دانشکده فنی و مهندسی، گروه برق قدرت

دستورکار آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی ۲

تهیه کنندگان:

دکتر سجاد گلوانی، دکتر بهروز طوسی

تاریخ تنظیم:

تابستان ۱۳۹۳

مواردی در رابطه با این آزمایشگاه:

دانشجویان محترم با توجه به اینکه در این آزمایشگاه با ولتاژهای در حد 120 ولت فاز و 208 ولت خط کار خواهید کرد لازم است به بعضی موارد ایمنی به شرح زیر توجه نمایید.

- قبل از شروع آزمایش ساعت، دست‌بند، انگشتر یا حلقه خود را در بیآورید.
- بعد از اینکه مدار خود را آماده کردید، به هیچ وجه بدون هماهنگی مجموعه خود را برق‌دار ننمایید.
- بعد از شروع آزمایش و برق‌دار نمودن مجموعه از دست زدن به تجهیزات و ترمینال‌های مورد استفاده و حتی بقیه ترمینال‌های آزاد خودداری کنید. مثلا برای خواندن آمپرمتر یا سایر دستگاه‌های اندازه‌گیری انگشت خود را زیر این دستگاه‌ها نگذارید.
- در طول انجام آزمایش به‌هیچ عنوان کفش‌های خود را (حتی برای لحظه‌ای کوتاه) در نیآورید.
- تا جایی که می‌توانید با یک دست کار کنید. مثلا اگر جای دو ترمینال را می‌خواهید عوض کنید حتماً از یک دست استفاده کنید.
- در طول انجام آزمایش هیچ سیمی را نکَنید و مدار خود را تغییر ندهید.
- در طول آزمایش اگر سیمی به صورت اتفاقی کنده شده و بر روی میز بیافتد قبل از وصل مجدد، آزمایش را متقوف و مجموعه را بی‌برق کنید.
- در صورت بروز هر اتفاق غیر منتظره قبل از هر چیز کلید منبع ولتاژ را سریعاً خاموش کنید. محل کلید منبع ولتاژ را خوب به خاطر بسپارید.
- از قرار دادن سیم‌های اضافی بر روی میز اکیداً خودداری کنید. احتمال اینکه سیم برق‌داری کنده شده و روی میز بیافتد و شما این سیم برق‌دار را با سیم‌های قبلی روی میز اشتباه بگیرید وجود دارد.
- در این آزمایشگاه لازم است تمام حواستان به انجام آزمایش باشد. غفلت شما و ناهماهنگی با هم‌گروهی‌هایتان در هر مرحله ممکن است خطراتی را به دنبال داشته باشد. بنابراین در طول انجام آزمایش به هیچ عنوان از تلفن همراه خود استفاده نکنید.
- (همیشه و نه فقط در این آزمایشگاه) به منظور گرفتن نتایج دقیق‌تر آزمایشات خود را در کمترین زمان ممکن انجام دهید و در خواندن سریع دستگاه‌های اندازه‌گیری مهارت کسب کنید.
- در طول انجام آزمایش میز کار خود را ترک ننمایید و به هیچ عنوان در آزمایش‌های گروه‌های دیگر شرکت ننمایید.

- به هیچ عنوان برای ایجاد یک سیم بلند دو سیم را به همدیگر وصل نکنید. همچنین برای سیم‌بندی مدار خود بسته به فواصل از سیم‌های با بلندی مناسب استفاده کنید تا چک کردن و انجام تغییرات بعدی به‌راحتی امکان پذیر باشد.
- بعد از اتمام آزمایش و قبل از کندن سیم‌ها از قطع کلید اصلی منبع ولتاژ اطمینان حاصل کنید.
- لطفاً بعد از اتمام آزمایش خود سیم‌های استفاده شده را از انتهایی‌ترین قسمت گرفته و بکَنید و آنها را به ترتیب بلندیشان از گیره‌های مخصوص آویزان کنید. همچنین میز کار و صندلی‌های خود را مرتب نمایید. با این کار ، این امکان را فراهم می‌آورید که دوستانتان در جلسه بعدی آزمایش خود را راحت‌تر انجام دهند. البته چنین کاری را نیز متقابلاً دوستانتان برای شما انجام می‌دهند.

همچنین به بعضی از علایم قراردادی که در این دستور کار از آنها استفاده شده توجه فرمایید تا با توضیحات مربوطه و رعایت موارد ضروری آزمایش‌های خود را به صورت کامل،ایمن و به بهترین نحو ممکن انجام دهید و به همه سوالات خواسته شده بتوانید پاسخ دهید.

✎ نکته و یادآوری،

▶ مراحل انجام آزمایش،

احتیاط کامل در انجام آزمایش، عدم توجه به این موارد ممکن است باعث ایجاد خطر برای شما یا آسیب دیدن تجهیزات شود.

خطر جدی، مواردی که به هیچ عنوان نباید انجام بگیرد.

? سوال‌های مربوط به دانشجویان، سوال‌هایی که خود دانشجویان باید پاسخ دهند. لطفاً از پرسیدن این سوالات در آزمایشگاه خودداری کنید و در گزارش کاری که می‌نویسید به این سوالات پاسخ دهید.

راهنمای محل انجام هر کدام از آزمایش‌ها

آزمایش اول: مشخصه مدار باز و مشخصه اتصال کوتاه ژنراتور سنکرون، میز شماره 1 صفحه ۵

آزمایش دوم: رفتار ژنراتور سنکرون تحت بارهای متفاوت، میز شماره 2 صفحه ۱۱

آزمایش سوم: موتور سنکرون، میز شماره 3 صفحه ۱۸

آزمایش چهارم: آزمایش اتصال کوتاه و آزمایش مدار باز ترانس‌فورماتورهای تک‌فاز، میز شماره4 صفحه ۲۴

آزمایش پنجم: اتوترانس‌فورماتور، میزهای شماره 1، 2، 3 و 4 صفحه ۳۱

آزمایش ششم: موازی کردن ژنراتور سنکرون با سیستم سه‌فاز برق شهری، میز شماره 2 صفحه ۳۵

آزمایش هفتم: کندانسور سنکرون، میز شماره3 صفحه ۳۹

آزمایش هشتم: عملکرد ترانسفورماتورهای تک‌فاز موازی، میز شماره4 صفحه ۴۷

آزمایش نهم: ترانسفورماتورهای سه‌فاز ، میز شماره1 صفحه ۵۴

آزمایش اول

عنوان: مشخصه مدار باز و مشخصه اتصال کوتاه ژنراتور سنکرون

اهداف: اندازه‌گیری امپدانس سنکرون ژنراتور سنکرون و به‌دست آوردن مدار معادل ژنراتور سنکرون

بحث:

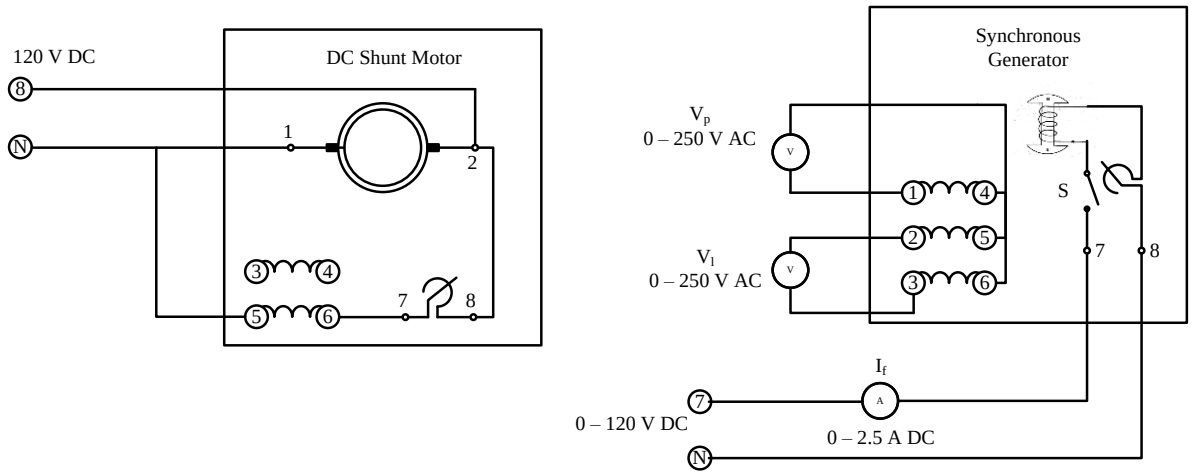
توضیح در رابطه با منبع ولتاژ مجموعه،

توضیح در مورد نقش موتور DC در این آزمایش،

توضیح در مورد مدل ژنراتور سنکرون،

مراحل انجام آزمایش:

◀مدار شکل زیر را ببندید.



◀ از اتصال محور موتور DC به محور ژنراتور سنکرون توسط تسمه اطمینان حاصل کنید.

◀ مقدار مقاومت مسیر میدان موتور DC را با چرخاندن آن در جهت عقربه‌های ساعت در مقدار مینیمم تنظیم کنید.

◀ مقدار مقاومت میدان یا تحریک (واقع در مسیر روتور ژنراتور سنکرون) را با چرخاندن آن در جهت عقربه‌های ساعت در مقدار مینیمم تنظیم کنید و کلید S را در حالت قطع قرار دهید.

✎ اکثر کلیدهای تجهیزات در تمامی مجموعه‌ها در موقعیت پایین قطع و در موقعیت بالا وصل می‌باشند.

▶ همچنین ولتاژ بین ترمینال‌های 7 و Nمنبع تغذیه را با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت عکس عقربه‌های ساعت روی صفر ولتDC تنظیم کنید.

✎ ولتاژ بین دو ترمینال 8 و N منبع تغذیه همیشه 120 ولت DC می‌باشد و ارتباطی به موقعیت تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ ندارد.

▶ منبع ولتاژ را روشن کنید. موتور DC شروع به چرخش نموده و ژنراتور را نیز با خود به حرکت درمی‌آورد.

✎ توجه داشته باشید که موتور DC در این آزمایش نقش توربین را دارد که محور ژنراتور سنکرون را خواهد چرخاند.

▶ سرعت موتور DC را به 1500 دور بر دقیقه برسانید.

✎ سرعت موتور DC را با تغییر مقاومت مسیر میدان موتور DC تغییر دهید.

? چرا با وجود اینکه جریان میدان تحریک صفر می‌باشد، ولتاژی (هر چند کم) در سیم‌پیچی‌های استاتور ژنراتور سنکرون تولید می‌شود؟

✎ اگر نمی‌توانید این ولتاژ را بخوانید از گستره‌های پایین‌تر ولت‌مترها استفاده کنید.

▶ کلید S را وصل کنید.

▶ به آرامی تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ را در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید تا با افزایش ولتاژ مسیر تحریک جریان تحریک ژنراتور سنکرونI_f نیز افزایش یابد.

✹ از تماس دست با هر کدام از قسمت‌های مجموعه اکیداً خودداری نمایید.

▶ جدول زیر را کامل کنید.

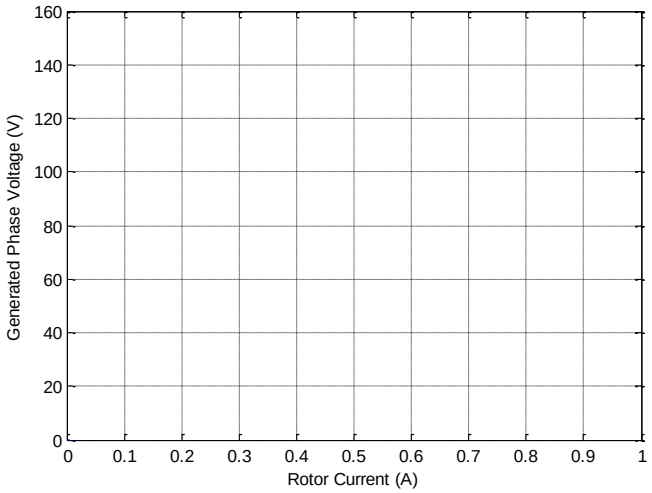
✘ اجازه ندهید جریان تحریک بیشتر از 0.9 آمپر شود.

✘ اندازه‌گیری‌های خود را در جریان‌های میدان بیشتر از 0.5 آمپر در کمترین زمان ممکن انجام دهید.

I_f (A) جریان تحریک	V_l (V)	V_p (V)
0		
0.1		
0.2		
0.3		
0.4		
0.5		
0.6		
0.7		

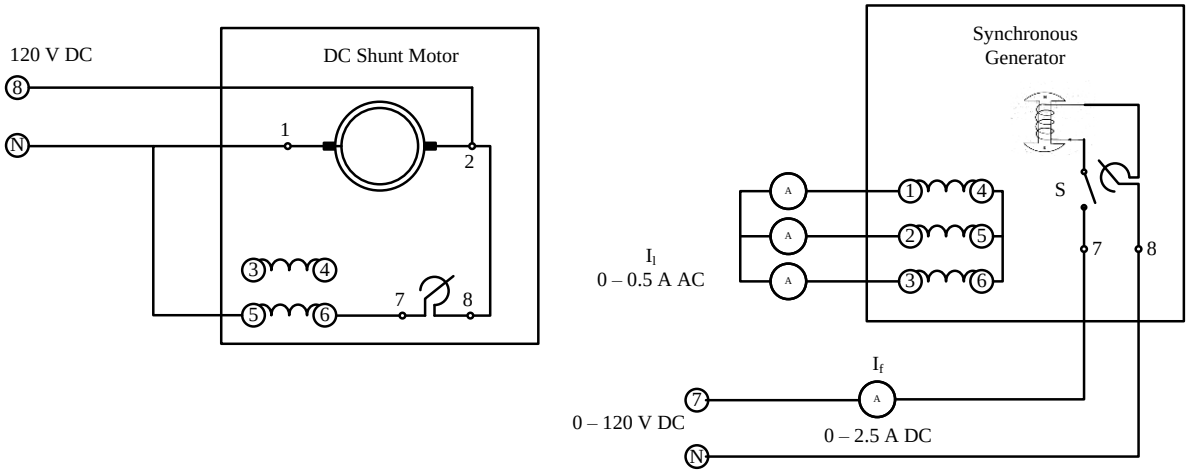
▶ ولتاژ فاز را برحسب جریان تحریک در نمودار شکل زیر رسم کنید.

✎ به این نمودار مشخصه مدار باز OCC ژنراتور سنکرون می‌گویند.



▶ کلید منبع ولتاژ را قطع کنید.

▶ مدار را به صورت شکل زیر تغییر دهید.



✎ همان‌طور که ملاحظه می‌کنید خروجی استاتور ژنراتور سنکرون اتصال کوتاه شده است. همچنین به منظور قرائت جریان اتصال کوتاه از سه عدد آمپرمتر نیز استفاده شده است.

▶ مجدداً ولتاژ بین ترمینال‌های 7 و N منبع تغذیه را با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت عکس عقربه‌های ساعت روی صفر ولت DC تنظیم کنید.

▶ کلید S را در حالت قطع قرار دهید.

▶ منبع ولتاژ را روشن کنید تا موتور DC شروع به چرخش نماید. اگر سرعت موتور DC، 1500 دور بر دقیقه نباشد سرعت آن‌را به 1500 دور بر دقیقه برسانید.

✹ اطمینان حاصل کنید که تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ را کاملا در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت چرخانده‌اید و ولتاژ ترمینال‌های 7 و N را روی 0 ولت تنظیم کرده‌اید.

▶ کلید S را در حالت وصل قرار دهید.

▶ به آرامی و به مقدار بسیار بسیار کم تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید تا جریان در سیم‌پیچی‌های استاتور برقرار شود.

✹ جریان خروجی ژنراتور سه‌فاز (سیم‌پیچی‌های اتصال کوتاه شده) نباید بیشتر از 0.35 آمپر شود.

▶ جدول زیر را مرحله به مرحله و با احتیاط کامل پر کنید.

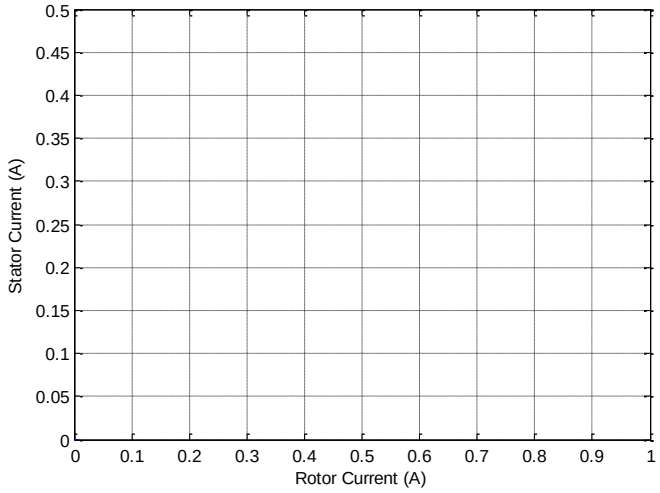
✎ اندازه‌گیری‌های خود را در کمترین زمان ممکن انجام دهید.

✎ با توجه به اینکه ژنراتور سه‌فازی که استفاده می‌کنید کاملاً متقارن است، سه آمپرمتر در طول آزمایش یک عدد را نشان خواهند داد. حتی قرار دادن یک عدد آمپرمتر در مسیر یک از فازها نیز کافی می‌باشد.

I_f (A) جریان تحریک	I_l (A) جریان استاتور
	0.05
	0.1
	0.15
	0.2
	0.25
	0.3
	0.35
	0.4

◀ جریان استاتور را برحسب جریان تحریک در نمودار شکل زیر رسم کنید.

✎ به این نمودار مشخصه اتصال کوتاه SCC ژنراتور سنکرون می‌گویند.



◀ منبع ولتاژ را خاموش نمایید.

◀ تمامی سیم‌بندی‌های مدار را باز کنید و با استفاده از اهم‌متر مقاومت یکی از سیم‌پیچی‌های استاتور را اندازه بگیرید.

✎ دو سر اهم‌متر را به ترمینال‌های 1 و 4 می‌توانید وصل کنید.

▶ جدول زیر را با استفاده از دو جدول و دو نمودار قبلی کامل و پارامترهای ژنراتور سنکرون را محاسبه و در همین جدول بنویسید.

I_f (A)	V_p (V)	I_l (A)	Z_s	R	X_s
		0.05			
		0.1			
		0.15			
		0.2			
		0.25			
		0.3			
		0.35			
		0.4			

? مدار معادل ژنراتور سنکرون مورد آزمایش را رسم کنید.

