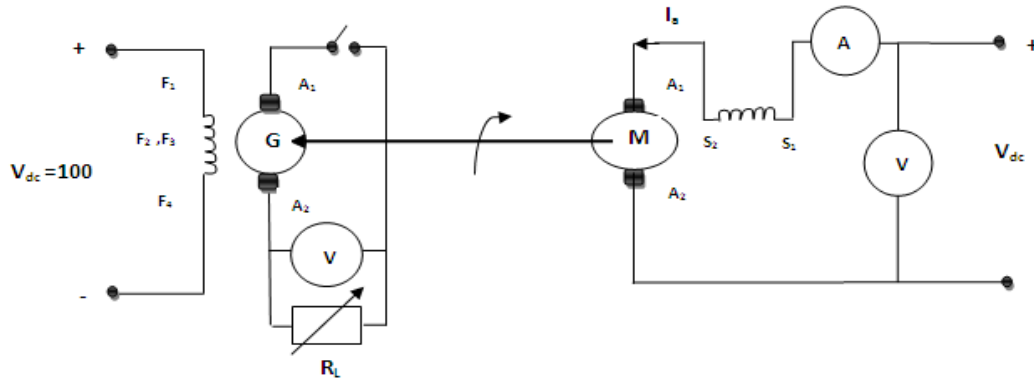
شکل ۲-۶ : مشخصه « گشتاور - جریان » موتور سری

مشخصه «گشتاور - سرعت» : خاصیت جالب و جذاب موتور سری در این مشخصه نهفته است . بگونه ای که با افزایش گشتاور بار ، سرعت بصورت اتوماتیک کاهش می یابد و این در حالی است که در قدرت ورودی به موتور تغییر عمده ای ایجاد نمی شود .



شکل ۳-۶ : مشخصه « گشتاور - سرعت » موتور سری

مراحل انجام آزمایش :



شکل ۴-۶: آزمایش تعیین مشخصه های موتور سری

مدار را مطابق شکل ببندید ، بار مقاومتی R_L را در مقدار ماکزیمم خود قرار داده و به دو سر ژنراتور وصل کنید . جریان تحریک ژنراتور در مقدار نامی خود قرار دهید ، تا در صورت چرخش ، بار همواره بر روی موتور وجود داشته باشد . ولتاژ ورودی موتور را در حد ولتاژ نامی تنظیم کنید . حال ، به آرامی موتور را به گردش در آورید و سپس مرحله به مرحله با تغییر مقاومت بار R_L گشتاور مقاوم را بر روی موتور در حد امکان تغییر دهید . هر بار تغییرات دور و گشتاور و جریان ورودی موتور را یادداشت نمایید .

ولتاژ ورودی موتور می بایست ثابت بماند .

جدول ۶-۱ :

T									
I_a									
N									

خواسته های آزمایش :

۱. مشخصه سرعت - جریان و گشتاور - جریان موتور سری را بر روی یک دیاگرام رسم کنید .
۲. مشخصه مکانیکی سرعت - گشتاور را بر روی یک دیاگرام رسم کنید .

پرسش :

۱. چرا موتور سری را نباید بدون بار راه اندازی کرد ؟
۲. تنظیم دور موتور سری چگونه امکان پذیر می باشد ؟
۳. جهت گردش موتور سری را چگونه می توان عوض کرد ؟

آزمایش ۷: ژنراتور کمپوند

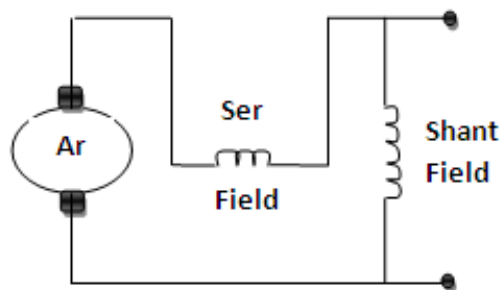
هدف آزمایش : مطالعه مشخصه های ژنراتور کمپوند

کاربرد :

ژنراتورهای کمپوند اضافی بیشتر رایج هستند . زیرا این ژنراتورها می توانند ولتاژ ثابتی را از بی باری تا بار کامل ایجاد کنند .

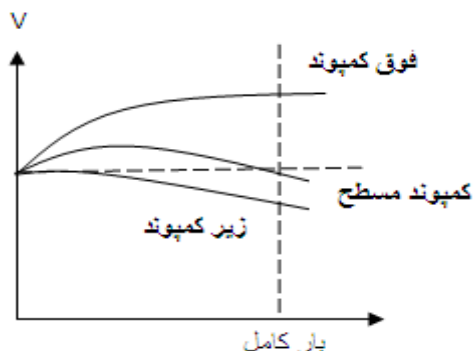
تئوری آزمایش:

مشخصه ماشین کمپوند بصورت زیر می باشد .



