بسمه تعالی

دستور کار آزمایشگاه

ماشین های الکتریکی ۱

زمستان ۱۳۹۳

ویرایش اول

فهرست

بخش اول : ماشین DC ۴
معرفی میز ماشین های DC ۴
آزمایش اول: مولد DC تحریک مستقل ۵
آزمایش دوم: مولد DC شنت ۹
آزمایش سوم: مولد DC مختلط (کمپوند) ۱۲
آزمایش چهارم: موتور DC شنت و سری ۱۵
آزمایش پنجم: موتور DC مختلط (کمپوند) ۲۰
بخش دوم : ترانسفورماتور ۲۳
معرفی میز ترانسفورماتور ۲۳
آزمایش ششم: محاسبه پارامترهای ترانسفورماتور تک فاز ۲۵
آزمایش هفتم: محاسبه پارامترهای ترانسفورماتور سه فاز ۲۸
آزمایش هشتم: انواع اتصال‌ها و گروه‌های ترانسفورماتور سه فاز ۳۱
بخش سوم : موتورالقایی ۴۰
معرفی میز ماشین‌های AC ۴۰
آزمایش نهم: بدست آوردن پارامترها و مشخصه بارگذاری موتور القایی ۴۲
ضمائم ۴۷
معرفی دستگاه پاور آنالایزر ۴۷
برنامه انجام آزمایش‌ها ۵۰

هشدار!

در هنگام کار کردن در آزمایشگاه بسیار مراقب برق گرفتگی و برخورد با قطعات متحرک باشید!

توجه:

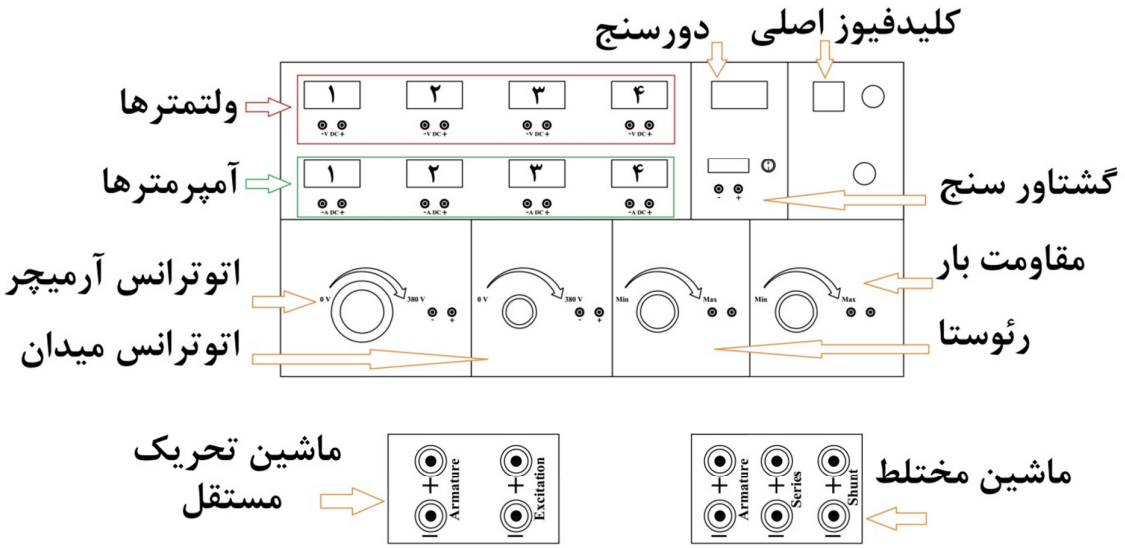
برای تهیه گزارش کار از همین فایل استفاده نمایید و پاسخ‌ها و نمودارهای خواسته شده را داخل آن وارد نمایید. می‌توانید اصل فایل یا چاپ شده‌ی آن را به عنوان گزارش تحویل دهید.

کلیه نمودارها باید با کامپیوتر و ترجیحا با نرم افزار Excell یا Matlab رسم شوند در غیر این صورت تنها نمودارهایی که روی کاغذ میلیمتری رسم شده باشند قابل قبول هستند. در صورت رسم نمودار روی کاغذ میلیمتری باید عنوان هر نمودار و آزمایش مربوط به آن زیر آن نوشته شده و در محل تعیین شده در متن گزارش قرار داده شود.

بخش اول : ماشین DC

معرفی میز ماشین های DC

شکل زیر نمای کلی میز را نشان می‌دهد



در طول این بخش نام اجزاء مختلف این میز و شماره ولتمترها و آمپرمترها را به توجه به شکل فوق تشخیص دهید. توجه کنید که **مقاومت بار در حالتی که روی Max باشد بیشترین مقاومت اهمی را از خود نشان می‌دهد (کمترین جریان را می‌کشد) بنابراین هنگام اتصال آن به ژنراتور قبل از برق دار کردن مدار مقدار آن روی Max قرار دهید.** ضمنا جریان تحریک ژنراتور در هنگام راه اندازی **حداقل** باشد.

توجه داشته باشید که هنگام راه اندازی موتورهای تحریک مستقل میزان جریان تحریک صفر نباشد (اتوترانس میدان روی صفر نباشد) همچنین برای راه اندازی موتور شنت مقاومت رئوستا را روی Min قرار دهید تا جریان تحریک آن حداکثر گردد.

در ماشین تحریک مستقل ترمینال های Armature به دو سر سیم پیچ آرمیچر و ترمینال‌های Excitation به دو سر سیم پیچ تحریک (یا میدان) متصل می‌باشند. در ماشین مختلط (یا کمپوند) ترمینال های Armature به دو سر سیم پیچ آرمیچر و ترمینال‌های Series به دو سر سیم پیچ تحریک سری و ترمینال‌های Shunt به دو سر سیم پیچ تحریک شنت متصل می‌باشند.

دقت کنید تا حد نامی جریان ماشین‌ها همواره رعایت شود تا آسیبی به سیم پیچ آنها نرسد.

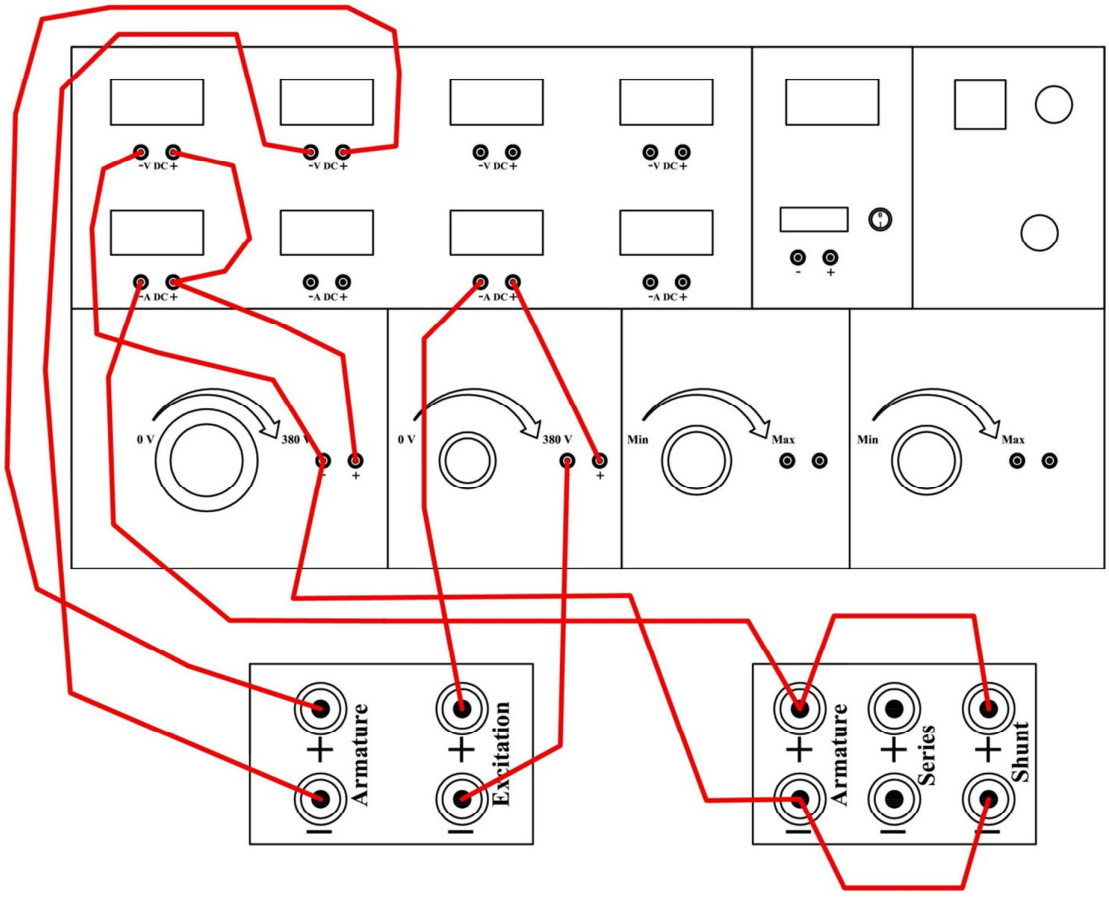
آزمایش اول: مولد DC تحریک مستقل

اهداف از این آزمایش:

۱. راه اندازی مولد DC تحریک مستقل
۲. بدست آوردن منحنی مغناطیس شوندگی رفت و برگشت
۳. بدست آوردن منحنی بارگذاری

مراحل آزمایش

۱. ابتدا مدار زیر را روی میز ماشین‌های DC ببندید:



۲. ماشین تحریک مستقل به صورت ژنراتور و ماشین مختلط به صورت موتور بسته شده‌اند. چرا در این آزمایش از یک موتور استفاده شده است؟ نوع این موتور از نظر تحریک چیست؟

جواب:

۳. اتوترانس ها را روی صفر قرار دهید.

۴. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۵. آهسته ولتاژ اتوترانس آرمیچر را افزایش دهید. ولتاژ و جریان کدام قسمت مدار بالا می‌رود؟

جواب:

۶. ولتاژ را به حدود ۱۱۰ ولت برسانید (چرا؟).

جواب:

۷. ولتمتر شماره ۲ ولتاژ آرمیچر ژنراتور تحریک مستقل (V_T) را نشان می‌دهد، با افزایش دادن اتوترانس میدان جریان میدان (I_F) (آمپرمتر شماره ۳) و ولتاژ آرمیچر افزایش می‌یابند.(چرا؟)

جواب:

با افزایش مرحله به مرحله اتوترانس میدان جدول زیر را تکمیل نمایید. **دقت کنید که در هیچ مرحله نباید ولتاژ اتوترانس کاهش داده شود.** طبق جدول جریان را از صفر به صورت مرحله به مرحله آنقدر افزایش دهید تا ولتاژ به آرمیچر ژنراتور به ۱۱۰ ولت برسد.

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
V_T									110
I_F	0								

۸. هم اکنون با کاهش مرحله به مرحله اتوترانس میدان جدول زیر را تکمیل نمایید. **دقت کنید که در هیچ مرحله نباید ولتاژ اتوترانس افزایش داده شود.** طبق جدول جریان را به صورت مرحله به مرحله تا صفر کاهش دهید.

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
V_T	110								
I_F									0

مقادیر این دو جدول را روی یک دستگاه مختصات در این جا رسم نمایید:

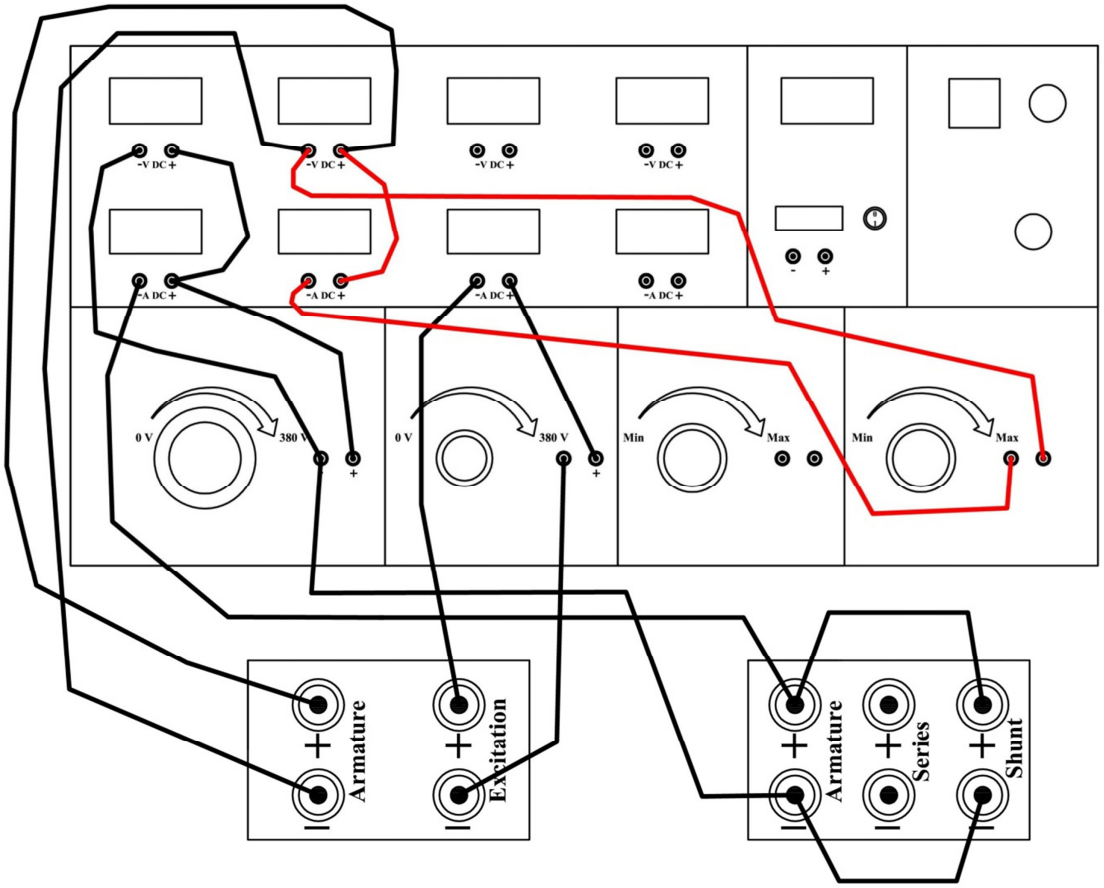
۹. آیا دو منحنی بدست آمده بر هم منطبق هستند؟ چرا؟

جواب:

۱۰. اگر سرعت چرخش ژنراتور تغییر کند شکل منحنی‌ها چه تغییری می‌کند؟

جواب:

۱۱. هم اکنون برق مدار را قطع نموده و بار اهمی را طبق شکل زیر به مدار اضافه نمایید:



۱۲. اتوترانس ها را روی صفر قرار داده و بار اهمی را روی Max قرار دهید (حداکثر میزان مقاومت).

۱۳. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۱۴. آهسته ولتاژ اتوترانس آرمیچر را افزایش دهید و به ۱۱۰ ولت برسانید.

۱۵. با افزایش دادن اتوترانس میدان جریان میدان (I_F) را افزایش دهید تا ولتاژ آرمیچر ژنراتور تحریک مستقل (V_T) بالا برود و به حدود ۱۱۰ ولت برسد. از این مرحله به بعد دیگر اتوترانس میدان را تغییر ندهید.

