

هو الرحمن
جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



هو الرحمن

آزمایشگاه ماشین های الکتریکی

مقدمه

انرژی الکتریکی یک منبع انرژی تمیز و کارآمد است و به راحتی در منازل، ادارات و کارخانجات قابل استفاده است. برخی از مصرف کنندگان مثل لامپ یا بخاری برقی به انرژی الکتریکی نیاز دارند و برخی دیگر مانند قطارهای مترو یا آسانسور به انرژی مکانیکی نیاز دارند.

وسایلی که انرژی الکتریکی را مصرف یا تولید می کنند در مقایسه با دیگر وسایل که با سوخت های فسیلی مانند بنزین یا گازوئیل کار می کنند آلودگی زیست محیطی کمتری دارند، ضمن اینکه از مزایا و راندمان بالاتری برخوردار هستند.

انرژی الکتریکی می تواند به انرژی مکانیکی تبدیل شود و همچنین تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی نیز میسر است. دستگاه هایی که این دو انرژی را به هم تبدیل می کنند، «ماشین های الکتریکی» نام دارند.

فرایند تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی و بالعکس «تبدیل انرژی الکترومکانیکی» نامیده می شود.

ماشین های الکتریکی رابطی بین سیستم الکتریکی و سیستم مکانیکی محسوب می شوند که این ارتباط در ماشین های الکتریکی بر مبنای «میدان الکترومغناطیسی» صورت می گیرد.

ماشین های الکتریکی در زندگی روزمره امروز حضور فراوانی دارند. «موتورهای الکتریکی» در لوازم خانگی مانند یخچال، جاروبرقی، همزن، پنکه، تهویه مطبوع و در بسیاری از وسایل الکتریکی مشابه دیگر حضور دارند و در راه اندازی آنها نقش مؤثر دارند.

در مراکز صنعتی و کارخانجات، عامل حرکت بیش تر ابزارها موتورهای الکتریکی هستند. «ژنراتورهای الکتریکی» نیز با تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی نقش اصلی را در تأمین برق مورد نیاز مصرف کننده های الکتریکی ایفا می کنند.



طبقه بندی ماشین های الکتریکی

ماشین های الکتریکی از دو دیدگاه «نوع تبدیل انرژی» و «نوع جریان الکتریکی» طبقه بندی می شوند.

از دیدگاه انرژی، اگر ماشین الکتریکی انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل کند «موتور الکتریکی» نامیده می شود. و اگر این ماشین الکتریکی، انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل کند «ژنراتور الکتریکی» نامیده می شود.

ماشین های الکتریکی اعم از موتور یا ژنراتور الکتریکی، از دیدگاه نوع جریان در دو دسته «جریان متناوب» و «جریان مستقیم» طبقه بندی می شوند.

اگر ماشین الکتریکی برای کار در جریان متناوب AC طراحی شود آن را «ماشین الکتریکی جریان متناوب» می نامند و در صورتی که برای کار در جریان مستقیم DC طراحی شود آن را «ماشین الکتریکی جریان مستقیم» می نامند.

ساختمان ماشین های جریان مستقیم



ماشین جریان مستقیم

ساختمان ماشین های جریان مستقیم از دو قسمت اصلی تشکیل شده است:

قسمت ساکن یا استاتور

قسمت متحرک یا رتور

اجزای قسمت ساکن

- بدنه
- قطب های مغناطیسی
- سیم پیچی میدان
- جاروبک و جاروبک نگهدار

بدنه

بدنه نقش تکیه گاه و حفاظت از سایر اجزای ماشین را ایفا می کند. بر روی بدنه پایه ها قرار دارند تا بوسیله پیچ و مهره ماشین در محل مورد نظر نصب شود.

بر روی بدنه تخته کلم قرار دارد. با هدایت سرهای سیم پیچی های ماشین به سوی تخته کلم، امکان اتصال به مدار خارجی فراهم می شود. در ماشین هایی که ارزانی نقش مهم تری در مقابل وزن دارد، بدنه را از جنس چدن می سازند؛ در غیر این صورت بدنه را از جنس فولاد انتخاب می نمایند.

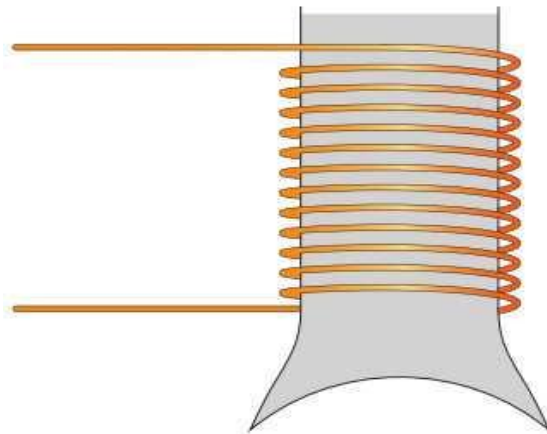
قطب های مغناطیسی

تامین میدان مغناطیسی مورد نیاز ماشین جریان مستقیم وظیفه قطب های مغناطیسی است، قطب های مغناطیسی در بدنه ماشین جاسازی می شوند و در صورت نیاز با پیچ محکم خواهند شد. تعداد قطب های مغناطیسی همواره زوج است و جنس آن از ورقه های فولاد الکتریکی می باشد.



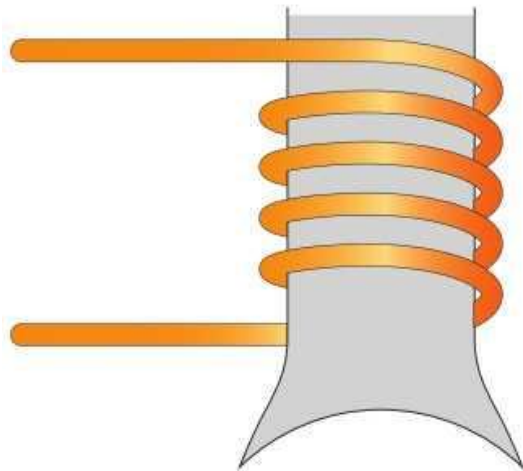
سیم پیچی میدان

با اعمال جریان dc به سیم پیچی میدان، میدان مغناطیسی اصلی ماشین جریان مستقیم فراهم می شود.



سیم پیچی میدان برای جریان کم

برای ایجاد میدان مغناطیسی در قطب های ماشین نیاز به آمپر دور مشخصی است. برای جریان های کم بایستی تعداد دور سیم پیچی میدان زیاد باشد ولی چون مقدار جریان کم است، سطح مقطع سیم کم می باشد.

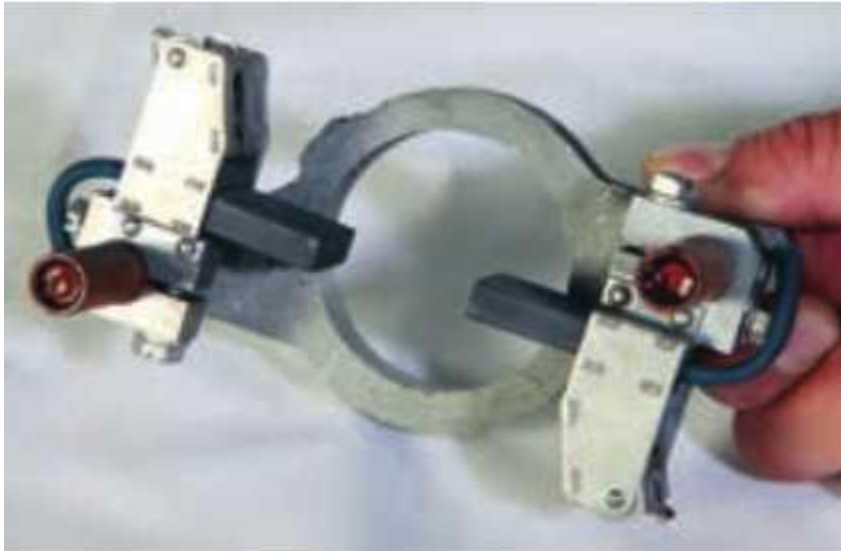


سیم پیچی میدان برای جریان زیاد

در جریان های زیاد تعداد دور کمی برای سیم پیچی میدان لازم است، ولی چون جریان زیاد است بایستی سطح مقطع سیم بزرگ باشد.

از آنجایی که «سیم پیچی میدان» در قسمت ساکن ماشین های جریان مستقیم قرار دارد آن را «سیم پیچی استاتور» نیز خطاب می کنند. و به طور کلی اصطلاح «سیم پیچی» به آن اطلاق می شود.

جاروبک و جاروبک نگه دار



جاروبک نگه دار

در قسمت ساکن ماشین های جریان مستقیم وسیله ای به نام جاروبک نگه دار نصب شده است. وظیفه جاروبک نگه دار، قرار دادن صحیح جاروبک ها روی تیغه های کموتاتور است. جاروبک ها در جاروبک نگه دار قرار می گیرند و توسط فنری با فشار قابل تنظیم بر روی کموتاتور فشار داده می شوند.

اجزای قسمت متحرک

● هسته رتور

● سیم پیچی رتور

● کموتاتور

● محور

● پروانه خنک کننده



رتور ماشین جریان مستقیم

هسته رتور

هسته رتور از ورقه های فولادی سیلیس دار ساخته می شود که با یک لایه نازک از هم عایق شده اند بر روی هسته رتور شیارهایی تعبیه شده است تا سیم پیچ ها در داخل آن ها قرار گیرند. این شیارها ممکن است به صورت باز یا نیمه باز باشند.

در هنگام کار ماشین های جریان مستقیم هسته رتور گرم می شود. برای خنک شدن هسته، معمولاً رتورها را به صورت «تهویه محوری» یا «تهویه شعاعی» می سازند.

در رتورهای با تهویه محوری، سوراخ هایی در امتداد هسته ایجاد می کنند تا در اثر نفوذ جریان هوا به این سوراخ ها هسته خنک شود.

در رتورهای با تهویه شعاعی هسته از چند دسته ورق با طول ۴ تا ۱۰ سانتی متر که با یکدیگر ۸ تا ۱۰ میلی متر فاصله دارند تشکیل می گردد.

سیم پیچی رتور

در ماشین های جریان مستقیم ولتاژ اصلی در «سیم پیچی رتور» القا می شود اصطلاح «سیم پیچی آرمیچر» نیز به آن اطلاق می شود. «رتور» ماشین های جریان مستقیم نیز به «آرمیچر» موسوم است.

کمو تاتور

کمو تاتور از تیغه های مسی که توسط عایق میکا نسبت به یکدیگر و محور ماشین عایق شده اند تشکیل می شود. ابتدا و انتهای کلاف های سیم پیچی رتور توسط لحیم و یا پرس کردن به تیغه کمو تاتور وصل می شود.

محور

محور رتور ماشین های جریان مستقیم تکیه گاهی برای سایر اجزای رتور می باشد. محور باید از فولادی تهیه شود که خاصیت مغناطیسی آن کم، اما استحکام مکانیکی کافی در مقابل تنش های برشی، خمشی، کششی و پیچشی را دارا باشد.



پروانه خنک کننده

پروانه خنک کننده یا «فن» با ایجاد جریان هوا در داخل ماشین، موجب انتقال سریع تر گرمای ایجاد شده به خارج از ماشین می شود. لذا دمای کار ماشین در یک حد مشخص محدود می شود و سبب ازدیاد عمر مفید ماشین خواهد شد.

پروانه خنک کننده ماشین های جریان مستقیم با قدرت کم روی محور رتور نصب می شود و با گردش رتور می گردد و جریان هوا را به وجود می آورد.

ماشین های با قدرت متوسط و زیاد فاقد پروانه خنک کننده روی محور رتور می باشند و تهویه ماشین توسط فن جداگانه ای که دارای فیلتر هوا به منظور جذب ذرات گرد و غبار می باشد و توسط یک موتور سه فاز به گردش در می آید صورت می پذیرد.



ماشین جریان مستقیم مجهز به فن جداگانه

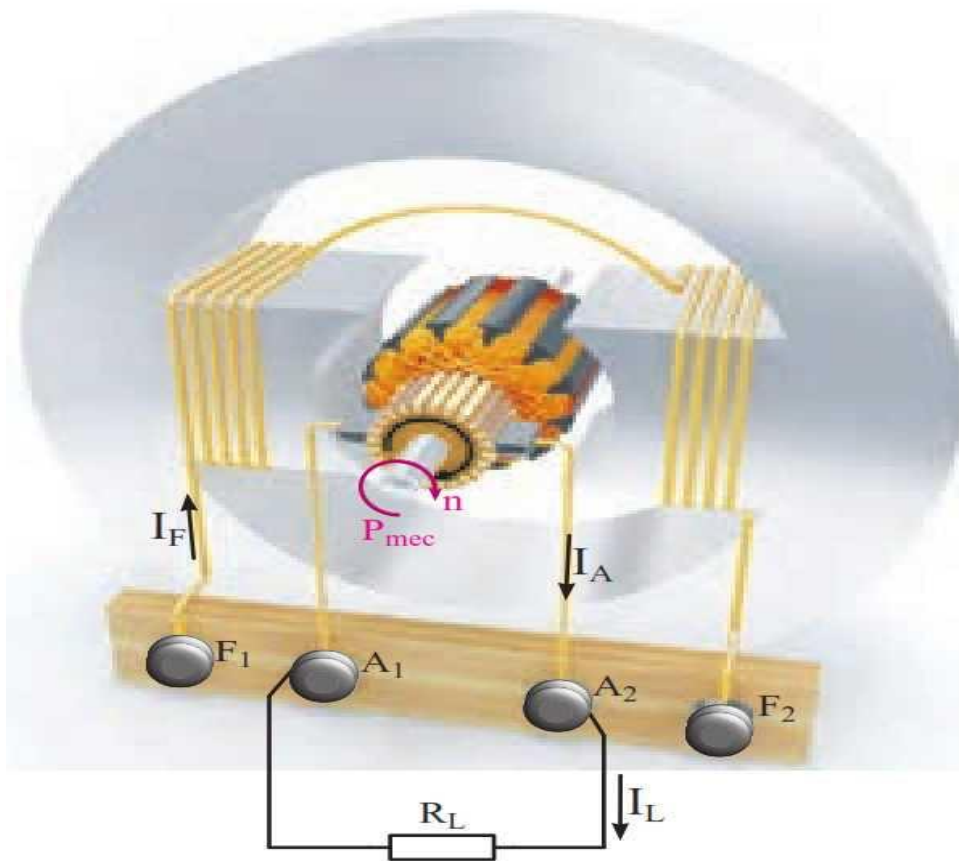
ژنراتورهای جریان مستقیم

ژنراتورهای جریان مستقیم انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند. پلاریته ولتاژ در پایانه های آنها ثابت است لذا جهت جریان در مصرف کننده عوض نمی شود.

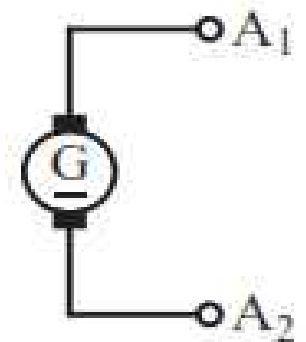


از مزایای برجسته ژنراتورهای جریان مستقیم این است که دارای مشخصه های کاری هستند که به سادگی قابل کنترل می باشند. ویژگی ژنراتورهای جریان مستقیم این است که با ترکیب های متنوع در ارتباط مدار تحریک با مدار آرمیچر می توان به ژنراتورهای تحریک مستقل، تحریک موازی، تحریک سری و تحریک ترکیبی دست یافت که هر یک از آنها مشخصه های ولت - آمپر منحصر به خود را دارند.

ژنراتور جریان مستقیم



علامت اختصاری سیم پیچ تحریک



علامت اختصاری آرمیچر

طرح ساختمانی ژنراتور جریان مستقیم

مشخصات ژنراتورهای جریان مستقیم

220V	1.1KW
5.5A	IP55
1400RPM	S1
35Kg	

ژنراتورهای جریان مستقیم توسط کارخانه سازنده مورد آزمایش های متعددی قرار می گیرند. نتایجی که از این آزمایش ها به دست می آید به عنوان «مشخصات ژنراتور جریان مستقیم» ارایه می شوند.

۱ - گروه اول شامل مشخصاتی است که به روی پلاک ماشین ثبت می شود.

مشخصاتی که بر روی پلاک ثبت می شوند را «مقادیر نامی» می نامند. معمولاً ژنراتورها به گونه ای طراحی می شوند که به ازای مقادیر نامی آسیب نبینند.

۲ - گروه دوم شامل مشخصاتی است که نتایج آزمایش های بی باری و بارداری ژنراتور را پس از تنظیم، ترسیم می کنند و «منحنی مشخصه^۱» نامیده می شوند.

$$E_A = f(I_F) \text{ منحنی مشخصه بی باری}$$

منحنی مشخصه بی باری تأثیر جریان تحریک I_F بر نیروی محرکه القایی آرمیچر E_A را در سرعت ثابت و بدون بار $I_L = 0$ نشان می دهد. این مشخصه در بی باری به دست می آید و مشابه منحنی مغناطیسی است؛ لذا آن را «مشخصه مدار باز» یا «مشخصه مغناطیسی» گویند.

$$V_T = f(I_L) \text{ منحنی مشخصه خروجی}$$

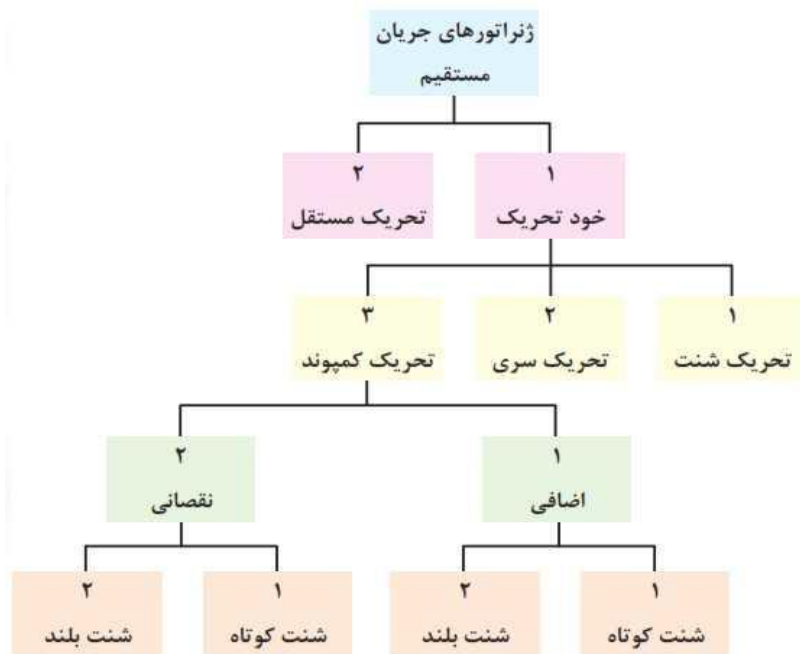
منحنی مشخصه بارداری تأثیر جریان بار I_L بر ولتاژ پایانه های ژنراتور V_T در سرعت ثابت و جریان تحریک ثابت را نشان می دهد.

$$I_F = f(I_L) \text{ منحنی مشخصه تنظیم}$$

منحنی مشخصه تنظیم تغییر جریان تحریک I_F را به ازای تغییر جریان بار I_L در سرعت ثابت و ولتاژ ثابت نشان می دهد.

