



دستور کار آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی ۱

تهیه و تدوین

گروه مهندسی سیستم‌های انرژی الکتریکی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

دکتر محمدباقر بناشریفیان و دکتر هادی آقایی

۱۳۳۶

دانشگاه تبریز

مهر ۱۴۰۵

سپاسگزاری

با قدردانی از تمامی مشارکت کنندگان ذیل، این دستورکار به سرپرستی دکتر محمدباقر بناشریفیان و همکاری دکتر هادی آقایی تهیه و تدوین شده است.

مشارکت کنندگان به ترتیب حروف الفبا

الف) مشارکت کنندگان کنونی

کارشناسان آزمایشگاه

مهندس غلامرضا پیرو پیران

مهندس ابراهیم شغلی

استادان گروه مهندسی برق

دکتر هادی آقایی

دکتر رضا پاشائی

دکتر سینا رودنیل

دکتر عطاءاله صمدیان

دکتر وحید نعمت‌زاده

مهندس سینا نبی قدیم

مهندس حسین عبدی

ب) مشارکت کنندگان پیشین

مهندس قاسم اهرابیان

دکتر محمدباقر بناشریفیان

دکتر کاظم زارع

دکتر سعید قاسم‌زاده

دکتر سجاد گلوانی

دکتر محمدرضا فیضی

دکتر محمدعلی طینتی

مهندس محمد میرزایی

۱۳۲۶

دانشگاه تبریز

فهرست مطالب

۱.....	نکات ایمنی هنگام کار در آزمایشگاه‌های برق.....
۲.....	شیوه نوشتن گزارش کار آزمایشگاه.....
۳.....	آزمایش ۱: مشخصه‌های بی‌باری و بارداری ژنراتور DC تحریک مستقل.....
۷.....	آزمایش ۲: مشخصه‌های بارداری ژنراتورهای شنت و کمپوند.....
۱۱.....	آزمایش ۳: راه‌اندازی و کنترل سرعت موتور DC.....
۱۳.....	آزمایش ۴: بارداری موتور القایی به کمک ترمز فوکو.....
۱۵.....	آزمایش ۵: مطالعه بارداری ژنراتور و موتور شنت با استفاده از دینامومتر.....
۱۸.....	آزمایش ۶: مدار باز، اتصال کوتاه و بارداری ترانسفورماتور.....
۲۲.....	آزمایش ۷: تعیین تلفات مختلف ماشین DC به روش Retardation.....
۲۵.....	آزمایش ۸: بررسی کار موازی دو ترانسفورماتور تک‌فاز.....
۲۹.....	آزمایش ۹: کنترل سرعت موتور القایی به روش‌های مختلف.....
۳۲.....	آزمایش ۱۰: بررسی کار موازی دو ژنراتور DC شنت.....

۱۳۲۶

دانشگاه تبریز

نکات ایمنی هنگام کار در آزمایشگاه‌های برق

- پیش از هرگونه تغییر در مدار، منبع تغذیه را خاموش و از بی‌برق بودن مدار اطمینان حاصل کنید. 
- پس از تأیید استاد آزمایشگاه مجاز به وصل منبع تغذیه و شروع آزمایش هستید. 
- منبع تغذیه آخرین بخش مدار است که متصل می‌شود و اولین بخشی از مدار است که قطع می‌گردد. 
- تمام سیم‌ها، قطعات و تجهیزات مدار همیشه باید برق‌دار تصور شوند، مگر آن که یقین حاصل شود که بی‌برق هستند. 
- سیم‌ها را از روی اجسام متحرک یا در حال چرخش عبور ندهید و آن‌ها را بر روی زمین و یا جایی که محل رفت‌وآمد است، رها نکنید. 
- هرگز آمپر متر را به صورت موازی و ولت متر را به صورت سری در مدار قرار ندهید. 
- در هنگام کار، به قسمت‌های در حال چرخش موتور و ژنراتور نزدیک نشوید. 
- فقط استفاده از ابزار و دستگاه‌هایی که در محیط آزمایشگاه وجود دارد، مجاز است. اگر نیاز به استفاده از ابزار دیگری دارید باید مجوز لازم را از کارشناس آزمایشگاه کسب کنید. همچنین، از جابه‌جا نمودن وسایل آزمایشگاه خودداری کنید. 
- هرگز با دست خیس یا مرطوب کار نکنید و از دستکش عایق الکتریکی استفاده نمایید. 
- حتی‌المقدور از یک دست برای باز و بسته کردن مدار استفاده شود. 
- در هنگام کار از اشیای رسانا مانند ساعت با بند فلزی، حلقه، زنجیر و دست‌بند، قلم با بدنه فلزی، خط‌کش فلزی و ... استفاده نکنید. موهای بلند باید حتماً در پشت سر کاملاً جمع و بسته شوند. 
- خوردن، آشامیدن، شوخی کردن و استفاده از تلفن همراه در آزمایشگاه مطلقاً ممنوع است. 
- در هنگام کار مواظب باشید بدن شما با میز کار و تجهیزات الکتریکی در تماس نباشد. 
- هر نوع خرابی احتمالی در تجهیزات را سریعاً به استاد یا کارشناس آزمایشگاه گزارش کنید. در صورت نیاز به تعویض و یا تعمیر قطعات، به کارشناس آزمایشگاه اطلاع دهید. دانشجو نباید اقدام به این کار کند. 
- در هر جلسه کلاس، فقط دانشجویان ثبت‌نام‌شده در آزمایشگاه مربوط به آن جلسه مجاز به حضور هستند و حضور سایر دانشجویان به هر عنوان ممنوع می‌باشد. 
- برای ترک آزمایشگاه و یا ورود دوباره به آزمایشگاه به استاد یا کارشناس آزمایشگاه اطلاع دهید. 
- فقط در میز کار تعیین‌شده خود حضور یابید و از جابه‌جایی یا تجمع در یک میز خودداری نمایید. 
- هرگز از سیم‌های زخمی یا اتصالات لق استفاده نکنید. 
- استفاده از این دستور کارها برای انجام آزمایش با حضور و اجازه استاد و کارشناس آزمایشگاه خواهد بود. 

شیوه نوشتن گزارش کار آزمایشگاه

گزارش کار آزمایش ها باید بدین قالب باشد:

۱ عنوان آزمایش

۲ نویسنده: نام و نام خانوادگی - شماره دانشجویی

۳ مقدمه و هدف آزمایش

۴ وسایل مورد نیاز

۵ شرح انجام آزمایش

۶ نتایج

۷ پاسخ پرسش های دستور کار

۸ نتیجه گیری

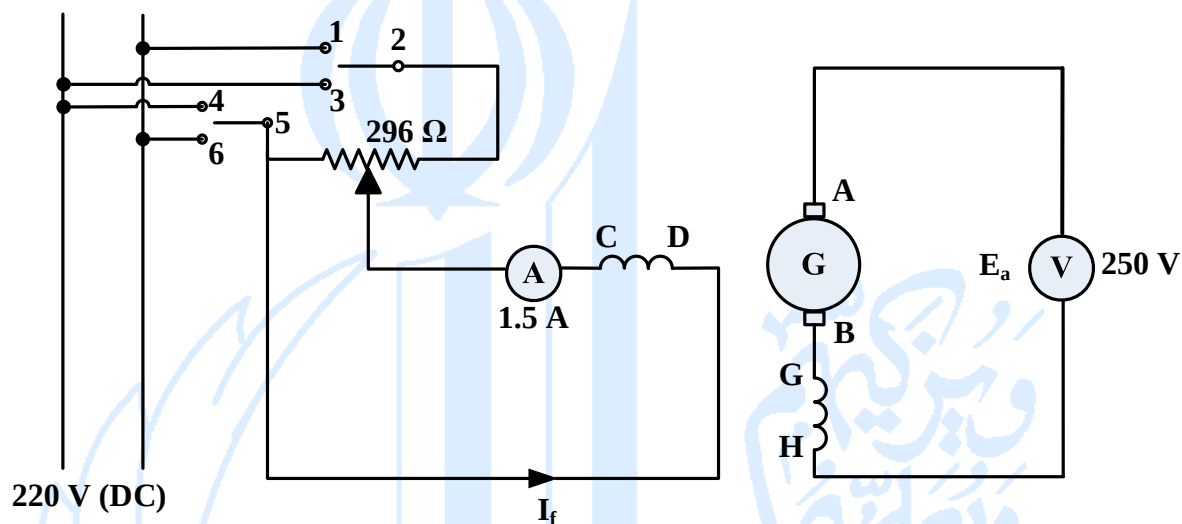


آزمایش ۱: مشخصه‌های بی‌باری و بارداری ژنراتور DC تحریک مستقل

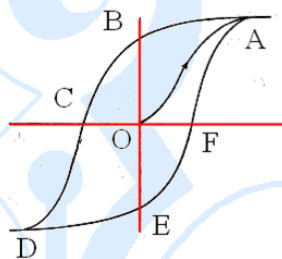
الف) مشخصه‌های بی‌باری

هدف از این آزمایش بدست آوردن مشخصه هیستریزیس (در بی‌باری) و مشخصه بارداری ژنراتور تحریک مستقل است.

۱- مدار شکل ۱ را ببندید؛ توجه کنید که نقش کلید دوطرفه تغییر دادن جهت جریان در سیم‌پیچی میدان است.



شکل ۱: مدار مربوط به بی‌باری ژنراتور تحریک مستقل



شکل ۲: حلقه هیستریزیس (بی‌باری)

۲- موتور محرک را راه‌اندازی کنید.

۳- با قرار دادن کلید دوطرفه در جهت مناسب پس‌ماند مغناطیسی هسته ماشین را صفر کنید، به‌طوری که با $I_f = 0$ نیروی محرکه تولیدشده در آرمیچر در حال گردش صفر باشد ($E_a = 0$).

۴- با افزایش تدریجی I_f از صفر (حداقل در ۸ مرحله) ولتاژ خروجی را به ۲۲۰ V رسانده و نیروی محرکه تولیدشده را به ازای مقادیر متناظر جریان تحریک در جدول زیر یادداشت کنید. اعداد بدست‌آمده روی مشخصه نرمال I_f-E_a ، مشابه حلقه هیستریزیس مدار مغناطیسی ماشین است، از روی آنها شاخه OA از منحنی شکل ۲ را می‌توانید رسم کنید.

