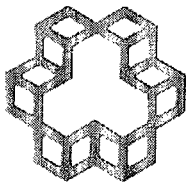


دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی

دانشکده مهندسی برق

گروه ماشینهای الکتریکی

دستور کار آزمایشگاه ماشینهای الکتریکی ۱

تهیه و تنظیم

دکتر عباس زاده

مهندس همتی

فهرست مطالب

۱) مقدمه ۵
۱-۱)کلیات ماشینهای الکتریکی ۵
۱-۲) ساختمان ۵
۱-۳) تهویه وخنک سازی ۵
۱-٤) طبقه بندی مواد عایقی ٦
۱-۵) موتورها و رفتارهای عملکردی آنها ٦
۱-٦) نوع استفاده از موتور (معیاری جهت انتخاب موتور) ۷
۱-۷) نوع حفاظت به عنوان میزان امنیت ۹
۱-۸) پلاک مشخصات ۱۰
۱-۹) نقشه اتصالات ۱۱
۱-۱۰) راندمان و تلفات ۱۱
۲) راهنمایی های ایمنی برای کار با سیستم ۱۳
۳) ماشین DC با سیم پیچی شنت (ماشین شنت) ۱٤
۳-۱: ساختار ماشین ۱٤
۳-۲: عملکرد موتوری ۱٤
۳-۳ عملکرد ژنراتوری ۱۵
۳-٤ : راه اندازی ماشین ۱٦
۳-۵ : اتصالات ماشین ۱۷
۳-٦ : آزمایش های مربوط به موتور DC شنت ۱۸
آزمایش ۱: آشنایی با راه اندازی ماشینDC شنت ۱۸

آزمایش ۲: مشخصه بی باری موتور DC شنت ۲۰
آزمایش ۳ : تغییرات سرعت موتور DC شنت در اثر کاهش شار مغناطیسی ۲۲
آزمایش ٤ : مشخصهٔ بارداری موتور تحریک مستقل ۲٤
۳-۷ : آزمایش مربوط به ژنراتور DC ۲٦
آزمایش ۱: مشخصهٔ بارداری ژنراتور خود تحریک ۲٦
آزمایش ۲ : مشخصهٔ بار ژنراتور DC تحریک مستقل ۲۸
٤)ماشین DC سری ۳۰
٤-۱ ساختمان ماشین: ۳۰
٤-۲ عملکرد موتوری: ۳۰
٤-۳ : عملکرد ژنراتوری ۳۱
٤-٤ : راه اندازی ماشین ۳۱
٤-٥ : اتصالات ماشین ۳۱
٤-٦ : آزمایش های مربوط به موتور DC سری ۳۲
آزمایش ۱: آشنایی با راه اندازی ماشین سری ۳۲
آزمایش ۲: مشخصه بارداری موتور DC سری ۳٤
٤-۷ : آزمایش های مربوط به ژنراتور DC سری ۳٦
آزمایش ۱ : مشخصه های بارداری ژنراتور DC سری ۳٦
٥) ماشین DC کمپوند ۳۸
٥-۱: ساختار ماشین ۳۸
٥-۲ عملکرد موتوری ۳۸
٥-۳ : عملکرد ژنراتوری ۳۹
٥-٤ اتصالات ماشین ۳۹

۵-۵ آزمایش های مربوط به موتور DC کمپوند ٤٠
آزمایش ۱ : راه اندازی ماشین DC کمپوند ٤٠
آزمایش ۲ : حالتهای مختلف کمپوند در موتور DC کمپوند ٤٢
۵-٦ : آزمایش های ژنراتور DC کمپوند ٤٦
آزمایش ۱ : انواع کمپوند در ژنراتور DC کمپوند ٤٦
آزمایش ۲: مشخصهٔ بارداری ماشین DC کمپوند استفاده شده به عنوان ژنراتور سری ۵۰
٦) ترانسفورماتور تکفاز ۵۲
٦-۱) ترانسفور ماتور ایده آل ۵۲
٦-۲) انتقال امپدانس ۵۳
٦-۳) ترانسفور واقعی ۵۳
٦-٤) مدل مدار معادل ترانسفورماتور ۵۵
٦-۵) آزمایش های ترانسفورماتور تکفاز : ۵۸
آزمایش ۱ : جریان مغناطیس کننده در ترانسفورماتور واقعی و مطالعه منحنی B-H ۵۸
آزمایش ۲ : ترانس تکفاز ٦۰

۱) مقدمه

۱-۱) کلیات ماشینهای الکتریکی

اطلاعات فیزیکی وسیعی درمورد الکترومغناطیس، رفتارجریان، هادیهای ثابت و متحرک در میدانهای مغناطیسی برای فهم ماشینهای الکتریکی لازم است. ژنراتورها و موتورها تحت لفظ ماشینهای الکتریکی چرخشی شناخته میشوند. ژنراتورها انرژی مکانیکی که با آن تغذیه می شوند را به انرژی مکانیکی تبدیل می کنند و موتورها این کار را به صورت برعکس انجام میدهند.

ماشینهای الکتریکی براساس کاربردشان طبقه بندی می شوند، مثلاً : ماشینهای dc، ماشینهای سنکرون، ماشینهای القایی و... . کارکرد ماشینها معکوس پذیر است. لذا اصطلاح ماشینهای الکتریکی یک اصطلاح عام است. موتور یا ژنراتور بودن ماشین به هنگام استفاده از آن مشخص می گردد.

ترنسفورمرها، ماشینهای الکتریکی ساکنی هستند که سطوح بالای ولتاژ وجریان را به سطوح پایین تر و باالعکس تبدیل می کنند.

۱-۲) ساختمان

قسمت ثابت ماشین های الکتریکی به عنوان استاتور وقسمت های متحرک به عنوان روتور شناخته میشود.

در ساختمان ماشین های الکتریکی بین قطعاتی که هادی جریان الکتریکی یا میدان مغناطیسی اند و قسمتهای ساختمانی تمایز وجود دارد.

۱-۳) تهویه وخنک سازی

به هنگام استفاده از ماشین های الکتریکی دوار، تلفات که منجر به حرارت میشوند اتفاق می افتند. بنابراین باید تلفات حررتی محدود شود یا این که به محیط انتقال داده شود تا این که تعادل گرمایی حاصل گردد. گرمای زیاد ممکن است که عایق های سیم بندی ها را خراب کرده و منجر به مستهلک شدن ماشین شوند.

ماشینهای الکتریکی عموما دارای خنک ساز خودی هستند که به وسیله ی فن تهویه ای که به روتورمتصل است جریان هوای سرد را از قسمت های مختلف موتور عبور می دهند تا خنک شوند. سطح بدنه ماشین نیز گرما را به محیط بیرون پخش می کند. هرچه خنک سازی خودکار موتور بیشتر باشد، موتورهای کوچکتری را با توان مشابه می توان ساخت.

علاوه بر ماشین هایی با خنک سازی خودکار، ماشینهایی با خنک سازی بیرونی نیز وجود دارد. در این جا هوای سرد به وسیله تهویه ای جداگانه تهیه می شود .

۱-٤) طبقه بندی مواد عایقی

سیم بندی ماشینهای الکتریکی استاندارد از سیم های پوشش دار ساخته شده است. با این وجود اغلب نیاز است که ماشینها را در دماهای بالاتر از دمای محیط راه اندازی کنیم. بنابراین کلاسهای مواد عایقی مختلفی که دارای دمای های مجاز مختلف اند طبق جدول زیر وجود دارد.

Insulating material class	Maximum permissible permanent temperature
Y	90 °C
E	120 °C
F	155 °C
H	180 °C

۱-٥) موتورها و رفتارهای عملکردی آنها

مشخصه عملکرد یک موتور بوسیله رفتار گشتاور و سرعت آن مشخص می گردد. سرعت بی باری موتور، متناسب با نوع موتور، بالاتر از سرعت نامی آن است. تغییر در سرعت بر حسب درصدی ازسرعت نامی آن تعیین می شود.

مشخصه عملکردی ماشینهای الکتریکی به ٤ گروه زیر تقسیم می شود:

۱) رفتار سنکرون:

تغییر درسرعت برابر صفر است (موتورسنکرون) یعنی سرعت زیر بار افت نمی کند.

۲) رفتارشنت:

تغیرات سرعت کمتر از ۱۵٪ است (موتور DC با سیم بندی شنت، موتور القایی تک فاز و۳فاز)

۳) رفتارکمپوند:

تغییرات سرعت بین ۳ تا ۲۵ ٪ است. (موتور ۳فاز اسلیپ رینگ با گام لغزش ثابت، موتورکمپوندDC)

٤) رفتار سری :

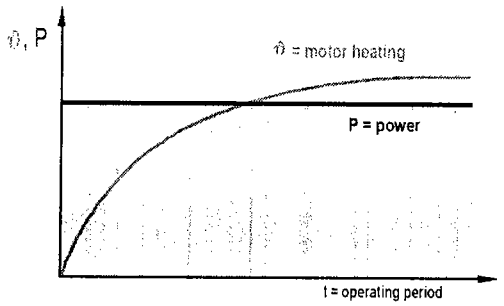
تغییرات سرعت بیش از ۲۵ ٪ است. (موتور سری DC و موتور سری تک فاز)

۱-٦) نوع استفاده از موتور (معیاری جهت انتخاب موتور)

نوع استفاده به هنگام انتخاب موتور بسیار مهم است. برای مثال موتور هنگامی که تحت بار متغیر کار می کند کمتر از زمانی که تحت بار ثابت کار می کند گرم می شود، لذا می توان از موتور کوچکتری استفاده کرد.

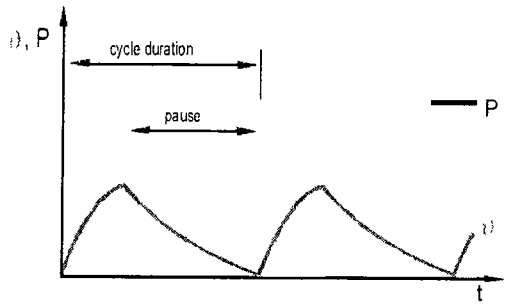
بین مدهای کاری S1 تا S9 تمایز وجود دارد:

در حالت ثابت وپایا S1 (شکل ۱-۱) زمان استفاده در بار نامی بسیار طولانی است بطوریکه دما به دمای حالت پایا می رسد. این موتورها برای کاربردهایی که بار ثابت دارند مناسب است یعنی می توانند به صورت دائم با بار نامیشان استفاده شوند.



شکل ۱-۱ : حالت کاری S1

در حالت کار موقتی S_2 (شکل ۱-۲) دوره کارکردن در مقایسه با دوره استراحت آنقدر کوتاه است که دمای حالت پایا حاصل نمی شود. دمای موتور در زمان ایست که بلندتر از زمان کار است به دمای محیط کاهش می یابد.



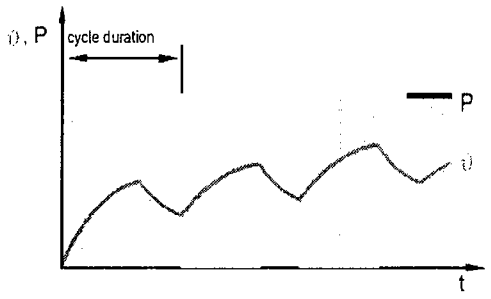
شکل ۱-۲ : حالت کاری S2

درحالت متناوب S_3،S_4،S_5 (شکل ۱-۳) ایست ها کوتاه است و برای رساندن دمای موتور به دمای اتاق کافی نمی باشند.

S_3 ، حالتی است که تاثیر جریان راه اندازی برای بالابردن دمای موتور قابل صرفنظر کردن باشد.

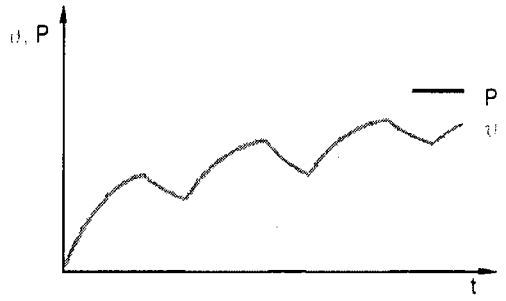
S_4 ، حالتی است که تاثیر جریان راه اندازی برای بالابردن دمای موتور قابل توجه باشد.

S_5، حالتی است که موتورعلاوه بردلیل قبل به وسیله جریان ترمز نیز گرم گردد.



شکل ۱-۳ حالت های کاری S_3 و S_4 و S_5

درحالت کار پیوسته با بار متناوب S_6 (شکل ۱-٤) زمان کم باری برای خنک کردن موتور کافی نمی باشند.



شکل ۱-٤ حالت کاری S_6

S_7 حالت راه اندازی و ترمز متناوب است و در عمل هیچ ایستی وجود ندارد. موتور پیوسته تحت ولتاژ است و تعداد دقیق سیکل کاری در ساعت نباید از حد مجاز بیشتر شود .

S_8 حالت کار پیوسته به همراه تغییر قطب هاست. موتور به طور ثابت زیر بار است اما با سرعتی که متواترا عوض می شود.

S_9 حالت کار پیوسته با بار نامنظم وسرعت متغیر است و ماکزیمم بار (که بیش از توان نامی است) ممکن است اتفاق بیافتد.

۱-۷) نوع حفاظت به عنوان میزان امنیت

نوع حفاظت نشان می دهد که آیین نامه های مهم ساخت رعایت شده است تا اشخاص ازدست زدن به قسمت های فعال موتور مصون بمانند و همچنین موتور از نفوذ اشیا بیرونی و آب تحت حفاظت قرار گیرد.

در علامت اختصاری IP (حفاظت بین المللی) نوع حفاظت توسط دو رقم مشخص می شود. رقم اول برای حفاظت درمقابل تماس اشیا بیرونی و رقم دوم برای حفاظت در مقابل آب استفاده می شود.

انواع مختلف حفاظت :

۱- حفاظت در مقابل برخورد و اشیا خارجی :

IP 0X	بدون حفاظت در برابرتماس اشیا خارجی
IP 1X	حفاظت از تماس در مقابل اشیا خارجی بزرگتر از 50mm
IP 2X	حفاظت از تماس درمقابل اشیا خارجی بزرگتراز 12mm
IP 3X	حفاظت از تماس در مقابل اشیا خارجی بزرگتر از2.5mm
IP 4X	حفاظت از تماس در مقابل اشیا خارجی و ابزارهای بزرگتر از 1mm
IP 5X	حفاظت در مقابل تجمع گرد و غباردرون موتور
IP 6x	ضد گرد وغبار

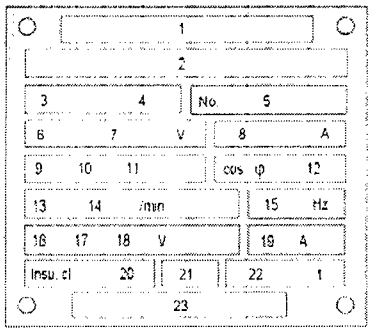
۲- حفاظت در برابر آب :

IP X0	بدون حفاظت در برابر آب
IP X1	حفاظت درمقابل قطرات عمودی آب
IP X2	حفاظت درمقابل قطرات آب تا زاویه ۱۵ درجه نسبت به عمود
IP X3	حفاظت در مقابل پاشیده شدن آب تا زاویه ۳۰ درجه بالای افق
IP X4	حفاظت در مقابل پاشیده شدن آب از هرجهت
IP X5	حفاظت در مقابل جت آب
IP X6	حفاظت در برابر جریان آب
IP X7	حفاظت در برابر غوطه ورشدن در آب
IP X8	حفاظت در برابر آبهای عمیق

۱-۸) پلاک مشخصات

تمامی مشخصه های مهم یک ماشین الکتریکی برروی پلاک آن درج گردیده است. تمامی این اطلاعات برای ارزیابی و انتخاب یک ماشین مهم اند.

شکل ۱-۵ یک پلاک را باتمامی مشخصات ممکن نمایش می دهد و مفهوم اعداد در جدول ۲ توضیح داده شده اند.



شکل ۱-۰ : پلاک مشخصات یک ماشین الکتریکی

نام کارخانه سازنده	۱	جهت چرخش	۱۳
نوع طراحی	۲	**سرعت نامی**	۱٤
نوع جریان	۳	فرکانس نامی	۱٥
کارکرد	٤	نوع تحریک	۱٦
شماره ی کارخانه	٥	نوع سوئیچ سیم بندی روتور	۱۷
نوع سوئیچ شدن سیم بندی استاتور	٦	مقدار نامی ولتاژ تحریک	۱۸
ولتاژ نامی	۷	مقدار نامی جریان تحریک	۱۹
جریان نامی	۸	کلاس ماده عایقی	۲۰
توان نامی	۹	نوع حفاظت	۲۱
واحد توان [wیاkw]	۱۰	وزن برحسب تن (تنها در ماشینهای بزرگ)	۲۲
مد کاری	۱۱	اطلاعات اضافی	۲۳
ضریب قدرت نامی	۱۲		

۱-۹) نقشه اتصالات

نقشه اتصالات استاندارد شده است و با حرف بزگ و ارقام نمایش داده شده است. ارقام نمایش داده شده با ۱ شروع شده و با ۲ درسیم بندی ها خاتمه می یابد.

