شرکت دانش بنیان

تجهیزات ابزار آزما

نوآوری و فناوری برای توسعه

دستورکار جامع سیستم های قدرت و راه حفاظت

دستور کار ویژه دانشجو

تجهیزات آزمایشگ
aboratory Equipment

نوآوری و فناوری برای توسعه

خراسان رضوی، مشهد، بزرگراه آسیایی، جاده شهرک صنعتی طوس، شهرک فناوری های نوین غذایی، ساختمان پژوهش، طبقه اول، شرکت تجهیزات ابزار آزما

www.abzarazma.ir

info@abzarazma.com

www.aparat.ir/abzarazma

+98 51 35420099 (3line)

ازمایشگاه های الکترونیک قدرت و ماشین الکتریکی

Power Electronics and Electrical Machines Labs

ازمایشگاه ماشین های الکتریکی

- آموزنده ماشین های القایی(اسنکرون) (MC-100)
- آموزنده ترانسفورماتور (MC-101)
- آموزنده ماشین های الکتریکی DC (MC-102)
- آموزنده ماشین های سنکرون (MC-103)
- آموزنده درایو ماشین های القایی(اسنکرون) (MC-104)
- آموزنده ماشین های الکتریکی پیشرفته (MC-105)
- آموزنده ماشین های الکتریکی AC (MC-106)
- آموزنده ماشین های مخصوص (MC-107)
- آموزنده ماشین الکتریکی با قابلیت پایش و کنترل نرم افزاری (MC-110)
- آموزنده مدار گسترده DC (MC-111)
- آموزنده مدار گسترده AC (MC-112)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل ماشین های الکتریکی (MC-61)

ازمایشگاه الکترونیک صنعتی

- آموزنده الکترونیک صنعتی پیشرفته (IE-102)
- آموزنده الکترونیک صنعتی تکمیلی (IE-101)
- آموزنده الکترونیک صنعتی یکسو سازها و برشگرها (IE-104)
- آموزنده الکترونیک صنعتی کنترل پیشرفته موتور (IE-103)
- آموزنده الکترونیک صنعتی اینورتر و کنترل V/F (IE-106)
- آموزنده الکترونیک صنعتی مبدل های DC به DC (IE-105)
- آموزنده الکترونیک صنعتی با قابلیت پایش و کنترل نرم افزاری (IE-110)
- آموزنده الکترونیک صنعتی سیکلو کانورتر (IE-107)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل مبدل های توان (IE-67)

ازمایشگاه الکترونیک قدرت

- آموزنده الکترونیک قدرت (IE-108)

ازمایشگاه های سیستم های قدرت و انرژی های نو

Power Systems and Renewable Energies Lab

ازمایشگاه بررسی سیستم های قدرت

- شبیه ساز بررسی سیستم های قدرت پایه (PSA-101)
- شبیه ساز بررسی سیستم های قدرت ۱ (PSA-100)
- شبیه ساز بررسی سیستم های قدرت پیشرفته (PSA-103)
- شبیه ساز بررسی سیستم های قدرت تکمیلی (PSA-102)
- شبیه ساز تحلیل سیستم های انرژی (PSA-105)
- شبیه ساز جامع بررسی سیستم های قدرت (PSA-104)
- آموزنده رله و حفاظت و سیستم قدرت (RP-104)
- آموزنده رله و حفاظت و شبیه ساز پست برق (RP-103)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل سیستم های قدرت (RE-61)
- آموزنده رله و حفاظت و پست برق و سیستم های قدرت (RP-105)

ازمایشگاه انرژی های نو

- شبیه ساز تولید برق بادی پیشرفته (RE-102)
- شبیه ساز تولید برق بادی (RE-101)
- آموزنده تولید برق خورشیدی(فتوولتاییک) (RE-100)
- آموزنده تولید برق هایبرید (بادی-خورشیدی-پیل سوختی) (RE-105)
- آموزنده تولید برق پیل سوختی (RE-104)
- شبیه ساز تولید برق بادی و خورشیدی (RE-103)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل سیستم های قدرت (RE-61)

ازمایشگاه حفاظت و رله

- آموزنده رله و حفاظت پایه (RP-100)
- آموزنده رله و حفاظت تکمیلی (RP-101)
- آموزنده رله و حفاظت پیشرفته (RP-102)
- آموزنده رله و حفاظت و شبیه ساز پست برق (RP-103)
- آموزنده رله و حفاظت و سیستم قدرت (RP-104)
- آموزنده رله و حفاظت و پست برق و سیستم قدرت (RP-105)
- آموزنده رله و حفاظت پست برق رله اضافه جریان (RP-106)
- آموزنده رله و حفاظت پست برق رله دیفرانسیل (RP-107)
- آموزنده رله و حفاظت پست برق رله دیستانس (RP-108)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل سیستم های قدرت (RE-61)

ازمایشگاه ریز موج و انتن

- آموزنده ریز موج و انتن (TC-104)

ازمایشگاه پردازش سیگنال های دیجیتال

- آموزنده پردازش سیگنال های دیجیتال DSP (DL-107)

ازمایشگاه سیستم های دیجیتال

- آموزنده میکرو کنترلر ARM (DL-104)
- آموزنده میکرو کنترلر PIC (DL-105)
- آموزنده سیستم های دیجیتال۲ (DL-106)
- آموزنده مدار منطقی (DL-101)
- آموزنده سیستم های دیجیتال۱ (DL-102)
- آموزنده میکرو کنترلر AVR (DL-103)

ازمایشگاه مدارهای الکتریکی و اندازه گیری

- میز آزمایشگاه مدارهای الکتریکی و اندازه گیری (CI-103)
- میز آزمایشگاه مدارهای الکتریکی و اندازه گیری (CI-101)

ازمایشگاه الکترونیک

- میز آزمایشگاه الکترونیک (CI-102)
- آموزنده جامع مدارهای الکترونیکی (AE-106)
- آموزنده مدارهای الکترونیکی۱ (AE-102)

ازمایشگاه الکترونیک انالوگ

- آموزنده مدارهای الکترونیکی (AE-105)
- آموزنده مدارهای الکترونیکی۳ (AE-104)
- آموزنده مدارهای الکترونیکی۲ (AE-103)

کارگاه الکترونیک

- کارگاه تجهیزات SMD (BE-106)
- کارگاه مدار چاپی (BE-104)

ازمایشگاه مدارهای پالس و دیجیتال

- آموزنده مدارهای تکنیک پالس (AE-101)
- آموزنده مدارهای مجتمع (AE-100)

ازمایشگاه های الکترونیک و مخابرات

Electronics and Telecommunications Labs

راهنما

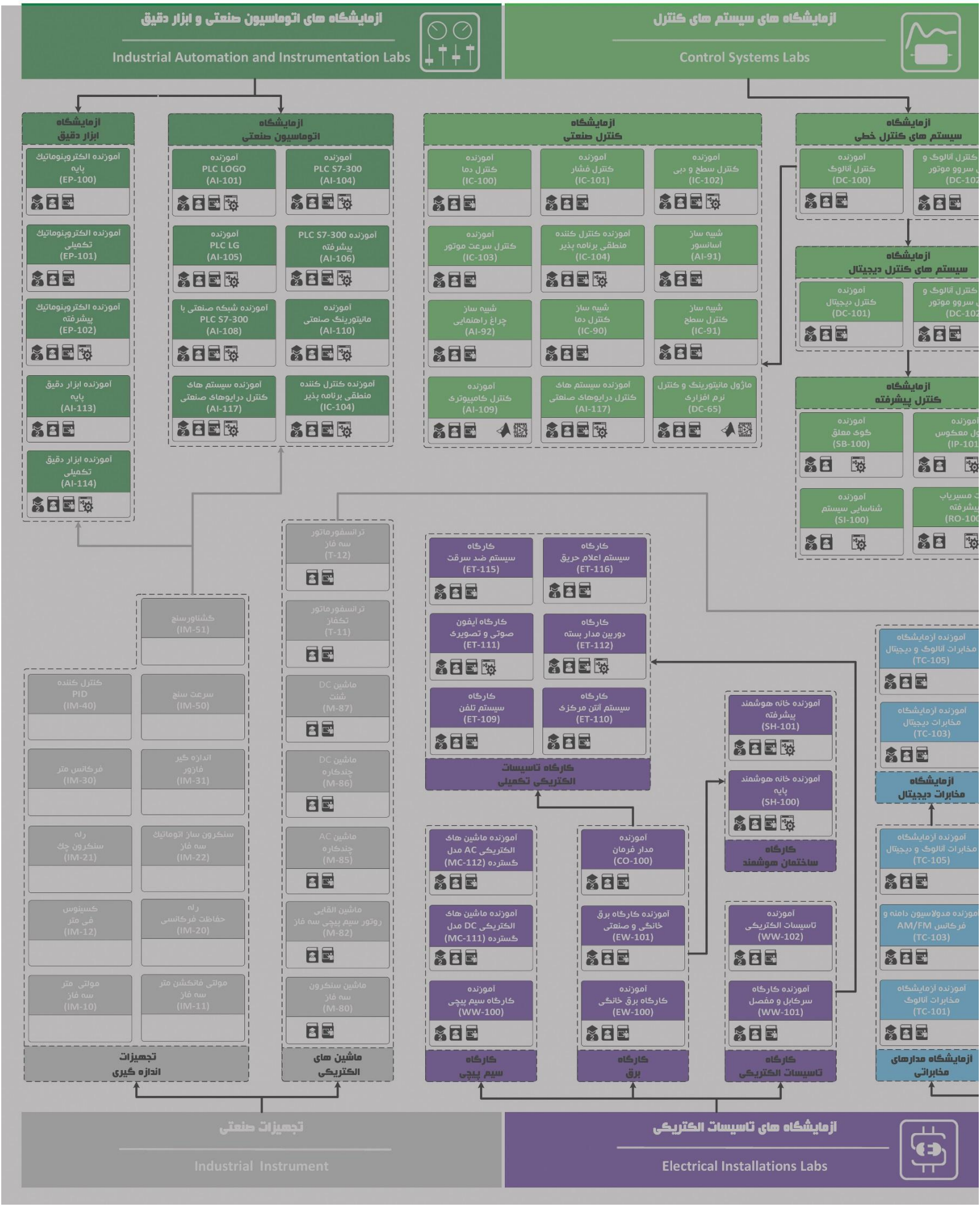
- تعداد کاربر
- دستورکار مدرس
- اتصال به نرم افزار Matlab/Simulink
- دستورکار دانشجو
- اتصال به نرم افزار
- اتصال به نرم افزار Labview

شرکت دانش بنیان

تجهیزات ابزار آزما

هی مهندسی برق

Electrical Engineering



دستور کار آزمایشگاه رله و حفاظت

اهداف:

هدف از این دستور کار معرفی تجهیزات آزمایشگاههای رله حفاظت و همچنین ارائه دستورکار لازم برای انجام آزمایش ها می‌باشد.

پیشگفتار:

پیشنهاد می شود شروع آزمایشگاه با یک یا چند بازدید از مرکز کاربردی مرتبط با مطالب درس شروع شود. موارد زیر در این راستا پیشنهاد می شوند:

- پست برق ۴۰۰ کیلوولت/۱۳۲ کیلوولت/۶۳ کیلوولت
- نیروگاه تولید برق فسیلی
- مرکز دیسپاچینگ شبکه برق
- نیروگاه تولید برق مبتنی بر انرژی های نو چون بادی، خورشیدی، زیست توده یا ...

در این دستور کار مطالب اساسی درس رله و حفاظت در قالب ۱۸ آزمایش ارائه گردیده است. نکته لازم به ذکر این است که در پیوست شماره یک، مشخصات هر ماژول تشریح داده شده است.

مطالب بیان شده در د ستور کار هر آزمایش شامل مقدمه، شرح آزمایش و تحلیل و جداول مربوطه و در پایان سؤالات مربوط به آزمایش می‌باشد. این دستور کار طوری طرح شده است تا دانشجو حین انجام مراحل مختلف آزمایش بخش‌های مختلف آن را تکمیل نماید و با تحلیل نتایج حاصل به درک عمیق‌تری از مفاهیم سیستم قدرت دست یابد. طبیعتاً به دلیل زمان محدود آزمایشگاه، انجام برخی محا سبات در آزمایشگاه تو سط دانشجو امکان پذیر نبوده و این مهم به بخش سؤالات انتهای هر بخش منتقل شده است.

هر دانشجو قبل از حضور در کلاس می‌بایست یک پیش گزارش راجع به مباحث جلسه جاری و گزارش تکمیل شده جل سه قبل را تحویل نماید. انجام بحث و تبادل نظر دان شجویان و مدرس کلاس راجع به نتایج حا صل از آزمایش‌ها تأثیر قابل ملاحظه ای در درک سیستم حفاظتی شبکه قدرت دارد. مسلماً گزارش حاصل همراه با نقص و کاستی‌هایی است که با پیشنهادات شما مدرسین و دانشجویان عزیز در نسخه های بعدی برطرف خواهد شد.

نکات مهم:

هشـــدار۱ (خطر شـــوک الکتریکی)

از آنجا که تغذیه اصلی دستگاه با برق سه فاز شهری انجام می‌گیرد، در هنگام انجام سیم بندی دقت کنید که برق دستگاه قطع باشد.

هشـــدار۲ (خطر آســـیب به دستگاه و شوک الکتریکی)

برای تعمیر تجهیزات از افراد واجد شـــرایط و با هماهنگی شـــرکت سازنده استفاده نمایید.

هشـــدار۳ (خطر آســـیب به دستگاه و شوک الکتریکی)

هیچ‌گونه اصـــلاح و یا تغییری در وضـــعیت فعلی تجهیزات مجاز نیست.

هشـــدار۴ (خطر شـــوک الکتریکی)

از سیم‌های رابط تمام عایق استفاده گردد.

هشـــدار۵ (خطر آســـیب به تجهیزات)

پیش از وصل کردن برق دستگاه، سیم‌بندی با حضور مدرس بررسی گردد.

هشـــدار۶ (خطر شـــوک الکتریکی)

در هنگام کار با دســـتگاه از کفپوش عایق در محل نصـــب دســـتگاه استفاده گردد.

هشـــدار۷ (خطر آســـیب به تجهیزات)

به محدوده مجاز ورودی و خروجی‌های تجهیزات توجه شـــود و از اعمال ورودی خارج از محدوده مجاز به تجهیز خودداری شود.

هشدار۸ (خطای احتمالی)

به منظور سیم‌بندی از سیم‌های رابط با رنگ‌بندی مختلف ا ستفاده شود تا احتمال خطا به حداقل برسد.

کلیه حقوق این اثر متعلق به شرکت دانش بنیان تجهیزات ابزار آزما خاورمیانه می‌با شد. هرگونه کپی برداری از این اثر، غیرقانونی بوده و پیگرد قانونی دارد.

فهرست مطالب

نکات مهم: ۵
فهرست مطالب ۶
جدول راهنما ۷
آزمایشات ۷
۱ مدلهای متوسط و بلند خط انتقال قدرت و محاسبات پریونیت در آموزنده یکپارچه ۱۱
۲ کنترل ولتاژ شبکه با ترانس دارای تب قابل تنظیم ۲۴
۳ اصلاح ضریب توان در آموزنده یکپارچه ۲۷
۴ معرفی رله چندکاره شرکت وبکو (Vebco) ۳۲
۵ رله حفاظت اضافه جریانی در آموزنده یکپارچه ۳۹
پیوست شماره یک ۴۰

جدول راهنما
آزمایشات

شماره و عنوان آزمایش	RP100	RP101	RP102	RP103	RP104	RP105	RP106	RP107	RP108
۱- بررسی رفتار ژنراتور سنکرون				قابل توسعه					
۲- اتصال ژنراتور سنکرون به شبکه به کمک ترانسفورماتور سه فاز									
۳- اتصال ژنراتور سنکرون به شبکه به کمک رله سنکروچک		❊	❊						
۴- مدل‌های کوتاه، متوسط و بلند خط انتقال قدرت و محاسبات پریونیت در آموزنده ماژولار	❊	❊	❊						
۵- مدل‌های متوسط و بلند خط انتقال قدرت و محاسبات پریونیت در آموزنده یکپارچه				❊	❊	❊			❊
۶- بررسی عملکرد ترانس در شبکه قدرت به کمک آموزنده ماژولار	❊	❊	❊						
۷- بررسی عملکرد ترانس در شبکه قدرت به کمک آموزنده یکپارچه				❊	❊				
۸- کنترل ولتاژ شبکه با ترانس دارای تپ قابل تنظیم	❊	❊	❊			❊			
۹- خط انتقال در کم باری و جبرانسازی با راکتور موازی در آموزنده ماژولار									
۱۰- خط انتقال در کم باری و جبرانسازی با راکتور موازی در آموزنده یکپارچه					❊				
۱۱- خط انتقال در پر باری و جبرانسازی سری در آموزنده ماژولار									
۱۲- خط انتقال در پر باری و جبرانسازی سری در آموزنده یکپارچه					❊				
۱۳- اصلاح ضریب توان در آموزنده ماژولار	❊	❊	❊						
۱۴-اصلاح ضریب توان در آموزنده یکپارچه					❊	❊			
۱۵- کاربرد ادوات FACTS در شبکه قدرت									
۱۶- پخش بار ۱: پخش بار شبکه پایه	❊	❊	❊	❊	❊	❊			
۱۷- بررسی شبکه دو سو تغذیه دارای بار محلی			❊	قابل توسعه					

شماره و عنوان آزمایش	RP100	RP101	RP102	RP103	RP104	RP105	RP106	RP107	RP108
۱۸- پخش بار ۳: بررسی شبکه سه باسه									
۱۹- پخشبار ۴: بررسی شبکه حلقوی									
۲۰- ترانسفورماتور ولتاژ و جریان	❊	❊	❊	❊					
۲۱- رله کنترل جریان	❊	❊	❊	❊	❊				
۲۲- رله کنترل ولتاژ در آموزنده ماژولار	❊	❊	❊						
۲۳- رله کنترل ولتاژ در آموزنده یکپارچه				❊	❊				
۲۴- رله کنترل فرکانس		❊		❊					
۲۵- رله کنترل فاز - بار		❊		❊					
۲۶- معرفی رله چندکاره شرکت وبکو (Vebco)			❊			❊	❊	❊	❊
۲۷- رله حفاظت اضافه جریانی در آموزنده یکپارچه						❊	❊		
۲۸- معرفی رله حفاظت دیستانس در آموزنده ماژولار			❊						
۲۹- معرفی رله حفاظت دیستانس در آموزنده یکپارچه									❊
۳۰- رله حفاظت دیفرانسیل در آموزنده ماژولار			❊						
۳۱- رله حفاظت دیفرانسیل در آموزنده یکپارچه								❊	

۱ مدل‌های متوسط و بلند خط انتقال قدرت و محاسبات پریونیت در آموزنده یکپارچه

هدف: آشنایی با مشخصات خطوط انتقال قدرت، مدل کوتاه، متوسط و بلند و همینطور آشنایی با محاسبات پریونیت

۱-۱ مقدمه

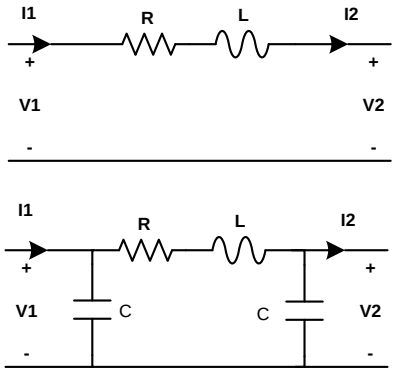
خطوط انتقال انرژی الکتریکی که به آنها خطوط انتقال قدرت نیز گفته می‌شود، به دلیل وجود فاصله بین محل تولید و مصرف انرژی مورد نیاز هستند. در ادامه تصاویر خطوط انتقال انرژی الکتریکی و تجهیزات مرتبط نشان داده شده است. به دلیل ابعاد بزرگ این خطوط انتقال، بررسی و تحلیل آزمایشگاهی آنها با استفاده از مدل‌های مداری صورت می‌گیرد.