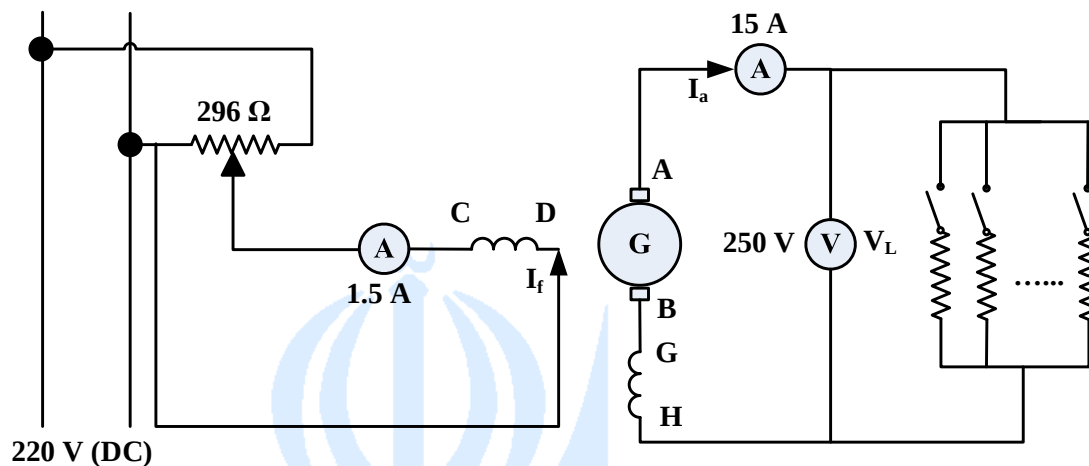
		O						A
شاخه OA	I_f (mA)	0						
	E_a (V)							220

۵- با کاهش تدریجی جریان تحریک تا صفر و سپس تغییر دادن جهت جریان توسط کلید دوطرفه و افزایش مجدد آن از صفر، شاخه‌های AB، BD، DE و EA را با تکمیل جداول زیر بدست آورده و حلقه کامل را در یک دستگاه محورهای مختصات رسم کنید.

		A						B
شاخه AB	I_f (mA)							0
	E_a (V)	220						
		B			C			D
شاخه BD	I_f (mA)	0						
	E_a (V)				0			-220
		D						E
شاخه DE	I_f (mA)							0
	E_a (V)	-220						
		E			F			A
شاخه EA	I_f (mA)	0						
	E_a (V)				0			220

ب) مشخصه‌های بارداری

۱- کلیدهای اصلی را خاموش کرده و مدار را به صورت شکل ۳ ببندید.



شکل ۳: مدار مربوط به بارداري ژنراتور تحريك مستقل

۲- موتور محرک را راه‌اندازی کنید. I_f را صفر کرده و تمام مقاومت‌های بار را در مدار قرار دهید. جریان تحریک را افزایش دهید تا جریان ۵ آمپر از آرمیچر عبور کند. مقادیر متناظر V و I_f را در این حالت یادداشت کنید.

۳- یکی از مقاومت‌های بار را خاموش کرده و با افزایش جریان تحریک، I_a را مجدداً به ۵ آمپر رسانده و مقادیر متناظر V و I_f را در این حالت نیز یادداشت کنید. با تکرار این عمل تا حالتی که ولتاژ خروجی به ۲۲۰ ولت برسد مقادیر متناظر V و I_f را به ازای مقادیر مختلف I_f بدست آورده و در جدول زیر یادداشت کنید.

I_f (mA)							
V_L (V)							
E_a (V)							

با افزودن ولتاژ دو سر مقاومت آرمیچر $R_a I_a$ بر مقدار V_L ، اندازه E_a بر حسب تغییرات I_f در جریان آرمیچر ۵ آمپر بدست می‌آید (منحنی مغناطیسی بارداري). این منحنی را همراه با شاخه OA منحنی مغناطیسی در یک دستگاه محورهای مختصات رسم کنید.

۴- پس از کم کردن جریان تحریک و خاموش کردن بارها جریان I_f را طوری تنظیم کنید که ولتاژ خروجی در حالت بی‌باری برابر ۲۲۰ V شود. مقاومت‌های بار را به تدریج در مدار قرار داده و نقاطی از مشخصه خروجی ژنراتور ($V_L - I_L$) را بدست آورید.

I_L (A)	0						
V_L (V)	220						

۵- جهت سیم‌پیچی کمکی (G-H) را (پس از خاموش کردن بارها) عوض کرده و برای مدت کوتاهی ژنراتور را باردار کنید. مشاهدات خود را بیان کرده و علل آن را توضیح دهید.

۶- قسمت ۴ را برای ولتاژهای بی‌باری ۱۹۰ و ۱۶۰ ولت نیز تکرار کرده و پس از تکمیل جداول مربوطه، هر سه منحنی را در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

I_L (A)	0						
V_L (V)	190						

I_L (A)	0						
V_L (V)	160						

سوال ۱- علل افت ولتاژ از حالت بی‌باری تا بارداری را با I_f ثابت توضیح دهید.

سوال ۲- آیا فاصله عمودی سه منحنی اخیر یکنواخت است؟ به عبارت دیگر آیا سه منحنی موازیند؟

سوال ۳- با توجه به پاسخ سوال دوم، آیا فاصله چنین منحنی‌هایی را در مورد یک ماشین صنعتی یکنواخت پیش‌بینی می‌کنید؟ پاسخ خود را دقیقاً توضیح دهید.



۱۳۲۶

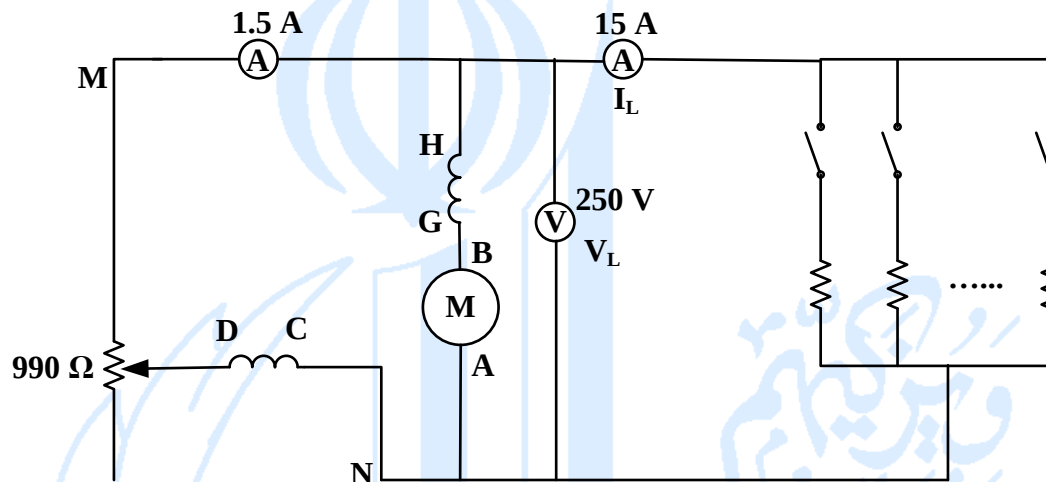
دانشگاه تبریز

آزمایش ۲: مشخصه‌های بارداری ژنراتورهای شنت و کمپوند

الف) ژنراتور شنت

۱- شرایطی را که یک ژنراتور شنت باید داشته باشد تا بتواند ولتاژ تولید کند، چیست؟

۲- مدار شکل زیر را ببندید.



شکل ۱: مدار مربوط به بارداری ژنراتور شنت

۳- مقاومت‌های بار را در حالت خاموش قرار داده و موتور محرک را روشن کنید. ولتاژ خروجی ژنراتور را در حالت بی‌باری در 220 V تنظیم کنید.

سوال ۱- اگر در این حال ژنراتور ولتاژ تولید نکند یا ولتاژ آن از چند ولت تجاوز نکند، دلایل آن چیست؟ برای رفع این اشکالات، به ترتیب چه عمل‌هایی را می‌توانید انجام دهید؟

۴- بدون آن که مقاومت مدار تحریک را تغییر دهید ژنراتور را تدریجاً باردار کرده و جدول زیر را پر نموده و منحنی نمایش آن را رسم کنید.

V_L (V)	220						
I_L (A)	0						

سوال ۲- علل افت ولتاژ خروجی را در این حالت توضیح دهید؟

۵- پس از بی‌بار کردن ژنراتور (خاموش کردن بارها) ولتاژ خروجی را در 220 ولت تنظیم کرده و ژنراتور را تدریجاً باردار کنید. این بار در هر مرحله با تغییر مقاومت مدار تحریک، I_f را در اندازه مربوط به حالت بی‌باری ثابت نگه دارید. جدول زیر را کامل کرده و منحنی نمایش آن را در همان دستگاه محورهای مختصات قبلی رسم کنید.

V_L (V)	220						
I_L (A)	0						

سوال ۳- علل افت ولتاژ خروجی در مرحله اخیر چیست؟

۶- ولتاژ بی‌باری را در 220 V تنظیم کرده و سپس موتور محرک را خاموش کرده و مقاومت مدار تحریک را اندازه بگیرید (مقاومت بین نقطه M و N از مدار میدان شنت، پس از قطع آنها از سایر قسمت‌های مدار).

۷- مقاومت مدار آرمیچر را اندازه‌گیری کرده و خط نمایش ولتاژ دو سر آن را بر حسب جریان $I_a \approx I_L$ در همان دستگاه محورها رسم کنید. با استفاده از منحنی‌های رسم‌شده مؤلفه‌های مختلف ولتاژ و موضوع سوال اول و دوم را بر حسب جریان I_L از هم تفکیک کنید.

۸- با استفاده از مشخصه‌های بدست آمده از آزمایش ۱، مقاومت مدار شنت را برای ولتاژ 220 V ولت در بی‌باری بدست آورده و با مقدار اندازه‌گیری شده فوق مقایسه کنید.

۹- مقدار مقاومت بحرانی مدار شنت را از روی مشخصه‌های حاصله از آزمایش ۱، بدست آورید.

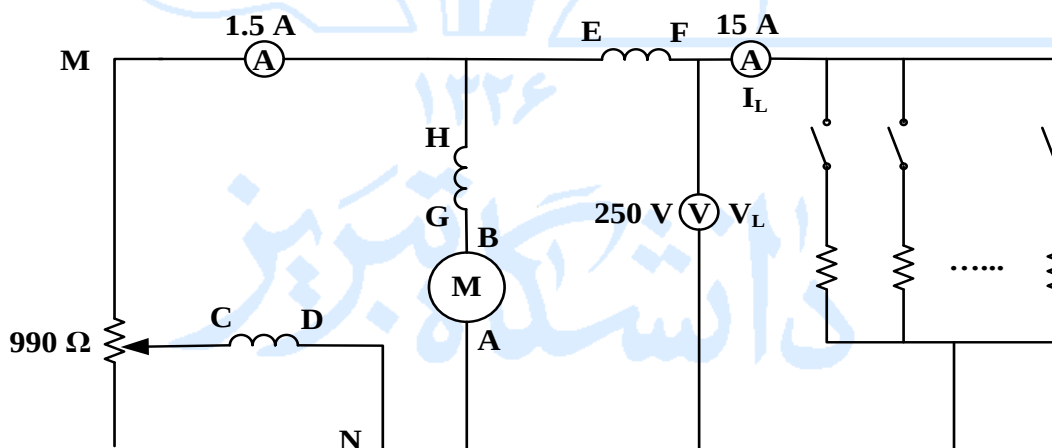
۱۰- توضیح دهید که چگونه می‌توان با اطلاع از مقاومت مدار شنت و مشخصه بی‌باری بدست‌آمده از آزمایش ۱ منحنی بارداری حاصل از قسمت ۴ را به روش ترسیمی بدست آورد.

ب) ژنراتورهای کمپوند

۱- مدار ژنراتور کمپوند با شنت کوتاه را به صورت زیر ببینید:

موتور محرک را روشن کرده و ولتاژ خروجی ژنراتور را در حالت بی‌باری روی 220 V ولت تنظیم کنید. مقاومت‌های بار را به تدریج در مدار قرار داده و جریان خط و ولتاژ ترمینال را در جدول زیر یادداشت کنید. منحنی نمایش بارداری ژنراتور کمپوند را در همان محورها دیاگرام ژنراتور شنت رسم کنید.

