به نام خدا

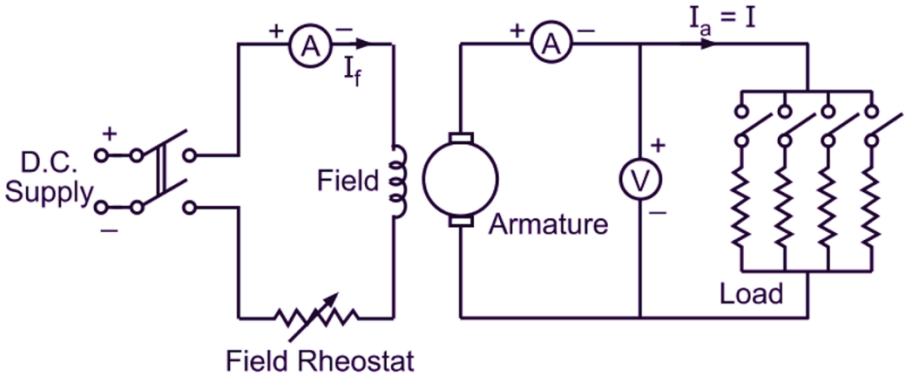
دستور کار آزمایشگاه ماشین (1)

موتورها و ژنراتورهای DC

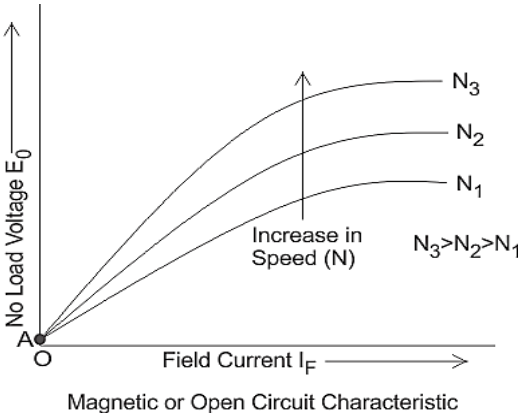
امیر حسن نیا

آزمایش اول: بررسی مشخصات بی باری و هیسترزیس ژنراتور تحریک مستقل

تئوری: ژنراتور تحریک مستقل به ژنراتور گفته می شود که سیم پیچ تحریک (استاتور) آن بصورت مستقل از آرمیچر و با یک منبع DC جداگانه مطابق شکل زیر تغذیه می شود.



این ژنراتور دارای مشخصه داخلی و خارجی است. مشخصه داخلی بصورت تغییرات ولتاژ ترمینال بر حسب جریان تحریک در حالت بی باری تعریف می شود. نمودار مشخصه داخلی به سرعت چرخش آرمیچر نیز وابسته است. در شکل مقابل، نمودار مشخصه داخلی ژنراتور تجریک مستقل در سرعتهای مختلف نشان داده شده است.



با توجه به ماهیت رفتار هیسترزیس هسته مغناطیسی ماشین، مشخصه بی باری در هنگام افزایش جریان تحریک، متفاوت از حالت کاهش آن خواهد بود.

با توجه به مشخصات و مدار فوق، ماشین الکتریکی DC برای کارکرد در حالت تحریک مستقل، نیازمند دسترسی به ترمینال سیم پیچ استاتور و سیم پیچ آرمیچر خواهد بود. این سیم پیچها مطابق شکل روبرو در ترمینال ماشین در دسترس است.

مشخصات نامی ماشین شامل: توان، ولتاژ، سرعت و ... نیز روی پلاک ماشین مطابق شکل روبرو درج شده است.

دستور آزمایش:

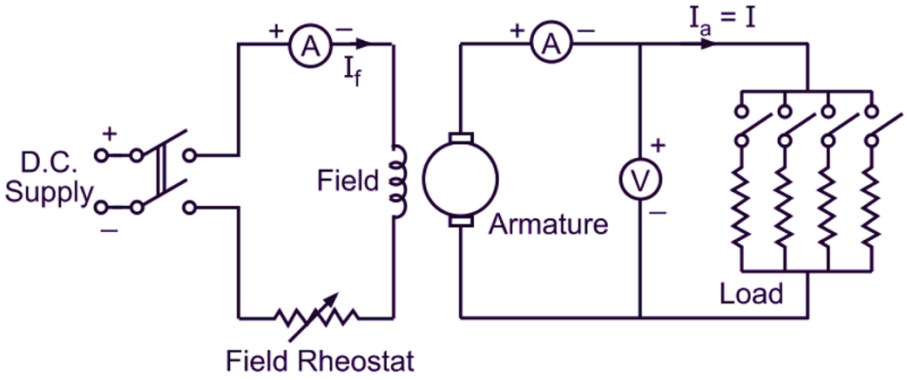
الف) برای تعیین مشخصه داخلی ژنراتور مراحل زیر را دنبال کنید.