(ب) (الف)

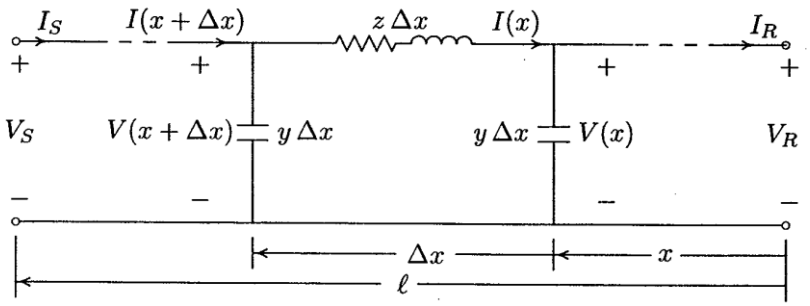
(د) (ج)

شکل ۱-۱ (الف) خطوط انتقال ۱۳۲ کیلوولت، (ب) مقره ها در یک پست برق (محل اتصال چند خط انتقال)، (ج) نمایی از یک کابل آلومینیومی مورد استفاده در خطوط انتقال هوایی، (د) بخشی از تجهیزات یک پست برق شامل ترانس جریان

جهت تحلیل شبکه قدرت نیاز اساسی به مدل های مناسب برای خط انتقال مطرح می باشد. در این راستا سه مدل خط کوتاه، متوسط و بلند ارائه شده اند. در شکل زیر معادل مداری دو خط انتقال همراه با معرفی نمادهای مورد استفاده در هر خط نشان داده شده است. مدل بلند خط انتقال وابسته به مقدار موقعیت (x) در خط انتقال می‌باشد و در انجام آزمایش‌ها از معادل پی آن که مشابه خط انتقال متوسط است، استفاده می‌گردد.



شکل ۱-۲ مدار معادل خطوط انتقال (الف) مدل کوتاه، (ب) مدل متوسط پی



شکل ۱-۳ معادل مداری خط انتقال بلند

اگر طول خط کمتر از حدود 80km به آن خط انتقال کوتاه می‌گویند. در این نوع خط انتقال اغلب می‌توان از ظرفیت خازنی‌خط بدون ایجاد خطای زیاد چشم‌پوشی کرد. امپدانس سری در مدل‌خط‌کوتاه از حاصل‌ضرب طول‌خط در امپدانس‌سری واحد طول بدست می آید:

$$Z = (\mathrm{r} + \mathrm{j}\omega \mathrm{L})\ell = R + jX$$

که در رابطه فوق، r و L به‌ترتیب مقاومت و اندوکتانس در واحد طول هر فاز و ℓ طول‌خط است. در خط انتقال متوسط نیز این مسئله صادق می‌با شد. با افزایش طول خط جریان خازنی خط بیشتر شده و باید ظرفیت خازنی موازی را در نظر گرفت. خطوط باطول بیشتر از 80 km و کمتر از 250 km خطوط با طول متوسط نامیده می شوند. برای خطوط با طول متوسط، نصف ظرفیت خازنی موازی به صورت متمرکز در دو طرف خط در نظر گرفته میشود. این مدل به عنوان مدل پی نامیده می‌شود و درشکل قبلی نشان داده شده است.

مدل خطوط کوتاه و متوسط با دقت قابل قبول و با فرض متمرکز بودن پارامترهای خط بدست آمده است. در خطوط انتقال به طول 250 km و بلندتر نمی توان پارامترها را به صورت متمرکز درنظر گرفت. دراین خطوط از مدارهای T درحالتی که پارامترها به صورت یکنواخت توزیع نشده اند، استفاده می شود. مدل بلند خط انتقال وابسته به مقدار موقعیت (x) در خط انتقال می‌باشد. از این رو در ادامه رفتار خط انتقال در شرایط مدلسازی بر مبنای مدل کوتاه و مدل متوسط پی ارائه شده است. نمونه های واقعی از خطوط انتقال کوتاه، متوسط و بلند عبارتند از:

۱- خط انتقال کوتاه کوهسنگی-تربیت با طول 12.6 km

۲- خط انتقال متوسط جاجرم-علی آباد به طول170 km

۳- خط انتقال بلند بیرجند- زاهدان به طول450 km

پارامترهای این خطوط به صورت زیر می باشند:

مقدار پارامترهای خط کوتاه با فرض استفاده از مدل پی به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$R = 1.7\ ohm, L = 11\ mH, C = 0.1\ \mu F$$

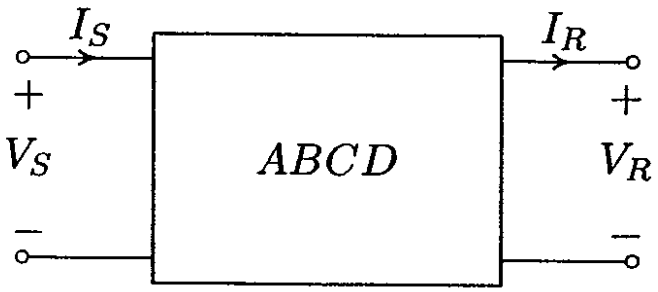
همچنین مقدار پارامترهای خط متوسط با فرض استفاده از مدل پی به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$R = 6\ ohm, L = 180\ mH, C = 1\ \mu F$$

و برای خط بلند با فرض استفاده از مدل پی به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$R = 14.9\ ohm, L = 150\ mH, C = 2.5\ \mu F$$

مدل دوقطبی خط انتقال در شکل زیر ارائه شده ا ست. همچنین روابط توان مختلط بر مبنای مدل دوقطبی ارائه می گردند. خط انتقال می تواند با یک مدل دو پورتی به صورت شکل زیر نمایش داده شود.



شکل ۱-۴ مدل دو پورتی خط انتقال

رابطه بین متغیرها و پارامترهای مدل دو قطبی به صورت زیر است.

$$Vs = AV_R + BI_R$$
$$Is = CV_R + DI_R$$
$$\begin{bmatrix} Vs \\ Is \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

در جدول زیر رابطه بین پارامترهای دوقطبی با پارامترهای خطوط انتقال کوتاه، متوسط و بلند ارائه شده است. در این جدول پارامترها دارای تعریف زیر می باشند:

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{zy} = \sqrt{(\mathrm{r} + \mathrm{j}\omega L)(\mathrm{G} + \mathrm{j}\omega \mathrm{C})}$$

$$Z_C = \sqrt{\frac{z}{y}}$$

$$Z = R + jL\omega, Y = \frac{1}{jC\omega}$$

جدول ۱-۱ جدول توصیف پارامترهای مدل دوقطبی برای خطوط انتقال کوتاه، متوسط نوع پی و بلند

پارامتر	A	B	C	D
خط کوتاه	1	Z	0	1
خط متوسط	$(1+\frac{ZY}{2})$	Z	$Y(1+\frac{ZY}{4})$	$(1+\frac{ZY}{2})$
خط بلند	$\cosh\gamma\ell$	$Z_C \sinh\gamma\ell$	$\frac{1}{Z_C}\sinh\gamma\ell$	$\cosh\gamma\ell$

به کمک مدل های دوقطبی امکان انجام محاسبات سیستماتیک و معمولا ماتریسی بر روی شبکه فراهم می گردد. روابط توان در این شرایط به صورت زیر میباشد:

چنانچه فرض کنیم A=$|A|\angle\theta_A$ و B=$|B|\angle\theta_B$ باشد و ولتاژ ارسال شده در سمت منبع $|V_S|\angle\delta$ و ولتاژبار $|V_R|\angle0$ در نظر گرفته شود، رابطه زیر میان ولتاژ منبع و ولتاژ و جریان دریافتی در سمت باربرقرار خواهد بود :

$$I_R = \frac{|V_S|\angle\delta - |A|\angle\theta_A\ |V_R|\angle0}{|B|\angle\theta_B} = \frac{|V_S|}{|B|}\angle\delta-\theta_B \ - \frac{|A||V_R|}{|B|}\angle\theta_A-\theta_B$$

درچنین شرایطی رابطه توان مختلط دریافتی در سمت بار به صورت زیر بیان می شود:

$$S_{R(3\phi)} = P_{R(3\phi)} + jQ_{R(3\phi)} = 3\,V_R I_R^{*}$$

با جایگذاری I_R در رابطه فوق خواهیم داشت:

$$S_{R(3\phi)} = 3\frac{|V_S||V_R|}{|B|}\angle\theta_B-\delta \ - 3\frac{|A||V_R|^2}{|B|}\angle\theta_B-\theta_A$$

رابطه فوق، توان تحویلی به بار را بر حسب مقادیر فاز بیان میکند.این رابطه برحسب مقادیر خط به صورت زیر می باشد:

$$S_{R(3\phi)} = \frac{|V_{S(L-L)}||V_{R(L-L)}|}{|B|}\angle\theta_B-\delta \ - \frac{|A||V_{R(L-L)}|^2}{|B|}\angle\theta_B-\theta_A$$

بنا بر رابطه فوق توان حقیقی(P)وتوان راکتیو (Q) تحویلی به بار به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{R(3\phi)} = \frac{|V_{S(L-L)}||V_{R(L-L)}|}{|B|}\cos(\theta_B-\delta) \ - \frac{|A||V_{R(L-L)}|^2}{|B|}\cos(\theta_B-\theta_A)$$

$$Q_{R(3\phi)} = \frac{|V_{S(L-L)}||V_{R(L-L)}|}{|B|}\sin(\theta_B-\delta) \ - \frac{|A||V_{R(L-L)}|^2}{|B|}\sin(\theta_B-\theta_A)$$

به طور مشابه روابط فوق را برای توان ارسالی از منبع خواهیم داشت:

$$I_S = \frac{|A|\angle\theta_A|V_S|\angle\delta \ -|V_R|\angle0}{|B|\angle\theta_B} = \frac{|A||V_S|}{|B|}\angle\theta_A+\delta-\theta_B \ - \frac{|V_R|}{|B|}\angle0-\theta_B$$

$$S_{S(3\phi)} = P_{S(3\phi)} + jQ_{S(3\phi)} = 3V_S I_S^*$$

مولفه های توان حقیقی(P) و توان راکتیو(Q) ارسالی از منبع برحسب مقادیرخط به صورت زیر خواهند بود:

$$P_{S(3\phi)} = \frac{|A|\,|V_{S(L-L)}|^2}{|B|}\cos(\theta_B - \theta_A) - \frac{|V_{S(L-L)}|\,|V_{R(L-L)}|}{|B|}\cos(\theta_B + \delta)$$

$$Q_{S(3\phi)} = \frac{|A|\,|V_{S(L-L)}|^2}{|B|}\sin(\theta_B - \theta_A) - \frac{|V_{S(L-L)}|\,|V_{R(L-L)}|}{|B|}\sin(\theta_B + \delta)$$

باتوجه به مطالب گفته شده مولفه های حقیقی و موهومی توان تلفاتی خط انتقال به صورت زیر محاسبه میشود:

$$P_{Line(3\phi)} = P_{S(3\phi)} - P_{R(3\phi)}$$
$$Q_{Line(3\phi)} = Q_{S(3\phi)} - Q_{R(3\phi)}$$

برای یک خط انتقال بلند بدون تلفات B=jX' ، θ_A =0، θ_B =90 و A=cos $\beta\ell$

$$P_{R(3\phi)} = \frac{|V_{S(L-L)}|\,|V_{R(L-L)}|}{X'}\sin\delta$$

$$Q_{R(3\phi)} = \frac{|V_{S(L-L)}|\,|V_{R(L-L)}|}{X'}\cos\delta - \frac{|V_{R(L-L)}|^2}{X'}\cos\beta\ell$$

بنابراین در یک سیستم قدرت با ولتاژ ثابت، توان حقیقی (P) تحویلی به بار متناسب با زاویه δ تغییر می کند در چنین شرایطی با افزایش بار لازم است زاویه δ افزایش یابد و بیشترین توان تحویلی به بار زمانی اتفاق می افتد که δ برابر 90 انتخاب شود.

اما در اغلب سیستم های قدرت متصل به ماشین های سنکرون برای اطمینان از پایداری شبکه قدرت زاویه قدرت بین 35تا 45 درجه انتخاب میشود

رگولا سیون ولتاژ در یک خط انتقال از جمله مفاهیم حائز اهمیت ا ست که مبین در صد اختلاف ولتاژ خط در شرایط بی باری و شرایط تحت بار ا ست. رگولا سیون ولتاژ در بار x در صد، برای یک خط انتقال از رابطه زیر محا سبه می گردد که در این رابطه ولتاژ بی باری از ولتاژ بارداری کسر می شود.

$$Vol.Reg.(\%) = \frac{V_{no,load} - V_{x\%,load}}{V_{x\%,load}} \times 100$$

در این آزمایش خط انتقال نمونه متوسط از شبکه برق ایران انتخاب شده و مقادیر واقعی آنها جهت پیاده‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. **نکته مهم در انجام این آزمایشات و تفاوت آنها با نمونه واقعی وجود مقیاس یک هزارم برای ولتاژ و جریان و به طبع آن، مقیاس یک میلیونم برای توان می باشد.** در مورد خطوط انتقال مورد بررسی ولتاژ واقعی ۴۰۰ کیلوولت می باشد و در این آزمایش‌ها ۴۰۰ ولت استفاده می گردند.

۱-۲ خط انتقال پایه جهت انجام آزمایش‌ها

بر روی آموزنده یکپارچه دو خط انتقال متوسط مدل شده است که امکان سری شدن و موازی شدن با یکدیگر را دارند. با سری نمودن دو خط انتقال متوسط می‌توان رفتار خط انتقال بلند را بررسی نمود و در صورتی که دو خط انتقال متوسط با هم موازی

مشخصات خطوط انتقال مدل شده مشابه مدل واقعی خط انتقال‌هایی است که پارامترهای آن پیش از این معرفی گردیدند.

۱-۳ تحلیل و شرح آزمایش

برای به دست آوردن مقادیر پریونیت در همه آزمایش‌ها فرض زیر صورت می‌گیرد.

مقادیر مبنا برای تبدیل بر واحد : $V_b = 380\ V, S_b = 500VA, f_b = 50\ Hz$

بر طبق مقادیر بالا، مقدار مبنای امپدانس، مقاومت، اندوکتانس و کاپاسیتانس به صورت زیر حاصل می‌شوند:

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3}V_b} = 0.759\ A, Z_b = \frac{V_b}{I_b} = 500.68\ ohm$$

$$R_b = 500.68\ ohm, L_b = \frac{Z_b}{2\pi f_b} = 1.59\ H, C_b = \frac{1}{2\pi f_b Z_b} = 6.36\ \mu F$$

در نتیجه برای خط انتقال متوسط مورد نظر داریم:

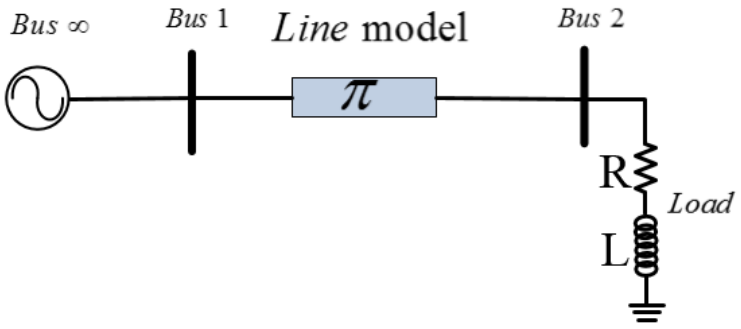
$$R_{p.u} = \frac{6}{500.68} = 0.0119, L_{p.u} = \frac{0.018}{1.59} = 0.0113, C_{p.u} = \frac{1\mu}{6.36\mu} = 0.157$$

مشابه خط متوسط امکان دستیابی به مقادیر پریونیت سایر خطوط انتقال وجود دارد.

۱-۴ بررسی خطوط انتقال در شبکه با بار مقاومتی- سلفی

۱-۴-۱ مدل خط انتقال متوسط

نمای تک خطی آزمایش بررسی مدل خط انتقال متوسط در شبکه دارای بار RL به صورت شکل ۱-۵ است.



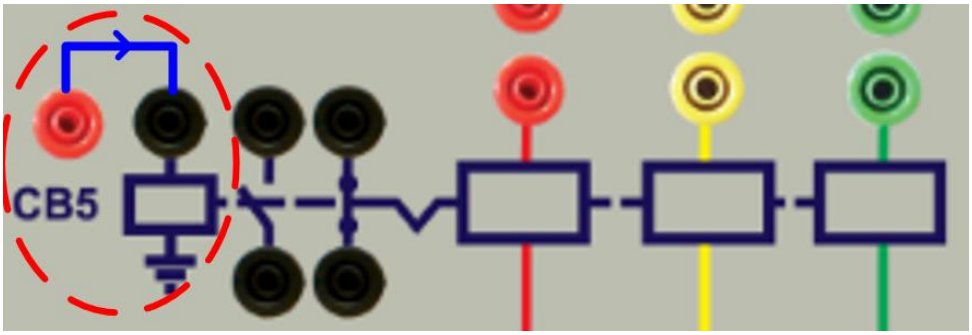
شکل ۱-۵ نمودار تک خطی آزمایش بررسی خط انتقال

در ابتدا با هدف بررسی خط انتقال متوسط نمای تک خطی نشان داده در شکل فوق را پیاده سازی نمایید. بدین منظور شکل ۱-۷ ارائه شده است.

در آموزنده‌های بررسی سیستم قدرت این شرکت که به شکل کابین می‌باشند؛ برای پیاده‌سازی خط انتقال به صورت زیر عمل می‌شود.

۱- پیش از وصل کردن محافظ جان و کلید مینیاتوری باس بی‌نهایت، تمامی کلیدها در حالت صفر باشند.

۲- بر روی کابین تعدادی کلید دو وضعیتی سه فاز که مشابه سکسیونرهای شبکه قدرت عمل می‌کنند؛ قرار داده شده است که به صورت دستی تغییر وضعیت خواهند داد. این کلیدها به صورت Sxx نامگذاری شده‌اند. همچنین تعدادی مدارشکن با فرمان الکتریکی که مشابه دژنکتورهای شبکه قدرت هستند؛ قرار گرفته است که به صورت CBx نامگذاری شده است. **در دستگاه شبیه ساز مورد نظر جهت اعمال فرمان دژنکتور کافیست ترمینال قرمز رنگ مجاور دژنکتور(که به فاز اول متصل است)، به ترمینال مشکی رنگ متصل به بوبین دژنکتور اتصال کوتاه شود.**



شکل ۱-۶ نحوه اعمال فرمان به بوبین دژنکتور

۳- به طور مشابه سکسیونرها و دژنکتورهای مسیر بین باس بینهایت و باسبار را وصل نموده و در صورت نیاز از سیم‌های رابط برای اتصال فیدرها استفاده کنید. در نهایت کلید بین بار مقاومتی و بار سلفی را در حالت یک قرار داده و پارامترهای آن را اندازه‌گیری نمایید. در این حالت حداکثر بار مقاومتی و سلفی با وصل کردن کلید مربوط به بار به باسبار متصل می‌شود.