آزمایش دوم

عنوان: بارداری ژنراتور سنکرون

اهداف: مطالعهرفتار (رابطه بین کمیت‌های خروجی)ژنراتور سنکرون تحت بارهای متفاوت

بحث:

توضیح در رابطه با منبع ولتاژ مجموعه،

توضیح در مورد نقش موتور DC در این آزمایش،

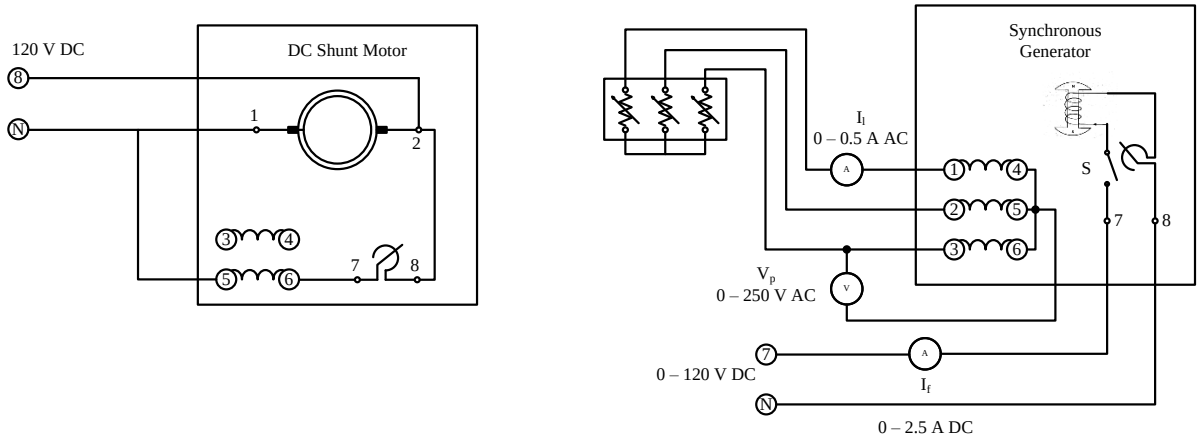
توضیح در مورد ماژول‌های بار سه‌فاز،

توضیح در مورد مشخصه‌های خروجی ژنراتور سنکرون،

توضیح در مورد ولتاژ داخلی و ولتاژ ترمینال ژنراتور سنکرون،

مراحل انجام آزمایش:

◀ مدار شکل زیر را ببندید.



◀ از اتصال محور موتور DC به محور ژنراتور سنکرون توسط تسمه اطمینان حاصل کنید.

◀ مقدار مقاومت مسیر میدان موتور DC را با چرخاندن آن در جهت عقربه‌های ساعت در مقدار مینیمم تنظیم کنید.

▶ مقدار مقاومت میدان یا تحریک (واقع در مسیر روتور ژنراتور سنکرون) را با چرخاندن آن در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت در مقدار ماکزیمم تنظیم کنید و کلید S را در حالت قطع قرار دهید.

✎ اکثر کلیدهای تجهیزات در تمامی مجموعه‌ها در موقعیت پایین قطع و در موقعیت بالا وصل می‌باشند.

▶ همچنین ولتاژ بین ترمینال‌های 7 و N منبع تغذیه را با چرخاندن تنظیم‌کننده در جهت عکس عقربه‌های ساعت روی 0 ولت DC تنظیم کنید.

✎ ولتاژ بین دو ترمینال 8 و N منبع تغذیه همیشه 120 ولت DC می‌باشد و ارتباطی به موقعیت تنظیم‌کننده منبع ولتاژ ندارد.

▶تمام کلیدهای بار مقاومتی را نیز در حالت قطع قرار دهید.

▶ منبع ولتاژ را روشن کنید. موتور DC شروع به چرخش نموده و ژنراتور را نیز با خود به حرکت درمی‌آورد.

✎ توجه داشته باشید که موتور DC در این آزمایش نقش توربین را دارد که محور ژنراتور سنکرون را خواهد چرخاند.

▶ سرعت موتور DC را به 1500 دور بر دقیقه برسانید.

✎ سرعت موتور DC را با تغییر مقاومت مسیر میدان موتور DC تغییر دهید.

▶ کلید S را وصل کنید.

▶ تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ را به آرامی در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید تا جریان تحریک و به تبع آن ولتاژ خروجی افزایش یابد. این کار را تا جایی انجام دهید که ولتاژ فاز V_p ژنراتور سنکرون به 120 ولت (یا ولتاژ خط V_l ژنراتور سنکرون به 208 ولت) برسد.

✹ از تماس دست با هر کدام از قسمت‌های مجموعه اکیداً خودداری نمایید.

▶مقاومت‌های 1200 اهم را در هر سه فاز وارد مدار بکنید.

? دلیل کاهش ولتاژ V_l چیست؟

▶ سرعت موتور را اندازه بگیرید. اگر کاهش داشته باشد مجددا سرعت موتور را با 1500 دور بر دقیقه برسانید.

? دلیل کاهش سرعت موتور چیست؟

▶ با وارد کردن سایر مقاومت‌ها جدول زیر را مرحله به مرحله تکمیل کنید.

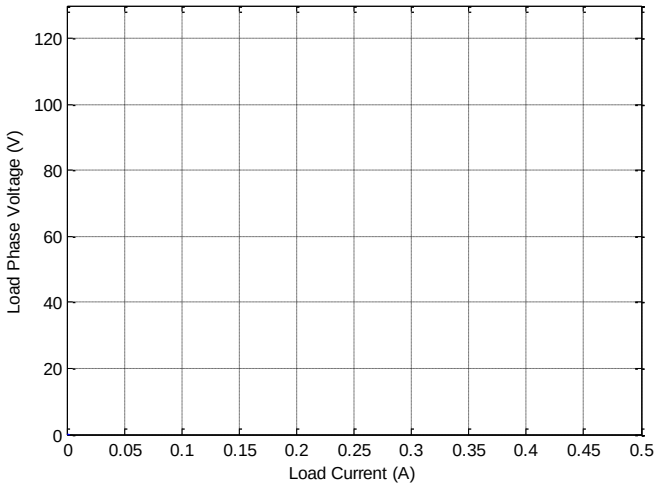
✎ حالت تقارن بین سه فاز را همیشه حفظ کنید.

✎ در هر مرحله سرعت موتور DC را روی 1500 دور بر دقیقه ثابت نگه دارید.

✎ توجه کنید که جریان بار بیشتر از 0.35 آمپر نشود.

سرعت درایو	بار مقاومتی	ولتاژ فاز بار V_p	جریان بار I_1
1500 rpm	1200 Ω		
1500 rpm	600 Ω		
1500 rpm	1200 || 600 Ω		
1500 rpm	300 Ω		
1500 rpm	1200 || 300 Ω		
1500 rpm	600 || 300 Ω		
1500 rpm	1200 || 600 || 300 Ω		

▶ ولتاژ بار را برحسب جریان بار در نمودار شکل زیر رسم کنید.



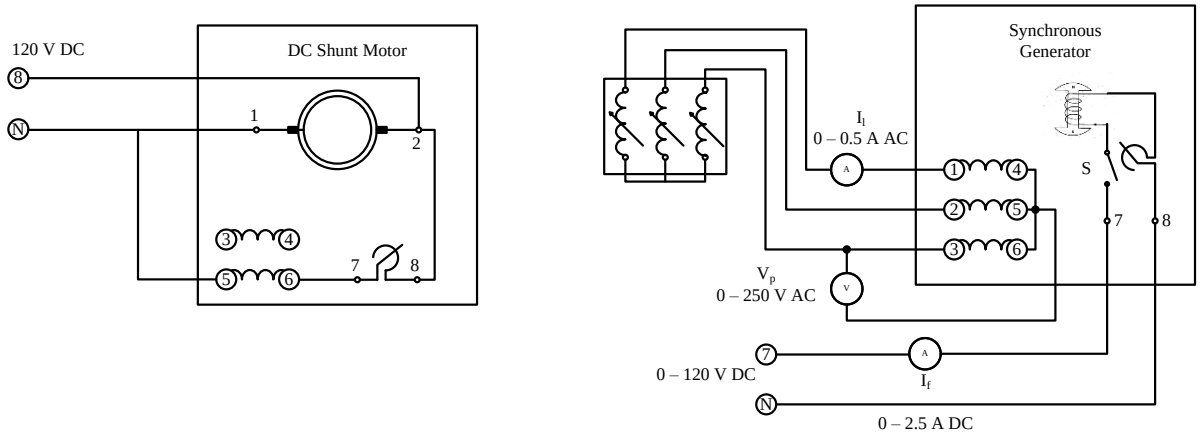
✎ به این منحنی مشخصه بارداری ژنراتور سنکرون برای بار مقاومتی می‌گویند.

? دیاگرام فازوری بیان‌کننده رابطه بین ولتاژ داخلی ژنراتور سنکرون و ولتاژ ترمینال ژنراتور سنکرون را رسم کنید.

▶ تمام کلیدهای بار وصل شده را یکی یکی قطع و همزمان با این کار سرعت موتور DC را نیز به 1500 دور بر دقیقه برسانید.

▶کلید اصلی منبع ولتاژ را قطع کنید.

▶مدار شکل زیر را ببندید و مطابق با شکل بارهای مقاومتی را با بارهای سلفی جابجا کنید.



▶تمام کلیدهای بار سلفی را در حالت قطع قرار دهید.

▶کلید منبع ولتاژ را روشن کنید تا موتور DC شروع به چرخش نماید.

▶سرعت موتور را به 1500 دور بر دقیقه برسانید.

✎اگر اندازه ولتاژ مسیر تحریک ژنراتور سنکرون را تغییر نداده باشید ولتاژ فاز خروجی V_p ژنراتور سنکرون در این حالت باید 120 ولت و ولتاژ خط خروجی V_l باید برابر با 208 ولت باشد.

✎ در غیر این صورت با تغییر تنظیم‌کننده منبع ولتاژ جریان تحریک را به اندازه‌ای برسانید که ولتاژهای خروجی به مقادیر گفته شده برسد.

▶ با وارد کردن مرحله به مرحله بارهای سلفی جدول زیر را تکمیل کنید.

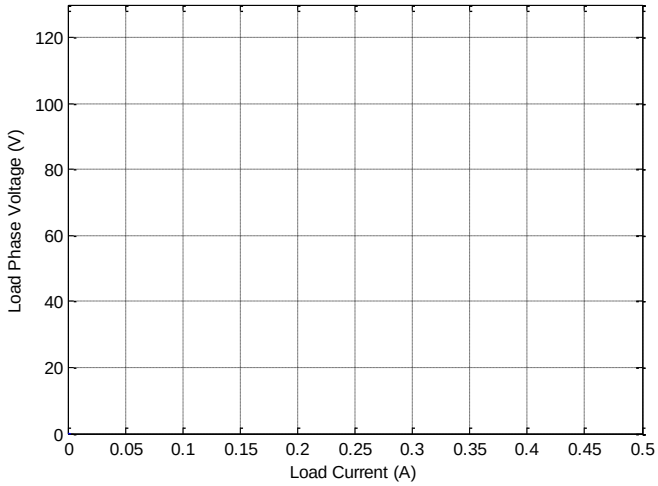
✎ حالت تقارن بین سه فاز را همیشه حفظ کنید.

✎ در هر مرحله سرعت موتور DC را روی 1500 دور بر دقیقه ثابت نگه دارید.

➶ توجه کنید که جریان بار بیشتر از 0.35 آمپر نشود.

سرعت درایو	بار سلفی	V_p ولتاژ فاز بار	I_1 جریان بار
1500 rpm	3.8 H		
1500 rpm	1.9 H		
1500 rpm	3.8 || 1.9 H		
1500 rpm	0.95 H		
1500 rpm	3.8 || 0.95 H		
1500 rpm	1.9 || 0.95 H		
1500 rpm	3.8 || 1.9 || 0.95 H		

▶ ولتاژ بار را برحسب جریان بار در نمودار شکل زیر رسم کنید.



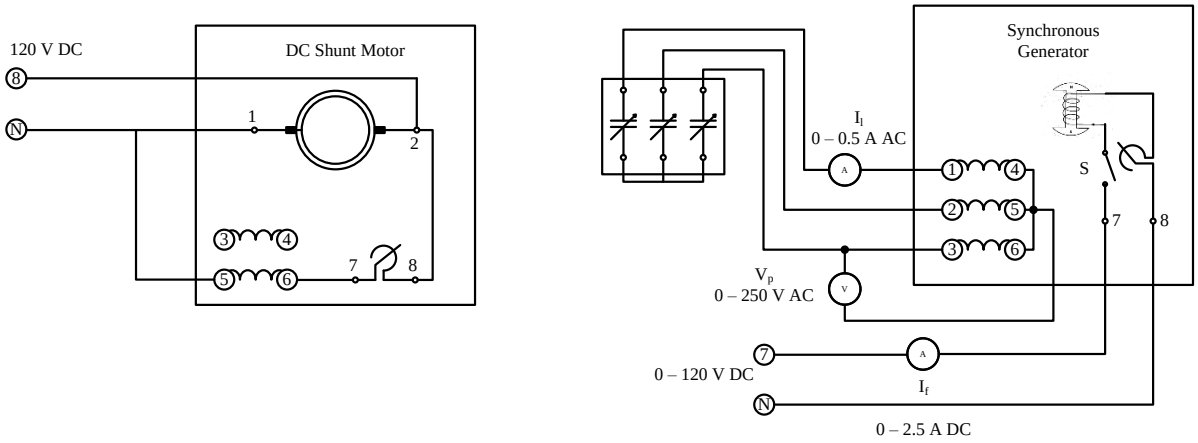
✎ به این منحنی مشخصه بارداری ژنراتور سنکرون برای بار سلفی می‌گویند.

? دیاگرام فازوری بیان‌کننده رابطه بین ولتاژ داخلی ژنراتور سنکرون و ولتاژ ترمینال ژنراتور سنکرون را رسم کنید.

▶ تمام کلیدهای بار وصل شده را یکی یکی قطع و همزمان با این کار سرعت درایو را نیز به 1500 دور بر دقیقه برسانید.

▶ کلید اصلی منبع ولتاژ را قطع کنید.

▶مطابق با شکل زیر بارهای سلفی را با بارهای خازنی جابجا کنید.



▶ تمام کلیدهای بار خازنی را در حالت قطع قرار دهید.

▶ کلید منبع ولتاژ را روشن کنید.

▶ سرعت موتور را به 1500 دور بر دقیقه برسانید.

✎اگر اندازه ولتاژ مسیر تحریک ژنراتور سنکرون را تغییر نداده باشید ولتاژ فاز خروجی V_p ژنراتور سنکرون در این حالت باید 120 ولت و ولتاژ خط خروجی V_l باید برابر با 208 ولت باشد.

✎ در غیر این صورت با تغییر تنظیم‌کننده منبع ولتاژ جریان تحریک را به اندازه‌ای برسانید که ولتاژهای خروجی به مقادیر گفته شده برسد.

▶ با وارد کردن مرحله به مرحله بارهای خازنی جدول زیر را تکمیل کنید.

✎ حالت تقارن بین سه فاز را همیشه حفظ کنید.

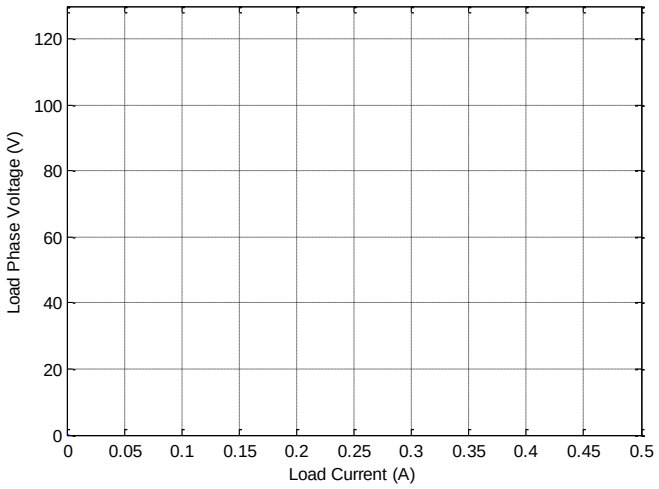
✎ در هر مرحله سرعت موتور DC را روی 1500 دور بر دقیقه ثابت نگه دارید.

✎ توجه کنید که جریان بار بیشتر از 0.35 آمپر نشود.

? آیا با پدیده‌ی غیر منتظره‌ای در هنگام پر کردن جدول روبرو می‌شوید؟

سرعت درایو	بار خازنی	ولتاژ فاز بار V_p	جریان بار I_1
1500 rpm	2.6 μF		
1500 rpm	5.3 μF		
1500 rpm	2.6 || 5.3 μF		
1500 rpm	10.6 μF		
1500 rpm	2.6 || 10.6 μF		
1500 rpm	5.3 || 10.6 μF		
1500 rpm	2.6 || 5.3 || 10.6 μF		

▶ ولتاژ بار را برحسب جریان بار در نمودار شکل زیر رسم کنید.



✎ به این منحنی مشخصه بارداری ژنراتور سنکرون برای بار خازنی می‌گویند.

? چرا با افزایش بار خازنی ولتاژ ترمینال ژنراتور سنکرون افزایش می‌یابد؟

? این پدیده از نظر فیزیکی چگونه توجیه می‌شود؟

? دیاگرام فازوری مربوط به این پدیده را نیز رسم کنید.

? چرا در بارهای مقاومتی (بر عکس بارهای سلفی و خازنی) با افزایش بار سرعت درایو کاهش چشم‌گیری پیدا می‌کند؟ این اتفاق شما را مجبور به تنظیم سرعت در هر مرحله می‌کرد. در صورتی که در بارهای سلفی یا خازنی کاهش سرعت درایو چشم‌گیر نبود و شما خیلی نیاز به تنظیم سرعت درایو نداشتید.