- **ژنراتور DC را مطابق شکل زیر به یک محرک اولیه کوپل کنید. در آزمایش ژنراتوری نیازی به استفاده از گشتاورسنج نیست. محرک اولیه می تواند یک موتور القایی یا یک موتور DC باشد، اما قابلیت تنظیم سرعت چرخش باید در آن وجود داشته باشد.**

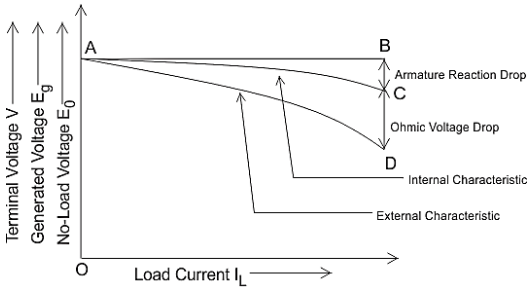
- **در صورت استفاده از موتور DC آنرا با اتصال شنت به یک منبع ولتاژ DC قابل تنظیم وصل کنید.**
- **سیم پیچ تحریک ژنراتور DC را نیز به منبع ولتاژ DC قابل تنظیم متصل کنید.**
- **ولتاژ آرمیچر ژنراتور و جریان تحریک ژنراتور را اندازه گیری کنید.**
- **مولتی مترهای مناسب را به مدار اضافه کنید تا مطمئن شوید تمام المانهای مدار در محدوده مجاز و نامی قرار دارند.**
- **سرعت چرخش ژنراتور را در مقدار نامی تنظیم کنید.**
- **جریان تحریک ژنراتور را از صفر تا مقدار نامی تغییر داده (فقط در جهت افزایشی) و تغییرات ولتاژ ترمینال را ثبت کنید.**
- **جریان تحریک ژنراتور را از مقدار نامی تا صفر تغییر داده (فقط در جهت کاهشی) و تغییرات ولتاژ ترمینال را ثبت کنید.**
- **سرعت چرخش ژنراتور را به مقدار 20% کاهش داده و مجددا مشخصه داخلی ژنراتور را رسم کنید.**
- **مذاحل فوق را حداقل سه بار برای سه سرعت مختلف تکرار کنید.**
- **مشخصه داخلی ژنراتور را در تمام حالتها در یک نمودار رسم کنید.**
- **تحلیل خود از نمودار بدست آمده (نقطه اشباع، پارامترهای موثر در اشباع، رفتار هیسترزیس و ...) را تشریح کنید.**

آزمایش دوم: بررسی مشخصه خارجی ژنراتور تحریک مستقل

تئوری: ژنراتور تحریک مستقل به ژنراتور گفته می شود که سیم پیچ تحریک (استاتور) آن بصورت مستقل از آرمیچر و با یک منبع DC جداگانه مطابق شکل زیر تغذیه می شود.



این ژنراتور دارای مشخصه داخلی و خارجی است. مشخصه خارجی، رفتار ژنراتور را در مواجه با یک مدار خارجی نشان می دهد. این مشخصه بصورت تغییرات ولتاژ ترمینال بر حسب جریان بار در حالت تحت بار تعریف می شود. در شکل مقابل نمودار مشخصه خارجی ژنراتور تحریک مستقل نشان داده شده است.



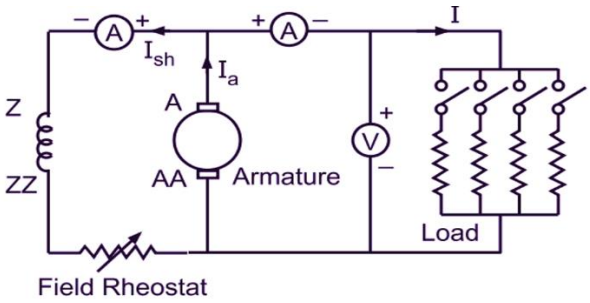
Internal and External Characteristic Curve

ب) برای تعیین مشخصه خارجی ژنراتور مراحل زیر را دنبال کنید.

- در مدار آزمایش قبلی، یک مقاومت اهمی قابل تنظیم به آرمیچر ژنراتور متصل کنید.
- مولتی مترهای مناسب را به مدار اضافه کنید تا مطمئن شوید تمام المانهای مدار در محدوده مجاز و نامی قرار دارند.
- سرعت چرخش ژنراتور را در مقدار نامی تنظیم کنید.
- مقدار مقاومت اهمی بار را از بیشترین مقدار ممکن بتدریج کاهش دهید بگونه ای که سرعت چرخش ثابت بماند.
- تغییرات ولتاژ ترمینال و جریان آرمیچر ژنراتور را در هر مرحله ثبت کنید و مشخصه خارجی ژنراتور را رسم کنید.
- با اندازه گیری مقاومت اهمی آرمیچر و تحلیل مدار، مشخصه خارجی را بصورت تئوری رسم کنید.
- درصد تغییرات ولتاژ ترمینال ژنراتور از بی باری تا بار کامل را محاسبه کنید.
- سهم عوامل مختلف (مقاومت اهمی آرمیچر، عکس العمل آرمیچر و ...) در مشخصه خارجی را تحلیل کنید.
- آیا رفتار مشخصه خارجی خطی است؟

آزمایش سوم: بررسی مشخصه داخلی ژنراتور شنت

تئوری: ژنراتور شنت در مقایسه با ژنراتور تحریک مستقل، نیازمند منبع تغذیه جداگانه برای سیم پیچ تحریک استاتور نیست. در این ژنراتور، سیم پیچ تحریک توسط ولتاژ تولیدی در آرمیچر مطابق شکل زیر تغذیه می شود.