سرهای وسط سیم بندی با ارقام ۳ و٤ مشخص گردیده است.

جداول

ماشین dc	
A1-A2	آرمیچر
B1-B2	سیم بندی قطب کمکی
C1-C2	سیم بندی جبرانگر
D1-D2	تحریک سری
E1-E2	تحریک موازی
F1-F2	تحریک خارجی

ماشین ac	
U1-U2,V1-V2,W1-W2	استاتور(مدارستاره)
U,V,W	استاتور(مدار مثلث)
N	نقطه مرکز ستاره
K,L,M	سیم بندی روتور
PE	زمین حفاظتی

۱-۱۰) راندمان و تلفات

راندمان نسبت توان خروجی به ورودی است.

$$\eta = \frac{Pout}{Pin}$$

تلفات به هنگام کار هر موتوری رخ می دهد لذا توان حقیقی خروجی همیشه کوچکتر از توان ورودی می باشد در موتورها تلفات سایشی در یاتاقان ها، تلفات حرارتی در سیم بندی ها و تلفات مغناطیسی به دلیل جریان گردابی در استاتور و روتور (که به عنوان تلفات آهنی شناخته می شود) وجود دارد.

توان مکانیکی خروجی به کمک سرعت وگشتاور محاسبه می گردد.

$$P_{out} = \frac{2\pi}{60} TN$$

که در آن T گشتاور بر حسب Nm و N سرعت بر حسب دور در دقیقه است.

توان تغذیه یک موتور ۳ فاز هم به صورت زیر محاسبه می شود:

$$P_{in} = \sqrt{3}VI\cos\emptyset$$

۲) راهنمایی های ایمنی برای کار با سیستم

- هرگز ولتاژ خارجی را به جکهای ورودی در واحد کنترل یا واحد تغذیه وصل نکنید.
- خروجی ها را هرگز به هم متصل نکنید.
- از تکیه زدن به ماشین ترمز خودداری کنید.
- بعد از سوار کردن ماشین آزمایش روی واحد ترمز از محکم بودن گیره مطمئن شوید.
- قبل از آغاز کار، اتصالات حرارتی ماشین آزمایش (TK) را به واحدکنترل متصل کنید.
- اتصال PE واحدکنترل، منبع تغذیه، واحدترمز و ماشین مورد آزمایش همواره باید به هم متصل باشند.
- هنگامی که موتور بیش از حد مجاز گرم شود کنترل کننده فرکانس در واحد کنترل خاموش می شود در این صورت اگر ماشین مورد آزمایش موتور سری باشد سرعتش بدون محدودیت افزایش خواهد یافت و چون واحد منبع تغذیه دارای سیستم قطع اتوماتیک نمی باشد، لذا در چنین مواردی منبع تغذیه باید به صورت دستی خاموش شود.
- به هنگام انجام آزمایش همواره واحد کنترل را قبل از واحد تغذیه روشن کنید. پروسه ی خاموش کردن به صورت معکوس صورت می گیرد.
- اتصالات کوپلینگ که در انتهای شفت ماشین ترمز قرار دارد، همواره باید ثابت باشد وتنها جهت تعمیر باز می شود.
- هنگام بستن مدار آزمایش، واحد کنترل و واحد تغذیه باید خاموش باشند.

۳) ماشین DC با سیم پیچی شنت (ماشین شنت)

این ماشین به عنوان ژنراتور و موتور مورد استفاده قرار می گیرد.

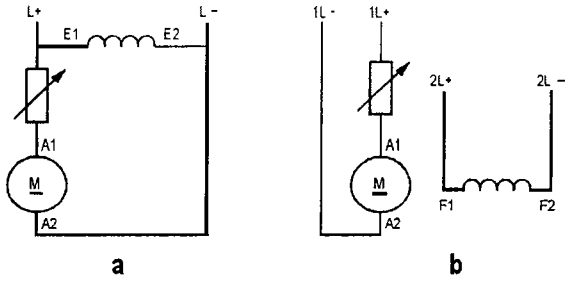
موتور شنت کاربردهای فراوان دارد. این موتور در جاهایی که سرعت تقریباً ثابت مورد نیاز است، استفاده می شود. مثل ماشین ابزار (machine tools) و بالابرها (lifting gear) و پمپ ها.

۳-۱: ساختار ماشین

در این ماشین سیم پیچ تحریک روی استاتور و سیم پیچ آرمیچر روی روتور قرار می گیرد.

از جاروبک های کربنی برای ارتباط بین منبع و کموتاتور استفاده می شود. (کموتاتور به سیم پیچی آرمیچر وصل می شود). در یک ماشین شنت سیم پیچی آرمیچر و سیم پیچی تحریک با هم موازی می شوند و به یک منبع ولتاژ وصل می شوند. (شکل ۳-۱-۱- a)

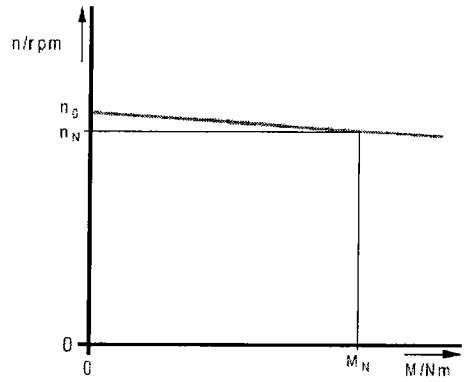
ماشین شنت می تواند به صورت یک ماشین تحریک مستقل هم استفاده شود. در این حالت سیم پیچ تحریک به یک منبع ولتاژ دیگر (شمارهٔ ۲) وصل می شود. (شکل ۳ -۱-۱- b)



شکل ۳-۱-۱: مدار ماشین

۳-۲: عملکرد موتوری

سرعت موتور شنت تقریبا مسقل از بار است. یعنی افت سرعت اش بسیار کم است. در بی باری ماکزیمم سرعت حاصل می شود (که سرعتی است پایدار). مقدار جریان تحریک در بی باری و بار کامل مقدار ثابتی است اما مقدار جریان آرمیچر بستگی به بار موتور دارد. هر تغییری در بار موتور باعث تغییر در جریان آرمیچر می شود. جریان آرمیچر با گشتاور موتور متناسب است. شکل ۳-۲-۱ مشخصهٔ بار یک موتور شنت را نشان می دهد.



شکل ۳-۲-۱: مشخصهٔ بار

۳-۳ عملکرد ژنراتوری

اگر سیم پیچ میدان را به یک منبع ولتاژ وصل کنیم و آرمیچر را بچرخانیم، ماشین شنت ولتاژ تولید کرده و به صورت ژنراتور کار می کند.

ماشین شنت می تواند به صورت ژنراتور خود تحریک یا ژنراتور تحریک مستقل استفاده شود.

- ژنراتور شنت با تحریک جداگانه

این ژنراتور در شکل ۳-۳-۱ نشان داده شده است. سیم پیچ میدان از یک منبع ولتاژ خارجی تغذیه می شود. ولتاژ تولیدی آرمیچر توسط جریان تحریک کنترل می شود. اگر آرمیچر به بار وصل شود ولتاژ آرمیچر افت می کند که این افت را می توان با افزایش جریان تحریک جبران نمود. (البته در محدودهٔ مجاز)

- ژنراتور شنت خود تحریک

در این ژنراتور سیم پیچ تحریک به سیم پیچ آرمیچر به صورت موازی وصل می شود. (شکل ۳-۳-۲) اگر ژنراتور چرخانده شود ولتاژ کوچکی در سیم پیچ آرمیچر (به دلیل شار پسماند که از قبل در هسته مانده است) القا می شود. این ولتاژ کوچک باعث ایجاد جریان در ماشین می شود. این جریان که از سیم پیچ تحریک عبور می کند باعث تولید مقداری شار در فاصله هوایی ماشین می شود و در اگر جهت این شار با شار پسماند یکی باشد، ولتاژ تولید شده در آرمیچر اضافه می شود و این سیکل ادامه می یابد تا ولتاژ نامی ژنراتور تولید شود.

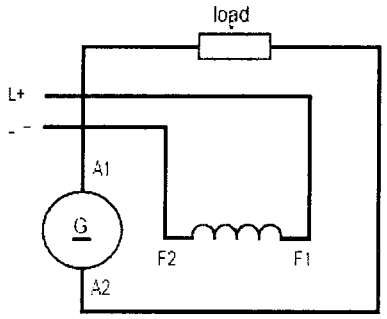
شرایط تولید ولتاژ عبارت اند از:

۱. وجود شار پس ماند در آهن ماشین

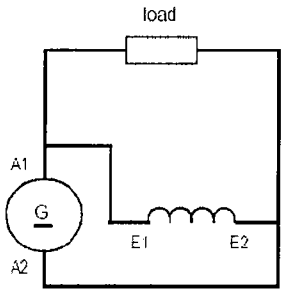
۲. پلاریتهٔ صحیح سیم پیچی تحریک
۳. مقاومت مناسب در مدار تحریک
٤. سرعت کافی آرمیچر

اگر پلاریتهٔ سیم پیچی تحریک صحیح نباشد، شار پسماند افت می کند و ماشین نمی تواند خودش را تحریک کند. در حالت بارداری، افت ولتاژ در ژنراتور خود تحریک بیشتر از ژنراتور تحریک مستقل است.

از یک رئوستا در مدار تحریک برای تنظیم ولتاژ تولید شدهٔ ژنراتور استفاده می شود.



شکل ۴-۳-۱: ژنراتور شنت تحریک مستقل



شکل ۴-۳-۲: ژنراتور شنت خود تحریک

۴-۴ راه اندازی ماشین

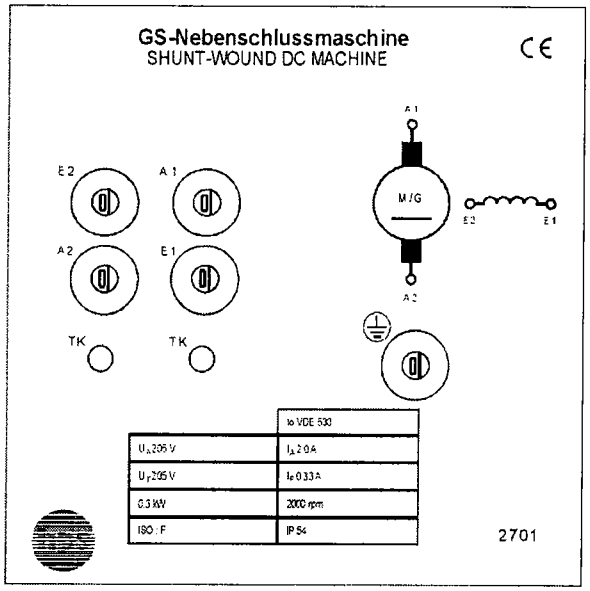
برای راه اندازی یک ماشین DC شنت نیاز به یک راه انداز داریم زیرا در حالت سکون ولتاژ تولیدی آرمیچر (ولتاژ نیرو محرکه بازگشتی) صفر است. و اتصال مستقیم ولتاژ نامی به آرمیچر باعث عبور جریانی در حدود ۲۰ برابر جریان نامی از آرمیچر می شود. لذا از یک مقاومت متغیر که با آرمیچر سری می شود برای راه اندازی ماشین استفاده می شود. روش دیگر استفاده از یک منبع ولتاژ متغیر است که در ابتدا ولتاژ کم به ماشین اعمال می کند و سپس آن را افزایش می دهیم که در این آزمایشگاه از روش دوم استفاده می شود.

امروزه از روش های الکترونیکی برای کاهش ولتاژ استفاده می شود (مثل یکسو کننده های تریستوری). این روش یک روش کنترل تقریبا بدون تلفات است.

توجه: در ماشین شنت خود تحریک و تحریک مستقل باید از وصل بودن سیم پیچ تحریک کاملا مطمئن باشید زیرا در صورت باز بودن مدار تحریک سرعت ماشین به طور خطرناکی زیاد می شود که حتما به ماشین صدمه خواهد زد.

۳-۵ : اتصالات ماشین

سیم پیچی آرمیچر (A_1 و A_2) و سیم پیچی تحریک (E_1 و E_2) در دسترس هستند (شکل ۳-۵-۱) در این شکل مقادیر نامی ماشین هم ذکر شده است.



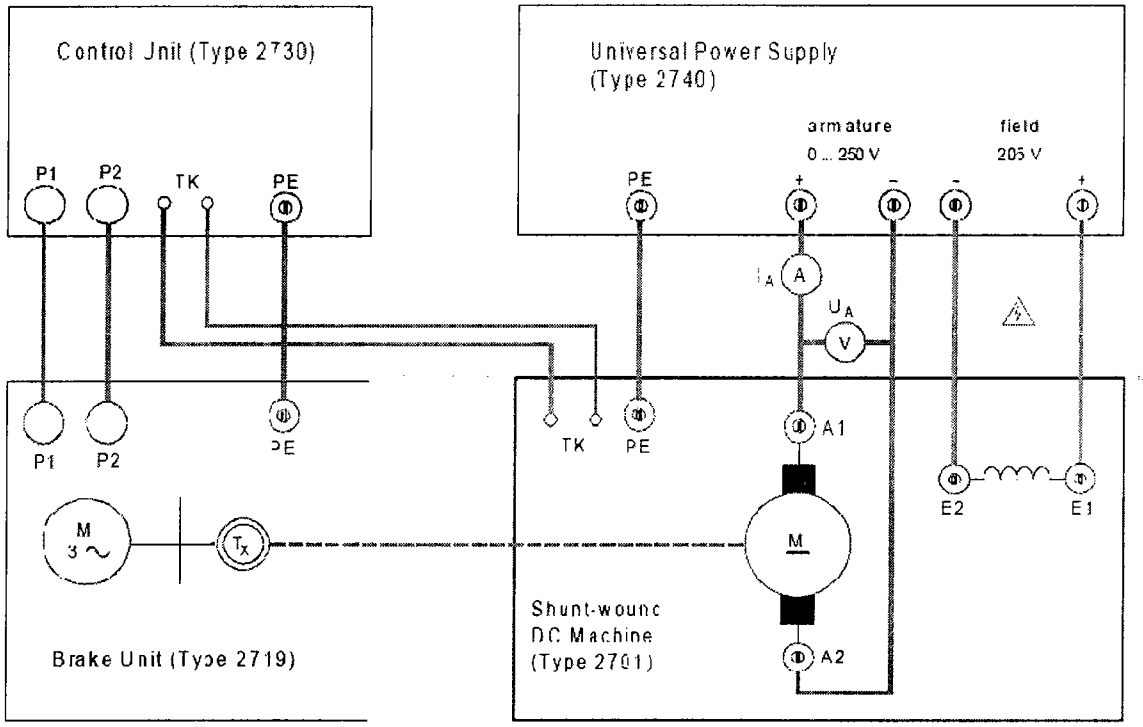
شکل ۳-۵-۱۰ مقادیر نامی و اتصالات ماشین

۳-۶ : آزمایش های مربوط به موتور DC شنت

آزمایش ۱: آشنایی با راه اندازی ماشین DC شنت

هدف آزمایش: استفاده از ماشین شنت به صورت موتور

مدار آزمایش :



شکل ۳-۶-۱: مدار آزمایش آشنایی با راه اندازی ماشین شنت

روش انجام آزمایش:

- ✓ مدار آزمایش را طبق شکل ۳-۶-۱ ببندید. (از ولت متر با محدودهٔ ۳۰۰ ولت و آمپر متر با محدودهٔ ۳ آمپر استفاده کنید).
- ✓ مد عملکردی روی واحد کنترل را " MANUAL" و نوع ورودی را "Internal " انتخاب کنید.
- ✓ واحد کنترل را روشن کنید.
- ✓ ولتاژ متغیر روی واحد منبع تغذیه را روی صفر ولت قرار دهید.
- ✓ منبع تغذیه را روشن کنید. حال ولتاژ نامی به سیم پیچ میدان اعمال شده است. (روشن شدن چراغ سبز روی منبع تغذیه مربوط به مدار تحریک را ببینید)

- ✓ حال ولتاژ آرمیچر را کم کم افزایش دهید تا سرعت ماشین به 2000rpm برسد.
- ✓ جهت چرخش را یادداشت کنید.(راستگرد یا چپگرد).
- ✓ حال کلید منبع تغذیه را خاموش کنید تا موتور متوقف شود.

تنظیمات زیر را روی واحد کنترل انجام دهید:

کلید انتخاب سرعت حداکثر را روی 3600 rpm قرار دهید.

کلید جهت چرخش را روی جهت چرخشی که قبلاً یادداشت کرده بودید قرار دهید.