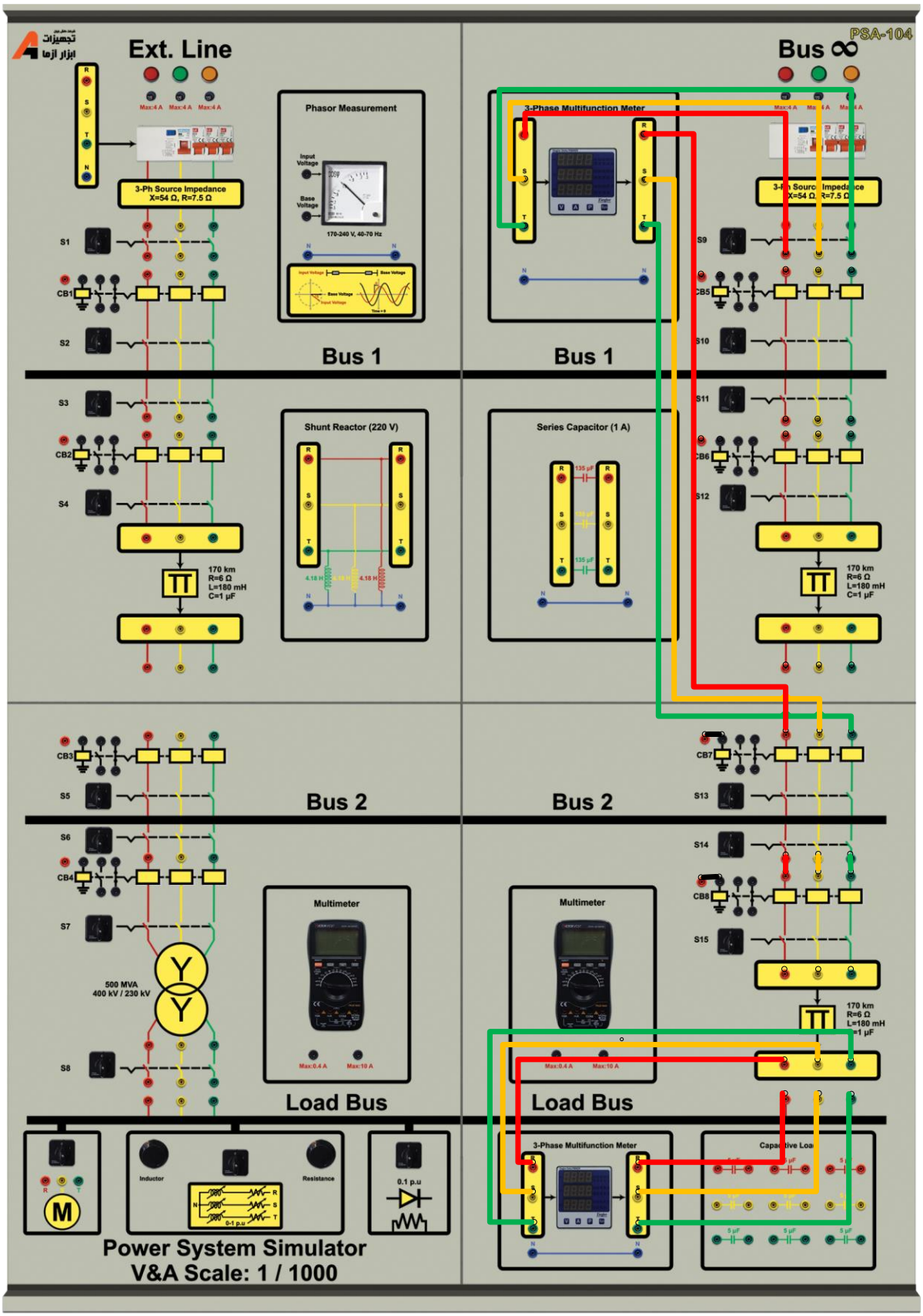
۴- از مولتی فانکشن برای اندازه‌گیری پارامترهای سمت بار و یا شبکه استفاده میگردد.

۵- در کابین‌های آموزشی این شرکت بار مقاومتی به ترتیب می تواند 192، 288 و یا 384 اهم باشد. همچنین اندوکتانس بار می‌تواند صفر، 0.48، 0.8 و 1.2 هانری مقدار داشته باشد که به صورت پله‌ای به کمک سلکتور مربوطه قابل تغییر است. .

با توجه به مطالب بیان شده نتایج حاصل از آزمایش را در جدول زیر یادداشت نمایید.

جدول ۱-۲ نتایج آزمایش مدل خط انتقال متوسط با بار سلفی – مقاومتی

پارامتر اندازه‌گیری / اندوکتانس بار / مقاومت بار		۰,۴۸H ۳۸۴	۰,۸H ۲۸۸	صفر ۳۸۴
ولتاژ باس بار خط (پریونیت)				
جریان بار				
توان مصرفی بار(سه فاز)	اکتیو			
	راکتیو			
ضریب توان بار				
رگولاسیون ولتاژ خط				
تلفات خط انتقال				
زاویه قدرت (γ)				



S

شکل ۱-۷ مدل مداری آزمایش بررسی خط انتقال متوسط

۱-۴-۲ بررسی خط انتقال بلند در آموزنده یکپارچه

در آموزنده‌های یکپارچه برای برر سی خط انتقال بلند می‌توانید از اتصال سری دو خط انتقال متو سط که بر روی کابین قرار داده شده است، استفاده کنید. مطابق شکل ۱-۹ مدار آزمایش را سیم‌بندی کنید و پس از آن جدول زیر را تکمیل نمایید.

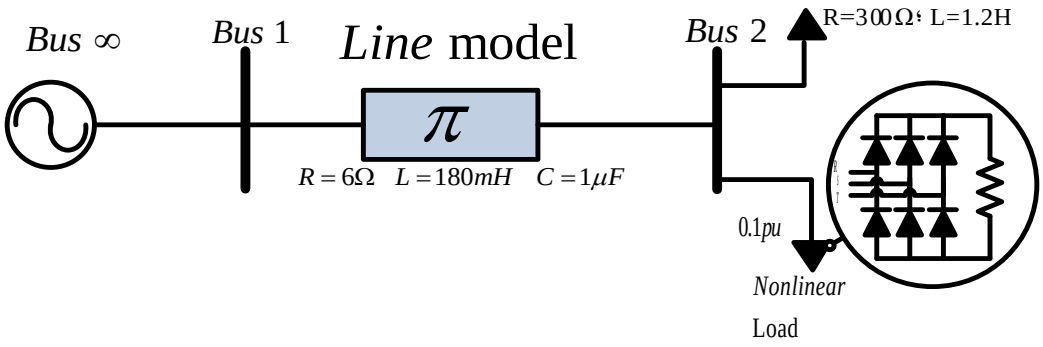
جدول ۱-۳ نتایج آزمایش مدل خط انتقال بلند با بار سلفی – مقاومتی

پارامتر اندازه‌گیری		اندوکتانس بار مقاومت بار	صفر ۲۸۸	۰,۴۸H ۳۸۴
ولتاژ باس بار خط (پریونیت)				
جریان بار				
توان مصرفی بار	اکتیو			
	راکتیو			
تلفات خط انتقال				

۱-۴-۳ بررسی خط انتقال متوسط با بار غیر خطی

این بخش از آزمایش در کابین های آموزشی که دارای بار غیر خطی دیودی هستند قابل انجام است و برای انجام این آزمایش در آموزنده‌های ماژولار بایستی یک بار غیر خطی مانند یکسو ساز دیودی ۶ پالسه ساخته شود و به صورت موازی با بار سلفی – مقاومتی متصل گردد.

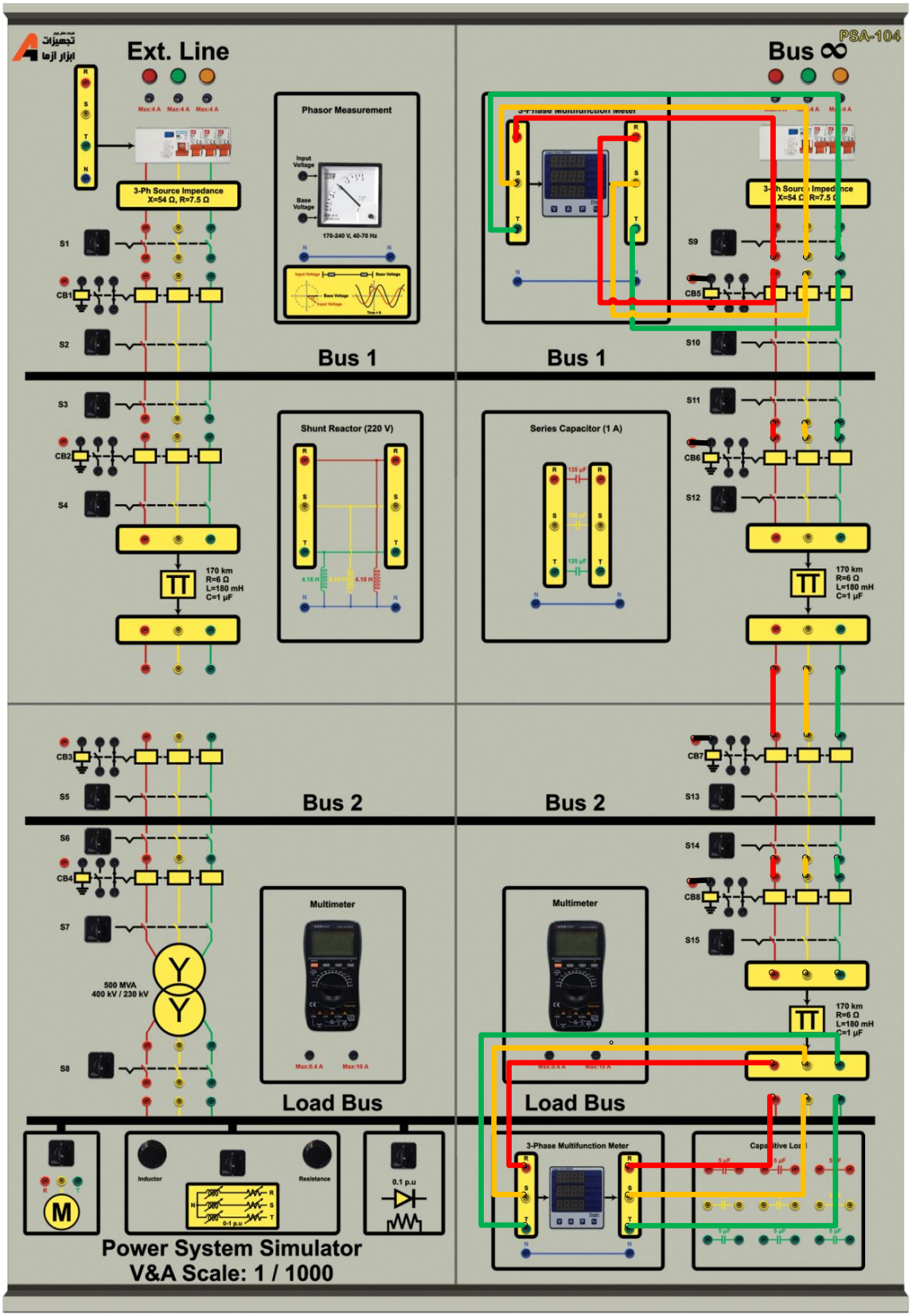
در شبکه واقعی علاوه بر بارهای RL، بارهای غیرخطی نیز وجود دارند. بارهای غیرخطی به دلیل هارمونیک‌های زیادی که به شبکه قدرت تزریق می‌کنند، حائز اهمیت هستند. تزریق هارمونیک به شبکه منجر به بالارفتن تلفات خط و افزایش بارگذاری ترانسفورماتورهای قدرت و خطوط انتقال می‌شوند. در این آزمایش با هدف پیاده‌سازی بارهای غیرخطی و RL نمای تک خطی زیر ارائه می‌گردد. برای اتصال بار غیر خطی در کابین آموزشی باید علاوه بر کلید مربوط به اتصال بار RL سری، کلید مربوط به بار غیر خطی را نیز وصل کنید.



شکل ۱-۸ نمای تک خطی اتصال بار غیر خطی به شبکه

در کابین آموزشی که در اختیار دارید بار غیرخطی ۰,۱ پریونیت قرار داده شده است که از یکسوساز شش پالسه دیودی و مقاومت تشکیل شده است. نکته لازم به ذکر در این قسمت این است که برای محاسبه بار غیر خطی با توجه به افزایش توان دریافتی بار و ولتاژ بار، مقدار بار غیر خطی قابل محاسبه است.

نتایج حاصل از انجام آزمایش را در جدول ۱-۴ یادداشت نمایید.



شکل ۱-۹ مدل مداری آزمایش بررسی خط انتقال بلند

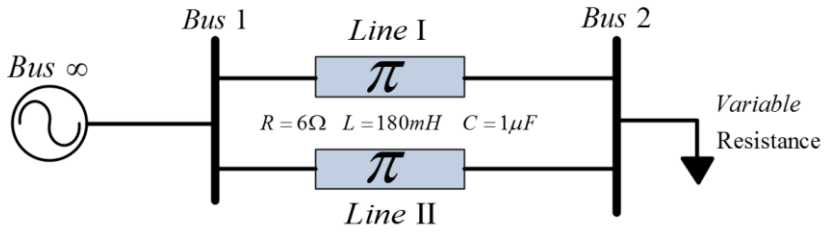
جدول ۱-۴ نتایج آزمایش مدل خط انتقال متوسط با بار غیرخطی

امپدانس بار پارامتر اندازه‌گیری	۳۸۴Ω - ۱,۲H ۲۸۸Ω - ۰,۴۸H	۳۸۴Ω - ۱,۲H ۲۸۸Ω - ۰,۴۸H
ترکیب بار	**بار مقاومتی – سلفی**	**بار غیرخطی+ مقاومتی سلفی**
ولتاژ باس بار خط		
جریان بار		
محاسبه بار غیر خطی	--------	
توان دریافتی از شبکه		
توان مصرفی بار		

۱-۴-۴ بررسی تاثیر موازی نمودن خط انتقال در شبکه قدرت

در شرایط پر باری، مقدار توان انتقالی از طریق خط ماکزیمم است و از طرفی در این شرایط، افزایش دمای خط انتقال که ناشی از تلفات آن می‌باشد؛ منجر به افزایش مقدار مقاومت سری خط و افزایش تلفات و در نتیجه کاهش بیشتر ولتاژ باسبار می‌شود. در واقعیت در چنین شرایطی توان م صرفی بار از طریق بیش از یک خط انتقال تامین میگردد. با این کار بارگذاری خط انتقال ا صلی کاهش می‌یابد و این امر منجر به کاهش تلفات خط و بهبود راندمان کل شبکه می‌شود. در شکل ۱-۱۰ نمای تک خطی مدار این آزمایش نشان داده شده ا ست. در این بخش از آزمایش در شرایط ماکزیمم بار خروجی، دو خط انتقال متو سط را به صورت موازی مت صل نموده و جدول زیر را تکمیل کنید. در شکل ۱-۱۱ نحوه اتصال مدار آزمایش به کمک آموزنده یکپارچه نشان داده شده است.

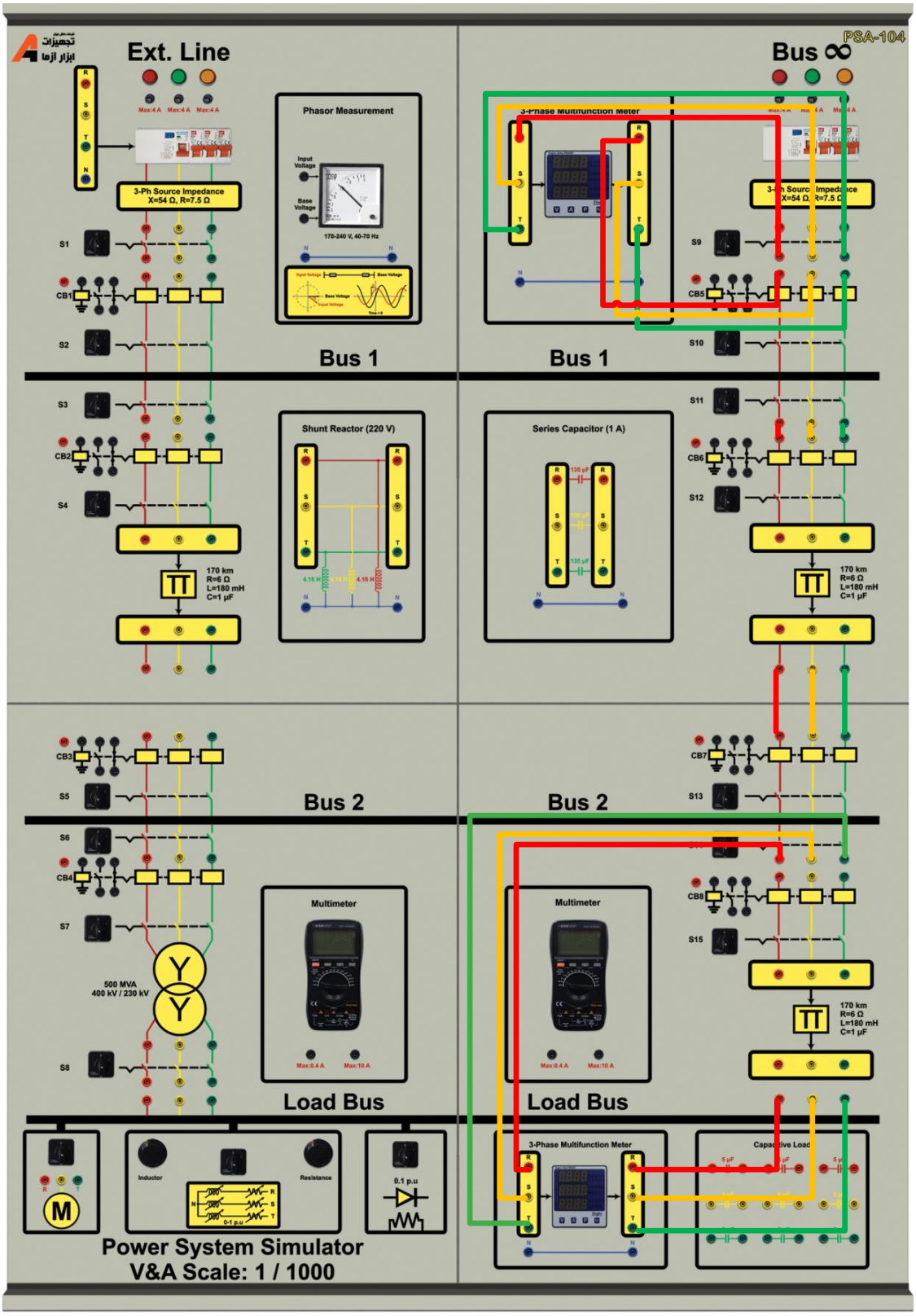
انتظار می‌رود با موازی نمودن دو خط انتقال تلفات خط کاهش یابد و افت ولتاژ انتهای خط نیز کمتر شود و رگولاسیون ولتاژ بهبود یابد.