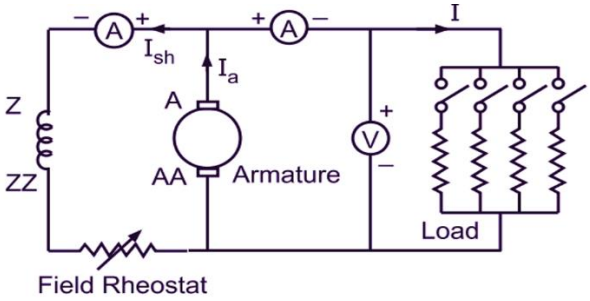
اگرچه این ژنراتور برای عملکرد نیازی به منبع تغذیه ندارد اما وابستگی میدان استاتور به ولتاژ آرمیچر، مشکلاتی را در راه اندازی ژنراتور ایجاد می کند. راه اندازی این ژنراتور عموما با استفاده از شار پسماند مغناطیسی در هسته استاتور انجام می شود. با این وجود، عدم وجود شار پسماند، جهت نادرست شار پسماند، سرعت بحرانی آرمیچر و مقاومت بحرانی مدار تحریک، چهار عامل اساسی هستند که می توانند مانع از راه اندازی ژنراتور شنت شوند.

دستور آزمایش:

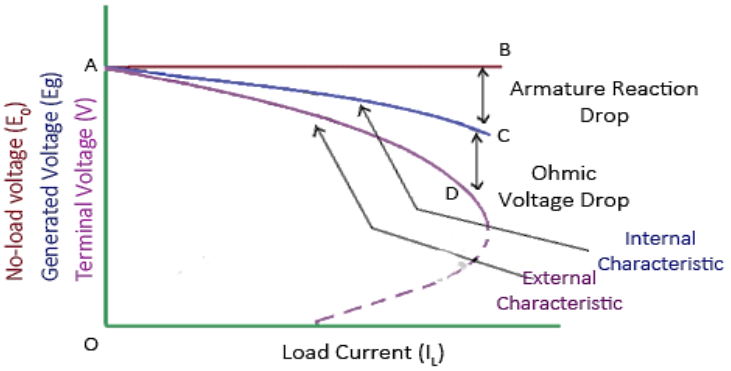
- ژنراتور DC را با اتصال شنت مطابق شکل مطابق به یک محرک اولیه با سرعت قابل تنظیم کوپل کنید.
- سرعت ژنراتور را در مقدار نامی تنظیم نموده و مقدار ولتاژ ترمینال را در حالت بی باری ثبت کنید.
- تاثیر عوامل چهارگانه را بر راه اندازی ژنراتور بررسی کنید.
- تاثیر اعمال جریان DC اولیه بر جهت صحیح اتصال شنت را بررسی کنید.
- تاثیر جهت چرخش ژنراتور بر جهت صحیح اتصال شنت را بررسی کنید.
- مقدار مقاومت بحرانی تحریک را با اتصال سری یک مقاومت اهمی به مدار استاتور، بررسی کنید.
- تاثیر سرعت چرخش ژنراتور بر مقاومت بحرانی تحریک را بررسی کنید.

آزمایش چهارم: بررسی مشخصه خارجی ژنراتور شنت

تئوری: ژنراتور شنت در مقایسه با ژنراتور تحریک مستقل، نیازمند منبع تغذیه جداگانه برای سیم پیچ تحریک استاتور نیست. در این ژنراتور، سیم پیچ تحریک توسط ولتاژ تولیدی در آرمیچر مطابق شکل زیر تغذیه می شود.



مشخصه خارجی این ژنراتور نیز در مقایسه با ژنراتور تحریک مستقل با شیب بیشتری افت می کند زیرا جریان تحریک استاتور در اثر کاهش ولتاژ ترمینال، کم شده و منجر به افت شار مغناطیسی ماشین و کاهش در ولتاژ القایی آرمیچر می شود.