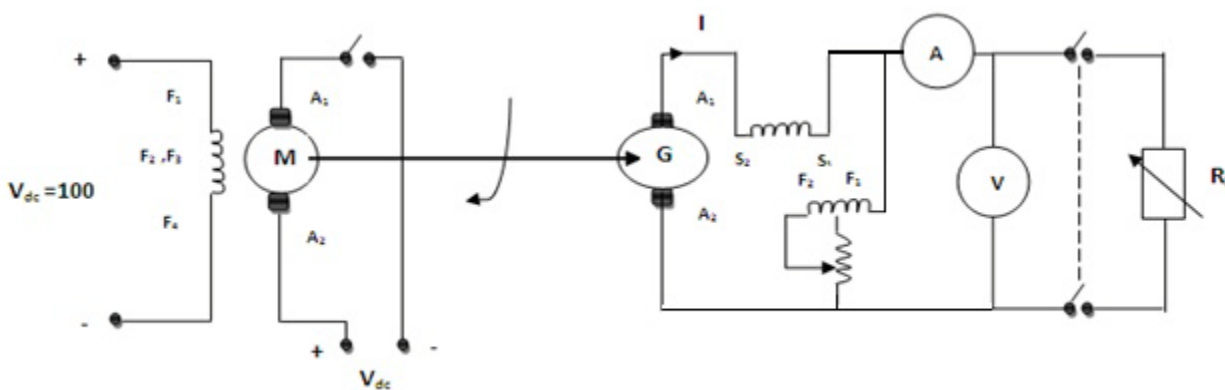
شکل ۷-۱ : ساختار ماشین کمپوند

مشخصه خارجی : با افزایش جریان بار میدان سری به میدان شنت کمک می کند . بسته به تعداد دورهای میدان سری ژنراتور کمپوند اضافی می تواند ، زیر کمپوند یا کمپوند مسطح (صاف) یا فوق کمپوند باشد .



شکل 2-7: مشخصه خارجی مولد کمپوند

مراحل انجام آزمایش :



شکل ۳-۷: آزمایش تعیین مشخصه های خارجی حالت ژنراتوری ماشین کمپوند

مدار را مطابق شکل ببینید ، بوسیله موتور محرک دور را به مقدار نامی مولد کمپوند برسانید . بوسیله رنوستا میزان ولتاژ خروجی مولد را در مقدار نامی تنظیم کنید .

مقاومت بار R_L را در میزان حداکثر تنظیم کنید ، سپس کلید K را وصل کرده و در هر مرحله با تغییر R_L ولتاژ و جریان بار را اندازه بگیرید ، دور بایستی ثابت بماند . آزمایش را تا مقدار نامی جریان ژنراتور ادامه دهید . مقدار جریان میدان شنت بایستی ثابت باقی بماند .

جدول ۷-۱ :

V										
I _a										

خواسته های آزمایش :

۱. مشخصه خارجی مولد کمپوند را بر روی یک دیاگرام رسم کنید . $V=f(I_a)$

پرسش :

۱. اگر مولد با دور نامی به حرکت در آید ولی ولتاژ خروجی افزایش نیابد علت چیست ؟

آزمایش ۸: موتور کمپوند

هدف آزمایش: مطالعه مشخصه های موتور کمپوند

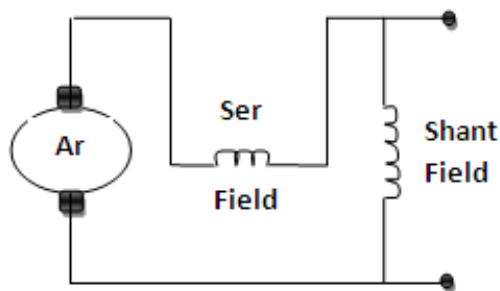
کاربرد:

موتور کمپوند با میدان سری قوی مشخصه ای نزدیک به مشخصه موتور سری دارد. بنابراین این نوع موتورهای کمپوند برای بارهای با گشتاورهای راه اندازی بالا که احتمالاً به صفر کاهش می یابند، مورد استفاده قرار می گیرند. در موتور سری معمولی، سرعت بی باری بطرز خطرناکی بالا می رود اما در موتور کمپوند سرعت بی باری توسط میدان شنت ضعیف محدود می گردد.

موتور کمپوند با میدان سری ضعیف مشخصاتی نزدیک به موتور شنت دارد. میدان سری ضعیف سبب می شود مشخصه "گشتاور - سرعت" نسبت به موتور شنت معمولی افت زیادی داشته باشد. چنین موتورهای با مشخصه پرشیب هنگامی استفاده می شوند، که بار با کار نوبه ای در محدوده وسیع نوسان داشته باشد.

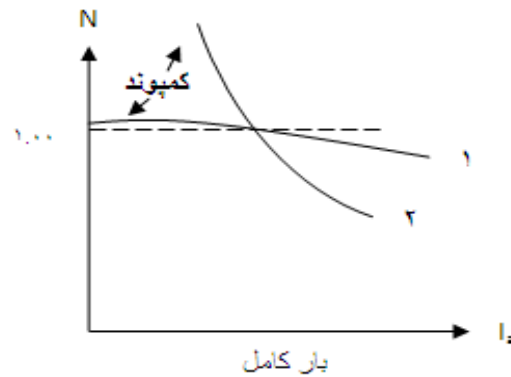
تئوری آزمایش:

مشخصه ماشین کمپوند بصورت زیر می باشد.