شکل ۱-۱۰ نمای تک خطی شبکه مورد مطالعه در حالت موازی کردن خط انتقال

جدول ۱-۵ نتایج آزمایش دوخط انتقال موازی با بار

توان اکتیو بار اندوکتانس موازی پارامتر اندازه‌گیری	۱۵۰W L=1.74H	۱۵۰W L=1.74H
حالت آزمایش	**دو خط موازی باشند**	**تنها یک خط انتقال باشد**
ولتاژ باس بار خط (پریونیت)		
جریان بار		
رگولاسیون ولتاژ خط		
محاسبه امپدانس بار		
مجموع تلفات خطوط انتقال		



شکل ۱-۱۱ نحوه اتصال مدار آزمایش بررسی اثر موازی نمودن خطوط انتقال

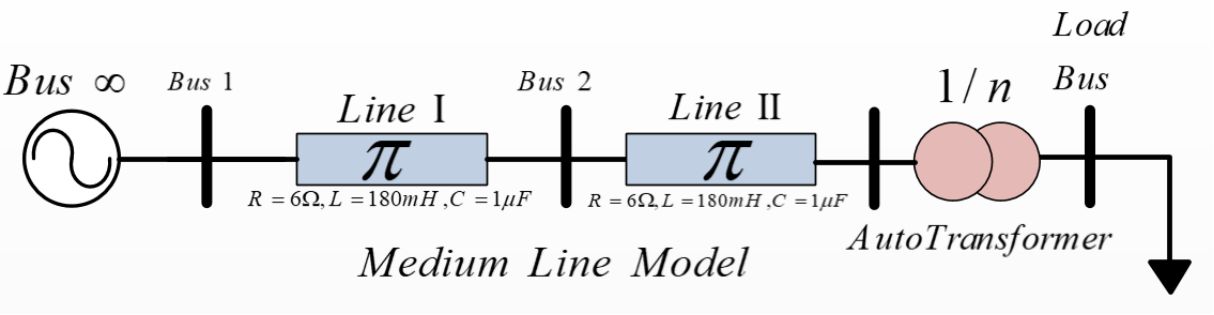
۲ کنترل ولتاژ شبکه با ترانس دارای تب قابل تنظیم

۲-۱ مقدمه

چون کلیهٔ تجهیزات الکتریکی اعم از وسایل برقی خانگی و یا صنعتی می بابستی با ولتاژ معینی کار کنند این درحالی است که تغییر بار (اکتیو و راکتیو) در شبکه سبب تغییر ولتاژ می گردد بنابراین لازم است تمهیداتی اتخاذ گردد که ولتاژ خروجی ترانسفورماتور ها مقدار مشخصی باشد ، برای این منظور از دستگاهی به نام کلید تنظیم ولتاژ که در ترانسفورماتور اصطلاحاً به آن تپ چنجر (Tap – changer) می گویند ، استفاده می گردد. این دستگاه با کاهش یا افزایش تعداد دورهای سیم پیچ ترانسفورماتور سبب تنظیم ولتاژ به میزان معین می گردد.

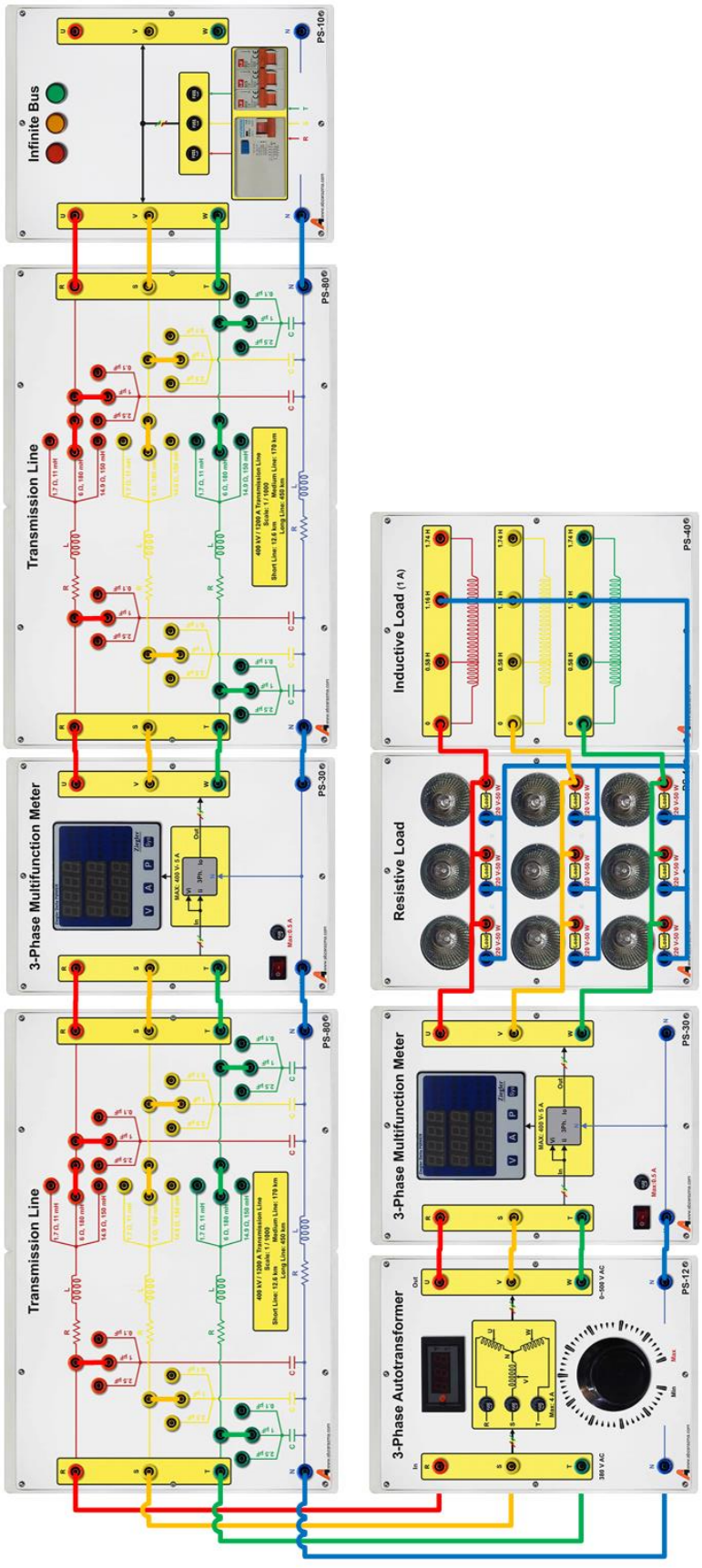
۲-۲ شرح آزمایش

با هدف تنظیم ولتاژ باس‌بار به کمک ترانسفورماتور دارای تپ قابل تغییر، نمای تک خطی زیر ارائه می‌گردد. ابتدا در حالت اول نمای تک خطی زیر را بدون قرار دادن اتوترانس پیاده‌سازی کنید و پارامترهای سمت بار را اندازه‌گیری نمایید. برای بار از اتصال موازی بار سلفی با بار مقاومتی استفاده شود به گونه‌ای که توان اکتیو مصرفی هر فاز حدود ۱۵۰ وات باشد و سلف ۱,۱۶H با هر فاز بار مقاومتی به صورت موازی قرار گیرد.



شکل ۲-۱ نمودار تک خطی مدار آزمایش کنترل ولتاژ شبکه با ترانسفورماتور دارای تپ قابل تنظیم

در حالت دوم ورودی اتوترانس را به انتهای خط انتقال دوم متصل نموده و ولوم اتوترانس را قبل از راه‌اندازی در موقعیت Min قرار دهید. پس از راه‌اندازی ولوم اتوترانس را به آنقدر تغییر دهید تا ولتاژ باس‌بار برابر ۳۸۰ ولت خط شود. نحوه پیاده‌سازی و سیم‌بندی مدار به صورت شکل زیر خواهد بود. در این آزمایش جدول زیر را کامل کنید. لازم به ذکر است در صورتی که امکان سری کردن دو خط انتقال متوسط وجود ندارد، می‌توانید آزمایش را با یک خط انتقال بلند نیز انجام دهید.



شکل ۲-۲ نحوه سیم‌بندی مدار آزمایش کنترل ولتاژ شبکه با ترانس دارای تب قابل تنظیم

جدول ۲-۱ نتایج حاصل از آزمایش کنترل ولتاژ شبکه با ترانسفورماتور دارای تپ متغیر

	ولتاژ باس ۱	ولتاژ باس ۲	ولتاژ ابتدای اتوترانس	ولتاژ باس‌بار	تلفات خط انتقال
فاز					
خط					

۲-۳ سوالات آزمایش

۱- علت افت ولتاژ در شبکه و لزوم استفاده از tab changerچیست؟

۲- مزایا و معایب tab changerچیست؟

۳ اصلاح ضریب توان در آموزنده یکپارچه

۳-۱ مقدمه:

بارهای صـنعتی بخش قابل توجهی از توان الکتریکی تولیدی را مصـرف می‌کنند. عمدتا در بارهای صـنعتی توان راکتیو زیادی مصـرف می‌گردد و همین امر منجر به افزایش تلفات خط انتقال و کاهش ظرفیت خط می‌گردد. به همین دلیل در کارخانجات و کارگاه‌های صـنعتی علاوه بر کنتور توان اکتیو، کنتور توان راکتیو نیز نصـب می‌شـود و براسـاس میزان توان راکتیو گرفته شـده از شـبکه هزینه آن پرداخت می‌گردد علاوه بر آن در یک توان ثابت، با کم شدن ضریب توان (COS φ) ، توان راکتیو بزرگ می شود و در نتیجه مقدار مؤثر جریان خط افزایش می یابد.. برای کاهش توان راکتیو دریافتی از شبکه معمولا بانک خازنی در محل بار صنعتی قرار داده می‌شود تا توان راکتیو مورد نیاز ان از طریق بانک خازنی تامین گردد و ظرفیت خط انتقال برای تامین توان راکتیو بارهای صنعتی ا شغال نشود. این امر تا حدودی به کاهش توان راکتیو شـبکه و بهبود راندمان کمک می‌کند اما کافی نیسـت چرا که بارهای خانگی و تجاری نیز مصـرف توان راکتیو دارند و به همین دلیل در مقیاس بزرگ، باز هم توان راکتیو گرفته شـــده از شـــبکه ســـبب کاهش ظرفیت خط انتقال می‌گردد. بنابراین شرکت برق با شبیه سازی شبکه قدرت دچار شده به این م شکل در نرم‌افزارهای قدرتمندی همچون DIgSILENT و ETAP جایابی بهینه خازن‌گذاری در شبکه قدرت را انجام می‌دهد.

- اثرات مخرب مصرف بیش از حد توان راکتیو در شبکه عبارتند از:

۱- با افزایش جریان به علت کوچک شدن ضریب توان، سطح مقطع کابل ها یا سیم ها افزایش یافته و در نتیجه قیمت تجهیزات همچون کلیدها، فیوزها، تابلوها، دستگاههای اندازه گیری و حفاظتی و بالاخره هزینه کل تجهیزات مربوط به انتقال و توزیع افزایش می یابد.

۲- با کاهش ضریب توان، توان تولیدی ژنراتورها کمتر شده و راندمان مولدها، تراز سفورماتورها، خطوط انتقال و توزیع کاهش می‌یابد و در نتیجه ضریب بهره کل سیستم کاهش می یابد.

۳- اشغال ظرفیت شبکه (خطوط و تجهیزات)

۴- افت ولتاژ شبکه

۵- پرداخت هزینه اضافی (ضریب زیان)

- مزایای اصلاح ضریب توان با جایابی خازن در شبکه عبارتند از:

۱- کاهش گرمای تولیدی تجهیزات و افزایش عمر تجهیزات

۲- کاهش اتلاف انرژی و هزینه عملکرد

۳- کاهش افت ولتاژ در سیستم قدرت

۴- آزادسازی ظرفیت شبکه

- روش‌های جبرانسازی و اصلاح ضریب توان عبارتند از:

۱-جبران سازی با بانکهای خازنی و کندانسورهای سنکرون

۲-جبران کننده های استاتیکی STATIC VAR COMPENSATIONS (SVCs)

۳-جبران کننده های دینامیکی Dynamic PFC))

در شکل زیر روابط اساسی مورد استفاده در محاسبات مربوط به جبرانسازهای خازنی بیان گردیده است.

The following electrical formulas may be used to calculate basic PFC values.

Active power

The amount of input power converted to output power is the active power.

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\varphi \quad [W]$$

Formula 1

Reactive power

The reactive power is the power consumed in an AC circuit due to the expansion and collapse of magnetic (inductive) and electrostatic (capacitive) fields.

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin\varphi \quad [VAr]$$

Formula 2

Apparent Power

The apparent power is the power delivered to an electric circuit.

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad [VA]$$

Formula 3

Power factor

The power factor of an AC electrical power system is defined as the ratio of the real (active) power to the apparent power.

$$\text{Power factor} = \frac{\text{Active power}}{\text{Apparent power}} = \frac{P}{S}$$

Formula 4

Power Factor Correction

When the AC load is partly capacitive or inductive, the current waveform is out of phase with the voltage. This requires additional AC current to be generated that is not consumed by the load, creating I^2R losses in power cables. Capacitors are used to supply reactive energy to inductive loads. Reactive energy must be produced as closely as possible to the loads to prevent unnecessary flow of current in the network. This is known as power factor correction.

$$Q_C = P \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2) \quad [VAr]$$

Formula 5

Connection and rating of capacitors

The reactive power of the capacitor is a function of its rated voltage and current.

$$Q_C = V_C \cdot I_C \quad [VAr]$$

Formula 6

$$Q_C = \frac{V_C \cdot V_C}{X_C} = \frac{(V_C)^2}{X_C}$$

Formula 7

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

Formula 8

f: frequency of network

Formula (7) and (8) together

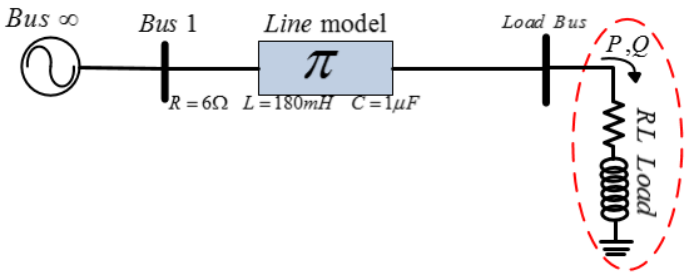
$$Q_C = (V_C)^2 \cdot \omega \cdot C = (V_C)^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C$$

Formula 9

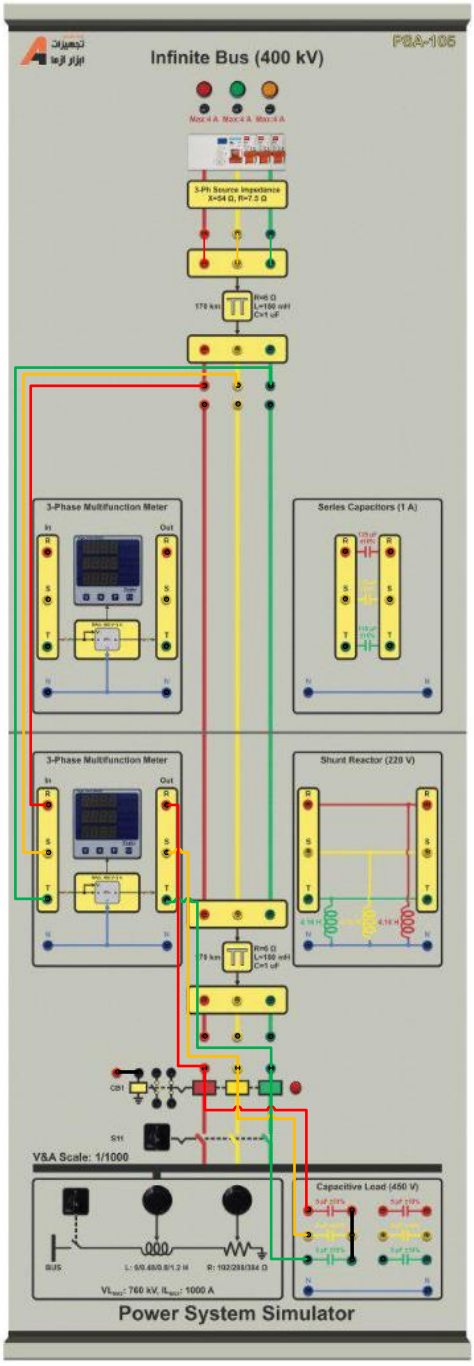
۳-۲ آزمایش و تحلیل

۳-۲-۱ تاثیر بانک خازنی بر شبکه قدرت

همانطور که می‌دانید بار سلفی، م صرف‌کننده توان راکتیو و بار خازنی، تولیدکننده توان راکتیو ا ست. قرار دادن بانک خازنی در نزدیکی محل بار سلفی در شبکه قدرت منجر می شود توان راکتیو مورد نیاز بار سلفی به کمک بانک خازنی تامین گردد و م صرف توان راکتیو شبکه قدرت کاهش یابد. به منظور برر سی جبرا: سازی خازنی، در ابتدا نمای تک خطی **Error! Reference source not found.** را با توجه **Error! Reference source not found.** پیاده‌سازی نمایید و پس از آن نتایج را در قسمت مربوطه در جدول زیر یادداشت کنید. سپس با توجه به نتایج بد ست آمده از این ق سمت، مقدار خازن مورد نیاز با ات صال ستاره برای د ستیابی به ضریب توان ۰,۹ پس‌فاز را بدست آورید و سپس با قرار دادن بانک خازنی طراحی شده نسبت به تکمیل موارد خواسته شده در جدول ۳-۱ اقدام نمایید.



شکل ۳-۱ نمای شبکه قدرت مورد مطالعه با بار RL



شکل ۳-۲ نحوه پیاده‌سازی آزمایش اصلاح ضریب توان در آموزنده یکپارچه

جدول ۳-۱ نتایج آزمایش قبل و بعد از جبرانسازی

پارامتر مورد اندازه‌گیری		مقاومت بار اندوکتانس بار Ω۲۸۸ ۱,۲H	Ω۲۸۸ ۱,۲H
		قبل از جبرانسازی	**بعد از جبرانسازی**
ولتاژ بار	**خط**		
	فاز		
جریان بار	**خط**		
	فاز		
ضریب توان بار			
توان راکتیو بار			
توان اکتیو بار			
تلفات خط انتقال			
اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان خط			

۳-۲-۲ سوالات آزمایش

۱- چرا از لحاظ اقتصادی، قرار دادن بانک خازنی به نفع تولیدکننده و مصرف کننده است؟

۲- مقدار مورد نیاز بانک خازنی با اتصال مثلث برای دستیابی به ضریب توان ۰,۹۵ پس‌فاز را بدست آورید

۴ معرفی رله چندکاره شرکت وبکو (Vebco)

هدف: آشنایی با رله چند کاره AMR-M شرکت Vebko

۴-۱ مقدمه:

برخی اصطلاحات اساسی مورد استفاده در رله ها:

۱- رله حفاظتی یا protective relay وسیله ای است الکتریکی جهت حفاظت تجهیزات شبکه قدرت در برابر خطاها یا شرایط غیرعادی عملکرد.