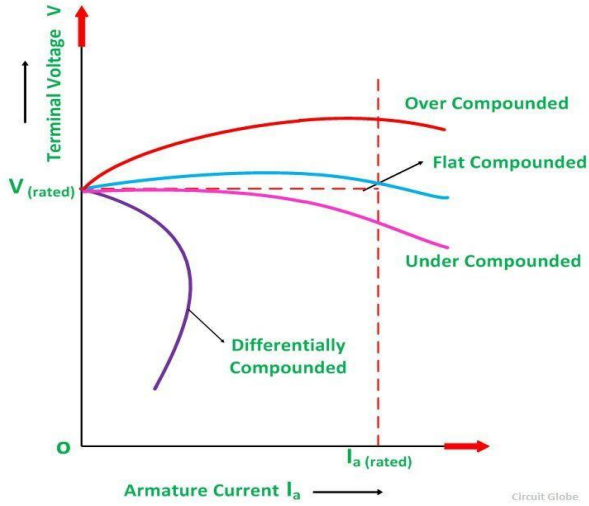
Characteristics of DC shunt generator

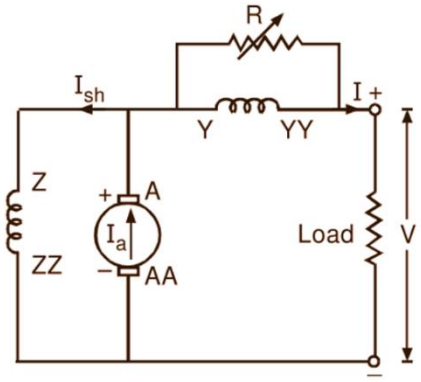
دستور آزمایش:

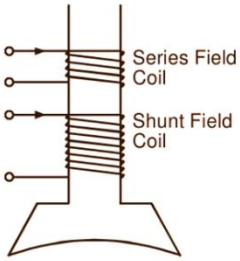
- ژنراتور DC را با اتصال شنت مطابق شکل مطابق به یک محرک اولیه با سرعت قابل تنظیم کوپل کنید.
- سرعت ژنراتور را در مقدار نامی تنظیم نموده و مقدار ولتاژ ترمینال را در حالت بی باری ثبت کنید.
- یک مقاومت اهمی قابل تنظیم به آرمیچر ژنراتور متصل کنید.
- مولتی مترهای مناسب را به مدار اضافه کنید تا مطمئن شوید تمام المانهای مدار در محدوده مجاز و نامی قرار دارند.
- مقدار مقاومت اهمی بار را از بیشترین مقدار ممکن بتدریج کاهش دهید بگونه ای که سرعت چرخش در مقدار نامی آن ثابت بماند.
- تغییرات ولتاژ ترمینال و جریان آرمیچر ژنراتور را در هر مرحله ثبت کنید و مشخصه خارجی ژنراتور را رسم کنید.
- درصد تغییرات ولتاژ ترمینال ژنراتور از بی باری تا بار کامل را محاسبه کنید.
- در صورت امکان، مشخصه خارجی ژنراتور شنت را بصورت تئوری نیز محاسبه و رسم کنید.
- مشخصه خارجی ژنراتور شنت را با ژنراتور تحریک مستقل در سرعت یکسان مقایسه کنید.

آزمایش پنجم: بررسی مشخصات عملکرد ژنراتور کمپوند

تئوری: ژنراتور DC کمپوند مشابه ژنراتور شنت است با این تفاوت که دارای یک سیم پیچ اضافی در قطبهای استاتور است که بصورت سری با مدار آرمیچر متصل شده است. عبود جریان آرمیچر از این سیم پیچ سری منجر به تقویت میدان مغناطیسی استاتور در حالت اضافی و تضعیف آن در حالت نقصانی می شود. لذا مطابق شکل زیر، شیب مشخصه خارجی ژنراتور کمپوند در مقایسه با ژنراتور شنت، در حالت اضافی کمتر و در حالت نقصانی بیشتر است. در حالت اضافی امکان صفر شدن شیب مشخصه خارجی یا مثبت شدن آن نیز وجود دارد.





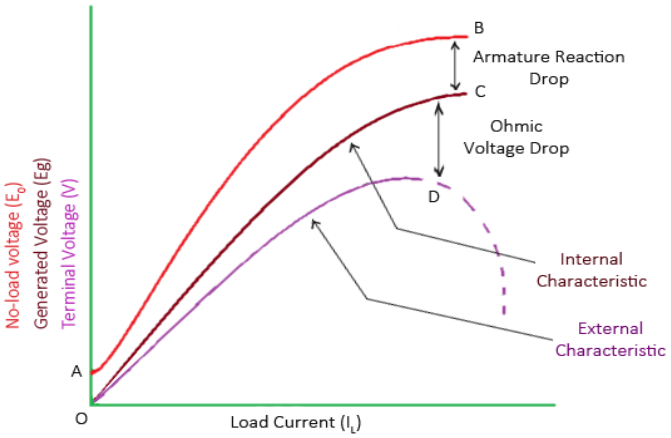


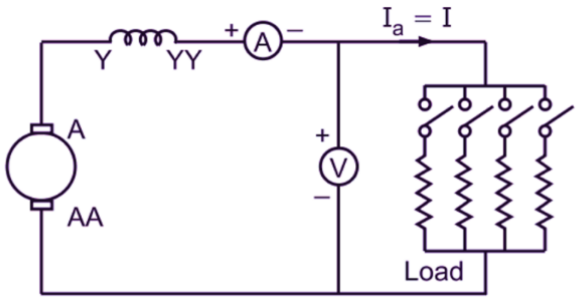
دستور آزمایش:

- مقدار مقاومتهای اهمی سیم پیچ های تحریک، سری و آرمیچر ماشین DC کمپوند را اندازه گیری و تحلیل کنید.
- بدون استفاده از سیم پیچ سری، ژنراتور را بصورت شنت متصل کنید و مشخصه خارجی آن را بدست آورید.
- سیم پیچ سری را در مدار آرمیچر بصورت سری قرار داده و مشخصه خارجی ژنراتور را در حالت کمپوند بدست آورید.
- جهت اتصال سیم پیچ سری را برعکس نموده و مجددا مشخصه خارجی ژنراتور را بدست آورید.
- مقاومت منحرف کننده (R) را مطابق شکل فوق، با سیم پیچ سری، بصورت موازی قرار دهید و مجددا مشخصه خارجی را به ازای دو مقدار متفاوت از R بدست آورید.
- تمام مشخصات بدست آمده را در یک نمودار رسم کرده و نتایج را توضیح دهید.
- دقت کنید سرعت چرخش ژنراتور در تمام طول آزمایش، ثابت باشد.
- در صورت امکان، تاثیر سرعت چرخش ژنراتور بر مشخصات خروجی آن را بدست آورده و تحلیل کنید.
- آیا می توانید نسبت Nse/Nsh را با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایشهای فوق، محاسبه کنید؟

آزمایش ششم: بررسی مشخصات عملکرد ژنراتور سری

تئوری: در ژنراتور DC سری سیم پیچ تحریک بصورت سری با مدار آرمیچر قرار می گیرد و لذا مشابه ژنراتور شنت نیازمند منبع تغذیه جداگانه برای سیم پیچ تحریک استاتور نیست. در این ژنراتور، سیم پیچ تحریک توسط جریان عبوری از آرمیچر و بار مطابق شکل زیر تغذیه می شود. لذا مقاومت تحریک باید بسیار کم باشد تا مقدار تلفات اهمی در این قسمت، کاهش یابد. مشخصه داخلی این ژنراتور مشابه ژنراتورهای شنت و تحریک مستقل است اما مشخصه خارجی آن برخلاف ژنراتورهای شنت و تحریک مستقل، مطابق شکل زیر، صعودی است.



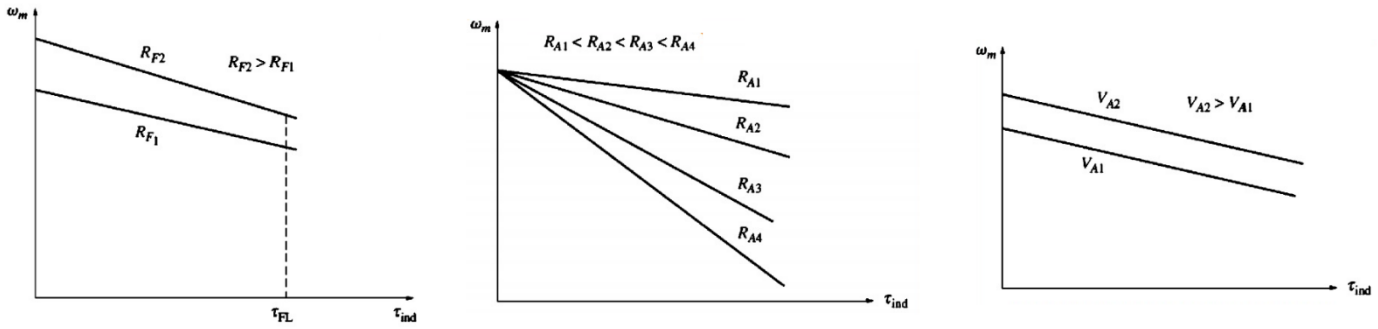


دستور آزمایش:

- ژنراتور DC کمپوند را با استفاده از فقط یکی از سیم پیچ های استاتور (D یا F) بصورت سری متصل کرده و مطابق شکل زیر به یک محرک اولیه با سرعت نامی کوپل کنید.
- بررسی کنید کدام سیم پیچ برای اتصال ژنراتور بصورت سری مناسبتر است؟ چرا؟
- تاثیر تغییر جهت اتصال سیم پیچ سری بر عملکرد ژنراتور را بررسی کنید.
- یک بار اهمی مناسب به ژنراتور متصل کنید و مشخصه خارجی ژنراتور را بدست آورید.
- آزمایش مناسبی برای تعیین مشخصه داخلی ژنراتور نیز طراحی و اجرا کنید.
- مشخصه خارجی ژنراتور سری را بصورت تئوری نیز محاسبه و رسم کنید.
- در صورت امکان سهم عکس العمل آرمیچر و افت ولتاژ روی مقاومت اهمی در مشخصه خارجی را تفکیک کنید.