- ✓ کلید start را فشار دهید تا ماشینِ ترمز راه اندازی شود. با تغییر پتانسیومترهای مربوط به سرعت و گشتاور روی واحد کنترل، ماشین را راه اندازی کنید.
- ✓ سرعت ماشین ترمز را به 2000 rpm برسانید. (توسط پتانسیومتر سرعت)
- ✓ منبع تغذیه را روشن کنید. سرعت باید 2000rpm بماند، اگر تغییر کرد آن را با پتانسیومتر سرعت روی واحد کنترل تنظیم کنید.
- ✓ در این حالت ماشینِ ترمز و موتورِ تحت آزمایش با هم کوپل شده اند و می توان توسط واحد کنترل بار لازم را روی موتور شنت تحمیل کرد. که در آزمایش بعد این کار انجام می شود. هدف از آزمایش امروز آشنایی با راه اندازی یک موتور شنت و کوپل کردن آن با واحد ترمز بود.
- ✓ برای پایان دادن به آزمایش، ابتدا منبع تغذیه و سپس واحد کنترل را خاموش کنید.

خواسته های آزمایش:

۱- چه سیم پیچی هایی در ماشین شنت موجود است توضیح دهید.

۲- اگر از ترمینالهای آرمیچر وارد ماشین شویم به ترتیب با چه عناصری برخورد خواهیم کرد؟

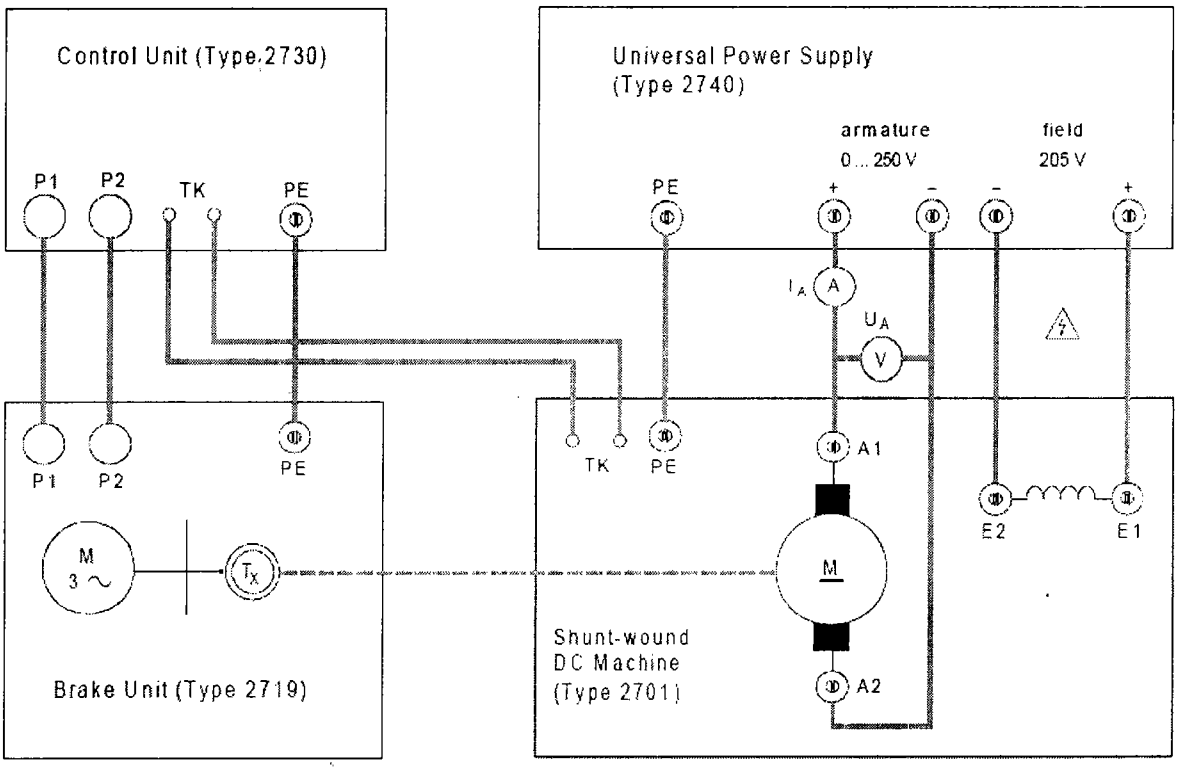
۳- تفاوتهای ماشین شنت خود تحریک با نوع تحریک مستقل چیست؟

٤- درباره مقادیر ذکر شده در پلاک ماشین شنت مورد آزمایش توضیح دهید.

آزمایش ۲: مشخصه بی باری موتور DC شنت

هدف آزمایش : تعیین تغییرات سرعت یک موتور DC شنت تحریک مستقل در اثر تغییرات ولتاژ اعمال شده به آرمیچر $(n = f(V_A))$

مدار آزمایش :



شکل ۳-۶-۲ شکل آزمایش ۲: مشخصه بی باری موتور DC شنت

روش آنجام آزمایش :

- مدار آزمایش را طبق شکل ۳-۶-۲ ببندید.
- طبق آزمایش ۱، سیستم را راه اندازی کنید.
- برای ایجاد حالت بی باری ، پتانسیومتر گشتاور را روی صفر (سمت چپ) قرار دهید.
- برای ولتاژهای داده شده در جدول ۳-۶-۱ مقادیر سرعت را اندازه گیری و یادداشت کنید.
- مقادیر جریان و ولتاژ آرمیچر را در سرعت نامی یادداشت کنید.

I_A = ------A ,V_A = -------V

U_A / V	25	50	75	100	125	150	175	200	205
n / rpm									

جدول ۶.۳ - ۱

- در پایان ابتدا منبع تغذیه و سپس واحد کنترل را خاموش کنید.

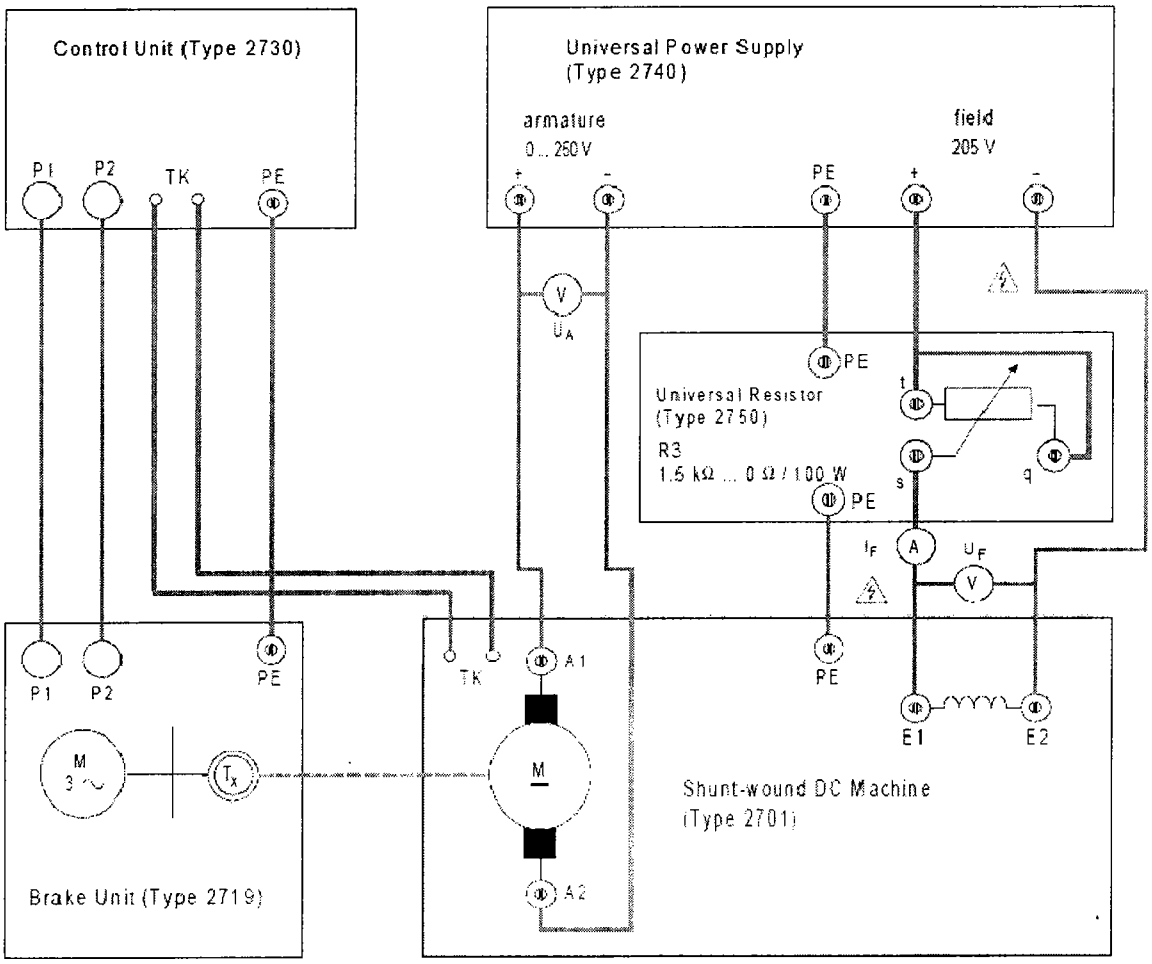
خواسته های آزمایش :

۱. مشخصه بی باری موتور شنت را رسم کنید.
۲. مشخصهٔ بی باری چه چیزی را نشان می دهد، توضیح دهید.
۳. توان مصرف شده توسط آرمیچر در سرعت نامی چقدر است؟

آزمایش ۳ : تغییرات سرعت موتور DC شنت در اثر کاهش شار مغناطیسی

هدف آزمایش : بررسی رفتار سرعت موتور DC شنت تحریک مستقل در اثر کاهش شار مغناطیسی $(n = f(I_E))$. مقدار کاهش شار تا ٦٠٪

مدار آزمایش :



شکل ۳-٦-٤ مدار آزمایش بررسی رفتار سرعت موتور شنت در اثر کاهش شار

روش آزمایش :

- مدار آزمایش را طبق ۳-٦-٤ ببندید.
- ولتاژ داده شده به آرمیچر روی صفر تنظیم کنید.
- مقدار مقاومت R_3 را روی صفر قرار دهید.

- سیستم را طبق توضیحات آزمایش ۱، راه اندازی کنید.
- مقدار R_3 را به گونه ای تنظیم کنید که ولتاژ تحریک V_f= 205 v شود.
- ولتاژ آرمیچر را روی ۲۰۵ ولت تنظیم کنید.
- در این حالت مقدار جریان تحریک و سرعت را در جدول ۳-٦-۲، برای مرحلهٔ ۱ یادداشت کنید.
- با تغییر مقاومت R_3 ، مقادیر جریان تحریک و سرعت را در ٦ مرحلهٔ بعدی یادداشت کنید.

نکته: مقدار جریان تحریک را برای کاهش ٦۰ درصدی شار محاسبه کرده و در مرحلهٔ ۷ استفاده کنید.

- در پایان ابتدا منبع تغذیه و سپس واحد کنترل را خاموش کنید.

Step	1	2	3	4	5	6	7
I_F / A							
n / rpm							

جدول ۳-٦-۲: جریان تحریک و سرعت

خواسته ها :

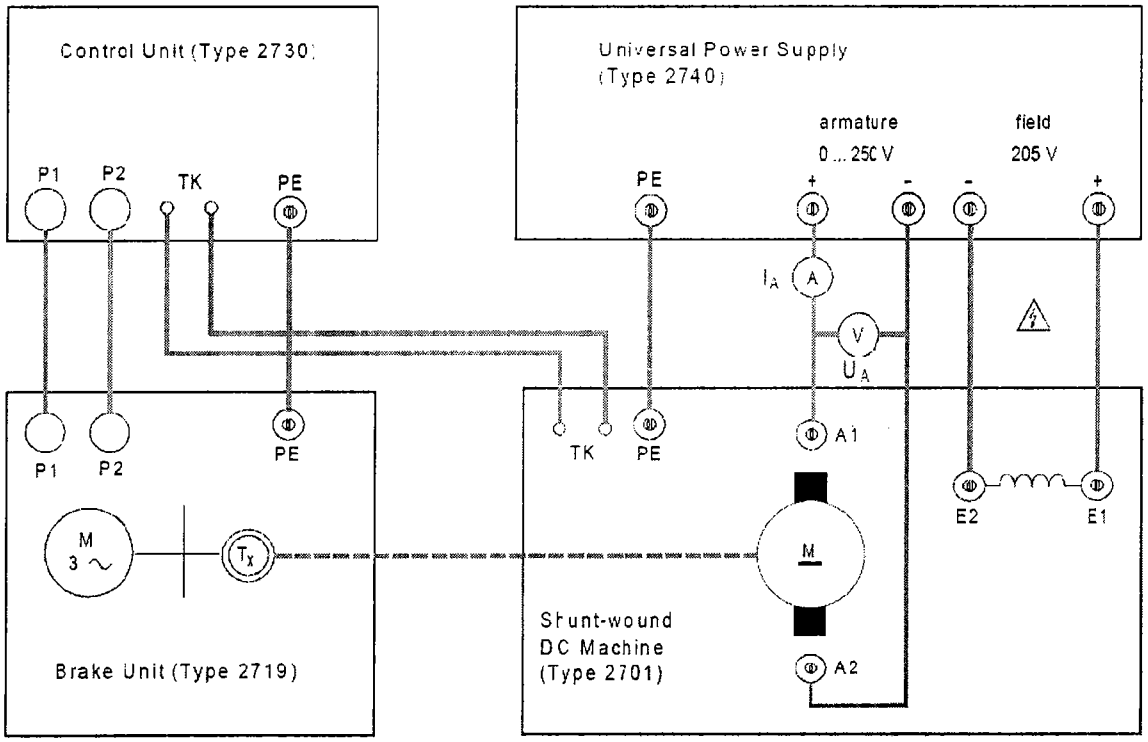
۱- مشخصه کنترل سرعت موتور به روش کاهش شار را رسم کنید.

۲- علت تغییرات سرعت در اثر کاهش شار را توضیح دهید.

آزمایش ٤ : مشخصهٔ بارداری موتور تحریک مستقل

هدف آزمایش: تعیین مشخصهٔ بارداری $n = f(T)$ مربوط به یک موتور تحریک مستقل

شکل آزمایش:



شکل ۳-٦-۳ . مدار آزمایش بارداری موتور تحریک مستقل

روند انجام آزمایش :

- مدار آزمایش را طبق شکل ۳-٦-٦ ببندید.
- ولتاژ آرمیچر را روی صفر تنظیم کنید.
- سیستم را با توجه به توضیحات آزمایش ۱، راه اندازی کنید.
- ولتاژ تحریک و ولتاژ آرمیچر را روی ۲۰۵ ولت تنظیم کنید.
- موتور را توسط ماشین ترمز تحت بارهای خواسته شده در جدول ۳-٦-۳ قرار دهید و مقادیر سرعت و جریان آرمیچر را در آن جدول یاداشت کنید.
- ابتدا منبع تغذیه و سپس واحد کنترل را خاموش کنید.

T (Nm)	0	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0
N (rpm)									
I_A (A)									

خواسته ها:

۱. مشخصه های $n = f(T)$ و $i_a = f(T)$ را رسم کنید.

۲. مشخصه های فوق را توضیح دهید.

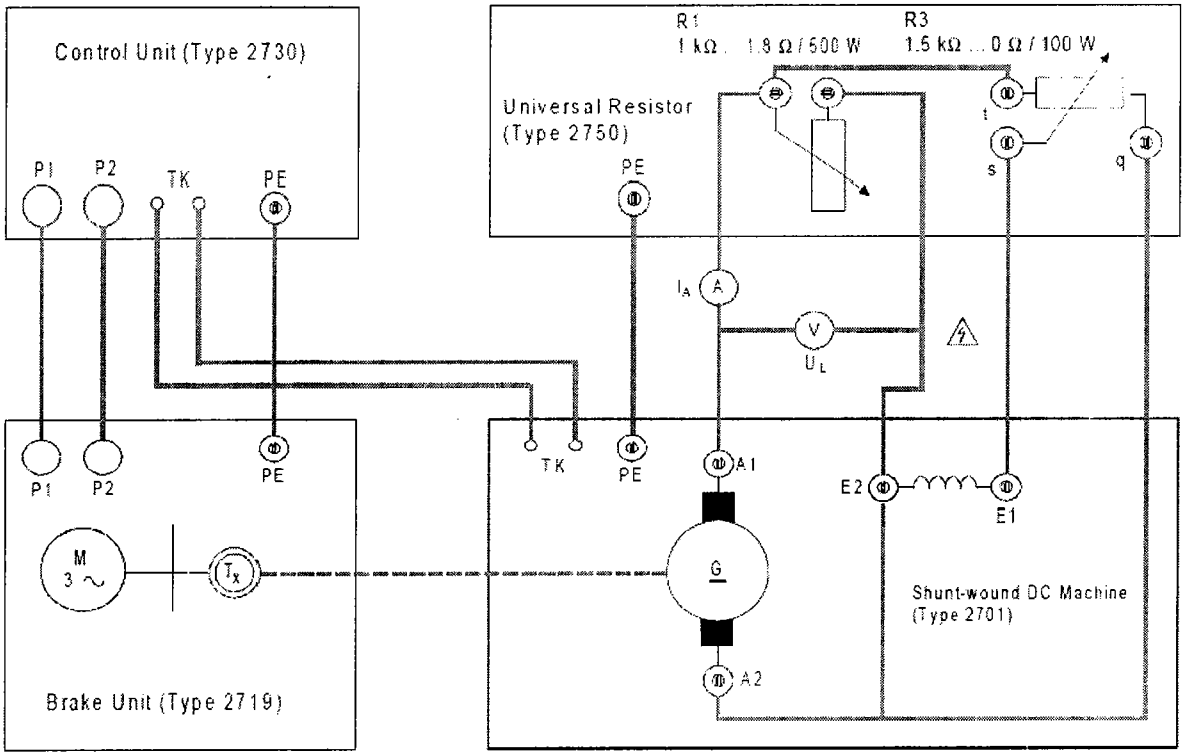
۳. گشتاور نامی موتور شنت مورد آزمایش را بدست آورید (از روی منحنی).