۱۶. هم اکنون بار اهمی را مرحله به مرحله از Max به Min جابجا نمایید و ولتاژ آرمیچر ژنراتور (V_T) را بر حسب جریان بار اهمی (I) (آمپرمتر شماره ۲) در جدول زیر یادداشت نمایید. دقت نمایید جریان بار اهمی از یک آمپر تجاوز ننماید.

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
V_T									
I									1

مقادیر این جدول را روی یک دستگاه مختصات در این جا رسم نمایید:

۱۷. تغییرات ولتاژ V_T بر حسب جریان I چگونه است؟ چرا؟

جواب:

۱۸. آیا در ضمن این بخش از آزمایش سرعت نیز تغییر می‌کرد؟ چرا و چگونه؟

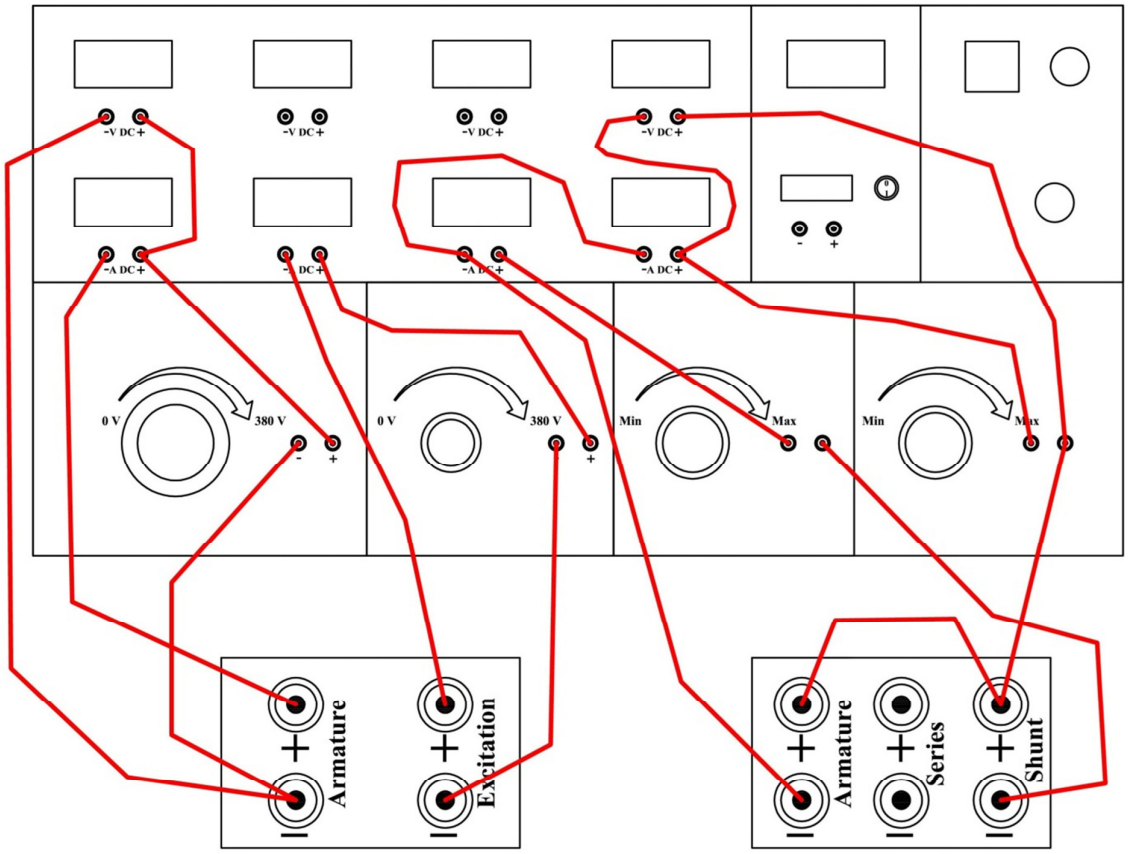
جواب:

آزمایش دوم: مولد DC شنت

هدف از این آزمایش بدست آوردن منحنی بارگذاری مولد شنت می‌باشد.

مراحل آزمایش

۱. ابتدا مدار زیر را روی میز ماشین‌های DC ببندید:



۲. ماشین تحریک مستقل به صورت موتور و ماشین مختلط به صورت ژنراتور بسته شده‌اند. چرا در این آزمایش از یک موتور استفاده شده است؟ نوع این موتور از نظر تحریک چیست؟

جواب:

۳. اتوترانس آرمیچر را روی صفر و اتوترانس تحریک را وسط Min و Max قرار دهید.
۴. بار اهمی و رئوستا را روی Max قرار دهید (حداکثر میزان مقاومت).
۵. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.
۶. آهسته ولتاژ اتوترانس آرمیچر را افزایش دهید. ولتاژ و جریان کدام قسمت مدار بالا می‌رود؟

جواب:

۷. ولتاژ را به حدود ۱۱۰ ولت برسانید (چرا؟).

جواب:

۸. آمپرمتر شماره ۴ جریان بار (I) و ولتمتر شماره ۴ ولتاژ آرمیچر ژنراتور (V_T) را نشان می‌دهد، با کاهش دادن مقاومت رئوستا، این ولتاژ چه تغییر می‌کند؟ (چرا؟)

جواب:

۹. مقاومت رئوستا را آنقدر کاهش دهید که ولتاژ ژنراتور بین ۸۰ تا ۹۰ ولت گردد. در این حالت با کاهش مرحله به مرحله بار اهمی جدول زیر را تکمیل نمایید. جریان I را به صورت مرحله به مرحله آنقدر افزایش دهید تا به حدود ۱/۲ آمپر برسد.

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
V_T									
I									

مقادیر این جدول را روی یک دستگاه مختصات در این جا رسم نمایید:

۱۰. تغییرات ولتاژ V_T بر حسب جریان I چگونه است؟ چرا؟

جواب:

۱۱. آیا در ضمن این بخش از آزمایش سرعت نیز تغییر می‌کرد؟ چرا و چگونه؟

جواب:

۱۲. آمپرمترهای شماره ۱ و شماره ۳ چه جریان‌هایی را نشان می‌دهند و در طول مراحل قسمت قبل تغییرات آنها چگونه بود؟ (چرا؟)

جواب:

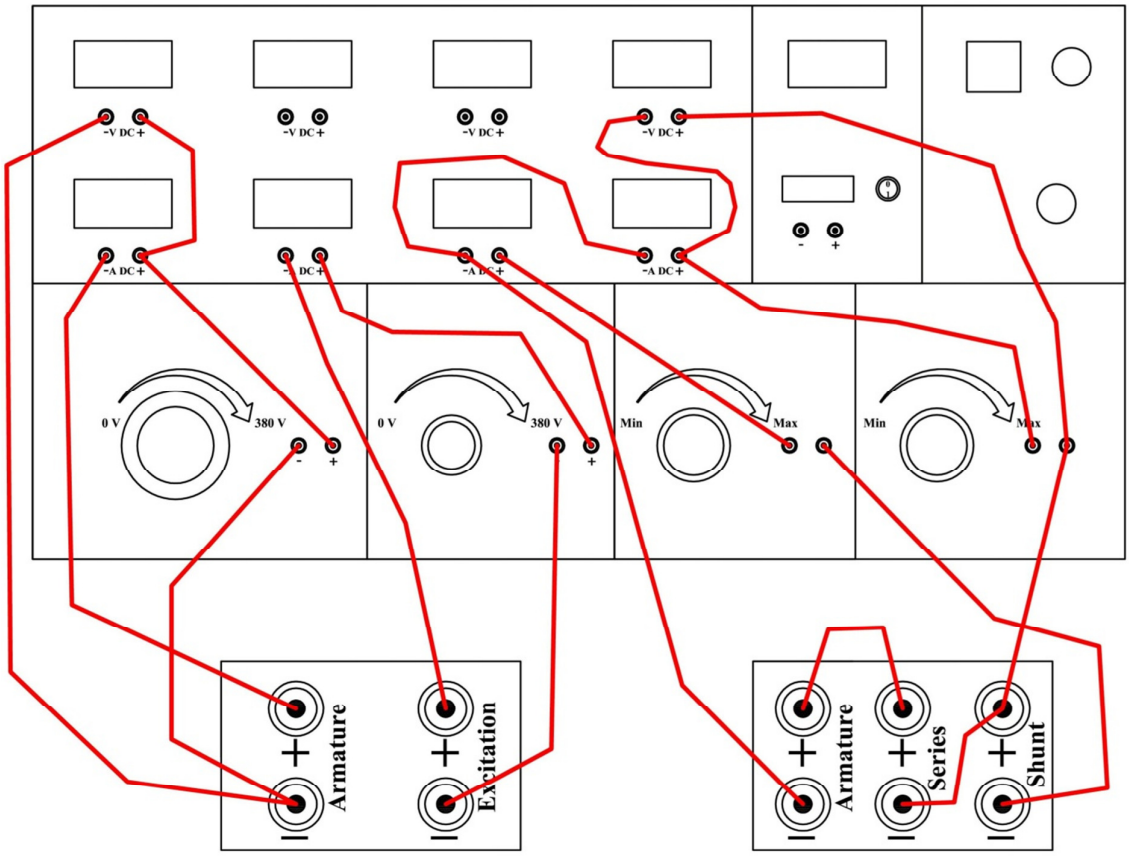
آزمایش سوم: مولد DC مختلط (کمپوند)

اهداف از این آزمایش:

۱. بدست آوردن منحنی بارگذاری مولد مختلط (کمپوند) اضافی
۲. بدست آوردن منحنی بارگذاری مولد مختلط (کمپوند) نقصانی

مراحل آزمایش

۱. ابتدا مدار زیر را روی میز ماشین‌های DC ببندید:



۲. ماشین تحریک مستقل به صورت موتور و ماشین مختلط به صورت ژنراتور بسته شده‌اند. اتوترانس آرمیچر را روی صفر و اتوترانس تحریک را وسط Min و Max قرار دهید.
۳. بار اهمی و رئوستا را روی Max قرار دهید (حداکثر میزان مقاومت).
۴. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.
۵. آهسته ولتاژ اتوترانس آرمیچر را افزایش دهید و به حدود ۱۱۰ ولت برسانید. ولتاژ و جریان کدام قسمت‌های مدار بالا می‌رود؟

جواب:

۶. آمپرمتر شماره ۴ جریان بار (I) و ولتمتر شماره ۴ ولتاژ آرمیچر ژنراتور (V_T) را نشان می‌دهد، با کاهش دادن مقاومت رئوستا، این ولتاژ چه تغییر می‌کند؟ (چرا؟)

جواب:

۷. مقاومت رئوستا را آنقدر کاهش دهید که ولتاژ ژنراتور بین ۸۰ تا ۹۰ ولت گردد. در این حالت با کاهش مرحله به مرحله بار اهمی جدول زیر را تکمیل نمایید. جریان I را به صورت مرحله به مرحله آنقدر افزایش دهید تا به حدود ۱/۲ آمپر برسد.

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
V_T									
I									

۸. مجددا بار اهمی و رئوستا را روی Max قرار دهید و برق تابلو را خاموش کنید.

۹. جای سیم‌های متصل به دو سر سیم پیچ سری را عوض کنید.

۱۰. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۱۱. آهسته ولتاژ اتوترانس آرمیچر را افزایش دهید و به حدود ۱۱۰ ولت برسانید.

۱۲. مقاومت رئوستا را آنقدر کاهش دهید که ولتاژ ژنراتور بین ۸۰ تا ۹۰ ولت گردد. در این حالت با کاهش مرحله به مرحله بار اهمی جدول زیر را تکمیل نمایید. جریان I را به صورت مرحله به مرحله آنقدر افزایش دهید تا به حدود ۱/۲ آمپر برسد.

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
V_T									
I									

مقادیر این دو جدول را روی یک دستگاه مختصات در این جا رسم نمایید:

۱۳. تغییرات ولتاژ V_T بر حسب جریان I چگونه است؟

جواب:

۱۴. راجع به دلیل تفاوت دو منحنی توضیح دهید؟ در کدام مرحله ژنراتور نقصانی و در کدام مرحله اضافی عمل نموده است؟ چرا؟

جواب:

۱۵. عملکرد ژنراتور اضافی به صورت فوق کمپوند بوده یا زیر کمپوند؟ چرا؟

جواب:

۱۶. حداکثر جریان خروجی ژنراتور کمپوند نقصانی را از روی منحنی آن بدست آورید.

جواب:

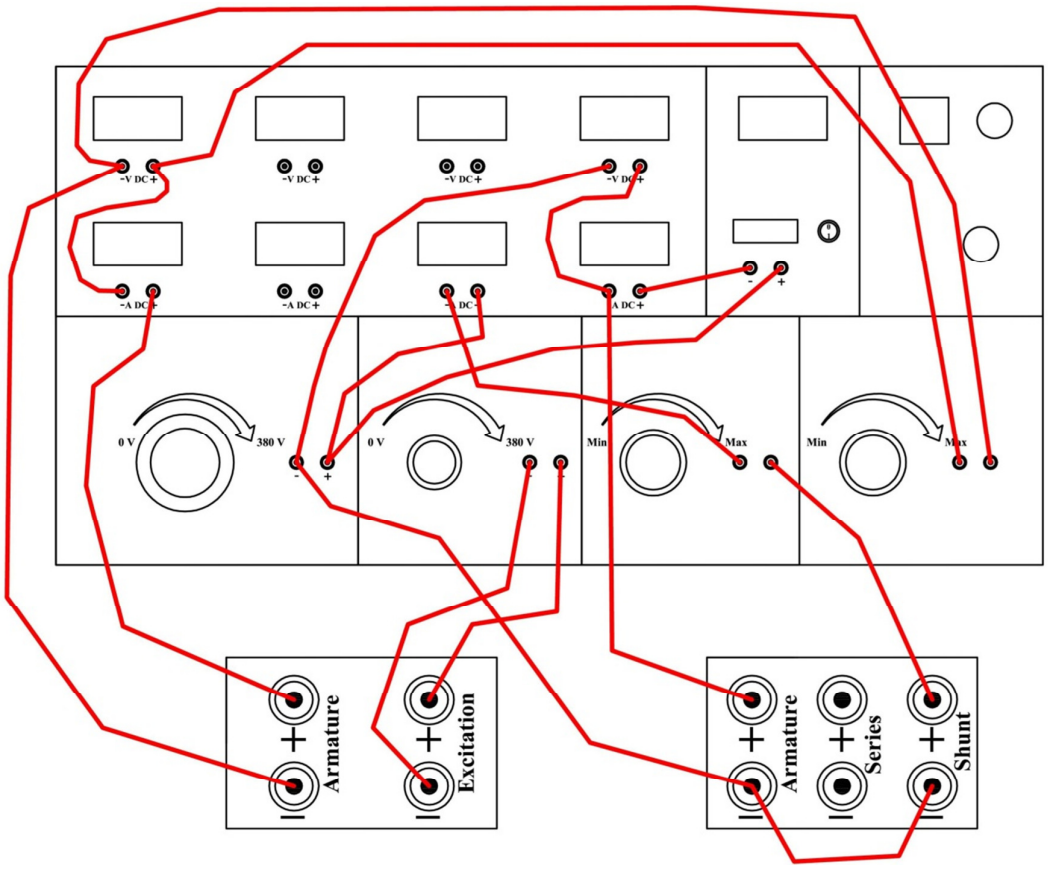
آزمایش چهارم: موتور DC شنت و سری

اهداف از این آزمایش:

۱. بدست آوردن منحنی گشتاور سرعت موتور شنت
۲. بدست آوردن منحنی گشتاور سرعت موتور سری

مراحل آزمایش

۱. ابتدا مدار زیر را روی میز ماشین‌های DC ببندید:



۲. ماشین تحریک مستقل به صورت ژنراتور و ماشین مختلط به صورت موتور شنت بسته شده‌اند.
۳. اتوترانس آرمیچر و تحریک را روی صفر قرار دهید.
۴. بار اهمی را روی Max و رئوستا را روی Min قرار دهید. (چرا باید رئوستا روی Min تنظیم شود؟)

جواب:

۵. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۶. آهسته ولتاژ اتوترانس آرمیچر را افزایش دهید و به حدود ۱۱۰ ولت برسانید. ولتاژ و جریان کدام قسمت‌های مدار بالا می‌رود؟

جواب:

۷. اتوترانس میدان را افزایش دهید تا ولتاژ ژنراتور بالا برود و به حدود ۸۰ تا ۹۰ ولت برسد.