آزمایش هفتم: بررسی مشخصات عملکرد موتور DC شنت

تئوری: در موتور DC شنت، مشابه حالت ژنراتوری، سیم پیچ تحریک بصورت موازی با آرمیچر قرار می گیرد. مشخصه خارجی در موتورهای DC ، تغییرات سرعت چرخش بر حسب گشتاور بار است. چگونگی تغییرات این مشخصه بر حسب پارامترهای قابل کنترل، اصطلاحا مشخصه کنترل سرعت (مشخصه داخلی) نامیده می شود. در موتور DC شنت، مقادیر مقاومت تحریک، مقاومت آرمیچر و ولتاژ ترمینال، بعنوان پارامترهای قابل کنترل فرض می شوند. مشخصه خارجی موتور شنت و تغییرات آن بر حسب پارامترهای فوق در شکل زیر نشان داده شده است.



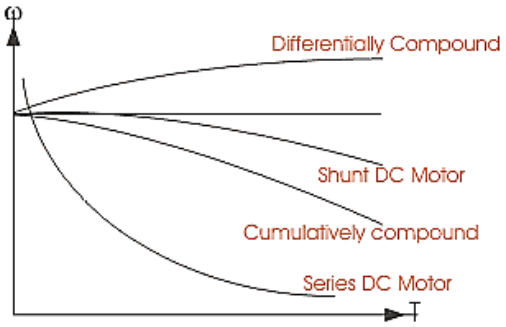
دستور آزمایش:

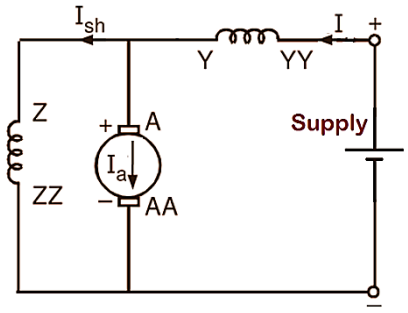
- موتور DC را با اتصال شنت مطابق شکل زیر به یک ژنراتور شنت کوپل نموده و ترمینال ژنراتور را به بار DC متصل کنید.

- مقدار مقاومت بار را در حداکثر مقدار ممکن تنظیم کنید.
- ولتاژ ترمینال موتور DC را بتدریج تا مقدار نامی افزایش دهید.
- در اینحالت سرعت چرخش موتور را با استفاده از تاکومتر و گشتاور آنرا با استفاده از سنسور گشتاور و یا از تقسیم توان بار به سرعت چرخش بدست آورید. (از تلفات ژنراتور شنت صرفنظر می شود.)
- مقاومت بار را بتدریج کاهش داده (فقط در جهت کاهشی) و در هر حالت، سرعت و گشتاور موتور را ثبت کنید.
- مشخصه گشتاور–سرعت موتور را یکبار در ولتاژ کمتر و یکبار در مقاومت تحریک بالاتر، مجددا بدست آورید.
- مشخصات خارجی و کنترل سرعت موتور را رسم کنید و نتیجه را توضیح دهید.
- مراقب باشید جریان آرمیچر هیچ یک از ماشینها و نیز جریان بار از مقادیر نامی خود بیشتر نشوند.

آزمایش هشتم: بررسی مشخصات عملکرد موتور DC کمپوند

تئوری: موتورهای DC سری دارای سرعت نامحدود در بی باری هستند که باعث محدودیتهایی در کاربرد آن بویژه در بارهای مکانیکی متغیر می شود. از طرفی موتورهای شنت دارای گشتاور راه اندازی کمتری در مقایسه با موتورهای سری هستند. موتور DC کمپوند دارای ساختاری مشابه ژنراتور کمپوند بوده و در حالت اضافی، مزایای موتور سری و شنت را بصورت همزمان دارد. البته این موتورها در حالت نقصانی دارای مشکل راه اندازی و احتمال ناپایداری در شرایط تحت بار هستند. در شکل زیر چگونگی اتصال سیم پیچ های سری و شنت در موتور کمپوند نشان داده شده است و مشخصه مکانیکی این موتور در حالت کلی با موتور سری و شنت مقایسه شده است. روشهای کنترل سرعت در موتور کمپوند مشابه موتور شنت است.