$V_L\text{ (V)}$	220						
$I_L\text{ (A)}$	0						



شکل ۲: مدار مربوط به بارداری ژنراتور کمپوند شنت کوتاه

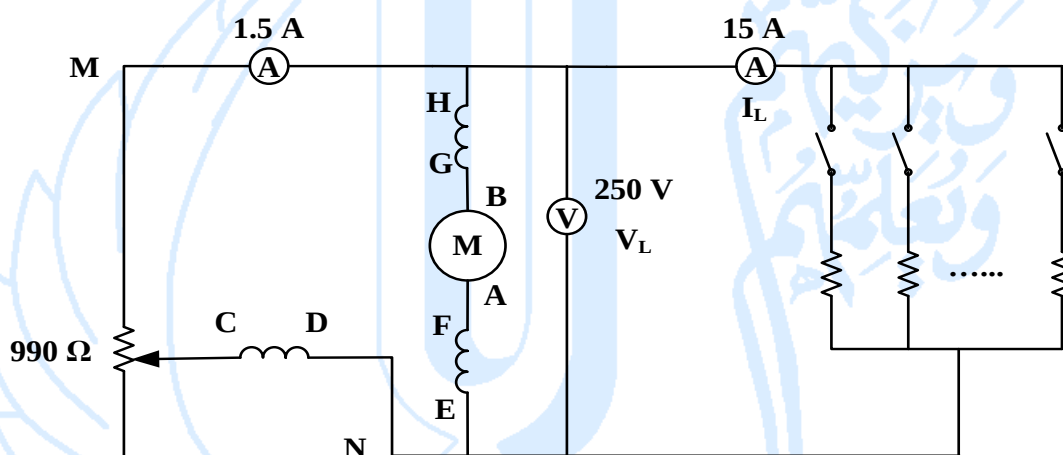
۲- پس از خاموش کردن بارها و موتور محرک، جهت سیم‌پیچی میدان سری را عوض کنید. موتور محرک را روشن نموده و ولتاژ خروجی ژنراتور را در حالت بی‌باری روی 220 ولت تنظیم کنید. بارها را به تدریج در مدار قرار داده و ولتاژ ترمینال و جریان خط را در جدول زیر یادداشت کنید. منحنی نمایش بارداری ژنراتور کمپوند در همان محورهای دیاگرام‌های قبلی رسم کنید.

V_L (V)							
I_L (A)							

سوال ۱- علل افت ولتاژ در ژنراتور شنت چیست؟

سوال ۲- ژنراتور کمپوند از کدامیک از انواع ژنراتورهای کمپوند است (هر کدام از دو حالت فوق)؟

۳- ژنراتور کمپوند شنت بلند را به صورت زیر ببندید.



شکل ۳: مدار مربوط به بارداری ژنراتور کمپوند شنت بلند

موتور محرک را روشن کرده و در حالت بی‌باری ژنراتور، ولتاژ خروجی را در 220 ولت تنظیم کنید. بارها را به تدریج در مدار قرار داده و ولتاژ ترمینال و جریان خط را در هر مرحله یادداشت کنید. منحنی نمایش بارداری ژنراتور کمپوند را در همان دیاگرام ژنراتور شنت رسم کنید.

برای این‌که دیاگرام‌های اخیر با دیاگرام‌های قبلی مخلوط نشود، بهتر است دیاگرام ژنراتور شنت مجدداً رسم شده و دیاگرام مربوط به این بند و بند بعدی در آن دیاگرام رسم شود.

V_L (V)							
I_L (A)							

پس از خاموش کردن بارها و موتور محرک، جهت سیم‌پیچی میدان سری را عوض کرده، سپس موتور محرک را روشن نموده و ولتاژ خروجی ژنراتور را در حالت بی‌باری روی 220 ولت تنظیم کنید. بارها را به تدریج در مدار قرار داده و ولتاژ ترمینال و

جریان خط را در جدول زیر یادداشت کنید. منحنی نمایش بارداری ژنراتور کمپوند را در همان محورهای دیاگرام‌های قبلی رسم کنید.

V_L (V)							
I_L (A)							

سوال ۳- منحنی‌های مربوط به ژنراتورهای کمپوند شنت بلند و شنت کوتاه چه تفاوتی با هم دارند؟

سوال ۴- موتور کمپوند نقصانی چه کاربردی دارد؟



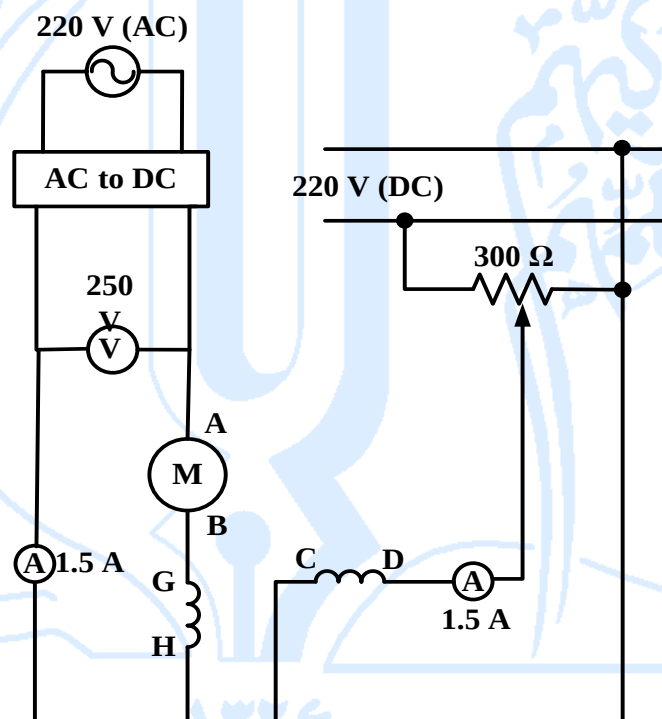
آزمایش ۳: راهاندازی و کنترل سرعت موتور DC

۱- توضیح دهید که چرا یک موتور DC موقع راهاندازی جریان زیادی می‌کشد و برای محدود کردن آن چه عملی انجام می‌دهند؟

۲- برای آن که کوپل شتاب‌دهنده موتور در موقع راهاندازی حداکثر مقدار ممکن باشد مقادیر اولیه R_a و R_{SH} را در چه حالتی قرار می‌دهید؟

۳- با توجه به رابطه $n \propto \frac{E_a}{\Phi}$ ، سرعت موتور DC را با تغییر Φ یا E_a می‌توان تنظیم نمود. در مورد موتورهای شنت تغییر Φ توسط تغییر مقاومت مدار میدان شنت انجام می‌پذیرد و $E_a = V - R_a I_a$ را می‌توان با تغییر دادن V یا مقاومت مدار آرمیچر تغییر داد. در این آزمایش تغییرات سرعت یک موتور DC را در اثر تغییرات V و Φ مورد مطالعه قرار می‌دهید.

۴- مدار شکل زیر را ببندید.



شکل ۱: مدار مربوط به راهاندازی و کنترل سرعت موتور DC

۵- ولتاژ ورودی آرمیچر را روی صفر، و جریان میدان را در حداکثر قرار دهید. منابع DC و AC را روشن کرده (ابتدا منبع DC و سپس منبع AC) و ولتاژ آرمیچر را بتدریج از صفر تا ولتاژ نامی (220 V) افزایش دهید.

۶- ولتاژ آرمیچر را در 220 ولت نگاه داشته و با تغییر جریان تحریک، سرعت موتور را به ازای مقادیر مختلف آن اندازه‌گیری کنید. این عمل را برای ولتاژهای 190 و 160 ولت نیز تکرار کرده و نتایج حاصله را در جدول‌های زیر وارد کنید.

220 V	N (rpm)							
-------	---------	--	--	--	--	--	--	--

	I_f (mA)							
190 V	N (rpm)							
	I_f (mA)							

160 V	N (rpm)							
	I_f (mA)							

۷- جریان تحریک موتور را به 600 mA برسانید و درحالی که این مقدار ثابت است، با تغییر دادن ولتاژ ورودی از حداقل ممکن تا حداکثر ممکن (220 V) تغییرات سرعت را بدست آورده و جدول زیر را پر کنید.

600 mA	N (rpm)							
	V (V)							

۸- قسمت ۷ را برای جریان‌های 500 و 400 میلی آمپر نیز تکرار کرده و جدول‌های زیر را تکمیل کنید.

500 mA	N (rpm)							
	V (V)							

400 mA	N (rpm)							
	V (V)							

سوال ۱- موقع خاموش کردن موتور منابع مربوط به میدان و آرمیچر را به چه ترتیبی خاموش می‌کنید؟ به عبارت دیگر ابتدا منبع مربوط به کدام مدار را قطع می‌کنید؟ چرا؟

سوال ۲- در بند ۷ همین دستور کار از عبارت حداقل ممکن و حداکثر ممکن استفاده شده است، مقادیر این حداقل و حداکثر ممکن تابع چه پارامترهایی است؟

۹- منحنی‌های $N-V$ در جریان تحریک ثابت، و $N-I_f$ در ولتاژ ثابت را به طور جداگانه در دو دستگاه مختصات رسم کرده و روی منحنی‌های حاصله بحث کنید.

۱۰- با توجه به رابطه $n \propto \frac{E_a}{\Phi} = \frac{V - R_a I_a}{\Phi}$ ، آیا با کاهش یا افزایش Φ تا هر مقدار دلخواه می‌توان سرعت را تغییر داد؟ در صورت منفی بودن پاسخ، دلایل محدودیت آن را بیان کنید.

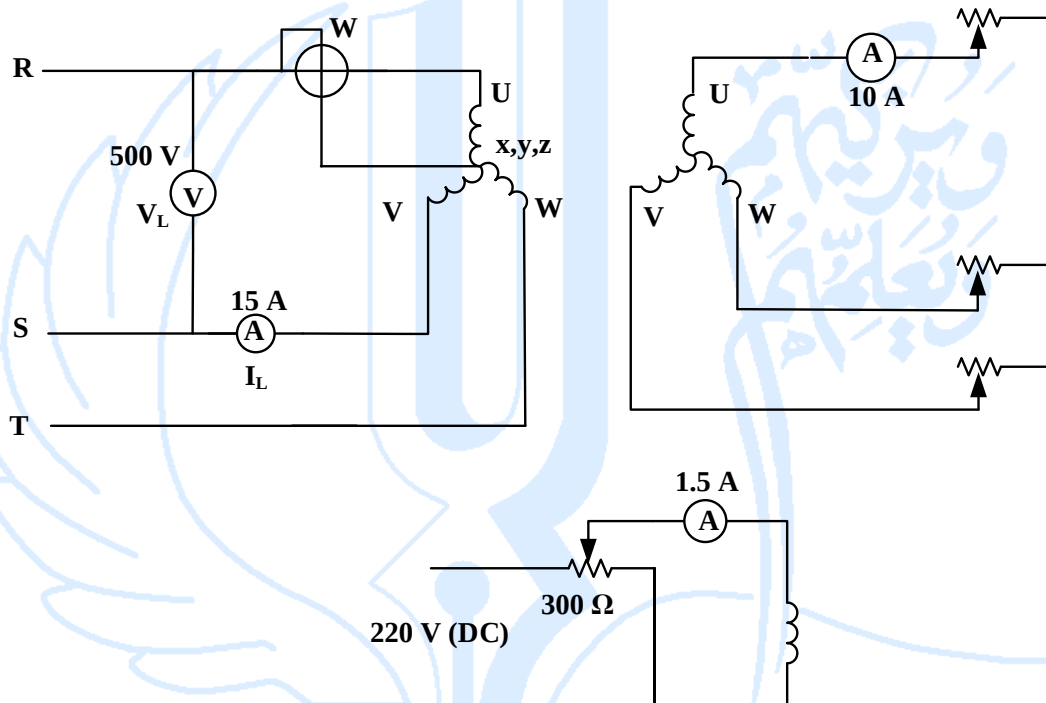
آزمایش ۴: بارداری موتور القایی به کمک ترمز فوکو

هدف از این آزمایش بدست آوردن مشخصه‌های مختلف و نیز راندمان یک موتور آسنکرون به روش مستقیم است.