۳-۷ : آزمایش مربوط به ژنراتور DC

آزمایش ۱: مشخصهٔ بارداری ژنراتور خود تحریک

هدف آزمایش : تعیین مشخصهٔ بار $I_L = f(I_A)$.

شکل آزمایش:



شکل ۳-۷-۱ مدار آزمایش مشخصه بارداری ژنراتور DC

روند انجام آزمایش :

- مدار آزمایش را طبق ۳-۷-۱ ببندید.
- مقدار مقاومت بار (R_1) را روی 1kΩ و مقدار رئوستای میدان (R_3) را روی Ω ۰ قرار دهید.
- ژنراتور را توسط واحد ترمز راه اندازی کنید. پیچ تضعیف کنندهٔ گشتاور را روی ماکزیمم قرار دهید.
- سرعت ژنراتور را توسط واحد کنترل به 2000 rpm رسانده و تا پایان آزمایش ثابت نگه دارید.
- با تغییر مقاومت R1 (مقاومت بار) مقادیر خواسته شده در جدول ۳-۷-۱ را بدست آورید.
- در پایان واحد کنترل را خاموش کنید.
-

Step	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I_A / A													
U_L / V													

جدول ۳-۷-۱۰ جریان آرمیچر و ولتاژ بار

خواسته ها :

۱- مشخصهٔ ولت آمپر خروجی ژنراتور را رسم کنید.

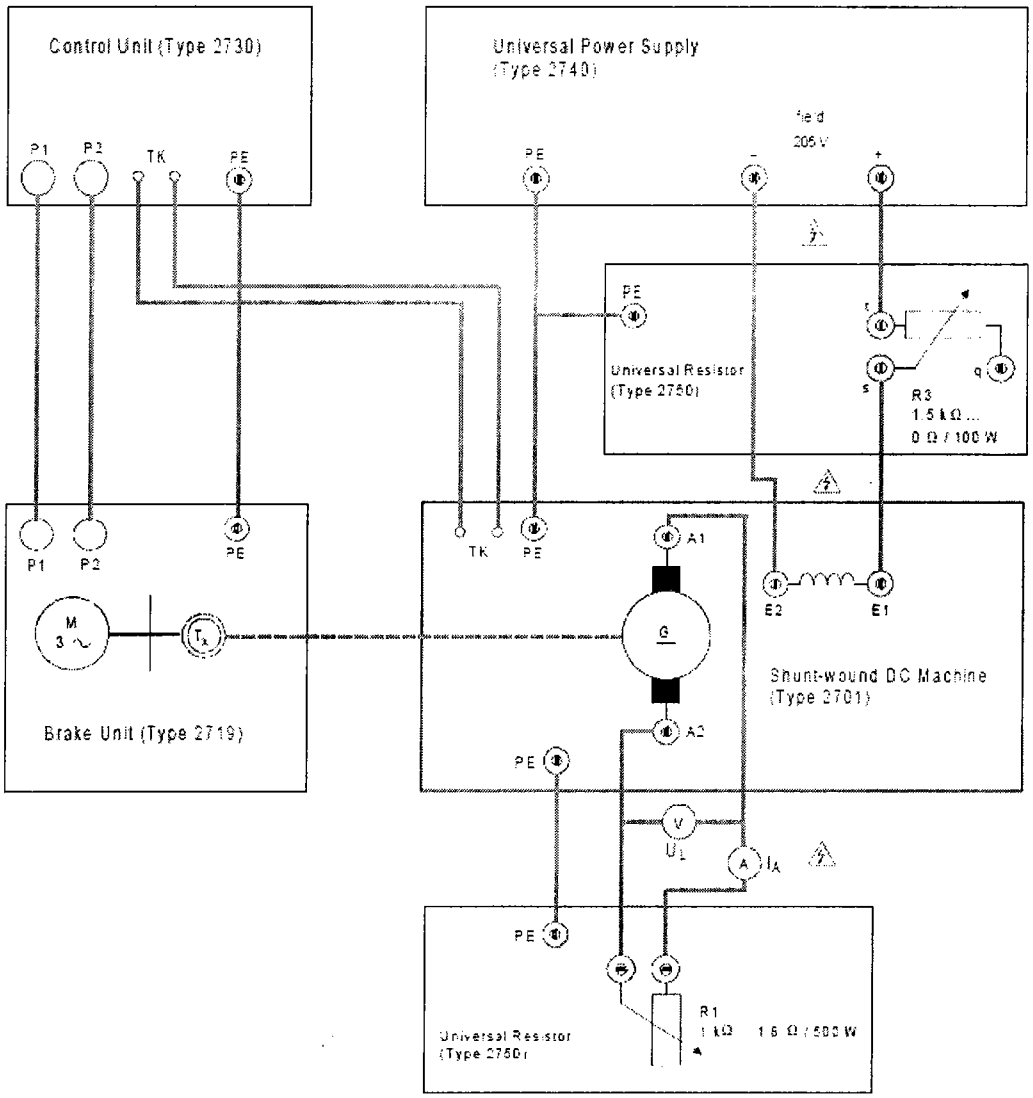
۲- علت بازگشت منحنی $V_L = f(I_L)$ را توضیح دهید.

۳- مقدار افت ولتاژ را بدست آورید.

آزمایش ۲ : مشخصهٔ بار ژنراتور DC تحریک مستقل

هدف آزمایش: تعیین مشخصهٔ بار $V_L = f(I_L)$ ژنراتور DC تحریک مستقل

مدار آزمایش :



شکل ۳-۷-۳ مدار آزمایش مشخصه بار ژنراتور DC تحریک مستقل

روند انجام آزمایش :

- مدار آزمایش را طبق شکل ۳-۷-۳ ببندید.

- مقدار مقاومت بار (R1) را روی 1kΩ و مقدار مقاومت رئوستای تحریک را روی 0Ω قرار دهید.
- ژنراتور را توسط ماشین ترمز راه اندازی کرده و سرعت آن را به 2000 rpm برسانید.
- پتانسیومتر مربوط به تضعیف گشتاور، روی واحد کنترل را روی ماکزیمم قرار دهید.
- با تغییر مقاومت بار (R1) مقادیر خواسته شده را در جدول ۳-۷-۲ یادداشت کنید.
- سرعت را در طول آزمایش روی 2000 rpm ثابت نگه دارید.
- در پایان، ابتدا منبع تغذیه و سپس واحد کنترل را خاموش کنید.

I_A / A	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
U_L / V											

جدول ۳-۷-۲ تغییر ولتاژ با بار

خواسته ها :

۱- مشخصهٔ $V_L = f(I_L)$ را رسم نمایید.

۲- علت کاهش ولتاژ ترمینال را توضیح دهید.

۳- تفاوت بین مشخصهٔ فوق با مشخصهٔ مربوط به ژنراتور شنت خود تحریک چیست؟

٤- توان نامی تولیدی ژنراتور چقدر است؟

۵- مقدار افت ولتاژ را بدست آورید.

٤) ماشین DC سری

موتورهای سری دارای گشتاور راه اندازی زیاد هستند. این موتورها نباید در حالت بی بار کار کنند چون سرعتشان فوق العاده زیاد می شود.

٤-١ ساختمان ماشین:

در این ماشین سیم پیچ آرمیچر و سیم پیچ تحریک به صورت سری با هم قرار می گیرند. جریان راه اندازی در این ماشین زیاد است و در هنگام راه اندازی باید با راه انداز مقدار جریان محدود شود.

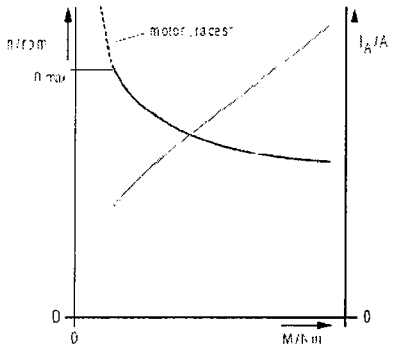
ماشین سری اساساً از یک استاتور با سیم پیچ تحریک و یک روتور با سیم پیچ آرمیچر و جاروبک های کربنی که جریان را از طریق کموتاتورها به آرمیچر می رسانند تشکیل شده است.

٤-٢ عملکرد موتوری:

سرعت موتور سری شدیداً به بار وابسته است. یک تغییر در بار باعث تغییر جریان آرمیچر می شود. اگر بار افزایش یابد، جریان آرمیچر زیاد شده و سرعت کاهش می یابد. در هنگام راه اندازی و همچنین بارهای بزرگ جریان آرمیچر زیاد بوده و گشتاور لازم را تولید می کند.

طبق شکل ٤-٢-١ نباید موتور سری در حالت بی بار کار کند چون سرعت آن بیش از حد مجاز می شود.

از موتور سری در وسایل حمل و نقل و بالابرها و خودروها و ترن ها استفاده می شود.



شکل ۲-۱

٤-٣ : عملکرد ژنراتوری

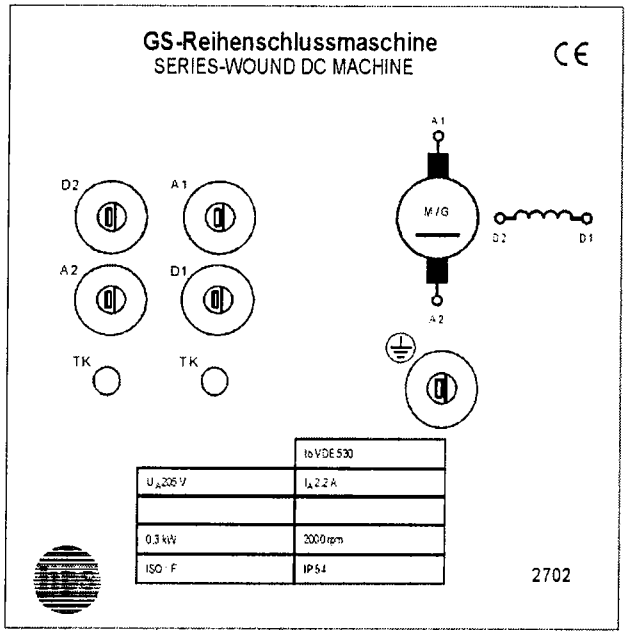
چون سیم پیچ تحریک با آرمیچر و بار سری است پس این ژنراتور فقط وقتی می تواند کاملا خودش را تحریک کند که جریان بار کامل باشد. این ژنراتور در بارهای خیلی زیاد در معرض خطر اتصال کوتاه است. یعنی ولتاژ ترمینالش شدیداً افت می کند.

٤-٤ : راه اندازی ماشین

برای راه اندازی یا باید از مقاومت راه اندازی یا از منبع ولتاژ DC متغیر استفاده شود که در اینجا از روش دوم استفاده می شود.

٤-٥ : اتصالات ماشین

سیم پیچ آرمیچر (A_1,A_2) و سیم پیچ تحریک (D_1,D_2) در دسترس هستند. شکل ٤-٥-١ مقادیر نامی ماشین و ترمینال های ماشین را نشان می دهد.



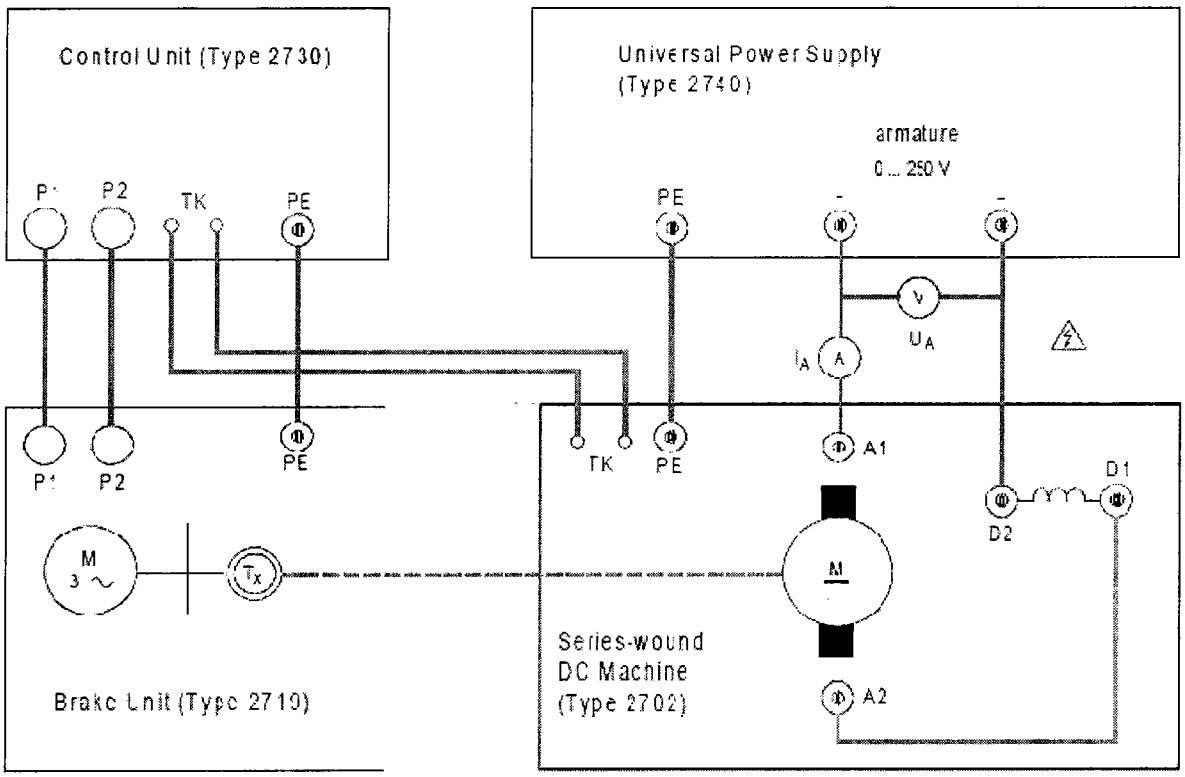
شکل ٤-٥-١

٤-٦ : آزمایش های مربوط به موتور DC سری

آزمایش ۱: آشنایی با راه اندازی ماشین سری

هدف آزمایش : استفاده از ماشین سری به عنوان موتور

شکل آزمایش :



شکل ٤-٦-١ مدار آزمایش راه اندازی ماشین سری

روند انجام آزمایش :

- مدار آزمایش را طبق شکل ٤-٦-١ ببندید.
- ولتاژ آرمیچر را روی صفر تنظیم کنید.
- منبع تغذیه را روشن کنید.
- ولتاژ آرمیچر را کمی زیاد کنید تا موتور بچرخد حال جهت چرخش را یادداشت کنید.
- منبع تغذیه را خاموش کنید.
- روی واحد کنترل تنظیمات زیر را انجام دهید:

- مد عملکرد روی MANUAL و ورودی روی internal
- حد سرعت ماکزیمم روی 3600 rpm

- پتانسیومتر سرعت را روی صفر قرار دهید.
- واحد کنترل را روشن کرده و دکمهٔ Start را فشار دهید.
- سرعت ماشین ترمز را توسط پتانسیومتر سرعت به 2000 rpm برسانید.

توجه : در این آزمایش در صورت خاموش شدن واحد کنترل به صورت اتوماتیک یا دستی، برای جلوگیری از افزایش ناگهانی سرعت موتور، باید منبع تغذیه را سریع خاموش کنید.

- جهت چرخش را بررسی کنید که با جهت چرخش یادداشت شده در بالا یکی باشد.
- منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ آرمیچر را تا 205 V افزایش دهید.
- سرعت را توسط پتانسیومتر سرعت روی 2000 rpm تنظیم کنید.
- در پایان، ابتدا منبع تغذیه و سپس واحد کنترل را خاموش نمایید.