آزمایش سوم

عنوان: موتور سنکرون

اهداف: مقایسه عملکرد موتور سنکرون و موتور القایی،

به‌دست آوردن مشخصه خروجی موتور القایی،

به‌دست آوردن مشخصه خروجی موتور سنکرون،

بحث:

توضیح در مورد مشکلات راه‌اندازی موتورهای سنکرون،

توضیح در مورد ساختار روتور مجهز به میله‌های قفس سنجابی ماشین‌های سنکرون،

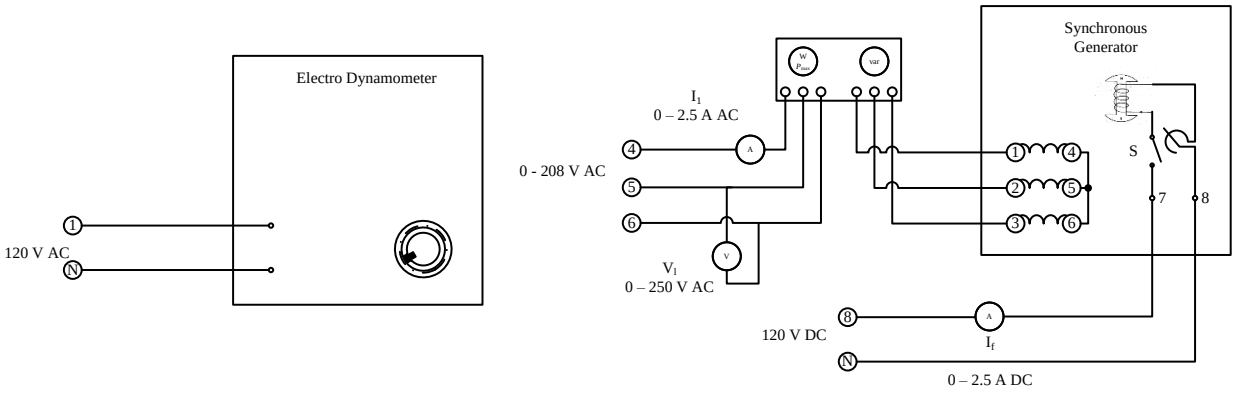
توضیح در مورد الکترودینامومتر،

توضیح در مورد تلفات گردشی،

توضیح در مورد وات‌متر سه فاز،

مراحل انجام آزمایش:

◀ مدار شکل زیر را ببندید.



◀ از اتصال محور الکترودینامومتر به محور موتور سنکرون توسط تسمه اطمینان حاصل کنید.

▶ کنترل‌کننده گشتاور الکترودینامتر را کاملاً در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید تا هیچ گشتاور مکانیکی را روی محور سنکرون موتور اعمال نکند.

▶ مقدار مقاومت میدان یا تحریک (واقع در مسیر روتور موتور سنکرون) را با چرخاندن آن در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت در مقدار ماکزیمم تنظیم کنید و کلید S را در حالت قطع قرار دهید.

✎ اکثر کلیدهای تجهیزات در تمامی مجموعه‌ها در موقعیت پایین قطع و در موقعیت بالا وصل می‌باشند.

▶ همچنین ولتاژ خروجیAC ترمینال‌های 4، 5 و 6 منبع تغذیه را با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت روی صفر ولت AC تنظیم کنید.

✎ ولتاژ بین دو ترمینال 1 و N منبع تغذیه همیشه 120 ولت AC می‌باشد و ارتباطی به موقعیت تنظیم‌کننده منبع ولتاژ ندارد.

✎ ولتاژ بین دو ترمینال 8 و N منبع تغذیه همیشه 120 ولت DC می‌باشد و ارتباطی به موقعیت تنظیم‌کننده منبع ولتاژ ندارد.

▶منبع تغذیه را روشن نمایید.

▶ با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت حرکت عقربه‌های ساعت ولتاژ خط تغذیه موتور سنکرون را به آهستگی به 208 ولت برسانید.

✹ از تماس دست با هر کدام از قسمت‌های مجموعه اکیداً خودداری نمایید.

▶ دقت نمایید جهت چرخش موتور طبق جهت نشان داده شده روی الکترودینامومتر(در جهت حرکت عقربه‌های ساعت) باشد.

✎ به منظور جابجا کردن جهت چرخش موتور می‌توانید جای دو فاز دلخواه را عوض کنید.

✹ قبل از جابجا کردن جای دو فاز حتماً ولتاژ ترمینال‌های 4، 5 و 6 منبع تغذیه را با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت روی صفر ولت AC تنظیم کنید.

✎ توجه داشته باشید در حالتی که کلید S قطع می‌باشد موتور سنکرون(با جریان تحریک صفر) همانند یک موتور القایی عمل خواهد کرد.

✎همچنین توجه داشته باشید که فعلاً گشتاوری به محور موتور اعمال نشده است و موتور به صورت بی‌بار کار می‌کند.

? توان خروجی موتور در این حالت چقدر است؟ با توجه به رابطه زیر به این سوال پاسخ دهید.

$$P_{out} = \omega.\tau$$

? توان ورودی به موتور را توسط وات‌متر بخوانید. با توجه به اینکه توان خروجی موتور برابر صفر است چرا توان ورودی برابر صفر نیست؟

▶ توان تلفات اصطکاک (گردشی) را با استفاده از روابط زیر در بی‌باری موتور محاسبه کنید.

$$P_{in} = P_{out} + P_{loss} \Rightarrow P_{in} = P_{loss}$$

▶با چرخاندن تنظیم‌کننده گشتاور الکترودینامومتر در جهت حرکت عقربه‌های ساعت به تدریج به موتور القایی گشتاور مکانیکی اعمال کنید.

? چرا با افزایش بار مکانیکی روی محور موتور القایی جریان کشیده شده توسط موتور نیز افزایش می‌یابد؟

✎ توجه کنید که کنترل‌کننده گشتاور الکترودینامومتر را آنقدر نچرخانید که جریان موتور بیشتر از 0.7آمپر شود.

▶جدول زیر را تکمیل کنید.

▶ اگر در هر مرحله ولتاژ خط موتور از 208 ولت کاهش یابد آنرا در 208 ولت ثابت نگه دارید.

✎ اندازه‌گیری‌های خود را در کمترین زمان ممکن انجام دهید.

✎ در جدول زیر ستون اول را مستقیماً از خود الکترودینامومتر بخوانید و برای ستون پنجم نیز از روابط زیر کمک بگیرید.

$$P_{in} = \sqrt{3} V_l I_l \cos\phi$$

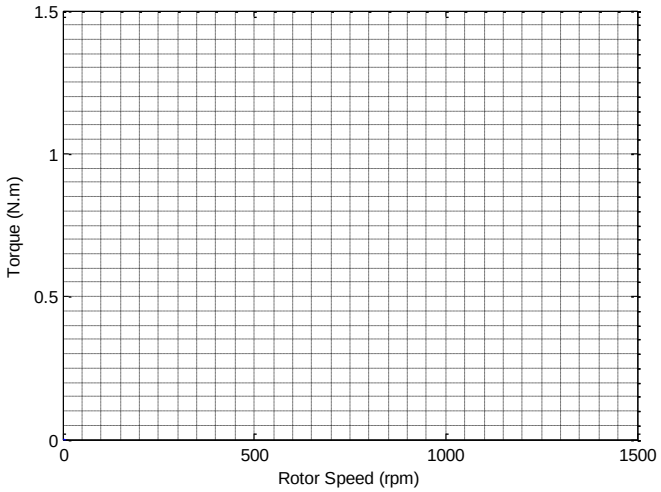
$$P_{out} = \omega\tau \quad \omega(\frac{rad}{s}) \quad \tau(\frac{N.m}{s}) \Rightarrow P_{out} = \frac{2\pi}{60}\omega\tau \quad \omega(rpm) \quad \tau(\frac{N.m}{s})$$

$$P_{in} = P_{out} + P_{loss}$$

$$\tau = \frac{60 \times (P_{in} - P_{loss})}{2\pi \times \omega} \quad \omega(rpm)$$

سرعت موتور	گشتاور مکانیکی	توان جذب شده	جریان استاتور	ولتاژ خط	گشتاور مکانیکی
				208	≈ 0
			0.6		
			0.65		
			0.7		
			0.75		
			0.8		

▶ منحنی تغییرات گشتاور بر حسب سرعت را برای این موتور القایی رسم کنید.



✎ به منحنی تغییرات گشتاور بر حسب سرعت، مشخصه بارداری موتور یا مشخصه خروجی موتور می‌گویند.

▶ کنترل‌کننده گشتاور الکترودینامتر را کاملاً در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید و گشتاور مکانیکی روی موتور القایی را به صفر برسانید.

▶ کلید S را وصل کنید.

✎ در این حالت یک موتور سنکرون خواهیم داشت که با سرعت سنکرون شبکه (1500 دور بر دقیقه) در حال چرخش می‌باشد.

✎ توجه داشته باشید که فعلاً گشتاوری به محور موتور اعمال نشده است و موتور به صورت بی‌بار کار می‌کند.

? توان خروجی موتور در این حالت چقدر است؟ با توجه به رابطه زیر به این سوال پاسخ دهید.

$$P_{out} = \omega.\tau$$

? توان ورودی به موتور را توسط وات‌متر بخوانید. با توجه به اینکه توان خروجی موتور برابر صفر است چرا توان ورودی برابر صفر نیست؟

▶ توان تلفات اصطکاک (گردشی) را با استفاده از روابط زیر در بی‌باری موتور محاسبه کنید.

$$P_{in} = P_{out} + P_{loss} \Rightarrow P_{in} = P_{loss}$$

▶ با چرخاندن تنظیم‌کننده گشتاور الکترودینامومتر در جهت حرکت عقربه‌های ساعت به تدریج به موتور سنکرون گشتاور مکانیکی اعمال کنید.

? چرا با افزایش بار مکانیکی روی محور موتور سنکرون جریان کشیده شده توسط موتور نیز افزایش می‌یابد؟

✎ توجه کنید که کنترل‌کننده گشتاور الکترودینامومتر را آنقدر نچرخانید که جریان موتور بیشتر از 0.7 آمپر شود.

▶ جدول زیر را تکمیل کنید.

▶ اگر در هر مرحله ولتاژ خط موتور از 208 ولت کاهش یابد آنرا در 208 ولت ثابت نگه دارید.

✎ اندازه‌گیری‌های خود را در کمترین زمان ممکن انجام دهید.

✎ در جدول زیر ستون اول را مستقیماً از خود الکترودینامومتر بخوانید و برای ستون پنجم نیز از روابط زیر کمک بگیرید.

$$P_{in} = \sqrt{3} V_l I_l \cos\phi$$

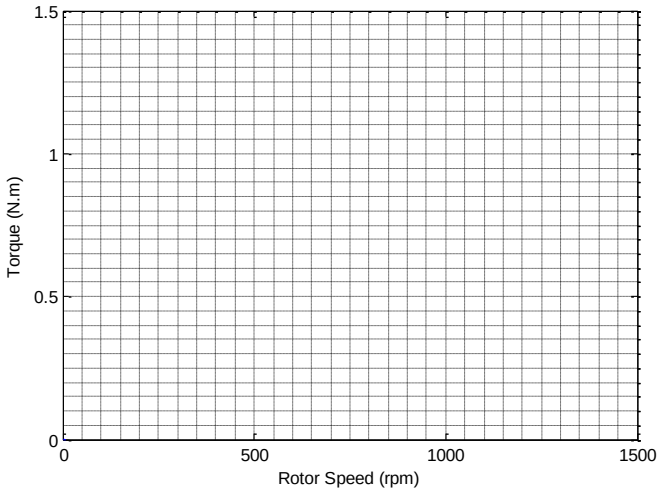
$$P_{out} = \omega\tau \quad \omega(\frac{rad}{s}) \quad \tau(\frac{N.m}{s}) \Rightarrow P_{out} = \frac{2\pi}{60}\omega\tau \quad \omega(rpm) \quad \tau(\frac{N.m}{s})$$

$$P_{in} = P_{out} + P_{loss}$$

$$\tau = \frac{60 \times (P_{in} - P_{loss})}{2\pi \times \omega} \quad \omega(rpm)$$

سرعت موتور	گشتاور مکانیکی	توان جذب شده	جریان استاتور	ولتاژ خط	گشتاور مکانیکی
				208	≈ 0
			0.3		
			0.4		
			0.5		
			0.6		
			0.7		
			0.8		

▶ منحنی تغییرات گشتاور بر حسب سرعت را برای این موتور سنکرون رسم کنید.



✎ به منحنی تغییرات گشتاور بر حسب سرعت، مشخصه بارداری موتور یا مشخصه خروجی موتور می‌گویند.

آزمایش چهارم

عنوان: آزمایش اتصال کوتاه و آزمایش مدار باز ترانس‌فورماتورهای تک‌فاز

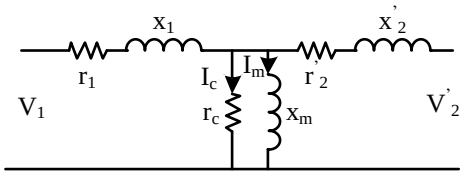
اهداف: به‌دست آوردن پارامترهای سری و موازی ترانس‌فورماتورهای تک‌فاز

بحث:

توضیح در مورد ساختار ترانس‌فورماتورهای موجود،

توضیح در مورد آزمایش‌های مدار باز و اتصال کوتاه و سمت انجام آزمایش در هر کدام،

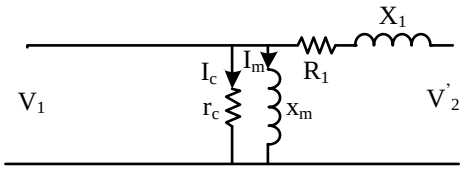
مدار معادل ترانس‌فورماتور از دید طرف اولیه مطابق شکل زیر می‌باشد.



به طوری که

$$V_2^{'} = V_2(\frac{N_1}{N_2})$$
$$x_2^{'} = x_2(\frac{N_1}{N_2})^2$$
$$r_2^{'} = r_2(\frac{N_1}{N_2})^2$$

با کمی تقریب می‌توان این مدار را به صورت مدار معادل تقریبی زیر در نظر گرفت.



$$R_1 = r_2^{'} + r_1$$
$$X_1 = x_2^{'} + x_1$$

که مقادیر پارامترهای سری این مدار معادل تقریبی به کمک آزمایش اتصال کوتاه و پارامترهای موازی به کمک آزمایش مدار باز تعیین می‌گردد.

الف)آزمایش مدار باز

در این آزمایشبه طرف اولیه ترانس‌فورماتور در حالی که طرف ثانویه آن مدار باز است، ولتاژ نامی در فرکانس نامی اعمال می‌گردد.جریان برقرار شده در مدارجریان بی‌باری (I_{oc}) جمع جریان مغناطیس کنندگی و جریان مربوط به تلفات آهن هسته می‌باشد.همچنین توان ورودی برابر با جمع تلفات آهن وتلفات مس اولیه ترانسفورماتور می باشد.اما بخاطر اینکه مؤلفه تلفات مس اولیه در مقایسه با تلفات آهن خیلی ناچیز است، صرفنظر می‌گردد.

در نتیجه خواهیم داشت:

$$\cos\varphi_{oc} = \frac{P_{oc}}{V_{oc}.I_{oc}}$$
$$I_c = I_{oc}\cos\varphi_{oc}$$
$$I_m = I_{oc}\sin\varphi_{oc}$$
$$X_m = \frac{V_{oc}}{I_m}$$
$$R_c = \frac{V_{oc}}{I_c}$$

ب) آزمایش اتصال کوتاه:

در این آزمایشدر حالتی که طرف ثانویه ترانس‌فورماتور مستقیماً یا از طریق آمپرمتر اتصال کوتاه شده، از طرف اولیه ولتاژ خیلی پایین به ترانس‌فورماتور اعمال می‌گرددتا جریان نامی از ترانس‌فورماتور بگذرد. از آنجایی که توانی که ترانس‌فورماتور از شبکه جذب می‌کندفقط در خودش تلف می‌شود بنابراین:

$$P_{sc} = P_{cu1} + P_{cu2} + P_c$$

ولی مقدارPc در مقایسه با Pcu1 + Pcu2 در این آزمایش خیلی ناچیز بوده، بنابراین می‌توان توان جذب شده را برابر با تلفات مس سیم پیچی اولیه و ثانویه ترانس‌فورماتور فرض کرد.لذا خواهیم داشت:

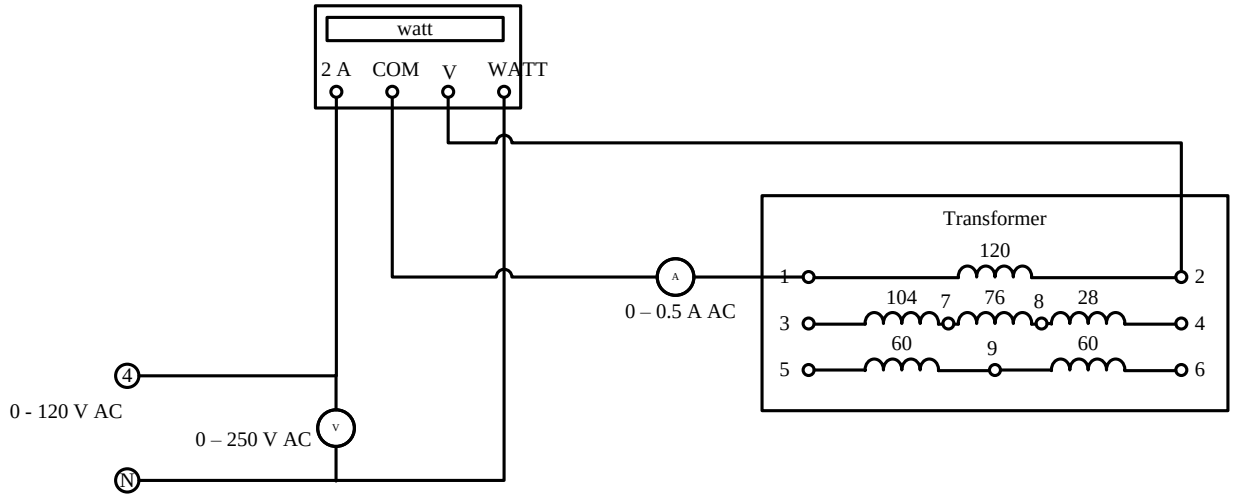
$$R_1 = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}$$

$$Z_1 = \frac{V_{sc}}{I_{sc}}$$

$$X_1 = \sqrt{Z_1^{\,2} - R_1^{\,2}}$$

مراحل انجام آزمایش:

◀مدار شکل زیر را ببندید.



◀ همچنین ولتاژ بین ترمینال‌های 4 و N منبع تغذیه را با چرخاندن تنظیم‌کننده در جهت عکس عقربه‌های ساعت روی صفر ولت AC تنظیم کنید.

توجه کنید که به هیچ عنوان ترانس‌فورماتور را با ولتاژ DC تغذیه نکنید.

◀کلید منبع ولتاژ را روشن کنید.

◀ولتاژ ورودی ترانس‌فورماتور را با چرخاندن تنظیم کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت حرکت عقربه‌های ساعت به 120 ولت AC برسانید.

از تماس دست با هر کدام از ترمینال‌های آزاد ترانس‌فورماتور اکیداً خودداری نمایید.