۸. تغییر دادن رئوستا چه تاثیری بر سرعت موتور دارد؟ چرا؟

جواب:

۹. آمپرمتر شماره ۴ جریان آرمیچر موتور (I_A) را نشان می‌دهد، با کاهش دادن مقاومت بار، این جریان چه تغییر می‌کند؟ (چرا؟)

جواب:

۱۰. بار اهمی را آنقدر کاهش دهید تا گشتاور سنج عدد ۰/۷۲۰ نیوتن متر را نشان دهد (می‌توانید برای رسیدن به این گشتاور علاوه بر تغییر دادن بار، رئوستا و اتوترانس میدان را نیز کمی تغییر دهید). **دقت کنید که جریان آرمیچر از ۱/۴ آمپر بیشتر نشده و اتوترانس میدان ژنراتور هم از مقدار مشخص شده روی تابلو بیشتر نشود.** هم اکنون با افزایش مرحله به مرحله بار اهمی از Min به Max طبق جدول زیر مقدار جریان و سرعت را در گشتاورهای مختلف بدست آورید.

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
I_A									
گشتاور	۰/۷۲۰	۰/۶۴۸	۰/۵۷۶	۰/۵۰۴	۰/۴۳۲	۰/۳۶۰	۰/۲۸۸	۰/۲۱۶	۰/۱۴۴
سرعت									

مقادیر گشتاور را بر حسب سرعت روی یک دستگاه مختصات در این جا رسم نمایید:

۱۱. تغییرات گشتاور بر حسب سرعت چگونه است؟ راجع به آن توضیح دهید.

جواب:

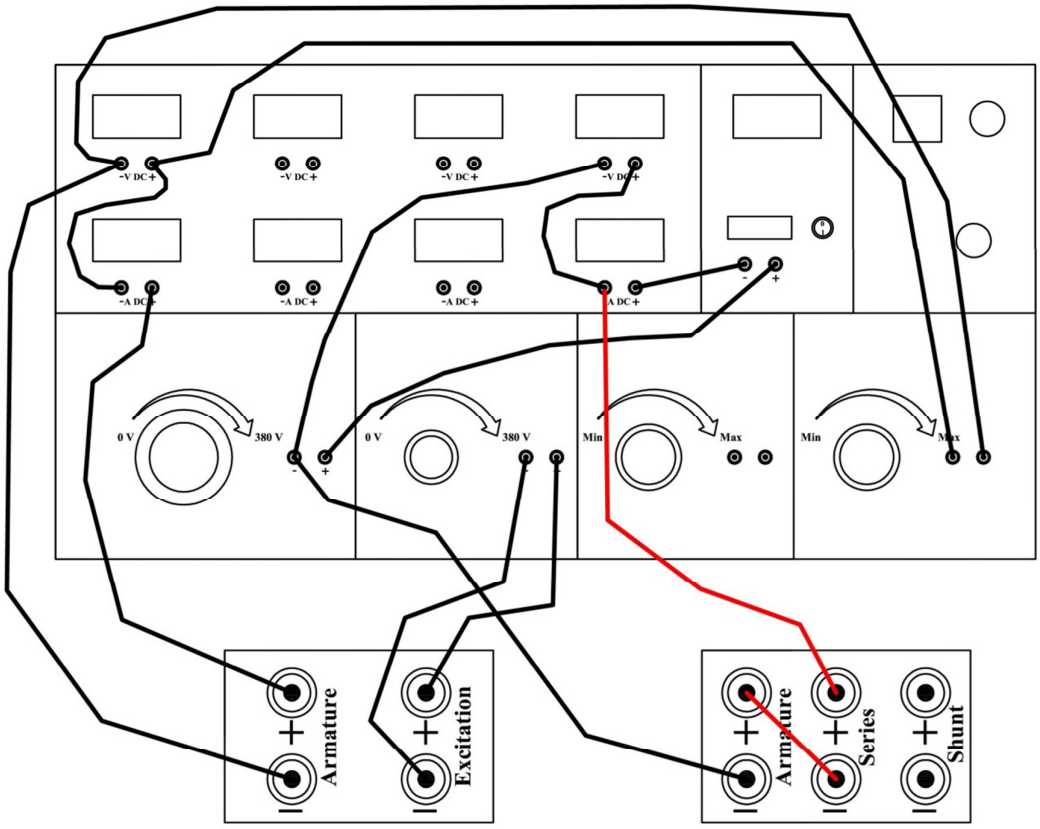
۱۲. دلیل افت سرعت در هنگام افزایش گشتاور چیست؟ گشتاور در سرعت صفر تقریبا چقدر است؟

جواب:

۱۳. تغییرات گشتاور برحسب جریان چگونه است؟ راجع به آن توضیح دهید.

جواب:

۱۴. اکنون مدار را به صورت زیر تغییر دهید:



۱۵. در مدار جدید ماشین تحریک مستقل به صورت ژنراتور باقی مانده است و ماشین مختلط به صورت موتور سری در آمده است.

۱۶. اتوترانس آرمیچر و تحریک را روی صفر قرار دهید.

۱۷. بار اهمی را روی Max قرار دهید.

۱۸. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۱۹. آهسته ولتاژ اتوترانس آرمیچر را افزایش دهید اگر تا حدود ۲۰ ولت موتور حرکت نکرد ولتاژ اتوترانس را صفر کرده و دو سر سیم پیچ سری را جابجا کنید.

۲۰. اکنون ولتاژ آرمیچر موتور را به حدود ۳۵ ولت برسانید. ولتاژ و جریان کدام قسمت‌های مدار بالا می‌رود؟ آمپرمتر شماره ۴ جریان آرمیچر موتور (I_A) را نشان می‌دهد، چرا جریان آرمیچر موتور اینقدر بالا است؟

جواب:

۲۱. اتوترانس میدان را افزایش دهید تا گشتاور سنج عدد ۰/۷۲۰ نیوتن متر را نشان دهد (می‌توانید برای رسیدن به این گشتاور علاوه بر تغییر دادن اتوترانس میدان، بار را نیز کمی افزایش دهید). **دقت کنید که جریان آرمیچر از ۱/۴ آمپر بیشتر نشده و اتوترانس میدان ژنراتور هم از مقدار مشخص شده روی تابلو بیشتر نشود.** هم اکنون با کاهش مرحله به مرحله اتوترانس میدان طبق جدول زیر مقدار جریان و سرعت را حداقل برای ۵ گشتاور مختلف بدست آورید.

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
I_A									
گشتاور	۰/۷۲۰	۰/۶۴۸	۰/۵۷۶	۰/۵۰۴	۰/۴۳۲	۰/۳۶۰	۰/۲۸۸	۰/۲۱۶	۰/۱۴۴
سرعت									

مقادیر گشتاور را بر حسب سرعت روی یک دستگاه مختصات در این جا رسم نمایید:

مقادیر گشتاور را بر حسب جریان روی یک دستگاه مختصات در این جا رسم نمایید:

۲۲. تغییرات گشتاور بر حسب سرعت چگونه است؟ راجع به آن توضیح دهید.

جواب:

۲۳. دلیل افزایش زیاد سرعت در هنگام کاهش گشتاور چیست؟

جواب:

۲۴. تغییرات گشتاور برحسب جریان چگونه است؟ راجع به آن توضیح دهید.

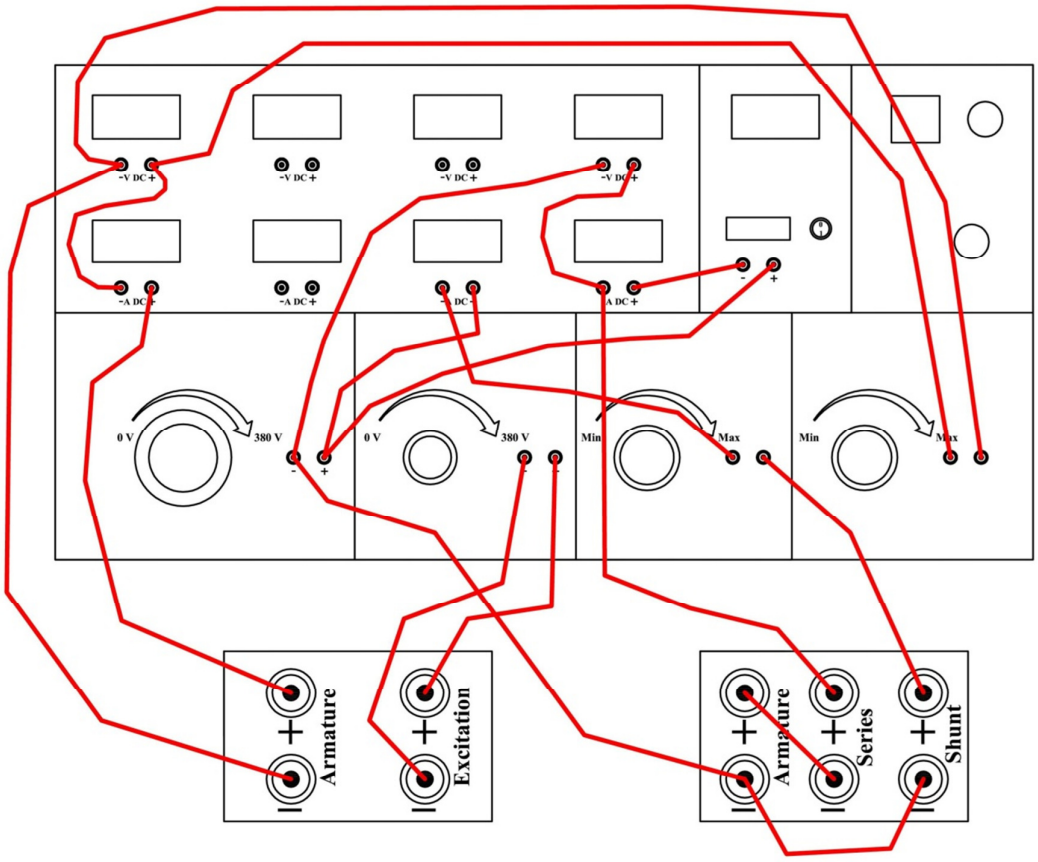
جواب:

آزمایش پنجم: موتور DC مختلط (کمپوند)

هدف این آزمایش بدست آوردن منحنی گشتاور سرعت موتور مختلط اضافی است

مراحل آزمایش

۱. ابتدا مدار زیر را روی میز ماشین‌های DC ببندید:



۲. ماشین تحریک مستقل به صورت ژنراتور و ماشین مختلط به صورت موتور مختلط بسته شده‌اند.

۳. اتوترانس آرمیچر و تحریک را روی صفر قرار دهید.

۴. بار اهمی را روی Max و رئوستا را روی Min قرار دهید. (چرا باید رئوستا روی Min تنظیم شود؟)

جواب:

۵. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۶. آهسته ولتاژ اتوترانس آرمیچر را افزایش دهید اگر تا حدود ۲۰ ولت موتور حرکت نکرد یا با وجود حرکت، جریانی در حد یک آمپر یا بیشتر داشت، ولتاژ اتوترانس را صفر کرده و دو سر سیم پیچ سری را جابجا کنید.

۷. دلیل این نوع عملکرد موتور مختلط را توضیح دهید. غیر از تغییر سرهای سیم پیچ سری چه راه دیگری برای برطرف کردن آن وجود دارد؟

جواب:

۸. آهسته ولتاژ اتوترانس آرمیچر را افزایش دهید و به حدود ۱۱۰ ولت برسانید. ولتاژ و جریان کدام قسمت‌های مدار بالا می‌رود؟

جواب:

۹. اتوترانس میدان را افزایش دهید تا ولتاژ ژنراتور بالا برود و به حدود ۸۰ تا ۹۰ ولت برسد.

۱۰. تغییر دادن رئوستا چه تاثیری بر سرعت موتور دارد؟ چرا؟

جواب:

۱۱. آمپرمتر شماره ۴ جریان آرمیچر موتور (I_A) را نشان می‌دهد، با کاهش دادن مقاومت بار، این جریان چه تغییر می‌کند؟ (چرا؟)

جواب:

۱۲. بار اهمی را آنقدر کاهش دهید تا گشتاور سنج عدد ۰/۷۲۰ نیوتن متر را نشان دهد (می‌توانید برای رسیدن به این گشتاور علاوه بر تغییر دادن بار، رئوستا و اتوترانس میدان را نیز کمی تغییر دهید). **دقت کنید که جریان آرمیچر از ۱/۴ آمپر بیشتر نشده و اتوترانس میدان ژنراتور هم از مقدار مشخص شده روی تابلو بیشتر نشود.** هم اکنون با افزایش مرحله به مرحله بار اهمی از Min به Max طبق جدول زیر مقدار جریان و سرعت را در گشتاورهای مختلف بدست آورید.

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
I_A									
گشتاور	۰/۷۲۰	۰/۶۴۸	۰/۵۷۶	۰/۵۰۴	۰/۴۳۲	۰/۳۶۰	۰/۲۸۸	۰/۲۱۶	۰/۱۴۴
سرعت									

مقادیر گشتاور را بر حسب سرعت روی یک دستگاه مختصات در این جا رسم نمایید:

۱۳. تغییرات گشتاور بر حسب سرعت چگونه است؟ راجع به آن توضیح دهید.

جواب:

۱۴. دلیل افت سرعت در هنگام افزایش گشتاور چیست؟ گشتاور در سرعت صفر تقریبا چقدر است؟

جواب:

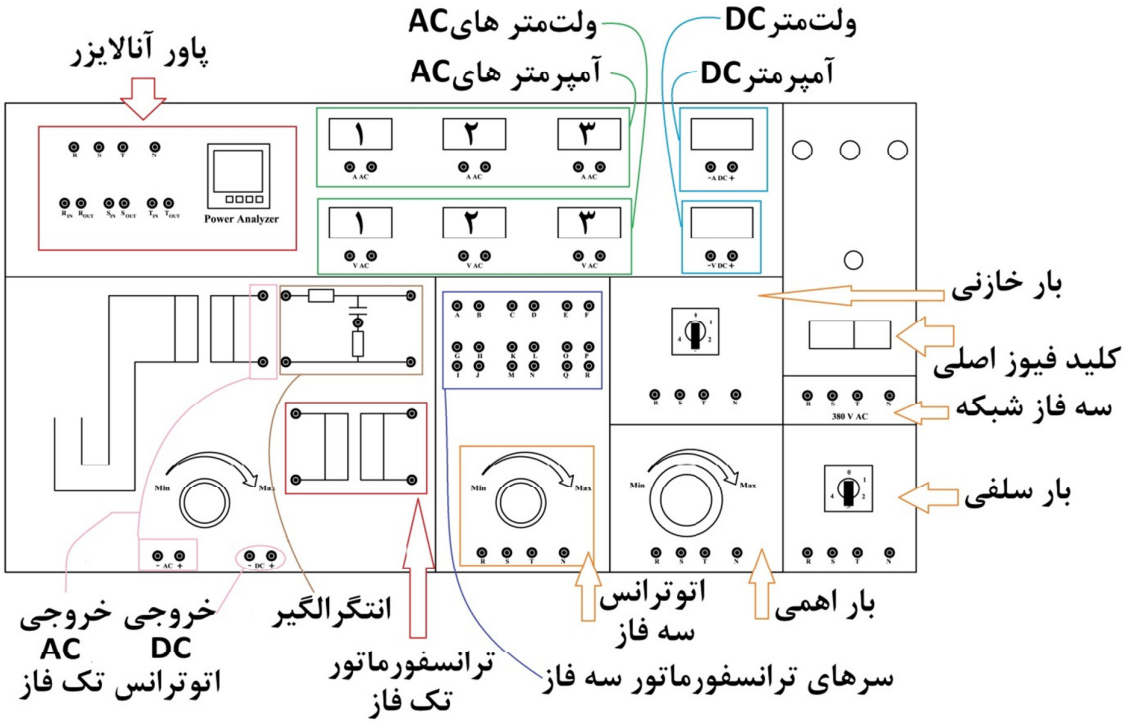
۱۵. تغییرات گشتاور برحسب جریان چگونه است؟ راجع به آن توضیح دهید.