خواسته ها :

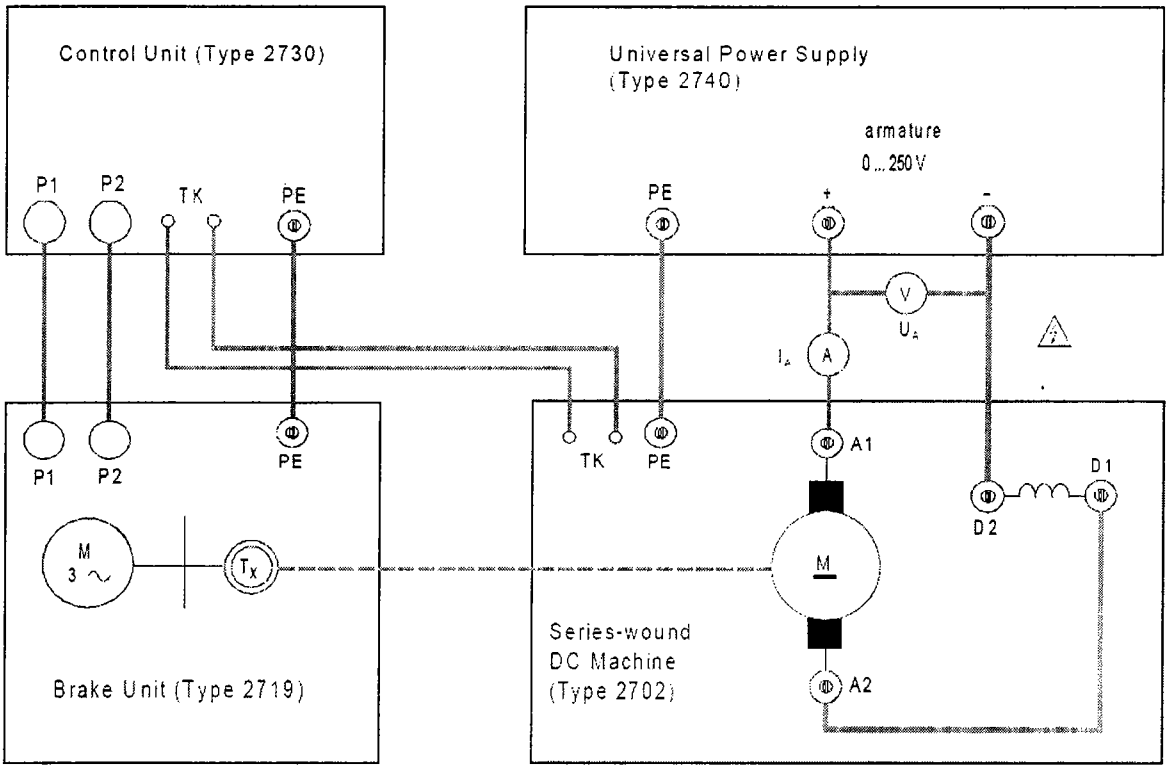
۱- تفاوتهای ساختاری و عملکردی موتور DC سری با شنت چیست؟

۲- اگر موتور DC سری به صورت بی بار یا کم بار راه اندازی شود (با ولتاژ نامی) چه اتفاقی میافتد چرا؟

آزمایش ۲: مشخصه بارداری موتور DC سری

هدف : بدست آوردن مشخصه های $n = f(T)$ و $i_A = f(T)$

مدار آزمایش :



شکل ۴-۶-۲ مدار آزمایش موتور DC سری

روند آنجام آزمایش:

- مدار آزمایش را طبق شکل ٤-٦-٢ ببندید.
- طبق توضیحات آزمایش ۱، سیستم را راه اندازی کنید.
- ولتاژ آرمیچر را روی205V تنظیم کنید.
- به کمک پتانسیومتر تنظیم سرعت روی برد کنترل، گشتاور اعمالی به موتور سری را می نیمم کنید. (حدود 0.4Nm) در این حالت سرعت زیاد شده و جریان موتور کم خواهد بود. مقادیر فوق را در جدول ٤-٦-١ یادداشت کنید.

M / Nm	min.	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
n / rpm								
I_A / A								

جدول ٤-٦-١

- بار موتور را توسط ماشین ترمز و طبق جدول ٤-٦-١ افزایش دهید و در هر گام، مقادیر سرعت و جریان موتور را یادداشت کنید. توجه داشته باشید که با افزایش بار، سرعت کاهش و جریان افزایش می یابد.
- در پایان ابتدا منبع تغذیه و سپس واحد کنترل را خاموش کنید.

خواسته های آزمایش:

۱- مشخصه های $n = f(T)$ و $i_A = f(T)$ را رسم کنید.

۲- چگونگی تغییرات مشخصات فوق و علت آن را توضیح دهید.

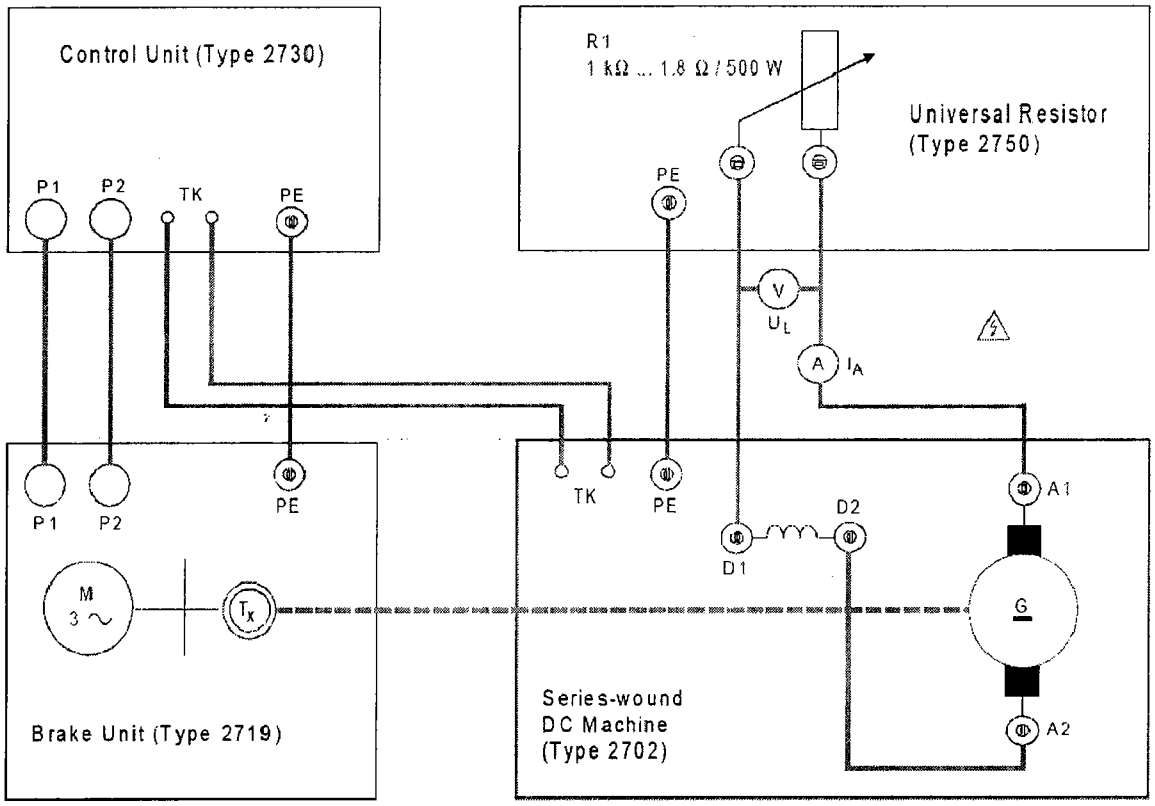
۳- توان نامی موتور را حساب کنید.

٤-٧ : آزمایش های مربوط به ژنراتور DC سری

آزمایش ۱ : مشخصه های بارداری ژنراتور DC سری

هدف: بدست آوردن مشخصهٔ $v_L = f(I_A)$

مدار آزمایش :



شکل ٤-٧-١: مدار آزمایش ژنراتور DC سری

روند انجام آزمایش:

- مدار آزمایش را طبق شکل ٤-٧-١ ببندید.
- مقاومت بار (R_1) را روی مقدار ماکزیمم قرار دهید.
- ماشین ترمز را روشن و سرعت را روی 2000rpm تنظیم کنید و تا پایان آزمایش آنرا ثابت نگه دارید.
- با تغییر مقاومت بار، جریان I_A را روی 0.2A تنظیم کنید و ولتاژ بار در جدول ٤-٧-١ یادداشت کنید.

I_L / A	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
U_L / V												

جدول ٤-٧-١

- دوباره مقاومت بار را تغییر داده و جدول ٤-٧-١ را کامل کنید. (در هر مرحله سرعت را روی 2000 rpm تنظیم کنید سپس مقدار ولتاژ را بخوانید).

خواسته های آزمایش:

۱- مشخصهٔ $v_L = f(IA)$ را رسم کنید.

۲- دربارهٔ مشخصه فوق توضیح بدهید.

۳- توان نامی تولید شده توسط ژنراتور چقدر آست؟

۵) ماشین DC کمپوند

این ماشین هم سیم پیچی سری دارد هم سیم پیچی موازی و به صورت ژنراتوری و موتوری کار می کند.

۵-۱: ساختار ماشین

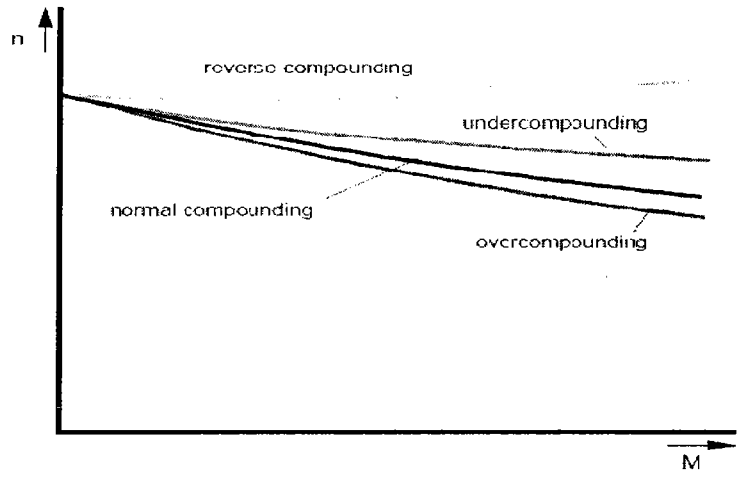
این ماشین ۲ سیم پیچ تحریک دارد. یکی از آنها (سیم پیچی سری) با سیم پیچ آرمیچر سری می شود و دیگری (سیم پیچی موازی) با سیم پیچ آرمیچر موازی می شود.

دو سیم پیچ تحریک (سری و موازی) روی استاتور هستند و سیم پیچ آرمیچر روی روتور قرار دارد و از طریق جاروبک ها و کموتاتور به بیرون آمده است. ماشین موجود در این آزمایشگاه یک تپ ۸۰٪ روی سیم پیچی سری دارد.

ماشین های کمپوند دیگری وجود دارد که تپ های بیشتری روی سیم پیچی سری و همچنین تپ هایی روی سیم پیچی موازی دارند.

۵-۲ عملکرد موتوری

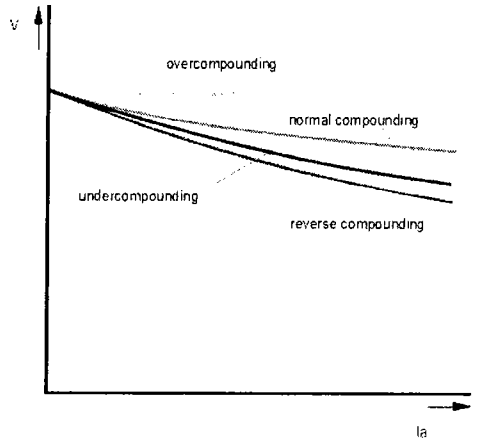
با توجه به جهت جریان در سیم پیچی سری، دو حالت کمپوند اضافی و کمپوند نقصانی ایجاد می شود. اگر شار تولیدی توسط سیم پیچی سری هم جهت با شار تولیدی سیم پیچی موازی باشد، کمپوند اضافی است و اگر در خلاف جهت آن باشد کمپوند نقصانی است و با توجه به تعداد دورهای سیم پیچ سری در حالت کمپوند اضافی سه حالت فوق و تخت و زیر کمپوند خواهیم داشت. همهٔ این حالت ها در شکل ۵-۲-۱ نشان داده شده است.



شکل ۵ ۲ ۱: انواع کمپوند در موتور کمپوند

۵-۳ : عملکرد ژنراتوری

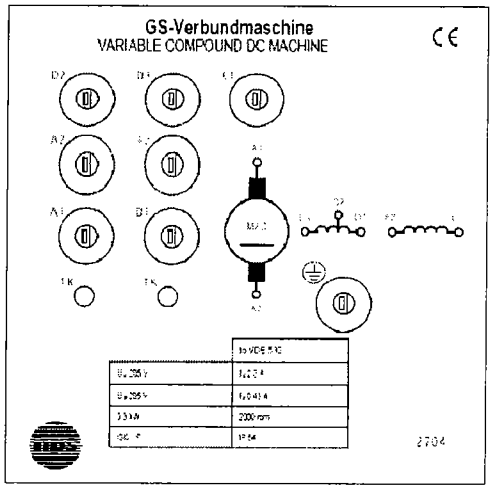
در عملکرد ژنراتوری نیز حالت های کمپوند نقصانی و کمپوند اضافی (فوق و تخت وزیر) را خواهیم داشت که در شکل ۵-۲-۲ نشان داده شده است.



شکل ۵-۲-۲ انواع کمپوند در ژنراتور کمپوند

۵-٤ اتصالات ماشین

سه سیم پیچی موجود در ماشین کمپوند در شکل ۵-۵-۱ نشان داده شده است. (A_2وA_1) سرهای سیم پیچی آرمیچر و (D_3وD_1) سرهای سیم پیچی سری و (E_2 و E_1) سرهای سیم پیچی موازی است. D2 همان تپ ۸۰٪ روی سیم پیچی سری است. مقادیر نامی ماشین هم در جدولی داده شده است. به آن توجه کنید.



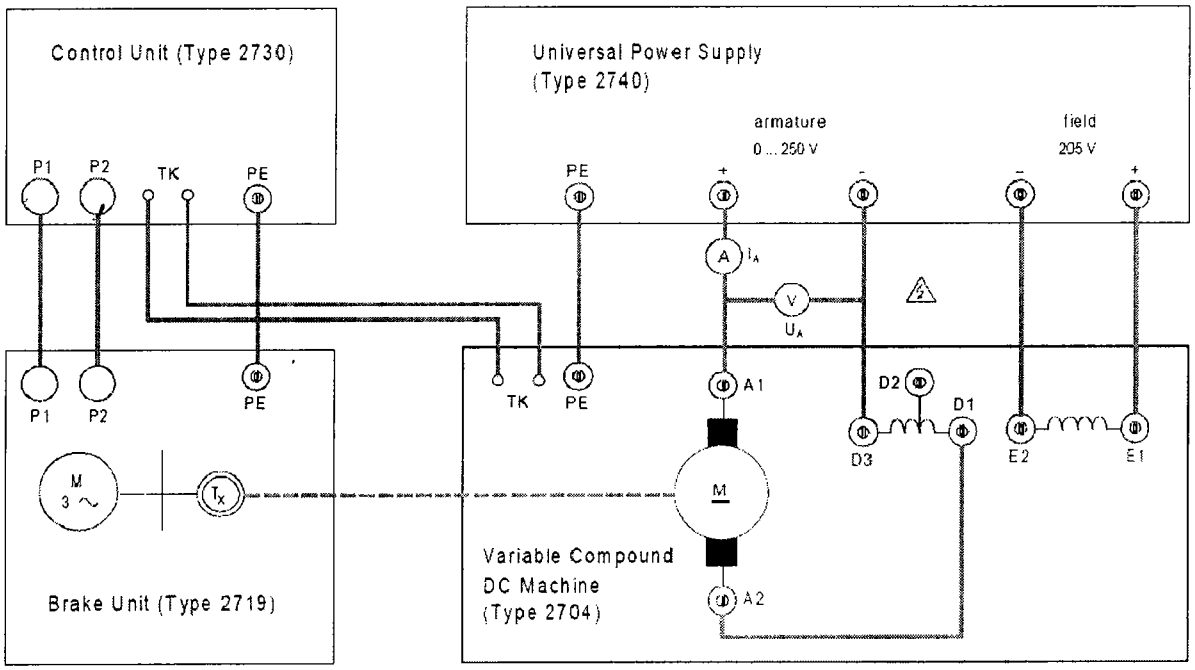
شکل ۵-۵-۱ اتصالات و مقادیر نامی ماشین کمپوند

۵-۵ آزمایش های مربوط به موتور DC کمپوند

آزمایش ۱ : راه اندازی ماشین DC کمپوند

هدف: راه اندازی ماشین کمپوند به صورت تحریک جداگانه و با سیم پیچی سری کامل (فوق کمپوند)

مدار آزمایش:



شکل ۵ - ۵ - ۱: مدار آزمایش راه اندازی ماشین کمپوند

روند انجام آزمایش:

- مدار آزمایش را طبق شکل ۵-۶-۱ ببندید.
- واحد کنترل را روشن کنید.
- پتاسیومتر ولتاژ روی واحد منبع تغذیه را روی صفر قرار دهید.
- منبع تغذیه را روشن کنید اکنون باید ولتاژ به سیم پیچ موازی اعمال شده باشد.
- ولتاژ آرمیچر را افزایش دهید تا سرعت ماشین به 2000 rpm برسد.
- جهت چرخش را یادداشت کنید و به خاطر بسپارید.
- منبع تغذیه را خاموش کنید.
- کلید سرعت ماکزیمم را روی 3600 rpm قرار دهید.