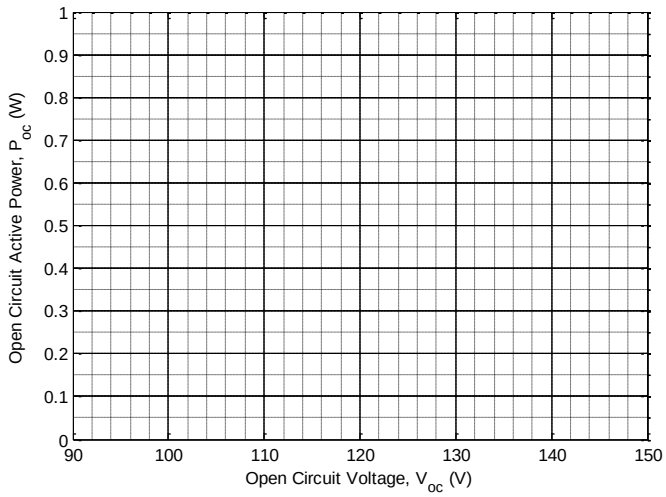
◀با قرائت مقادیر دستگاه‌های اندازه‌گیری و با استفاده از روابط بررسی شده مقادیر R_m و X_m را محاسبه نمائید.

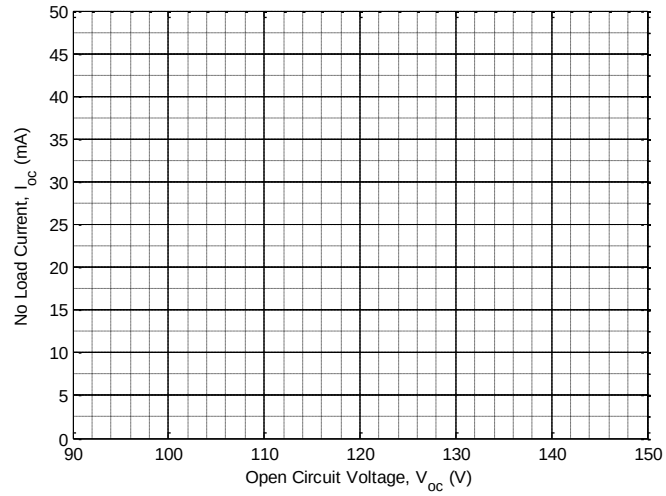
◀مجددا ولتاژ اعمال شده را به صفر برگردانید وبا تغییر آن در فاصله 1.2 – 0.8 برابر ولتاژ نامی، جدول زیر را کامل کنید.

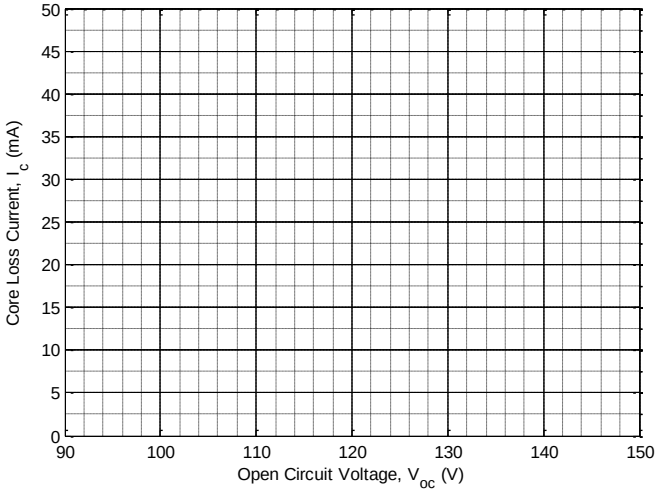
➹ اندازه‌گیری‌های خود را در ولتاژهای بالای 120 ولت سریع انجام دهید.

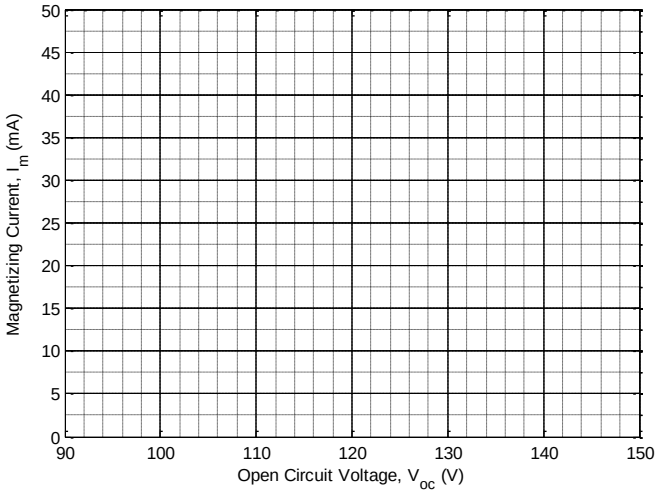
V_{oc}	P_{oc}	I_{oc}	$\cos \varphi_{oc}$	I_c	I_m	R_c	X_c
108							
120							
132							

◀ بعد از تکمیل جدول، منحنی تغییرات توان جذب شده توسط ترانس‌فورماتور در حالت مدار باز، جریان بی‌باری، جریان مغناطیس کنندگی و جریان تلفات هسته را برحسب ولتاژ ورودی رسم کنید.

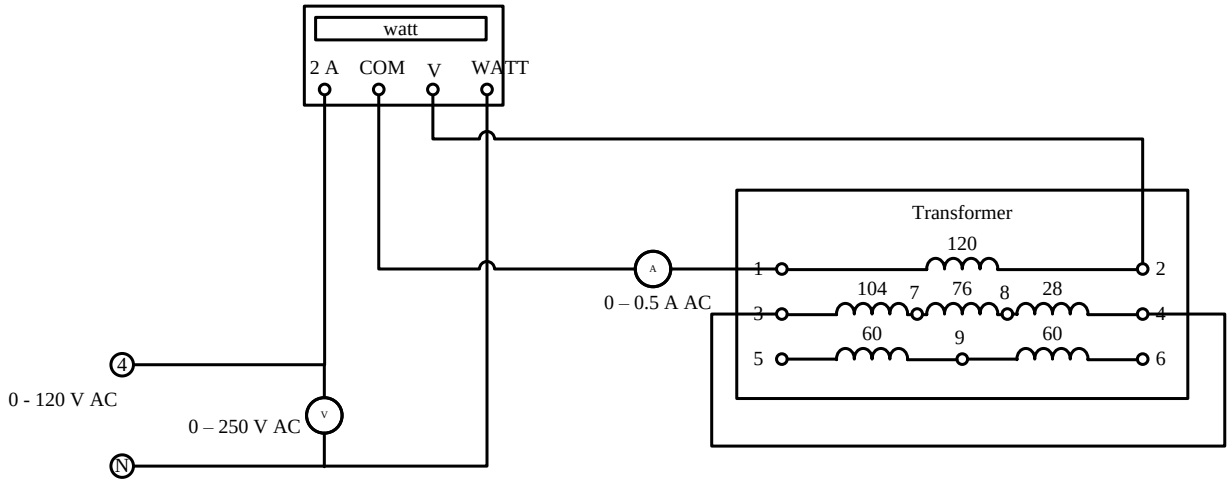








◀مدار را مطابق با شکل زیر تغییر دهید.



💣 قبل از انجام هر گونه تغییرات در مدار ولتاژ ورودی را با چرخاندن تنظیم کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت عکس عقربه‌های ساعت به 0 ولت برسانید.

🗲 به مقدار بسیار جزیی تنظیم کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت عقربه‌های ساعت بالا ببرید و در عین حال به جریان سیم‌پیچی اولیه توجه کنید.

💣 جریان سیم‌پیچی اولیه ترانس‌فورماتور به هیچ عنوان نباید بیشتر از 0.5 آمپر شود.

? چرا جریان سیم‌پیچی اولیه ترانس‌فورماتور نباید بیشتر از 0.5 آمپر شود؟

▶جدول زیر را کامل کنید.

🗲به تدریج و با احتیاطکامل ولتاژ اعمال شده را افزایش دهید تا جریان اتصال کوتاه ترانس‌فورماتور مطابق با جدول زیر باشد.

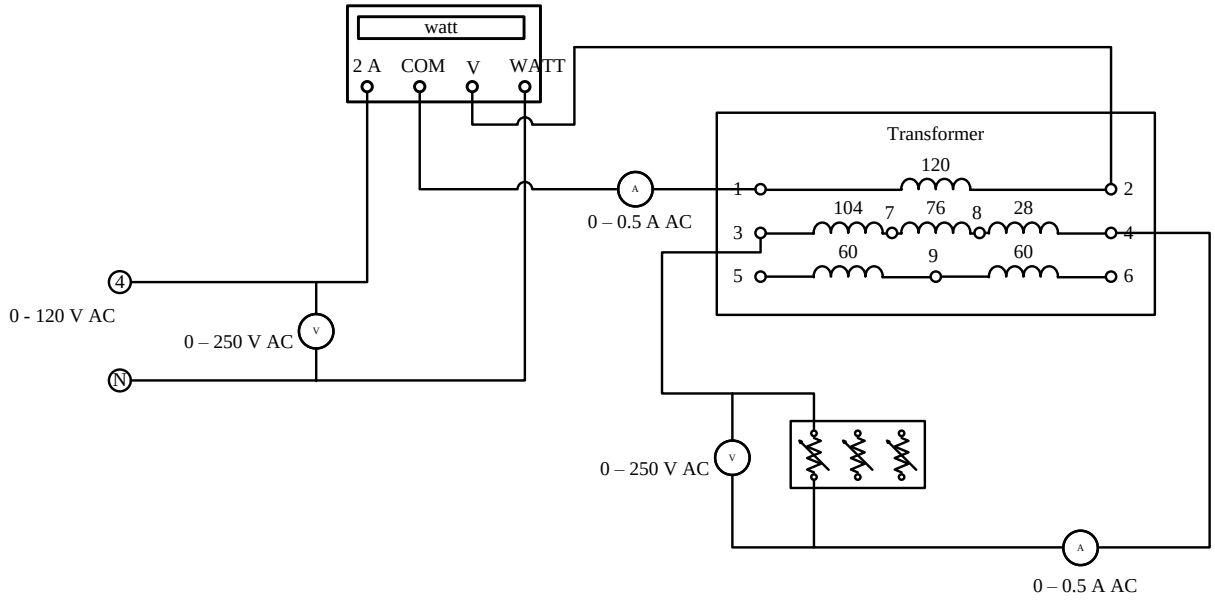
V_{sc}	I_{sc}	P_{sc}	R_1	X_1
	0.1			
	0.2			
	0.3			
	0.4			
	0.5			

?علت اینکه P_c در این آزمایش خیلی ناچیز بوده واز آن صرف‌نظر می‌گردد را توضیح دهید. آیا در کار نرمال ترانس‌فورماتور نیز از آن می‌توان صرف‌نظر کرد؟

?مدار معادل تقریبی ترانس‌فورماتور را هم از دیدگاه طرف اولیه وهم از دیدگاه طرف ثانویه رسم نموده و مقادیر پارامترهای آن را تعیین کنید.

▶ مدار شکل زیر را ببندید.

💣 قبل از انجام هر گونه تغییرات در مدار ولتاژ ورودی را با چرخاندن تنظیم کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت عکس عقربه‌های ساعت به 0 ولت برسانید.



▶ کلیدهای بار مقاومتی را در حالت قطع قرار دهید.

▶ ولتاژ بین دو ترمینال 4 و N منبع تغذیه را با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت حرکت عقربه‌های ساعت روی 70 ولت AC تنظیم کنید.

▶ با وصل کردن به تدریج کلیدهای بار جدول زیر را کامل کنید.

🗲 توجه داشته باشید که جریان سمت ثانویه بیشتر از 0.3 آمپر نشود.

	P_{in}	$P_{out} = V_2 \times I_2$	$P_c = v_1^2/R_c$	$R_1 \times I_1^2$	$P_{in} - P_{out}$	$P_c + R_1 \times I_1^2$
1200 Ω						
600 Ω						
1200 || 600 Ω						
300 Ω						
1200 || 300 Ω						
600 || 300 Ω						
1200 || 600 || 300 Ω						

✎ ستون اول از سمت راست تلفات محاسبه شده و ستون دوم از راست تلفات اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. این دو ستون باید با هم برابر باشند.

آزمایش پنجم

عنوان: اتوترانس‌فورماتور

اهداف: بررسی مزایا و معایب اتوترانس‌فورماتور و مقایسه آن با ترانس‌فورماتور معمولی،

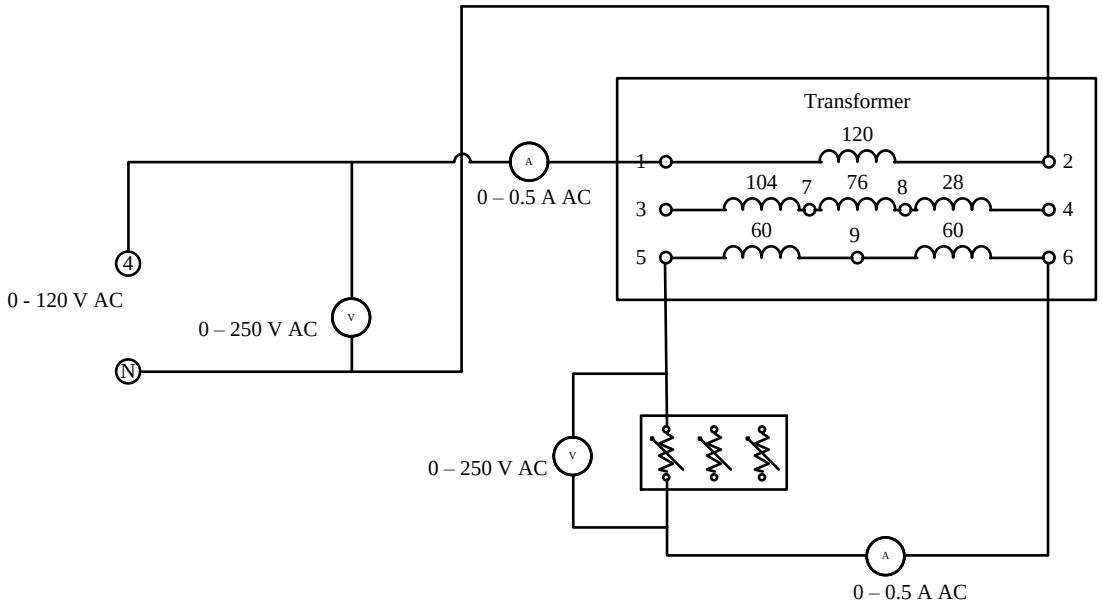
بحث:

عملکرد اتوترانس‌فورماتور و توان ظاهری آن،

ارتباط الکتریکی سمت اولیه و ثانویه،

مراحل انجام آزمایش:

◀مدار شکل زیر در ارتباط با یک ترانس‌فورماتور معمولی را ببندید.



◀ ولتاژ ورودی را با چرخاندن تنظیم کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت به 0 ولت برسانید.

◀ تمام کلیدهای بار در حالت قطع قرار دهید.

◀ کلید منبع ولتاژ را وصل کنید.

▶ولتاژ ورودی ترانس‌فورماتور را با چرخاندن تنظیم کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت حرکت عقربه‌های ساعت به 120 ولت برسانید.

💣 از تماس دست با هریک از ترمینال‌های آزاد ترانس‌فورماتور اکیداً خودداری کنید.

▶ با وارد کردن تدریجی مقاومت‌ها به مدار جریان اولیه ترانس‌فورماتور را به مقدار نامی برسانید.

✎ مقدار نامی هر کدام از سیم‌پیچی‌های ترانس‌فورماتور را از روی پانل ترانس‌فورماتور بخوانید.

✎ $I_{1n} = 0.5$ و $I_{2n} = 0.5$

✎ توجه کنید که جریان سمت اولیه ترانس‌فورماتور از مقدار نامی بیشتر نشود.

▶ جدول زیر را کامل کنید.

توان ورودی			توان خروجی		
V_{1n}	I_{1n}	$S_{1n} = VA_{1n} = V_{1n} \times I_{1n}$	V_{2n}	I_{2n}	$S_{2n} = VA_{2n} = V_{2n} \times I_{2n}$

✎ همانطور که ملاحظه می‌کنید در این حالت توان ظاهری ورودی برابر با $V_{1n} \times I_{1n}$ و توان ظاهری خروجی برابر با مقدار $V_{2n} \times I_{2n}$ می‌باشد و این دو مقدار نیز با هم برابرند.

? ثابت کنید توان ظاهری ورودی ترانس‌فورماتور با توان ظاهری خروجی ترانس‌فورماتور برابر می‌باشد.

کلید منبع ولتاژ را قطع کنید.

▶ ولتاژ ورودی را با چرخاندن تنظیم کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت به 0 ولت برسانید.

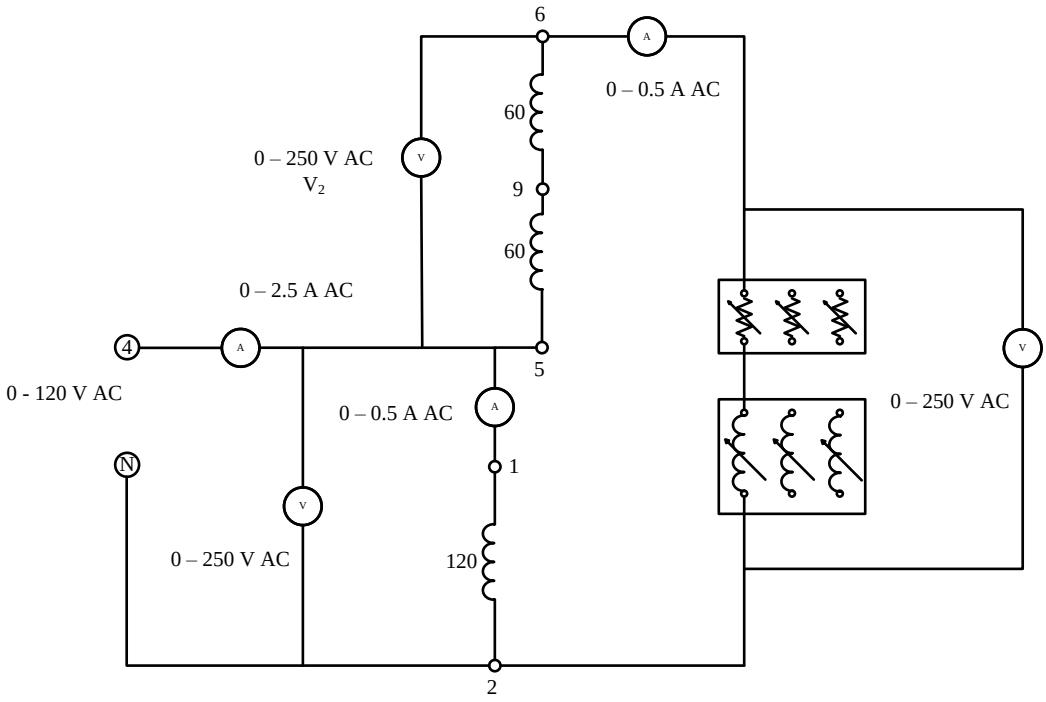
▶مدار شکل زیر را که استفاده اتوترانس‌فورماتوری همان ترانس‌فورماتور قبلی را نشان می‌دهد، ببندید.