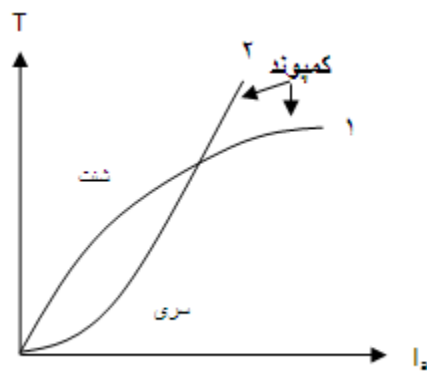
شکل ۷-۱: ساختار ماشین کمپوند

مشخصه «سرعت - جریان»: در این مشخصه نیز بسته به شدت میدان سری، موتور کمپوند مشخصه ای نزدیک به مشخصه سری داشته باشد، منحنی ۲. و یا اگر میدان سری ضعیف باشد مشخصه آن نزدیک مشخصه موتور شنت خواهد بود، منحنی ۱.



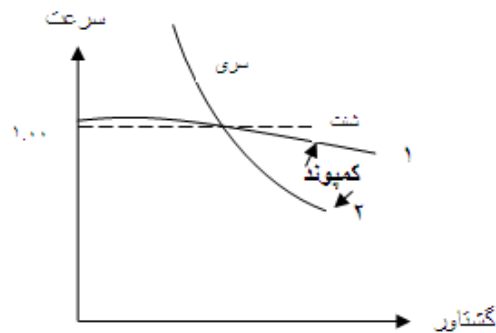
شکل ۸-۱: مشخصه «سرعت - جریان» موتور کمپوند

مشخصه «گشتاور - جریان»: این مشخصه نیز برای موتور کمپوند بسته به شدت میدان سری بین دو منحنی (۱) و (۲) خواهد بود.



شکل ۸-۲: مشخصه «گشتاور - جریان» موتور کمپوند

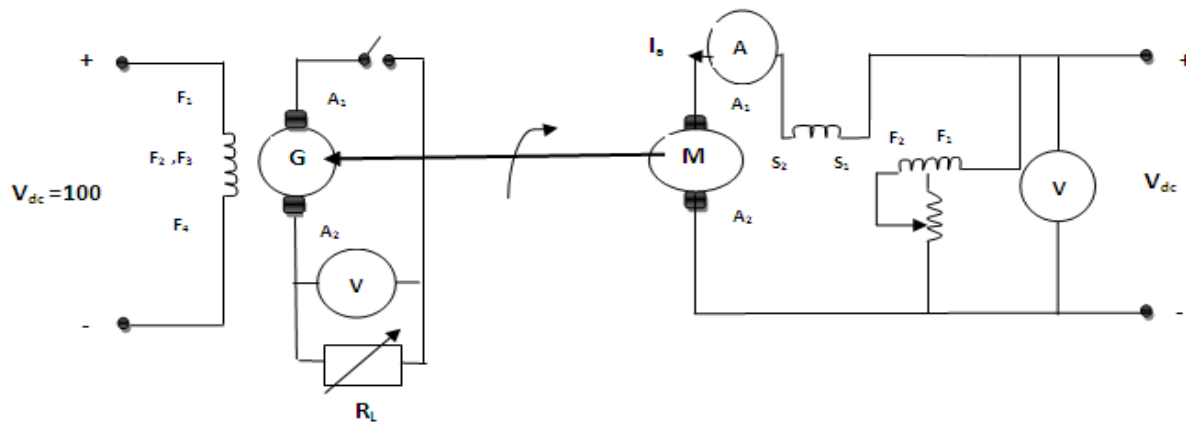
مشخصه «سرعت - گشتاور»: بسته به شدت میدان های مغناطیسی سیم پیچ های سری - شنت، مشخصه گشتاور - سرعت موتور کمپوند می تواند در جایی بین مشخصه های (۱) و (۲) قرار گیرد.



شکل ۸-۳: مشخصه «سرعت - گشتاور» موتور کمپوند

مراحل انجام آزمایش :

تعیین مشخصه های موتوری کمپوند اضافی



شکل ۸-۴: آزمایش تعیین مشخصه های موتوری کمپوند اضافی

مدار را مطابق شکل ببینید ، ولتاژ موتور را به آرامی افزایش داده تا به مقدار نامی اش برسد . آنگاه با استفاده از رئوستا جریان تحریم را در ۲.۳ مقدار نامی اش تنظیم کنید . مقاومت بار R_L را در میزان حداکثر تنظیم کنید ، کلید K را وصل کنید . سپس مرحله به مرحله با تغییر مقاومت بار R_L گشتاور مقاوم بر روی موتور را افزایش دهید ، دقت کنید که دور موتور باید کاهش یابد و

در غیر این صورت موتور بصورت کمپوند نقصانی است که می بایست مدار قطع گردد و دو سر سیم پیچ سری تعویض گردد. هر بار مقدار گشتاور و دور و جریان آرمیچر را یادداشت نمایید. جریان سیم پیچ تحریک و ولتاژ ورودی می بایست ثابت باقی بماند.