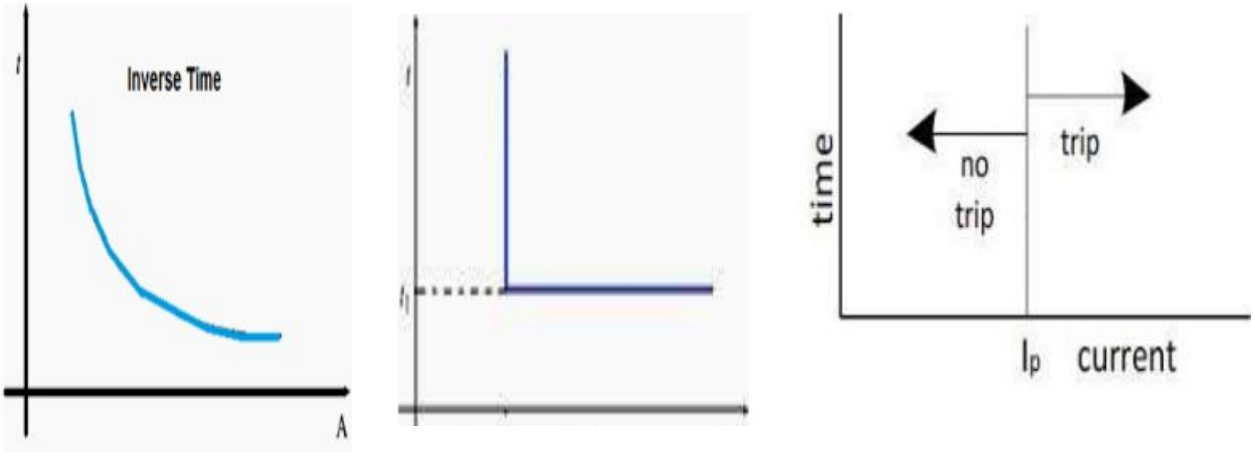
۲- مقدار کمیت تحریک رله یا pick up، وقتی یک رله از وضعیت تحریک نشده به وضعیت تحریک خود در می آید. مقدار کمیت در شرایط آستانه اتصال را مقدار pickup می گویند.

۳- مقدار کمیت برگشت رله یا Drop out، وقتی است که یک رله از وضعیت تحریک شده به وضعیت تحریک نشده برگشت می نماید. مقدار کمیت تحت حفاظت در این شرایط را مقدار drop out می گویند.

۴- زمان برگشت رله یا resetting time مدت زمانی است که طول می کشد تا رله عمل کرده به وضعیت عادی خود برگردد.

۵- زمان عملکرد رله یا operating time مدت زمانی است که بین لحظه وقوع خطا و عملکرد رله در قطع یا وصل کلید به طول می انجامد.

سه نوع رله اضافه جریان شامل: حفاظت لحظه ای اضافه جریان، حفاظت زمان ثابت اضافه جریان و حفاظت زمان معکوس اضافه جریان مورد استفاده قرار می گیرند. در شکل های زیر منحنی زمان جریان، این سه نوع نمایش داده شده اند.



ج ب الف

شکل ۴-۱ منحنی زمان- جریان، الف) حفاظت لحظه‌ای؛ ب) حفاظت زمان ثابت؛ ج) حفاظت زمان معکوس اضافه جریان

۲-۴ معرفی رله چندکاره وبکو

رله جریانی مدل AMR-M شرکت Vebko به منظور حفاظت خطوط انتقال، موتورهای الکتریکی و تجهیزات شبکه مورد استفاده قرار می گیرد. در شکل زیر نمای ظاهری رله نشان داده شده است.

شکل ۴-۲ شکل ظاهری رله چندکاره شرکت وبکو

۳-۴ مشخصات سخت‌افزاری رله چندکاره AMR-M

در ادامه جدول معرفی مشخصات اصلی اجزای سخت افزاری ارائه شده است.

جدول ۴-۱ معرفی مشخصات سخت‌افزاری رله چندکاره AMR-M

Auxiliary Voltage	DC	60/220	50-230
	AC	115/230	100-240
	Power Consumption	Quiescent	4.9 VA
		Energized	6.3 VA
	Backup time during loss/short-circuit of auxiliary voltage	> 200 ms at 115/230 Vac	
Binary inputs	Voltage Range	24-250 V DC	
	Pickup threshold for rated control voltage DC	24/48/60/110/125 V	
		110/220/250 V	
	Response Time/Drop-out time	3.5 ms	
	Burden	0.52 VA	
Binary outputs	Make	1000 W/VA	
	Carry	5 A Continuous	
	Break	30 VA	
		40 W resistive	
		25 VA at L/R ≤50ms	
	Rated Contact voltage	≤ 250 V DC or ≤ 240 V AC	
	permissible current per contact	5 A Continuous	
		30 A for 0.5 s(Inrush current)	

Accuracy	Protection threshold	± 2 %	
	Time delay	± 3 % with a minimum of 10 ms	
	measurement	± 2 % at In	
Current transformer	Rated current	1/5 A (settable)	
	Power Consumption	1A	0.007 VA per phase
		5A	0.05 VA
	Overload capability	Thermal(rms)	100 × In for 1 s
			30 × In for 10 s
			4 × In Continuous
		Dynamic(peak)	250 × In (half cycle)
	Recommended primary	5p10, 5VA	
		10p10, 2.5 VA	
Voltage transformer	Measuring range	0 V to 170 V	
	Power Consumption	0.215 VA per phase	
	Overload capability in voltage path (phase-neutral voltage) Thermal (effective)	230 V Continuous	

۴-۴ مشخصات نرم‌افزاری رله چندکاره وبکو

مشخصات نرم افزاری و تنظیمات بخش های مختلف رله در ادامه بحث می گردند.

۴-۴-۱ حفاظت جریان زیاد زمان ثابت فازی 50-1,2,3:

جریان در توابع 50-1 , 50-2 و 50N-1 , 50N-2 میتواند مولفه اصلی و یا RMS باشد اما برای تابع 50-3 و 50N میتواند به صورت مقدار لحظه ای نیز استفاده شود.

۴-۴-۲ حفاظت جریان زیاد تاخیری فازی ۵۱:

در عملکرد این تابع که زمان-جریان معکوس می باشند، جریان مولفه اصلی یا RMS به کار گرفته شود. منحنی User Define یا هر یک از منحنی های استاندارد IEC و ANSI قابل انتخاب می‌باشد

۴-۴-۳ حفاظت جریان زیاد توالی منفی تاخیری 46-TOC و زمان ثابت 46-1,2

عملکرد این توابع بر ا ساس مقایسه جریان توالی منفی(I2) با مقدار جریان تنظیمی این تابع می با شد.تابع 46-TOC به صورت زمان – جریان معکوس می با شد و هر یک از منحنی های ا ستاندارد IEC و ANSI قابل انتخاب می‌با شد و یا به صورت USER Define تنظیم شود. مشخصه‌ی زمان ثابت شامل دو المان 46-1 و 46-2 می‌با شد. تنظیمات این دو تابع شامل جریان تنظیمی، تاخیر زمانی عملکرد و تاخیر زمانی ریست(Dropout) می‌باشد.

۴-۴-۴ توابع جریان زیاد جهت دار

در عملکرد توابع جهت دار، جریان مولفه اصلی و RMS به کار گرفته شود. مشخصه جهت دار آنها می‌تواند حدود 180_+ درجه چرخش دا شته با شد. برای المان جهت دار زمین، کاربر می تواند انتخاب کند که جهت خطا با ا ستفاده از سیستم توالی صفر تعیین شود و یا از کمیت‌های توالی منفی استفاده شود.جهت تشخیص خطا میتواند Forward و یا Reverse انتخاب شود.

۴-۴-۵ تابع جریان زیاد جهت دار تاخیری فازی 67-TOC و زمین 67N-TOC

برای این توابع منحنی User Define یا منحنی استاندارد IEC و ANSI قابل انتخاب می‌باشد و ریست تابع نیز می تواند Disk Emulation و یا آنی باشد و یا به صورت User Define تنظیم شود.

۴-۴-۶ تابع جریان زیاد جهت دار زمان ثابت فازی 67-1,2,3 و زمین 67N-1,2,3

این توابع هر یک دارای تنظیم جریانی و تاخیر زمانی ریست جداگانه می‌باشند.علاوه بر این برای هر یک جهت عملکرد برای تشخیص خطا جداگانه تنظیم می‌شود.تنظیم Drop-out time Delay برای پایدارسازی سیگنال پیک آپ استفاده می‌شود.

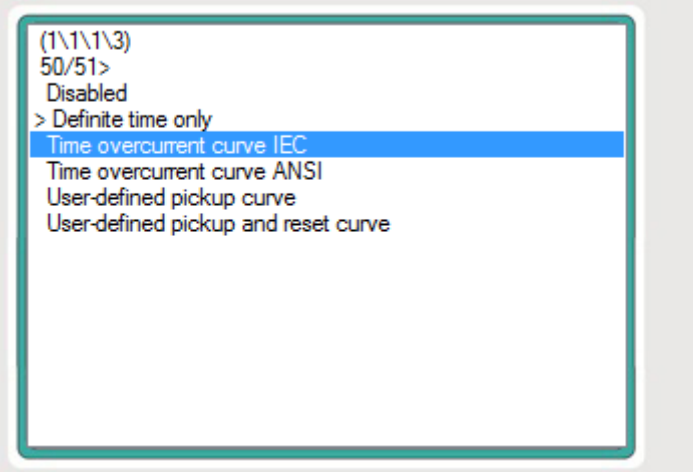
۴-۵ انجام تنظیمات اساسی رله چندکاره وبکو

رله چندکاره AMR-M شرکت وبکو دارای یک سری تنظیمات اساسی می‌باشد که فارغ از اینکه رله کدام نوع باشد؛ این تنظیمات بایستی انجام بپذیرند. در ادامه این تنظیمات بیان می‌گردند.

۴-۵-۱ انتخاب تابع

جهت انتخاب نوع عملکرد تابع از آدرس زیر می‌توانید استفاده کنید. در این قسمت نوع حفاظت رله اضافه جریان اعم از زمان ثابت یا معکوس زمانی قابل تنظیم است.

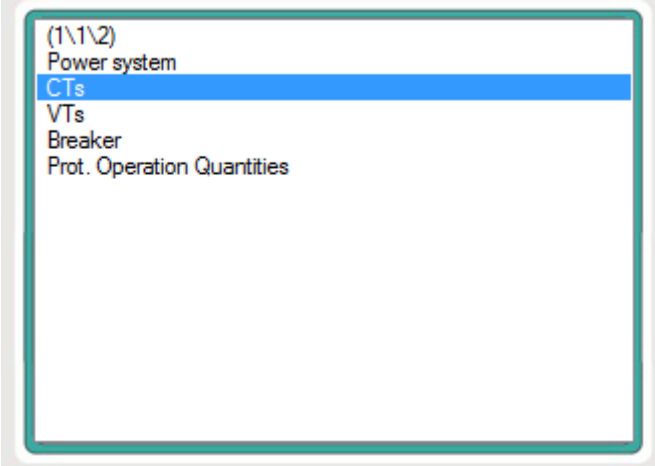
Setting menu > Setting > Devise Config > 50/51 > نوع عملکرد



۴-۵-۲ تنظیم CT & VT

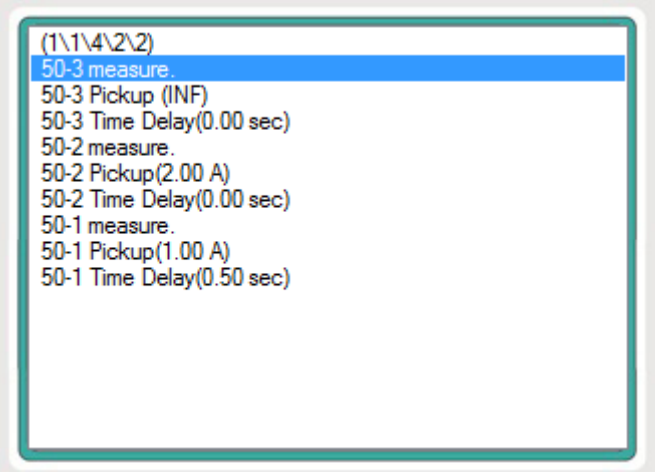
ازمسیر زیر میتوانید تنظیمات مربوط به ترانس جریان و ترانس ولتاژ را انجام دهید

Setting Menu > Setting > Power System Data1 > CTS/VTS



۴-۵-۳ تنظیم نوع اندازه گیری، حد بالا و زمان تاخیر جریان اندازه گیری

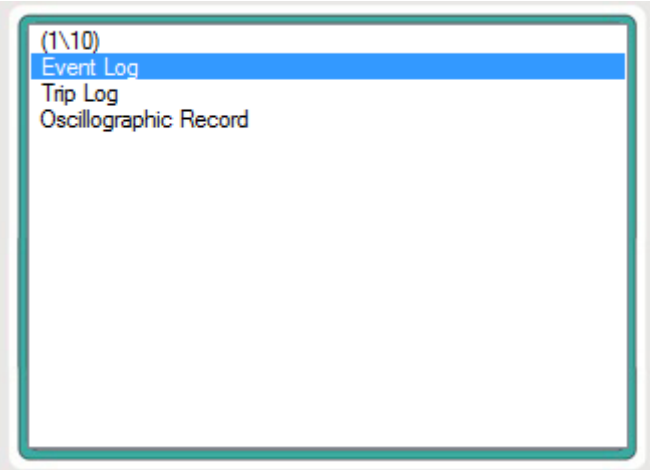
Setting Menu > Setting > Current Setting Group(A) > 50/51 ph/GND OC > 50/51 > …



۴-۵-۴ ثبت رویدادهای رخ داده

از مسیر زیر می‌توان به موارد ثبت شده رله و رویدادهای رخ داده و جزئیات آنها دسترسی پیدا نمود

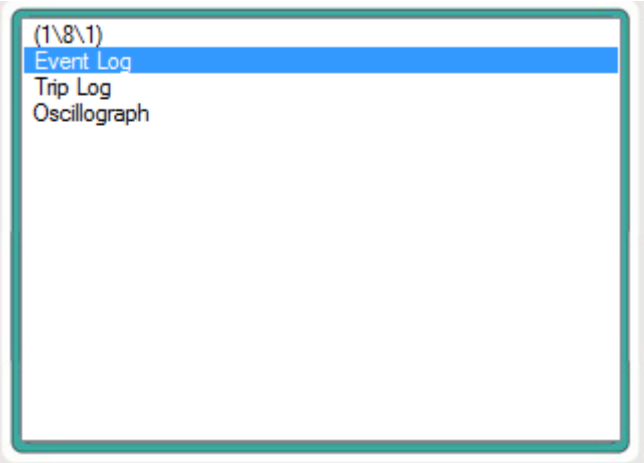
Setting Menu > Record Setting > …



۵-۵-۴ نمایش مقادیر ذخیره شده

جهت نمایش مقادیر ذخیره شده میتوان ازمسیر زیر استفاده نمود

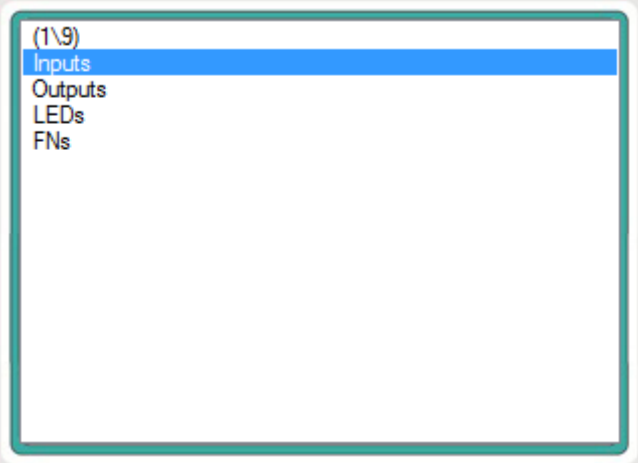
Setting Menu > Record > Display Records > …



۶-۵-۴ تنظیم ورودی،خروجی ها

جهت تنظیم ورودی، خروجی و LED ها میتوان از مسیر زیر استفاده کرد

Setting Menu > Input, Output, LED, Fnkey



۴-۵-۷ تنظیم تاریخ و ساعت

با فشردن کلید Fn و ۵ به طور همزمان وارد تنظیمات تاریخ و ساعت می شود و از آن قسمت می‌توانید تاریخ و ساعت را تنظیم کنید تا در صورت ثبت رویداد تاریخ و ساعت آن مربوط به زمان واقعی باشد.

Fn,5> Data and Time> Set Data and Time

۵ رله حفاظت اضافه جریانی در آموزنده یکپارچه

۵-۱ مقدمه

یکی از منحنی عملکردهای رله اضـافه جریان بر اسـاس منحنی عملکردی به سـه نوع زمان ثابت، زمان معکوس و لحظه‌ای تقسـیم‌بندی می‌شود. در این آزمایش رله اضافه جریان وبکو تحت دو منحنی عملکردی زمان ثابت و زمان معکوس مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵-۲ رله اضافه جریان زمان ثابت

این رله بدین صورت است که با افزایش و یا کاهش جریان، رله در نقطه خاص جریانی و در زمان تاخیر تنظیمی مدار را قطع می کند.

۵-۲-۱ تنظیمات رله جریان زمان ثابت

۱- انتخاب نوع تابع و تنظیم جریان و زمان:

برای انتخاب تابع زمان ثابت به آدرس زیر رفته و تابع Definite time only را انتخاب کنید

Display Setting Menu > Setting > Device Config > 50/51 >

برای تنظیم حداکثر جریان و تاخیر زمانی لازم برای هر فاز از آدرس زیر استفاده کنید

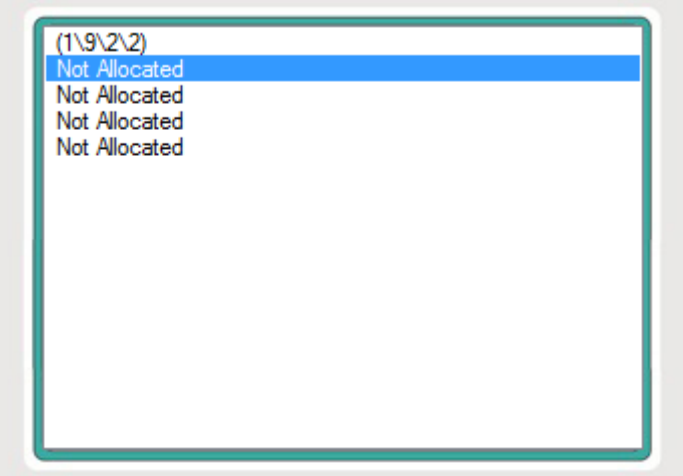
Display Setting Menu > Setting > Current Setting Group(A) > 50/51 Ph/Gnd OC > 50 >

۲-تنظیم وضعیت خروجی ها

جهت تنظیم خروجی سوم از آدرس زیر استفاده کنید

Display Setting Menu > Setting >Input.Output.LED.FnKey > Outputs > Output 003 >

در این قسمت ۴ عملکرد را میتوانید به طور موازی برای خروجی سوم تعریف کنید. با انتخاب عملکرد اول و تنظیم بر روی trip 50-1 از زیر منوی over current 50/51 و حالت latch آزمایش زیر را انجام دهید. حالت Latch بدین معناست که رله بعد از آنکه تحریک شد و خروجی آن تریپ داد در همان وضعیت باقی می‌ماند تا آنکه خروجی ریست شود.



۵-۲-۲ آزمایش و تحلیل

جهت بررسی عملکرد رله اضافه جریان وبکو در ابتدا مدار زیر را در حالت بار کامل پیاده سازی کنید.