۱- مشخصات نامی موتور مورد آزمایش را از روی پلاک آن خوانده و مفهوم هر یک از آنها را بررسی نمایید.

سوال ۱- آیا موتور فوق را می‌توان به صورت مثلث اتصال داده و به شبکه 380/220 ولت برق شهر اتصال داد؟ اگر آن را به صورت ستاره اتصال دهیم چه حالتی پیش می‌آید؟

۲- مدار شکل زیر را ببندید. با استفاده از مقاومت راه‌انداز در مدار روتور، موتور را در حالتی که بی‌بار است (جریان تحریک ترمز فوکو صفر است) راه‌اندازی کنید (شروع راه‌اندازی با مقاومت راه‌انداز مدار روتور در مقدار ماکزیمم). توجه داشته باشید که موقع راه‌اندازی، آمپرمترها و سیم‌پیچی جریان وات‌متر را اتصال کوتاه کرده باشید.



شکل ۱: مدار مربوط به بارداری موتور القایی

۳- مقادیر لازم در حالت بی‌باری را در جدول زیر یادداشت کنید. موتور را بتدریج باردار کرده (با افزایش جریان تحریک ترمز فوکو و متعادل‌سازی آن با وزنه‌ها) و نتایج حاصله از هر مرحله را در جدول وارد کنید. در این آزمایش برای بدست آوردن مقدار سرعت از روش خاصی استفاده می‌شود. به این ترتیب که تعداد سیکل‌های جریان روتور را در زمان معینی، که توسط کروномتر اندازه‌گیری می‌کنید، شمرده و با استفاده از رابطه زیر سرعت موتور را بدست آورید.

$$s = \frac{f_r}{f_s} = \frac{f_r}{50}, N_r = (1-s)N_s, N_s = \frac{60f_s}{p} = \frac{60 \times 50}{2} = 1500 \text{ rpm}$$

f_r فرکانس مدار روتور (تعداد سیکل‌های جریان روتور در یک ثانیه) است.

۴- قدرت مکانیکی خروجی که به وسیله ترمز فوکو اندازه‌گیری می‌شود، طبق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$P' = \tau\omega = (Fd) \frac{2\pi N_r}{60} = \frac{2\pi d}{60} FN_r = 0.04FN_r (W)$$

توجه: با توجه به این که حتی اگر وزنه‌ای به ترمز وصل نبوده و تحریک نیز نشده باشد، باز سیستم ترمز به عنوان باری (هر چند کوچک) روی موتور عمل می‌کند، لذا موتور هرگز کاملاً بی‌بار نخواهد بود. برای حصول این مقدار بار اعمالی روی موتور، باید در دو حالت بی‌باری موتور (با کوپلاژ ترمز و بدون کوپلاژ ترمز) قدرت ورودی موتور را اندازه گرفت که اختلاف آنها همان بار اعمالی از سوی ترمز فوکو (در حالت بی‌باری آن) بر روی موتور است. این مقدار نیز تقریباً $x=300 W$ می‌باشد. لذا مقدار قدرت مکانیکی خروجی واقعی موتور از رابطه زیر بدست خواهد آمد.

$$P = 0.04FN_r + x = 0.04FN_r + 300(W)$$

ردیف	$V_L (V)$	$I_L (A)$	$P_{in}=3W (W)$	$F (N)$	$f_r (Hz)$	$S\%$	$N_r (rpm)$	$P_{out} (W)$	$\eta=P_{out}/P_{in}$	$T (Nm)$	$\cos\phi$
۱											
۲											
۳											
۴											
۵											
۶											
۷											
۸											

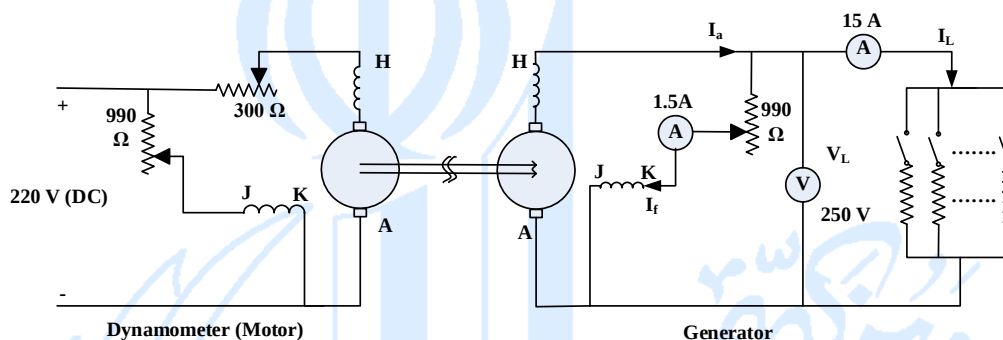
۵- با توجه به نتایج حاصله منحنی‌های $T(s)$ ، $\cos\phi(s)$ ، $\cos\phi(\eta)$ ، $T(\eta)$ ، $\eta(P_{out})$ و $\cos\phi(P_{out})$ را بدست آورده و همخوانی یا عدم همخوانی آنها را با تئوری مورد بحث و بررسی قرار دهید.

آزمایش ۵: مطالعه بارداری ژنراتور و موتور شنت با استفاده از دینامومتر

الف) مطالعه بارداری ژنراتور شنت با استفاده از دینامومتر

هدف از این آزمایش بدست آوردن راندمان یک ژنراتور شنت در بارهای مختلف است. در این آزمایش که ماشین مستقیما زیر بار قرار گرفته و آزمایش قرار می‌شود، توان‌های ورودی و خروجی قابل اندازه‌گیری است.

۱- مدار شکل زیر را ببندید (دینامومتر به صورت موتور محرک اولیه ژنراتور مورد آزمایش بسته شود).



شکل ۱: مدار مربوط به بارداری ژنراتور شنت با استفاده از دینامومتر

۲- موتور محرک را روشن کرده، سرعت آن را به 1500 rpm رسانده و تا انتهای آزمایش ثابت نگه دارید (با تنظیم جریان تحریک موتور).

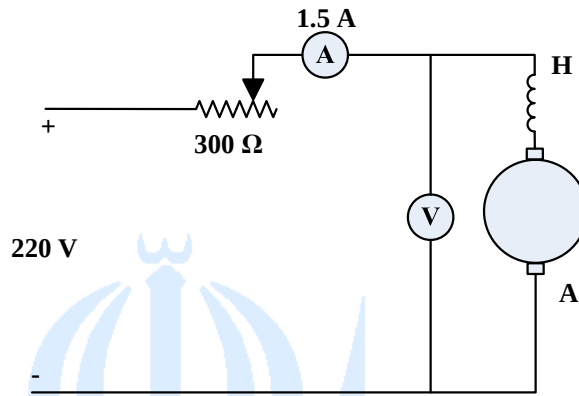
۳- ژنراتور را تحریک کرده و ولتاژ خروجی را به 220 ولت برسانید. یکی از مقاومتهای بار را به مدار آورده و تمام کمیت‌ها (جریان بار، جریان تحریک و ولتاژ بار) را در جدول زیر یادداشت نمایید.

۴- مقاومتهای بار را به ترتیب روشن کرده و جدول را تکمیل نمایید. سعی شود جریان بار از 12 آمپر تجاوز نکند.

ردیف	V_L (V)	I_L (A)	I_f (A)	$I_a = I_f + I_L$ (A)	F (N)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	$\eta = P_{out}/P_{in}$	WC (W)
۱									
۲									
۳									
۴									
۵									

در جدول بالا برای تلفات چرخشی WC داریم: $WC = P_{in} - P_{out} - R_a I_a^2$

۵- مقاومت مسیر آرمیچر را با استفاده از مدار زیر محاسبه کرده و سایر قسمت‌های جدول مربوطه را تکمیل نمایید.



شکل ۲: مدار مربوط به سنجش مقاومت آرمیچر

۶- منحنی تغییرات $\eta(P_{out})$ را رسم کنید.

۷- تحقیق کنید مقدار W_c در جدول تقریباً ثابت می‌ماند، در غیراین صورت علل تغییرات را ذکر کنید؟

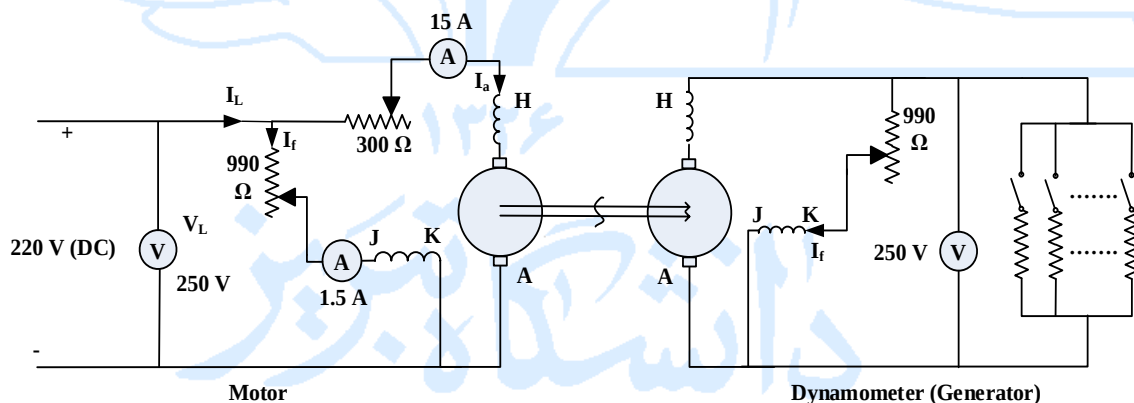
۸- بررسی کنید، راندمان وقتی ماکزیمم است که تلفات ثابت W_c با تلفات متغیر $R_a I_a^2$ برابر باشد.
برای ماشین مورد آزمایش داریم:

$$P_{in} = \tau\omega = (Fd) \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi d}{60} F n = 0.025 F n (W), n \text{ (rpm)}, F \text{ (N)}$$

ب) مطالعه بارداری موتور شنت با استفاده از دینامومتر

در این قسمت هدف مطالعه بارداری موتور شنت با استفاده از دینامومتر می‌باشد، لذا برعکس مدار قبلی در این حالت دینامومتر به‌عنوان ژنراتور و ماشین مورد آزمایش به‌عنوان موتور خواهد بود.

۱- مدار قبلی را باز کرده و مطابق شکل زیر ببندید.