جواب:

بخش دوم : ترانسفورماتور

معرفی میز ترانسفورماتور

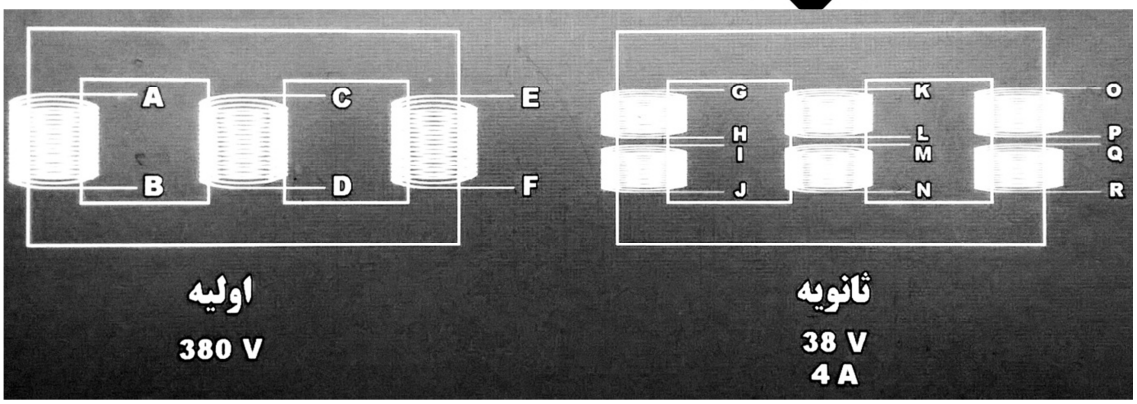
شکل زیر نمای کلی میز را نشان می‌دهد



در طول این بخش نام اجزاء مختلف این میز و شماره ولتمترها و آمپرمترها را به توجه به شکل فوق تشخیص دهید. توجه کنید که **مقاومت بار در حالتی که روی Max باشد بیشترین مقاومت اهمی را از خود نشان می‌دهد (کمترین جریان را می‌کشد) بنابراین هنگام اتصال آن به مدار قبل از برق دار کردن مدار مقدار آن روی Max قرار دهید.** ضمنا کلیه اتوترانس‌ها باید در هنگام راه اندازی **روی صفر** باشند. توضیحات مربوط به دستگاه **پاور آنالیزر** در انتهای دستورکار در بخش ضمائم آمده است.

نام گذاری سرهای ترانسفورماتور سه فاز به این صورت است که سرهای A تا F مربوط به سمت ولتاژ بالا و سرهای G تا R مربوط به سمت ولتاژ پایین می‌باشند که نحوه اتصال آنها در روی تابلو و در شکل زیر نشان داده شده است.

برای هر فاز سمت ولتاژ بالا یک سیم پیچ در نظر گرفته شده و برای هر فاز سمت ولتاژ پایین دو سیم پیچ که هردو از نظر ولتاژ دارای دامنه و فاز یکسانی می‌باشند. در نظر گرفتن دو سیم پیچ برای هر فاز در سمت ولتاژ پایین موجب می‌شود تا امکان بستن اتصال Z در این سمت وجود داشته باشد.



همواره دقت کنید حد نامی جریان‌ها و ولتاژها رعایت شود تا آسیبی به سیم پیچ آنها نرسد. در ترانسفورماتور تک فاز حد نامی جریان در سمت ۲۲۰ ولت برابر با ۲ آمپر و در سمت ۱۱۰ ولت برابر با ۴ آمپر می‌باشد. در ترانسفورماتور سه فاز جریان نامی هر سیم پیچ برای سمت ۳۸۰ ولت برابر با ۰/۴ آمپر و برای سمت ۳۸ ولت برابر با ۴ آمپر می‌باشد.

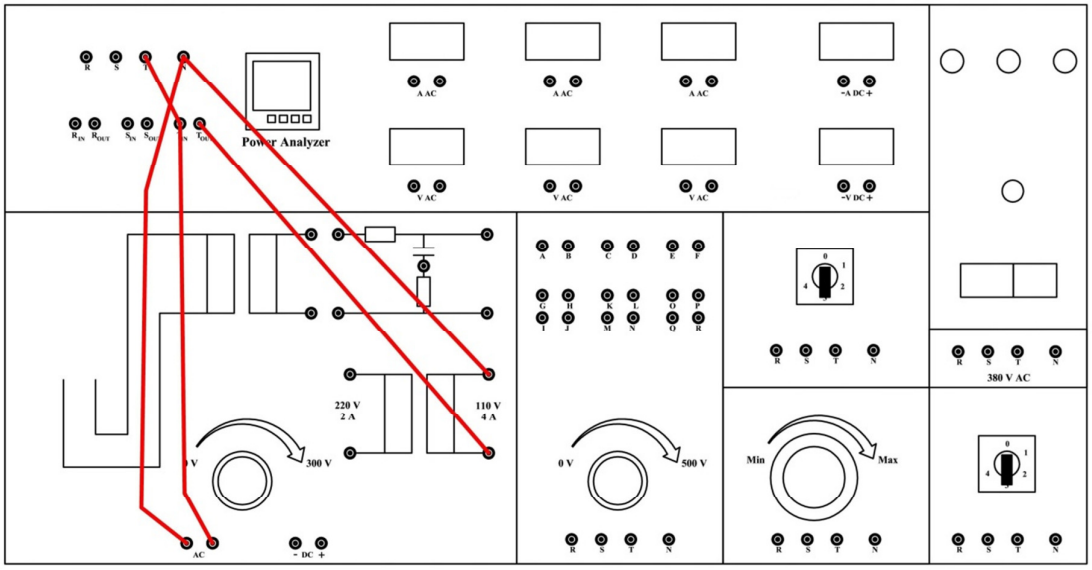
آزمایش ششم: محاسبه پارامترهای ترانسفورماتور تک فاز

اهداف از این آزمایش:

۱. انجام آزمایش بی باری
۲. انجام آزمایش اتصال کوتاه
۳. محاسبه پارامترهای ترانسفورماتور از نتایج این آزمایش‌ها

مراحل آزمایش

۱. ابتدا مدار زیر را روی میز ترانسفورماتور ببندید:



۲. این مدار برای انجام آزمایش بی باری است. سمت ولتاژ پایین به منبع AC وصل شده و سمت ولتاژ بالا اتصال باز است. کلیه اندازه گیری‌ها توسط پاور آنالایز انجام می‌شوند. چرا آزمایش بی‌باری از سمت ولتاژ پایین انجام شده است؟

جواب:

۳. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.
۴. در پاور آنالایزر صفحه مربوط به ولتاژهای فاز را بیاورید و با توجه به آن ولتاژ اتوترانس تک فاز (ولتاژ فاز سوم در پاور آنالایزر) را تا حدود ۱۱۰ ولت بالا ببرید.
۵. اکنون توان اکتیو، راکتیو، جریان و ولتاژ را برای این فاز از پاور آنالایزر بخوانید و مقادیر دقیق آنها را در زیر ثبت کنید:

$V_{NL}=$ $P_{NL}=$ $Q_{NL}=$ $I_{NL}=$

۶. چگونه می‌توان با استفاده از داده‌های فوق مقاومت معادل هسته (R_C) و راکتانس مغناطیس شوندگی (X_M) را بدست آورد؟ روش محاسبه را توضیح داده و مقادیر آنها را بدست آورید:

جواب:

$R_C=$ $X_M=$

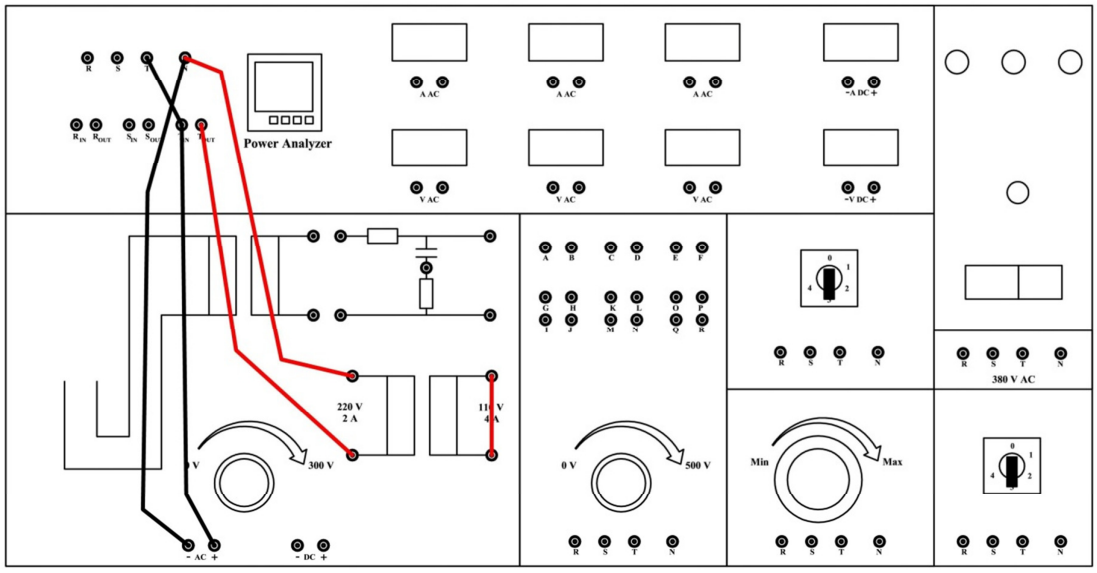
۷. مقادیر بدست آمده از قسمت قبل برای سمت ولتاژ بالا نیز محاسبه نمایید. (انتقال امپدانس به سمت ولتاژ بالا)

$R_C=$ $X_M=$

۸. توان نامی ترانسفورماتور چقدر است ؟ توان اکتیو و توان راکتیو در بی باری هریک چند درصد توان نامی می‌باشند؟

جواب:

۹. برق را قطع نموده و مدار را به صورت زیر تغییر دهید:



۱۰. این مدار برای انجام آزمایش اتصال کوتاه است. سمت ولتاژ بالا به منبع AC وصل شده و سمت ولتاژ پایین اتصال کوتاه است. کلیه اندازه گیری‌ها توسط پاور آنالایز انجام می‌شوند. چرا آزمایش اتصال کوتاه از سمت ولتاژ بالا انجام شده است؟

جواب:

۱۱. **دقت کنید که اتوترانس حتما روی صفر باشد.**

۱۲. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۱۳. در پاور آنالایزر صفحه مربوط به جریان‌های فاز را بیاورید و با توجه به آن به صورت **آهسته** ولتاژ اتوترانس تک فاز را آنقدر بالا ببرید تا جریان به حدود ۱/۸ آمپر برسد (جریان فاز سوم در پاور آنالایزر).

۱۴. اکنون توان اکتیو، راکتیو، جریان و ولتاژ را برای این فاز از پاور آنالایزر بخوانید و مقادیر دقیق آنها را در زیر ثبت کنید:

$\mathbf{V_{SC}=}$ $\mathbf{P_{SC}=}$ $\mathbf{Q_{SC}=}$ $\mathbf{I_{SC}=}$

۱۵. چگونه می‌توان با استفاده از داده‌های فوق مقاومت سیم پیچ‌ها (R_1 و R_2') و راکتانس آنها (X_1 و X_2') را بدست آورد؟ روش محاسبه را توضیح داده و مقادیر آنها را بدست آورید:

جواب:

$\mathbf{R_1=}$ $\mathbf{X_1=}$

۱۶. مقادیر بدست آمده از قسمت قبل برای سمت ولتاژ پایین نیز محاسبه نمایید. (انتقال امپدانس به سمت ولتاژ پایین)

$\mathbf{R_1=}$ $\mathbf{X_1=}$

۱۷. توان اکتیو و توان راکتیو در اتصال کوتاه هریک چند درصد توان نامی می‌باشند؟

جواب:

۱۸. مدار معادل ترانسفورماتور را از سمت ولتاژ پایین در زیر رسم نموده و مقادیر هر یک از اجزاء آن را در کنارش بنویسید:

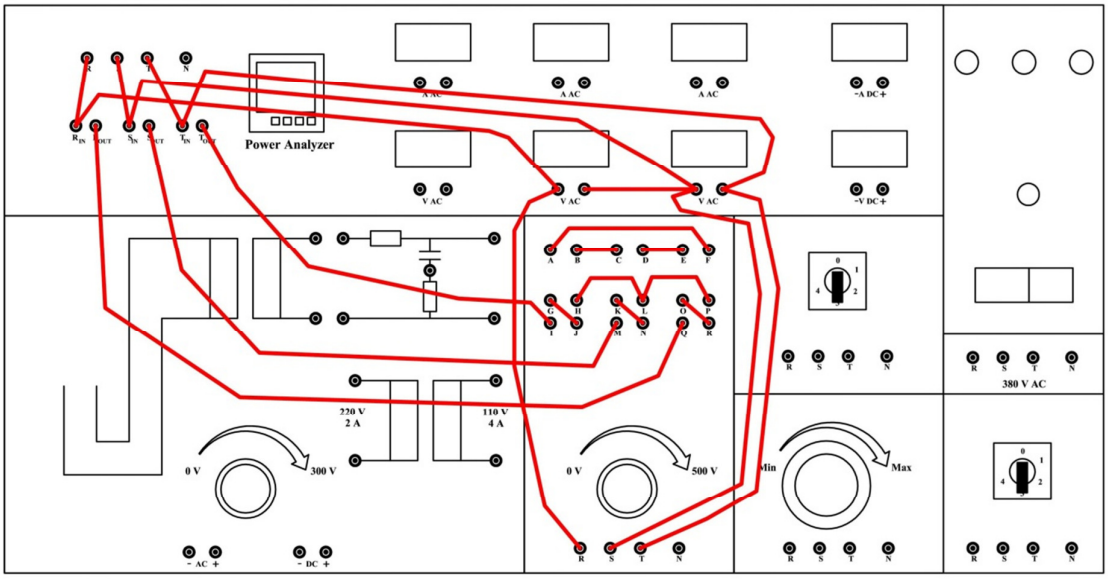
آزمایش هفتم: محاسبه پارامترهای ترانسفورماتور سه فاز

اهداف از این آزمایش:

۱. انجام آزمایش بی باری
۲. انجام آزمایش اتصال کوتاه
۳. محاسبه پارامترهای ترانسفورماتور از نتایج این آزمایش‌ها

مراحل آزمایش

۱. ابتدا مدار زیر را روی میز ترانسفورماتور ببندید:



۲. این مدار برای انجام آزمایش بی باری است. سمت ولتاژ پایین به صورت ستاره به منبع AC وصل شده و سمت ولتاژ بالا به صورت مثلث اتصال باز است. کلیه اندازه گیری‌ها توسط پاور آنالایز انجام می‌شوند. چرا آزمایش بی‌باری از سمت ولتاژ پایین انجام شده است؟

جواب:

۳. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.
۴. با توجه به ولت‌مترهای ۲ و ۳ ولتاژ اتوترانس سه فاز (ولتاژ خط متوسط در پاور آنالایزر) را تا حدود ۳۶ ولت بالا ببرید.