جدول ۸-۱ :

T										
I _a										
N										

خواسته های آزمایش :

۱. مشخصه مکانیکی «گشتاور - سرعت» موتور کمپوند را بر روی یک دیاگرام رسم کنید .

پرسش :

۱. جهت گردش موتور کمپوند را چگونه می توان عوض کرد ؟

آزمایش ۹: ضریب بهره ماشین DC

هدف آزمایش : تعیین میزان تلفات و مقدار راندمان در ماشین های DC با استفاده از آزمایش بی باری

کاربرد :

توجه به مسئله تلفات در ماشین به دو دلیل اهمیت دارد :

- تلفات ، راندمان ماشین را تعیین کرده و بطرز قابل توجهی بر هزینه کارکرد آن اثر می گذارد .
- تلفات ، میزان گرم شدن ماشین را تعیین کرده و در نتیجه بر ظرفیت یا قدرت خروجی (که بدون خرابی عایق ها بدست می آید) تأثیر می گذارد .

تئوری آزمایش :

راندمان بار کامل موتورهای عادی مثلاً در حدود ۷۴٪ برای اندازه ۱ kw ، ۸۹٪ برای ۴۰ kw ، ۹۳٪ برای ۴۰۰ kw و ۹۷٪ برای ۴ MW می باشد . راندمان برای موتورهای کم سرعت معمولاً از موتورهای پرسرعت کمتر است . روابط (۲) و (۳) اغلب برای ماشین های الکتریکی استفاده می شود ، زیرا راندمان آن ها غالباً از روی اندازه گیری تلفات و نه توسط اندازه گیری مستقیم ورودی و خروجی زیر بار ، تعیین می شود .

$$\text{راندمان (۱)} = \frac{\text{خروجی}}{\text{ورودی}}$$

$$\text{راندمان (۲)} = \frac{\text{تلفات - ورودی}}{\text{ورودی}} = 1 - \frac{\text{تلفات}}{\text{ورودی}}$$

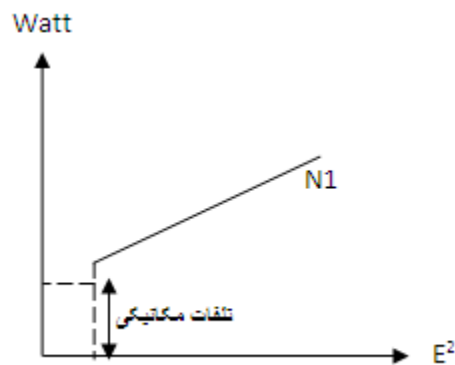
$$\text{راندمان (۳)} = \frac{\text{خروجی}}{\text{تلفات + خروجی}}$$

در یک ماشین DC تلفات شامل :

- تلفات مسی آرمیچر $R_a \cdot I_a^2$
- تلفات قطب های کمکی $R_1 \cdot I_a^2$
- تلفات اهمی میدان $V_f \cdot I_f$
- تلفات جاروبک ها ، برای هر جاروبک اگر ذغالی باشد $I_a \times 1$ و اگر مسی باشد $I_a \times 0.3$
- تلفات آهنی هسته
- تلفات مکانیکی و تلفات نامعین بار که حدودا ۱٪ توان خروجی است

برای محاسبه تلفات مکانیکی و مغناطیسی هسته موتور را بصورت بی بار به گردش در آورید ، اگر تلفات مسی آرمیچر را از توان ورودی کم کنید ، بقیه توان صرف تلفات باد و اصطکاک و تلفات مغناطیسی هسته گردیده است . چنانچه ولتاژ ورودی را تغییر دهید و دور را ثابت نگه دارید ، تلفات مکانیکی ثابت و تلفات مغناطیسی تغییر می کند .

به منظور جدا سازی تلفات مغناطیسی و مکانیکی ، از آزمایش بی باری ، منحنی مجموع تلفات مکانیکی و مغناطیسی هسته را برحسب مجذور ولتاژ القا شده در دور ثابت رسم کنید و با امتداد این منحنی جائیکه $E=0$ می شود ، تلفات مغناطیسی هسته صفر است ، و از آنجا که تلفات مکانیکی باقی خواهد ماند ، بنابراین تلفات مکانیکی به ازای دور معین بدست خواهد آمد.