✎ همان‌طور که ملاحظه می‌کنید در این حالت بار سلفی با بار مقاومتی سری شده است.

? دلیل اینکه در این آزمایش این دو بار با هم سری شده است چه چیزی می‌تواند باشد؟

▶ کلیدهای بار در موقعیت قطع قرار دهید.

▶ ولتاژ ورودی را با چرخاندن تنظیم کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت حرکت عقربه‌های ساعت به 120 ولت برسانید.



? اگر ولتاژ خروجی با وجود افزایش ولتاژ ورودی در مقدار صفر باقی می‌ماند، علت را توضیح دهید.

▶ در صورتی که چنین اتفاقی بیافتد مطابق با شکل زیر جای ترمینال‌های شماره‌های ۵ و ۶ را جابجا کنید.

💣 قبل از اینکه هر گونه تغییری در مدار بدهید کلید منبع ولتاژ را قطع یا با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ، ولتاژ را به 0 برسانید.

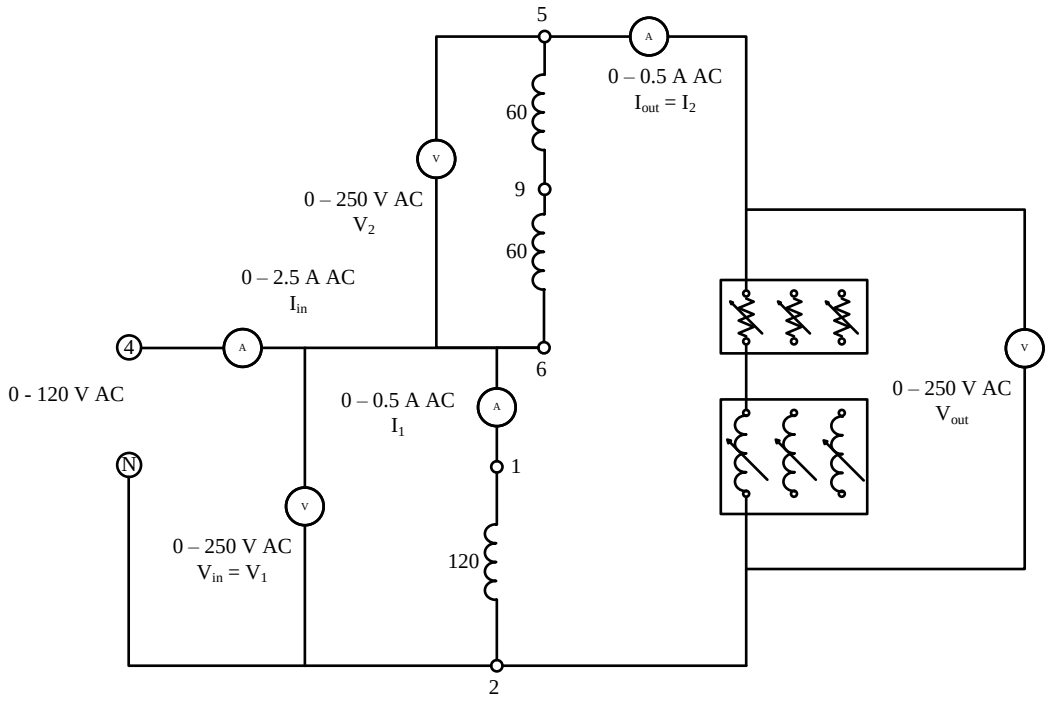
▶ مجدداً ولتاژ ورودی را با چرخاندن تنظیم کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت حرکت عقربه‌های ساعت به 120 ولت برسانید.

✎ به ولتاژ سمت ثانویه توجه کنید.

💣 از تماس دست با هر کدام از ترمینال‌های آزاد ترانس‌فورماتور اکیداً خودداری کنید.

? دلیل افزایش ولتاژ تا این مقدار چه چیزی می‌باشد؟

? با توجه به مقدار ولتاژ ثانویه بار دیگر به جواب سوال قبل (دلیل سری کردن دو بار با هم) فکر کنید.



▶ بعد از اینکه ولتاژ سمت اولیه را به 120 ولت افزایش دادید، بارهای مقاومتی و سلفی را به تدریج و به صورت همزمان وارد مدار کنید.

▶ این کار را تا جایی انجام دهید که جریان سیم‌پیچی‌های ترانس‌فورماتور به مقدارهای نامی برسد.

$I_{1n} = 0.5$ و $I_{2n} = 0.5$

✎ توجه کنید که جریان سیم‌پیچی‌های ترانس‌فورماتور از مقدار نامی بیشتر نشود.

▶ جدول زیر را کامل کنید.

		توان ورودی			توان خروجی
V_{1n}	I_{1n}	$S_{1n} = VA_{1n} = V_{in} \times I_{in}$	V_{2n}	I_{2n}	$S_{2n} = VA_{2n} = V_{out} \times I_{out}$

? با مقایسه دو جدول این آزمایش مزیت اتوترانس‌فورماتور نسبت به ترانس‌فورماتور را توضیح دهید.

? اگر تعداد دور سیم‌پیچی اولیه N_1 و تعداد دور سیم‌پیچی ثانویه N_2 باشد، رابطه توان ظاهری اتوترانس‌فورماتور را در مقایسه با ترانس‌فورماتور معمولی به‌دست بیآورید.

آزمایش ششم

عنوان: موازی کردن ژنراتور سنکرون با سیستم سه‌فاز برق شهری

اهداف: بررسی شرایط لازم برای کار موازی دو سیستم فاز، مشاهده تاثیرات عدم رعایت کردن شرایط موازی کردن، قوانین تقسیم توان‌های اکتیو و راکتیو بین دو ژنراتور موازی

بحث:

توضیح در مورد دامنه ولتاژ برق شهری و و دامنه ولتاژ تولیدی ژنراتور مورد آزمایش،

توضیح در مورد ماژول سنکرون‌اسکوپ،

نحوه تغییر فرکانس ولتاژ خروجی ژنراتور سنکرون،

نحوه تغییر اندازه ولتاژ ژنراتور سنکرون،

شرایط لازم برای موازی کردن دو مجموعه سه‌فاز،

مراحل انجام آزمایش:

▶مدار شکل زیر را ببندید.

✎ توجه داشته باشید که خروجی ژنراتور سنکرون توسط ماژول سنکرون‌اسکوپ به ولتاژ خروجی ثابت منبع ولتاژ (ترمینال‌های شماره‌های 1، 2 و 3) وصل شده است.

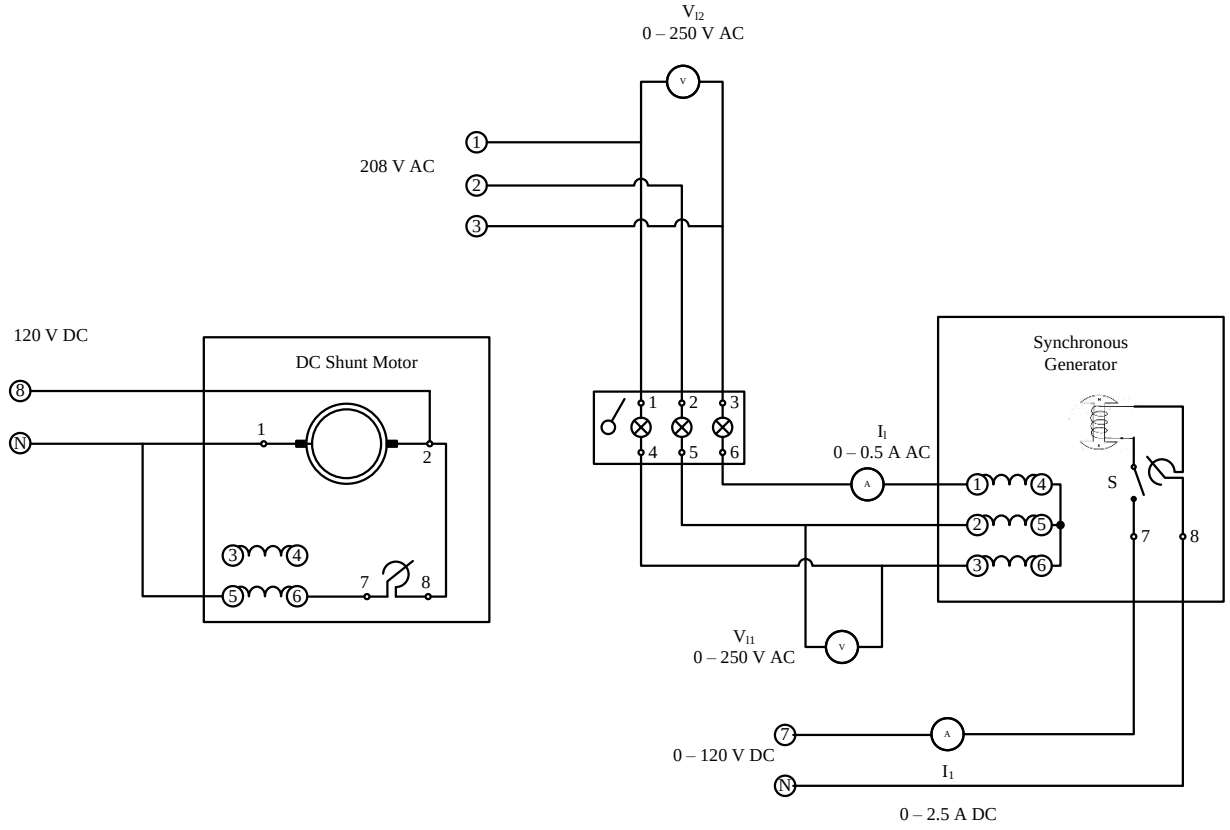
💣 از تماس دست با هر کدام از قسمت‌های مجموعه اکیداً خودداری نمایید. با اینکه ژنراتور سنکرون راه‌اندازی نشده است ولی (ترمینال‌های شماره‌های 1، 2 و 3) از طریق منبع ولتاژ برق دار می‌باشند.

✎ روتور ماشین سنکرون به خروجی متغیر 120-0 ولت DC منبع ولتاژ (ترمینال‌های 7 و N) وصل شده است.

✎ موتور DC شنت به خروجی 120 ولت ثابت DC منبع ولتاژ (ترمینال‌های 8 و N) متصل شده است.

▶ از اتصال محور موتور DC به محور ژنراتور سنکرون توسط تسمه اطمینان حاصل کنید.

▶ مقدار مقاومت مسیر میدان موتور DC را با چرخاندن آن در جهت عقربه‌های ساعت در مقدار مینیمم تنظیم کنید.



▶ مقدار مقاومت میدان یا تحریک (واقع در مسیر روتور ژنراتور سنکرون) را با چرخاندن آن در جهت حرکت عقربه‌های ساعت در مقدار مینیمم تنظیم کنید و کلید S را در حالت قطع قرار دهید.

▶ اطمینان حاصل کنید کلید سنکرون‌اسکوپ که خروجی ژنراتور را به برق شهر متصل می‌کند، در حالت قطع می‌باشد.

▶ منبع ولتاژ را روشن کنید و سرعت موتور DC را به 1500 دور بر دقیقه برسانید.

▶ کلید S مربوط به روتور ژنراتور سنکرون را وصل کنید.

▶ به آرامی تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ را در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید تا با افزایش ولتاژ مسیر تحریک جریان تحریک ژنراتور سنکرون نیز افزایش یابد.

▶ به ولتاژ خط شبکه V_{l2} توجه کنید. جریان تحریک ژنراتور سنکرون را تا جایی افزایش دهید که ولتاژ خط خروجی ژنراتور V_{l1} به همین مقدار برسد.

✎ این دو ولتاژ تا آخر آزمایش باید با هم برابر باشند.

✎همان‌طور که ملاحظه می‌کنید سه چراغ سنکرون‌اسکوپ شروع به چشمک زدن می‌کنند.

▶ فرکانس برق شهر (خروجی ترمینال‌های شماره‌های 1، 2 و 3) را با فرکانس‌متر بخوانید.

▶ با تنظیم دقیق سرعت موتور DC فرکانس ولتاژ خروجی ژنراتور را نیز به همان عدد برسانید.

💣 به هیچ عنوان اقدام به وصل کلید ماژول سنکرون‌اسکوپ تا موقعی که شرایط آن طبق ادامه دستور کار فراهم نشده نکنید.

▶به آرامی سرعت چرخش موتور DC را تغییر دهید تا فرکانس چشمک زدن چراغ‌ها کاملاً کم شود.

▶اگر هر سه چراغ با هم روشن و خاموش نمی‌شوند (به ترتیب یکی پس از دیگری روشن و خاموش می‌شوند) جای دو فاز از ژنراتور سنکرون را با هم عوض کنید.

💣 این کار را اکیداً بعد از خاموش کردن ژنراتور سنکرون انجام دهید.

▶ مجددا به آرامی و با دقت سرعت موتور DC را تنظیم کنید تا هر سه چراغ با هم و با سرعت بسیار کم شروع به چشمک زدن بکنند.

✎ موقعی که هر سه چراغ با هم خاموش می‌شوند فازهای شبکه برق و ژنراتور سنکرون از نظر توالی و زاویه فاز با هم یکسان می‌باشند.

✎ موقعی که هر سه چراغ با هم روشن می‌شوند فازهای شبکه برق و ژنراتور سنکرون از نظر توالی با هم یکسان و از نظر زاویه فاز با هم 180 درجه اختلاف دارند.

▶ مجددا بررسی کنید که ولتاژهای خط شبکه V_{l2} و ژنراتور سنکرون V_{l1} با هم برابر هستند یا نه؟

▶ اگر برابر نباشند با تغییر جریان تحریک ژنراتور آنها را برابر کنید.

↗ موقعی که هر سه چراغ با هم خاموش می‌شوند در یک لحظه و خیلی سریع کلید سنکرون‌اسکوپ را وصل کنید تا خروجی ژنراتور سنکرون به برق شبکه متصل شود.

▶ در لحظه وصل کلید به مقدار جریان I_1 توجه کنید.

↗ بار دیگر کلید سنکرون‌اسکوپ را موقعی که هر سه چراغ تقریبا خاموش (کمرنگ) هستند وصل کنید. به مقدار جریان I_1 توجه کنید.

? مقدار جریان I_1 در مقایسه با حالت قبلی چه تغییری می‌کند؟ این تغییر را چگونه توجیه می‌کنید؟

▶ بعد از اینکه ژنراتور سنکرون با شبکه موازی شد با تغییر مقاومت میدان موتور DC سعی کنید سرعت درایو و به تبع آن سرعت چرخش ژنراتور سنکرون را تغییر دهید.

? آیا موفق به این تغییر می‌شوید؟ چرا؟

▶ همچنین با تغییر جریان تحریک ژنراتور سنکرون سعی کنید ولتاژ ژنراتور سنکرون را تغییر دهید.

? آیا موفق به این تغییر می‌شوید؟ چرا؟

▶ در همین حال که مقاومت میدان موتور DC و همچنین جریان تحریک ژنراتور سنکرون را تغییر داده‌اید کلید S را قطع کنید و مشاهدات خود را به صورت کامل توضیح دهید.

آزمایش هفتم

عنوان: کندانسور سنکرون

اهداف: استفاده از موتور سنکرون به عنوان منبع متغیر توان راکتیو (کندانسور)،

به‌دست آوردن منحنی V شکل

بحث:

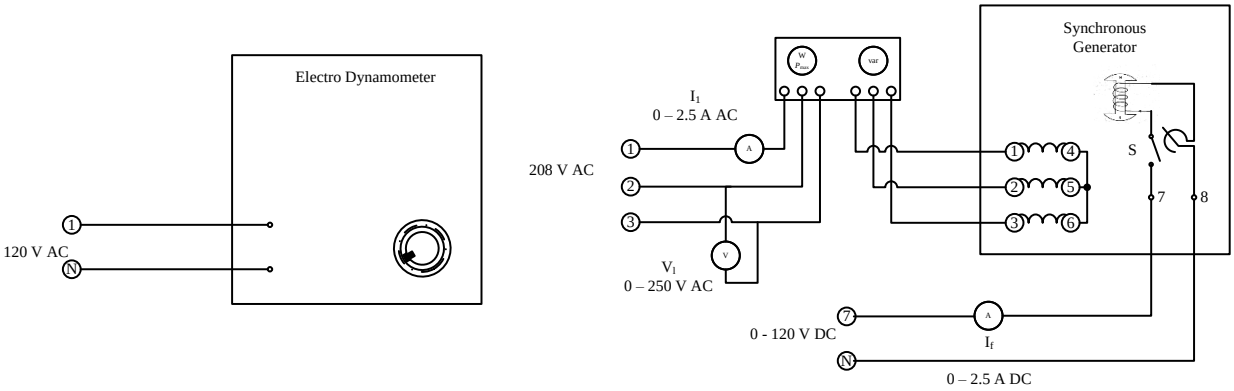
توضیح در مورد کندانسورهای سنکرون،

توضیح در مورد الکترودینامومتر،

توضیح در مورد ماژول اندازه‌گیری توان‌های اکتیو و راکتیو،

مراحل انجام آزمایش:

◀ مدار شکل زیر را ببندید.



◀ از اتصال محور الکترودینامومتر به محور موتور سنکرون توسط تسمه اطمینان حاصل کنید.

◀ کنترل‌کننده الکترودینامتر را کاملاً در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید تا هیچ گشتاور مکانیکی را روی محور سنکرون موتور اعمال نکند.

◀ مقدار مقاومت میدان یا تحریک (واقع در مسیر روتور موتور سنکرون) را با چرخاندن آن در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت در مقدار مینیمم تنظیم کنید و کلید S را در حالت قطع قرار دهید.

✎ اکثر کلیدهای تجهیزات در تمامی مجموعه‌ها در موقعیت پایین قطع و در موقعیت بالا وصل می‌باشند.

✎ ولتاژ ACخروجی ترمینال‌های 1، 2 و 3 منبع تغذیه همیشه 120 ولت فاز و 208 ولت خط می‌باشد و ارتباطی به موقعیت تنظیم‌کننده منبع ولتاژ ندارد.

✎ ولتاژ بین دو ترمینال 1 و N منبع تغذیه همیشه 120 ولت AC می‌باشد و ارتباطی به موقعیت تنظیم‌کننده منبع ولتاژ ندارد.

✎ ولتاژ بین دو ترمینال 7 و N منبع تغذیه بسته به موقعیت تنظیم‌کننده منبع ولتاژ از 0 تا 120 ولت DC تغییر می‌کند.