۵. اکنون توان اکتیو و راکتیو سه فاز (صفحه $\sum$Powers) و جریان خط متوسط (صفحه $\sum$Current) و ولتاژ فاز متوسط (صفحه $Average^{L}_{N}$) را از پاور آنالایزر بخوانید و مقادیر دقیق آنها را در زیر ثبت کنید:

$\mathbf{V_{NL}=}$ $\mathbf{P_{NL}=}$ $\mathbf{Q_{NL}=}$ $\mathbf{I_{NL}=}$

۶. چگونه می‌توان با استفاده از داده‌های فوق مقاومت معادل هسته (R_C) و راکتانس مغناطیس شوندگی (X_M) را بدست آورد؟ روش محاسبه را توضیح داده و مقادیر آنها را بدست آورید:

جواب:

$\mathbf{R_C=}$ $\mathbf{X_M=}$

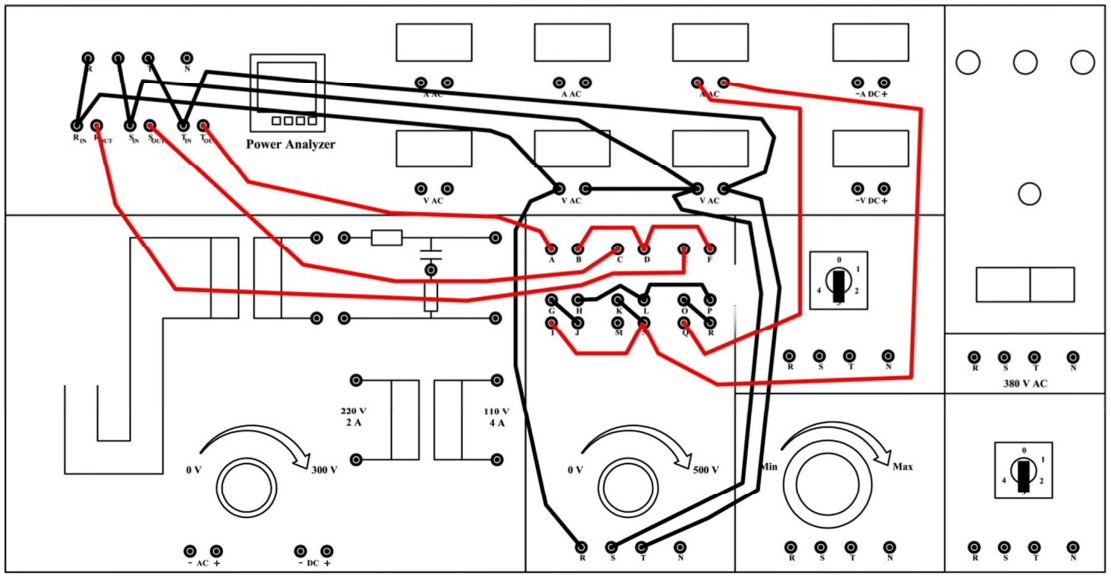
۷. مقادیر بدست آمده از قسمت قبل برای سمت ولتاژ بالا نیز محاسبه نمایید. (انتقال امپدانس به سمت ولتاژ بالا)

$\mathbf{R_C=}$ $\mathbf{X_M=}$

۸. توان نامی ترانسفورماتور چقدر است ؟ توان اکتیو و توان راکتیو در بی باری هریک چند درصد توان نامی می‌باشند؟

جواب:

۹. برق را قطع نموده و مدار را به صورت زیر تغییر دهید:



۱۰. این مدار برای انجام آزمایش اتصال کوتاه است. هر دو سمت ترانسفورماتور به صورت ستاره بسته شده‌اند. سمت ولتاژ بالا به منبع AC وصل شده و سمت ولتاژ پایین اتصال کوتاه است. کلیه اندازه گیری‌ها توسط پاور آنالایز انجام می‌شوند. چرا آزمایش اتصال کوتاه از سمت ولتاژ بالا انجام شده است؟

جواب:

۱۱. **دقت کنید که اتوترانس سه فاز حتما روی صفر باشد.**

۱۲. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۱۳. با توجه به آمپرمتر شماره ۳ به صورت **آهسته** ولتاژ اتوترانس سه فاز را آنقدر بالا ببرید تا جریان به حدود ۳ آمپر برسد.

۱۴. اکنون مانند قسمت ۵ توان اکتیو و راکتیو سه فاز، جریان خط متوسط و ولتاژ فاز متوسط را از پاور آنالایزر بخوانید و مقادیر دقیق آنها را در زیر ثبت کنید:

$\mathbf{V_{SC}=}$ $\mathbf{P_{SC}=}$ $\mathbf{Q_{SC}=}$ $\mathbf{I_{SC}=}$

۱۵. چگونه می‌توان با استفاده از داده‌های فوق مقاومت سیم پیچ‌ها (R_1 وR_2') و راکتانس آنها (X_1 وX_2') را بدست آورد؟ روش محاسبه را توضیح داده و مقادیر آنها را بدست آورید:

جواب:

$\mathbf{R_1=}$ $\mathbf{X_1=}$

۱۶. مقادیر بدست آمده از قسمت قبل برای سمت ولتاژ پایین نیز محاسبه نمایید. (انتقال امپدانس به سمت ولتاژ پایین)

$\mathbf{R_1=}$ $\mathbf{X_1=}$

۱۷. توان اکتیو و توان راکتیو در اتصال کوتاه هریک چند درصد توان نامی می‌باشند؟

جواب:

۱۸. مدار معادل تک فاز ترانسفورماتور را از سمت ولتاژ بالا در زیر رسم نموده و مقادیر هر یک از اجزاء آن را در کنارش بنویسید:

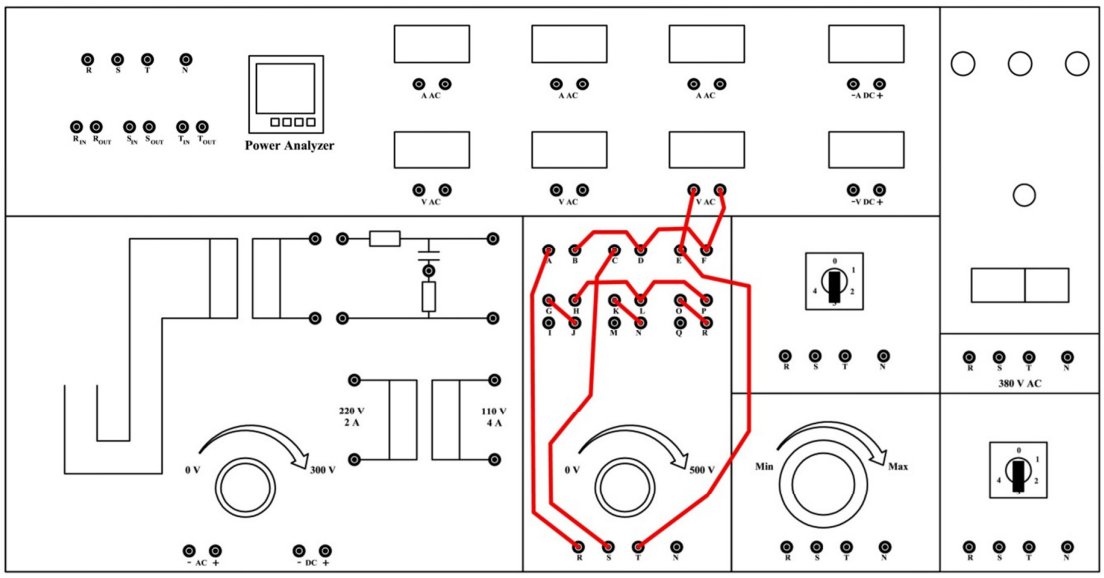
آزمایش هشتم: انواع اتصال‌ها و گروه‌های ترانسفورماتور سه فاز

اهداف از این آزمایش:

۱. بررسی اتصال‌های Yy و Dd و تعیین گروه آنها با روش ولت‌متری
۲. بررسی اتصال‌های Dy، Dz و Yz و تعیین گروه آنها با روش واتمتری
۳. بررسی اتصال Yd و تعیین گروه آن با روش ترسیمی

مراحل آزمایش

۱. ابتدا مدار زیر را روی میز ترانسفورماتور ببندید:



۲. در این مدار اتصال ترانسفورماتور به صورت Yy است. دقت کنید که در هر فاز سمت ۳۸ ولت دو بخش سیم پیچ با هم سری شده‌اند.
۳. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.
۴. با توجه به ولت‌متر شماره ۳ ولتاژ اتوترانس سه فاز را تا حدود ۲۲۰ ولت بالا ببرید.
۵. با استفاده از ولت‌متر سیار موجود در آزمایشگاه ولتاژهای زیر را ثبت نمایید و تعیین کنید کدام یک خط و کدامیک فاز هستند و در ردیف مربوط به نوع بنویسید.

نام	V_{AB}	V_{AC}	V_{CD}	V_{CE}	V_{EF}	V_{EA}	V_{IH}	V_{IM}	V_{ML}	V_{MQ}	V_{QP}	V_{QI}
مقدار												
نوع												

۶. با استفاده از اطلاعات جدول قبل، در جدول زیر نسبت ولتاژ خط به ولتاژ فاز را برای هر حالت حساب کنید:

	فاز اول	فاز دوم	فاز سوم
سمت ۳۸۰ ولت			
سمت ۳۸ ولت			

۷. **<u>برای تعیین گروه ترانسفورماتور به روش ولت‌متری:</u>** با رعایت احتیاط، سر B را به سر H متصل نمایید. سپس با ولت‌متر سیار ولتاژ V_{AI} را اندازه بگیرید: V_{AI} =

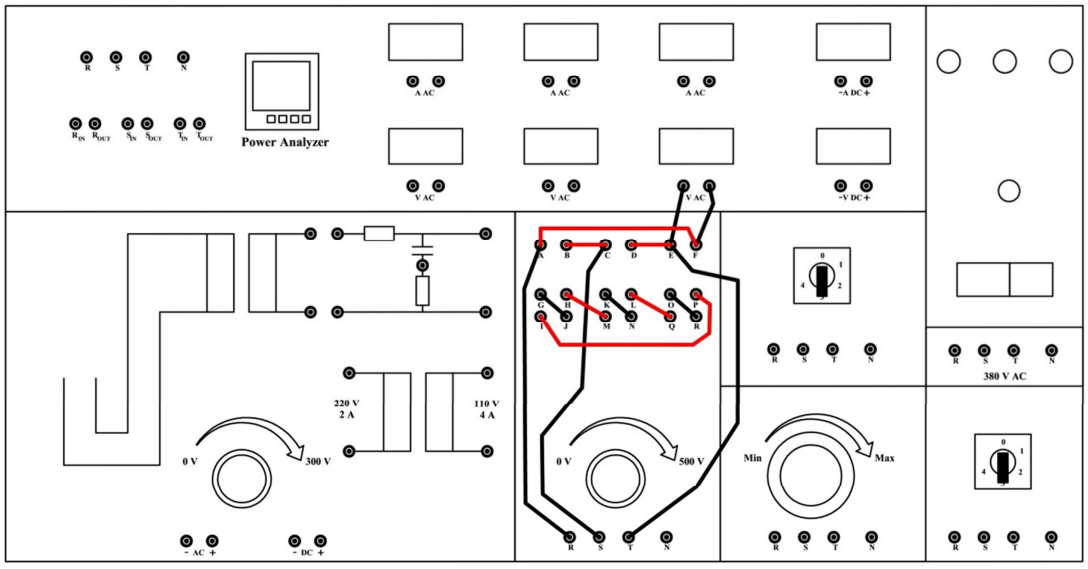
۸. اگر این ولتاژ برابر با حاصل جمع ولتاژهای فاز سمت فشار قوی و فشار ضعیف باشد، ترانسفورماتور از گروه ۶ و اگر برابر با تفاضل آنها باشد ترانسفورماتور از گروه صفر است. (چرا؟)

جواب:

۹. با توجه به قسمت قبل گروه ترانسفورماتور را معین کنید و توضیح دهید برای تغییر دادن گروه ترانسفورماتور Yy چگونه باید اتصال آن را تغییر داد؟

جواب:

۱۰. برق مدار را قطع نموده اتو ترانس را صفر کرده و مدار را به صورت زیر تغییر دهید:



۱۱. در این مدار اتصال ترانسفورماتور به صورت Dd است. دقت کنید که در هر فاز سمت ۳۸ ولت دو بخش سیم پیچ با هم سری شده‌اند.

۱۲. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۱۳. با توجه به ولت‌متر شماره ۳ ولتاژ اتوترانس سه فاز را تا حدود ۲۲۰ ولت بالا ببرید.

۱۴. با استفاده از ولت‌متر سیار موجود در آزمایشگاه ولتاژهای زیر را ثبت نمایید و تعیین کنید کدام یک خط و کدامیک فاز هستند و در ردیف مربوط به نوع بنویسید.