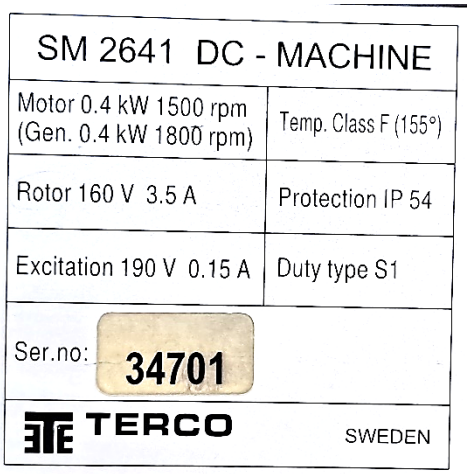


دستور آزمایش:

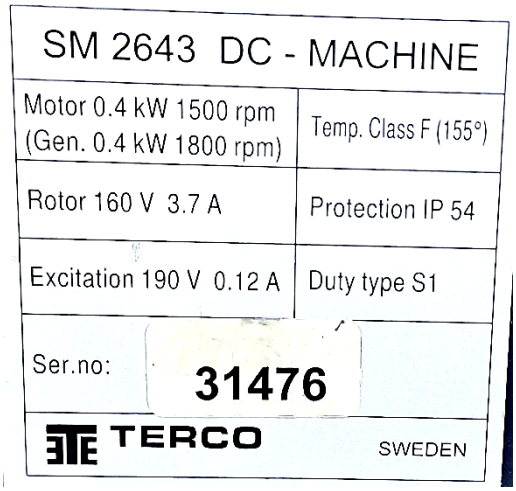
- موتور DC را با اتصال کمپوند مطابق شکل زیر به یک ژنراتور شنت (یا تحریک مستقل) کوپل نموده و ترمینال ژنراتور را به بار DC متصل کنید.

- مقدار مقاومت بار را در حداکثر مقدار ممکن تنظیم کنید.
- ولتاژ ترمینال موتور DC را بتدریج تا حدود مقدار نامی افزایش دهید.
- در اینحالت سرعت چرخش موتور را با استفاده از تاکومتر و گشتاور آنرا با استفاده از سنسور گشتاور بدست آورید.
- مقاومت بار یا جریان تحریک ژنراتور را تغییر داده و در هر حالت، سرعت و گشتاور موتور را ثبت کنید.
- دقت کنید ولتاژ ترمینال موتور ثابت بماند و جریان آرمیچر هیچ یک از ماشینها یا جریان بار از مقادیر نامی خود بیشتر نشوند.
- مشخصه گشتاور-سرعت بدست آمده برای موتور کمپوند را رسم کنید.
- با تغییر جهت سیم پیچ سری، مجددا مشخصه مکانیکی موتور را در همان ولتاژ ترمینال قبلی بدست آورید.
- هر دو مشخصه بدست آمده را در یک نمودار رسم کنید و نوع اضافی یا نقصانی موتور را در هر حالت مشخص کنید.
- با اتصال کوتاه کردن سیم پیچ سری، مشخصه موتور را در حالت شنت بدست آورده و با مشخصات حالت کمپوند مقایسه کنید.
- امکان راه اندازی و عملکرد موتور را در حالت سری (با حذف سیم پیچ شنت) بررسی و نتیجه را تحلیل کنید.

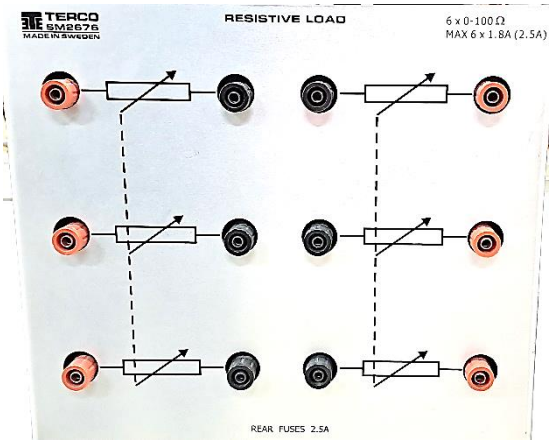
پیوست: پلاک مشخصات ماشینهای مورد استفاده در آزمایشگاه