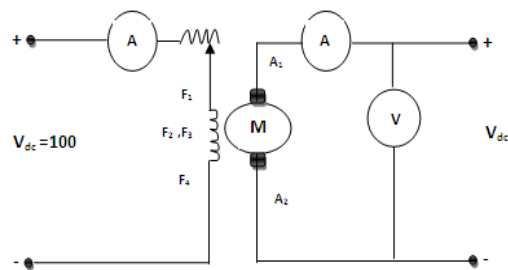
شکل ۹-۱ : مجموع تلفات مغناطیسی و مکانیکی ماشین DC در دور ثابت

مراحل انجام آزمایش :

الف : تعیین مقاومت ها

مقدار مقاومت های مسیر میدان را اندازه گیری و یادداشت کنید . سپس مقاومت مسیر آرمیچر را اندازه گیری نمایید . آرمیچر را بچرخانید و در سه نقطه متفاوت این اندازه گیری را انجام دهید ، میانگین سه عدد حاصل را بعنوان مقاومت آرمیچر در نظر بگیرید.

ب : تعیین تلفات مکانیکی و مغناطیسی موتور



شکل ۹-۲ : آزمایش تعیین تلفات مکانیکی و مغناطیسی موتور

مدار را مطابق شکل ببندید ، موتور را بدون بار راه اندازی کنید . سپس جریان تحریک را در مقدار ماکزیمم ممکنه و دور را در مقدار نامی تنظیم کنید .

حال ولتاژ ورودی آرمیچر را کاهش داده و با تغییر جریان تحریک دور را ثابت نگه دارید ، هر بار مقادیر V_a , I_a , I_f را یادداشت کنید .

جدول ۹-۱ :

V_a									
I_a									
I_f									

خواسته های آزمایش :

۱. مقاومت آرمیچر را اندازه گیری کنید و با استفاده از مقادیر جدول مقدار E (نیروی ضد محرکه القایی) در هر نقطه را حساب کنید و نقطه به نقطه مقدار E_a را بدست آورید و این توان مصرفی را بر حسب E^2 در یک دیاگرام رسم نمائید و با امتداد منحنی بدست آمده مقدار تلفات مکانیکی در دور نامی حاصل می شود .
۲. سایر تلفات ماشین را نیز حساب نموده و راندمان ماشین را در بار نامی محاسبه کنید .

پرسش :

۱. در محاسبه ضریب بهره ماشین DC چرا از رابطه (۱) استفاده نمی شود ؟

آزمایش ۱۰: موازی کردن ژنراتورهای DC

تئوری آزمایش:

در سیستم های قدرت، تغذیه بارهای بزرگ با ژنراتورهای موازی دارای مزیت های متعددی نسبت به استفاده از یک ژنراتور بزرگ دارد که به عنوان نمونه می توان به موارد زیر اشاره نمود.

افزایش قابلیت اطمینان : با خروج ناگهانی یکی از واحدها، فقط قسمتی از بار بدون تغذیه می ماند.

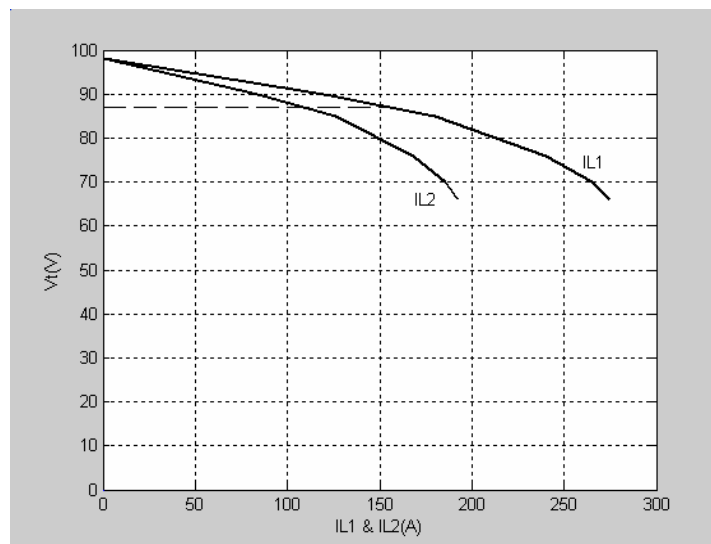
تعمیر و نگهداری : در صورت نیاز به تعمیرات دوره ای یکی از واحدها ، بقیه واحدها بار را تامین کنند.

افزایش راندمان : در صورت کاهش بار می توان یک یا چند واحد را از مدار خارج کرد تا بقیه واحدها بار نامی کار کنند. راندمان ژنراتور در بار نامی ماکزیمم است.

برنامه توسعه بار: با افزایش بار در آینده می توان با نگهداری واحدهای موجود ، واحد جدیدی را به شبکه اضافه نمود.

محدودیت های ساخت: از نظر فنی ، امکان ساخت ژنراتور با توان های بسیار بالا وجود نداشته و یا غیر اقتصادی است.