شکل ۱: مدار مربوط به بارداری موتور شنت با استفاده از دینامومتر

۲- موتور محرک را روشن کرده و سرعت آن را به 1500 rpm برسانید. توجه داشته باشید که در طول آزمایش مقاومت میدان بدون تغییر باقی بماند.

۳- ژنراتور را تحریک کرده و ولتاژ خروجی را به 220 ولت برسانید. مقاومت‌های بار را در چند مرحله روشن کرده و مقادیر اندازه‌گیری‌شده را در جدول زیر یادداشت نمایید.

۴- با استفاده از مقاومت مسیر آرمیچر (اندازه‌گیری‌شده در قسمت قبل)، مطابق قسمت الف جدول را تکمیل کرده و منحنی تغییرات $\eta(P_{out})$ را در محورهای مختصات قبلی (ژنراتوری) رسم کنید.

۵- تحقیق کنید راندمان وقتی ماکزیمم است که تلفات ثابت W_c با تلفات متغیر $R_a I_a^2$ برابر باشد.

ردیف	n (rpm)	V_L (V)	I_a (A)	I_f (A)	$I_L = I_f + I_a$ (A)	F (N)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	$\eta = P_{out}/P_{in}$	W_c (W)
۱										
۲										
۳										
۴										
۵										

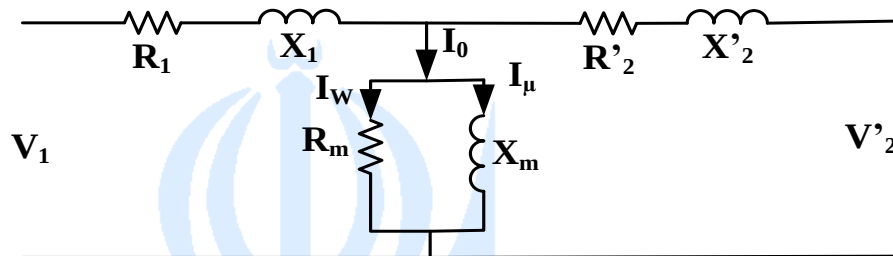
برای ماشین مورد آزمایش داریم:

$$P_{out} = \tau \omega = (Fd) \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi d}{60} F n = 0.025 F n \text{ (W)}, n \text{ (rpm)}, F \text{ (N)}$$

۶- منحنی تغییرات $\eta(P_{out})$, $n(\tau)$, $n(I_a)$ و $\tau(I_a)$ را رسم کرده و شکل‌های مشخصه‌های بدست آمده را با شکل‌های پیش‌بینی‌شده به روش تئوری مقایسه کرده و در صورت وجود اختلاف علل آن را بیان کنید.

زمایش ۶: مدار باز، اتصال کوتاه و بارداری ترانسفورماتور

مدار معادل ترانسفورماتور از دید اولیه مطابق شکل زیر می باشد.

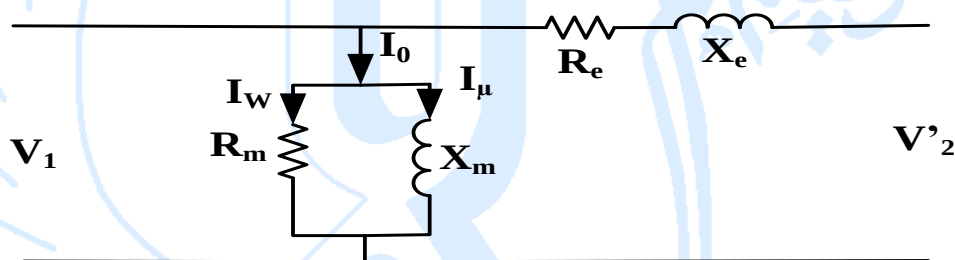


شکل ۱: مدار معادل دقیق ترانسفورمر از دید اولیه

به طوری که:

$$V'_2 = V_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right), X'_2 = X_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2, R'_2 = R_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

با کمی تقریب می توان آن را معادل مدار معادل تقریبی زیر در نظر گرفت.



شکل ۲: مدار معادل تقریبی ترانسفورماتور از دید اولیه

$$R_e = R'_2 + R_1, X_e = X'_2 + X_1$$

مقادیر پارامترهای سری این مدار معادل تقریبی به کمک آزمایش اتصال کوتاه، و پارامترهای موازی به کمک آزمایش مدار باز تعیین می گردد. ترانسفورماتور مورد آزمایش در آزمایشگاه، ترانسفورماتور 220/110 ولت با قدرت ظاهری 5 kVA است.

الف) آزمایش مدار باز

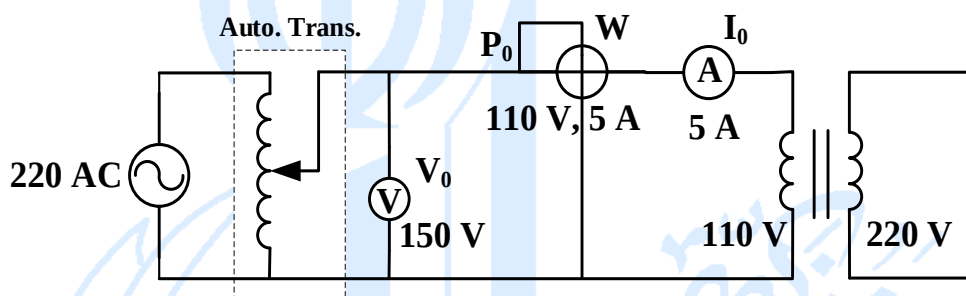
این آزمایش معمولاً از طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور انجام می گیرد. به طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور در حالتی که طرف فشار قوی آن باز است، ولتاژ نامی در فرکانس نامی اعمال می گردد. جریان برقرار شده در مدار، جریان بی باری (جمع برداری مؤلفه های جریان مغناطیس کنندگی و تلفات آهن هسته) می باشد.

توان ورودی برابر با جمع تلفات آهن و تلفات مس اولیه ترانسفورماتور است. اما بخاطر این که مؤلفه تلفات مس اولیه در مقایسه با تلفات آهن خیلی ناچیز است، صرف نظر می گردد. چرا؟

در نتیجه خواهیم داشت:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{V_0 \cdot I_0}, I_w = I_0 \cdot \cos \varphi_0, I_\mu = I_0 \cdot \sin \varphi_0, X_m = \frac{V_0}{I_\mu}, R_m = \frac{V_0}{I_w}$$

۱- مدار را مطابق شکل زیر ببندید.



شکل ۳: مدار مربوط به آزمایش مدار باز ترانسفورماتور

طرف 220 ولت ترانسفورماتور را به صورت مدار باز قرار داده، ولتاژ اولیه ترانسفورماتور را به 110 ولت برسانید. با قرائت مقادیر دستگاه‌های اندازه‌گیری و با استفاده از روابط فوق مقادیر R_m و X_m را محاسبه نمایید.

۲- مجدداً ولتاژ اعمال شده را به صفر برگردانید و با تغییر آن در فاصله 0-1.2 برابر ولتاژ نامی، جدول زیر را پر کنید.

V_0 (V)	0								130
I_0 (A)									
P_0 (W)									
I_μ (A)									

با تکمیل جدول، منحنی تغییرات $I_0(V_0)$, $P_0(V_0)$, $V_0(I_\mu)$ را رسم کنید.

ب) آزمایش اتصال کوتاه

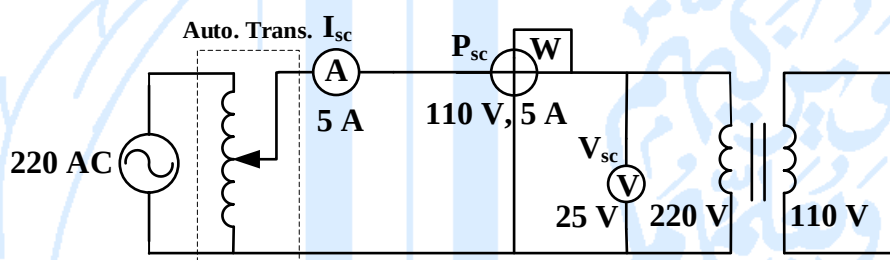
این قسمت عموماً از طرف فشار قوی انجام می‌گیرد. در حالتی که طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور مستقیماً یا از طریق آمپرتر اتصال کوتاه شده، از طرف فشار قوی ولتاژ خیلی پایین به ترانسفورماتور اعمال می‌شود تا جریان نامی از ترانسفورماتور بگذرد. از آنجا که توانی که ترانسفورماتور از شبکه جذب می‌کند، فقط در خودش تلف می‌شود؛ بنابراین:

$$P_{sc} = P_{Cu1} + P_{Cu2} + P_{Fe}$$

ولی مقدار P_{Fe} در مقایسه با $P_{Cu1} + P_{Cu2}$ در این آزمایش خیلی ناچیز بوده، بنابراین می‌توان گفت توان جذب شده برابر است با تلفات مس سیم‌پیچی اولیه و ثانویه ترانسفورماتور. لذا خواهیم داشت:

$$R_e = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}, Z_e = \frac{V_{sc}}{I_{sc}}, X_e = \sqrt{Z_e^2 - R_e^2}$$

۱- مدار را مطابق شکل زیر ببینید.



شکل ۴: مدار مربوط به آزمایش اتصال کوتاه ترانسفورماتور

بتدریج و با احتیاط ولتاژ اعمال شده را بالا ببرید تا جریان نامی در اولیه و ثانویه برقرار شود (البته به دلیل محدودیت اتوترانسفورماتور ورودی در این آزمایش، برقراری جریان نامی در ترانسفورماتور غیرممکن است).

مقادیر V_{sc} , I_{sc} , P_{sc} را در برای چند حالت اندازه‌گیری کرده و در جدول زیر یادداشت نمایید.

V_{sc} (V)								
I_{sc} (A)								
P_{sc} (W)								

۲- با استفاده از مقادیر فوق و روابط بررسی شده، R_e و X_e را محاسبه کنید.

۳- علت اینکه P_{Fe} در این آزمایش خیلی ناچیز بوده و از آن صرف‌نظر می‌گردد، را توضیح دهید. آیا در کار عادی ترانسفورماتور، باز می‌توان از آن صرف‌نظر کرد؟

۴- علت تغییر مدار را از حالت قبلی در شکل اتصالات دستگاه‌های اندازه‌گیری را توضیح دهید.

۵- مدار معادل تقریبی ترانسفورماتور را هم از دید اولیه و هم از دید ثانویه رسم نموده و مقادیر پارامترهای آن را تعیین کنید.

ج) بارداری ترانسفورماتور

۱- جدول صفحه بعد را براساس نتایج دو قسمت قبل کامل کرده، منحنی تغییرات راندمان ترانسفورماتور را برای بارهای مختلف در دو حالت مختلف $\cos\phi=0.8$ و $\cos\phi=1$ در اثر تغییر بار در یک محور مختصات رسم کنید.

				$P_{out}=V.I \cos\phi$ (W)		$P_{in}=P_{out}+W_i+W_{Cu}$ (W)		$\eta=P_{out}/P_{in}$	
I (A)	V (V)	W_i (W)	W_{Cu} (W)	$\cos\phi=0.8$	$\cos\phi=1$	$\cos\phi=0.8$	$\cos\phi=1$	$\cos\phi=0.8$	$\cos\phi=1$

۲- تحقیق کنید راندمان وقتی ماکزیمم است که $W_{Cu}=W_i$. اگر این حالت در نتایج آزمایش فوق وجود ندارد، دلایل ممکن آن را توضیح دهید.