نام	V_{AB}	V_{AC}	V_{CD}	V_{CE}	V_{EF}	V_{EA}	V_{IH}	V_{IM}	V_{ML}	V_{MQ}	V_{QP}	V_{QI}
مقدار												
نوع												

۱۵. با استفاده از اطلاعات جدول قبل، در جدول زیر نسبت ولتاژ خط به ولتاژ فاز را برای هر حالت حساب کنید:

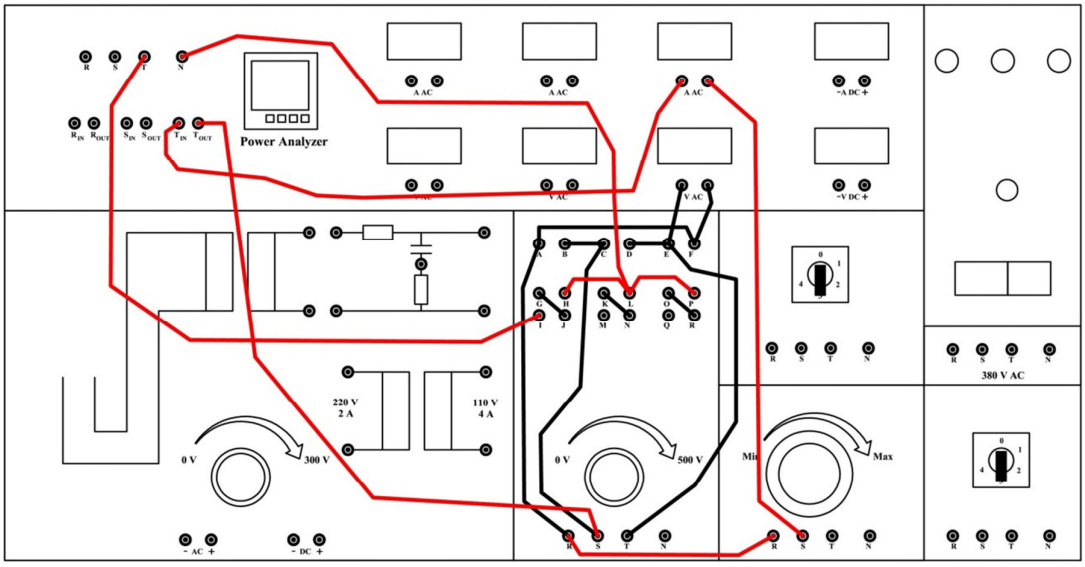
	فاز اول	فاز دوم	فاز سوم
سمت ۳۸۰ ولت			
سمت ۳۸ ولت			

۱۶. **برای تعیین گروه ترانسفورماتور به روش ولت‌متری:** با رعایت احتیاط، سر B را به سر H متصل نمایید. سپس با ولت‌متر سیار ولتاژ V_{AI} را اندازه بگیرید: V_{AI} =

۱۷. با توجه به قسمت ۸ گروه ترانسفورماتور را معین کنید و توضیح دهید که اتصال Dd جزو چه گروه‌هایی می‌تواند باشد؟

جواب:

۱۸. برق مدار را قطع نموده اتو ترانس را صفر کرده و مدار را به صورت زیر تغییر دهید:



۱۹. در این مدار اتصال ترانسفورماتور Dy است. دقت کنید که در هر فاز سمت ۳۸ ولت دو بخش سیم پیچ با هم سری شده‌اند. وات‌متر نیز جهت تعیین گروه ترانسفورماتور در مدار قرار گرفته است.

۲۰. بار اهمی سه فاز را روی Max قرار دهید.

۲۱. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۲۲. با توجه به ولت‌متر شماره ۳ ولتاژ اتوترانس سه فاز را تا حدود ۲۲۰ ولت بالا ببرید.

۲۳. با استفاده از ولت‌متر سیار موجود در آزمایشگاه ولتاژهای زیر را ثبت نمایید و تعیین کنید کدام یک خط و کدامیک فاز هستند و در ردیف مربوط به نوع بنویسید.

نام	V_{AB}	V_{AC}	V_{CD}	V_{CE}	V_{EF}	V_{EA}	V_{IH}	V_{IM}	V_{ML}	V_{MQ}	V_{QP}	V_{QI}
مقدار												
نوع												

۲۴. با استفاده از اطلاعات جدول قبل، در جدول زیر نسبت ولتاژ خط به ولتاژ فاز را برای هر حالت حساب کنید:

	فاز اول	فاز دوم	فاز سوم
سمت ۳۸۰ ولت			
سمت ۳۸ ولت			

۲۵. **برای تعیین گروه ترانسفورماتور به روش وات‌متری:** بار اهمی را به سمت Min بچرخانید تا آمپرمتر شماره ۳ جریانی بین ۱ تا ۲ آمپر را نشان دهد (مقدار دقیق جریان مهم نیست). در این مدار جریانی که به وات‌متر وار می‌شود با ولتاژ خط سمت ۳۸۰ ولت هم‌فاز است و ولتاژی که به وات‌متر داده می‌شود همان ولتاژ خط سمت ۳۸ ولت است. ضریب توان برابر است با کسینوس (زاویه ولتاژ ورودی به وات‌متر منهای زاویه جریان ورودی به وات‌متر) پس ضریب توان در این مدار برابر با کسینوس اختلاف زاویه خط ثانویه با خط اولیه است. با تقسیم کردن این زاویه بر ۳۰ گروه ترانسفورماتور بدست می‌آید.

۲۶. اکنون با توجه به ضریب توان یا Cosϕ (فاز T) مقدار زاویه ϕ را به درجه بدست آورید.

ϕ =

۲۷. مقدار این زاویه به نزدیکترین مضرب ۳۰ گرد کنید (مثلا اگر ϕ=۳۵ درجه است آن را ϕ=۳۰ بگیرید یا اگر ۶۶ درجه است آن را ۶۰ بگیرید).

ϕ = مقدار گردشده

۲۸. سپس طبق جدول زیر **اختلاف زاویه ولتاژ خط ثانویه با اولیه (α)** بدست می‌آید:

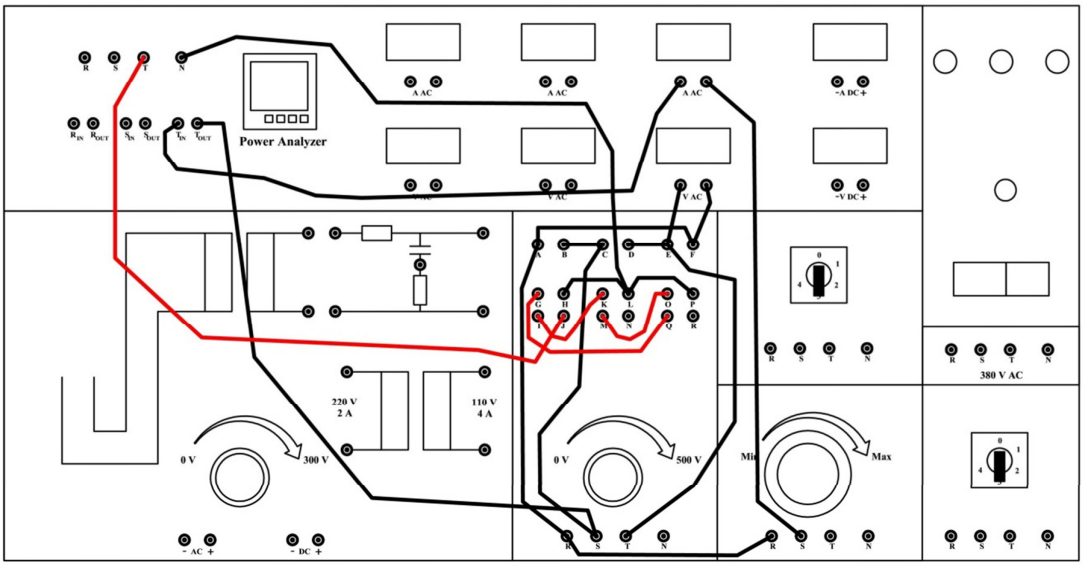
	توان اکتیو منفی	توان اکتیو مثبت
توان راکتیو سلفی	$\alpha=180-\phi$	$\alpha=\phi$
توان راکتیو خازنی	$\alpha=180+\phi$	$\alpha=360-\phi$

۲۹. با تقسیم کردن زاویه α بر ۳۰ درجه شماره گروه ترانسفورماتور بدست می‌آید.

۳۰. گروه ترانسفورماتور را معین کنید و توضیح دهید ترانسفورماتور Dy چه گروه‌هایی می‌تواند داشته باشد؟

جواب:

۳۱. برق مدار را قطع نموده اتو ترانس را صفر کرده و مدار را به صورت زیر تغییر دهید:



۳۲. در این مدار اتصال ترانسفورماتور به صورت Dz است. دقت کنید که در هر فاز سمت ۳۸ ولت دو بخش سیم پیچ با هم سری شده‌اند. وات‌متر نیز جهت تعیین گروه ترانسفورماتور در مدار قرار گرفته است.

۳۳. بار اهمی سه فاز را روی Max قرار دهید.

۳۴. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۳۵. با توجه به ولت‌متر شماره ۳ ولتاژ اتوترانس سه فاز را تا حدود ۲۲۰ ولت بالا ببرید.

۳۶. با استفاده از ولت‌متر سیار موجود در آزمایشگاه ولتاژهای زیر را ثبت نمایید و تعیین کنید کدام یک خط و کدامیک فاز هستند و در ردیف مربوط به نوع بنویسید.

نام	V_{AB}	V_{AC}	V_{CD}	V_{CE}	V_{EF}	V_{EA}	V_{IH}	V_{IM}	V_{ML}	V_{MQ}	V_{QP}	V_{QI}
مقدار												
نوع												

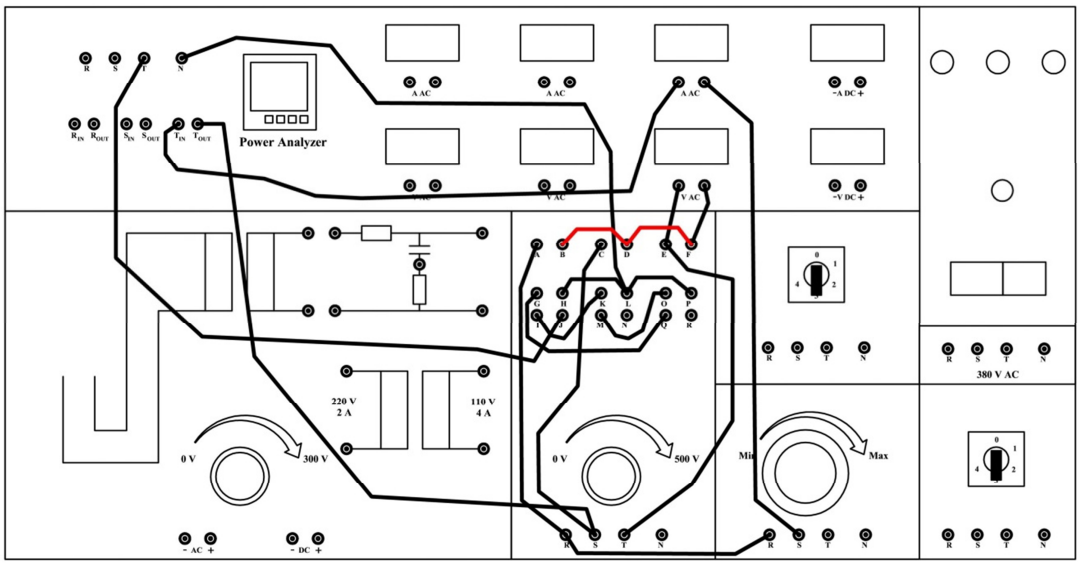
۳۷. با استفاده از اطلاعات جدول قبل، در جدول زیر نسبت ولتاژ خط به ولتاژ فاز را برای هر حالت حساب کنید:

	فاز اول	فاز دوم	فاز سوم
سمت ۳۸۰ ولت			
سمت ۳۸ ولت			

۳۸. با توجه به بخش‌های ۲۵ تا ۲۹ گروه ترانسفورماتور را با روش وات‌متری معین کنید و توضیح دهید ترانسفورماتور Dz چه گروه‌هایی می‌تواند داشته باشد؟

جواب:

۳۹. برق مدار را قطع نموده اتو ترانس را صفر کرده و مدار را به صورت زیر تغییر دهید:



۴۰. در این مدار اتصال ترانسفورماتور به صورت Yz است. دقت کنید که در هر فاز سمت ۳۸ ولت دو بخش سیم پیچ با هم سری شده‌اند. وات‌متر نیز جهت تعیین گروه ترانسفورماتور در مدار قرار گرفته است.

۴۱. بار اهمی سه فاز را روی Max قرار دهید.

۴۲. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۴۳. با توجه به ولت‌متر شماره ۳ ولتاژ اتوترانس سه فاز را تا حدود ۲۲۰ ولت بالا ببرید.

۴۴. با استفاده از ولت‌متر سیار موجود در آزمایشگاه ولتاژهای زیر را ثبت نمایید و تعیین کنید کدام یک خط و کدامیک فاز هستند و در ردیف مربوط به نوع بنویسید.

نام	V_{AB}	V_{AC}	V_{CD}	V_{CE}	V_{EF}	V_{EA}	V_{IH}	V_{IM}	V_{ML}	V_{MQ}	V_{QP}	V_{QI}
مقدار												
نوع												

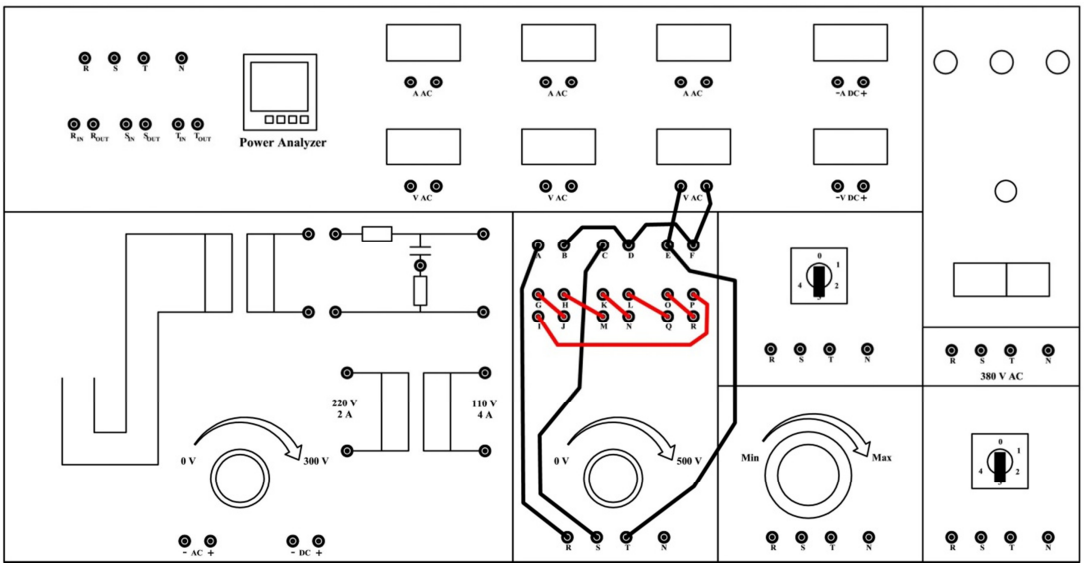
۴۵. با استفاده از اطلاعات جدول قبل، در جدول زیر نسبت ولتاژ خط به ولتاژ فاز را برای هر حالت حساب کنید:

	فاز اول	فاز دوم	فاز سوم
سمت ۳۸۰ ولت			
سمت ۳۸ ولت			

۴۶. با توجه به بخش‌های ۲۵ تا ۲۹ گروه ترانسفورماتور را با روش واتمتری معین کنید و توضیح دهید ترانسفورماتور Yz چه گروه‌هایی می‌تواند داشته باشد؟

جواب:

۴۷. برق مدار را قطع نموده اتو ترانس را صفر کرده و مدار را به صورت زیر تغییر دهید:



۴۸. در این مدار اتصال ترانسفورماتور به صورت Yd است. دقت کنید که در هر فاز سمت ۳۸ ولت دو بخش سیم پیچ با هم سری شده‌اند.

۴۹. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۵۰. با توجه به ولت‌متر شماره ۳ ولتاژ اتوترانس سه فاز را تا حدود ۲۲۰ ولت بالا ببرید.

۵۱. با استفاده از ولت‌متر سیار موجود در آزمایشگاه ولتاژهای زیر را ثبت نمایید و تعیین کنید کدام یک خط و کدامیک فاز هستند و در ردیف مربوط به نوع بنویسید.