از انتهای کلید S12 به ورودی CT های رله (1A,2A,3A) و از خروجی CT ها (1B,2B,3B) به ورودی ترانس ولتاژ (1A,2A,3A) متصل شود و ترمینال‌های (1B,2B,3B) به صورت ستاره به یکدیگر متصل می شوند. از ورودی ترانس ولتاژ به ترمینال های با سبار متصل می شود. فرمان CB1 توسط کنتاکت بسته Binary output(A3-C3) اعمال می‌شود. باید در تنظیم رله دقت شود و قبل از ایجاد خطا تنظیمات رله را چک کنید.

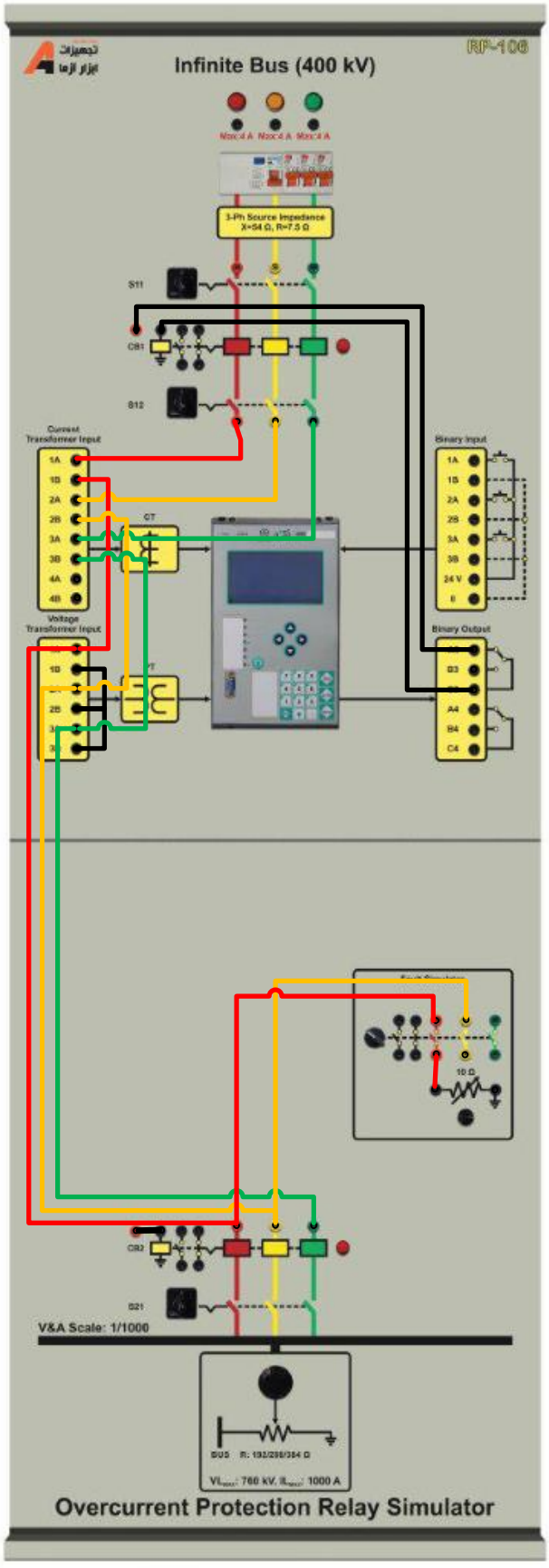
خطای تکفاز به زمین از طریق Fault simulator رخ می‌دهد. باید دقت شود که بعد از هر بار ایجاد خطا و قطع کردن رله کلید Fault Simulator را در وضعیت صفر قرار دهید و خروجی Output 3 را در حالت not allocate و سپس دو باره تنظیم کنید تا رله تغییر وضعیت بدهد. جدول زیر را کامل کنید

با تغییر مقاومت اتصال کوتاه تکفاز به زمین، زمان قطع رله چه تغییری می‌کند؟

در قسمت Current Setting Group(A) سایر خطاها را انتخاب کنید و آزمایش فوق را مجددا تکرار کنید. برای رخ داد خطا از قسمت Fault simulator استفاده می‌شود.

جدول ۵-۱ نتایج حاصل از آزمایش رله اضافه جریان زمان ثابت

جریان تنظیمی Pickup	جریان قطع	اندازه‌گیری زمان قطع در ۵ ثانیه
.5		
0.6		
0.7		
0.8		



شکل ۵-۱ نحوه پیاده‌سازی آزمایش حفاظت اضافه جریان با رله وبکو

۵-۳ رله اضافه جریان زمان معکوس

یکی از منحنی عملکردهای رله تابعی از زمان می باشد و با افزایش جریان در زمان های کوتاه تری اقدام به قطع می کنند.

تنظیمات و نحوه انجام این آزمایش دقیقا مشـــابه آمایش رله اضـــافه جریان زمان ثابت اســـت و تنها در انتخاب نوع تابع عملکردی رله اختلاف دارند.

۵-۳-۱ تنظیمات رله جریان زمان معکوس

۱- انتخاب نوع تابع و تنظیم جریان و زمان:

برای انتخاب تابع زمان ثابت به آدرس زیر رفته و تابع Time overcurrent curve IEC را انتخاب کنید

Display Setting Menu > Setting > Device Config > 50/51 >

برای تنظیم حداکثر جریان و تاخیر زمانی لازم برای هر فاز از آدرس زیر استفاده کنید

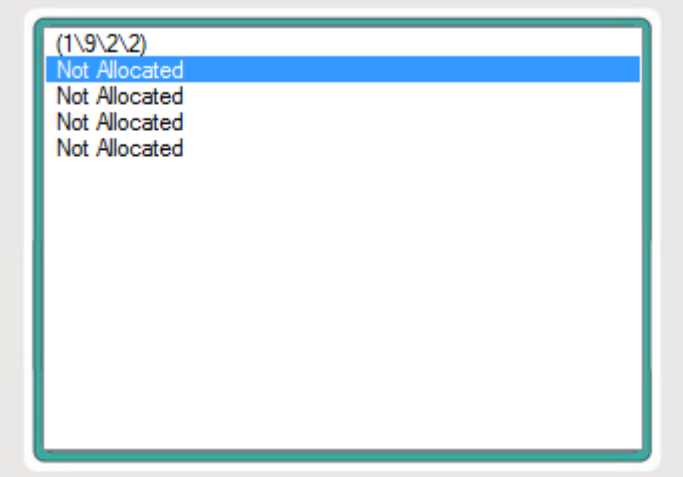
Display Setting Menu > Setting > Current Setting Group(A) > 50/51 Ph/Gnd OC > 50 >

۲-تنظیم وضعیت خروجی ها

جهت تنظیم خروجی سوم از آدرس زیر استفاده کنید

Display Setting Menu > Setting >Input.Output.LED.FnKey > Outputs > Output 003 >

در این قسمت ۴ عملکرد را میتوانید به طور موازی برای خروجی سوم تعریف کنید. با انتخاب عملکرد اول و تنظیم بر روی trip 50-1 از زیر منوی over current 50/51 و حالت latch آزمایش زیر را انجام دهید. حالت Latch بدین معناســت که رله بعد از آنکه تحریک شــد و خروجی آن تریپ داد در همان وضعیت باقی می‌ماند تا آنکه خروجی ریست شود.



۵-۳-۲ آزمایش و تحلیل

مدار این آزمایش دقیقا مشابه آزمایش رله اضافه جریان زمان ثابت است.

از انتهای کلید S12 به ورودی CT های رله (1A,2A,3A) و از خروجی CT ها (1B,2B,3B) به ورودی ترانس ولتاژ (1A,2A,3A) متصـل شود و ترمینال‌های (1B,2B,3B) به صورت ستاره به یکدیگر متصل می شوند. از ورودی ترانس ولتاژ به ترمینال های با سبار متصل می

شـود. فرمان CB1 توسـط کنتاکت بسـته Binary output(A3-C3) اعمال می‌شـود. باید در تنظیم رله دقت شـود و قبل از ایجاد خطا تنظیمات رله را چک کنید.

خطای تکفاز به زمین از طریق Fault simulator رخ می‌دهد. باید دقت شـود که بعد از هر بار ایجاد خطا و قطع کردن رله کلید Fault Simulator را در وضـعیت صـفر قرار دهید و خروجی Output 3 را در حالت not allocate و سـپس دو باره تنظیم کنید تا رله تغییر وضعیت بدهد. جدول زیر را کامل کنید

با تغییر مقاومت اتصال کوتاه تکفاز به زمین، زمان قطع رله چه تغییری می‌کند؟

در قسـمت Current Setting Group(A) سـایر خطاها را انتخاب کنید و آزمایش فوق را مجددا تکرار کنید. برای رخ داد خطا از قسـمت Fault simulator استفاده می‌شود.

جدول ۵-۲ نتایج حاصل از آزمایش رله اضافه جریان زمان معکوس

جریان تنظیمی Pickup	جریان قطع	اندازه‌گیری زمان قطع در ۵ ثانیه
.5		
0.6		
0.7		
0.8		

۵-۳-۳ سوالات آزمایش

۱. عملکرد رله زمان ثابت را شرح دهید

۲. تابع جریانی زمان-معکوس را توصیف کنید.

۳- نمودار جریان برحسب زمان اندازه‌گیری شده را در آزمایش زمان ثابت و زمان معکوس رسم کنید.

پیوست شماره یک

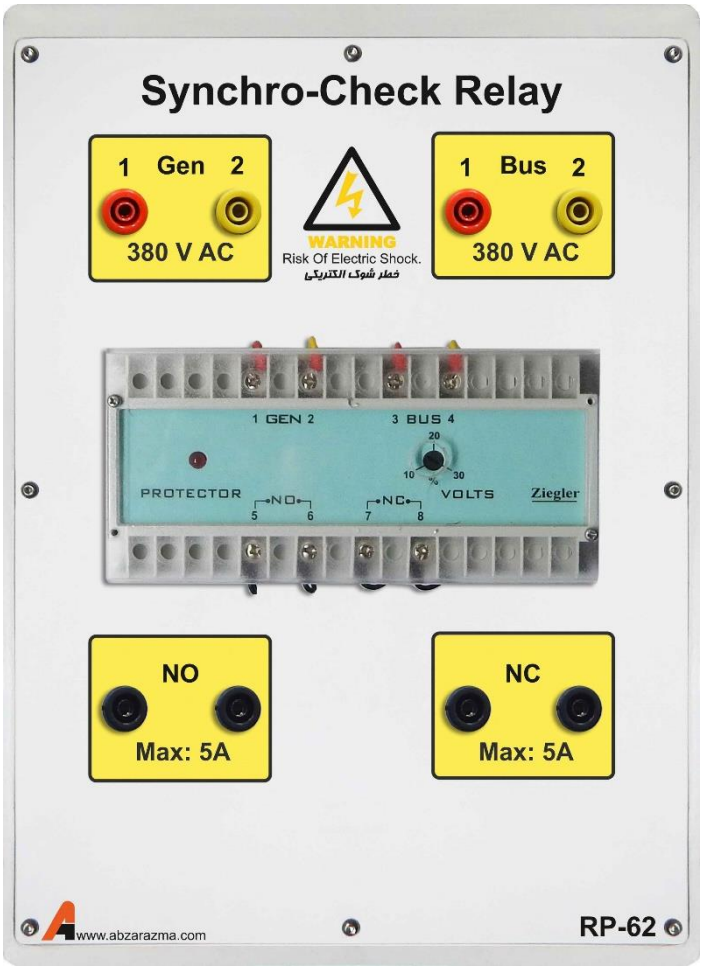
۱- رله سنکروچک

از این ماژول جهت اتصال ژنراتور سنکرون به شبکه استفاده می‌گردد. نحوه عملکرد این ماژول بدین صورت است که بایستی فازهای RS ژنراتور به ترمینال‌های ۱ و ۲ سمت Gen و فازهای RS شبکه به ترمینال‌های ۱ و ۲ سمت Bus متصل شوند. رله با نمونه‌گیری از فازهای سمت ژنراتور و شبکه زمان مناسب را برای سنکرون‌سازی تشخیص می‌دهد. لازم به ذکر است این ماژول قابلیت بررسی توالی فاز را ندارد لذا کاربر بایستی قبل از سنکرون سازی توالی فازهای ژنراتور و شبکه را با رله کنترل ولتاژ برر سی نماید و سپس به کمک این ماژول فرآیند سنکرون‌سازی را انجام دهد.

یک پیچ تنظیم برای تعیین حد مجاز اختلاف دامنه ولتاژ شبکه با ژنراتور قرار داده شده ا ست که می‌تواند از صفر تا ۳۰ در صد تنظیم شود. معمولا ۱۰ درصد اختلاف دامنه ولتاژ شبکه با ژنراتور عدد مناسبی است.

دو کنتاکت NO و NC بر روی ماژول قرار داده شده ا ست. در زمانی که اختلاف دامنه ولتاژهای شبکه با ژنراتور، کمتر از حد مجاز شود این کنتاکت‌ها تغییر وضعیت می‌دهند.

از کنتاکت NO برای تحریک بوبین ماژول مدار شکن در زمان اتصال ژنراتور به شبکه استفاده می‌گردد.

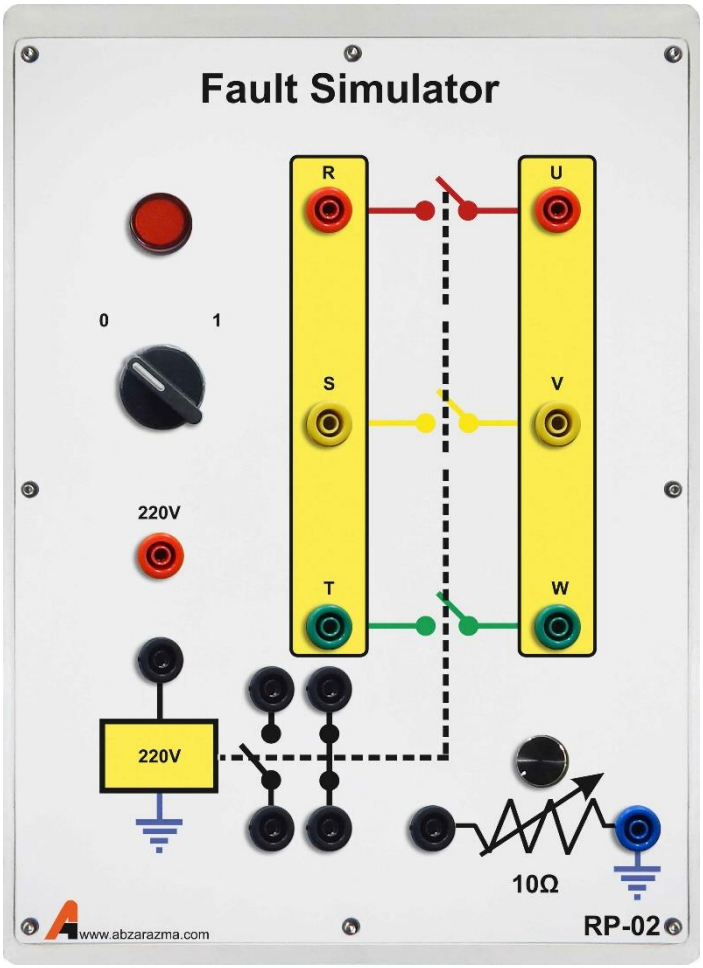


۲- شبیه‌ساز خطا

از این ماژول جهت رخداد انواع خطاهای ســه‌فاز، دو فاز، تکفاز به نول و خطای تکفاز به نول با مقاومت اتصــال کوتاه اســتفاده می‌گردد. نحوه عملکرد این ماژول بدین صورت است که یک کلید دو حالته برای اتصال ولتاژ ۲۲۰ ولت به ترمینال قرمز رنگ قرار داده شده است. اگر کلید در وضعیت یک قرار داشته باشد، اختلاف پتانسیل ترمینال قرمز تا نول ۲۲۰ ولت خواهد بود.

برای آنکه شبیه‌ساز خطا عمل نماید بایستی بوبین آن به کمک ترمینال قرمز رنگ تحریک شود. برای تحقق این امر، ترمینال قرمز رنگ به ترمینال مشکی رنگ بوبین مستقیما متصل شود. در این شرایط فاز R به U؛ S به V و T به W متصل خواهد شد. بنابراین چنانچه خطای سه فاز مورد مطالعه باشد فازهای U، V و W را به هم متصل کرده تا پس از تحریک بوبین خطای سه فاز رخ دهد.

دو کنتاکت NO و NC برای اتصال به تایمر و یا اعلام هشدار در زمان بروز خطا می‌توان استفاده نمود.

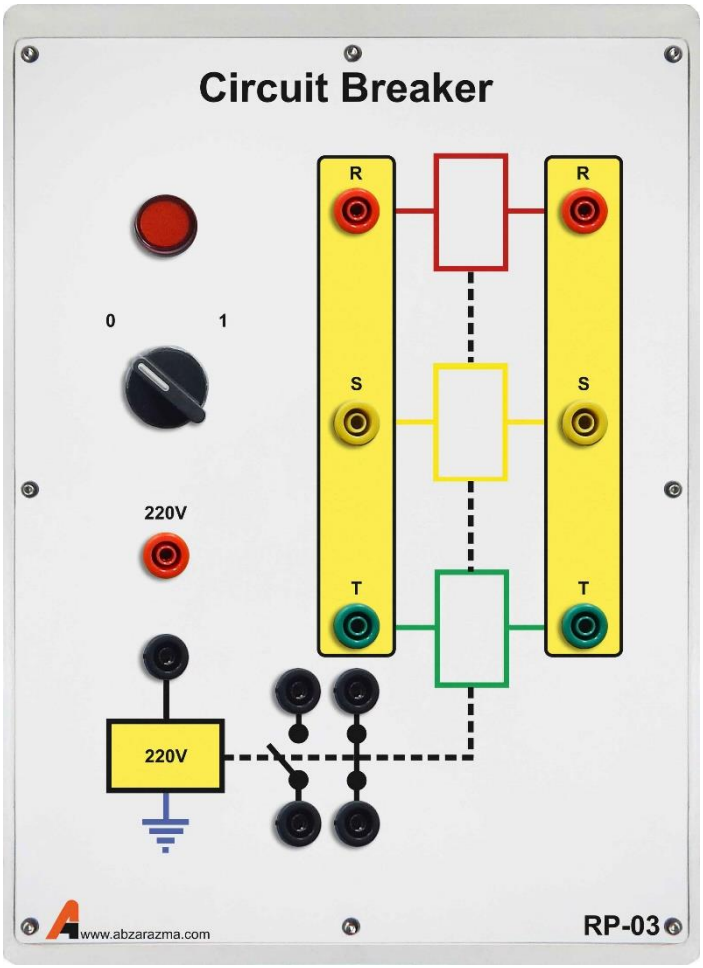


۳- مدار شکن

از این ماژول جهت اتصال ژنراتور سنکرون به شبکه به کمک رله سنکروچک و یا قطع شبکه در زمان بروز خطا استفاده می‌گردد. در هر دو حالت ترمینال قرمز رنگ به واسطه کنتاکت رله به ترمینال مشکی رنگ بوبین متصل خواهد شد.