- جهت چرخش را مانند آنچه که در بالا یادداشت کردید انتخاب کنید.
- با فشردن کلید start ماشین ترمز را راه اندازی کنید. و سرعت آنرا به 2000 rpm برسانید.
- منبع تغذیه را روشن کنید.
- در پایان، ابتدا منبع تغذیه و سپس واحد کنترل را خاموش کنید.

خواسته ها:

۱- فرق ماشین کمپوند با ماشین شنت و سری چیست؟

۲- انواع کمپوند را نام برده و درباره آنها توضیح دهید.

آزمایش ۲ : حالتهای مختلف کمپوند در موتور DC کمپوند

هدف: به دست آوردن مشخصهٔ بارداری $n = f(t)$ و $n = f(I_A)$ برای حالتهای فوق کمپوند، کمپوند تخت (نرمال)، زیر کمپوند و کمپوند نقصانی

روند انجام آزمایش:

- مدار آزمایش را طبق شکل ۵-۵-۲ ببندید.
- ولتاژ آرمیچر را روی صفر قرار دهید.
- طبق توضیحات آزمایش ۱، سیستم را راه اندازی کنید.
- ولتاژ تحریک را روی ۲۰۰ ولت قرار دهید.
- ولتاژ آرمیچر را تا ۲۰۵ ولت افزایش دهید و در طول آزمایش آنرا ثابت نگه دارید.
- بارهای مختلف را به موتور اعمال کنید (طبق گشتاورهای بار داده شده در جدول ۵-۵-۱) سرعت را در هر مرحله یادداشت کنید و جدول را کامل کنید. (ردیف اول جدول)

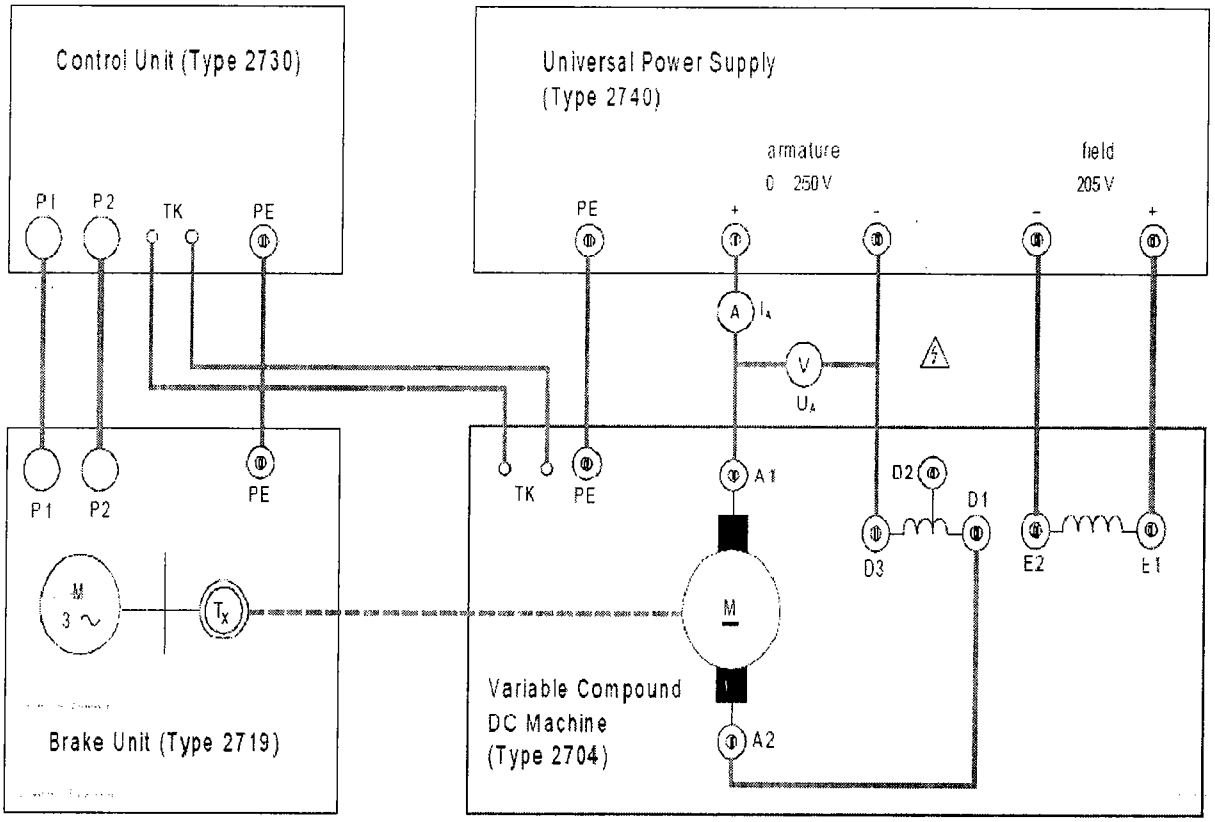
نکته: هنگام تنظیم کردن گشتاور، ولتاژ آرمیچر تغییر می کند برای ثابت ماندن ولتاژ بهتر است که گشتاور و ولتاژ را با هم و با پله های کوچک تغییر دهید.

Compounding type	M / Nm	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4
over	n / rpm							
normal								
under								
reverse								Attention!

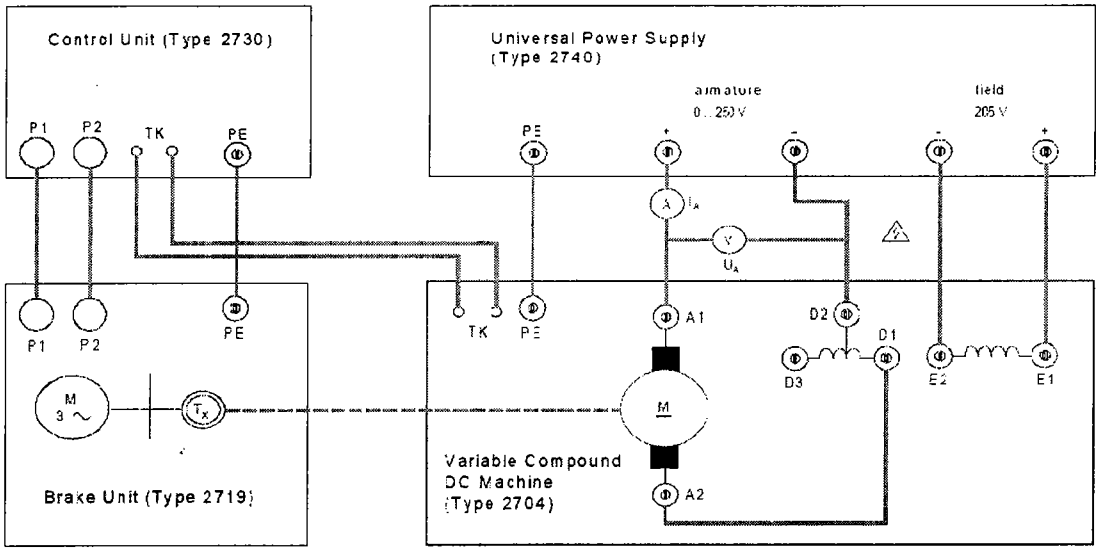
جدول ۵-۵-۱

- ولتاژ آرمیچر را روی صفر قرار داده و منبع تغذیه را خاموش کنید سپس واحد کنترل را خاموش کنید.
- مدار آزمایش را طبق شکل ۵-۵-۳ (حالت کمپوند تخت (نرمال)) تغییر دهید و آزمایش را تکرار کنید. و نتایج را در ردیف دوم جدول ۵-۵-۱ یادداشت کنید.
- مدار آزمایش را طبق شکل ۵-۵-٤ (حالت زیر کمپوند) تغییر دهید و آزمایش را تکرار کنید. و نتایج را در ردیف سوم جدول ۵-۵-۱ یادداشت کنید.

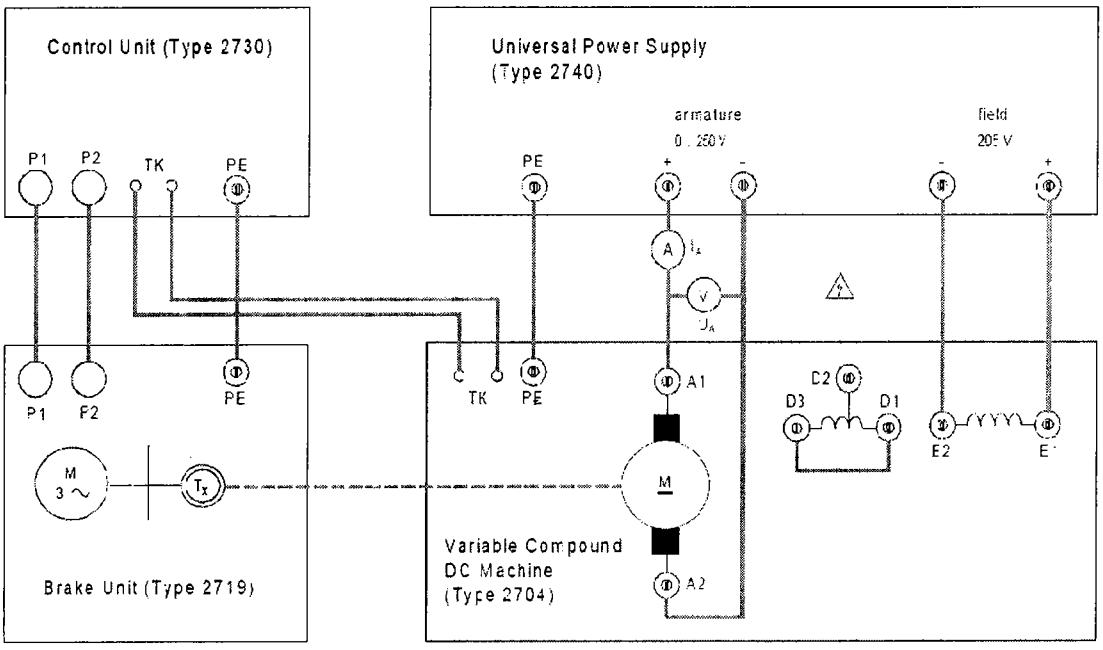
- مدار آزمایش را طبق شکل ۵-۵-۵ (حالت کمپوند نقصانی) تغییر دهید و آزمایش را تکرار کنید. و نتایج را در ردیف چهارم جدول ۵-۵-۱ یادداشت کنید.



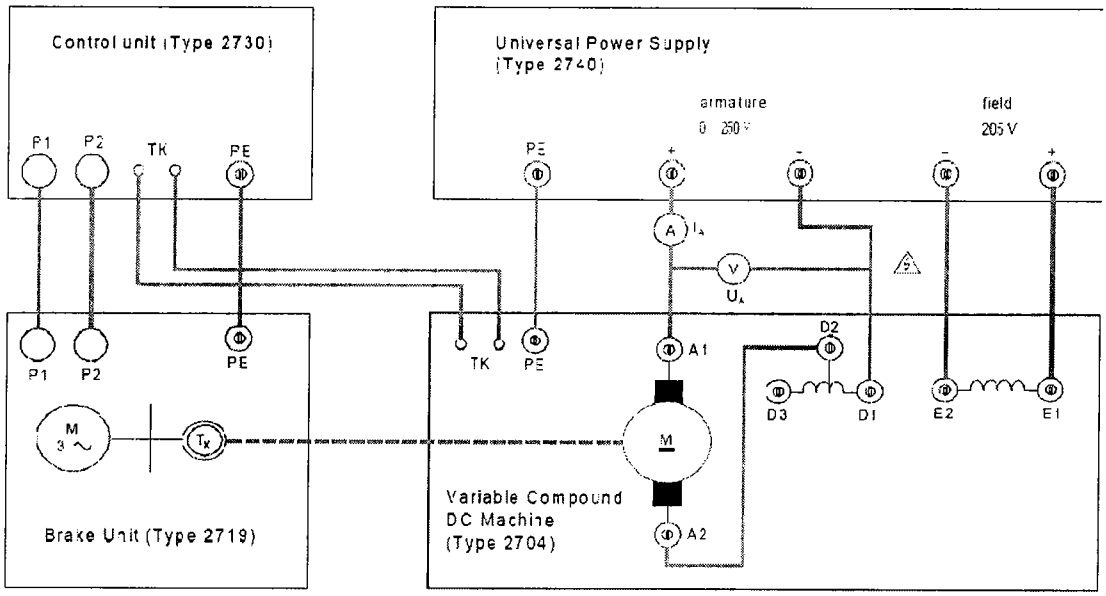
شکل ۵-۵-۲: مدار آزمایش موتور کمپوند در حالت فوق کمپوند (سیم پیچ سری ۱۰۰٪)



شکل ۵-۵-۳: مدار آزمایش موتور کمپوند در حالت کمپوند نرمال (سیم پیچ سری ۲۰٪)



شکل ۵-۵-۵: مدار آزمایش موتور کمپوند در حالت [illegible] سیم پیچ سری



شکل ۵-۵-۵: بستار آزمایش ... کشیده در حالت کمپوند تفاضلی (سه پیچ سری ۲۰)

خواسته های آزمایش:

۱. هر چهار مشخصه گشتاور سرعت را با هم رسم کنید.

۲. دربارهٔ مشخصه های فوق توضیحات کافی بدهید.

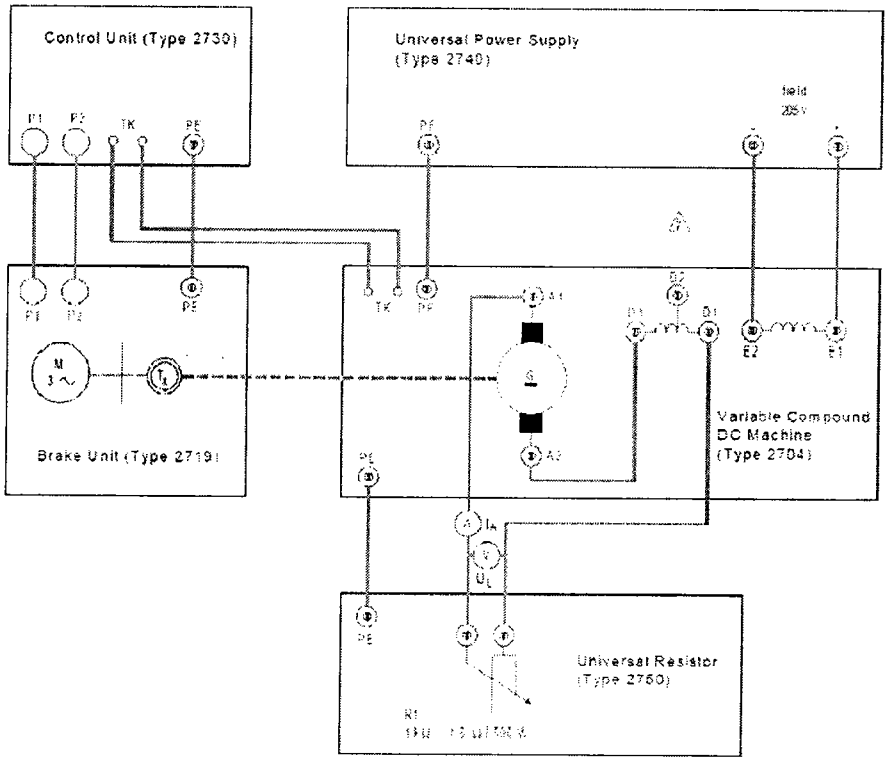
۵-٦ : آزمایش های ژنراتور DC کمپوند

آزمایش ۱ : انواع کمپوند در ژنراتور DC کمپوند

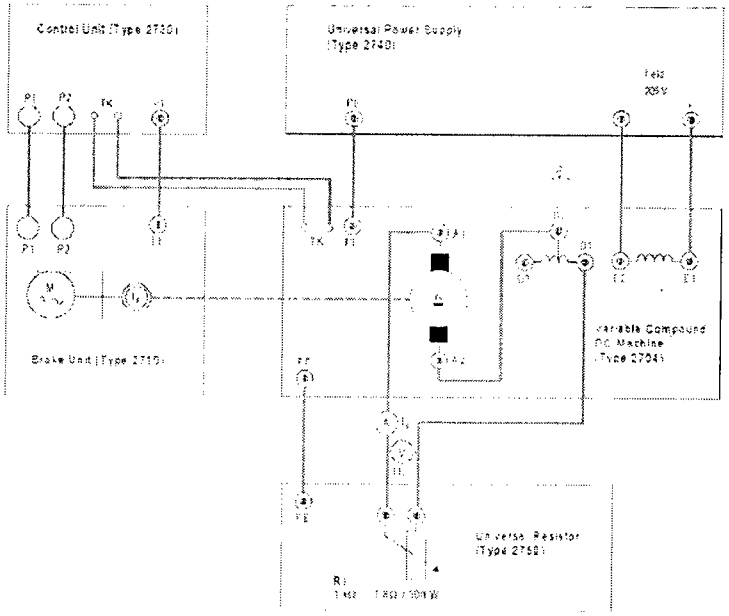
هدف: بدست آوردن مشخصهٔ بارداری $v_L = f(I_A)$ برای حالت های فوق کمپوند، کمپوند نرمال، زیر کمپوند و کمپوند نقصانی.