تقسیم بار بین دو ژنراتور موازی با مشخصه خارجی آنها (ولتاژ-جریان ترمینال) انجام می شود . در صورتیکه مشخصه های خارجی یکسان نباشند مطابق شکل زیر بار به طور یکسان بین آن دو تقسیم نخواهد شد.



در شکل فوق V_L ولتاژ دو سر بار و I_{L1} و I_{L2} جریان های تامین شده توسط دو ژنراتور است که جریان بار برابر با $I_L = I_{L1} + I_{L2}$ می باشد. در موازی کردن ژنراتورهای DC باید دقت شود که ولتاژ ترمینال ها مساوی بوده و پلاریته های همانم به یکدیگر متصل شوند.

با توجه به اینکه در ژنراتورهای DC شنت ، سیم پیچی تحریک بطور موازی با آرمیچر و بار قرار می گیرد موازی کردن ژنراتورهای شنت اشکالی را پیش نمی آورد و نقطه کار پایداری را ایجاد می کند. ولی موازی کردن ژنراتورهای DC سری و کمپوند به دلیل وجود تحریک سری نیازمند دقت خاصی است. یک ماشین DC تا وقتی به صورت ژنراتور کار می کند که ولتاژ آرمیچر بیشتر از ولتاژ ترمینال باشد.

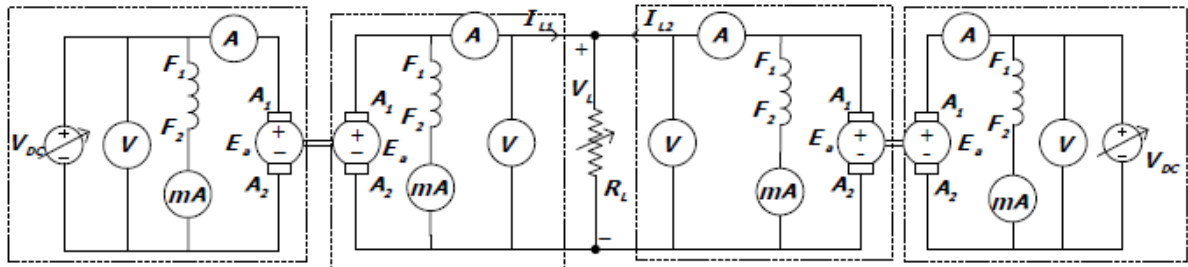
در صورتیکه دو ژنراتور سری یک بار را به طور مشترکی تغذیه کنند نوسانات جریان بار که همواره وجود دارد منجر به تغییر مقدار جریان ترمینال ژنراتور ها می شود. از آنجاییکه جریان ترمینال همان جریان تحریک سری است مقدار ولتاژ آرمیچر ها دستخوش تغییر خواهد شد. در چنین حالتی اگر ولتاژ آرمیچر یکی از ژنراتورها به پایین تر از ولتاژ بار برسد این ماشین بصورت موتور کار کرده و جهت جریان در آرمیچر و سیم پیچی سری آن عوض خواهد شد که این امر به منزله اتصال کوتاه برای شبکه خواهد بود . جهت حل این مشکل ، تحریک سری دو ژنراتور را با اتصال مقاومت کم هم ولتاژ می کنند تا جهت جریان معکوس نشده و مشکل اتصال کوتاه پیش نیاید. همچنین از کلیدهای اتوماتیک استفاده می شود تا در صورت معکوس شدن جهت جریان ، ژنراتور مربوطه از شبکه قطع شود.

مراحل انجام آزمایش:

برای انجام آزمایش نیاز به دو ژنراتور DC داریم که هر کدام توسط یک موتور DC به حرکت در می آید. پس در این آزمایش لازم است که از دو میز بطور همزمان استفاده شود.

مدار آزمایش را مطابق شکل زیر ببندید. در ابتدا فقط مدار موتورها را ببندید. منبع تغذیه موتورها را ابتدا روی مقدار صفر تنظیم کرده و سپس آن را روشن کنید. ولتاژ دو سر موتور را به آرامی تا مقدار نامی بالا ببرید و ولتاژ تولیدی ژنراتور شنت را بررسی کنید.

قبل از روشن کردن مجموعه ها ، اتصال بین دو میز را با استفاده از سیم رابط که مجهز به کلید است انجام داده و دقت کنید که کلید پارالل حتما در حالت قطع بوده و پلاریته های همنام به هم وصل شوند. کلیه بارها را خاموش کنید. با تنظیم اتوترانس های هردو میز، ژنراتورها را روی سرعت نامی تنظیم کنید. سپس ولتاژ ژنراتوری را که بیشتر است با کاهش سرعتش دقیقا برابر با ژنراتور های دیگر تنظیم نمایید.



موتور DC شنت اول ژنراتور DC شنت اول بار ژنراتور DC شنت دوم موتور DC شنت دوم

حال دو ژنراتور دارای ولتاژ تولیدی یکسان و آماده موازی کردن هستند. مقادیر سرعت های ژنراتورها را در جدول زیر یادداشت کرده و در طول آزمایش آنها را به کمک اتو ترانسها ثابت نگه دارید.