نام	V_{AB}	V_{AC}	V_{CD}	V_{CE}	V_{EF}	V_{EA}	V_{IH}	V_{IM}	V_{ML}	V_{MQ}	V_{QP}	V_{QI}
مقدار												
نوع												

۵۲. با استفاده از اطلاعات جدول قبل، در جدول زیر نسبت ولتاژ خط به ولتاژ فاز را برای هر حالت حساب کنید:

	فاز اول	فاز دوم	فاز سوم
سمت ۳۸۰ ولت			
سمت ۳۸ ولت			

۵۳. **<u>برای تعیین گروه ترانسفورماتور به روش ترسیمی:</u>** با احتیاط سر A را به سر I وصل کنید و ولتاژهای خواسته شده در جدول زیر را اندازه‌گیری نمایید:

V_{EQ}	V_{CQ}	V_{EM}	V_{CM}

- با توجه به جدول قسمت ۵۱ ابتدا خطی افقی متناسب با طول V_{CE} رسم نمایید.
- سر سمت راست این خط را نقطه E و سر سمت چپ آن را نقطه C در نظر بگیرید.
- با پرگار کمانی به شعاع V_{AC} و مرکز C رسم کنید.
- کمانی به شعاع V_{EA} و مرکز E رسم کنید.
- محل تقاطع دو کمان همان نقطه A است. (A نیز همان I است چون بهم وصل شده‌اند.)
- نقاط A، E و C را به هم وصل کنید. مثلث بدست آمده نشان دهنده بردارهای ولتاژهای سمت فشار قوی است.
- کمانی به شعاع V_{CM} و مرکز C رسم کنید.
- کمانی به شعاع V_{EM} و مرکز E رسم کنید.
- محل تقاطع این دو کمان نقطه M است.
- کمانی به شعاع V_{CQ} و مرکز C رسم کنید.
- کمانی به شعاع V_{EQ} و مرکز E رسم کنید.
- محل تقاطع این دو کمان نقطه Q است.

- نقاط I، M و Q را به هم وصل کنید. مثلث بدست آمده نشان دهنده بردارهای ولتاژهای سمت فشار ضعیف است.
- زاویه بین دو مثلث را بدست آورید. (مثلا زاویه بین خطهای AC و AM) دقت کنید شروع زاویه باید از مثلث دوم به مثلث اول باشد.
- این زاویه را بر ۳۰ درجه تقسیم نمایید تا شماره گروه ترانسفورماتور بدست آید. در صورتی که ولتاژها متعادل باشند این عدد مقداری صحیح دارد.

دقت کنید: نمودار مثلث‌ها را با دست و یا با کامپیوتر می‌توانید رسم نمایید در هر دو صورت **باید طول بردارها و نام آنها در کنارشان نوشته شده باشد و نمودار باید ضمیمه گزارش کار گردد**. چنانچه با دست نمودارها را رسم می‌کنید می‌توانید مقیاس ترسیم بردارهای **سمت فشار قوی** را **یک میلیمتر به ازاء هر پنج ولت** و مقیاس ترسیم بردارهای **سمت فشار ضعیف** را **یک میلیمتر به ازاء هر یک ولت** در نظر بگیرید.

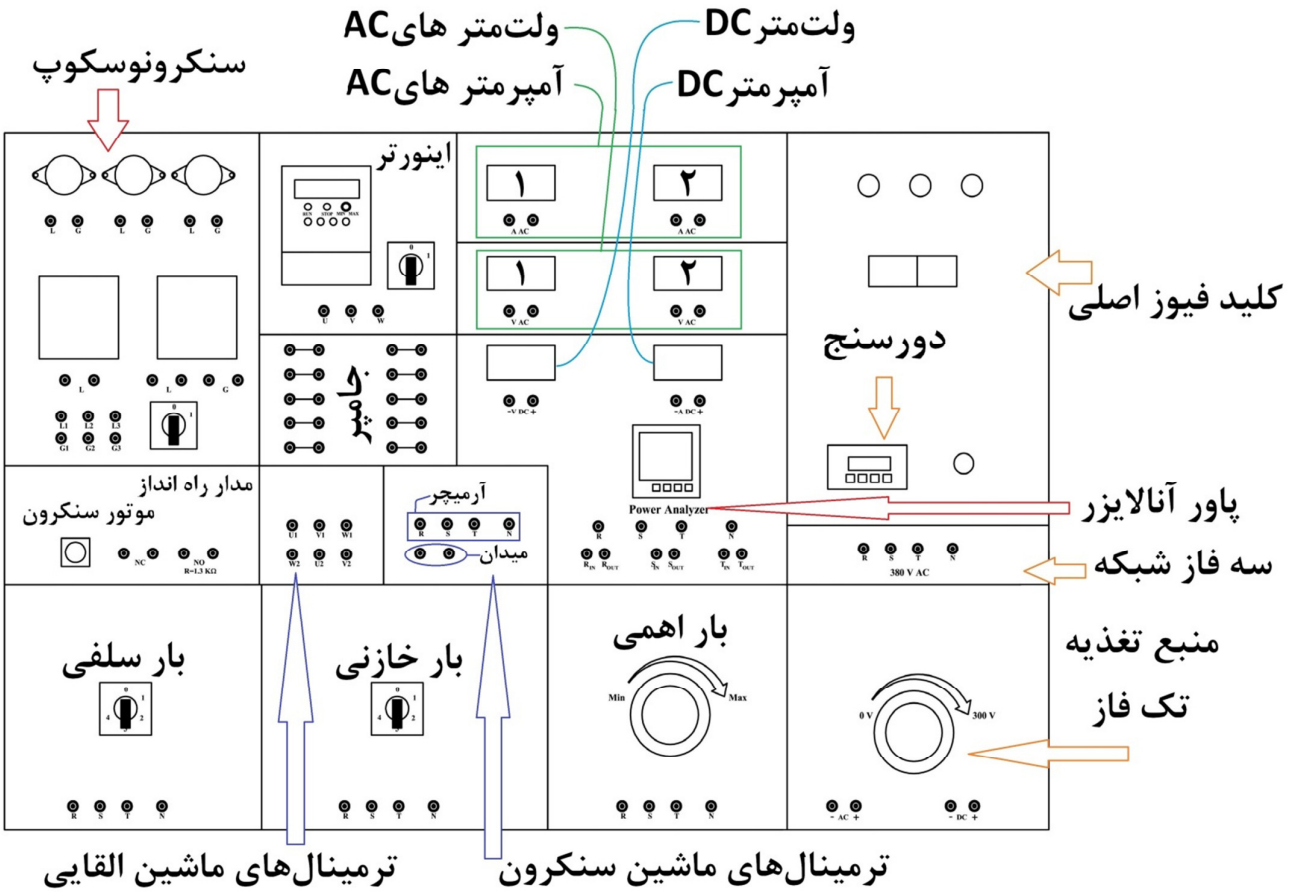
۵۴. گروه ترانسفورماتور را معین کنید و توضیح دهید ترانسفورماتور Yd چه گروه‌هایی می‌تواند داشته باشد؟

جواب:

بخش سوم : موتورالقایی

معرفی میز ماشین‌های AC

شکل زیر نمای کلی میز را نشان می‌دهد



این مجموعه شامل یک موتور القایی (ماشین خاکستری رنگ) و یک ماشین سنکرون (ماشین آبی رنگ) می‌باشد. در آزمایش‌هایی که موتور القایی در آنها مورد بررسی است، ماشین سنکرون به صورت یک بار قابل تنظیم برای موتور القایی به کار گرفته می‌شود و در آزمایش‌هایی که ژنراتور سنکرون مورد مطالعه است موتور القایی به عنوان محرک آن ژنراتور بکار می‌رود.

در طول این بخش نام اجزاء مختلف این میز و شماره ولتمترها و آمپرمترها را به توجه به شکل فوق تشخیص دهید. توجه کنید که **بار اهمی در حالتی که روی Max باشد بیشترین مقاومت اهمی را از خود نشان می‌دهد (کمترین جریان را می‌کشد) بنابراین هنگام اتصال آن به مدار قبل از برق دار کردن مدار مقدار آن روی Max قرار دهید.** توضیحات مربوط به دستگاه **پاور آنالیزر** در انتهای

دستورکار در بخش ضمائم آمده است. اگر طول سیم برای ارتباط دادن دو نقطه کوتاه بود از جامپرها برای اتصال دو سیم و رسیدن به طول بیشتر استفاده کنید.

در هنگام کار با ماشین‌های دوار فاصله مناسب را با آنها رعایت نموده و از قرار دادن وسایل و لباس‌های خود بر روی آنها جدا خودداری نمایید.

اینورتر:

اینورتر ابزاری است که می‌تواند ولتاژ سه فاز متناوب با دامنه و فرکانس قابل تنظیم تولید نماید. از اینوتر در آزمایش‌ها به عنوان منبع ولتاژ برای تغذیه کردن موتور القایی استفاده می‌شود. با تنظیم کردن فرکانس اینورتر می‌توان سرعت موتور القایی را به مقادیر رساند. تنظیم کردن فرکانس توسط پیچ موجود روی اینورتر (زیر صفحه نمایش سمت راست) انجام می‌گیرد.

برای استفاده از اینورتر ابتدا کلید آن را در وضعیت روشن (1) قرار دهید بعد پیچ تنظیم فرکانس را به سمت MIN بچرخانید تا فرکانس صفر شود. سپس کلید RUN (کلید سبز رنگ زیر صفحه نمایش سمت چپ) را فشار دهید تا چراغ RUN روی صفحه نمایش روشن گردد. اکنون با چرخاندن پیچ تنظیم فرکانس ولتاژی با همان فرکانس (که روی صفحه نمایش نشان داده می‌شود) و دامنه مناسب تولید می‌گردد و اگر موتور به اینورتر وصل باشد موجب چرخیدن آن می‌شود. **همواره پیچ تنظیم فرکانس را آهسته تغییر دهید**. برای متوقف کردن اینورتر کلید STOP (کلید نارنجی رنگ زیر صفحه نمایش در وسط) را فشار دهید. برای خاموش نمودن اینورتر کلید آن را در وضعیت 0 قرار دهید.

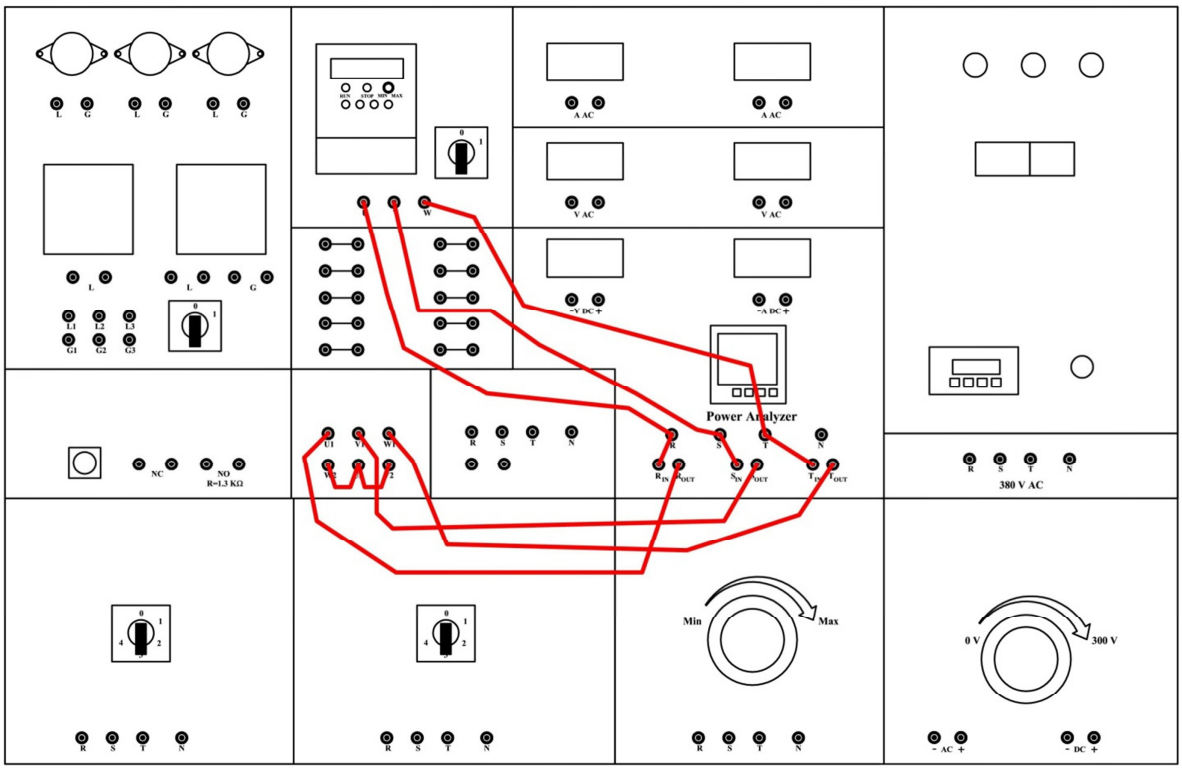
آزمایش نهم: بدست آوردن پارامترها و مشخصه بارگذاری موتور القایی

اهداف از این آزمایش:

۱. انجام آزمایش بی باری
۲. انجام آزمایش روتور قفل شده
۳. بدست آوردن مشخصه بارگذاری (سرعت – گشتاور)

مراحل آزمایش

۱. ابتدا با یک اهم متر مقاومت هر فاز ماشین القایی (R_S) را بسنجید سپس مدار زیر را ببندید:



۲. این مدار برای انجام آزمایش بی باری است. موتور به صورت ستاره به اینورتر وصل شده و کلیه اندازه گیری‌ها توسط پاور آنالایز انجام می‌شوند.
۳. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.
۴. اینورتر را روشن نموده و فرکانس را به آرامی تا ۵۰ هرتز افزایش دهید.
۵. اکنون توان اکتیو و راکتیو سه فاز (صفحه $\sum$Powers) و جریان خط متوسط (صفحه $\sum$Current) و ولتاژ فاز متوسط (صفحه Average^{L}_{N}) را از پاور آنالایزر بخوانید و مقادیر دقیق آنها را ثبت کنید:

V_{NL}= P_{NL} = Q_{NL} = I_{NL} =

۶. با توجه به تلفات بی‌باری ($\mathbf{P_{NL}}$)، تلفات چرخشی ماشین القایی را بیابید. (چگونه؟)

جواب:

$\mathbf{P_{rot}}$ =

۷. با صرفه نظر کردن از مقاومت معادل هسته (R_C)، چگونه می‌توان با استفاده از داده‌های بدست آمده مجموع راکتانس سیم پیچ استاتور و راکتانس مغناطیس شوندگی ($X_M + X_S$) را بدست آورد؟ روش محاسبه را توضیح داده و مقدار آن را بدست آورید:

جواب:

$\mathbf{X_M + X_S}$ =

۸. توان نامی موتور چقدر است ؟ توان اکتیو و توان راکتیو در بی باری هریک چند درصد توان نامی می‌باشند؟

جواب:

۹. برق را قطع نموده و با نظارت مسئول آزمایشگاه قفل روتور را در محل مناسب قرار دهید. اگر جهت چرخش موتور خلاف جهت درگیر شدن با قفل است، جای دو تا از خروجی‌های اینورتر (مثلا U و V) را عوض نمایید. اکنون آزمایش روتور قفل شده قابل انجام است.

۱۰. **دقت کنید که پیچ تنظیم فرکانس اینورتر حتما روی صفر باشد.**

۱۱. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۱۲. **در انجام دو قسمت بعد تا حد امکان سریع باشید تا به موتور آسیبی نرسد.**

۱۳. با توجه به فرکانسی که اینورتر نشان می‌دهد به صورت **آهسته** فرکانس را بین ۳ تا ۴ هرتز تنظیم کنید.

۱۴. اکنون مانند قسمت ۵ توان اکتیو و راکتیو سه فاز، جریان خط متوسط و ولتاژ فاز متوسط را از پاور آنالایزر بخوانید و مقادیر دقیق آنها را در زیر ثبت کنید:

$\mathbf{V_{SC}}$= $\mathbf{P_{SC}}$ = $\mathbf{Q_{SC}}$ = $\mathbf{I_{SC}}$ =

۱۵. فرکانس را صفر کرده و برق را قطع کنید.