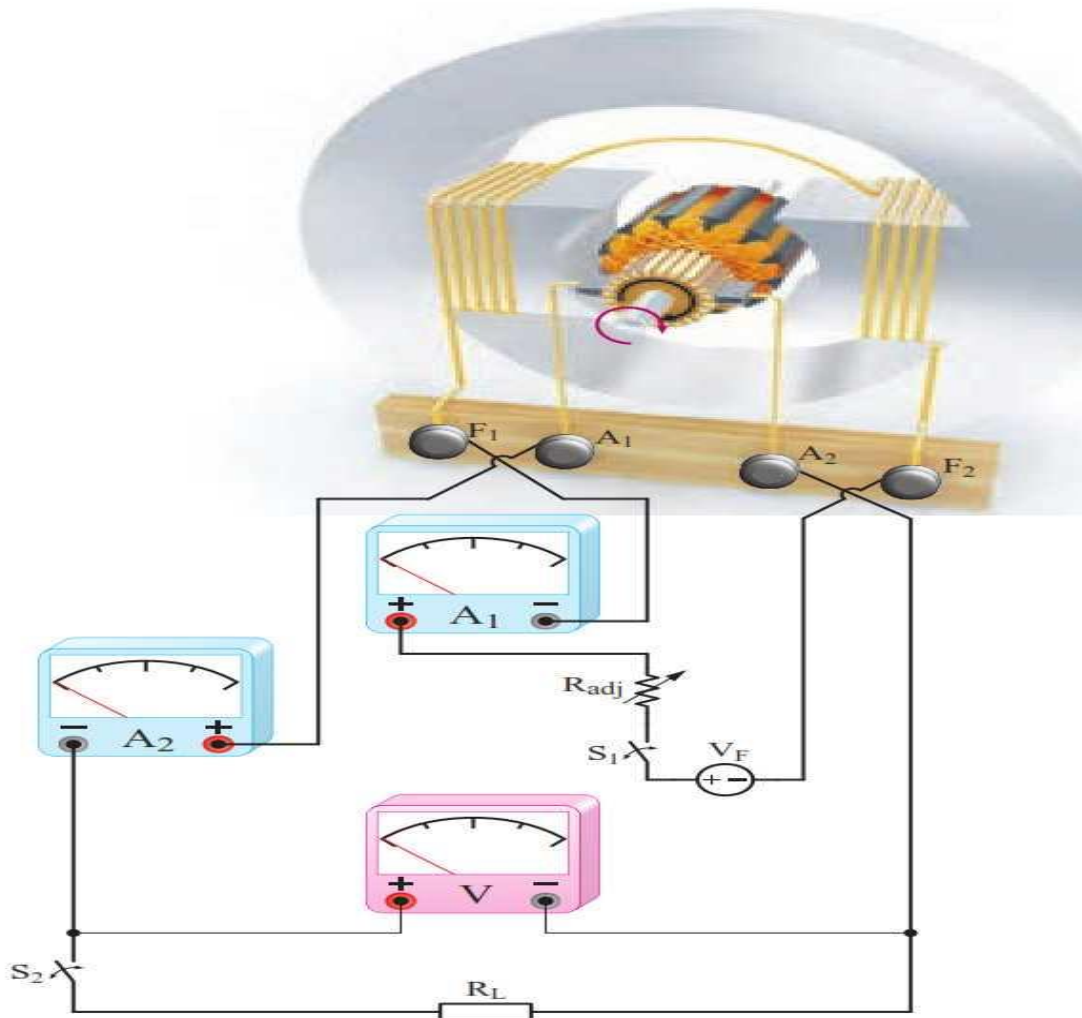
طبقه بندی ژنراتورهای جریان مستقیم

ژنراتورهای جریان مستقیم با توجه به نحوه تامین تغذیه تحریک به ژنراتورهای «تحریک مستقل^۱» و «خود تحریک^۲» تقسیم بندی شده اند. ژنراتورهای خود تحریک نیز بر اساس ارتباط الکتریکی بین مدار آرمیچر با مدار تحریک به ژنراتورهای «تحریک شنت^۱»، «تحریک سری^۲» و «تحریک کمپوند^۳» تقسیم بندی می شوند.

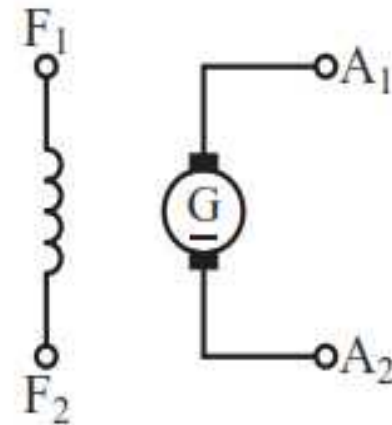


تقسیم بندی ژنراتورهای جریان مستقیم

ژنراتور جریان مستقیم با تحریک مستقل



طرح ساختمانی ژنراتور تحریک مستقل



نقشه اختصاری ژنراتور تحریک مستقل

منحنی اشباع هسته مولد DC

همانطور که میدانیم هسته های مغناطیسی در مقابل جریان عبور کننده از سیم پیچ آنها رفتار اشباع شونده ای از خود نشان میدهند، به این معنی که چگالی شار مغناطیسی آنها با افزایش جریان سیم پیچ تحریک، رفته رفته افزایش یافته تا جایی که هسته از لحاظ میزان شار مغناطیسی اشباع می شود و از آن پس با افزایش جریان سیم پیچ تغییر قابل توجهی در میزان شار هسته ایجاد نمی شود. به این حالت اصطلاحاً اشباع مغناطیسی می گویند. این خاصیت به دلیل ثابت نبودن ضریب نفوذ پذیری مغناطیسی نسبی (μ_r) هسته های آهنی به ازای مقادیر مختلف شدت میدان مغناطیسی ایجاد می شود. در هسته های هوایی رابطه ساده $B = \mu_0 H$ ($\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$) بین چگالی شار و شدت میدان مغناطیسی برقرار است در حالیکه در هسته های آهنی به دلیل ثابت نبودن ضریب نفوذ پذیری مغناطیسی هسته به ازای مقادیر مختلف شدت میدان مغناطیسی، یا به عبارت دیگر به ازای مقادیر مختلف جریان سیم پیچ هسته، رابطه ساده ای بین چگالی و شدت میدان وجود ندارد. به همین خاطر برای بیان رابطه بین چگالی شار و شدت میدان مغناطیسی از منحنی مغناطیسی هسته استفاده میشود. این منحنی به جنس هسته بستگی داشته و مستقل از نوع و چگونگی سیم پیچی هسته می باشد و با تغییر دما و فرکانس جریان سیم پیچ تحریک نیز تغییر می کند.

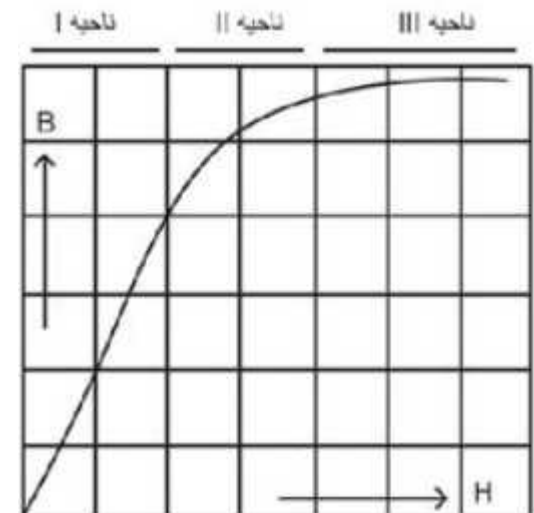
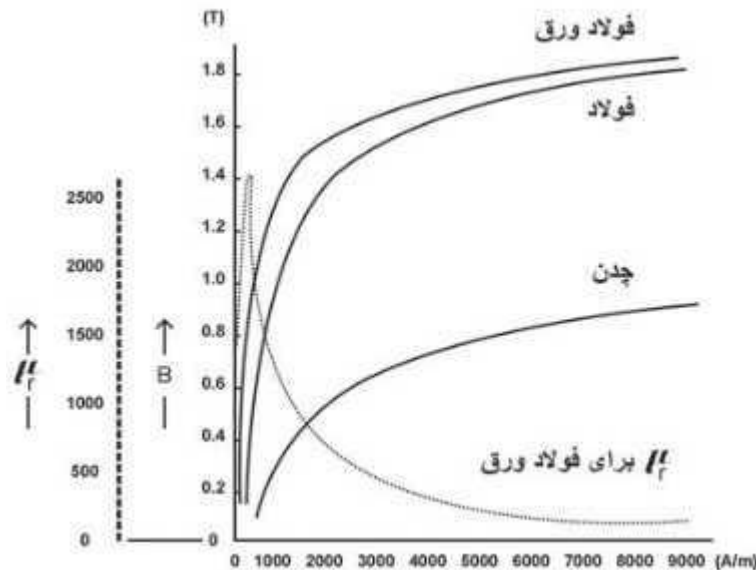
در شکل زیر، منحنی مغناطیسی هسته هایی از چدن، فولاد و فولاد ورق را مشاهده می کنید.

منحنی مغناطیسی دارای سه ناحیه است:

۱- ناحیه خطی (ناحیه ۱): در این ناحیه μ_r تقریباً ثابت است و چون $\mu_r \gg \mu_0$ می باشد با افزایش H ، B به سرعت افزایش می یابد.

۲- ناحیه زانو (ناحیه ۲): در این ناحیه μ_r نسبت به ناحیه خطی به میزان قابل ملاحظه ای کاهش می یابد اما همچنان $\mu_r > \mu_0$ است و با افزایش H ، B به آرامی افزایش می یابد.

۳- ناحیه اشباع (ناحیه ۳): در این ناحیه $\mu_r = \mu_0$ می باشد و با افزایش شدت میدان مغناطیسی، چگالی شار مغناطیسی تغییر چندانی نمی کند.



منحنی مشخصه بی باری ژنراتور تحریک مستقل

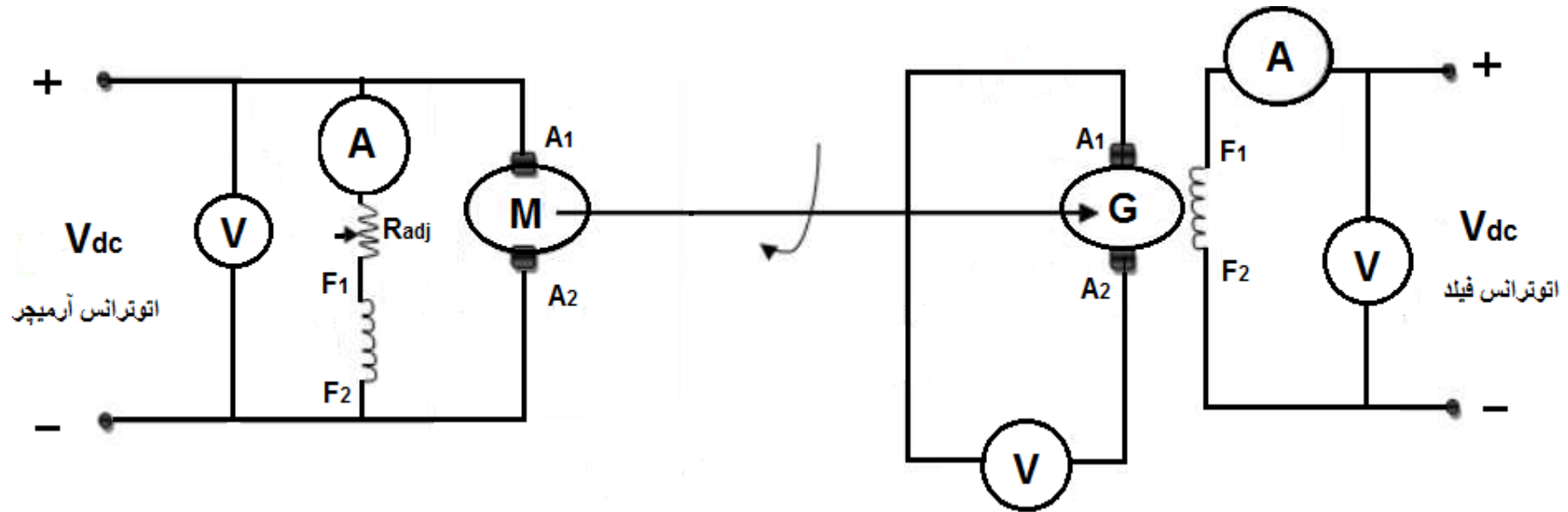
منحنی مشخصه بی باری از آزمایش بی باری به دست می آید و هدف تعیین تأثیر جریان تحریک I_F بر نیروی محرکه القایی آرمیچر E_A در سرعت ثابت است.

رابطه نیروی محرکه القایی با $E_A = K \cdot \phi \cdot \omega$ بیان می شود.

با ثابت نگه داشتن سرعت ω ، نیروی محرکه القایی E_A تابعی از فوران قطبها خواهد شد. فوران قطبها نیز تابعی از جریان تحریک I_F است. پس نیروی محرکه القایی تابعی از جریان تحریک خواهد شد.

در آزمایش بی باری، ژنراتور بدون بار می باشد و جریان سیم پیچی آرمیچر $I_A = 0$ است. لذا اثرات مغناطیسی ناشی از عکس العمل آرمیچر و کموتاسیون به وجود نمی آید.

آزمایش یک: مشخصه بی باری مولد DC تحریک مستقل



برای تحریک مولد از اتوترانس فیلد و برای موتور از اتوترانس آرمیچر استفاده کنید و آنها را روی ۰ ولت تنظیم نمایید تا جریان سیم پیچ تحریک (سیم پیچ شنت) از مقدار ۰ آمپر شروع شود.

حداکثر جریان قابل تحمل سیم پیچ شنت برابر ۰/۲ آمپر می باشد.

با زیاد کردن اتوترانس آرمیچر، دور را به آرامی به ۱۵۰۰ دور در دقیقه برسانید.

دقت کنید در تمام طول آزمایش دور باید ثابت باشد و در صورت تغییر دور در هر مرحله ابتدا دور را به ۱۵۰۰ دور در دقیقه برسانید سپس پارامترها را یادداشت نمایید.

با زیاد کردن اتوترانس فیلد جریان تحریک را به آرامی از ۰ آمپر تا ۰/۲۳ آمپر به صورت پله ای زیاد کرده و هر بار ولتاژ القا شده دو سر آرمیچر را یادداشت کرده و سپس جریان را به همان ترتیب کاهش دهید و ولتاژ القایی مسیر برگشت را نیز یادداشت کنید.

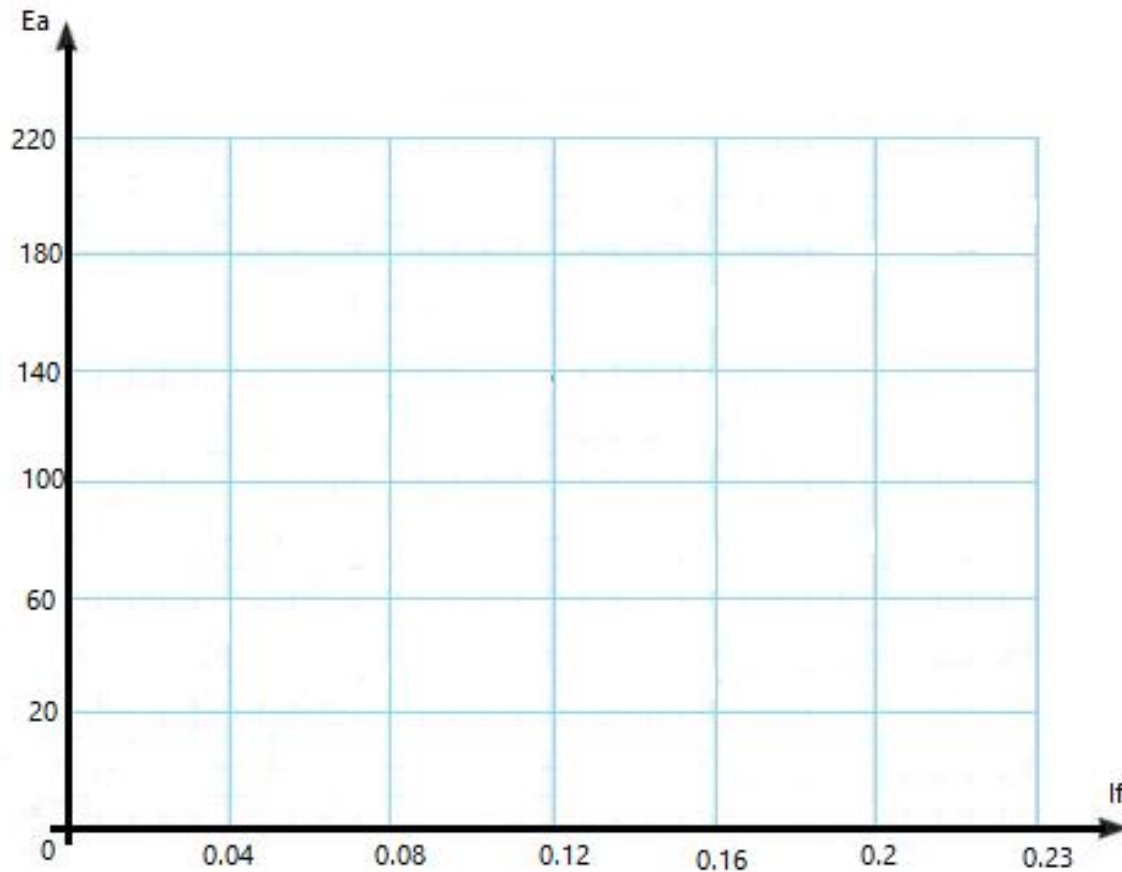
I_f	۰	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۲	۰/۲۳
E_a							

نتیجه رفت آزمایش بی باری

I_f	۰/۲۳	۰/۲	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۴	۰
E_a							

نتیجه برگشت آزمایش بی باری

منحنی رفت و برگشت بی باری



منحنی مشخصه بارگذاری ژنراتور تحریک مستقل

منحنی مشخصه بارگذاری از آزمایش بارگذاری به دست می آید و هدف تعیین تأثیر جریان بار I_L بر ولتاژ پایانه های ژنراتور V_T در سرعت ثابت و جریان تحریک I_F ثابت است.

نیروی محرکه القایی آرمیچر $E_A = K \cdot \phi \cdot \omega$ تابع سرعت و جریان تحریک است.

در آزمایش بارگذاری سرعت و جریان تحریک ثابت نگه داشته می شوند؛ لذا نیروی محرکه القایی E_A مقداری ثابت خواهد داشت.

پس با توجه به رابطه $V_T = E_A - R_A I_L$ در آزمایش بارگذاری، ولتاژ ژنراتور V_T تابع جریان بار I_L خواهد بود.

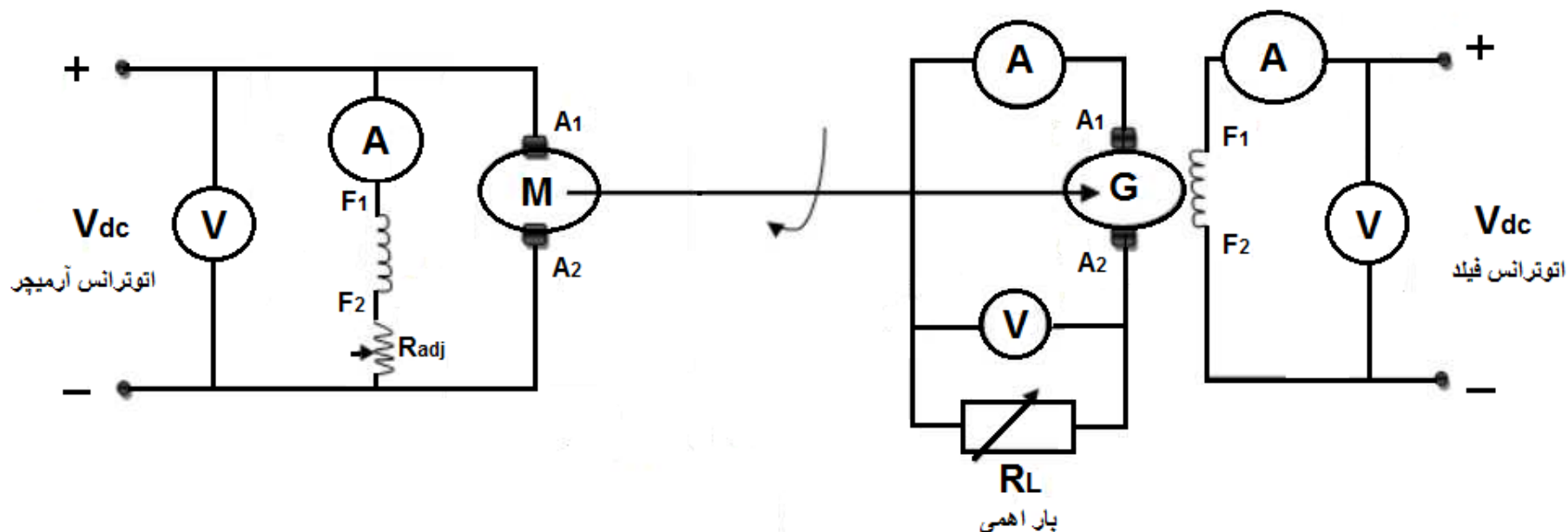
منحنی مشخصه بارگذاری نشان می دهد افزایش جریان بار I_L باعث کاهش ولتاژ ترمینال ژنراتور V_T خواهد شد. این کاهش ولتاژ را «افت ولتاژ آرمیچر» گویند و با ΔU_A نشان می دهند.