۳- دلایل اینکه آزمایش اتصال کوتاه و مدار باز به ترتیب از طرف فشار قوی و ضعیف انجام می گیرد، چیست؟

۴- اثر فرکانس و ولتاژ در روی مقادیر پارامترهای مدار معادل چیست؟ توضیح دهید.

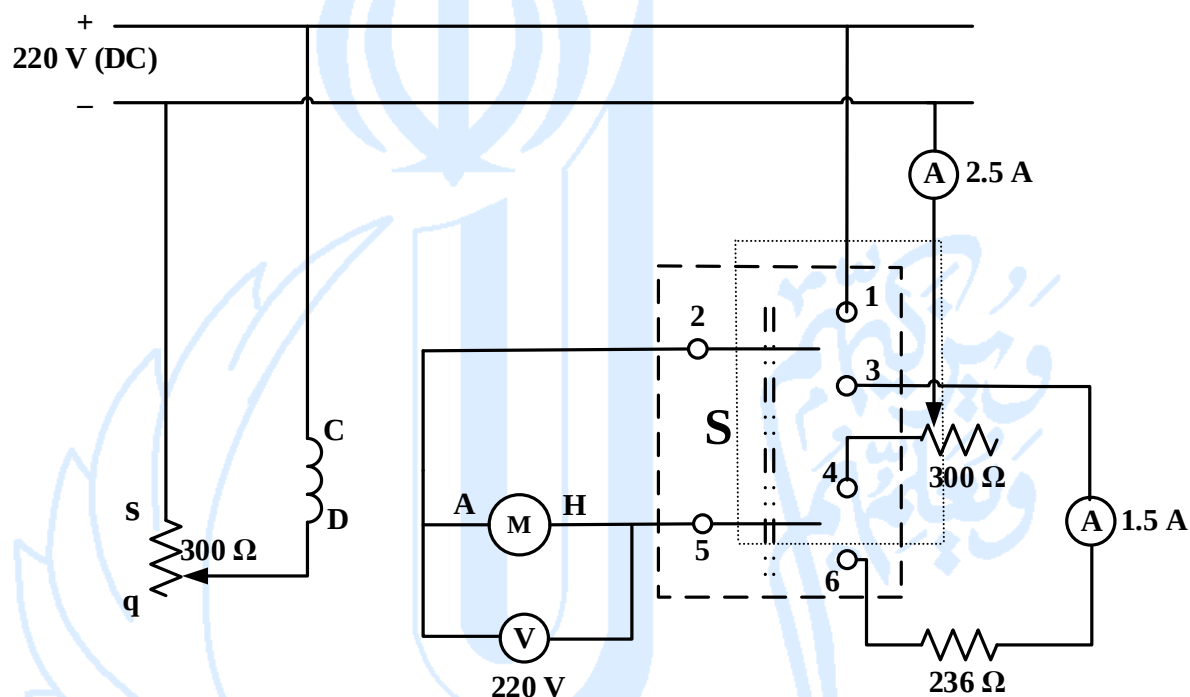
۱۳۲۶

دانشگاه تبریز

آزمایش ۷: تعیین تلفات مختلف ماشین DC به روش Retardation

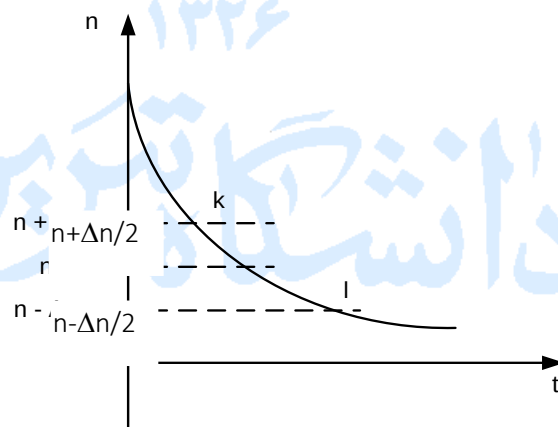
این آزمایش یک روش برای جدا کردن تلفات مختلف ماشین‌های DC است، که طی آن مقدار J (ممان اینرسی قسمت گردان ماشین) را نیز می‌توان بدست آورد. یادآوری می‌شود که به علت پیچیدگی شکل هندسی قسمت گردان، محاسبه J از راه تئوری بسیار مشکل است.

۱- مدار شکل زیر را ببندید.



شکل ۱: مدار مربوط به تعیین تلفات مختلف ماشین DC به روش Retardation

با توجه به شکل مدار اگر پس از راهاندازی موتور کلید S قطع شود، جریان مدار آرمیچر قطع شده و پس از مدتی موتور خواهد ایستاد که شکل تغییرات سرعت آن بر حسب زمان به صورت زیر است.



شکل ۲: مشخصه سرعت-زمان ماشین DC (پس از قطع از شبکه)

انرژی جنبشی ذخیره شده در قسمت گردان به صورت تلفات آهن، و تهویه و اصطکاک تلف خواهد شد که اندازه کاهش آن در هر لحظه، تابعی از تلفات مذکور است.

اگر انرژی جنبشی ذخیره شده در ماشین را با W نشان دهیم، داریم:

$$W = \frac{1}{2} J \omega^2, \text{ Rotational Loss} = P = \frac{dW}{dt} = J \omega \frac{d\omega}{dt} = \left(\frac{2\pi}{60}\right)^2 J n \frac{dn}{dt}, \omega (\text{rad/s}), n (\text{rpm}) \quad (1)$$

ملاحظه می شود این تلفات تابعی از سرعت لحظه ای و تغییرات لحظه ای آن است. در نتیجه پیدا کردن P مستلزم اطلاع از مقدار J و $\frac{dn}{dt}$ در هر سرعت مورد نظر n است. برای بدست آوردن مقادیر J و $\frac{dn}{dt}$ آزمایش های زیر را انجام دهید.

۲- موتور را راه اندازی و سرعت آن را به $n + \frac{\Delta n}{2}$ برسانید.

۳- جریان مدار آرمیچر را توسط کلید S قطع کرده و مدت زمان لازم Δt برای کاهش سرعت موتور به $n - \frac{\Delta n}{2}$ را اندازه گیری کنید (در این آزمایش $n = 1500 \text{ rpm}$ است).

اگر Δn نسبتاً کوچک باشد به طوری که فاصله k و l از منحنی را بتوان خط مستقیم فرض کرد، رابطه بالا به صورت زیر نوشته می شود:

$$P = \left(\frac{2\pi}{60}\right)^2 J n \frac{\Delta n}{\Delta t} \quad (2)$$

۴- موتور را مجدداً راه اندازی کرده و سرعت آن را به مقدار قسمت قبل برسانید. کلید S را قطع کرده و آن را بلافاصله به طرف دیگر، که یک بار مقاومتی است، وصل کرده و مقادیر زیر را اندازه گیری کنید.

$\Delta t'$: مدت زمان لازم برای رسیدن سرعت به $n - \frac{\Delta n}{2}$

V_1 : ولتاژ دو سر مقاومت بار در لحظه قطع کلید S

V_2 : ولتاژ دو سر مقاومت بار $\Delta t'$ ثانیه پس از قطع کلید S

I_1 : جریان عبوری از مقاومت بار در لحظه قطع کلید S

I_2 : جریان عبوری از مقاومت بار $\Delta t'$ ثانیه پس از قطع کلید S

مقدار متوسط توان مصرف شده در مقاومت بار P' به صورت زیر محاسبه می شود:

$$P' = \frac{V_1 + V_2}{2} \times \frac{I_1 + I_2}{2}$$

قدرت کل تلف شده که موجب افت سرعت ماشین می شود، در این حالت برابر است با:

$$P + P' = \frac{dW}{dt} = \left(\frac{2\pi}{60}\right)^2 J n \frac{dn}{dt} = \left(\frac{2\pi}{60}\right)^2 J n \frac{\Delta n}{\Delta t'} \quad (3)$$

حال از ترکیب دو رابطه (۲) و (۳) رابطه زیر بدست می‌آید:

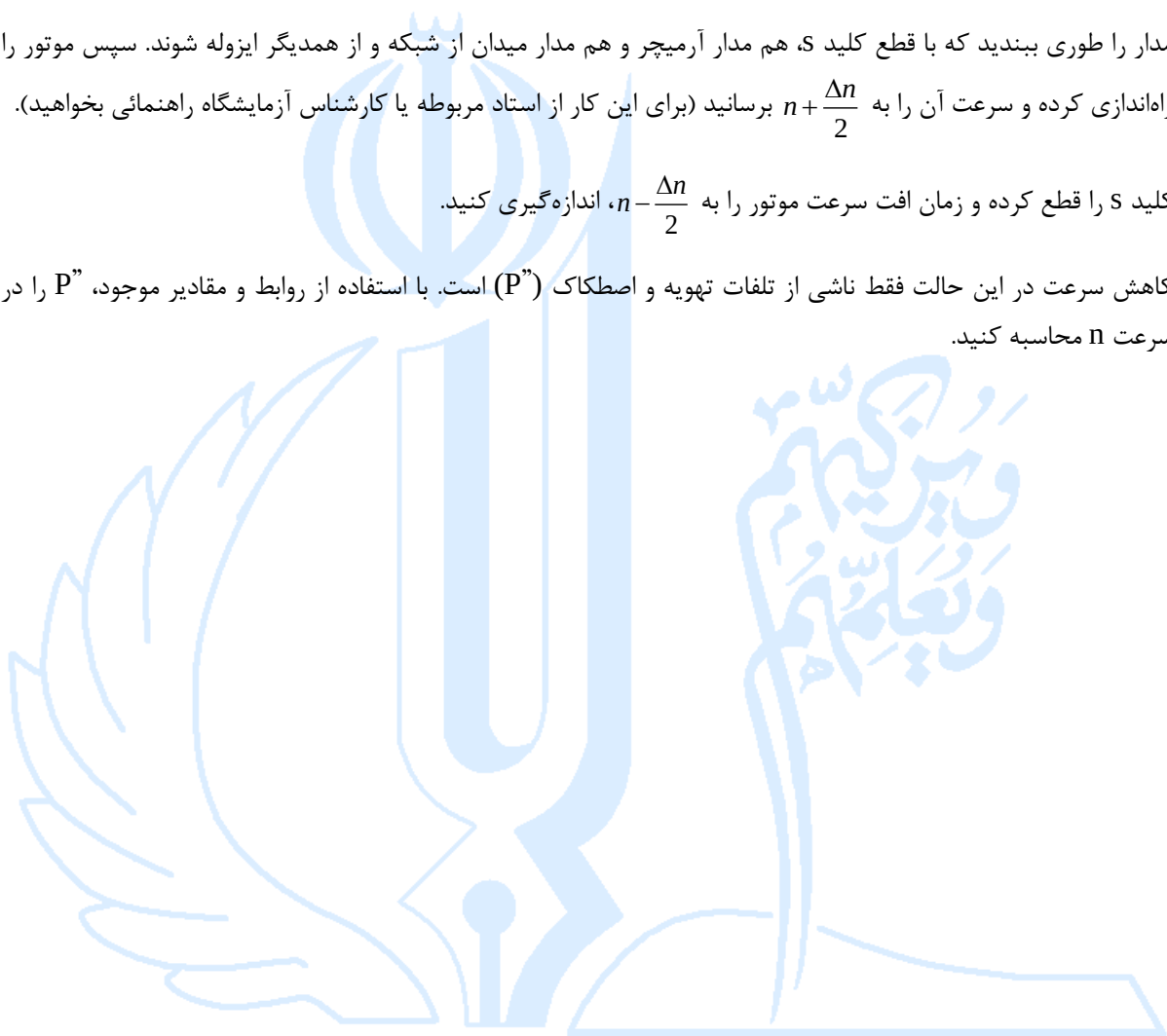
$$P = P' \frac{\Delta t'}{\Delta t - \Delta t'} \quad (4)$$

با استفاده از رابطه (۴) و یکی از روابط (۲) یا (۳)، J را محاسبه کنید.