▶ولتاژ بین دو ترمینال 7 و N منبع تغذیه را با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت روی 0 ولت DC تنظیم کنید.

▶ منبع تغذیه را روشن نمایید.

💣 از تماس دست با هر کدام از قسمت‌های مجموعه اکیداً خودداری نمایید.

▶ دقت نمایید جهت چرخش موتور طبق جهت نشان داده شده روی الکترودیناموتر (در جهت حرکت عقربه‌های ساعت) باشد.

✎ به منظور جابجا کردن جهت چرخش موتور می‌توانید جای دو فاز دلخواه را بعد از قطع کلید منبع ولتاژ عوض کنید.

▶کلید S را وصل کنید.

✎ در این حالت موتور سنکرون (با جریان تحریک صفر) به صورت موتور القایی کار می‌کند.

✎ توجه داشته باشید که فعلاً گشتاوری به محور موتور اعمال نشده است و موتور به صورت بی‌بار کار می‌کند.

? چرا با وجود اینکه موتور بی بار است و توان خروجی آن صفر می‌باشد ولی توان اکتیو ورودی موتور صفر نیست؟

▶همچنین توان راکتیو موتور را بخوانید و به علامت مثبت یا منفی آن توجه کنید.

? آیا موتور در این حالت توان راکتیو را از شبکه جذب می‌کند یا اینکه توان راکتیو به شبکه تزریق می‌کند؟

▶ به تدریج و به آهستگی تنظیم کننده ولتاژ منبع ولتاژ را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت چرخانده و با افزایش جریان تحریک موتور سنکرون جدول زیر را کامل کنید.

✎ به علامت مثبت و منفی توان اکتیو توجه کافی داشته باشید.

🗲 اندازه‌گیری‌های خود را در کمترین زمان ممکن انجام دهید.

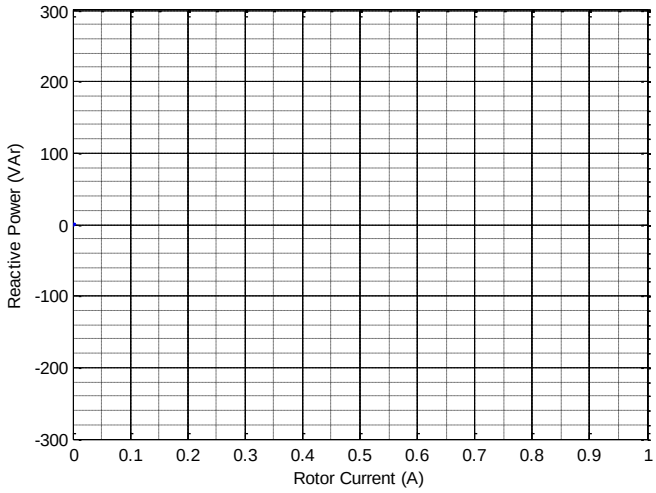
🗲 توجه داشته باشید که جریان تحریک بیشتر از 0.9 آمپر نشود.

✎ برای محاسبه cos φ از رابطه زیر استفاده کنید.

$$\cos\varphi = \frac{P_{in}}{\sqrt{3}V_l I_l}$$

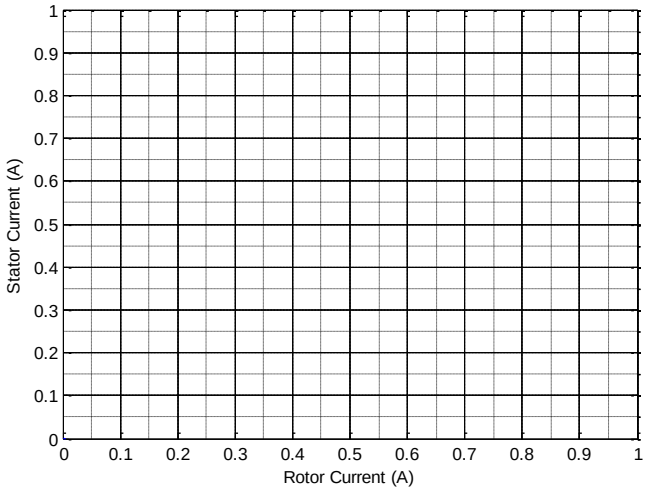
جریان تحریک	توان اکتیو	توان راکتیو	جریان استاتور	cos φ
0				
0.05				
0.1				
0.15				
0.2				
0.25				
0.3				
0.35				
0.4				
0.45				
0.5				
0.55				
0.6				
0.65				
0.7				
0.75				

منحنی توان راکتیو جذب شده توسط موتور سنکرون از شبکه را بر حسب جریان تحریک در نمودار شکل زیر رسم کنید.

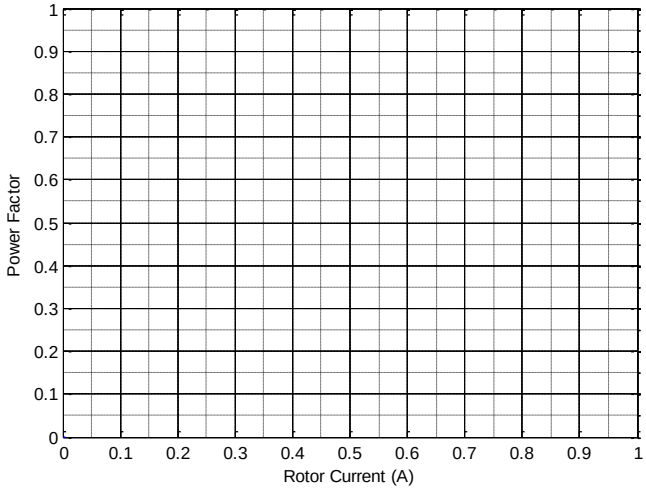


? توضیح دهید چگونه موتور سنکرون به عنوان یک منبع متغیر توان راکتیو می‌تواند عمل کند؟

منحنی جریان استاتور موتور سنکرون بر حسب جریان تحریک در نمودار شکل زیر رسم کنید.



همچنین منحنی ضریب توان موتور سنکرون بر حسب جریان تحریک در نمودار شکل زیر رسم کنید.



▶ مجدداً ولتاژ بین دو ترمینال 7 و N منبع تغذیه را با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت روی 0 ولت DC تنظیم کنید.

▶ با چرخاندن تنظیم‌کننده گشتاور الکترودینامومتر در جهت حرکت عقربه‌های ساعت به موتور سنکرون به اندازه 0. 5 نیوتن متر گشتاور مکانیکی اعمال کنید.

✎ توجه کنید که کنترل‌کننده گشتاور الکترودینامومتر را آنقدر نچرخانید که جریان موتور بیشتر از 0.7 آمپر شود.

? چرا با افزایش بار مکانیکی روی محور موتور سنکرون جریان کشیده شده توسط موتور نیز افزایش می‌یابد؟

? به توان اکتیو موتور توجه کنید. در مقایسه با حالت قبلی بیشتر یا کمتر شده است؟ چرا؟

✎ به علامت مثبت یا منفی توان راکتیو توجه کنید.

? آیا موتور در این حالت توان راکتیو را از شبکه جذب می‌کند یا اینکه توان راکتیو به شبکه تزریق می‌کند؟

▶ به تدریج و به آهستگی تنظیم کننده ولتاز منبع ولتاژ را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت چرخانده و با افزایش جریان تحریک موتور سنکرون جدول زیر را کامل کنید.

✎ به علامت مثبت و منفی توان اکتیو توجه کافی داشته باشید.

✎ اندازه‌گیری‌های خود را در کمترین زمان ممکن انجام دهید.

➢ توجه داشته باشید که جریان تحریک بیشتر از 0.9 آمپر نشود.

جریان تحریک	توان اکتیو	توان راکتیو	جریان استاتور	cos φ
0				
0.05				
0.1				
0.15				
0.2				
0.25				
0.3				
0.35				
0.4				
0.45				
0.5				
0.55				
0.6				
0.65				
0.7				
0.75				

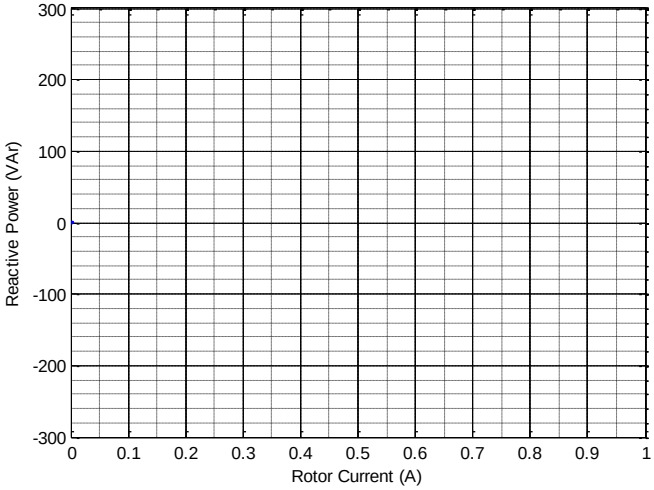
▶منحنی توان راکتیو جذب شده توسط موتور سنکرون از شبکه را بر حسب جریان تحریک در نمودار شکل زیر رسم کنید.

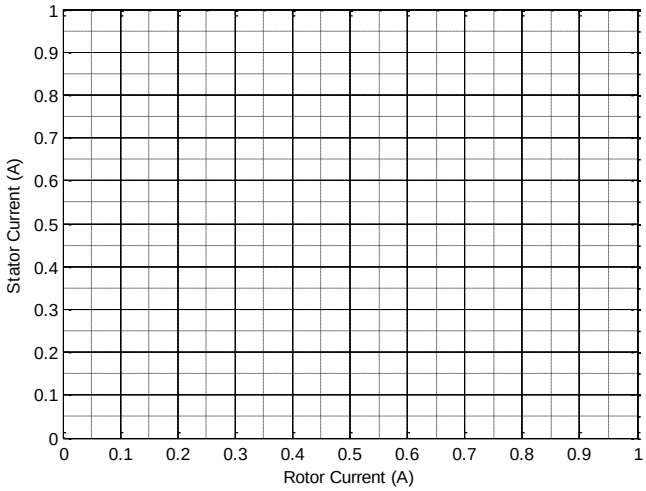
? توضیح دهید چگونه موتور سنکرون به عنوان یک منبع متغیر توان راکتیو می‌تواند عمل کند؟

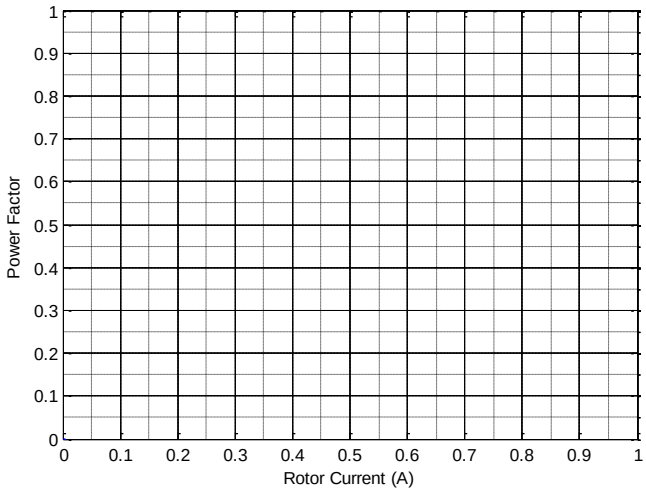
▶ منحنی جریان استاتور موتور سنکرون بر حسب جریان تحریک در نمودار شکل زیر رسم کنید.

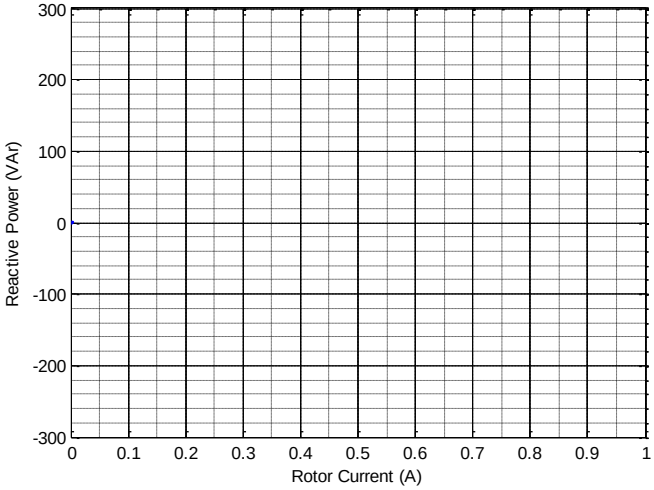
▶ همچنین منحنی ضریب توان موتور سنکرون بر حسب جریان تحریک در نمودار شکل زیر رسم کنید.

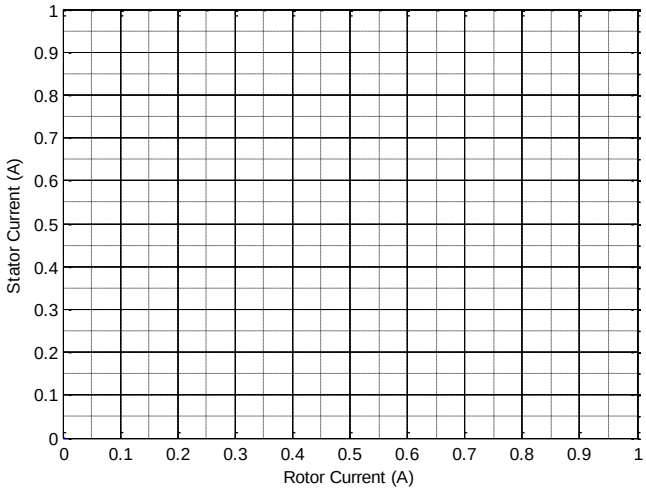
همچنین منحنی‌های توان راکتیو جذب شده توسط موتور سنکرون از شبکه، جریان استاتور موتور سنکرون و ضریب توان موتور سنکرون بر حسب جریان تحریک را برای هر دو حالتی که آزمایش کردید روی منحنی‌های واحدی رسم کنید.

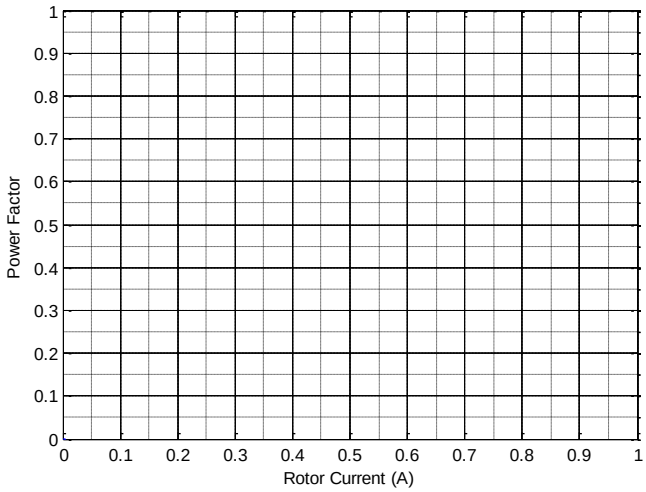

Reactive Power (VAr)
300
200
100
0
-100
-200
-300
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1
Rotor Current (A)


Stator Current (A)
1 0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1 0
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1
Rotor Current (A)


Power Factor
1 0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1 0
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1
Rotor Current (A)


Reactive Power (VAr)
300
200
100
0
-100
-200
-300
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1
Rotor Current (A)


Stator Current (A)
1 0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1 0
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1
Rotor Current (A)


Power Factor
1 0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1 0
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1
Rotor Current (A)

آزمایش هشتم

عنوان: عملکرد موازی ترانسفورماتورهای تک‌فاز

اهداف: بررسی شرایط لازم برای موازی کردن ترانس‌فورماتورهای تک‌فاز،

مطالعه ترانس‌فورماتورهای موازی تک‌فاز باردار

بحث:

توضیح در مورد لزوم موازی کردن ترانس‌فورماتورها،

اگر توان یک ترانس‌فورماتور برای تامین مصرف‌کننده کافی نباشد یا باید از یک ترانس‌فورماتور با طرفیت بزرگ‌تر استفاده نمود و یا اینکه از چند ترانس‌فورماتور که به صورت موازی به هم اتصال می‌یابند استفاده کرد. مزیت استفاده از چند ترانس‌فورماتور جداگانه به جای یک ترانس‌فورماتور بزرگ‌تر قابلیت اطمینان تامین بار را نیز بالا می‌برد.

مراحل انجام آزمایش:

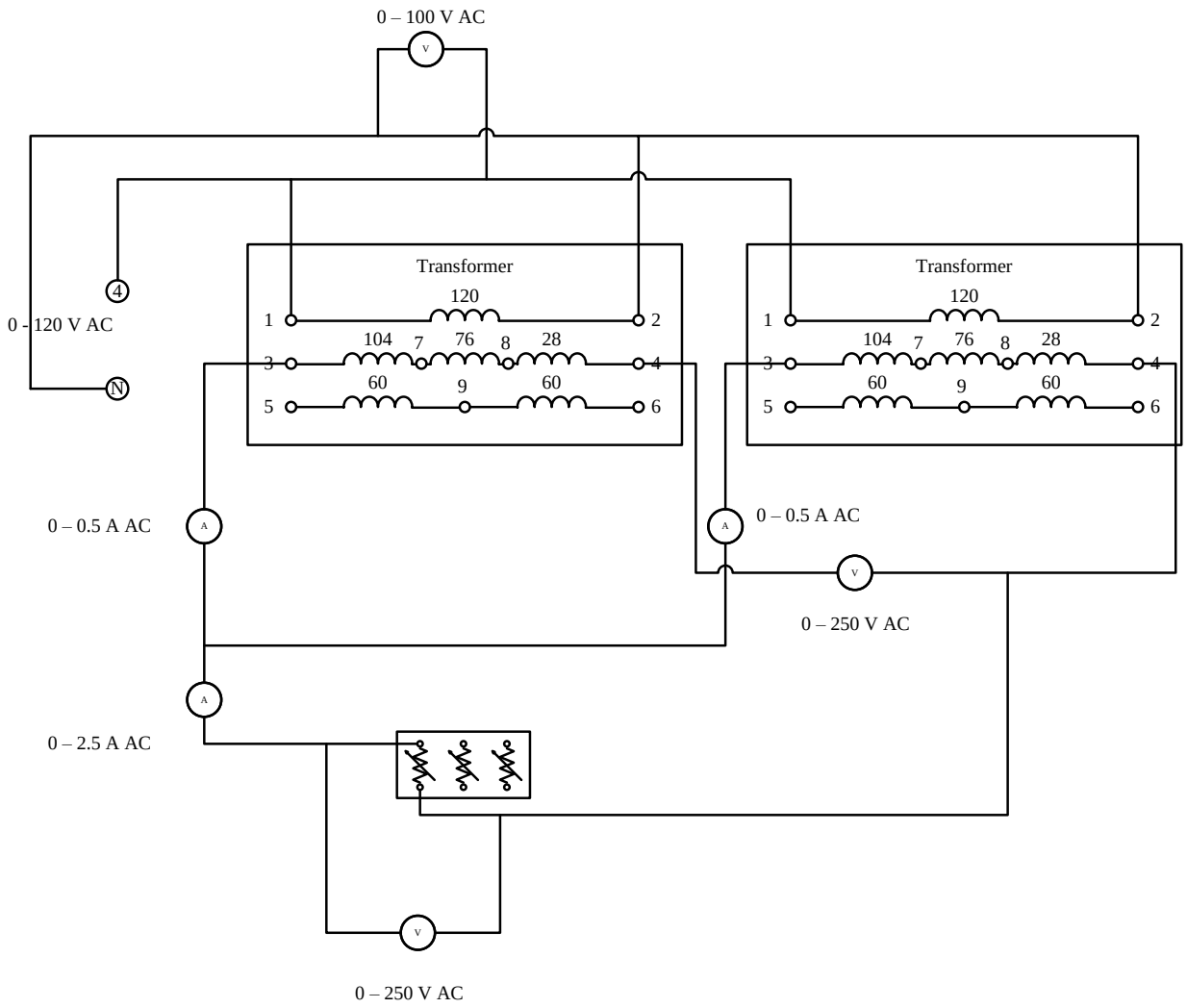
◀مدار شکل زیر را ببندید.