عواملی که سبب ایجاد افت ولتاژ آرمیچر ΔU_A خواهند شد عبارت است از:

۱ - مقاومت اهمی سیم پیچی آرمیچر

۲ - اثرات مغناطیسی عکس العمل آرمیچر و کموتاسیون

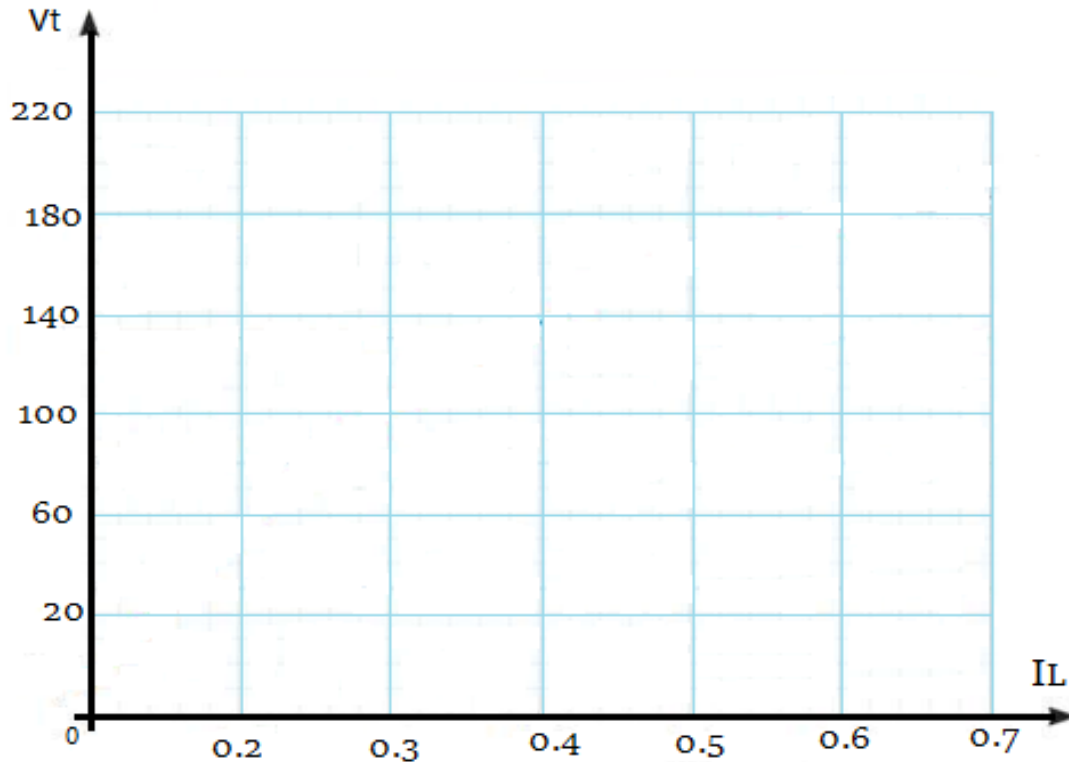
آزمایش دو : مشخصه ی خروجی مولد DC تحریک مستقل



منبع DC متغیر آرمیچر موتور و فیلد ژنراتور را روی ۰ ولت و مقاومت بار اهمی را روی MAX مقدار خود قرار دهید . ولوم اتوترانس آرمیچر را به آرامی زیاد کرده تا دور ماشین ها به ۱۵۰۰ دور در دقیقه برسد . حال اتوترانس فیلد را افزایش دهید تا ولتاژ خروجی ژنراتور به ۲۰۰ ولت برسد سپس ولتاژ خروجی ژنراتور را یادداشت نمایید . از این پس با کاهش مقاومت بار، جریان ترمینال رابه صورت پله ای افزایش دهید و ولتاژ متناظر با آن را مشاهده و یادداشت کنید دقت کنید که جریان آرمیچر از مقدار نامی خود که ۰/۹ آمپر می باشد بیشتر نشود .

نکته : در تمام طول آزمایش دور باید ثابت باشد .

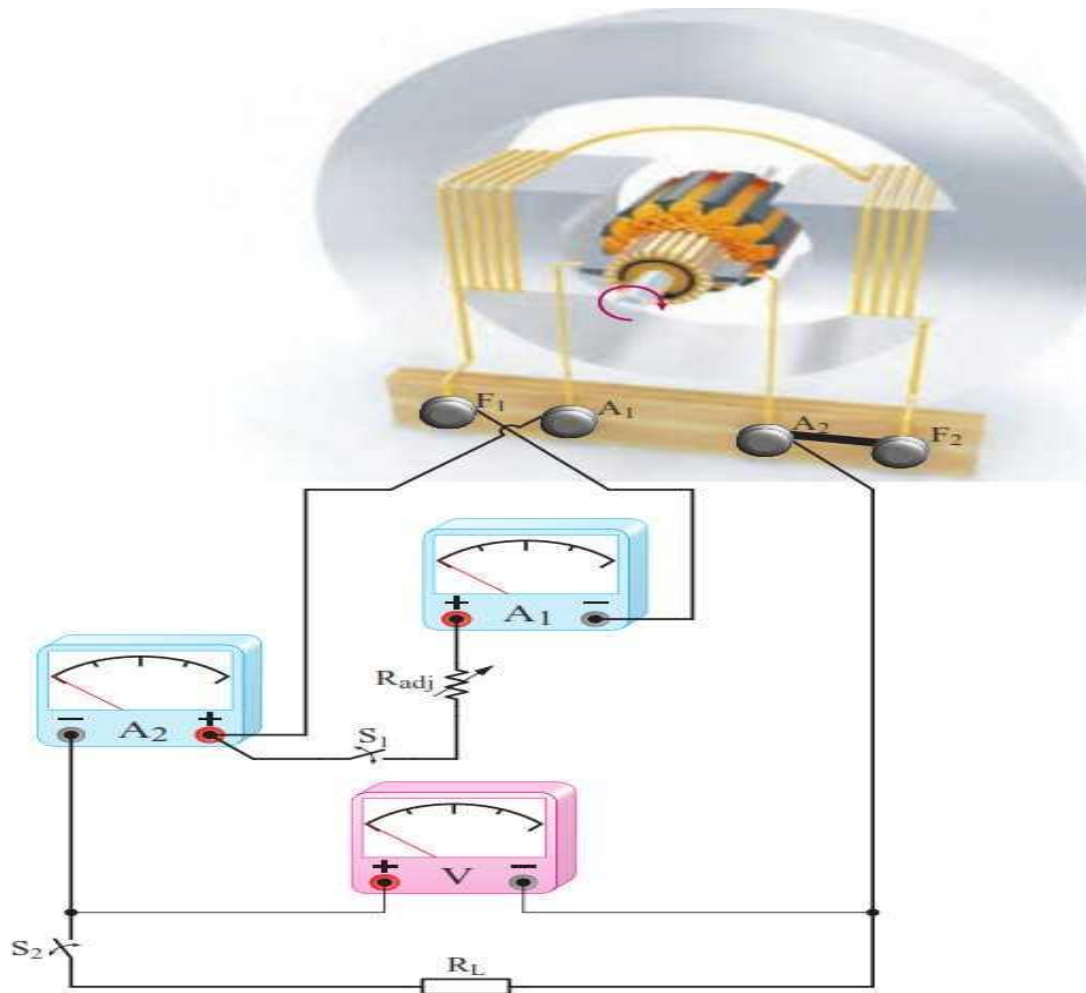
I	۰	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶
V_T						



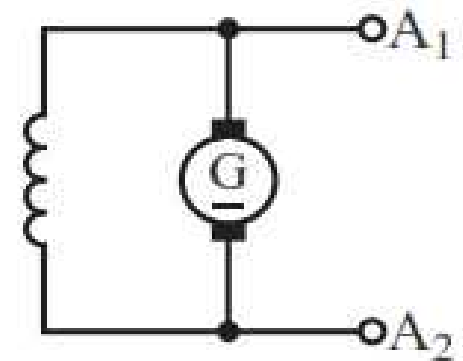
کاربرد ژنراتور تحریک مستقل

پایداری ولتاژ ژنراتور تحریک مستقل بسیار مناسب و با تغییر جریان بار تقریباً ثابت است. از ژنراتور تحریک مستقل برای شارژ باتری ها و تغذیه تحریک ژنراتورهای جریان متناوب در نیروگاه های برق استفاده شده است.

ژنراتور جریان مستقیم با تحریک شنت



طرح ساختمانی ژنراتور شنت



نقشه اختصاری ژنراتور شنت

ساز و کار مولد DC تحریک شنت :

در این مولد سیم پیچ تحریک به صورت موازی با مدار آرمیچر قرار می گیرد بنابراین جریان تحریک تابع ولتاژ خروجی (ولتاژ ضد محرک القائی) و مقاومت مدار تحریک خواهد بود. قسمت اعظم جریان آرمیچر برای مصرف کننده مورد بهره برداری قرار می گیرد و حدود ۲ تا ۳ درصد مقدار کل جریان آرمیچر به مدار تحریک اعمال می شود.

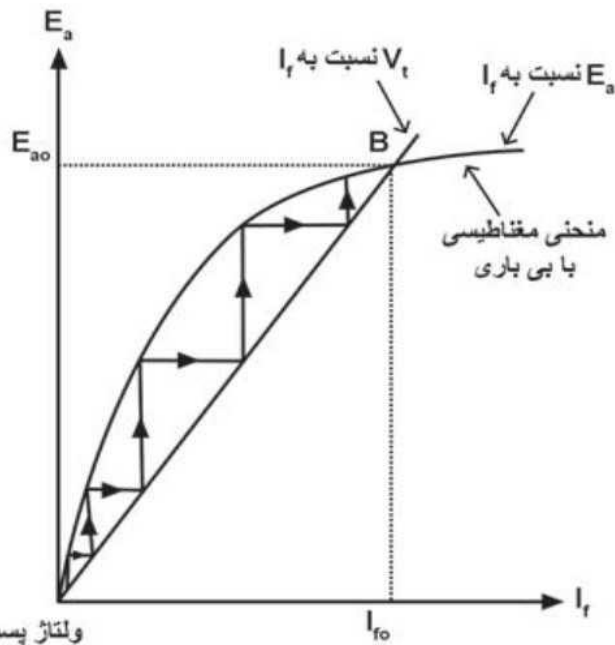
برای اینکه با جریان تحریک کم بتوان آمپر دور زیاد و قابل قبولی برای مولد تامین نمود بایستی تعداد دور سیم پیچی تحریک زیاد باشد. در نتیجه به علت افزایش تعداد دور و کاهش سطح مقطع سیم پیچ تحریک، مقاومت الکتریکی مدار تحریک زیاد می شود.

رئوستای سری شده با مدار تحریک، با محدود کردن جریان سیم پیچ تحریک از آن در مقابل ولتاژ بالای تولید شده توسط مولد حفاظت می کند. ضمناً به کمک این رئوستا می توان سطح ولتاژ تولید شده توسط مولد را کنترل نمود.

شرایط لازم برای کار مولد شنت عبارتند از:

- ۱- وجود پسماند مغناطیسی در مولد
 - ۲- سر بندی مدار تحریک و جهت چرخش آرمیچر به صورتی باشد که شار سیم پیچ شنت، پسماند مغناطیسی مولد را تقویت کند.
 - ۳- مقاومت مسیر شنت باید از مقدار خاصی موسوم به مقاومت بحرانی کمتر باشد.
 - ۴- سرعت چرخش محور مولد باید از مقدار خاصی موسوم به سرعت بحرانی بیشتر باشد.
- شروع کار مولد شنت بر اثر وجود پسماند مغناطیسی در قطب هابی باشد. هنگامی که مولد را به وسیله موتور محرک با دور نامی به گردش در می آوریم به علت قطع خطوط میدان مغناطیسی ناشی از پسماند مغناطیسی ماشین توسط هادی های آرمیچر، ولتاژی در این هادی ها القا می شود. این ولتاژ که به مدار تحریک اعمال می گردد ، جریان کمی از سیم پیچ قطب ها عبور می کند و در نتیجه سیم پیچ شنت تولید شار می کند. در اینجا دو حالت ممکن است رخ دهد:

الف) شار حاصل از سیم پیچ شنت هم جهت با شار پسماند بوده و موجب تقویت و افزایش شار کل ماشین می شود. در این صورت ولتاژ بزرگتری در سیم پیچ آرمیچر القا می شود و ولتاژ دو سر مدار تحریک بالا می رود و مجددا جریان تحریک افزایش یافته و ولتاژ بزرگتری دو سر سیم پیچ آرمیچر القا می شود. اما رفته رفته سرعت افزایش ولتاژ القایی کم می شود. در نتیجه سرعت افزایش جریان تحریک نیز کاهش می یابد. بالاخره به حالتی می رسیم که ولتاژ ترمینال برابر جریان سیم پیچ تحریک در مقاومت آن می شود. در این لحظه افزایش ولتاژ القایی به اتمام می رسد. زیرا از این به بعد اگر نیروی ولتاژ القایی بخواهد بیش از این مقدار شود، لازم است ولتاژی بیش از حد توان تولید مولد به دو سر مدار تحریک اعمال گردد.



اگر مشخصه مدار تحریک را نیز رسم کنیم، خطی به دست می آید که در نقطه ای مانند B منحنی بی باری مولد را قطع می کند. به این منحنی، منحنی القا می گویند. محل برخورد خط القا و منحنی مشخصه بی باری، عمل افزایش جریان تحریک و نیروی ضد محرکه خاتمه می یابد، زیرا خط القا از این نقطه به بعد در بالای منحنی ولتاژ ضد محرکه القایی قرار می گیرد و ولتاژ ترمینال در همین نقطه تثبیت می شود.

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، امکان ایجاد ولتاژ در پایانه های مولد از بین می رود.

ب) شار حاصل از سیم پیچ شنت در خلاف جهت شار پسماند بوده و موجب تضعیف و کاهش شار کل ماشین می شود. در این صورت پسماند ماشین از بین می رود و ولتاژ القایی صفر می شود. در صورت مشاهده چنین وضعیتی باید جهت شار تولیدی سیم پیچ شنت و یا جهت ولتاژ القایی را تغییر داد. برای اینکار می توان جای دو سر سیم پیچ شنت و یا دو سر آرمیچر را با هم عوض کرد.

منحنی مشخصه بارداری ژنراتور شنت

اگر ژنراتور را در سرعت نامی به چرخش درآوریم و جریان میدان به نحوی تنظیم گردد که ولتاژ نامی را در بی باری بدهد آنگاه با اتصال بار به مولد تغییراتی در ولتاژ خروجی خواهیم داشت.

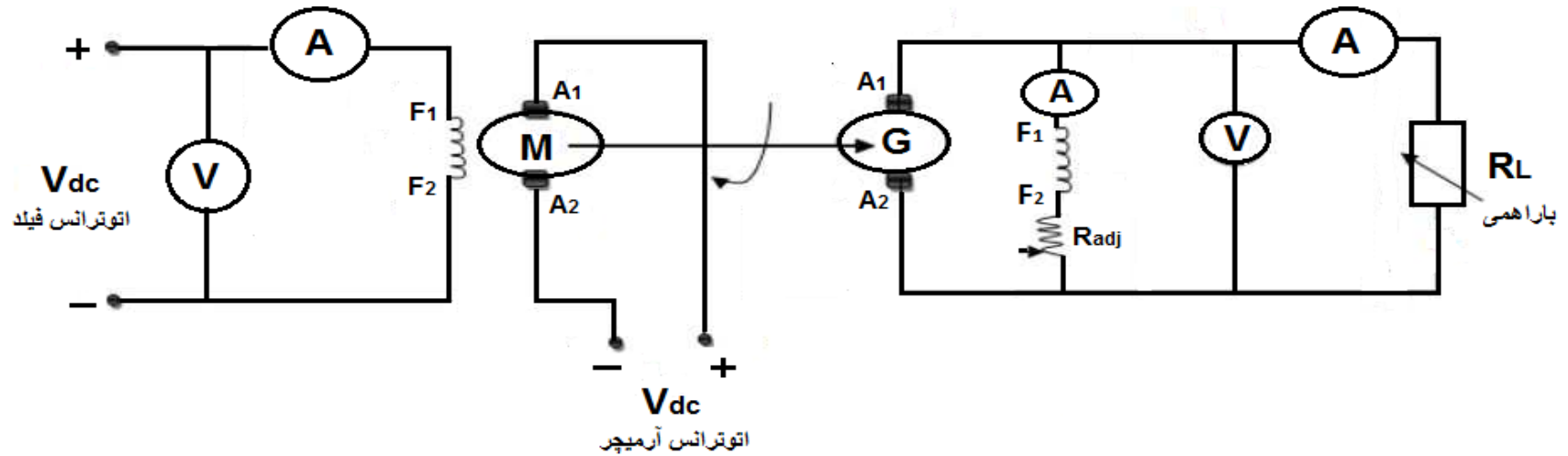
دلایل افت ولتاژ :

الف : افت ولتاژ در مقاومت آرمیچر

ب : کاهش شار اصلی در اثر عکس العمل آرمیچر

ج : کاهش جریان تحریک

آزمایش سوم : مشخصه خروجی مولد شنت



از باراهمی به عنوان بار تکفاز استفاده کنید . ولوم بار را روی ماکزیمم خود قرار دهید .

ابتدا ولوم اتوترانس فیلد را به ۲۲۰ ولت برسانید سپس به آرامی ولوم اتوترانس آرمیچر را زیاد کنید تا دور به ۱۵۰۰ دور برسد. در صورتیکه بازایاد شدن دور ولتاژ خروجی افزایش پیدا نکرد شار سیم پیچ تحریک در جهت خلاف شار

اولیه می باشد ، دور را به صفر رسانده تابلو را Stop کنید جای دوسر سیم پیچ آرمیچر یا دوسر سیم پیچ شنت را

عوض کرده و مجددا راه اندازی کنید. حال ولتاژ خروجی ژنراتور را یادداشت نمایید .

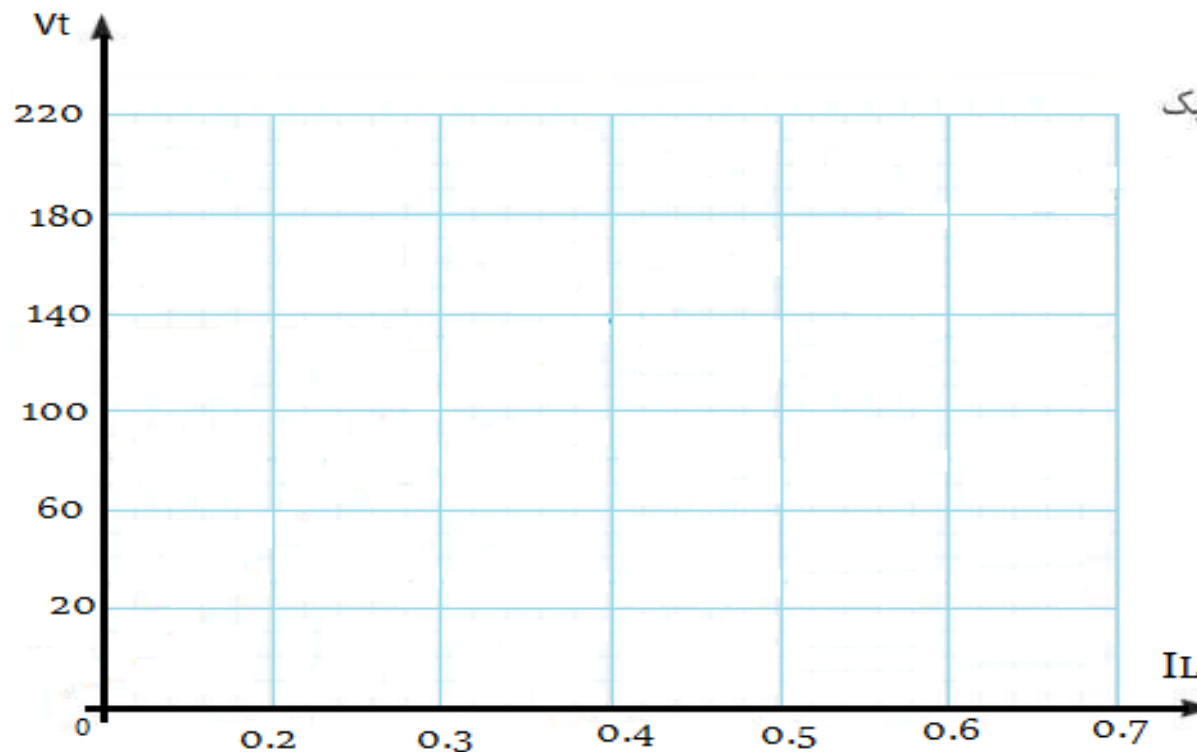
- مراقب باشید جریان تحریک از ۰/۲۳ آمپر بیشتر نشود .