روند انجام آزمایش :

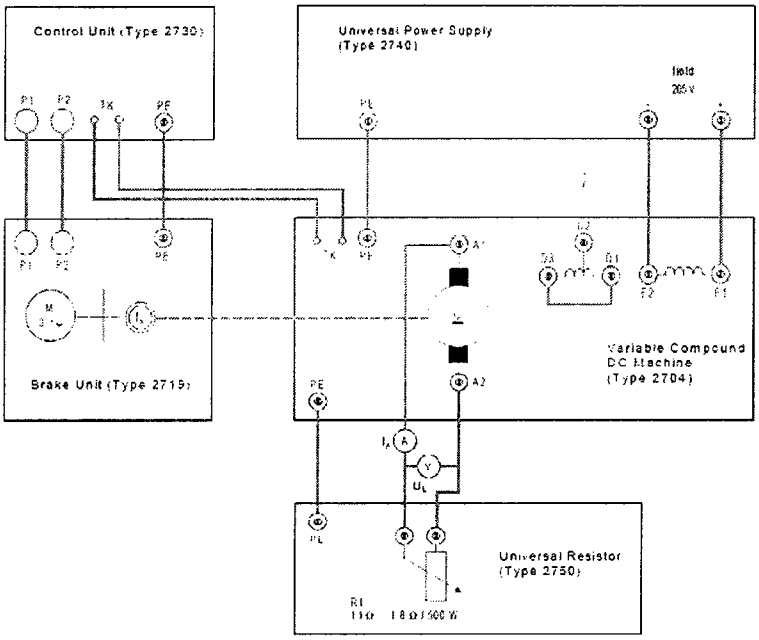
- مدار آزمایش را طبق شکل ۵-٦-۱ ببندید.
- مقاومت بار R_1 را روی $1k\Omega$ قرار دهید.
- ولتاژ 200 v را به سیم پیچ موازی اعمال کنید.
- ماشین ترمز را روشن کرده و سرعت آن را به 2000 rpm رسانده و تا پایان آزمایش ثابت نگه دارید.
- با تغییر مقاومت R_1 جریان آرمیچر را روی مقدار خواسته شده در جدول ۵-٦-۱ تنظیم کنید و ولتاژ را یادداشت کنید و جدول را تکمیل کنید. در هر مرحله سرعت را روی 2000 rpm ثابت کنید.
- بعد از پایان مرحله قبل ولتاژ آرمیچر را صفر کنید و منبع تغذیه را خاموش نمایید و سپس واحد کنترل را خاموش کنید.
- مدار آزمایش را طبق شکل ۵-٦-۲ تغییر دهید (کمپوند نرمال) و آزمایش را تکرار کنید. ونتایج را در ردیف دوم جدول ۵-٦-۱یادداشت نمایید.
- مدار آزمایش را طبق شکل ۵-٦-۳ تغییر دهید (زیر کمپوند) و آزمایش را تکرار کنید. ونتایج را در ردیف سوم جدول ۵-٦-۱یادداشت نمایید.
- مدار آزمایش را طبق شکل ۵-٦-٤ تغییر دهید (کمپوند نقصانی) و آزمایش را تکرار کنید. ونتایج را در ردیف چهارم جدول ۵-٦-۱یادداشت نمایید.



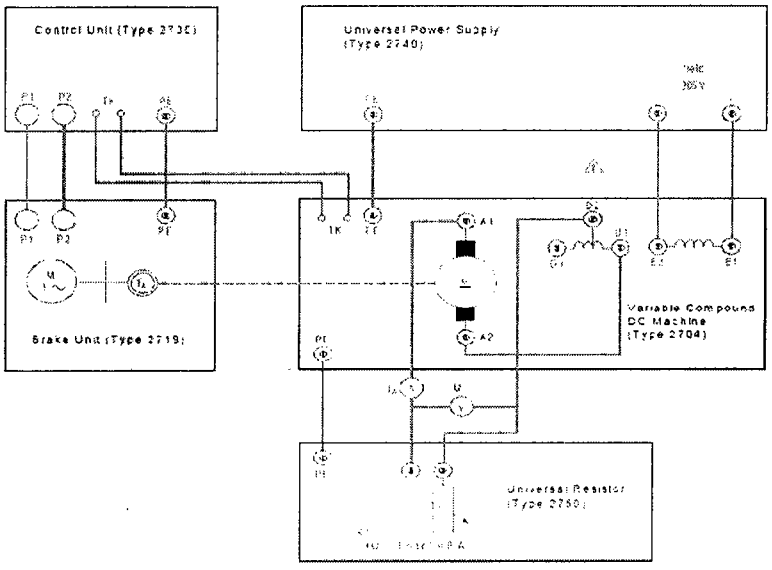
شکل ۵-۶-۲: مدار آزمایش ژنراتور کمپوند تراکم (سیم پیچ سری ۲۰٪)



شکل ۵-۶-۲: مدار آزمایش ژنراتور کمپوند تراکم (سیم پیچ سری ۲۰٪)



شکل ۵-۶-۳ مدار آزمایش ژنراتور دی کمپوند (بدون سیم پیچ سری)



شکل ۵-۶-۴ مدار آزمایش ژنراتور دی کمپوند (با سیم پیچ سری)

Compounding type	I_A / A	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5
over	U_L / V										
normal											
under											
reverse											

جدول ۵-۶-۱

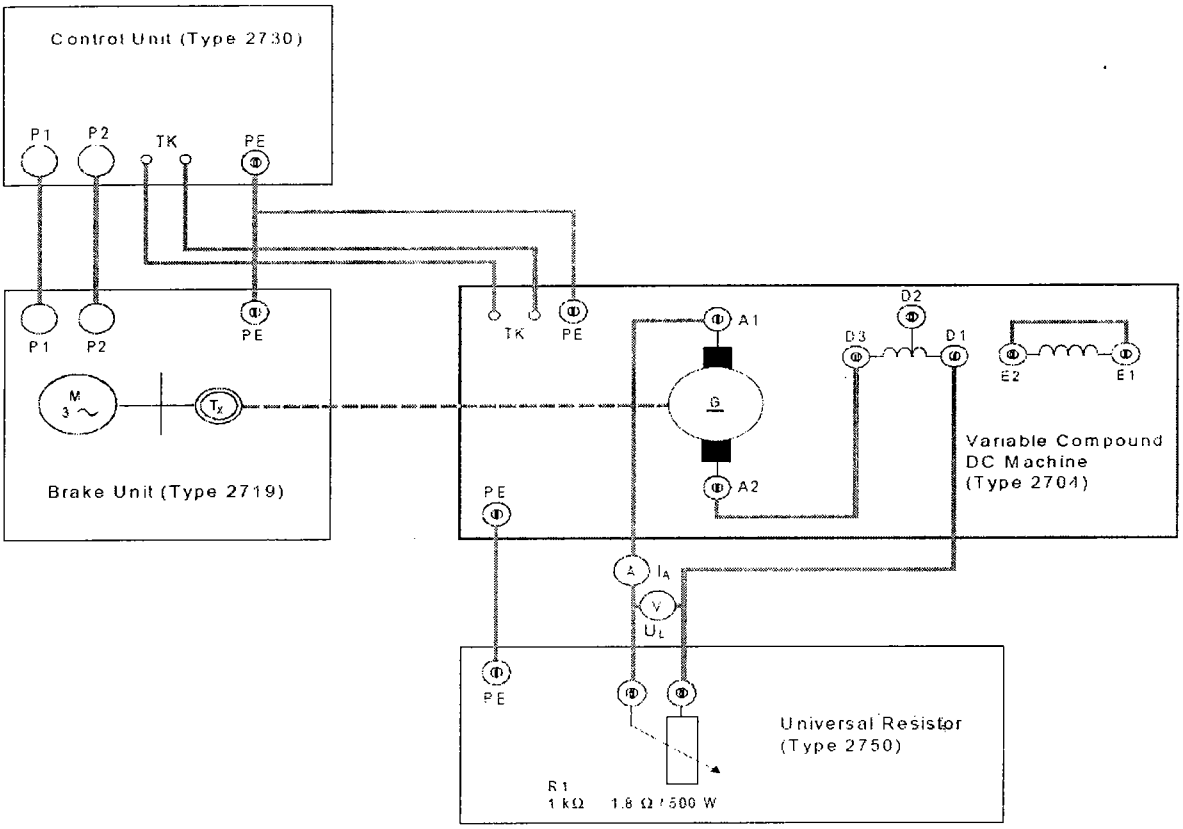
خواسته های آزمایش:

۳. هر چهار مشخصه ولت آمپر خروجی را با هم رسم کنید.

٤. دربارهٔ مشخصه های فوق توضیحات کافی بدهید.

آزمایش ۲: مشخصهٔ بارداری ماشین DC کمپوند استفاده شده به عنوان ژنراتور سری

هدف: بدست آوردن مشخصه بارداری $v_L = f(I_A)$



شکل ۵-۶-۶ : مدار آزمایش ژنراتور DC سری با استفاده از ماشین کمپوند

روند انجام آزمایش :

- مدار آزمایش را طبق شکل ۵-۶-۶ ببندید.
- ژنراتور را توسط واحد ترمز با سرعت 2000 rpm بچرخانید.
- مقاومت بار R_1 را به گونه ای تنظیم کنید که جریانها مطابق جدول ۵-۶-۲ باشند و مقادیر ولتاژ بار را یادداشت کنید. در هر مرحله سرعت باید روی 2000 rpm باشد.
- واحد کنترل را خاموش کنید.

I_A / A	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
U_L / V													

جدول ۵-۶-۲

خواسته های آزمایش:

۱. منحنی مشخصهٔ $v_L = f(I_A)$ را رسم کنید.
۲. دربارهٔ مشخصه فوق توضیح دهید.
۳. توان نامی تولیدی ژنراتور چقدر است؟

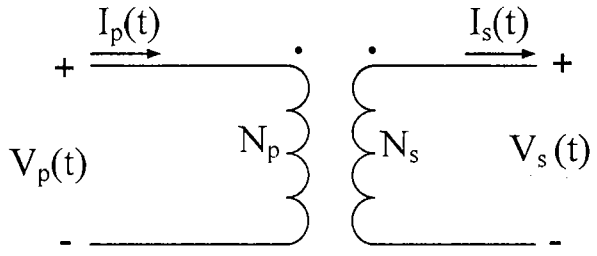
٦) ترانسفورماتور تکفاز

ترانسفورماتور وسیله ای است که انرژی الکتریکی ac را از ولتاژی به ولتاژ دیگر با همان فرکانس تبدیل می کند و این عمل را از طریق میدانهای مغناطیسی انجام می دهد. این وسیله از ۲ یا چند پیچک پیچیده شده به دور یک هسته فرومغناطیس معمولی تشکیل می شود که معمولاً سیم پیچ ها مستقیماً بهم متصل نشده و تنها ارتباط آن ها توسط شار مغناطیسی درون هسته است.

یکی از سیم پیچی های ترانسفورماتور به منبع قدرت ac متصل می شود و دومین (و شاید سومین) سیم پیچی، توان الکتریکی بار را تأمین می کند. سیم پیچی که به منبع قدرت متصل است، سیم پیچ اولیه یا سیم پیچ ورودی و سیم پیچ متصل به بار، سیم پیچی ثانویه یا سیم پیچی خروجی نام دارد. اگر ثانویه تعداد دور بیشتری نسبت به اولیه داشته باشد آنگاه ولتاژ ثانویه نیز از اولیه بیشتر خواهد بود که در این حالت ترانسفورماتور افزاینده است و بر عکس وقتی سیم پیچ ثانویه دارای تعداد دور کمتری نسبت به سیم پیچ اولیه باشد آنگاه ولتاژ ثانویه نسبت به اولیه کمتر و ترانسفورماتور کاهنده است. اگر انتقال انرژی تحت ولتاژ یکسان باشد، هدف از استفاده از ترانسفورماتور تنها ایزوله کردن دو مدار الکتریکی از یکدیگر است که به ندرت در سیستمهای قدرت استفاده می شود.

٦-١) ترانسفورماتور ایده آل

ترانسفور ماتور ایده آل وسیله بدون تلفی است که یک سیم پیچ ورودی و یک سیم پیچی خروجی دارد. (شکل ٦-١)



شکل ٦-١ : ترانسفورماتور ایده آل

روابط بین ولتاژ ورودی و خروجی و بین جریان ورودی و خروجی با دو معادله ساده زیر بیان می شوند:

$$\frac{i_s(t)}{i_p(t)} = \frac{V_p(t)}{V_s(t)} = \frac{N_p}{N_s} = a$$

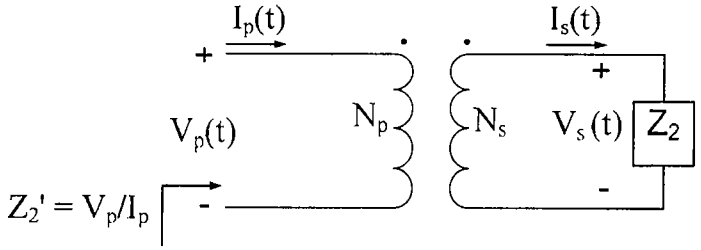
که در آن N_p تعداد حلقه های سیم در سمت اولیه و N_s تعداد دور سیم پیچی در طرف ثانویه، $V_p(t)$ ولتاژی است که به اولیه اعمال می شود و ولتاژ $V_s(t)$ در ثانویه ایجاد می شود و a نسبت تبدیل ترانسفورماتور نامیده می شود.

کلیه روابط را می توان برای مقادیر مؤثر (rms) تعمیم داد.

۶-۲) انتقال امپدانس

اگر به ترانس تک فاز ایده آل ولتاژ سینوسی اعمال شده و باری با امپدانس z_2 در ثانویه وصل باشد داریم:

$$z_2 = \frac{V_s}{I_s}$$



شکل ۶-۲ : انتقال امپدانس

پس امپدانس ورودی ترانسفورماتور به قرار زیر است:

$$Z_1 = \frac{V_p}{I_p} = \frac{aV_s}{\frac{I_s}{a}} = a^2 Z_2 \rightarrow Z_1 = a^2 Z_2 = Z_2'$$

۶-۳) ترانسفور واقعی

ترانسفور ماتور ایده آل را هیچگاه نمی توان ساخت. آنچه می توان ساخت ترانسفورماتور واقعی است که در آن یک یا چند پیچک سیم حول یک هسته فرومغناطیس پیچیده می شود.

مشخصات ترانس واقعی تا حدی به مشخصات ترانس ایده آل نزدیک است اما؛

- در ترانس واقعی سیم پیچهای اولیه و ثانویه مقاومت دارند.

- ضریب نفوذپذیری مغناطیسی هسته بی نهایت نیست.
- اگر شار وابسته به زمان در هسته پدید آید، تلفات هسته پدید می آید.
- در ترانس واقعی علاوه بر شار اصلی موجود در هسته که سیم پیچ های اولیه و ثانویه را دور می زند، دو شار دیگر وجود دارد که هر کدام هر یک از سیم پیچها را دور خواهد زد و به آنها شارهای نشتی اولیه و ثانویه اطلاق می شود.

شار متوسط سیم پیچی با انتگرال ولتاژ اعمال شده به آن متناسب است و ثابت این تناسب عکس تعداد حلقه های سیم پیچی است:

$$\bar{\varphi} = \frac{1}{N}\int V_p(t)dt \;\rightarrow\; e_{ind} = V = -N\frac{d\bar{\varphi}}{dt}$$

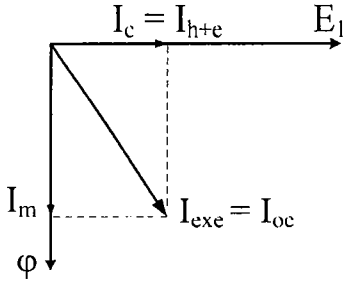
($\bar{\varphi}$ شار متوسط هر پیچک است) رابطه بالا طبق قانون لنز و فاراده بدست می آید.

وقتی که یک منبع قدرت ac به ترانس وصل می شود، جریانی از مدار اولیه می گذرد حتی اگر ثانویه مدار باز باشد. این جریانی است که برای ایجاد شار در یک هسته فرومغناطیس واقعی لازم است. این جریان از ۲ جزء تشکیل شده است:

۱. جریان مغناطیسی i_m که برای فراهم کردن شار در هسته ضرورت دارد.
۲. جریان تلفات هسته i_{e+h} که به خاطر تلفات هیسترزیس و جریان گردابی بوجود می آید.