حال با روشن کردن کلید پارالل، دو مجموعه را با هم موازی کنید. در هر مرحله از بارگذاری، یک بار از هر میز را بطور همزمان روشن کرده و سرعت ژنراتورها را مجدداً روی مقدار اولیه خودشان تنظیم کنید با تقلیل مقاومت R_L جریان بار را مرحله به مرحله افزایش داده و جدول زیر را پر کنید.

سرعت ژنراتور اول =									
سرعت ژنراتور دوم =									
تعداد	0(N.L.)	1	2	3	4	5	6	7	8
$V_L(V)$									
$I_{aL1}(A)$									
$I_{aL2}(V)$									
$I_L(A)$									

خواسته های آزمایش:

۱) منحنی تغییرات ولتاژ ترمینال بار بر حسب جریان های ژنراتور ها بطوریکه در شکل تئوری همین آزمایش ذکر شد رسم کنید.

۲) با استفاده از نتایج آزمایش بیان کنید که سهم کدام ژنراتور در تامین بار بیشتر است. در حداکثر بارگذاری درصد تامین بار توسط ژنراتورها را تعیین کنید. آیا دو ژنراتور کاملاً مشابهند؟

پرسش :

۱. در حالتیکه دو مجموعه موازی بدون بار هستند دو ژنراتور چه جریانی را نشان می دهند؟ بر روی مقدار آن بحث کنید.
۲. دلیل عدم تقسیم مساوی بار بین دو ژنراتور بیان کنید. برای اینکه بار بطور مساوی بین ژنراتورها تقسیم شود چه عواملی را باید تغییر داد؟
۳. در موازی کردن ژنراتورهای تک فاز و سه فاز AC چه شرایطی باید رعایت شود؟

آزمایش ۱۱: ترانس تکفاز

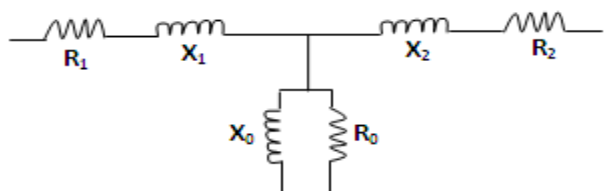
هدف آزمایش: مطالعه تلفات مسی و آهنی و راندمان ترانس تکفاز

کاربرد:

ترانس به منزله یکی از عوامل اصلی برای استفاده گسترده از سیستم های قدرت ac، تولید توان الکتریکی و اقتصادی ترین ولتاژ ژنراتور و بکارگیری قدرت در مناسب ترین سطح ولتاژ برای استفاده خاص در یک دستگاه خاص، و انتقال قدرت در اقتصادی ترین ولتاژ انتقال را ممکن می سازد. ترانسفورمر 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 یک مدار از دیگری یا مجزا کردن سیستم و ابقای پیوستگی ac بین دو مدار نیز به طور گسترده کاربرد دارد.

تئوری آزمایش:

یک ترانسفورماتور براساس القای الکترو مغناطیسی کار می کند. بنابراین قانون، اگر سیم پیچ، شار متغیری را در برگیرد، در دو سر آن یک نیروی محرکه الکتریکی (emf) القا می گردد. که مقدار آن بستگی به تعداد دور سیم پیچ و میزان شار عبوری دارد. هرگاه یک وسیله برقی قرار باشد مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد، دسترسی به مدار معادل آن ضروری است. مدار معادل برای دستگاه های الکترومغناطیسی شامل ترکیبی از مقاومت ها، اندوکتانس ها و کپاسیتانس ها و ولتاژها می باشد.



شکل ۱-۱۱: مدار معادل ترانسفورماتور

در اینجا با استفاده از دو آزمایش پارامترهای مجهول مدار معادل ترانس قابل محاسبه خواهند بود. آزمایش ها شامل آزمایش اتصال کوتاه و آزمایش بی باری می باشند.

آزمایش اتصال کوتاه ، امپدانس اتصال کوتاه ، یعنی:

$$Z_k = (R_1 + R_2) + j(X_1 + X_2)$$

را بدست می دهد . که معمولا $R_1 = R_2$ و $X_1 = X_2$ می باشند و از دو آزمایش بی باری نیز می توان مقدار پارامترهای هسته یعنی R_0, X_0 را بدست آورد . بنابراین با دو آزمایش می توان مدار معادل ترانس را مشخص کرد .