- در طول آزمایش دور ماشین باید ثابت باشد.

I_T	.	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶
V_T						

کاربرد ژنراتور شنت

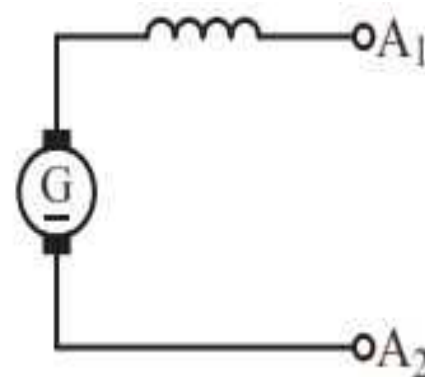
ژنراتورهای شنت در شارژ باتری ها و تغذیه تحریک ژنراتورهای نیروگاه ها کاربرد دارند.



ژنراتورهای جریان مستقیم با تحریک سری



طرح ساختمانی ژنراتور سری



نقشه اختصاری ژنراتور سری

ساز و کار مولد سری

- مولد سری نیز از انواع مولد های خود تحریک است. همانطور که از نام این مولد مشخص است سیم پیچ تحریک به صورت سری با مدار آرمیچر قرار می گیرد
- از آنجا که تعداد دور این سیم پیچ کم و سطح مقطع آن زیاد است، مقاومت آن کم است و هنگام جریان کشی از مولد افت ولتاژ ناچیزی دو سر آن ایجاد می شود. لازم به ذکر است به دلیل بالا بودن جریان سیم پیچ سری، این سیم پیچ حتی با وجود دور کم می تواند آمپر دور کافی را تامین کند.
- شرایط لازم برای کار مولد سری عبارتند از :
- ۱- وجود پسماند مغناطیسی در مولد
 - ۲- جهت جریان سیم پیچ سری و جهت چرخش مولد باید به صورتی باشد که شار سیم پیچ تحریک، پسماند مغناطیسی را تقویت کند.
 - ۳- مولد باید زیر بار راه اندازی شود.
- همانند سایر مولد های خود تحریک در صورتی که پسماند مغناطیسی در ماشین وجود نداشته باشد ولتاژی در مولد القا نمی شود.

ضمناً در صورت وجود پسماند مغناطیسی در صورتی که شار سیم پیچ سری این پسماند را تضعیف کند ولتاژ ترمینال هرگز افزایش نخواهد یافت و با افزایش بار، ولتاژ ترمینال حدود صفر می شود.

همانطور که می دانیم برای ایجاد قطب های مغناطیسی توسط سیم پیچ تحریک باید از آن جریان بگذرد. با توجه به مدار مولد سری تا زمانی که مولد به مصرف کننده الکتریکی متصل نشود و اصطلاحاً زیر بار نرود جریانی از سیم پیچ سری نخواهد گذشت. بنابراین تا زمانی که مولد زیر بار نرود شاری توسط این سیم پیچ تولید نشده و عمل ولتاژ سازی صورت نخواهد گرفت. مولد سری تنها مولدی است که حتماً باید زیر بار راه اندازی شود.

منحنی مشخصه بارداری ژنراتور تحریک سری

همانطور که می دانیم مشخصه خروجی، منحنی تغییرات ولتاژ ترمینال به ازای افزایش بار یا همان افزایش جریان ترمینال می باشد.

با افزایش جریان ترمینال، ولتاژ خروجی تحت تاثیر ۳ عامل تغییر می کند.

۱- با افزایش جریان ترمینال، افت ولتاژ دو سر مقاومت های آرمیچر و سری افزایش یافته که این امر موجب کاهش ولتاژ ترمینال می شود.

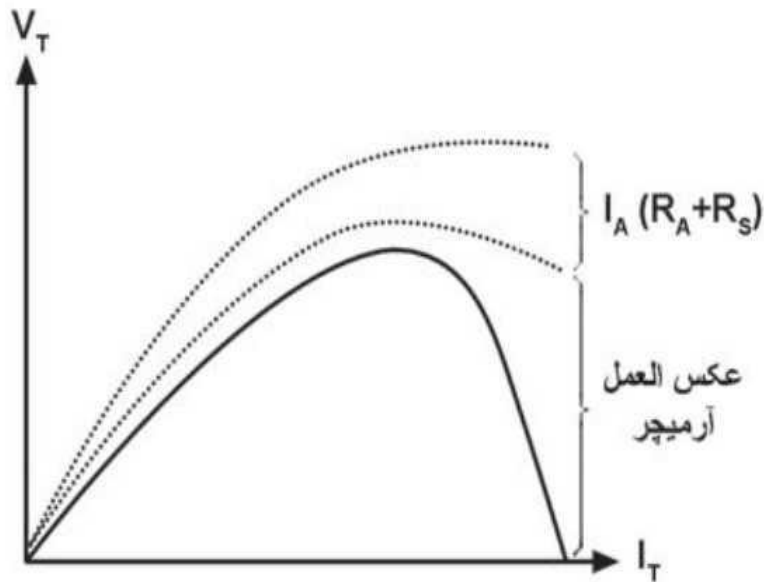
۲- با افزایش جریان ترمینال، عکس العمل مغناطیسی آرمیچر افزایش یافته که موجب کاهش ولتاژ ترمینال می شود.

۳- با افزایش جریان ترمینال جریان سیم پیچ سری و به دنبال آن شار سیم پیچ سری افزایش می یابد و چون شار سیم پیچ سری و شار پسماند هم جهت می باشند شار کل ماشین و به دنبال آن ولتاژ القایی در آرمیچر، افزایش می یابد که نتیجه آن افزایش ولتاژ خروجی مولد است.

بنابراین چگونگی تغییر ولتاژ ترمینال به دنبال افزایش جریان ترمینال، تنها با تعیین میزان تاثیر عوامل کاهنده و افزایش ولتاژ مشخص خواهد شد.

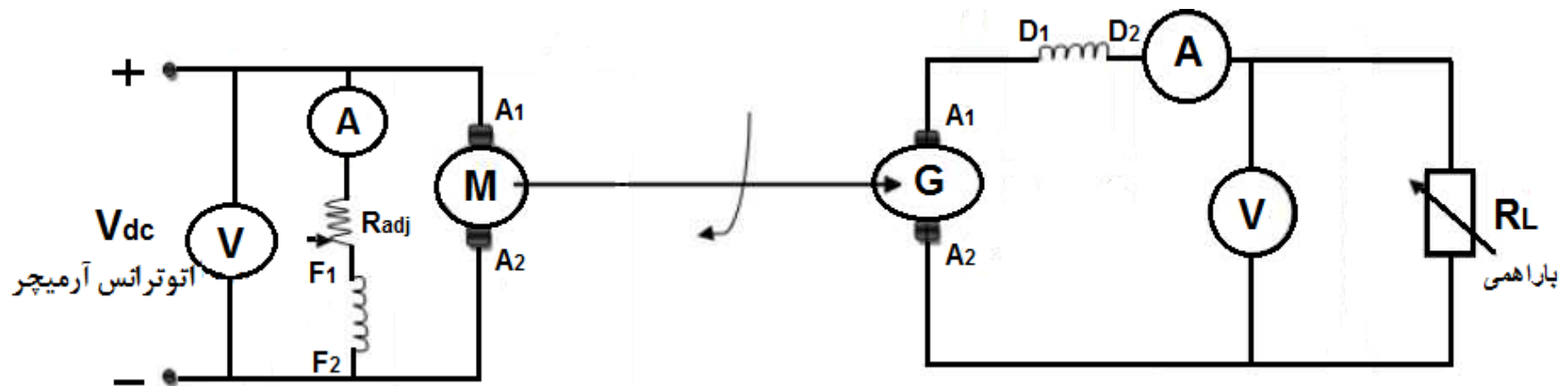
با در نظر گرفتن مشخصه اشباع هسته های مغناطیسی می توان دریافت که با افزایش جریان تحریک سیم پیچ سری، شار کل ماشین ابتدا به سرعت افزایش یافته (ناحیه خطی منحنی اشباع هسته) و پس از مدتی سرعت افزایش شار کاهش می یابد (ناحیه زانو) و بالاخره به ازای جریان خاصی هسته استاتور وارد ناحیه اشباع شده و افزایش شار ماشین متوقف می شود. بنابراین با افزایش جریان خروجی در ابتدا سیم پیچ سری تاثیر قابل ملاحظه ای بر افزایش ولتاژ دارد که این تاثیر رفته رفته کم شده و با ورود هسته به ناحیه اشباع از بین می رود.

بنابراین تا زمانی که هسته مولد در ناحیه خطی است افزایش بار منجر به افزایش ولتاژ ترمینال می شود اما با ورود هسته به ناحیه زانو ولتاژ ترمینال تقریباً ثابت می شود. با ورود هسته به ناحیه اشباع عوامل کاهنده ولتاژ بر عامل افزایشده غلبه کرده و از آن پس با افزایش بار، ولتاژ ترمینال کاهش می یابد. طبق آنچه گفته شد انتظار می رود مشخصه خروجی مولد سری به صورت زیر باشد.



همانطور که در شکل ملاحظه می کنید ولتاژ خروجی مولد سری شدیداً تحت تاثیر بار آن می باشد به همین دلیل این ماشین کمتر کاربرد ژنراتوری داشته و تنها در موارد خاصی برای جبران افت ولتاژ خط از آن استفاده می شود.

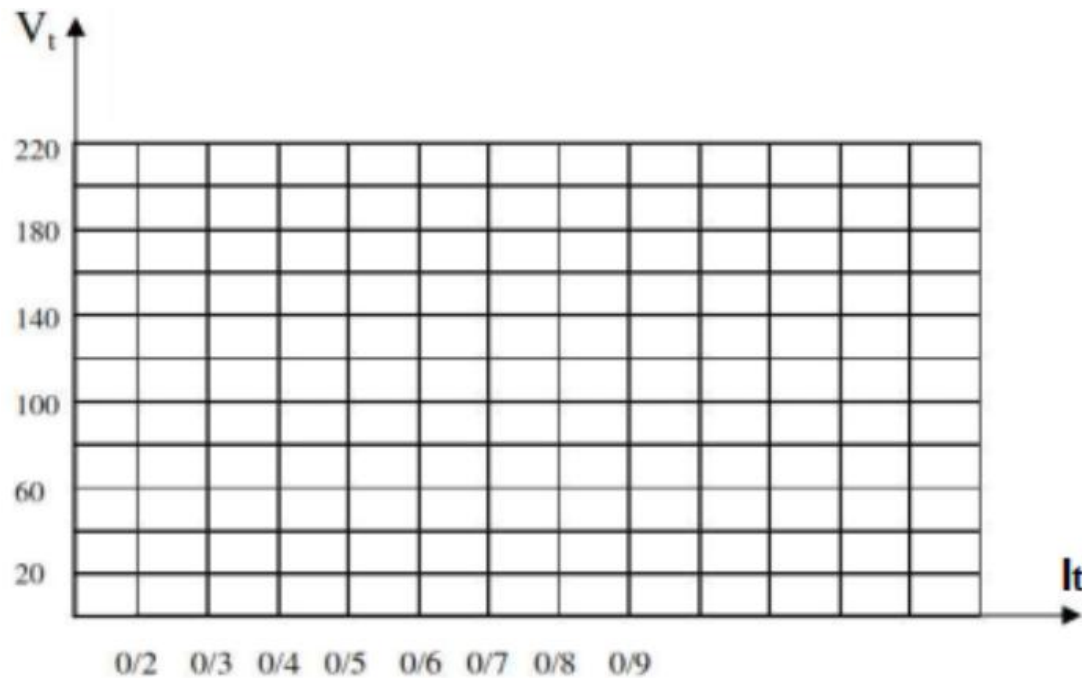
آزمایش چهارم : بدست آوردن مشخصه خروجی مولد تحریک سری



درحالی که مقاومت بار روی ماکزیمم خود قرار دارد محرک مکانیکی را راه اندازی کنید تا دور آن به دور نامی برسد . مقاومت بار را به آرامی کاهش دهید در صورتی که ولتاژ ترمینال کاهش یافت باید دستگاه را خاموش کرده و جای دو سر سیم پیچ سری را با هم عوض کنید. اما چنانچه با کاهش مقاومت بار ولتاژ ترمینال افزایش یافت یعنی سربندی به شکل مطلوب انجام گرفته و نیازی به تغییر دادن مدار مولد نیست .

حال با کاهش مقاومت بار جریان ترمینال را با آرامی از حداقل مقدار آن تا ۰/۹ آمپر افزایش دهید و جدول را کامل کنید .

I_T	حدود صفر	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۰/۹
V_T						

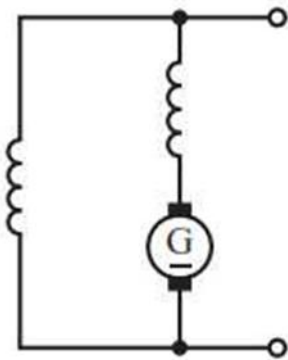


ژنراتورهای جریان مستقیم با تحریک کمپوند



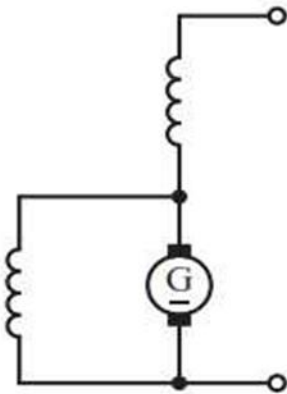
استاتور دارای قطب های برجسته می باشد.
بر روی قطب ها دو سیم پیچی تحریک قرار داده
شده است.

فوران قطب ها از ترکیب فوران هر دو سیم پیچی تحریک
به دست خواهد آمد.



اگر سیم پیچی آرمیچر ابتدا با سیم پیچی تحریک
سری و سپس به سیم پیچی تحریک شنت ارتباط
داده شود، ژنراتور را «کمپوند با شنت بلند» می نامند.

نقشه اختصاری ژنراتور کمپوند با شنت بلند

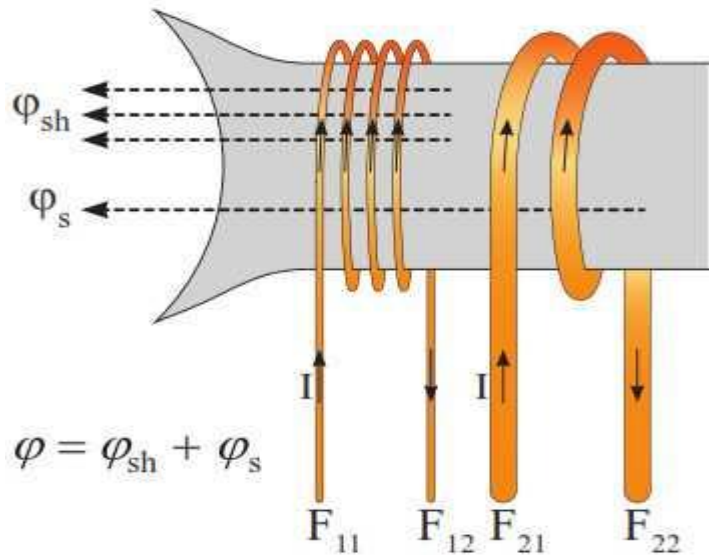


اگر سیم پیچی آرمیچر ابتدا با سیم پیچی تحریک
شنت و سپس به سیم پیچی تحریک سری ارتباط
داده شود ژنراتور را «کمپوند با شنت کوتاه» می نامند.

نقشه اختصاری ژنراتور کمپوند با شنت کوتاه

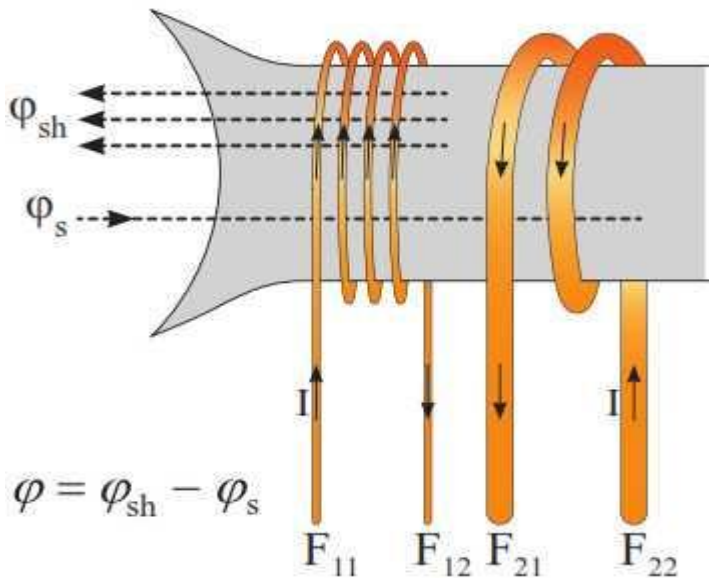
ژنراتور کمپوند اضافی

اگر سیم پیچی های تحریک شنت و سری به گونه ای با مدار سیم پیچی آرمیچر ارتباط داده شوند تا جریان آنها هم جهت باشد به طوری که فوران ناشی از سیم پیچی تحریک سری ϕ_s به فوران ناشی از سیم پیچی تحریک شنت ϕ_{sh} اضافه شود در این صورت ژنراتور را «کمپوند اضافی» گویند.



ژنراتور کمپوند نقصانی

اگر سیم پیچی تحریک شنت و سری به گونه ای با مدار سیم پیچی آرمیچر ارتباط داده شوند تا جریان آنها هم جهت نباشد به طوری که فوران ناشی از سیم پیچی تحریک سری ϕ_s از فوران ناشی از سیم پیچی تحریک شنت ϕ_{sh} کم شود، در این صورت ژنراتور را «کمپوند نقصانی» گویند.



مولد های کمپوند اضافی نیز خود به سه نوع زیر کمپوند، کمپوند تخت و فوق کمپوند تقسیم می شوند.

- مولد زیر کمپوند: در این مولد با افزایش بار، ولتاژ ترمینال کاهش می یابد اما مقدار آن کمتر از افت ولتاژ مولد شنت به ازای همان میزان تغییر بار است.

- مولد کمپوند تخت: در این مولد با افزایش بار، ولتاژ ترمینال تقریباً ثابت می ماند. در این مولد افت ولتاژ ناشی از مقاومت اهمی و عکس العمل آرمیچر، با افزایش نیروی محرکه ناشی از سیم پیچ سری، جبران می شود.

- مولد فوق کمپوند: در این مولد افزایش نیروی محرکه مغناطیسی ناشی از سیم پیچ سری بزرگتر از افت ولتاژ ناشی از مقاومت و عکس العمل مغناطیسی آرمیچر است در نتیجه با افزایش بار، ولتاژ ترمینال هم افزایش می یابد.

شرایط کار و راه اندازی مولد های کمپوند عبارتند از :

۱- وجود پسماند مغناطیسی در مولد

۲- سر بندی مدار تحریک و جهت چرخش آرمیچر به صورتی باشد که شار سیم پیچ شنت پسماند مغناطیسی مولد را تقویت می کند.

۳- مقاومت مدار شنت باید از مقدار خاصی موسوم به مقاومت بحرانی کمتر باشد.

۴- سرعت چرخش محور مولد باید از مقدار خاصی موسوم به سرعت بحرانی بیشتر باشد.