مدار را طوری ببندید که با قطع کلید S ، هم مدار آرمیچر و هم مدار میدان از شبکه و از همدیگر ایزوله شوند. سپس موتور را راه‌اندازی کرده و سرعت آن را به $n + \frac{\Delta n}{2}$ برسانید (برای این کار از استاد مربوطه یا کارشناس آزمایشگاه راهنمایی بخواهید).

کلید S را قطع کرده و زمان افت سرعت موتور را به $n - \frac{\Delta n}{2}$ اندازه‌گیری کنید.

کاهش سرعت در این حالت فقط ناشی از تلفات تهویه و اصطکاک (P'') است. با استفاده از روابط و مقادیر موجود، P'' را در سرعت n محاسبه کنید.



۱۳۲۶

دانشگاه تبریز

آزمایش ۸: بررسی کار موازی دو ترانسفورماتور تک فاز

اگر قدرت یک ترانسفورماتور برای تامین مصرف کننده کافی نباشد، معمولاً از چند (عموماً دو) ترانسفورماتور که به صورت موازی به هم اتصال می‌یابند استفاده می‌شود.

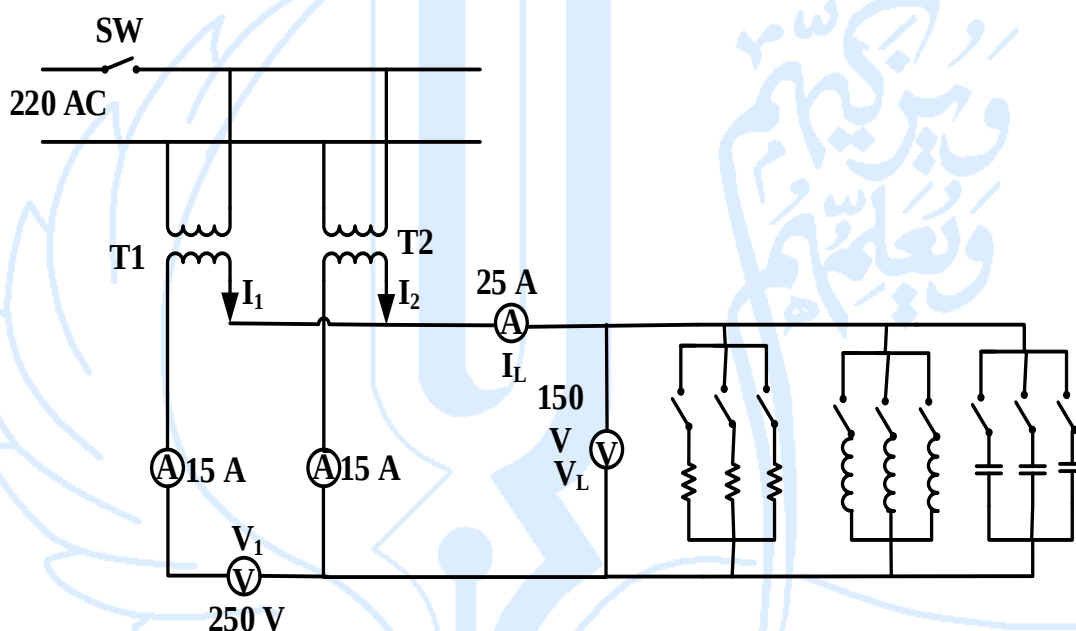
الف: شرایط موازی کردن دو ترانسفورماتور تک فاز چیست؟

ترانسفورماتورهای مورد آزمایش دو دستگاه ترانسفورماتور 220/110 ولت، هر کدام با توان ظاهری 5 kVA است.

۱- تحقیق کنید، آیا شرایط فوق در مورد ترانسفورماتورهای مورد آزمایش صدق می‌کند؟

برای آزمایش تساوی امپدانس درصد، می‌توانید آزمایش اتصال کوتاه را روی هر دو ترانسفورماتور بطور جداگانه انجام دهید.

۲- پس از اطمینان از صادق بودن شرایط لازم، مدار شکل زیر را ببندید.



شکل ۱: مدار مربوط به اتصال موازی دو ترانسفورماتور تک فاز

۳- کلید برق را روشن کرده و صفر بودن ولت‌متر V_1 را بررسی کنید. در صورت صفر نشدن ولت‌متر V_1 ، سرهای خروجی یا ورودی یکی از ترانسفورماتورها را تغییر دهید.

۴- پس از صفر شدن ولتاژ V_1 ولت‌متر فوق را اتصال کوتاه کرده، به‌طوری که دو ترانسفورماتور به صورت موازی در آیند.

۵- از مجموعه ترانسفورماتورهای موازی در چند مرحله، از صفر تا مقدار ممکن، بار اهمی خالص، سلفی خالص، خازنی خالص، اهمی-سلفی و اهمی-خازنی بگیرید. در هر حالت نتایج را در جداول صفحه بعد وارد نمایید.

بار اهمی خالص			
I_1 (A)	I_2 (A)	I_L (A)	V_L (V)

بار خازنی خالص			
I_1 (A)	I_2 (A)	I_L (A)	V_L (V)

بار سلفی خالص			
I_1 (A)	I_2 (A)	I_L (A)	V_L (V)

بار اهمی-خازنی			
I_1 (A)	I_2 (A)	I_L (A)	V_L (V)

بار اهمی-سلفی			
I_1 (A)	I_2 (A)	I_L (A)	V_L (V)

۶- منحنی‌های نمایش $V_L(I_2)$ و $V_L(I_1)$ مربوط به قسمت ۵ را در یک دستگاه محورهای مختصات رسم کرده و در صورت منطبق نبودن آن‌ها با تئوری علت را توضیح دهید.

۷- با تغییر جزئی نسبت تبدیل یکی از ترانسفورماتورها، جریان دورانی بین دو ترانسفورماتور جاری خواهد شد. این حالت را با استفاده از کلیدهای تپ‌چنجر روی ترانسفورماتورها پیش آورده و از مجموعه ترانسفورماتورها بار گرفته و تغییرات $V_L(I_1)$ و $V_L(I_2)$ را برای سه حالت بار اهمی خالص، سلفی خالص و خازنی خالص (پس از تکمیل جداول زیر) در یک دستگاه محورهای مختصات رسم کرده و علت صعودی یا نزولی بودن هر یک را بررسی نمایید.

بار اهمی خالص			
I_1 (A)	I_2 (A)	I_L (A)	V_L (V)

بار خازنی خالص			
I_1 (A)	I_2 (A)	I_L (A)	V_L (V)

بار سلفی خالص			
I_1 (A)	I_2 (A)	I_L (A)	V_L (V)

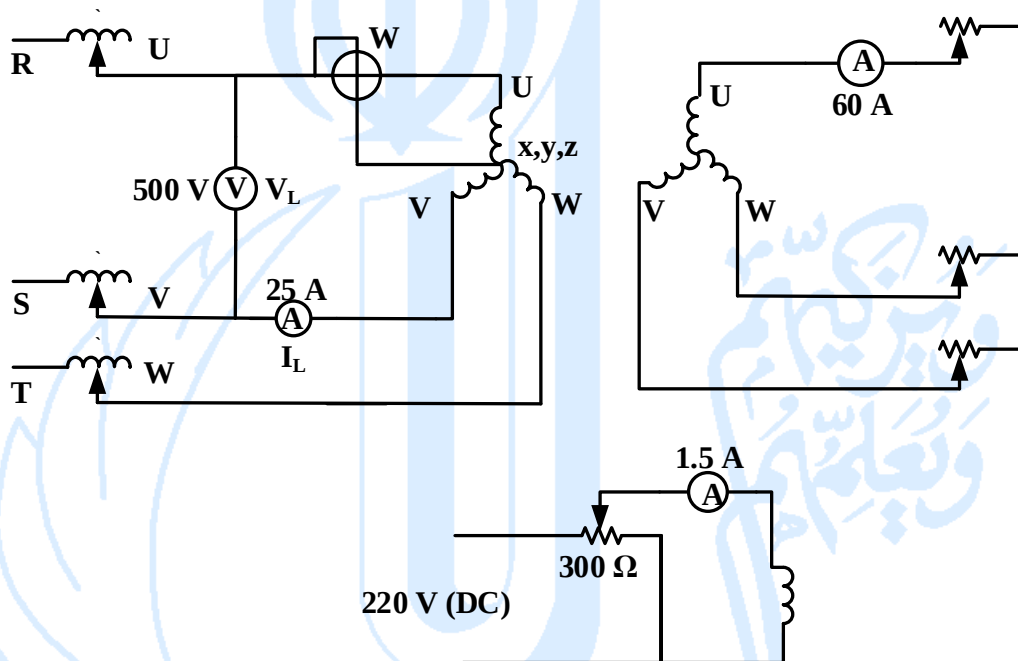
- سوال ۱- اگر امپدانس درصد ترانسفورماتورها مساوی نباشد چه حالتی پیش می آید و اشکال آن چیست؟
- سوال ۲- آیا برای پیش نیامدن اشکال فوق تساوی قدر مطلق امپدانس درصد دو ترانسفورماتور (یا چند ترانسفورماتور) کافی است؟ علت را توضیح دهید.
- سوال ۳- چگونه تقسیم جریان بین دو ترانسفورماتور موازی را برای حالتی که قدر مطلق امپدانس درصد آنها برابرند ولی نسبت $\frac{R}{X}$ آنها متفاوت است، با رسم یک دیاگرام برداری مشخص سازید.
- سوال ۴- اثر جریان دورانی ناشی از نامساوی بودن نسبت تبدیل را با رسم دیاگرام برداری نشان دهید و اشکالی را که این عدم تساوی نسبت دورها بوجود می آورد توضیح دهید.

آزمایش ۹: کنترل سرعت موتور القایی به روش‌های مختلف

هدف از این آزمایش بررسی برخی از روش‌های تنظیم سرعت موتور اندوکسیونی و مقایسه خصوصیات آنها است.

سوال: روش‌های راه‌اندازی یک موتور اندوکسیونی را (با توجه به ساختمان روتور آن) بررسی کرده و خصوصیات هر یک را توضیح دهید.

۱- مدار شکل زیر را ببندید. دقت کنید که موقع راه‌اندازی، سیم‌پیچ جریان وات‌متر را اتصال کوتاه کرده باشید.