راندمان ترانسفورمر یا هر دستگاه دیگری از طریق رابطه نسبت خروجی به ورودی تعریف می شود . رابطه (۱)

همچنین می توان راندمان را بصورت (۲) نیز بیان کرد و تعیین راندمان از طریق اندازه گیری تلفات و استفاده از معادله (۲) دقیق تر از اندازه گیری خروجی و ورودی و استفاده از معادله (۱) می باشد .

$$\text{راندمان (۱)} = \frac{\text{خروجی}}{\text{ورودی}}$$

$$\text{راندمان (۲)} = \frac{\text{تلفات - ورودی}}{\text{ورودی}} = 1 - \frac{\text{تلفات}}{\text{ورودی}}$$

در روش اخیر به ازاء یک ولتاژ ورودی تلفات آهنی را از آزمایش بی باری بدست آورده و به ازای جریان های مختلف با ضریب قدرت های مختلف تلفات مسی را از آزمایش اتصال کوتاه با آن جمع می کنیم و با استفاده از فرمول زیر ضریب بهره را به ازای جریان های مختلف فرضی رسم می نماییم .

$$\eta = (VI \cos\phi - [P_{fe} + P_{cu}] / (VI \cos\phi)$$

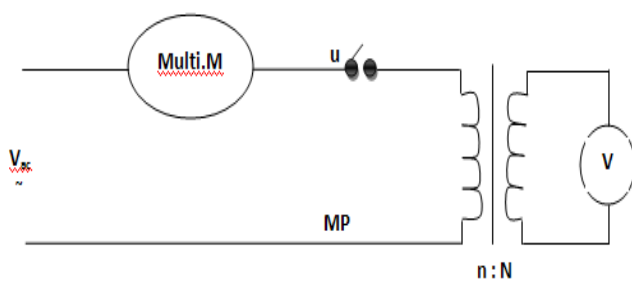
یک مشخصه مهم دیگر در ترانس ها میزان رگولاسیون می باشد . که هرچه این مقدار کوچکتر باشد ، ترانس به حالت ایده آل نزدیکتر می باشد . کوچکتر بودن میزان رگولاسیون ، یعنی افت ولتاژ در خروجی به ازای حالت بارداری کمتر است .

$$\%Reg = \frac{\text{ولتاژ در بار کامل} - \text{ولتاژ بی باری}}{\text{ولتاژ در بی باری}}$$

مراحل انجام آزمایش :

الف : آزمایش بی باری

مشخصات ترانس را یادداشت نموده و جریان نامی هر سیم پیچ را بدست آورید . مدار را مطابق شکل ببندید ، طرف ولتاژ پایین را به منبع تغذیه متصل نمایید ، ولتاژ ورودی را از صفر تا ۱.۱ مقدار نامی آن افزایش دهید . در هر مرحله مقادیر $\cos\phi, V_0, I_0$ (از مولتی متر) و مقدار V (از ولت متر ac) را یادداشت نمایید .



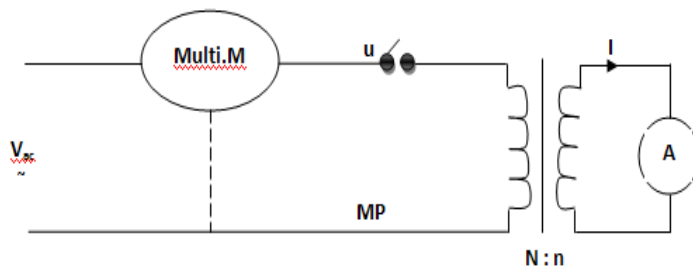
شکل ۱۱-۲ : آزمایش بی باری ترانس تک فاز

جدول ۱۱-۱ :

$\cos\phi$										
V_0										
I_0										
V										

ب: آزمایش اتصال کوتاه

مدار مطابق شکل ۳-۸ می باشد. تفاوت آن با حالت قبل این است که، طرف ثانویه بجای اینکه ولت متر قرار گیرد، با آمپر متر اتصال کوتاه می گردد. طرف ولتاژ بالا را به منبع تغذیه متصل نمایید. دقت کنید که در این آزمایش تغییرات ولتاژ خیلی با احتیاط و کم کم صورت گیرد، چون یک تغییر جزئی در ولتاژ، جریان بزرگی در ثانویه ایجاد خواهد نمود.



شکل ۳-۱۱: آزمایش اتصال کوتاه ترانس تک فاز

ولتاژ ورودی را بالا ببرید تا جریان ترانس مرحله به مرحله از صفر تا ۱.۱ مقدار نامی افزایش یابد. هر بار مقادیر $\cos\phi$, V_0 , I_0 (از مولتی متر) و مقدار I (از آمپر متر ac) را یادداشت نمایید.

جدول ۲-۱۱:

$\cos\phi$										
V_0										
I_0										
V										

ج: مقاومت اهمی اولیه ثانویه و ترانس را اندازه بگیرید.

خواسته های آزمایش :

۱. همه مقادیر مجهول در مدار معادل ترانس تکفاز را حساب کنید و با استفاده از این مقدار تلفات آهن و مس را بدست آورید . $(R_1, R_2, X_1, X_2, R_0, X_0, P_{cu}, P_{fe})$
۲. راندمان ترانس را در جریان و ولتاژ نامی حساب کنید . (با توجه به میزان تلفات)
۳. مقدار رگولاسیون ولتاژ را در بار نامی $\cos\phi=1$ را محاسبه کنید .

پرسش :

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