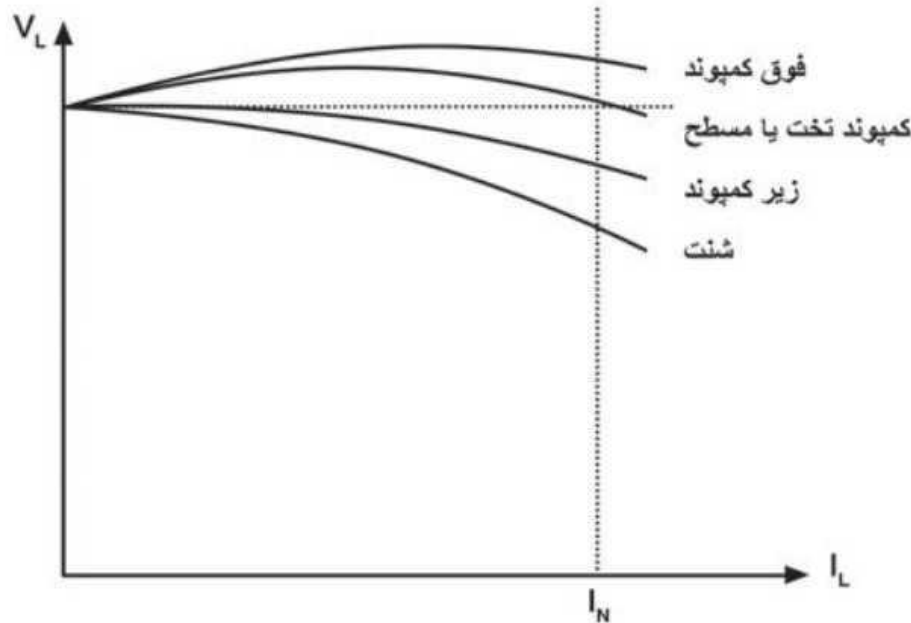
ساز و کار و مشخصه خروجی مولد کمپوند :

چون مولد از نوع خود تحریک است نیاز به پسماند مغناطیسی دارد تا به کمک این پسماند بتواند ولتاژ اولیه ای تولید و توسط آن جریان تحریک را تامین کند. اما در صورتی که شار حاصله از سیم پیچ شنت در خلاف جهت پسماند مغناطیسی باشد ولتاژ ترمینال صفر شده و مولد به شرایط کار نامی نمی رسد. همینطور اگر سرعت چرخش محور مولد از سرعت بحرانی کمتر و یا مقاومت مدار تحریک از مقاومت بحرانی بیشتر باشد نقطه کاری برای ولتاژ ترمینال و جریان تحریک ایجاد نشده و مولد به شرایط کار نامی نخواهد رسید.

چون تعداد دور سیم پیچ سری بسیار کم است با جریان هایی در حد و اندازه جریان تحریک سیم پیچ شنت شار قابل ملاحظه ای تولید نمی کند از این رو سیم پیچ سری در راه اندازی مولد نقش بارزی از خود نشان نمی دهد و مولد دقیقاً شبیه یک مولد شنت راه انداز می شود.

اما هنگامی که مولد زیر بار می رود به علت جریان قابل ملاحظه ای که از مدار آرمیچر و سیم پیچ سری عبور می کند، شار سیم پیچ سری به شدت افزایش می یابد. در این شرایط اگر مولد کمپوند اضافی باشد افزایش شار سیم پیچ سری افت ولتاژ ناشی از افت اهمی و عکس العمل مغناطیسی آرمیچر را جبران می کند و چنانچه مولد از نوع کمپوند نقصانی باشد افزایش شار سیم پیچ سری، هم سو با عوامل کاهش دهنده ولتاژ ترمینال خواهد بود.

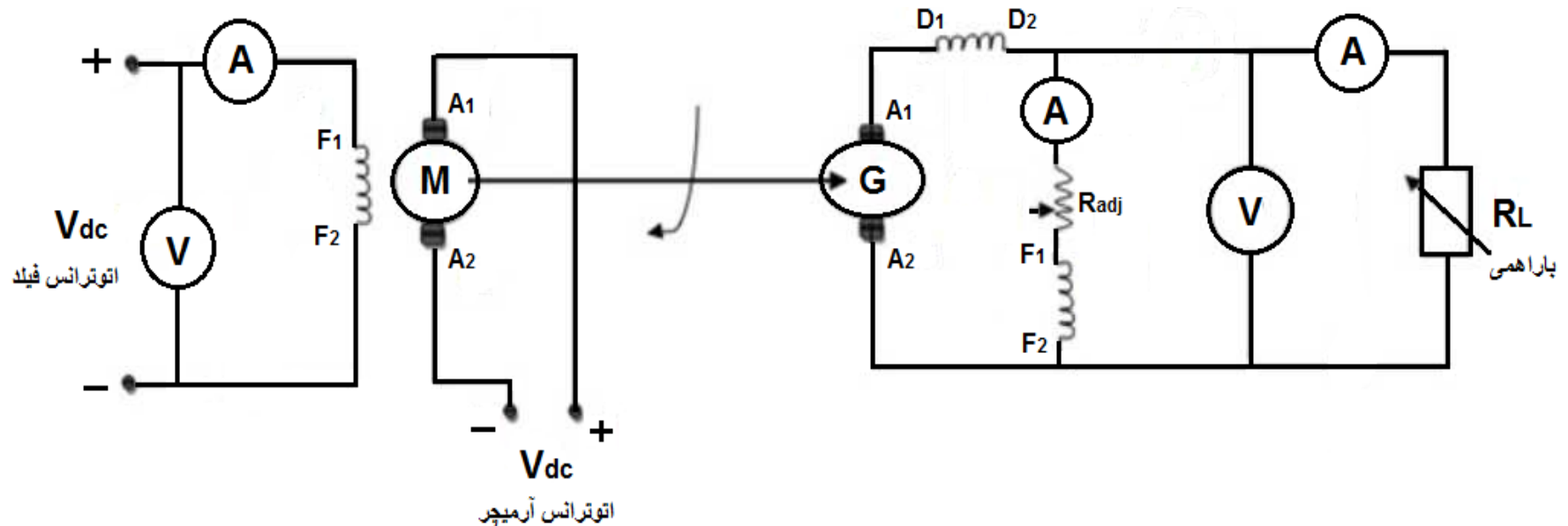
مشخصه خروجی انواع مولد کمپوند اضافی



کاربرد مولد کمپوند: مولد کمپوند اضافی در تحریک مولد های نیرو گاهی نقش موثری دارد. از مولد های کمپوند تخت، جایی استفاده می شود که نیاز به ولتاژ ثابتی باشد و فاصله بین مولد و مصرف کننده کم باشد. از مولد کمپوند اضافی در حالت فوق کمپوند، در مواردی استفاده می شود که بایستی ولتاژ بار ثابت باشد ولی به علت وجود فاصله بین مولد و مصرف کننده در خطوط انتقال افت ولتاژ به وجود می آید. در این حالت افزایش ولتاژ خروجی مولد، افت ولتاژ خط را جبران می کند و به مصرف کننده ولتاژ ثابتی می رساند.

از مولد های کمپوند نقصانی در جوشکاری استفاده می شود.

آزمایش پنج : بدست آوردن مشخصه خروجی مولد کمپوند اضافی



از سرهای $D1, D2$ برای سیم پیچ سری استفاده نمائید.

قبل از شروع آزمایش باید مطمئن شد که:

۱- جهت چرخش و جهت جریان سیم پیچ شنت در جهت تقویت پسماند ماشین باشد.

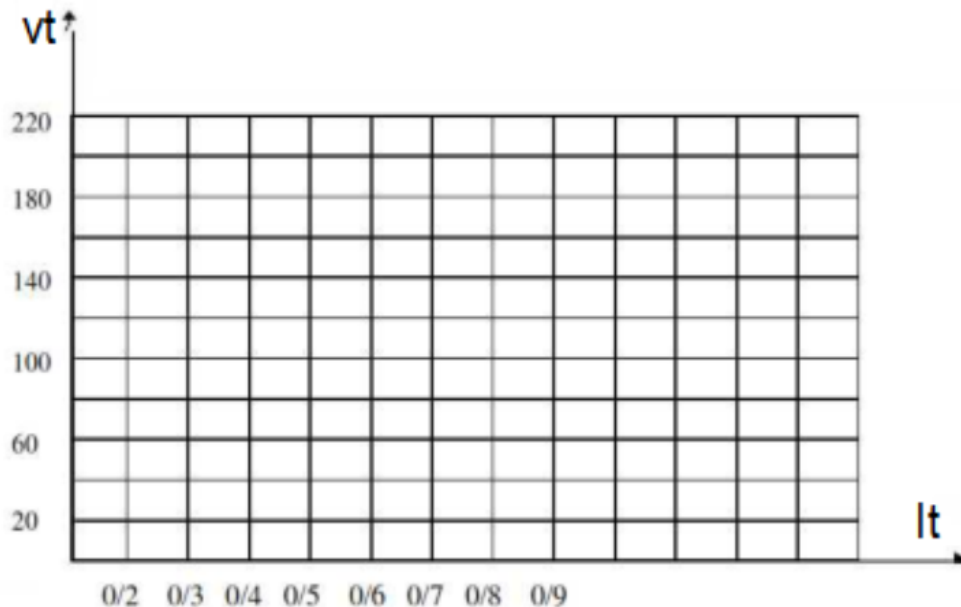
۲- مولد کمپوند اضافی باشد.

برای حصول اطمینان از تقویت پسماند مغناطیسی توسط شار تولیدی سیم پیچ شنت ، دو سر سیم پیچ سری را به کمک یک تکه سیم اتصال کوتاه کرده و در حالی که مدار بدون بار می باشد (ولوم بار اهمی روی حداکثر) محرک مکانیکی را راه اندازی کنید و دور آن را به دور نامی برسانید. در صورتی که ولتاژ ترمینال افزایش پیدا نکرد یعنی شار سیم پیچ شنت در جهت تضعیف پسماند مغناطیسی ماشین است و باید پس از خاموش کردن دستگاه ، جای دو سر سیم پیچ شنت را با یکدیگر عوض کنید.

اما برای مطمئن شدن از اضافی بودن مولد همانند مرحله قبل سیم پیچ سری را اتصال کوتاه کنید و در حالی که مدار بدون بار می باشد محرک مکانیکی را راه اندازی کنید و دور آن را به دور نامی برسانید. حال مقدار بسیار کمی بار وارد مدار کنید (در حدی که جریان خروجی ژنراتور 0.4 آمپر شود) در این لحظه با احتیاط سیمی را که سیم پیچ سری را اتصال کوتاه کرده از جای خود خارج کنید. در صورتی که مولد کمپوند اضافی باشد ولتاژ ترمینال افزایش و در صورتی که مولد نقصانی باشد ولتاژ ترمینال کاهش خواهد یافت . در صورتی که مولد نقصانی بود با جا به جا کردن دو سر سیم پیچ سری، آن را به کمپوند اضافی تبدیل کنید.

پس از بستن مدار مولد و حصول اطمینان از تقویت شار و اضافی بودن مولد ، در حالی که مقاومت بار روی مقدار ماکزیمم خود قرار دارد محرک مکانیکی را راه اندازی کنید و دور آن را به دور نامی برسانید. پس از ثابت شدن ولتاژ آن را یادداشت نمایید. سپس با کم کردن مقاومت بار جریان خروجی را به آرامی افزایش دهید و جدول زیر را کامل کنید.

نکته: در طول آزمایش دور ماشین باید ثابت باشد. در صورت کم شدن دور ابتدا دور را ثابت کنید و سپس پارامترها را یادداشت نمایید.

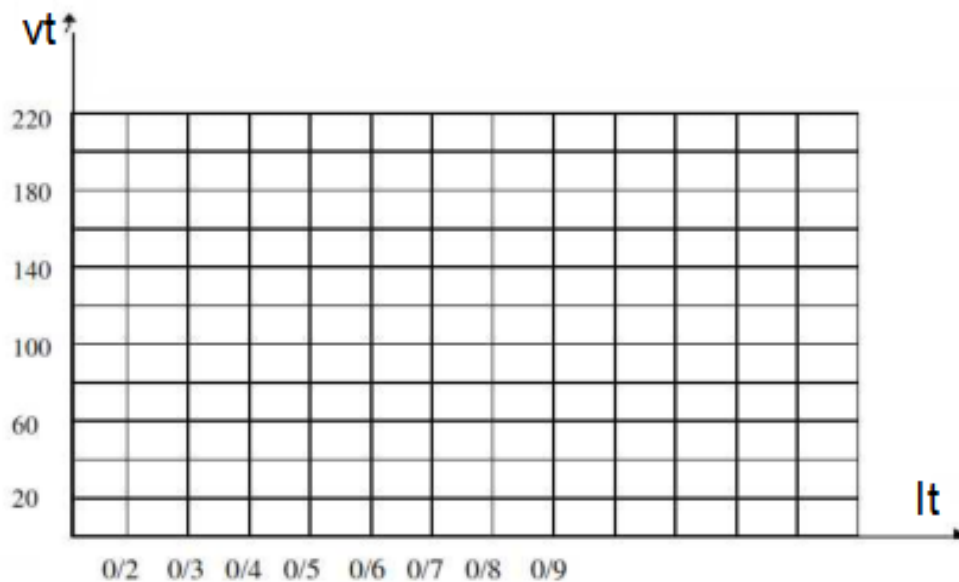


I_T	۰	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶
V_T						

منحنی خروجی مولد کمپوند اضافی

بدست آوردن مشخصه خروجی مولد کمپوند نقصانی

در مدار آزمایش قبل جای دو سر سیم پیچ سری را عوض کرده و آزمایش را تکرار کنید.



I_T	۰	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶
V_T						

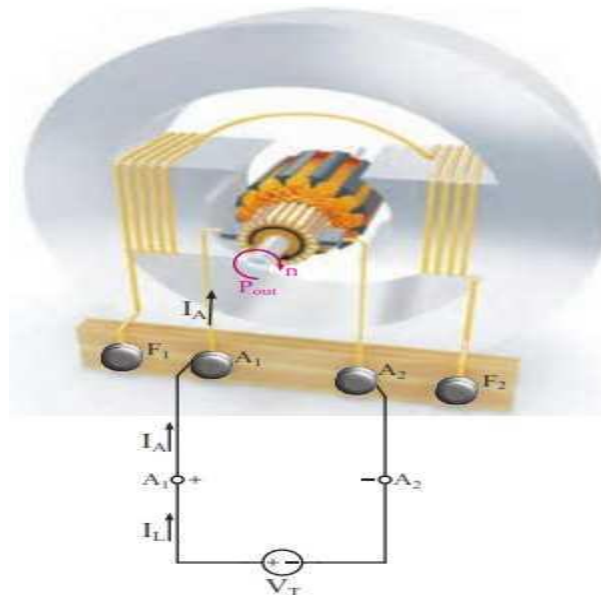
منحنی خروجی مولد کمپوند نقصانی

موتورهای جریان مستقیم

موتورهای جریان مستقیم به ماشین هایی گفته می شود که سیستم الکتریکی آنها جریان مستقیم است و انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کنند.

ویژگی موتورهای جریان مستقیم تنوع آنها است که با ترکیب های متنوع در مدار تحریک آنها می توان مشخصه های گشتاور - دور گوناگونی به دست آورد.

علاوه بر مواردی چون گشتاور زیاد، امکان کنترل سرعت خوب، موتورهای جریان مستقیم ساختمان محکم دارند و در مقابل لرزش مقاوم هستند.



طرح ساختمانی موتور جریان مستقیم

گشتاور موتورهای جریان مستقیم

گشتاور آرمیچر موتورهای جریان مستقیم ناشی از جاری شدن جریان در سیم پیچی آرمیچر واقع در میدان مغناطیسی قطب های استاتور است. با عبور جریان از سیم پیچی آرمیچر I_A ، از طرف فوران مغناطیسی میدان قطب های استاتور ϕ به هادی های حامل جریان سیم پیچی آرمیچر نیروی مغناطیسی وارد می شود. این نیرو حول محور رتور گشتاور آرمیچر T_A ایجاد می نماید.

$$T_A = K \phi I_A$$

با ایجاد گشتاور، سیم پیچی آرمیچر شروع به گردش در فوران مغناطیسی قطب های استاتور می کند و در آن $\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ پدید آمده و طبق قانون القای الکترومغناطیسی فاراده نیروی محرکه E_A در سیم پیچی آرمیچر القا می شود.

$$E_A = K \cdot \phi \cdot \omega$$

مقدار ضریب K از رابطه ی $K = \frac{T_A}{\phi I_A} = \frac{E_A}{\phi \omega}$ به دست می آید.

گشتاور آرمیچر T_A از رابطه $T_A = \frac{E_A I_A}{\omega}$ قابل محاسبه است.

پدیده مهار گسستگی در موتورهای جریان مستقیم

افزایش سرعت موتورهای جریان مستقیم در اثر کاهش فوران مغناطیسی قطبها را «مهار گسستگی» گویند.

بر اساس نیروی محرکه القایی آرمیچر سرعت از رابطه $\omega = \frac{E_A}{K \cdot \phi}$ تعیین می شود

اگر در اثر افزایش مقاومت مدار تحریک، جریان سیم پیچی تحریک I_F کاهش یابد فوران مغناطیسی قطبها ϕ کم می شود و طبق رابطه $T_A = K \cdot \phi \cdot I_A$ گشتاور آرمیچر کاهش می یابد.

در این صورت اگر موتور بار داشته باشد، از حرکت می ایستد و جریان سیم پیچی آرمیچر افزایش می یابد و به آن آسیب خواهد رسید.

در صورتی که موتور بدون بار باشد کاهش فوران طبق رابطه $\omega = \frac{E_A}{K \cdot \phi}$ منجر به افزایش سرعت

می شود و مهار گسسته خواهد شد و به یاتاقانها آسیب می رسد؛ هم چنین در اثر افزایش جریان به سیم پیچی آرمیچر آسیب می رسد.

مشخصات موتورهای جریان مستقیم

- ۱- **مشخصه الکترومغناطیسی** : این مشخصه چگونگی تغییرات گشتاور موتور، بر حسب جریان آرمیچر آن را بیان می کند. از این مشخصه می توان نتیجه گرفت که برای تامین گشتاورهای مختلف توسط موتور چه مقدار جریان توسط آرمیچر آن از شبکه دریافت می شود.
- ۲- **مشخصه الکترومکانیکی**: این مشخصه چگونگی تغییرات دور موتور بر حسب جریان آرمیچر را مشخص می کند. این مشخصه نشان می دهد که در بارهای مختلف، دور موتور چگونه تغییر می کند.
- ۳- **مشخصه گشتاور - سرعت** : با حذف جریان آرمیچر در مشخصه های فوق رابطه مستقیمی بین گشتاور و دور بدست می آید که مشخصه گشتاور - سرعت نامیده می شود. این مشخصه چگونگی تغییرات دور موتور را به ازای تغییرات بار مکانیکی آن مشخص می کند. از میان مشخصه های فوق، این مشخصه از همه مهمتر می باشد.

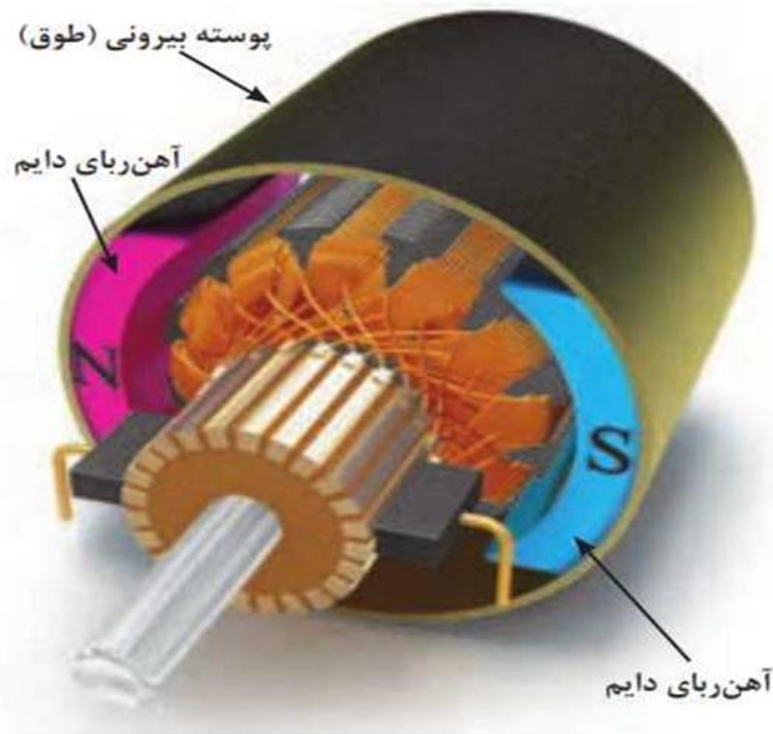
طبقه بندی موتورهای جریان مستقیم

- ۱ - موتورهای جریان مستقیم با آهنربای دائم
- ۲ - موتورهای جریان مستقیم با تحریک مستقل
- ۳ - موتورهای جریان مستقیم با تحریک شنت
- ۴ - موتورهای جریان مستقیم با تحریک سری
- ۵ - موتورهای جریان مستقیم با تحریک کمپوند

موتورهای جریان مستقیم با آهنربای دائم

موتورهای جریان مستقیم با آهنربای دائم PMDC یک موتور DC است که قطب های آن از آهنربای دائم ساخته شده است. این موتورها با حجم کوچک و توان کم دارای گشتاور مناسبی هستند و بسیار استفاده می شوند.





طرح ساختمانی موتور DC با آهنربای دایم

پوسته بیرونی یا طوقه از جنس آلیاژ آلومینیمی یا فلزاتی دیگر است و آهنرباهای دایم که همان قطبها هستند را نگه می دارد. رتور نیز مانند دیگر ماشین های DC، شیارهایی برای سیم پیچی دارد و شامل یک کموتاتور و چند جاروبک است.