◀ ولتاژ بین دو ترمینال 4 و N منبع تغذیه را با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت روی 0 ولت AC تنظیم کنید.

◀کلیدهایبار مقاومتی را در حالت قطع قرار دهید.

✎ همانطور که ملاحظه می‌کنید اولیه هر دو ترانس‌فورماتور نظیر به نظیر به هم وصل و با هم موازی شده و به منبع ولتاژ وصل شده‌اند. همچنین ثانویه‌های هر دو ترانس‌فورماتور از یک سر توسط دو آمپرمتر با هم وصل شده‌اند و از سر دیگر توسط یک ولت‌متر به هم وصل شده‌اند.

✎ موقعی که ترمینال‌های دو ترانس‌فورماتور به هم‌دیگر وصل می‌شوند باید اطمینان حاصل شود که ترمینال‌های مذکور با هم هم‌پتانسیل می‌باشند. بنابراین اگر ولت‌متر عدد 0 ولت را نشان دهد می‌توان دو سر شماره 8 ترانس‌فورماتورها را به هم وصل کرد. در غیر این صورت باید جای دو ترمینال ثانویه را در یکی از ترانس‌فورماتورها عوض کرد.



▶ کلید منبع ولتاژ را روشن کنید.

توجه کنید که به هیچ عنوان ترانس‌فورماتور را با ولتاژ DC تغذیه نکنید.

▶ ولتاژ بین دو ترمینال 4 و N منبع تغذیه را با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت حرکت عقربه‌های ساعت روی 70 ولت AC تنظیم کنید.

▶ اگر ولت‌متر مقداری را نشان می‌دهد منبع ولتاژ را خاموش و جای ترمینال‌های 3 و 8 را در یکی از ترانس‌فورماتورها با هم عوض کنید و مجددا منبع ولتاژ را روشن کنید.

▶به ولت‌متر بین دو ترانس‌فورماتور توجه کنید.

▶اگر ولت‌متر مقداری را نشان نمی‌دهد کلید منبع ولتاژ را قطع کنید.ولت‌متر را از مدار خارج و دو ترمینال شماره 8 هر دو ترانس‌فورماتور را با سیم به هم‌دیگر وصل کنید.

▶ بار دیگر منبع ولتاژ را روشن کنید.

✎ اکنون دو ترانس‌فورماتور با هم موازی شده‌اند.

💣 از تماس دست با به ترمینال‌های ترانس‌فورماتورها حتی ترمینال‌هایی که مورد استفاده قرار نگرفته‌اند اکیداً خودداری کنید.

▶ولتاژ سمت ثانویه را با استفاده از ولت‌متر بخوانید. اگر این ولتاژ 120 ولت می‌باشد کلید 1200 Ω بار مقاومتی را وصل کنید و به جریان‌های هر کدام از ترانس‌فورماتورها و همچنین جریان بار توجه کنید.

▶ جدول زیر را کامل کنید.

✎ توجه کنید که جریان ثانویه ترانس‌فورماتورها بیشتر از 0.3 آمپر نشود.

✎ اندازه‌گیری‌های خود را در سریع‌ترین زمان ممکن انجام دهید.

	V_1	V_2	I_1	I_2	I_L
1200 Ω					
600 Ω					
1200 || 600 Ω					
300 Ω					
1200 || 300 Ω					
600 || 300 Ω					
1200 || 600 || 300 Ω					

▶ کلید منبع ولتاژ را قطع کنید و بارهای مقاومتی را با بارهای سلفی جایگزین کنید.

▶ کلیدهای بار سلفی را در حالت قطع قرار دهید.

▶ کلید منبع ولتاژ را روشن کنید.

▶ با واردن کردن به تدریج بارهای سلفی به مدار جدول زیر را کامل کنید.

➢ توجه کنید که جریان ثانویه ترانس‌فورماتورها بیشتر از 0.3 آمپر نشود.

➢ اندازه‌گیری‌های خود را در سریع‌ترین زمان ممکن انجام دهید.

	V_1	V_2	I_1	I_2	I_L
3.8 H					
1.9 H					
3.8 || 1.9 H					
0.95 H					
3.8 || 0.95 H					
1.9 || 0.95 H					
3.8 || 1.9 || 0.95 H					

▶ بعد از کامل نمودن جدول مربوط به بارهای سلفی بار دیگر کلید منبع ولتاژ را قطع کنید و بارهای سلفی را با بارهای خازنی جایگزین کنید.

▶ کلیدهای بار خازنی را در حالت قطع قرار دهید.

▶ کلید منبع ولتاژ را روشن کنید.

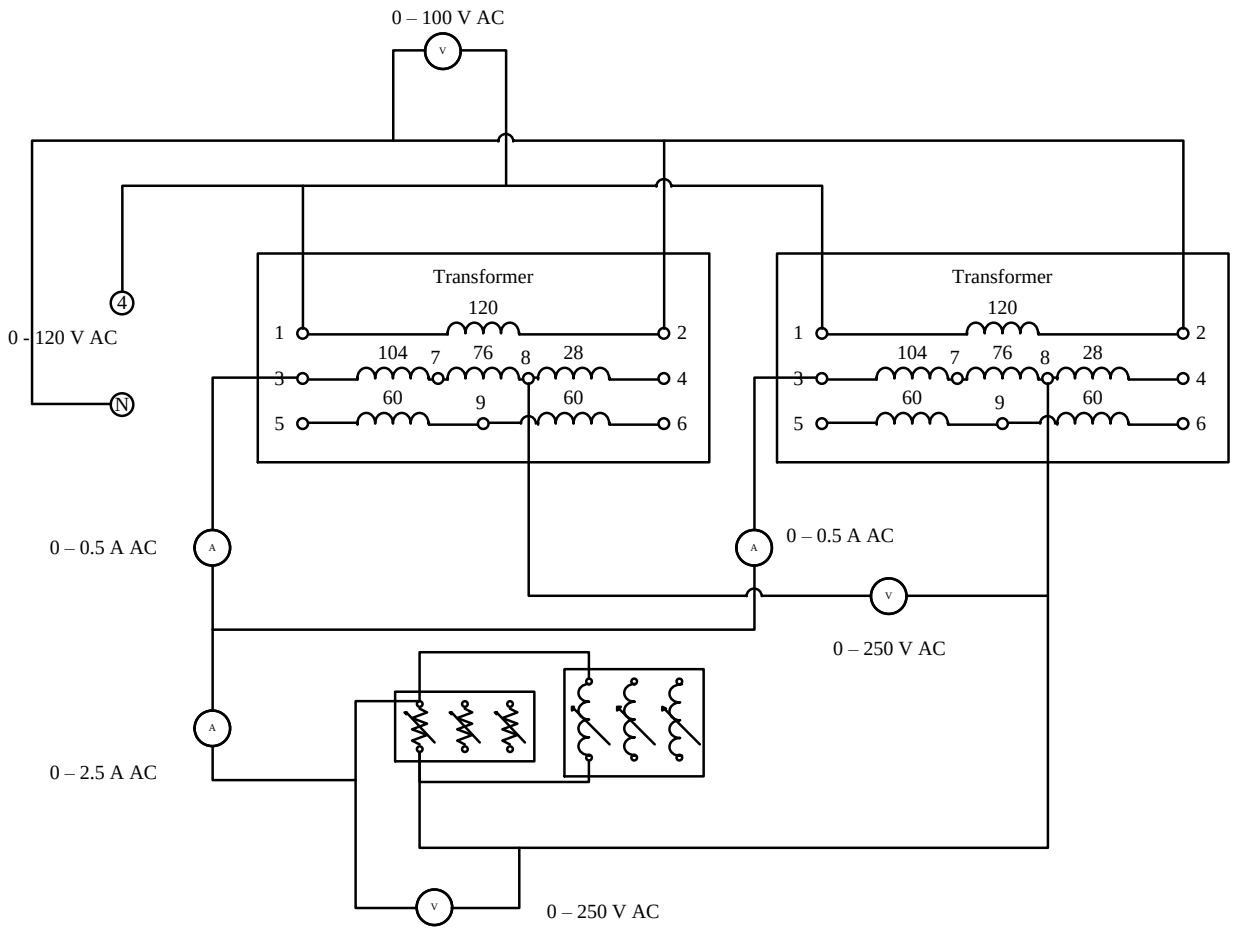
▶ با واردن کردن به تدریج بارهای خازنی به مدار جدول زیر را کامل کنید.

➢ توجه کنید که جریان ثانویه ترانس‌فورماتورها بیشتر از 0.3 آمپر نشود.

➢ اندازه‌گیری‌های خود را در سریع‌ترین زمان ممکن انجام دهید.

	V_1	V_2	I_1	I_2	I_L
2.6 μF					
5.3 μF					
2.6 || 5.3 μF					
10.6 μF					
2.6 || 10.6 μF					
5.3 || 10.6 μF					
2.6 || 5.3 || 10.6 μF					

▶ کلید منبع ولتاژ را قطع کنید و بارهای ترکیبی مقاومتی و سلفی را مطابق با شکل زیر در مدار قرار دهید.



▶ کلیدهای بارها را در حالت قطع قرار دهید.

▶ کلید منبع ولتاژ را روشن کنید.

▶ با واردن کردن به تدریج بارهای مقاومتی و سلفی به مدار جدول زیر را کامل کنید.

🗲 توجه کنید که جریان ثانویه ترانس‌فورماتورها بیشتر از 0.3 آمپر نشود.

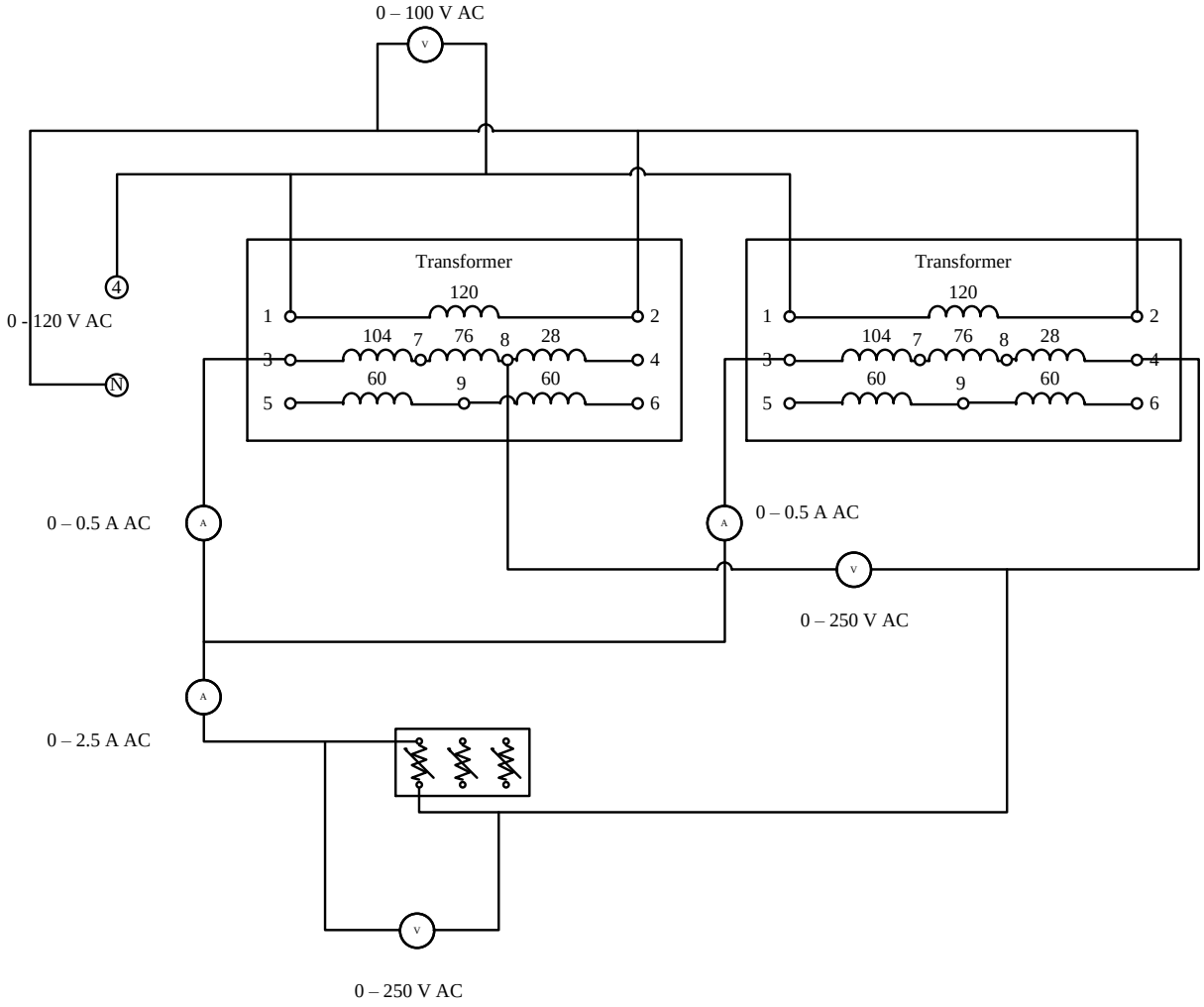
🗲 اندازه‌گیری‌های خود را در سریع‌ترین زمان ممکن انجام دهید.

▶ کلید منبع ولتاژ را قطع کنید.

▶ ولتاژ بین دو ترمینال 4 و N منبع تغذیه را با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت روی 0 ولت AC تنظیم کنید.

◀ بار دیگر مدار را به صورت شکل زیر ببندید.

	V_1	V_2	I_1	I_2	I_L
1200 Ω&3.8 H					
600 Ω&1.9 H					
1200 || 600 Ω&3.8 || 1.9 H					
300 Ω&0.95 H					
1200 || 300 Ω&3.8 || 0.95 H					
600 || 300 Ω&1.9 || 0.95 H					
1200 || 600 || 300 Ω&3.8 || 1.9 || 0.95 H					



◀ کلیدهای بار مقاومتی را در حالت قطع قرار دهید.

✎ همانطور که ملاحظه می‌کنید در این حالت ثانویه‌های دو ترانس‌فورماتور دارای ولتاژ یکسان نخواهند بود! بنابرای موازی کردن آنها درست به نظر نمی‌آید. در ادامه می‌خواهیم تاثیر این مورد را بررسی کنیم.

▶ ولتاژ بین دو ترمینال 4 و N منبع تغذیه را با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ در جهت حرکت عقربه‌های ساعت روی 70 ولت AC تنظیم کنید.

✎ همانطور که ملاحظه می‌کنید با اینکه جریان بار 0 می‌باشد ولی جریان نسبتاً زیادی (در حد جریان نامی) از هر دو ترانس فورماتور عبور می‌کند.

✎ کلید 1200 Ω را وارد مدار کنید و سریعاً جریان‌های هر دو ترانس‌فورماتور و جریان بار را بخوانید و کلید را مجدداً قطع کنید.

▶ جدول زیر را کامل کنید.

✎ کلیدهای بار را فقط به مدت چند ثانیه وصل و اندازه‌گیری‌های خود را انجام دهید و سپس سریعاً کلیدها را قطع کنید.

	V_1	V_2	I_1	I_2	I_L
1200 Ω					
600 Ω					
300 Ω					

? در مقایسه با حالت اول (بارهای مقاومتی) آیا در این حالت ترانس‌فورماتورها قادر به تامین بار مورد نیاز می‌باشند؟

آزمایش نهم

عنوان: ترانسفورماتورهای سه‌فاز

اهداف: مطالعه انواع اتصالات ترانس‌فورماتورهای سه‌فاز،

بررسی شرایط لازم برای موازی کردن ترانس‌فورماتورهای سه‌فاز

بحث:

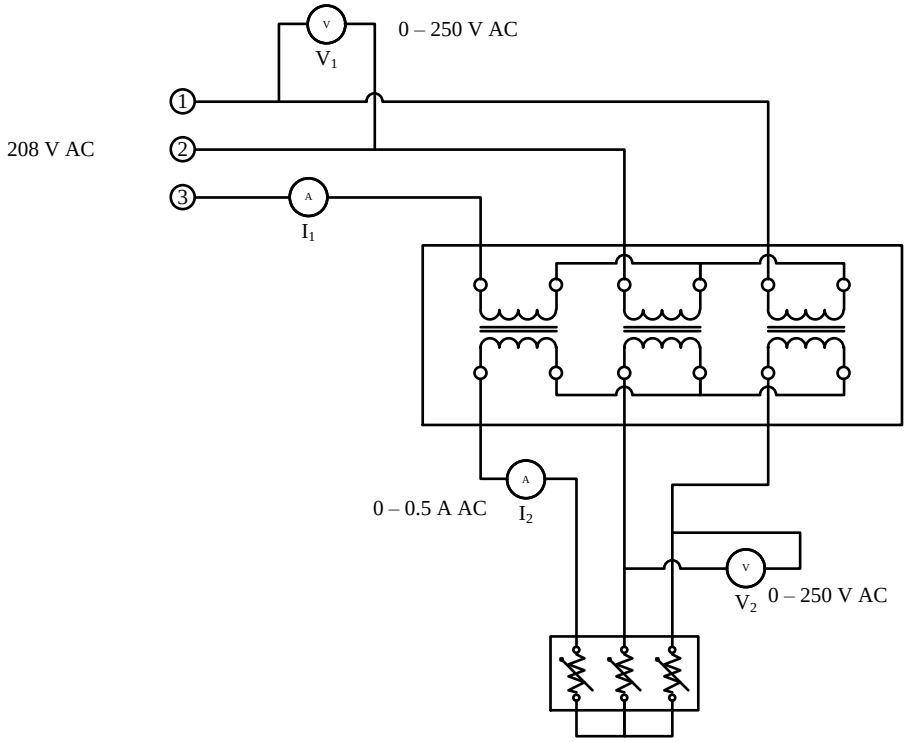
توضیح در مورد انواع اتصالات ترانس‌فورماتورهای سه‌فاز،

توضیح در مورد گروه‌های برداری ترانس‌فورماتورهای سه‌فاز،

توضیح در مورد شرایط لازم برای موازی کردن ترانس‌فورماتورهای سه‌فاز،

مراحل انجام آزمایش:

◀ مدار شکل زیر را که آرایش ستاره ستاره ترانس‌فورماتور سه‌فاز را نشان می‌دهد، ببندید.