۱۶. چگونه می‌توان با استفاده از داده‌های فوق مقاومت سیم پیچ‌ها (R_S و R_R') و راکتانس آنها (X_R' و X_S) را بدست آورد؟ روش محاسبه را توضیح داده و مقادیر آنها را بدست آورید:

جواب (موتور کلاس A است):

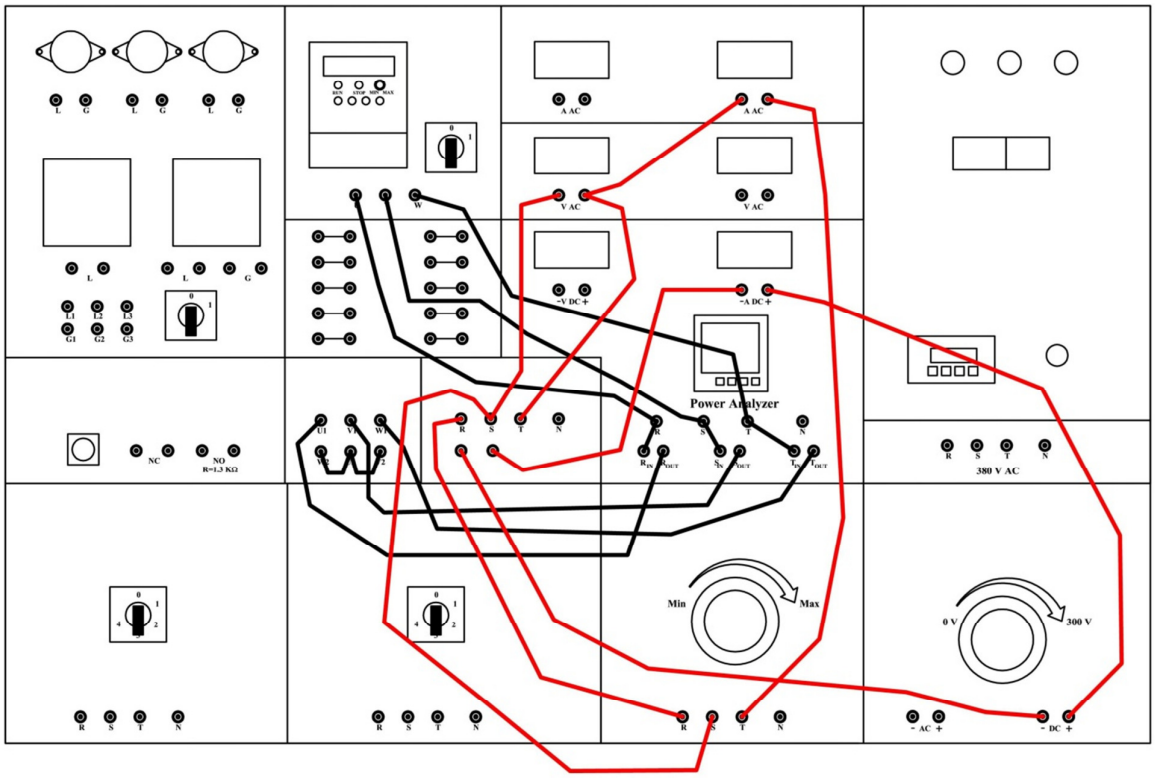
$R_S =$ $R_R' =$ $X_S =$ $X_R' =$

۱۷. توان اکتیو و توان راکتیو در اتصال کوتاه هریک چند درصد توان نامی می‌باشند؟

جواب:

مدار معادل تک فاز موتور را در زیر رسم نموده و مقادیر هر یک از اجزاء آن را در کنارش بنویسید:

۱. اکنون مدار را به صورت زیر تغییر دهید:



۲. در مدار جدید ماشین سنکرون به صورت ژنراتور مورد استفاده است. اتوترانس کار تغذیه سیم پیچ میدان (فیلد) را انجام می‌دهد و هر چه جریان تحریک بیشتر شود (آمپرمتر DC) ولتاژ خروجی ژنراتور (ولت‌متر AC) نیز بیشتر می‌گردد. با تنظیم کردن بار اهمی سه فاز می‌توان میزان توان

جذب شده از ژنراتور را تغییر داد. هر چه میزان بار اهمی کمتر باشد جریان بیشتری از ژنراتور کشیده می‌شود (آمپرمتر AC).

۳. اتوترانس متصل به سیم پیچ تحریک را روی صفر قرار دهید.

۴. بار اهمی را روی Max قرار دهید.

۵. بعد از اطمینان از صحت مدار با **هماهنگی و اجازه** مسئول آزمایشگاه مدار را برق دار نمایید.

۶. اینورتر را روشن نموده و فرکانس را به آرامی تا ۵۰ هرتز افزایش دهید.

۷. با افزایش دادن جریان اتوترانس تحریک تا حدود ۱/۵۶ آمپر ولتاژ ژنراتور را به حدود ۳۸۰ ولت برسانید.

۸. با کاهش مرحله به مرحله مقاومت اهمی میدان جدول زیر تکمیل نمایید.

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
جریان ژنراتور (A)								
ولتاژ ژنراتور (V)								
توان بار ژنراتور (W)								
جریان موتور (A)								
توان موتور (W)								
سرعت (rpm)								
سرعت (rad/s)								
گشتاور (N.m)								

همانطور که گفته شد جریان و ولتاژ ژنراتور را توسط ولت‌متر و آمپرمتر AC اندازه بگیرید. توان بار ژنراتور از رابطه $P = \sqrt{3}VI$ بدست می‌آید که V و I ولتاژ و جریان خروجی ژنراتور هستند. جریان و توان موتور را طبق قسمت پنج از پاور آنالایزر بخوانید. سرعت سنج موجود در تابلو سرعت را به rpm می‌دهد که با ضرب کردن $\frac{\pi}{30}$ در آن به rad/s تبدیل می‌شود. برای محاسبه گشتاور باید تلفات موتور را از توان ورودی کم کرده و حاصل را بر سرعت به rad/s تقسیم نمایید. تلفات موتور القایی چیست و هریک چگونه بدست می‌آید؟ ضمن توضیح آن، جزئیات محاسبه مقدار گشتاور را برای یکی از ستون‌های جدول ذکر کنید.

یجواب:

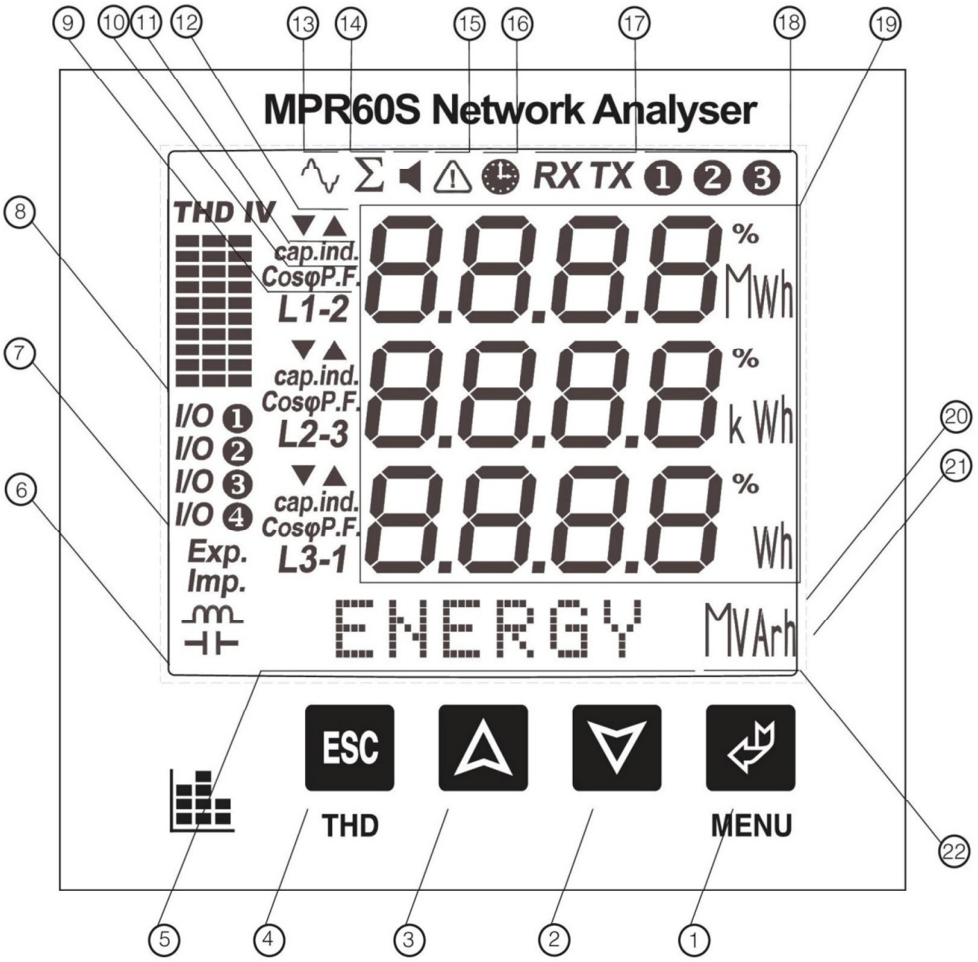
مقادیر گشتاور را بر حسب سرعت روی یک دستگاه مختصات در این جا رسم نمایید:

مقادیر توان ورودی به موتور را بر حسب سرعت روی یک دستگاه مختصات در این جا رسم نمایید:

ضمائم

معرفی دستگاه پاور آنالایزر

کار این دستگاه اندازه گیری پارامترهای شبکه‌های جریان متناوب است. در حالت کلی که شبکه دارای سه فاز می‌باشد، ولتاژها و جریان‌های هر سه فاز توسط این دستگاه سنجیده شده و مقادیر مربوط به دامنه جریان خط، دامنه ولتاژ (هم برای خط و هم برای فاز)، ضریب توان، توان اکتیو، راکتیو و ظاهری را به صورت تک تک برای هر فاز و همچنین به صورت میانگین برای سه فاز محاسبه می‌کند. شکل دستگاه به صورت زیر است:



بررسی کامل این دستگاه نیاز به وقت زیادی دارد برای همین تنها بخش‌های لازم برای آزمایشگاه توضیح داده می‌شوند. در ضمن توضیحات شماره مربوط به هر بخش (که در تصویر فوق آورده شده است) ذکر خواهد شد.

بخش اصلی صفحه دستگاه (۱۹) مقادیر اندازه گیری شده و واحد اندازه‌گیری آنها و قسمت‌های زیرین آن (۵) نام پارامتر مورد اندازه گیری را نشان می‌دهند برای مثال در شکل قبل پارامتر مورد اندازه گیری، انرژی (Energy) و واحد آن مگا وات ساعت (MWh)، کیلو وات (KWh) و یا وات ساعت (Wh) است.

با زدن کلید های ▽ و △ می‌توان نوع پارامتر مورد اندازه گیری را جهت نمایش انتخاب نمود. در شروع کار دستگاه عبارت Voltage_{N}^{L} در قسمت (۵) دیده میشود و به ترتیب با زدن کلیدهای فوق عبارت نشان داده شده در (۵) به صورت زیر تغییر میکند:

Voltage_{N} - Voltage$_{L}$	- Currents	- P. Factor	- Cosφ	- Active (W)	
Reactive (VAr) - Apparent (VA)	- ΣPowers	- Σ P.F.	- THD V %	- THD I %	
Freq. (Hz) - Average $_{N}$	- Average$_{L}$	- ΣCurrent			

جدول زیر لیست حالت‌های مختلف نمایش را توضیح می‌دهد:

ردیف	نام پارامتر	واحد	توضیحات
۱	Voltage_{N}^{L}	ولت	ولتاژ بین هریک از فازها و نول را نشان می‌دهد.
۲	Voltage_{L}^{L}	ولت	ولتاژ بین هریک از فازها و فاز دیگر را نشان می‌دهد.
۳	Currents	آمپر	جریان هریک از فازها را نشان می‌دهد.
۴	P.Factor Cosφ	-	ضریب توان هر یک از فازها (P.Factor و Cosϕ به دو صورت متفاوت محاسبه می‌شوند اما مفهموم آنها یکی است)
۵	Active (W)	وات	توان حقیقی (اکتیو) هر فاز را جداگانه محاسبه می‌کند.
۶	Reactive (VAr)	وار	توان موهومی (راکتیو) هر فاز را جداگانه محاسبه می‌کند.
۷	Apparent (VA)	ولت‌آمپر	توان ظاهری هر فاز را جداگانه محاسبه می‌کند.
۸	∑Powers	وات، وار و ولت‌آمپر	مجموع توان‌های سه فاز (به ترتیب: خط اول اکتیو، دوم راکتیو و سوم ظاهری)
۹	∑P.F.	-	متوسط ضریب توان‌های سه فاز
۱۰	THD V %	-	درصد هارمونیک ولتاژ هر فاز
۱۱	THD I %	-	درصد هارمونیک جریان هر فاز
۱۲	Freq. (Hz)	هرتز	فرکانس شبکه
۱۳	Average_{N}^{L}	ولت	متوسط ولتاژهای سه فاز با نول (ولتاژ فاز متوسط)
۱۴	Average_{L}^{L}	ولت	متوسط ولتاژهای هر فاز با فاز دیگر (ولتاژ خط متوسط)
۱۵	∑Current	آمپر	متوسط جریان‌های سه فاز (جریان خط متوسط)

در صفحه نمایش پاورآنالایزر دو بخش دیگر نیز باید مورد توجه قرار گیرد:

بخش ۹ : هنگام مشاهده ضریب توان یا $\cos\phi$ این نشانگر فعال می‌گردد.

بخش ۱۰ : هرگاه توان راکتیو اندازه گیری شده سلفی باشد (جریان نسبت به ولتاژ پس فاز باشد) نشانگر *ind.* روشن شده و هرگاه توان راکتیو خازنی باشد (جریان نسبت به ولتاژ پیش فاز باشد) نشانگر *cap.* روشن می‌گردد.

برنامه انجام آزمایش‌ها

آزمایش‌ها به صورت زیر دسته بندی می‌شوند:

۱ و ۲ و ۳ = A ۴ و ۵ = B ۶ و ۷ = C D = ۸ E = ۹

اگر دسته بندی دانشجویان به صورت پنج گروه از الف تا هـ باشد برنامه انجام آزمایش‌ها به صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

جلسه← گروه↓	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم
الف	A	-	B	-	C	-	D	-	E	-
ب	-	A	-	B	-	C	-	D	-	E
ج	C	-	D	-	A	-	B	-	E	-
د	-	C	-	D	-	E	-	A	-	B
هـ	A	-	B	-	-	E	-	-	C	D

اگر دسته بندی دانشجویان به صورت چهار گروه از الف تا د باشد برنامه انجام آزمایش‌ها به صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

جلسه← گروه↓	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
الف	A	B	C	-	D	E	-	-
ب	B	C	-	A	E	-	-	D
ج	C	-	A	B	-	-	D	E
د	-	A	B	C	-	D	E	-

اگر دسته بندی دانشجویان به صورت سه گروه از الف تا ج یا کمتر باشد برنامه انجام آزمایش‌ها به صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

جلسه← گروه↓	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم
الف	A	B	C	D	E	-
ب	B	C	A	E	-	D
ج	C	A	B	-	D	E