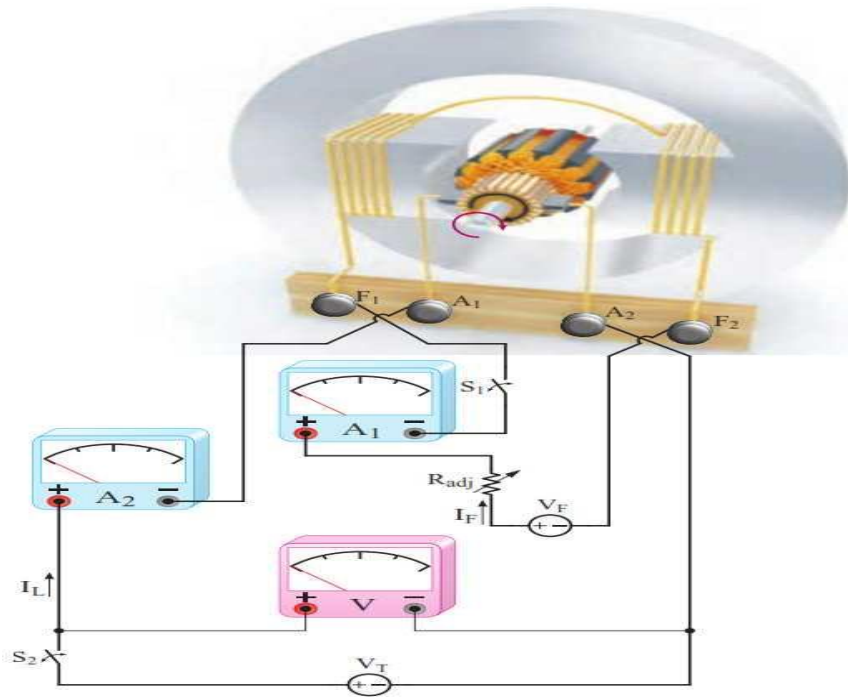
موتورهای DC با آهنربای دایم PMDC به جای سیم پیچی تحریک دارای آهنربای دایم هستند و ساختمان ساده تری دارند. عدم نیاز به تحریک خارجی برای تولید میدان مغناطیسی و نبود تلفات تحریک نیز از مزایای آنها به شمار می آید. از طرف دیگر تضعیف میدان مغناطیس آهنرباهای دایم در اثر عکس العمل آرمیچر و عدم کنترل بر میدان مغناطیسی قطبها از معایب موتورهای DC با آهنربای دایم است.

موتورهای جریان مستقیم با تحریک مستقل

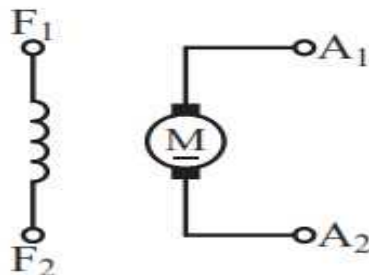
موتورهای جریان مستقیم با تحریک مستقل را «موتور تحریک جداگانه» نیز می گویند.

در موتور تحریک مستقل ارتباط الکتریکی بین مدار آرمیچر با مدار تحریک وجود ندارد.

سیم پیچی تحریک با تعداد دور زیاد برای جریان کم به دور قطب ها پیچیده شده است. سیم پیچی تحریک توسط منبع ولتاژ V_F تغذیه می شود. برای تغییر و تنظیم جریان تحریک از مقاومت متغیر سری با سیم پیچی تحریک استفاده شده است. این مقاومت را «مقاومت تنظیم کننده جریان تحریک» می نامند و با R_{adj} نشان می دهند.



طرح ساختمانی موتور تحریک مستقل



علامت اختصاری موتور تحریک مستقل

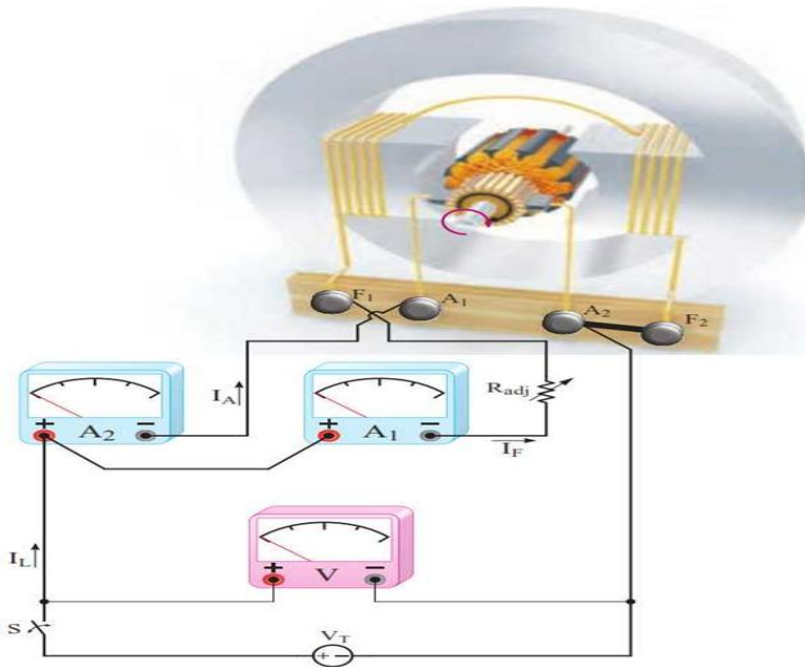
موتورهای جریان مستقیم با تحریک شنت

موتورهای جریان مستقیم با تحریک شنت را به اختصار «موتور شنت» گویند.

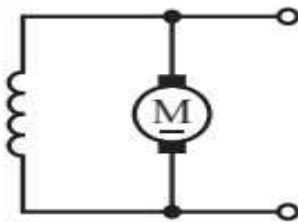
سیم پیچی تحریک با تعداد دور زیاد برای جریان کم به دور قطبها پیچیده شده است. سیم پیچی تحریک با سیم پیچی آرمیچر به صورت موازی ارتباط داده شده است. برای تغییر و تنظیم جریان تحریک، مقاومت تنظیم کننده جریان تحریک R_{adj} در مدار تحریک قرار داده شده است.

نتایج حاصل از آزمایش بارداری در موتورهای شنت دقیقاً شبیه به موتور تحریک مستقل می باشد.

بنابراین مشخصه های الکترومکانیکی، الکترومغناطیسی و گشتاور - سرعت موتور تحریک مستقل برای موتور تحریک موازی نیز صادق است.



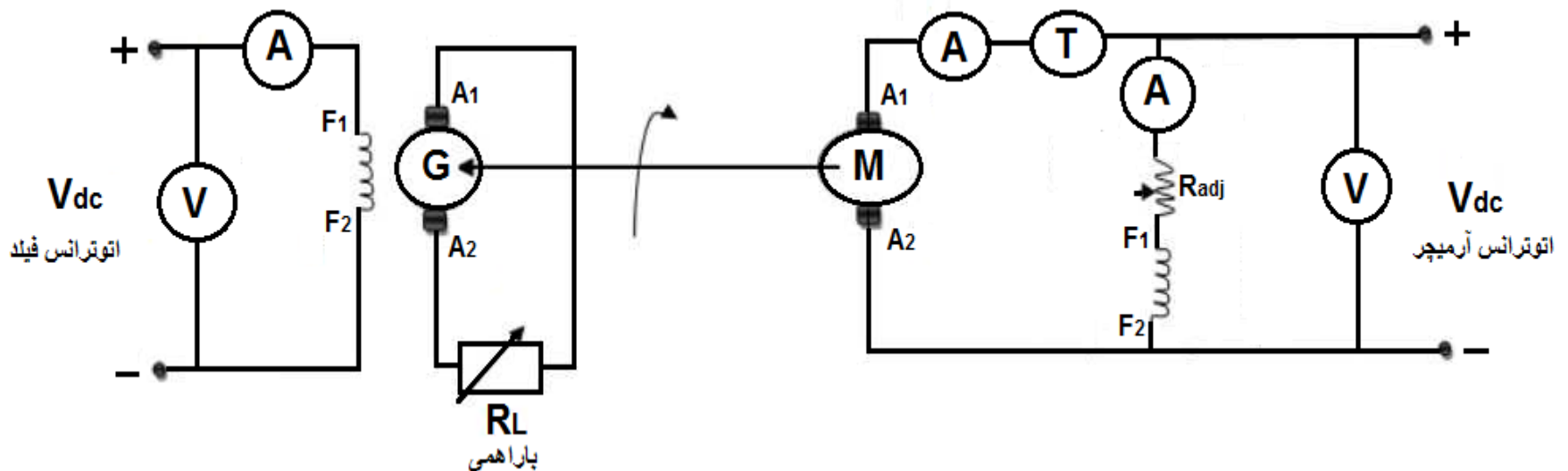
طرح ساختمانی موتور شنت



علامت اختصاری موتور شنت

در واقع در موتور تحریک مستقل از دو منبع برای تغذیه مدار آرمیچر و تحریک استفاده می شود در حالی که در موتور شنت از یک منبع برای تغذیه مدار آرمیچر و تحریک استفاده شده است. از آنجایی که در هر دو موتور جریان آرمیچر I_A و جریان تحریک I_F ارتباطی با یکدیگر پیدا نمی کنند باعث می شود موتور شنت رفتاری شبیه به رفتار موتور مستقل از خود داشته باشد و منحنی مشخصه های یکسان باشد.

آزمایش ششم: موتورهای DC تحریک مستقل و شنت



برای انجام آزمایش منحنی مشخصه های الکترومکانیکی، الکترومغناطیسی و گشتاور - سرعت پس از راه اندازی موتور ضمن ثابت نگه داشتن ولتاژ موتور V_T گشتاور بار را طی چند مرحله افزایش دهید و در هر مرحله سرعت رتور را توسط دورسنج و جریان آرمیچر را توسط آمپر متر و گشتاور بار را توسط گشتاورسنج^۱ اندازه گیری و نتایج را در جدولی یادداشت نمایید. مراحل آزمایش را تا رسیدن جریان آرمیچر به مقدار نامی ادامه دهید.

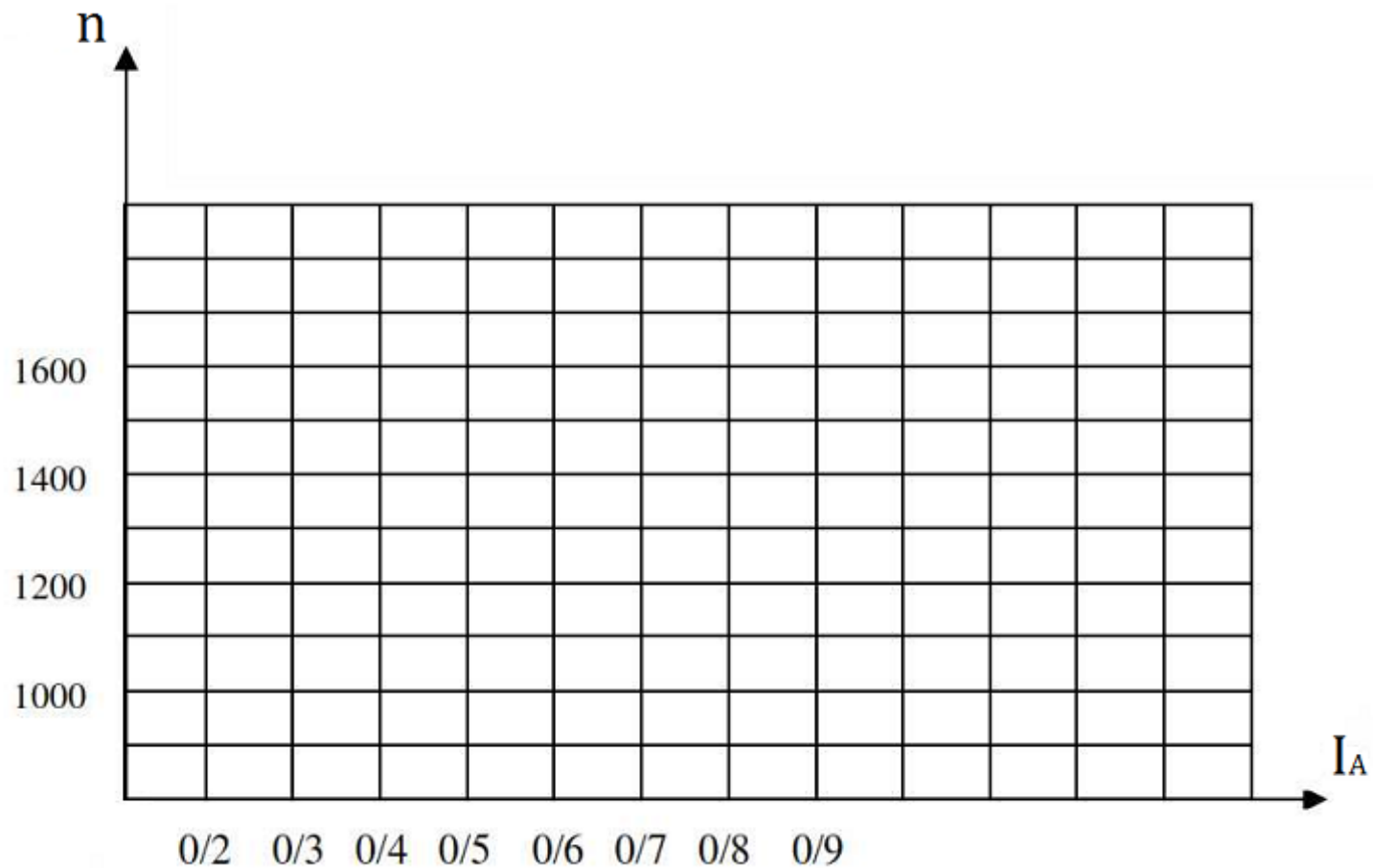
سپس روی یک دستگاه مختصات که محور افقی آن جریان آرمیچر I_A و محور عمودی آن سرعت رتور n است، نقاط نشان دهنده n به ازای جریان آرمیچر I_A معینی را مشخص کنید تا «منحنی مشخصه الکترومکانیکی» به دست آید.

اکنون بر روی دستگاه مختصات دیگری که محور افقی آن جریان آرمیچر و محور عمودی آن گشتاور T_{load} است، نقاط نشان دهنده T_{load} به ازای جریان آرمیچر I_A معینی را مشخص کنید تا «منحنی مشخصه الکترومغناطیسی» به دست آید.

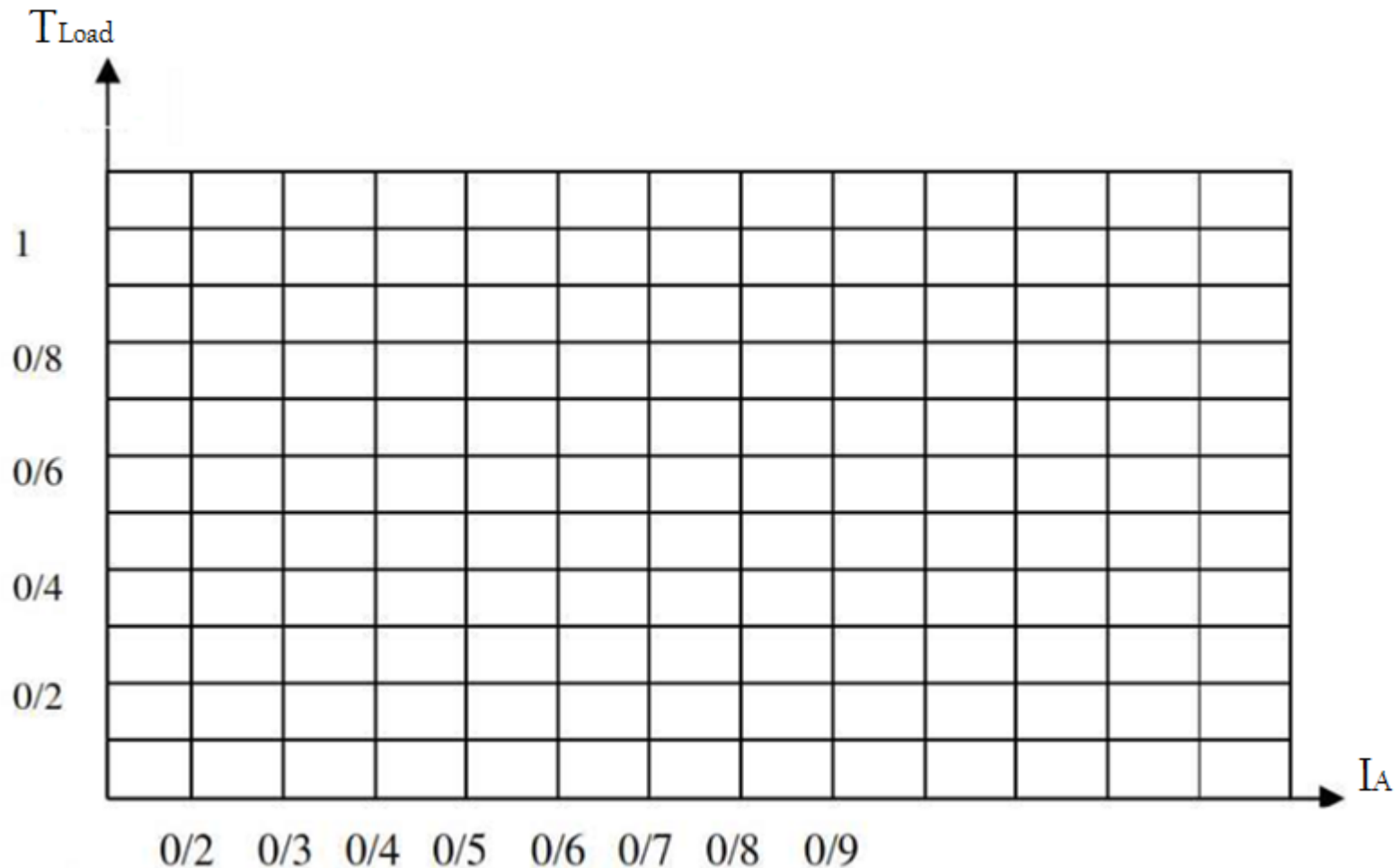
اگر نقاط نشان دهنده سرعت n به ازای گشتاور T_{load} معینی را بر روی دستگاه مختصاتی که محور افقی آن گشتاور T_{load} و محور عمودی آن سرعت n باشد نشان دهیم «منحنی مشخصه گشتاور - سرعت» به دست می آید.