شکل ۱: مدار مربوط به کنترل سرعت موتور القایی

۲- جریان تحریک ترمز فوکو را در حدود ۱ الی ۱.۳ آمپر تنظیم کرده و مقاومت مسیر روتور را در حداکثر مقدار خود قرار دهید.

۳- کلید شبکه AC را روشن کرده و ضمن اندازه‌گیری جریان راه‌اندازی موتور (استاتور) و روتور، کیفیت و زمان راه افتادن موتور را بررسی کرده و سپس برق مدار را خاموش کنید.

۴- مقاومت راه‌انداز را از مدار خارج کرده و با استفاده از ترانسفورماتور اقدام به راه‌اندازی موتور نمایید، به‌طوری‌که شرایط در آن کاملاً مشابه شرایط قبل باشد (جریان آرمیچر و جریان تحریک ترمز). چه حالتی پیش می‌آید؟

۵- چنانکه در دو قسمت قبل مشاهده کردید، جریان‌های عبوری از سیم‌پیچی روتور و آرمیچر برابر بود ولی ظاهراً کوپل راه‌اندازی در روش اول بیشتر بود. علت این امر چیست و چگونه آن را توصیف می‌کنید؟

۶- جریان تحریک ترمز را صفر کرده و با استفاده از ترانسفورماتور موتور را راه‌اندازی کرده و سپس جریان تحریک ترمز را به حدود ۱.۳ آمپر رسانده و با قرار دادن وزنه‌های مناسب آن را متعادل نمایید. مقادیر لازم را اندازه‌گیری کرده و در جدول زیر یادداشت نمایید.

V_{ac} (V)	N (rpm)	I_{ac} (A)	F (N)	$P_{in}=3*W$ (W)	$P_{out} =$ $0.04 F.n$ $+x$ (W)	$\eta=P_{out}/P_{in}$	$\cos\phi$	S%

۷- ولتاژ را به آرامی کاهش داده و کمیت‌های لازم را در جدول فوق وارد کنید.

۸- ضمن کاهش ولتاژ ملاحظه می‌کنید که سرعت موتور نیز کاهش می‌یابد. چگونگی ارتباط سرعت موتور با ولتاژ ورودی را توضیح دهید.

۹- وقتی که سرعت موتور کاهش می‌یابد، درحالی که جریان تحریک موتور در مقدار ثابت خود باقی مانده، ملاحظه می‌کنید که تعادل ترمز نیز به هم می‌خورد. علت این امر را توضیح دهید.

۱۰- اتوترانسفورماتور ورودی را از مدار خارج و مقاومت خارجی را در مدار موتور قرار دهید. پس از راه‌اندازی موتور، جریان تحریک موتور را به همان مقدار قبلی رسانده و با قرار دادن وزنه آن را متعادل ساخته و سپس مقادیر لازم را یادداشت نمایید.

۱۱- مقاومت مسیر روتور را در سه مرحله افزایش داده و ضمن آن تغییرات سرعت و بقیه کمیات را در جدول زیر یادداشت کنید.

۱۲- مشخصه کوپل-سرعت ترمز فوکو را چگونه پیش‌بینی می‌کنید؟ آیا کوپل این بار در لحظه راه‌اندازی صفر است؟

R_r	N (rpm)	I_{ac} (A)	F (N)	$P_{in}=3*W$ (W)	$P_{out} = 0.04 F.n + x$ (W)	$\eta=P_{out}/P_{in}$	$\cos\phi$	S%
Min								
Mid								
Max								

۱۳- اگر چنانکه مشخصه کوپل-سرعت بار مکانیکی یک خط موازی محور سرعت باشد، آیا می‌توان با استفاده از اتوترانسفورماتور سرعت موتور را با صرف‌نظر از محدودیت‌های دیگری که ممکن است پیش آید، به هر مقدار دلخواهی کاهش داد؟

۱۴- قسمت فوق را برای حالتی که سرعت موتور در اثر افزایش مقاومت مسیر روتور تغییر می‌کند، بررسی کنید.

۱۵- منحنی‌های تغییرات $\cos\phi(n)$ و $\eta(n)$ را برای هر دو روش تنظیم سرعت در یک دستگاه محور مختصات رسم کنید.

۱۶- موتور القایی را که تعداد قطب‌های آن با استفاده از یک میدان گردان چندحالتی تغییر می‌کند، به‌طور مستقیم به شبکه وصل کنید و با تغییر دادن وضعیت کلید، سرعت‌های مختلف آن را ملاحظه کنید.

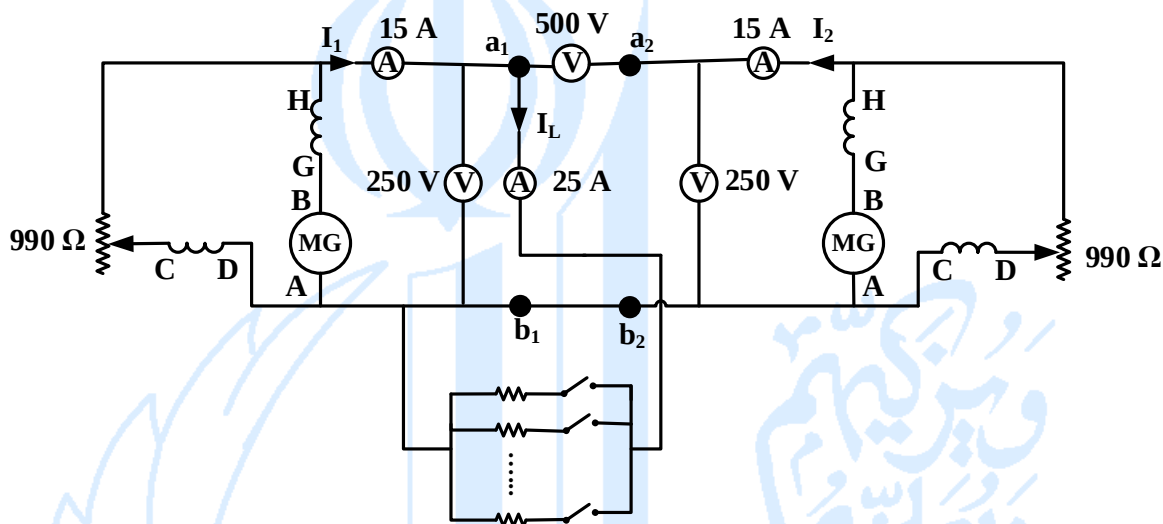
۱۷- در حالتی که سرعت موتور را با تغییر قطب کاهش می‌دهید، صدای مخصوصی از موتور شنیده شده و پدیده‌ای نیز رخ می‌دهد. این حالت‌ها را چگونه توجیه می‌کنید؟ توجه داشته باشید که این حالت فقط موقع کم کردن سرعت پیش می‌آید.



آزمایش ۱۰: بررسی کار موازی دو ژنراتور DC شنت

وقتی که یک ژنراتور به تنهایی قادر به تأمین بار مورد تقاضا نباشد، از دو ژنراتور یا بیشتر به صورت موازی استفاده می‌شود. در این آزمایش کار موازی دو ژنراتور مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۱- مدار شکل زیر را ببندید.



شکل ۱: مدار مربوط به اتصال موازی دو ژنراتور DC شنت

۲- هر یک از ژنراتورها را بطور جداگانه راه‌اندازی کرده و ولتاژ خروجی هر کدام را به 220 ولت برسانید.

۳- موقع موازی کردن باید قطب‌های هم‌پلاریته به هم متصل شوند. برای بررسی این مورد از یک ولت‌متر 500 ولت مطابق مدار فوق استفاده کنید. اگر ولتاژ دو سر این ولت‌متر صفر باشد پلاریته قطب‌های اتصال یافته مشابه است و با اتصال کوتاه کردن ولت‌متر دو ژنراتور به حالت موازی اتصال می‌یابند (در غیراین صورت باید محل اتصال a_1 و b_1 و یا a_2 و b_2 را با هم عوض کرده و بصورت $a_2 \rightarrow b_1$ و $a_1 \rightarrow b_2$ اتصال دهید).

۴- با تغییر جزئی تحریک یکی از ماشین‌ها ملاحظه می‌کنید که هر دو ماشین باردار می‌شوند، وضعیت این حالت را چگونه توجیه می‌کنید؟

۵- تحریک را به مقدار اولیه خود برگردانید، بطوریکه جریان هر دو ماشین به صفر برسد. مجموعه ژنراتورهای موازی را باردار کرده و جریان‌های خروجی ژنراتورها و ولتاژ دو سر بار را در چند حالت (حداقل ۸ مرحله) در جدول زیر یادداشت کنید. توجه داشته باشید که در حین روشن کردن بارها جریان هیچ یک از ژنراتورها از مقدار مجاز آن (10 A) تجاوز نکند.

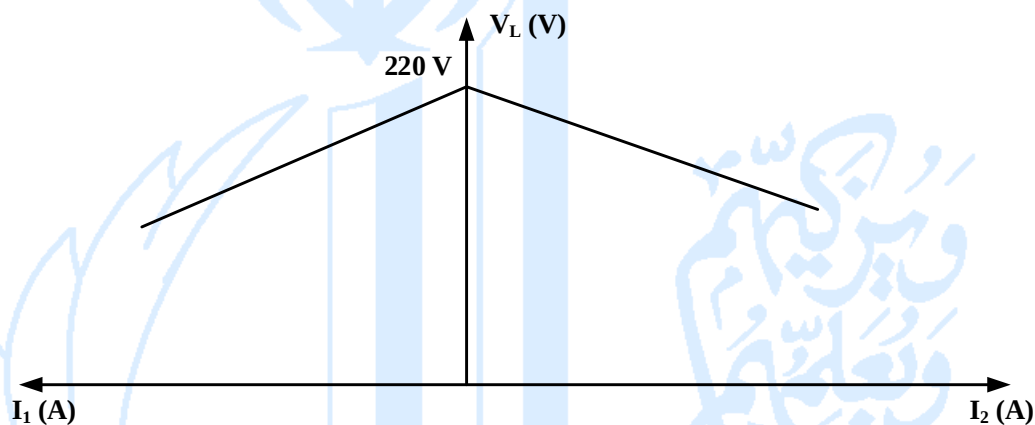
I_L (A)	0							
I_1 (A)	0							
I_2 (A)	0							
V_L (V)	220							

۶- جریان بار را به حدود ۸ آمپر رسانده و ولتاژ خروجی را در این حالت یادداشت کنید. با تغییر دادن جریان تحریک ژنراتورها تمام این ۸ آمپر جریان بار را بدون آنکه ولتاژ دو سر بار تغییری کند روی ژنراتور یک قرار داده و سپس ژنراتور دو را از مدار خارج کنید.

۷- ژنراتور دو را مجدداً با ژنراتور یک در زیر بار موازی کرده و سپس جریان فوق را بدون آنکه ولتاژ دو سر بار تغییر کند بطور مساوی بین دو ژنراتور تقسیم کنید.

۸- منحنی‌های تغییرات I_1 و I_2 را مشابه منحنی‌های نمونه زیر برای حداکثر مقدار جریان بار $I_{1max}+I_{2max}$ رسم کنید.

۹- با استفاده از روش ترسیمی، ولتاژ خروجی و جریان هر یک از ژنراتورها را برای جریان بار ۱۴ آمپر بدست آورید.



شکل ۲: منحنی‌های نمونه مربوط به اتصال موازی دو ژنراتور DC