➴ قبل از بستن مدار از قطع بودن کلید منبع ولتاژ اطمینان حاصل کنید.

◀ کلید منبع ولتاژ را وصل کنید.

💣 از تماس دست با هر کدام از ترمینال‌های ترانس‌فورماتور و سایر قسمت‌های مدار اکیداً خودداری کنید.

▶ با وارد کردن تدریجی بارهای مقاومتی جدول زیر را کامل کنید.

	V_1	V_2	I_1	I_2
1200 Ω				
600 Ω				
300 Ω				

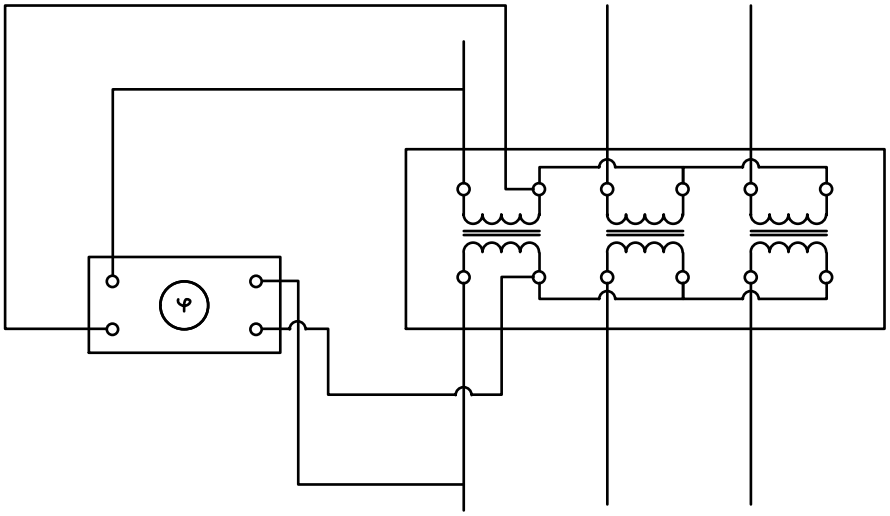
؟ رابطه بین V_1 و V_2 را چگونه توجیه می‌کنید؟

؟ رابطه بین I_1 و I_2 را چگونه توجیه می‌کنید؟

✎ ترانس‌فورماتورهای سه‌فاز موجود دارای نسبت تبدیل $\frac{N_1}{N_2}=1$ می‌باشند.

▶ کلید منبع ولتاژ را قطع کنید.

▶ ماژول اندازه‌گیری اختلاف زاویه فاز را به ترتیب شکل زیر به مدار اضافه کنید.

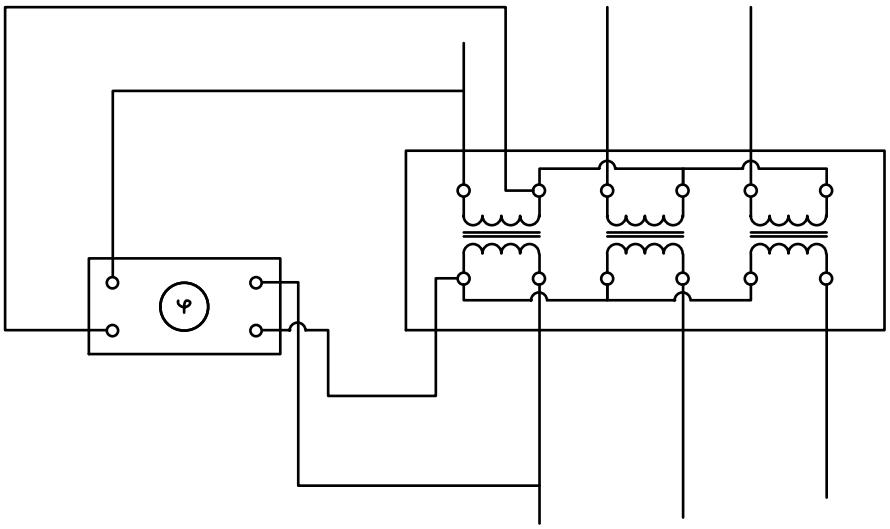


▶ کلید منبع ولتاژ را وصل کنید.

؟ گروه برداری ترانس‌فورماتور را تعیین کنید.

✎ گروه برداری ترانس‌فورماتور عددی است که اختلاف فاز بین دو فاز هم‌نام در سمت اولیه و ثانویه را مشخص می‌کند.

▶ مجدداً کلید منبع ولتاژ را قطع کنید و مدار قبلی را به صورت شکل زیر تغییر دهید.



? گروه برداری ترانس‌فورماتور را تعیین کنید.

▶کلید منبع ولتاژ را قطع کنید.

▶مدار شکل زیر را آرایش ستاره مثلث ترانس‌فورماتور سه‌فاز را نشان می‌دهد، ببندید.

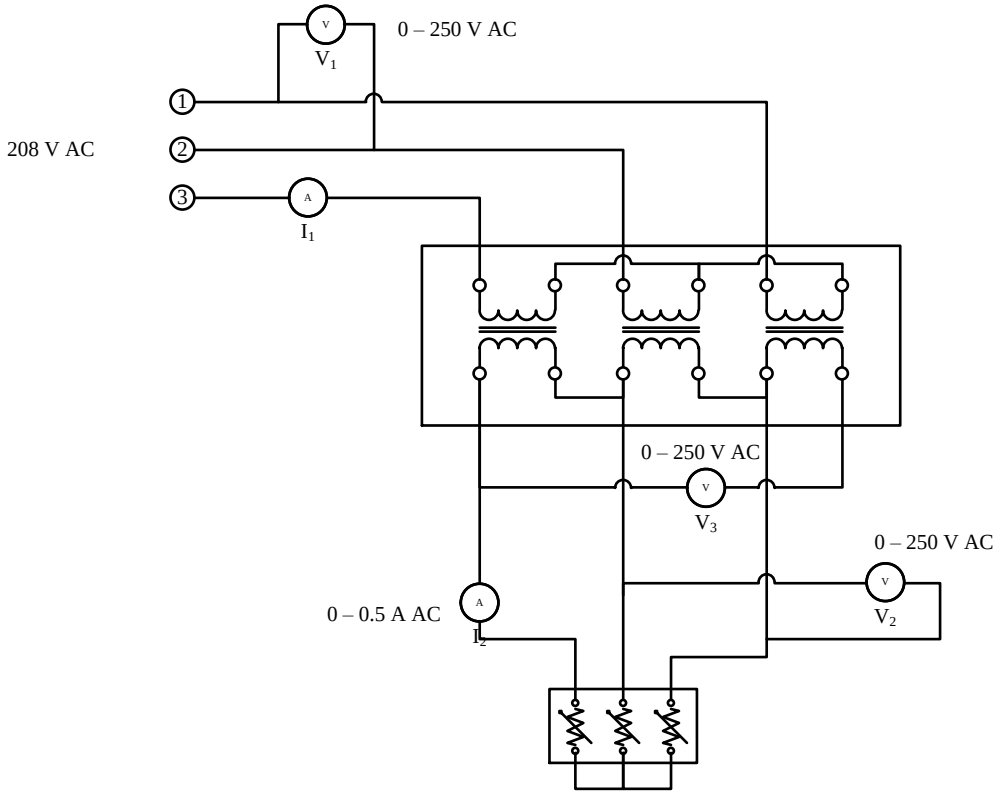
✎ همان‌طور که ملاحظه می‌کنید در سمت ثانویه یک مسیر بسته از طریق سه سیم‌پیچ ثانویه و یک عدد ولت‌متر تشکیل شده است.

▶ کلید منبع ولتاژ را وصل کنید.

▶ اگر ولت‌متر V_3 مقدار 0 را نشان دهد سیم‌بندی مدار اتصال مثلث درست می‌باشد. در این صورت کلید منبع ولتاژ را قطع کنید و ولت‌متر را از مدار خارج و به جای آن از یک سیم استفاده کنید.

▶در غیر این صورت مجدداً کلید منبع ولتاژ را قطع و جای دو ترمینال ثانویه از یک فاز را جابجا کنید. مجدداً منبع ولتاژ را وصل کنید. اگر ولت‌متر V_3 مقدار 0 را نشان دهد سیم‌بندی مدار اتصال مثلث درست می‌باشد. در این صورت کلید منبع ولتاژ را قطع کنید و ولت‌متر را از مدار خارج و به جای آن از یک سیم استفاده کنید.

▶مجددا کلید منبع ولتاژ را وصل کنید.



▶ با وارد کردن تدریجی بارهای مقاومتی جدول زیر را کامل کنید.

	V_1	V_2	I_1	I_2
1200 Ω				
600 Ω				
300 Ω				

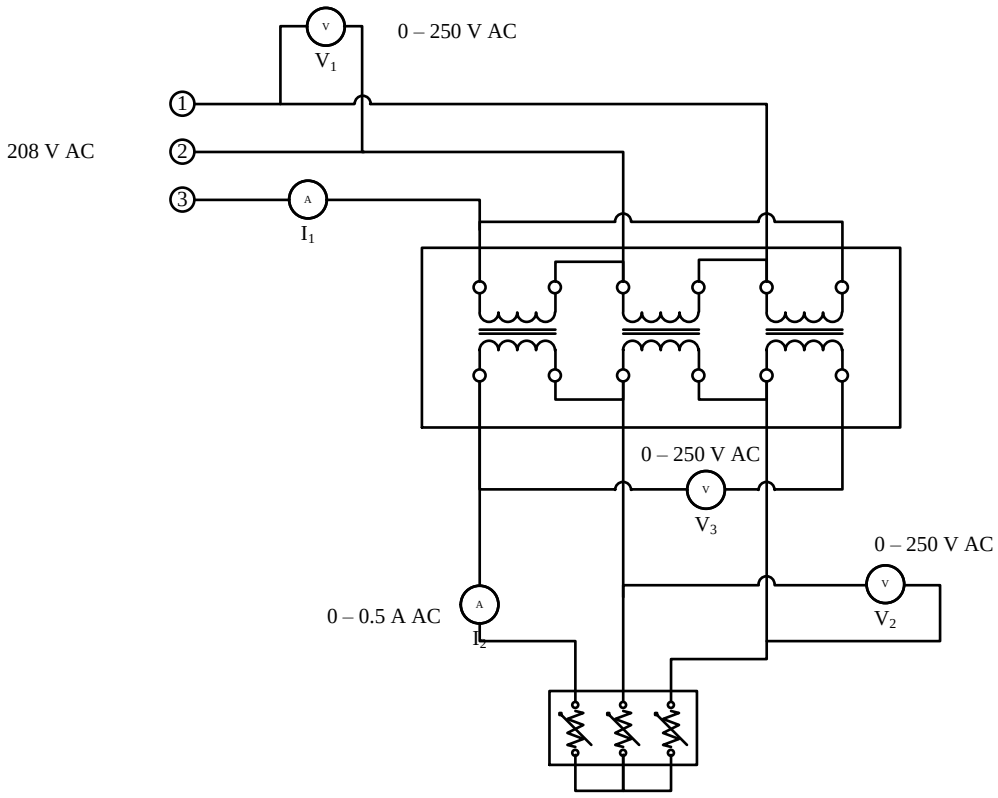
? رابطه بین V_1 و V_2 را چگونه توجیه می‌کنید؟

? رابطه بین I_1 و I_2 را چگونه توجیه می‌کنید؟

✎ ترانس‌فورماتورهای سه‌فاز موجود دارای نسبت تبدیل $\frac{N_1}{N_2}=1$ می‌باشند.

▶ کلید منبع ولتاژ را قطع کنید.

▶ مدار شکل زیر را که آرایش مثلث مثلث ترانس‌فورماتور سه‌فاز را نشان می‌دهد، ببندید.



✎ در سمت اولیه مسیر بسته‌ای از طریق سه سیم‌پیچ اولیه ایجاد شده است.

✎ در سمت ثانویه نیز یک مسیر بسته از طریق سه سیم‌پیچ ثانویه و یک عدد ولت‌متر تشکیل شده است.

▶ کلید منبع ولتاژ را وصل کنید.

▶ اگر ولت‌متر V_3 مقدار 0 را نشان دهد سیم‌بندی مدار اتصال مثلث درست می‌باشد. در این صورت کلید منبع ولتاژ را قطع کنید و ولت‌متر را از مدار خارج و به جای آن از یک سیم استفاده کنید.

▶ در غیر این صورت مجدداً کلید منبع ولتاژ را قطع و جای دو ترمینال ثانویه از یک فاز را جابجا کنید. مجدداً منبع ولتاژ را وصل کنید. اگر ولت‌متر V_3 مقدار 0 را نشان دهد سیم‌بندی مدار اتصال مثلث درست می‌باشد. در این صورت کلید منبع ولتاژ را قطع کنید و ولت‌متر را از مدار خارج و به جای آن از یک سیم استفاده کنید.

▶ مجددا کلید منبع ولتاژ را وصل کنید.

▶ با وارد کردن تدریجی بارهای مقاومتی جدول زیر را کامل کنید.

	V_1	V_2	I_1	I_2
1200 Ω				
600 Ω				
300 Ω				

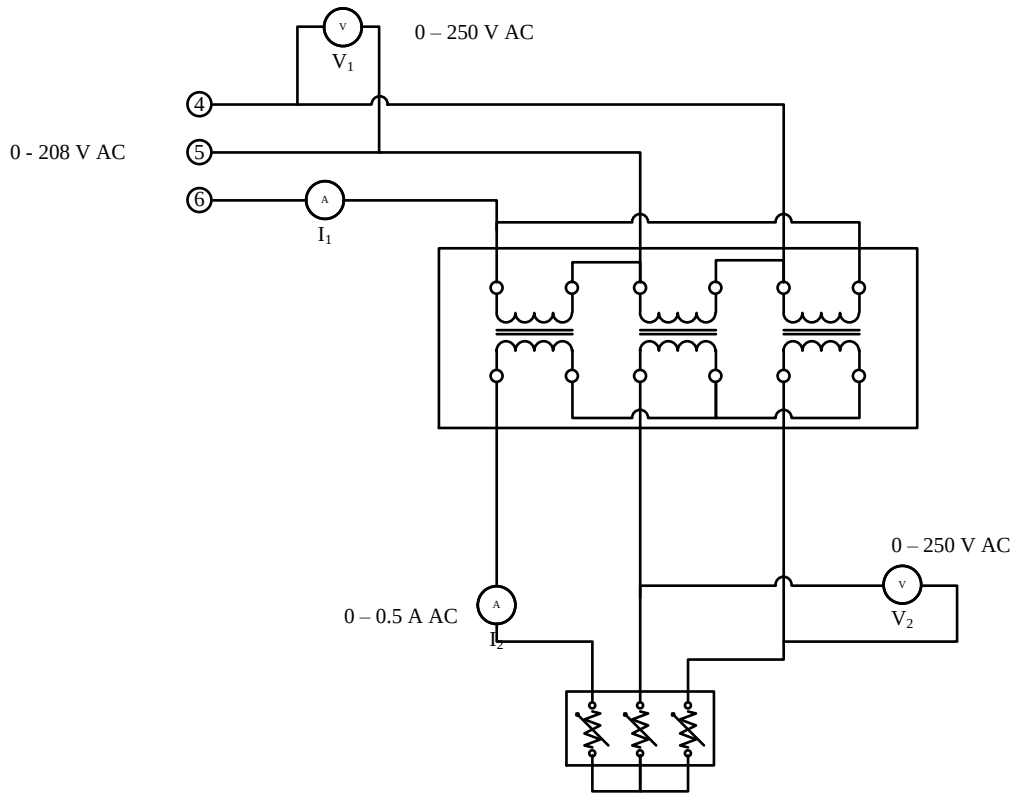
? رابطه بین V_1 و V_2 را چگونه توجیه می‌کنید؟

? رابطه بین I_1 و I_2 را چگونه توجیه می‌کنید؟

✎ ترانس‌فورماتورهای سه‌فاز موجود دارای نسبت تبدیل $\frac{N_1}{N_2}=1$ می‌باشند.

▶ کلید منبع ولتاژ را قطع کنید.

▶ مدار شکل زیر را آرایش مثلث ستاره ترانس‌فورماتور سه‌فاز را نشان می‌دهد، ببندید.



✎ همانطور که ملاحظه می‌کنید در سمت اولیه مسیر بسته‌ای از طریق سه سیم‌پیچ اولیه ایجاد شده است.

▶ برخلاف مدارهای قبلی برای تغذیه سمت اولیه ترانس‌فورماتور در این آرایش از ترمینال‌های شماره‌های 4، 5 و 6استفاده کنید.

▶تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ را در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت چرخانده و ولتاژ را روی 0 ولت AC تنظیم کنید.

▶ کلید منبع ولتاژ را وصل کنید.

به تدریج ولتاژ را با چرخاندن تنظیم‌کننده ولتاژ منبع ولتاژ را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت تا 120 ولت AC بالا ببرید.

? چرا بر خلاف حالت‌های قبلی در این آرایش ولتاژ خط را تا 120 ولت باید بالا برد نه تا 208 ولت؟

▶ با وارد کردن تدریجی بارهای مقاومتی جدول زیر را کامل کنید.

	V_1	V_2	I_1	I_2
1200 Ω				
600 Ω				
300 Ω				

? رابطه بین V_1 و V_2 را چگونه توجیه می‌کنید؟

? رابطه بین I_1 و I_2 را چگونه توجیه می‌کنید؟

✎ ترانس‌فورماتورهای سه‌فاز موجود دارای نسبت تبدیل $\frac{N_1}{N_2}=1$ می‌باشند.