I_A					۰/۹
T_{Load}					
n					

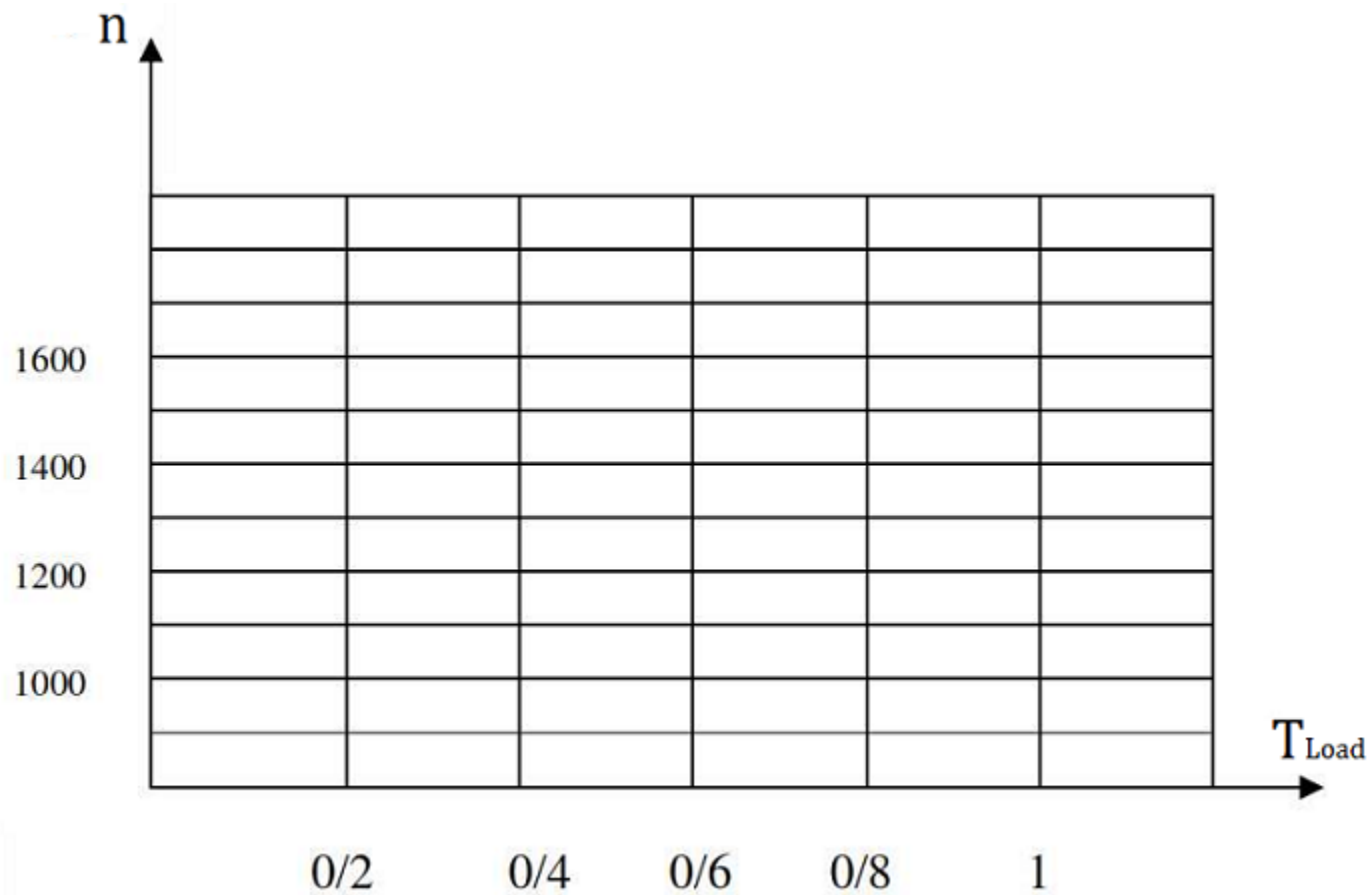
منحنی الکترو مکانیکی موتور شنت



منحنی الکترو مغناطیسی موتور شنت



منحنی گشتاور دور موتور شنت



کاربرد

موتورهای جریان مستقیم با تحریک مستقل و با تحریک شنت دارای سرعت تقریباً ثابت از بی‌باری تا بار کامل می‌باشند و گشتاور آن کم می‌باشد. این موتورها با افزایش گشتاور بار در محدوده بار نامی سرعت خود را تقریباً ثابت نگه می‌دارند و جریان خود را افزایش می‌دهند. این موتورها دارای بازه وسیع کنترل سرعت از صفر تا سرعت نامی می‌باشند و به خوبی می‌توان سرعت آنها را تحت کنترل داشت.

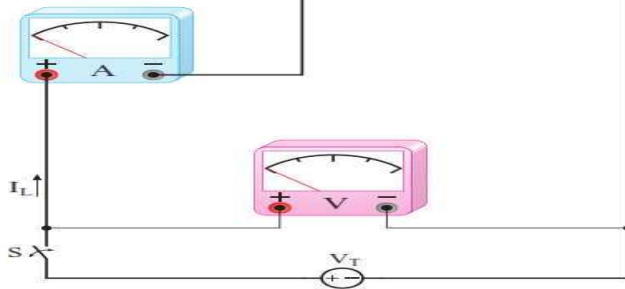
بنابراین موتورهای تحریک مستقل و تحریک شنت در جاهایی به کار گرفته می‌شوند که نیاز به سرعت ثابت و کنترل سرعت در بازه وسیعی باشد.

موتورهای جریان مستقیم با تحریک سری

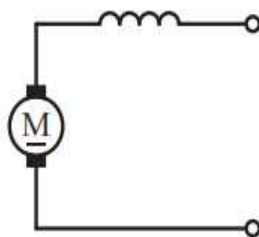
موتورهای جریان مستقیم با تحریک سری را به اختصار «موتور سری» گویند. در موتور سری مدار تحریک با مدار آرمیچر به صورت سری ارتباط پیدا می کند.

به منظور جلوگیری از بروز پدیده فرار، موتورهای تحریک سری را با بار راه اندازی می کنند و برای جلوگیری از بی بار شدن، آنها را به صورت مستقیم یا با چرخ دنده به بار متصل می کنند.

در صورتی که موتور سری بدون بار راه اندازی شود جریان موتور کاهش خواهد یافت. از آنجایی که $I_A = I_F = I_L$ می باشد جریان مدار تحریک کم می شود و فوران قطب ها کاهش می یابد و سرعت موتور بیش از حد افزایش می یابد و پدیده فرار روی می دهد.

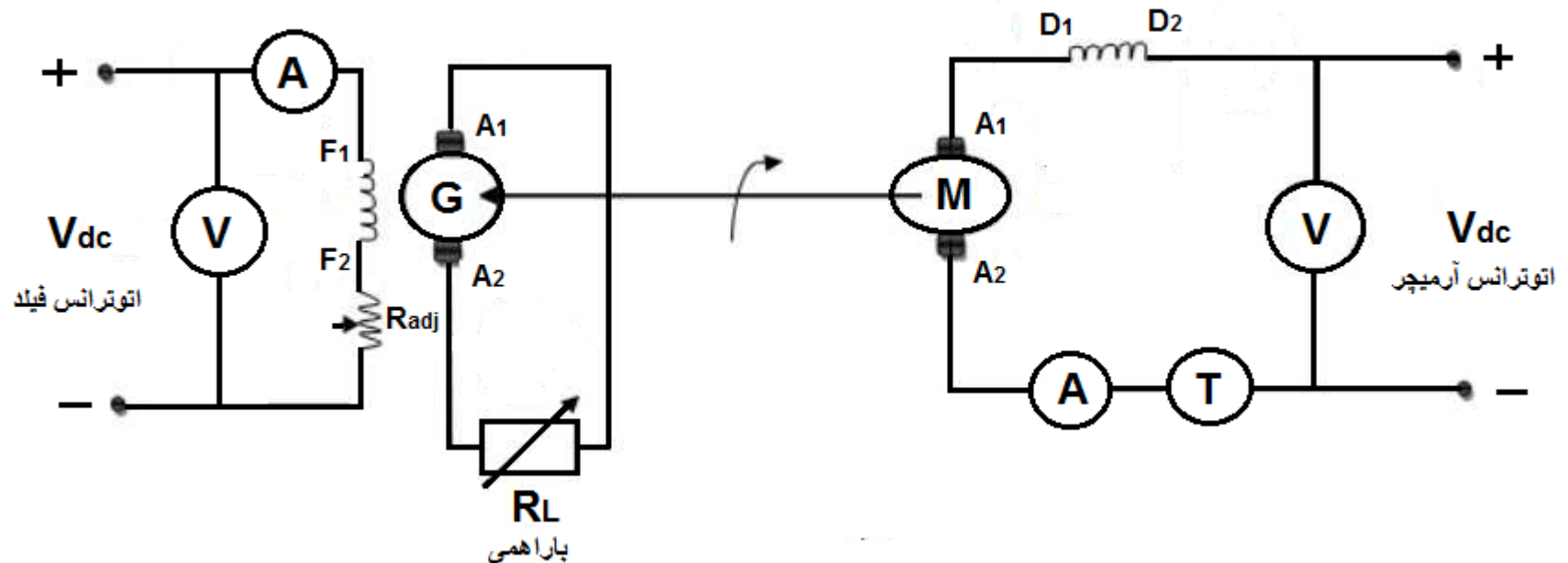


طرح ساختمانی موتور سری



علامت اختصاری موتور سری

آزمایش هفت: موتور DC تحریک سری

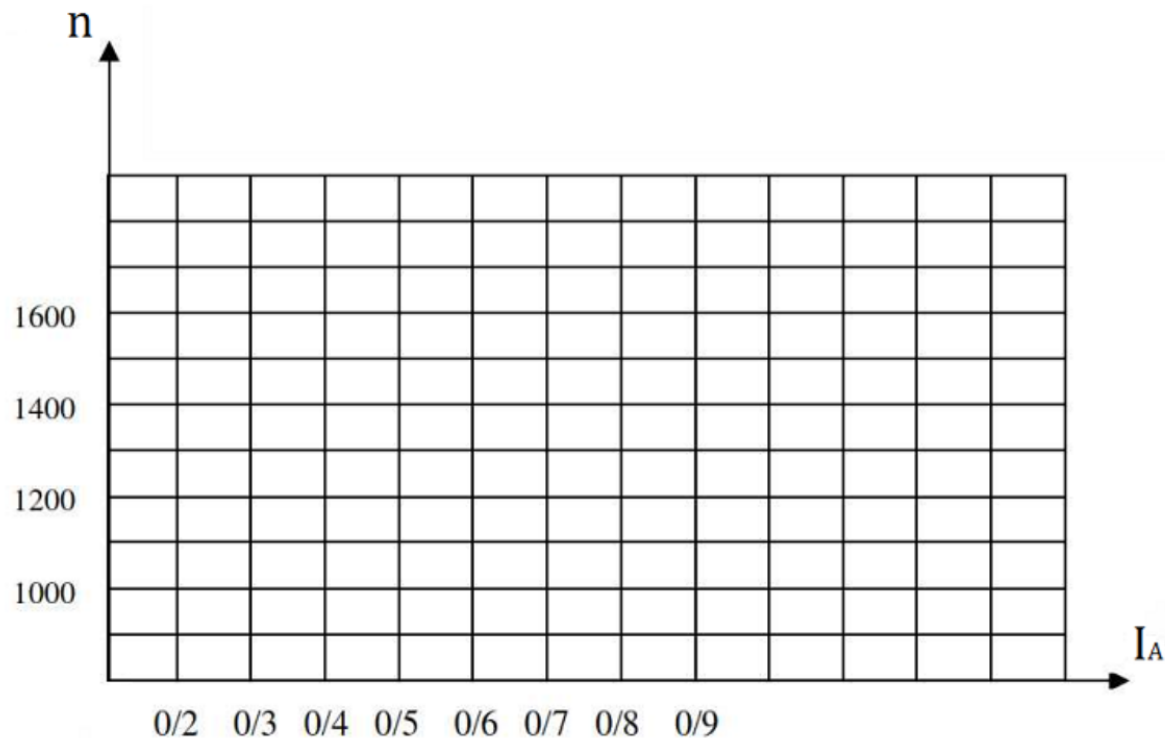


مقاومت بار را روی ماکزیمم مقدار خود و منابع تغذیه را روی صفر تنظیم نمایید.
 حال با آرامی ولوم اتوترانس آرمیچر را زیاد کنید تا دور به ۱۵۰۰ دور برسد. سپس اتوترانس فیلد را زیاد کرده تا مولد به ولتاژ نامی برسد.

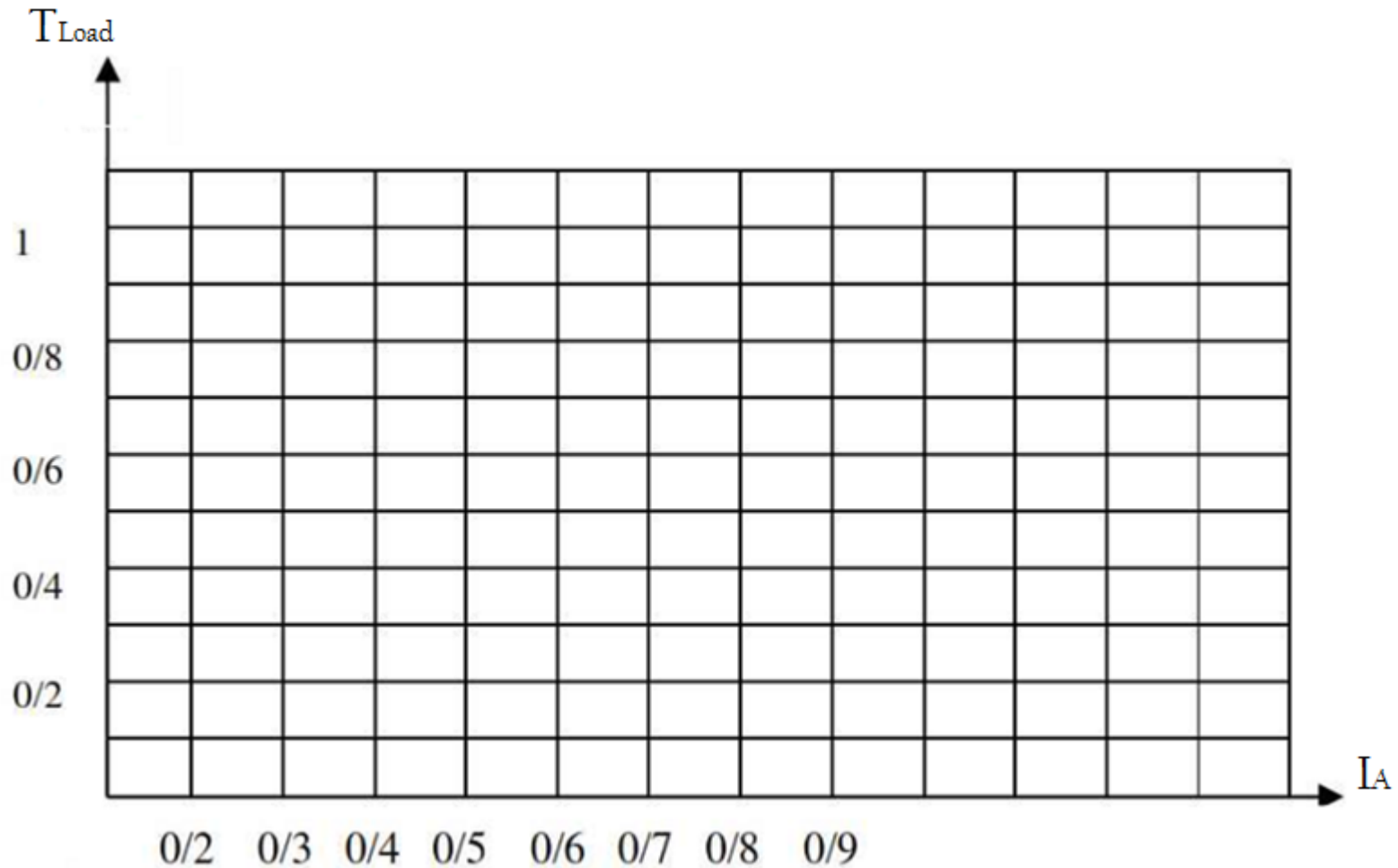
از این لحظه با کاهش مقاومت بار، جریان آرمیچر موتور را تا جریان نامی بصورت پله ای زیاد کنید.

I_A					۰/۹
T_{Load}					
n					

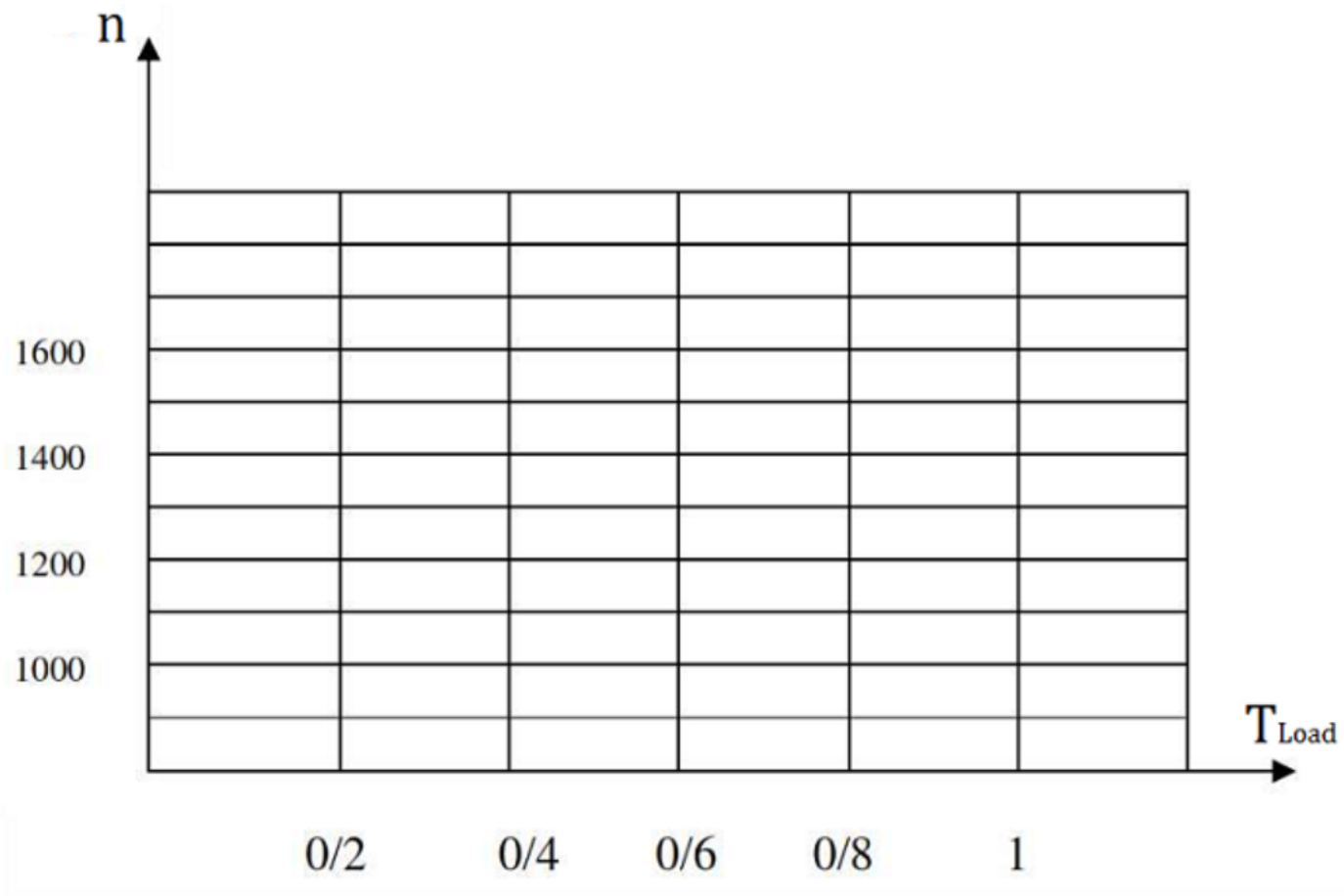
منحنی الکترو مکانیکی موتور سری



منحنی الکترو مغناطیسی موتور سری



منحنی گشتاور دور موتور سری



کاربرد

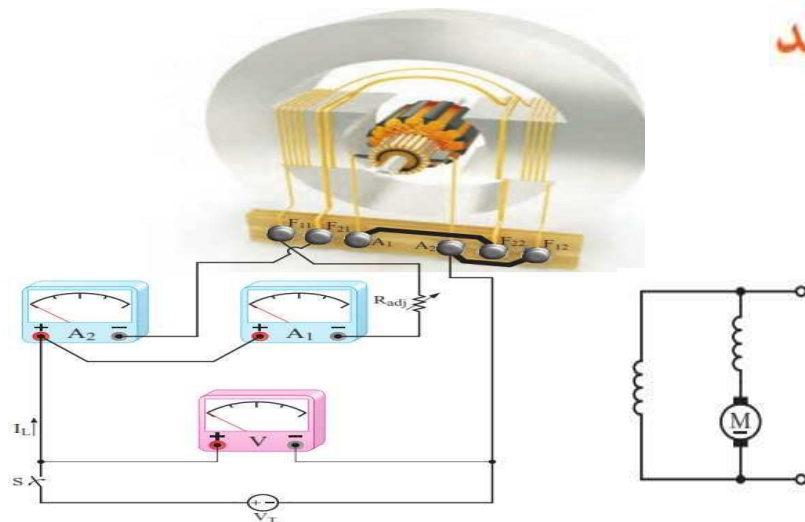
موتورهای سری دارای تغییرات سرعت زیادی از بی باری تا بار کامل می باشند و گشتاور راه اندازی آنها بسیار زیاد است. این موتورها با افزایش گشتاور بار در محدوده بار نامی سرعت خود را کاهش داده و جریان خود را افزایش می دهند.

موتورهای سری در جاهایی به کار گرفته می شوند که نیاز به گشتاور راه اندازی زیاد باشد و تغییرات سرعت مهم نباشد.

یک نمونه از کاربرد موتور سری، راه انداز موتور خودروهای سواری است که بسیار بعید است جایگزینی داشته باشد.