اتصال ترمینال قرمز رنگ به ترمینال مشکی بوبین، برای سنکرون سازی ژنراتور به شبکه از طریق کنتاکت NO رله سنکروچک صورت می‌پذیرد در حالی که در رله کنترل ولتاژ و کنترل جریان از طریق کنتاکت NC متصل خواهد شد تا در صورت بروز خطا، پتانسیل از روی ترمینال مشکی رنگ برداشته شود و اتصال بخشی از شبکه قطع شود.

لازم به ذکر است با توجه به نوع رله و وضعیت کنتاکت‌های خروجی آن ممکن است آرایش دیگری برای اتصال ترمینال قرمز به ترمینال مشکی مورد استفاده قرار گیرد.

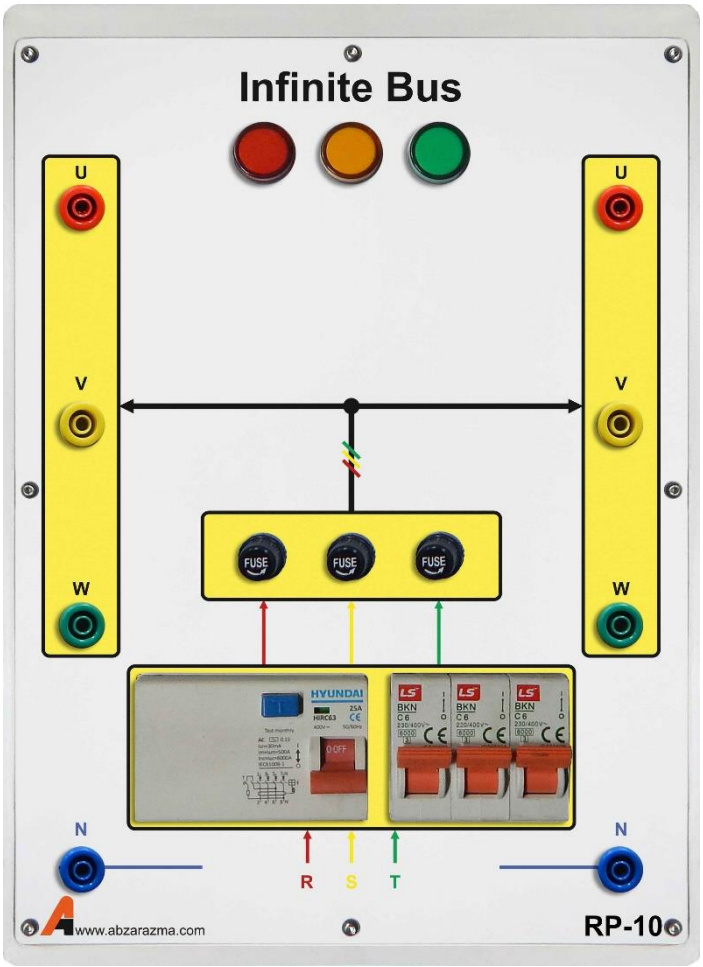


۴- مدل باس بی‌نهایت

این ماژول مدل باس اسلک یا باس بی‌نهایت شبکه است که همواره دامنه ولتاژ برابر یک پریونیت و زاویه ولتاژ صفر در نظر گرفته خواهد شد. دو خروجی سه فاز در سمت راست و چپ ماژول تعبیه شده است تا به سادگی در سیم‌بندی کمک کند.

یک فیوز محافظ جان به منظور قطع ولتاژ خروجی ماژول در زمان وجود جریان نشتی و جلوگیری از برق‌گرفتگی استفاده شده است. از سه فیوز تکفاز مینیاتوری برای تعییر وضعیت اتصال فازهای خروجی و سه فیوز شیشه‌ای برای بالابردن حفاظت در این ماژول استفاده شده است.

نکته لازم به ذکر این است که یک راکتانس محدودکننده جریان با X=54 و R=7.5 اهم به طور سری با هر فاز خروجی قرار گرفته است تا جریان اتصال کوتاه را تا ۴ آمپر محدود کند.



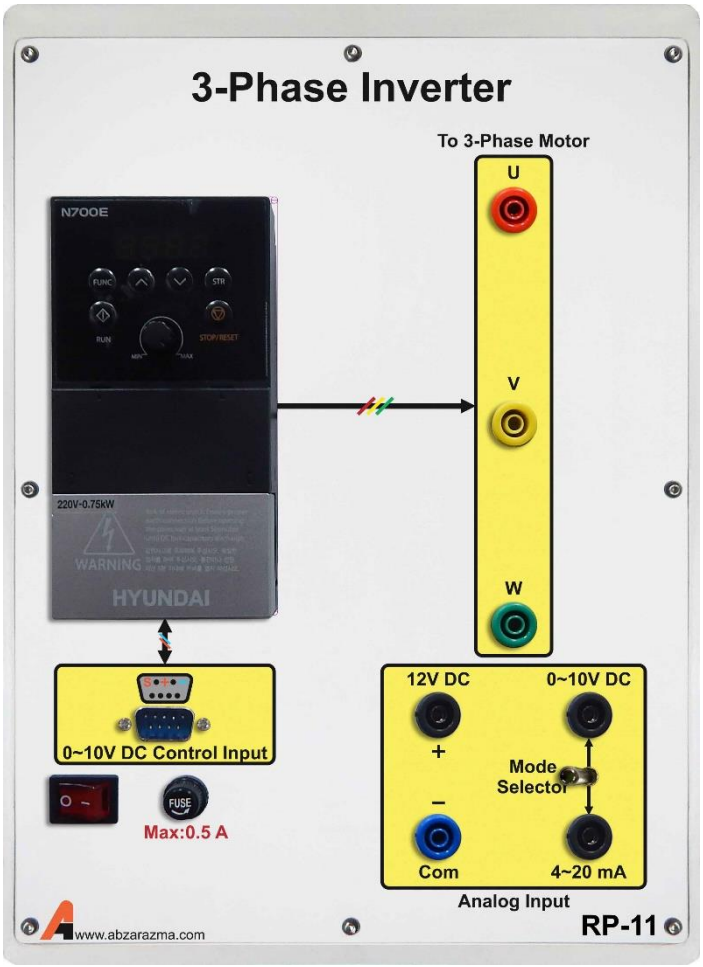
۵- اینورتر سه فاز

از این ماژول برای درایو موتور القایی کوپل شده به ژنراتور سنکرون استفاده می‌گردد. با توجه به اینکه این اینورتر از نوع تکفاز به سه فاز ا ست لذا حداکثر مقدار موثر ولتاژ خط نمی‌تواند از ۲۲۰ ولت بی شتر شود. بنابراین تو صیه اکید می‌گردد در زمان ا ستفاده از این ماژول برای موتور تحت بار، سربندی موتور القایی مثلث باشد.

این اینورتر دارای سه حالت کنترل فرکانس است:

۱- تغییر فرکانس به کمک ولوم تعبیه شده بر روی دستگاه
۲- کنترل فرکانس با سیگنال آنالوگ ولتاژی بین صفر تا ۱۰ ولت مستقیم
۳- کنترل فرکانس با سیگنال آنالوگ جریان بین ۴ تا ۲۰ میلی آمپر

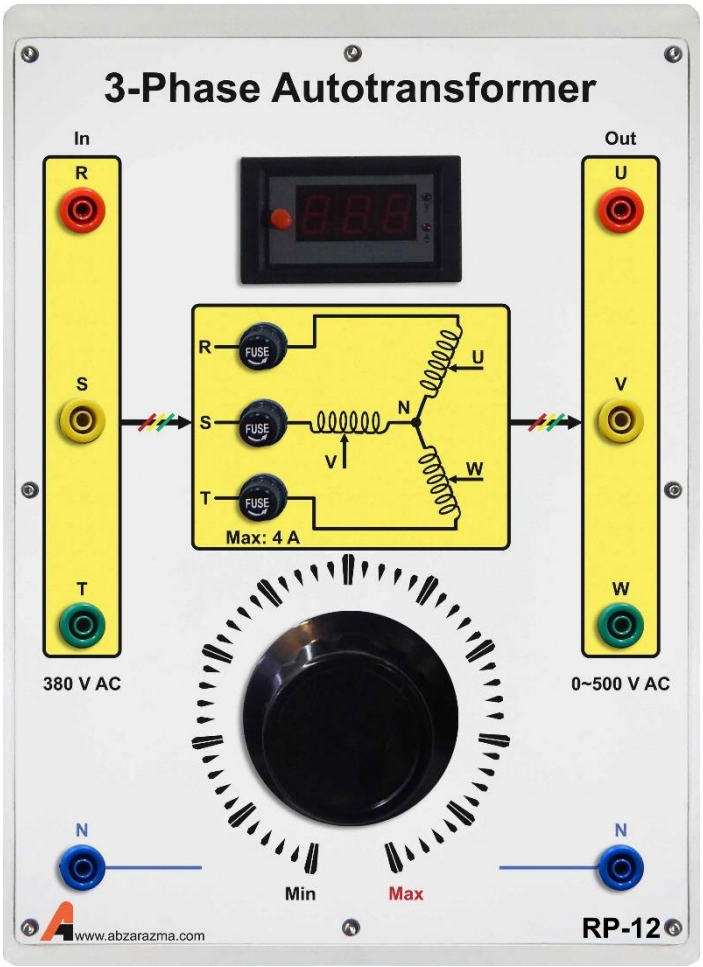
تمهیدات لازم جهت بهره‌گیری از اینورتر در مدارات کنترل سرعت با وجود کنترلر PID در نظر گرفته شده است و با توجه به درخواست سفارش دهنده امکان توسعه آموزنده وجود دارد. لازم به ذکر است در حالت پیش فرض تغییر فرکانس به کمک ولوم صورت می‌پذیرد.



۶- اتوترانسفورماتور سه فاز

از این ماژول به عنوان یک منبع AC سه فاز با دامنه متغیر استفاده می‌گردد. برای استفاده از این تجهیز، سه فاز ورودی آن را که در سمت چپ ماژول قرار گرفته، از ماژول Infinite Bus گرفته و بسته به موقعیت ولوم ولتاژ سه فاز با دامنه متغیر خواهیم داشت. یک نمایشگر برای نمایش ولتاژ خط خروجی قرار داده شده است و از سه فیوز شیشه‌ای جهت جلوگیری از سوختن سیم‌پیچ ترانس استفاده می‌گردد.

نکته لازم به ذکر این است که توصیه می‌گردد در زمان راه‌اندازی ولوم در موقعیت Min قرار داشته باشد و به تدریج دامنه ولتاژ خروجی افزایش یابد.

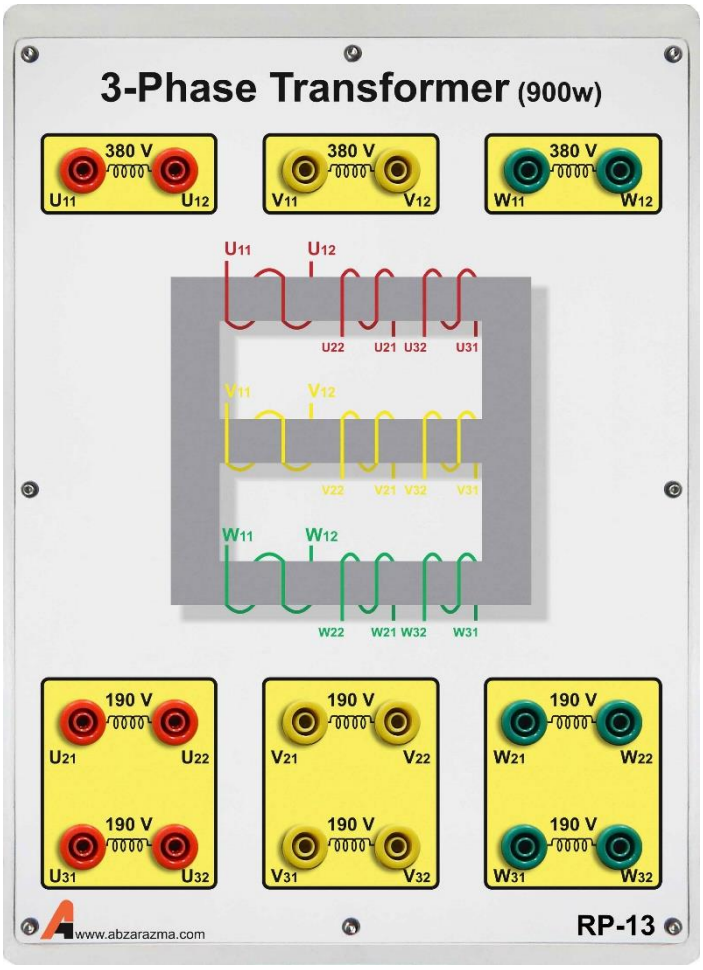


۷- ترانسفورماتور سه فاز

این ماژول یک ترانسفورماتور سه فاز با دو سیم‌پیچ سه فاز LV است که به صورت ایزوله بسته شده‌اند.

حد مجاز ولتاژ هر سیم‌پیچ سمت HV، ۳۸۰ ولت و حد مجاز ولتاژ هر سیم‌پیچ سمت LV برابر ۱۹۰ ولت است. با توجه به ماژول مربوطه امکان سربندی آرایش‌های مختلف ترانس در شبکه از جمله ستاره و مثلث وجود دارد.

حداکثر توان ترانس ۹۰۰ وات است.

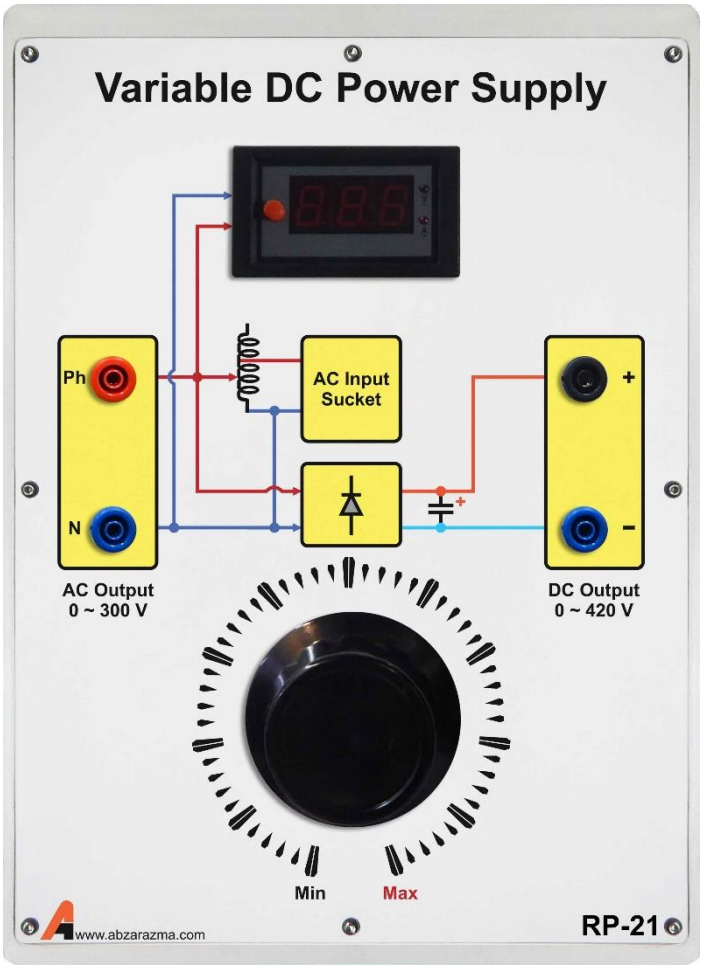


۸- منبع تغذیه DC متغیر

این ماژول دارای یک خروجی AC تکفاز بین صفر تا ۳۰۰ ولت و یک خروجی DC بین صفر تا ۴۲۰ ولت است. یک نمایشگر برای نمایش ولتاژ AC تکفاز وجود دارد. ولتاژ AC تکفاز پس از یکسوسازی با پل دیودی و کاهش ریپل با خازن، خروجی DC را تامین می‌کند.

نکته لازم به ذکر این است که قبل از راه‌اندازی حتما موقعیت ولوم در وضعیت Min قرار گرفته باشد.

از خروجی DC این ماژول جهت تحریک ژنراتور سنکرون استفاده می‌شود.



۹- مولتی فانکشن سه‌فاز

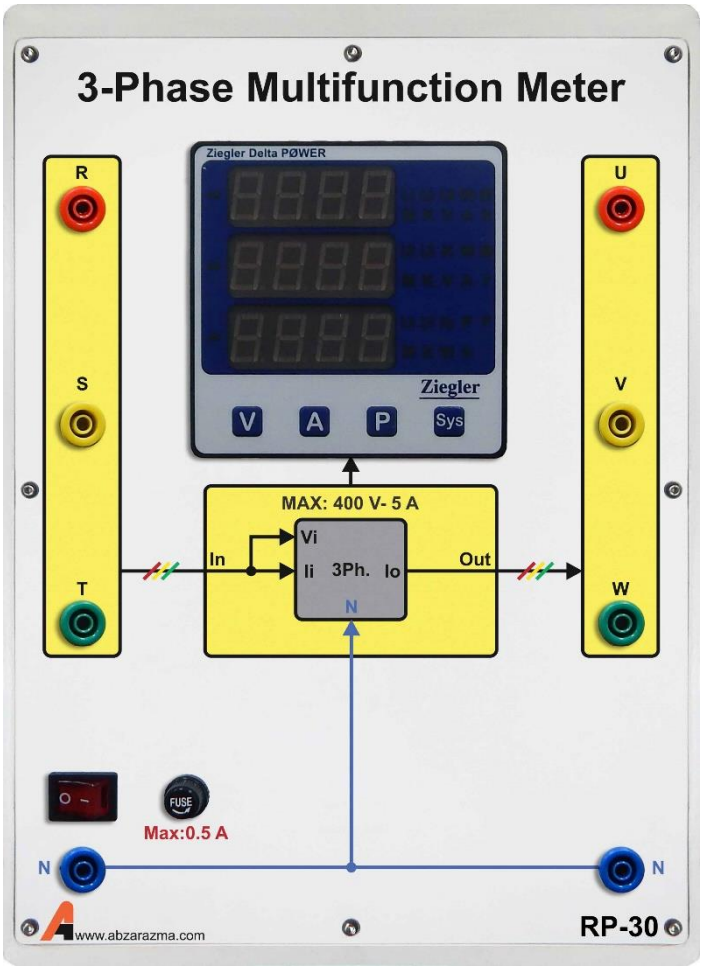
از این ماژول جهت اندازه‌گیری پارامترهای AC از قبیل ولتاژ، جریان، توان و غیره اســتفاده می‌گردد. با فشــردن دکمه V، امکان نمایش ولتاژهای فاز و خط فراهم می‌شود. با فشردن دکمه A، امکان نمایش جریان‌های هر فاز به وجود خواهد آمد.

فشردن دکمه P، امکان نمایش توان‌های اکتیو، راکتیو، ظاهری و ضریب توان را فراهم خواهد کرد و با فشردن دکمه Sys امکان نمایش ولتاژ و جریان میانگین سه فاز و همچنین فرکانس کل سیستم وجود خواهد داشت.

با فشردن همزمان V و A وارد تنظیمات مولتی فانکشن خواهد شد و امکان تنظیم CT و PT و سایر تنظیمات مربوطه وجود دارد.