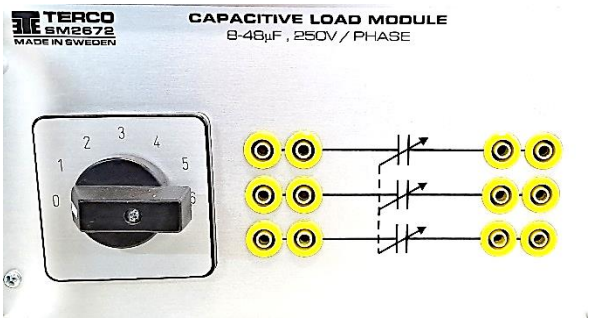
موتور DC شنت



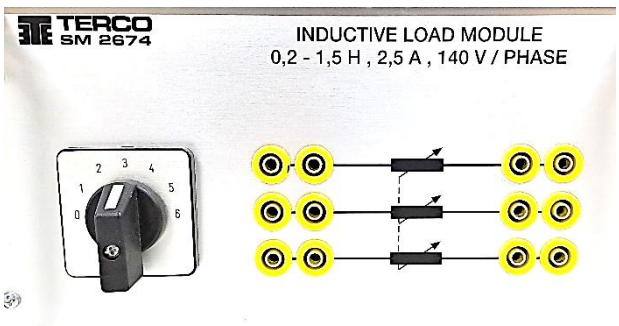
موتور DC کمپوند



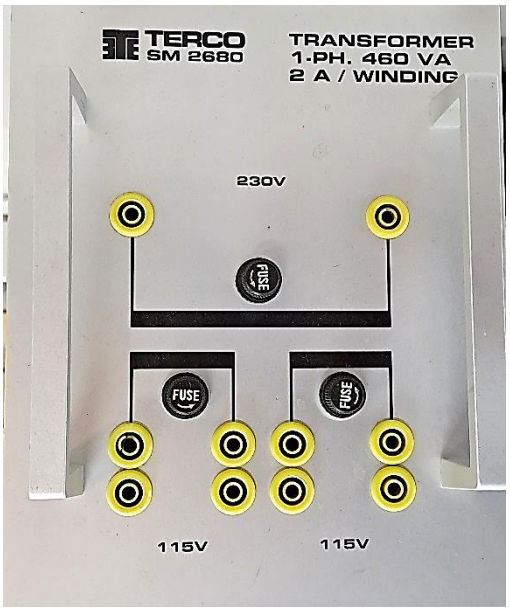
بار اهمی سه فاز



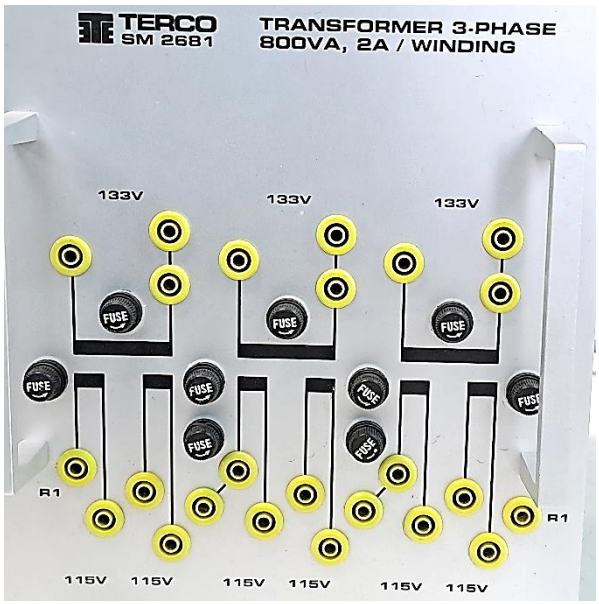
بار خازنی سه فاز



بار سلفی سه فاز



ترانسفورماتور تک فاز



ترانسفورماتور سه فاز

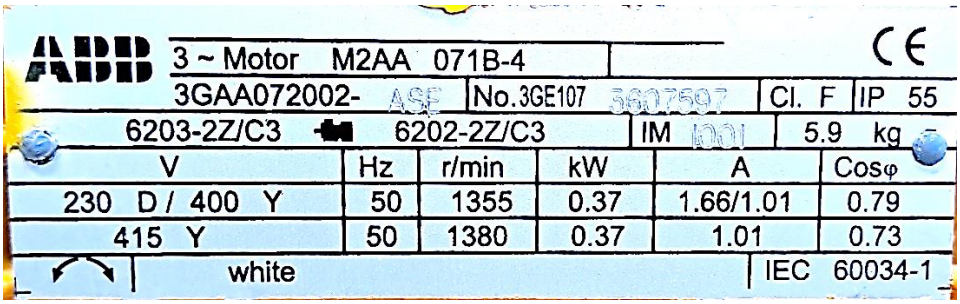
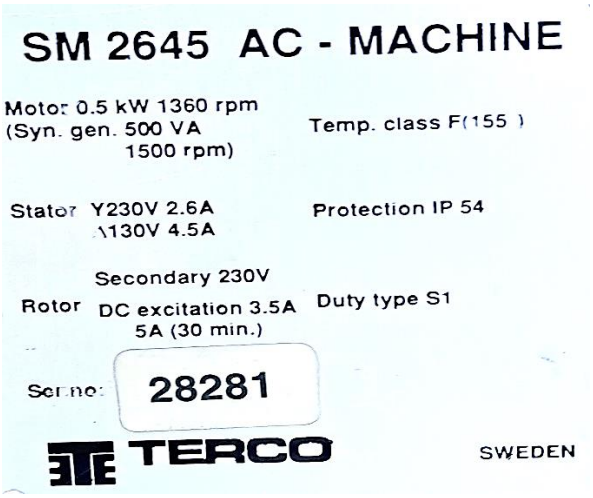


ABB	3 ~ Motor M2AA 071B-4				CE
3GAA072002- ASE	No.3GE107 3607597			Cl. F	IP 55
6203-2Z/C3	6202-2Z/C3			IM 1001	5.9 kg
V	Hz	r/min	kW	A	Cosφ
230 D / 400 Y	50	1355	0.37	1.66/1.01	0.79
415 Y	50	1380	0.37	1.01	0.73
white				IEC 60034-1	

موتور القایی سه فاز رتور قفسی



موتور القایی سه فاز رتور سیم پیچی شده