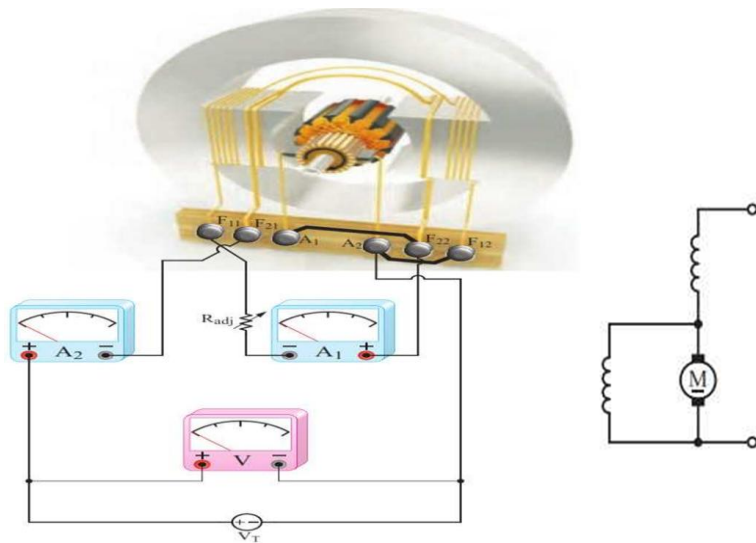
موتورهای جریان مستقیم با تحریک کمپوند

موتورهای جریان مستقیم با تحریک کمپوند را به اختصار «موتور کمپوند» گویند. در موتور کمپوند فوران قطبها «ترکیبی» از فوران دو سیم پیچی تحریک موازی و سری است.



موتور کمپوند با شنت بلند

در موتورهای کمپوند با شنت بلند یا کوتاه، سیم پیچی های تحریک موازی یا سری به گونه ای با سیم پیچی آرمیچر ارتباط داده می شوند تا فوران های آنها هم جهت شوند و «موتور کمپوند اضافی» باشد. در صورتی که فوران سیم پیچی تحریک موازی و سری هم جهت نباشد در این صورت موتور، «کمپوند نقصانی» خواهد شد.



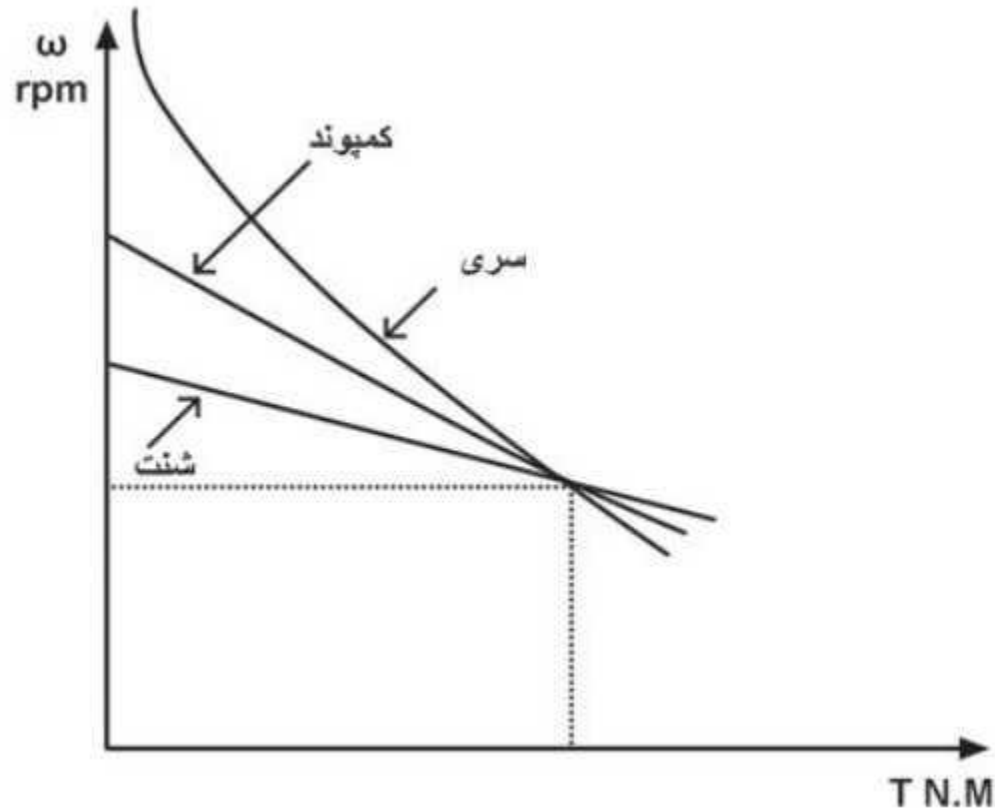
موتور کمپوند با شنت کوتاه

در سه آزمایش قبل تا حدودی با ویژگی های موتور های تحریک مستقل ، شنت و سری آشنا شدیم و دانستیم که موتور سری نسبت به موتور شنت مشابه خود، دارای گشتاور راه اندازی بزرگتری است، اما در مقابل موتور شنت تحمل بی باری را داشته و تغییرات سرعت آن محدودتر است. ضمناً امکانات کنترل دور موتور شنت نسبت به موتور سری وسیع تر است.

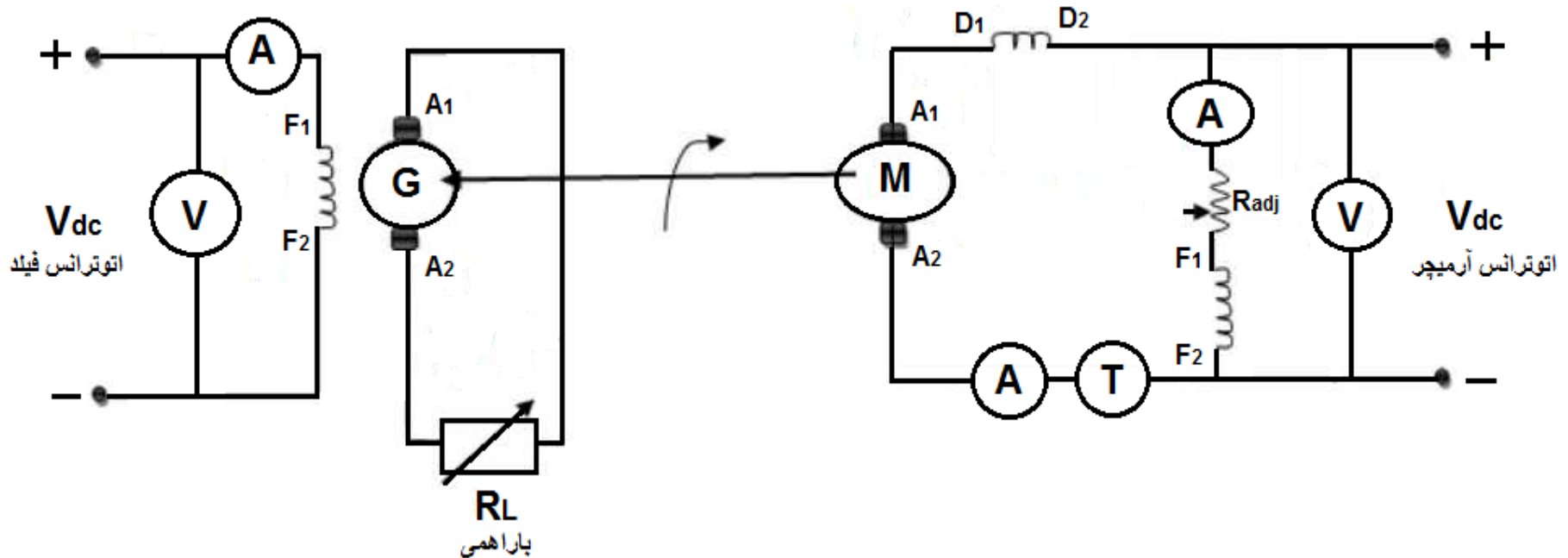
باتوجه به این ویژگی ها می توان در یک موتور DC همزمان از سیم پیچ های سری و شنت به صورت مختلط (کمپوند) استفاده نمود که منجر به پیدایش ویژگی های بینابین ویژگی های موتورهای سری و شنت می گردد.

عملکرد موتور کمپوند شبیه به مولد کمپوند است بدین صورت که در موتور کمپوند (مانند مولد کمپوند)، با افزایش بار ماشین، جریان آرمیچر افزایش می یابد و با توجه به اینکه شار سیم پیچ سری شار سیم پیچ شنت را تقویت و یا تضعیف کند، شار کل ماشین افزایش و یا کاهش می یابد. از آنجا که در موتورهای با افزایش شار کل ماشین، سرعت موتور کاهش می یابد در صورتی که موتور کمپوند اضافی باشد با افزایش بار سرعت موتور کاهش می یابد و در صورتی که موتور کمپوند نقصانی باشد با افزایش بار، سرعت موتور افزایش می یابد.

مشخصه ی گشتاور - سرعت موتور کمپوند چیزی بین مشخصه ی گشتاور - سرعت موتور سرت و موتور سرت باشد.



آزمایش هشت : موتور DC تحریک کمپوند



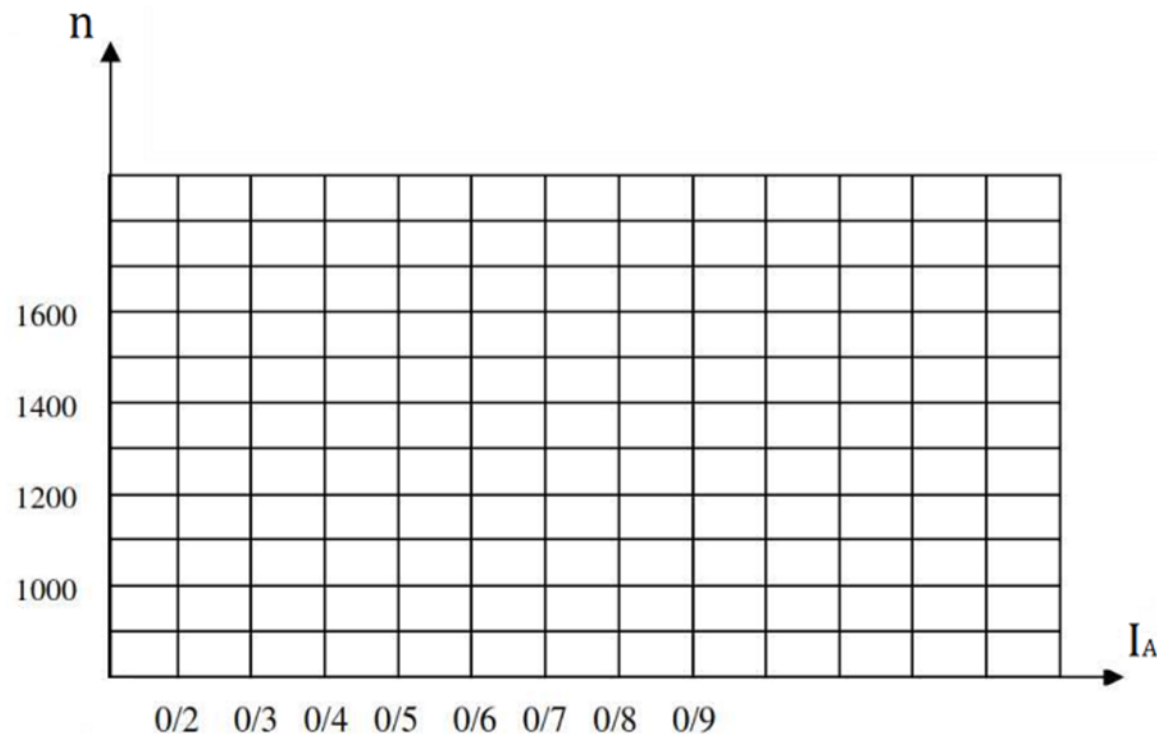
مقاومت بار را روی ماکزیمم مقدار خود و منابع تغذیه را روی صفر تنظیم نمایید.

حال با آرامی ولوم اتوترانس آرمیچر را زیاد کنید تا دور به ۱۵۰۰ دور برسد. سپس اتوترانس فیلد را زیاد کرده تا مولد به ولتاژ نامی برسد.

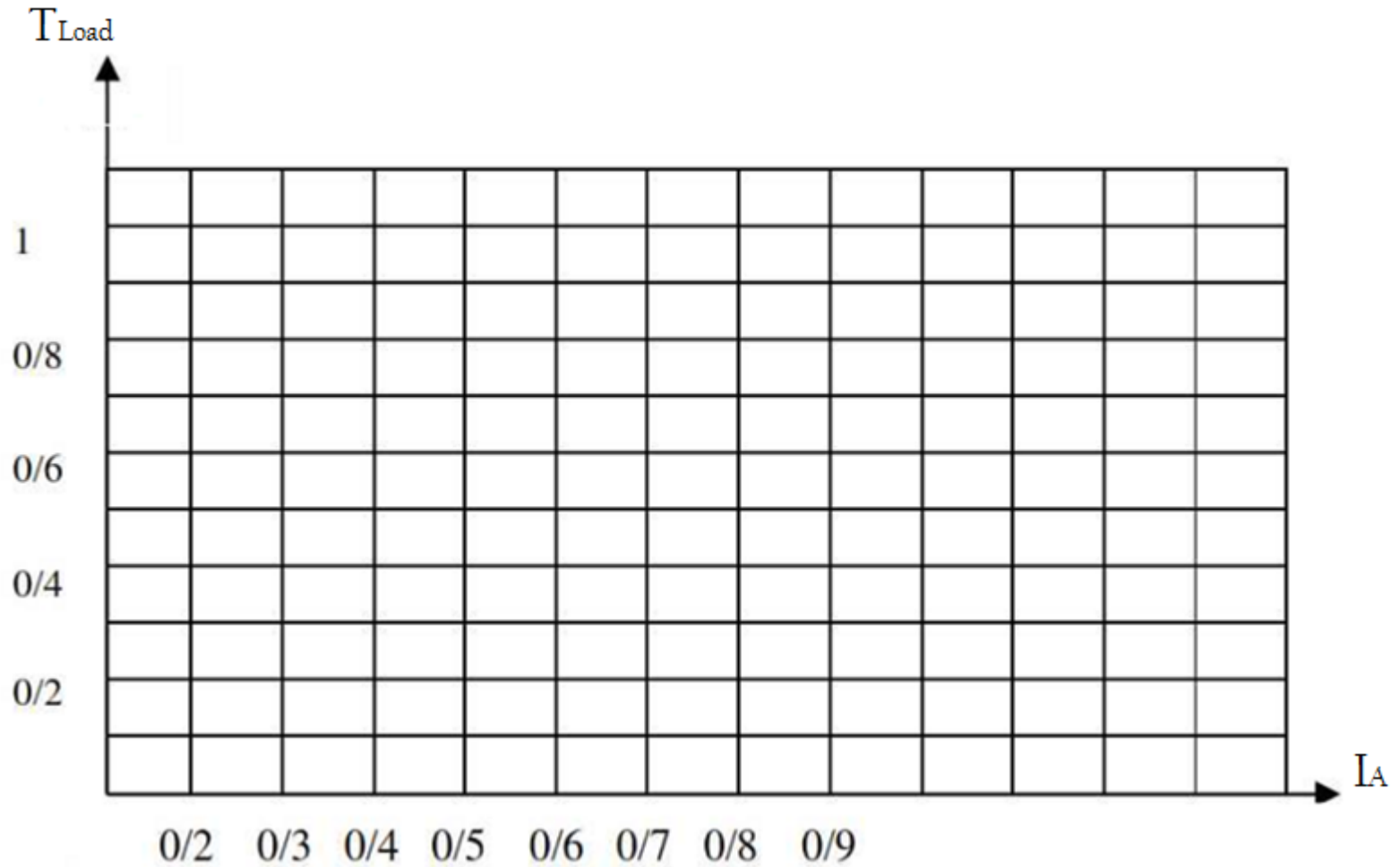
از این لحظه با کاهش مقاومت بار، جریان آرمیچر موتور را تا جریان نامی بصورت پله ای زیاد کنید.

I_A					۰/۹
T_{Load}					
n					

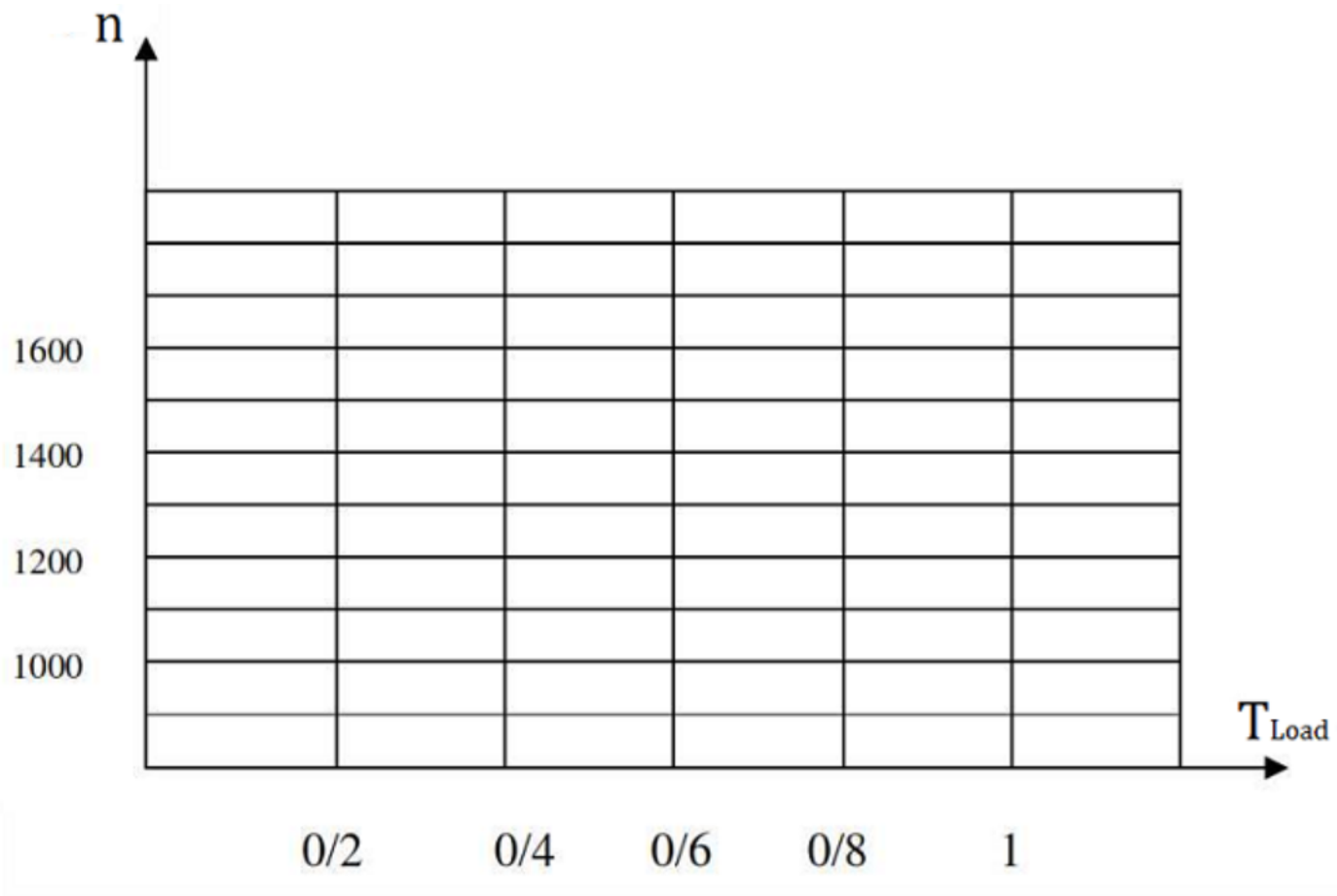
منحنی الکترو مکانیکی موتور کمپوند



منحنی الکترو مغناطیسی موتور کمپوند



منحنی گشتاور دور موتور کمپوند



کاربرد

موتورهای کمپوند اضافی دارای تغییرات سرعتی کمتر از موتور سری و بیشتر از موتور شنت از بی باری تا بار کامل می باشند.

گشتاور موتور کمپوند اضافی از موتور سری کمتر و از موتور شنت بیشتر است. موتورهای کمپوند در جایی به کار گرفته می شوند که به گشتاور راه اندازی زیاد و سرعت تقریباً ثابت نیاز داشته باشند.

موتورهای کمپوند نقصانی موارد استفاده چندانی ندارند. این موتورها را می توان طوری طراحی کرد که بتوانند در حالت بارداری سرعت تقریباً ثابتی داشته باشند. از موتور کمپوند نقصانی در ماشین برش کارخانجات لوله سازی استفاده می شود.