مؤلفه اصلی جریان مغناطیس کننده (i_m) نسبت به ولتاژ اعمال شده 90° تأخیر فاز دارد.

جریان تلفات هسته ($i_c = i_{h+e}$) به علت اثرات غیر خطی هیسترزیس غیر خطی است و جزء اصلی این جریان با ولتاژ اعمال شده هم فاز است. در شکل زیر نمایش فازوری جریان تحریک ترانس دیده می شود.

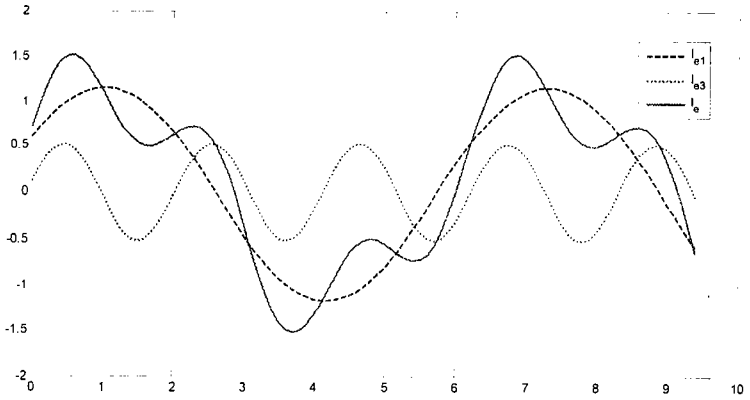


شکل ۶ ۳ : نمودار فازوری جریان بی باری ترانس

کل جریان بی باری، جریان تحریک ترانسفورماتور نام دارد:

$$i_{exe} = i_m + i_{e+h}$$

اگر شکل موج ولتاژ ورودی سینوسی باشد شکل موج شار نیز سینوسی خواهد بود. اما از آنجا که منحنی مشخصه مواد فرومغناطیس غیر خطی و برگشت ناپذیر است موج جریان تحریک یا جریان بی باری دارای اعوجاج و اختلاف فاز کمتر از 90°، خواهد بود و سینوسی کامل نیست. شکل موج جریان تحریک یا جریان بی باری دارای تقارن آیینه ای است که در آن $F(t) = -F(t + T/2)$ و $T = 1/f$. با بکار بردن این رابطه در سری فوریه نتیجه می گیریم که موج جریان تحریک فقط دارای هارمونیکهای فرد است که از آن میان هارمونیک سوم مهم تر است که فرکانس آن ۳ برابر فرکانس ولتاژ منبع است. شکل موج نهایی جریان حاصل جمع هارمونیکهای اول و سوم می باشد و هر چه ترنس بیشتر به اشباع برود مؤلفه های هارمونیکی بزرگتر می شوند.



شکل ٦ ـ ٣ : جریان بی باری ترانس

٦-٤) مدل مدار معادل ترانسفورماتور

در مدل هایی که برای توصیف دقیق رفتار ترانسهای واقعی در نظر می گیریم تلفات باید به حساب آیند:

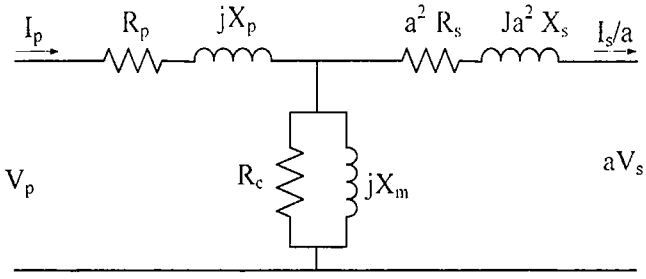
تلفات مس (I^2R): تلفات حرارتی مقاومتی در سیم پیچی های اولیه و ثانویه ترانس است که با مرجع جریان سیم پیچی ها متناسب است و با R_p در مدار اولیه و مقاومت Rs در ثانویه مدلسازی می شود.

تلف جریان گردابی: تلف حرارتی مقاومتی در هسته ترانس است که با مربع ولتاژ اعمال شده به ترانس متناسب است.

تلف هیسترزیس: از تغییر آرایش حوزه های مغناطیسی هسته در هر نیم تناوب ناشی می شود و تابعی پیچیده و غیر خطی از ولتاژ اعمال شده به ترانس است.

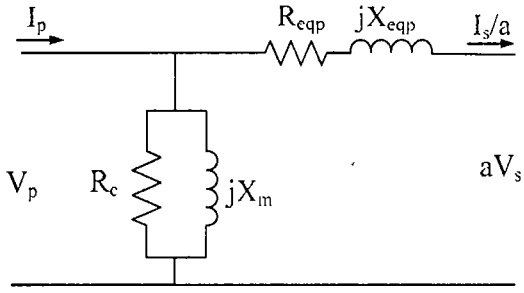
شار نشتی: شارهای φ_{LP} و φ_{LS} که از هسته می گریزند و تنها از درون یک سیم پیچی می گذرند شار نشتی هستند که باعث می شوند پیچکهای اولیه و ثانویه خود القایی داشته باشند. شار نشتی را با گذاشتن القاگرهایی در اولیه و ثانویه مدل می کنیم. جریان مغناطیسی i_m (در ناحیه غیر اشباع) با ولتاژ اعمالی به ترانس متناسب است و نسبت به ولتاژ 90° تأخیر دارد پس با یک راکتانس X_m مدل می کنیم.

جریان تلف هسته i_{h+e} با ولتاژ اعمالی به ترانس متناسب و با آن هم فازست پس می توان آنرا با یک مقاومت R_c مدلسازی نمود. در نهایت هنگام تحلیل مدارهای عملی شامل ترانس معمولاً باید کل مدار را تنها به یک سطح ولتاژ تبدیل کنیم و بنابراین باید مدار معادل را به سمت اولیه یا به سمت ثانویه ارجاع داد.



$$Z_1 = R_P + jX_P$$

$$Z_2' = R_s' + jX_s' = Z_2\left(\frac{N_P}{N_s}\right)^2 \quad , \quad a = \frac{N_P}{N_s}$$



شکل ٦-٤ : مدار معادل ترانس

برای تعیین پارامترهای ترانسفورماتور از ۲ آزمایش مدار باز یا بی باری و آزمایش اتصال کوتاه بهره می گیریم، با آزمایش اتصال کوتاه امپدانس اتصال کوتاه $Z_{sc} = (R_1 + R_2') + j(X_1 + X_2')$ بدست می

آید که چون در آزمایش ما a=1 است لذا $X_1 = X_2'$ و $R_1=R_2'$ و از آزمایش بی باری مقادیر R_c و X_m نیز بدست می آیند. پس با استفاده از این دو آزمایش می توان مدار معادل ترانس را مشخص نمود. برای تعیین ضریب بهره یک ترانس معمولاً بجای بار گذاری و اندازه گیری مستقیم از روش پشت به پشت یا روش جمع تلفات استفاده می کنند.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{loss}} = \frac{P_{in} - P_{loss}}{P_{in}} = 1 - \frac{P_{loss}}{P_{in}} ,$$

$$P_{loss} = P_{core} + P_{cu} , P_{cu} = R_{eq} I_2^2$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{cu} + P_{core}} \times 100\% = \frac{V_2 I_2 \cos\theta_2}{V_2 I_2 \cos\theta_2 + I_2^2 R_{eq} + P_c} \times 100\%$$

در اکثر کاربردها باید ولتاژ دو سر بار متصل به ثانویه ترانس تقریباً ثابت باشد. اما با تغییر بار جریان بار نیز تغییر کرده و بخاطر افت ولتاژ در امپدانس داخلی ترانسفورماتور با افت ولتاژ در پایانه خروجی رو به رو هستیم. تنظیم ولتاژ بار کامل کمیتی است که ولتاژ خروجی ترانسفورماتور در بی باری را با ولتاژ خروجی در بار کامل مقایسه می کند:

$$V.R = \frac{V_{s,nl} - V_{s,fl}}{V_{s,fl}} \times 100\%$$

معمولاً بهتر است که تنظیم ولتاژ حتی المقدور کوچک باشد. در یک ترانس ایده آل V.R صفر است.

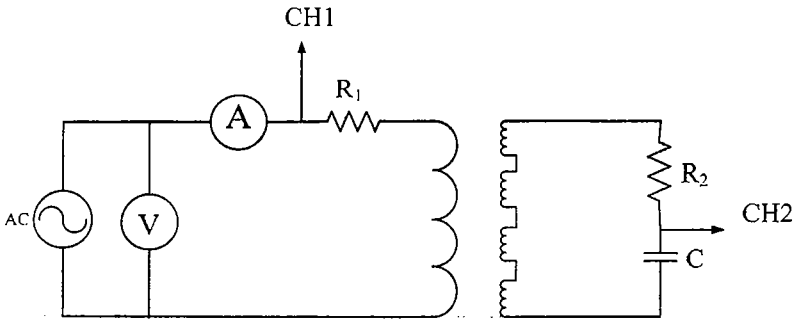
۶-۵) آزمایش های ترانسفورماتور تکفاز :

آزمایش ۱ : جریان مغناطیس کننده در ترانسفورماتور واقعی و مطالعه منحنی B-H

هدف: مطالعه مشخصه مغناطیسی و هارمونیک های جریان مغناطیس کننده و مطالعه شکل حلقه B-H

شرح آزمایش:

برای مشاهده شکل موج جریان تحریک و منحنی حلقه B-H مدار را مطابق شکل زیر ببندید.



شکل ۶ ۵ : مدار آزمایش جریان بی باری ترانس

برای طرف اولیه از یک مقاومت خطی خیلی کوچک (1Ω) که در سر راه جریان قرار می دهیم استفاده می کنیم و برای طرف ثانویه از یک مقاومت و خازن سری که مجموعاً دارای امپدانس بزرگی هستند و نسبت مقاومت اهمی به مقاومت ظاهری خازن بیش از ۲۵ باشد استفاده می کنیم. ولتاژ ۲ سر خازن همفاز با چگالی شار درون هسته و از نظر مقدار متناسب با آن است. مقاومت R2 را حدود 700kΩ و مقدار خازن را به صورتی که $\frac{R}{X_c} \approx 75$ باشد($C \approx 330nF$) انتخاب می کنیم. دو سر R1 را به یک کانال و دو سر خازن را به کانال دیگر اسیلوسکوپ وصل کنید. سپس با وصل کلید ولتاژ ورودی مقادیر ولتاژ را از صفر تا ۱/۲ برابر مقدار نامی افزایش دهید. با افزایش ولتاژ به صورت پله های ۳۰ ولتی در هر مرحله شکل موج جریان ورودی (دو سر مقاومت R1) را از روی اسکوپ مشاهده نموده و روی کاغذ بکشید و سپس مد اسکوپ را روی X-Y گذاشته منحنی B-H را نیز در هر مرحله بکشید.

خواسته های آزمایش:

۱- شکل حلقه هیسترزیس و موج جریان را برای مقادیر مختلف رسم و بحث نمایید.

۲- با توجه به نسبت $\frac{R}{X_c}$ ارتباط زاویه ولتاژ دو سر c را با ولتاژ دو سر ثانویه پیدا کنید.

۳- تلفات بی باری در اثر چه جریانی بوجود می آید؟ این تلفات عمدتاً ناشی از چیست؟

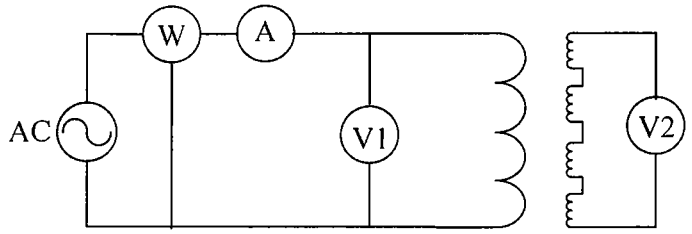
٤- سطح حلقه B-H در یک پریود بیانگر چیست؟

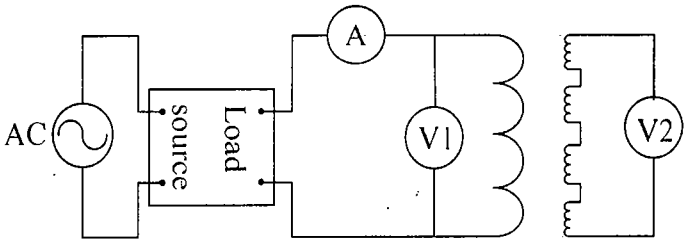
آزمایش ۲ : ترانس تکفاز

هدف: مطالعه تلفات مسی و آهنی و راندمان ترانسفورماتور تکفاز و تعیین اجزاء مدار معادل آن

شرح آزمایش:

الف) آزمایش بی باری : مدار را طبق شکل زیر ببندید. در واقع سیم پیچ ثانویه ترانس مدار باز است و سیم پیچ اولیه به ولتاژ نامی متصل می شود. در این شرایط جریان ورودی در مدار معادل از شاخه تحریک می گذرد.





شکل ۲-۶ : مدار آزمایش بی باری ترانس

عناصر سری R_{eq} و X_{eq} در مقایسه با R_c و X_m آنقدر کوچکند که افت ولتاژ روی آنها ناچیز و تمام و اساساً تمام ولتاژ ورودی روی شاخه تحریک می افتد.

ولتاژ ورودی را با پله های ۲۰ ولتی از صفر تا ۱/۱ مقدار نامی آن افزایش دهید. در هر مرحله $I_{oc} = I_{NL}$ ، $P_{oc} = P_{core}$ و $V_{oc} = V_{NL}$ را در جدول زیر یادداشت نمایید.

$$R_c = \frac{V_{NL}^2}{P_{core}} , \qquad I_c = \frac{V_{NI}}{R_c} , \qquad I_m = \sqrt{I_{NL}^2 - I_c^2}$$

$$Z_{oc} = \frac{V_{oc}}{I_{oc}} = \sqrt{R_c^2 + X_m^2}, \qquad X_m = \frac{V_{NI}}{I_m} = \sqrt{Z_{oc}^2 - R_c^2}$$

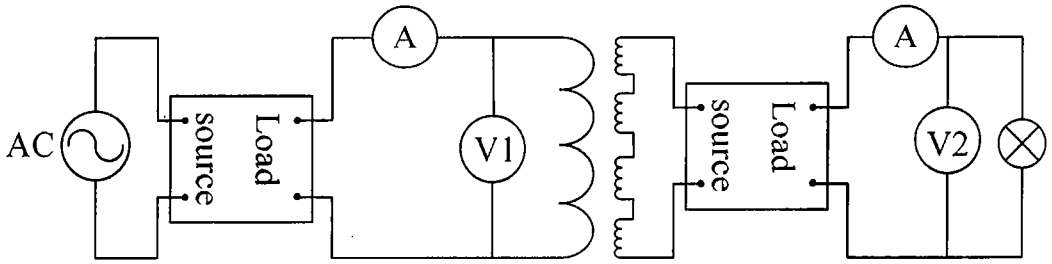
ب) آزمایش اتصال کوتاه:

مدار مطابق شکل قبل است به غیر اینکه طرف ثانویه به جای ولتمتر با یک آمپرمتر اتصال کوتاه شده است. دقت کنید در این آزمایش تغییرات ولتاژ باید خیلی با احتیاط و کم کم صورت گیرد چون یک تغییر جزئی در ولتاژ، جریان بزرگی ایجاد خواهد نمود. ولتاژ ورودی را بالا ببرید تا جریان ترانس مرحله به مرحله از صفر تا ۱/۱ مقدار نامی آن افزایش یابد، هر بار مقادیر P_1 و V_1 و I_1 و I_2 را یادداشت کنید. توجه داشته باشید که وات متر توان اکتیو را اندازه می گیرد.

$$R_{eq1} = \frac{P_1}{I_1^2} \ , Z_{eq} = \frac{V_1}{I_1} \Rightarrow X_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2}$$

ج) آزمایش بارداری:

مدار را مطابق شکل زیر بسته ولتاژ ورودی را برابر مقدار نامی (220V) قرار دهید و آنرا در طول آزمایش ثابت نگه دارید. در ابتدا مقاومت R_L حداکثر مقدار خود را داشته باشد (لامپها همه خاموش). جریان I_2 را با کم کردن مقاومت بار (روشن نمودن لامپها) تا مقدار نامی خود تغییر داده و مقادیر را در جدول یادداشت نمایید.



شکل ۷-۶ آزمون بار ...

خواسته های آزمایش:

۱- از قسمت الف آزمایش مقادیر پارامترهای موازی ترانس (R_c, X_m) را بدست آورید. (در ولتاژ نامی)

۲- از قسمت ب مقادیر پارامترهای سری ترانس (X_1, X_2, R_1, R_2) را در جریان نامی به دست آورید.

۳- از قسمت ج درصد تنظیم ولتاژ و راندمان $(\%V.R, \eta)$ را در بار کامل (جریان نامی) به دست آورید.

٤- منحنی راندمان بر حسب جریان بار و تغییرات ولتاژ بار بر حسب جریان بار را رسم کنید.