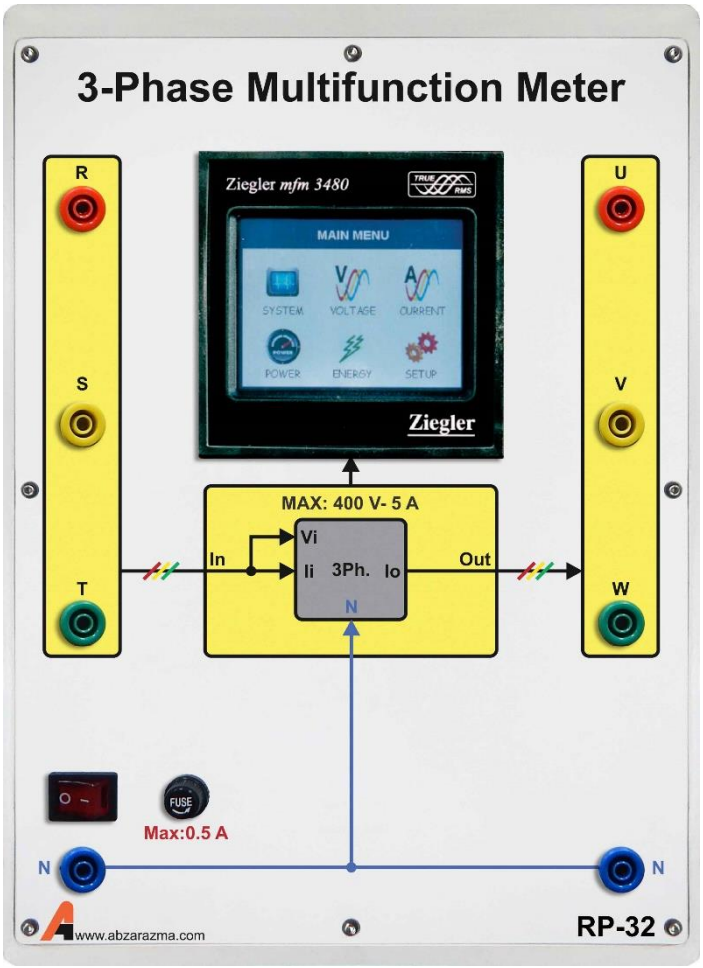
نحوه اتصال این مازول سری با مسیر عبور جریان مدار است. ترمینال‌های سمت چپ ورودی ماژول و ترمینال‌های سمت راست، خروجی ماژول هستند.

برای اندازه‌گیری پارامترهای AC تکفاز بایستی اتصال به فاز اول و نول صورت پذیرد.



۱۰- مولتی فانکشن سه‌فاز گرافیکی

قابلیت‌های این تجهیز و نحوه اتصال آن دقیقا مشابه مولتی فانکشن معمولی است با این تفاوت که امکان رسم شکل موج‌های ولتاژ، جریان و مشاهده اعوجاجهای ناشی از هارمونیکهای شبکه وجود خواهد داشت.



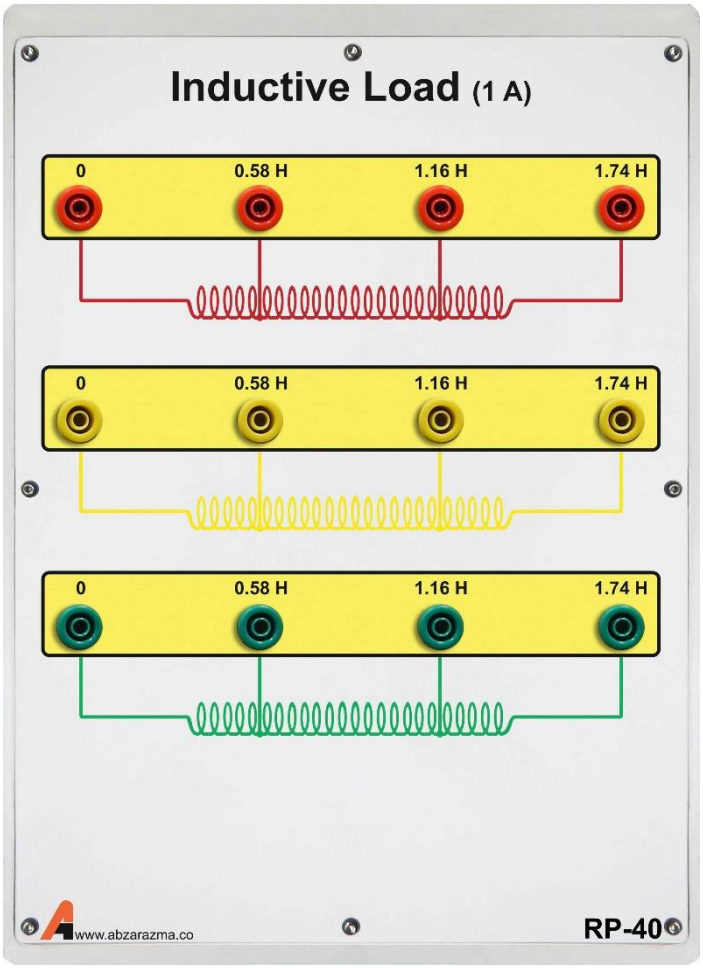
۱۱- مولتی متر

از این تجهیز برای اندازه‌گیری پارامترهای AC و DC اعم از ولتاژ، جریان، مقاومت، خازن و فرکانس و همچنین تست صحت اتصال و سلامت دیود ا ستفاده میگردد. تغذیه مولتی متر به کمک یک مدار الکترونیکی داخل ماژول تامین می‌گردد و برای رو شن شدن مولتی متر بایستی کابل پشت دستگاه وصل و کلید تغذیه ماژول در وضعیت یک قرار داشته باشد.

۱۲- بار سلفی

در این ماژول بار سلفی سه فاز دارای سه مقدار ۰,۵۸؛ ۱,۱۶ و ۱,۷۴ هانری با یک سر مشترک قرار گرفته است. بار سلفی مورد نظر با پیچش یک رشته سیم به دور هسته ورق آهن بدست آمده است.

حد بالای جریان عبوری از بار سلفی ۱ آمپر است لذا دقت شود بیش از این جریان از بار سلفی عبور نکند. با توجه به این ماژول امکان اتصال بار سلفی سه فاز به صورت ستاره - مثلث و یا موازی - سری وجود دارد.



۱۳- بار مقاومتی

در این تجهیز از ۹ عدد بار لامپی ۵۰ وات استفاده شده است. حداکثر ولتاژ مجاز هر بار ۲۲۰ ولت می‌تواند باشد و امکان سری و یا موازی کردن و همچنین اتصال ستاره یا مثلث وجود دارد.

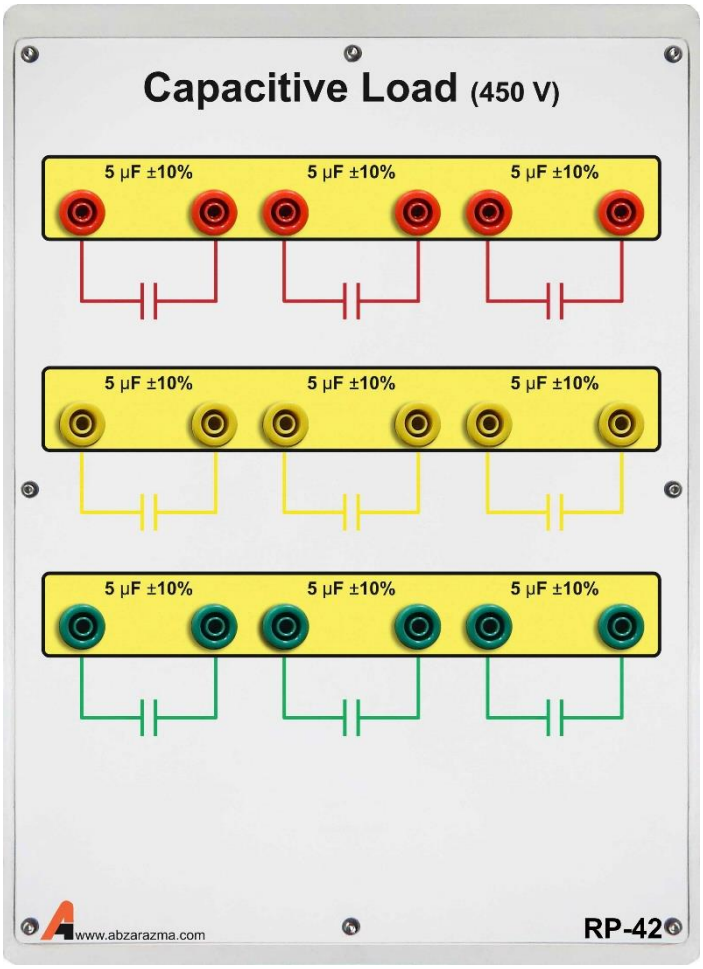
نکته لازم به ذکر این است که امکان تعویض هر یک از بارها فراهم شده است و براحتی این کار قابل انجام است. برای تعویض کافیست لامپ را به سمت بیرون بکشید و لامپ جدید را جایگزین آن نمایید.

با توجه به تلفات حرارتی بالای این لامپ‌ها یک عدد فن در داخل ماژول تعبیه شده است که توصیه اکید می‌گردد پیش از استفاده از این ماژول از روشن بودن فن اطمینان حاصل نمایید.

برای روشن نمودن فن پس از اتصال کابل پشت دستگاه کلید مربوطه را در وضعیت یک قرار دهید.

۱۴- بار خازنی

بار خازنی سه فاز دارای سه خازن ۵ میکرو فاراد در هر فاز است که امکان سری و موازی نمودن آنها و همچنین اتصال ستاره و یا مثلث بار وجود دارد. از بار خازنی برای تولید توان راکتیو در شبکه و اصلاح ضریب توان استفاده می‌گردد. حد بالای ولتاژ هر خازن ۴۵۰ ولت است.



۱۵- رله کنترل ولتاژ

رله کنترل ولتاژ مورد استفاده قابلیت تشخیص خطاهای زیر را دارا می‌باشد:

۱-خطای Under/Over ولتاژ

۲- خطای عدم تقارن ولتاژهای سه‌فاز

۳- خطای توالی سه فاز

۴- خطای قطع یک فاز

این رله پس از تشـخیص خطا به مدت زمان Delay Off صـبر می‌کند و در صـورتی که خطا برطرف نشـد، کنتاکت‌های خروجی تغییر وضعیت خواهند داد. در این شرایط می‌توان با بهره‌گیری از ماژول مدار شکن جهت قطع بخشی از شبکه در شرایط بروز خطا استفاده نمود.

در این رله امکان تنظیم دیجیتالی پارامترهای رله وجود دارد.

۱۶- رله کنترل جریان

این رله قابلیت تشخیص خطای Over/Under جریان و عدم تقارن جریان‌های سه‌فاز را دارا می‌باشد. نحوه اتصال این تجهیز بدین صورت است که جریان شبکه از سمت اولیه ترانس‌های جریان عبور می‌کند و به سمت بار جاری می شود. در این شرایط، دو سر ثانویه CT هر فاز به صورت موازی با ترمینال‌های همان فاز رله متصل خواهد شد. دو کنتاکت NC و NO قرار داده شده است که در شرایط بروز خطا تغییر وضعیت خواهند داد.

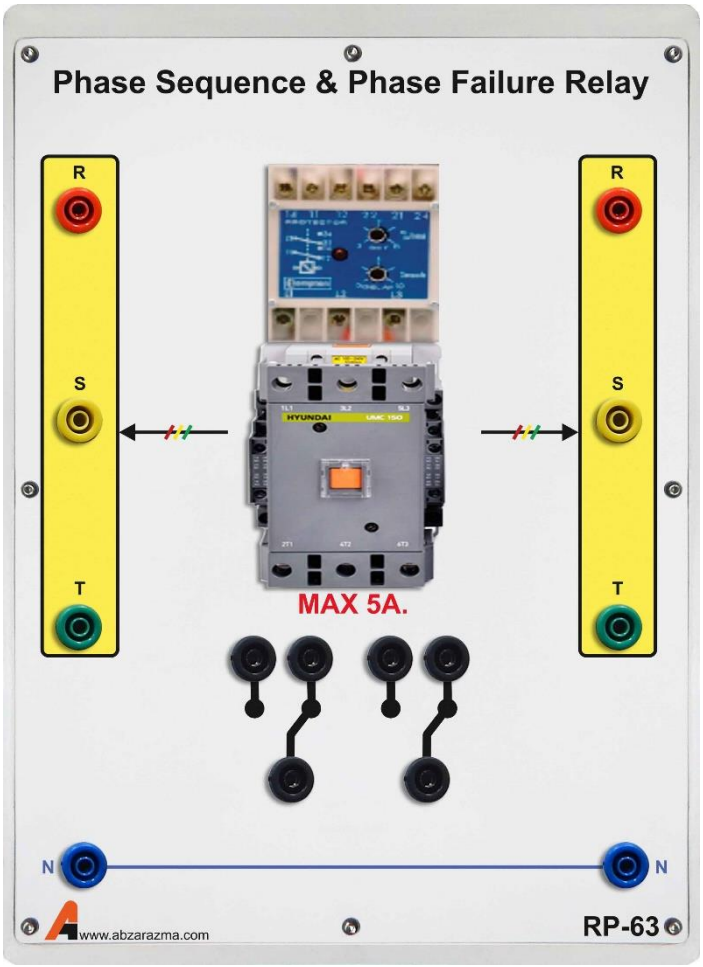
امکان تنظیم دیجیتالی پارامترهای رله وجود دارد اما بایستی دقت داشت از زمان وصل تغذیه رله تنها به مدت ۵ دقیقه امکان تنظیم پارامترها وجود دارد.

۱۷- رله کنترل توالی و قطع فاز

این رله قابلیت تشخیص خطای قطع یک فاز و یا خطای توالی فاز را دارد. نحوه اتصال این ماژول به صورت موازی با شبکه است.

دو کنتاکت بر روی این تجهیز قرار دارد تا در زمان بروز خطا با تغییر وضعیت اتصال بخشی از شبکه را قطع نمایند.

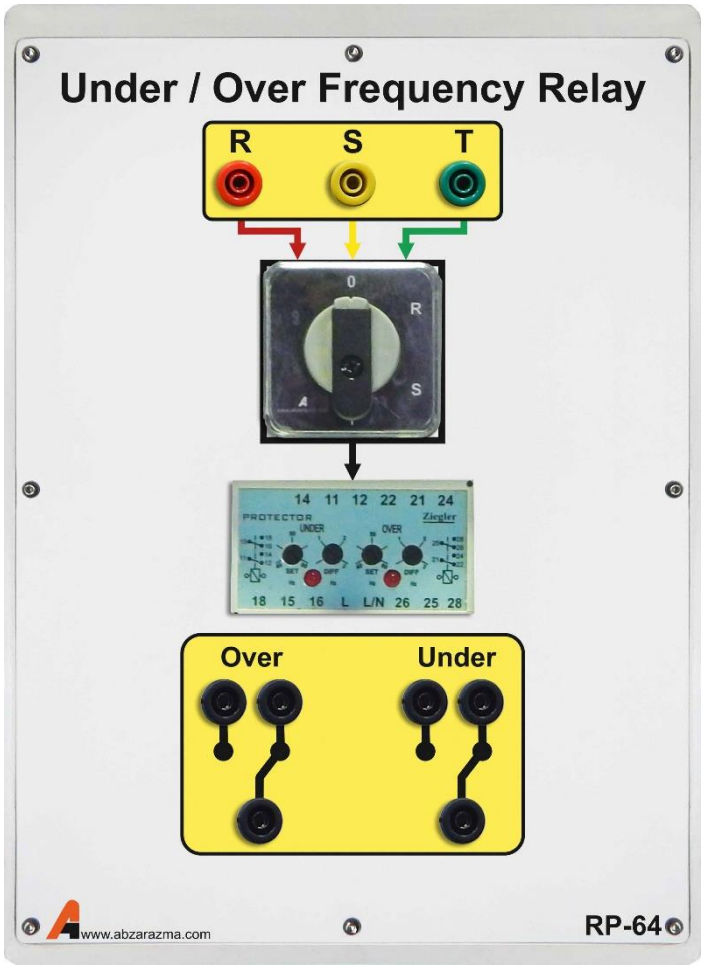
امکان تنظیم پارامترهای رله به واسطه دو پیچ تنظیم تعبیه شده بر روی رله وجود دارد.



۱۸- رله کنترل فرکانس

این رله با نمونه برداری از ولتاژ های سه فاز، قادر به تشخیص خطای Over/Under فرکانس است. یک کنتاکت خروجی رله در شرایط Over فرکانس تغییر وضعیت می‌دهد و کنتاکت خروجی دیگر در شرایط Under فرکانس تغییر وضعیت می‌دهد. ۴ پیچ تنظیم برای مشخص کردن حد بالا و پایین محدوده مجاز فرکانسی و سایر تنظیمات، بر روی رله قرار دارد.

لازم به ذکر است با توجه نحوه عملکرد رله برای حفاظت شبکه در مقابل افزایش و یا افت فرکانس لازم است بوبین ماژول مدار شکن از طریق اتصال سری هر دو کنتاکت خروجی رله تحریک شود



۱۹- رله دیفرانسیل وبکو

این رله برای حفاظت ترانس در شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است این رله نمونه آزمایشگاهی نیست و تعدادی از این رله در بخش‌هایی از شبکه قدرت ایران نصب و مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند لذا از این لحاظ با عملکرد یک رله صنعتی آشنا خواهید شد.

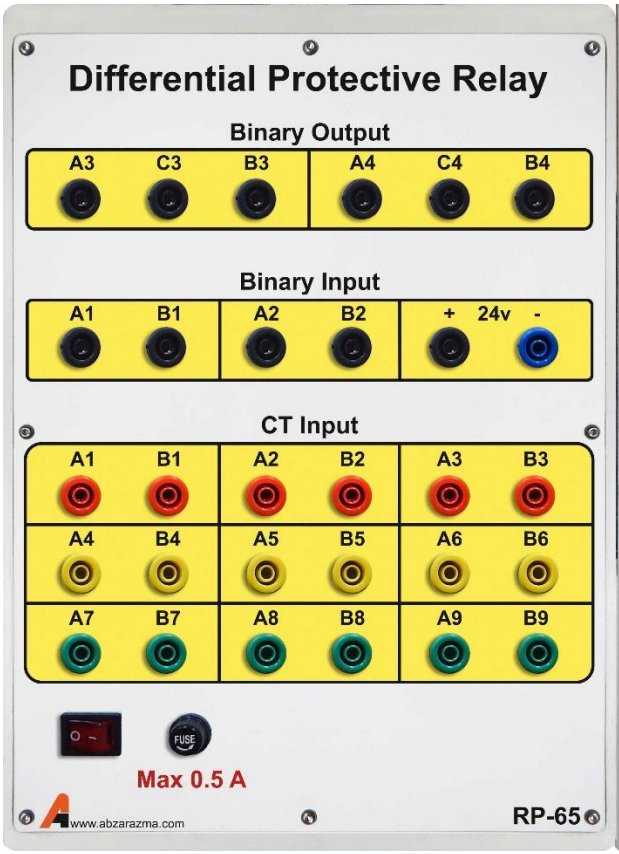
جهت ساده‌سازی اتصال رله به مدار، ترمینال‌های رله بر روی ماژول Diff. Prot. Relay دسته‌بندی شده اند تا به راحتی بتوان اتصال رله را سیم‌بندی نمود.

دو کنتاکت خروجی تحت عنوان Binary Output نامگذاری شده‌اند که برای قطع و یا وصل ماژول مدار شکن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

دو کنتاکت ۲۴ ولت در ورودی این رله قرار دارد.

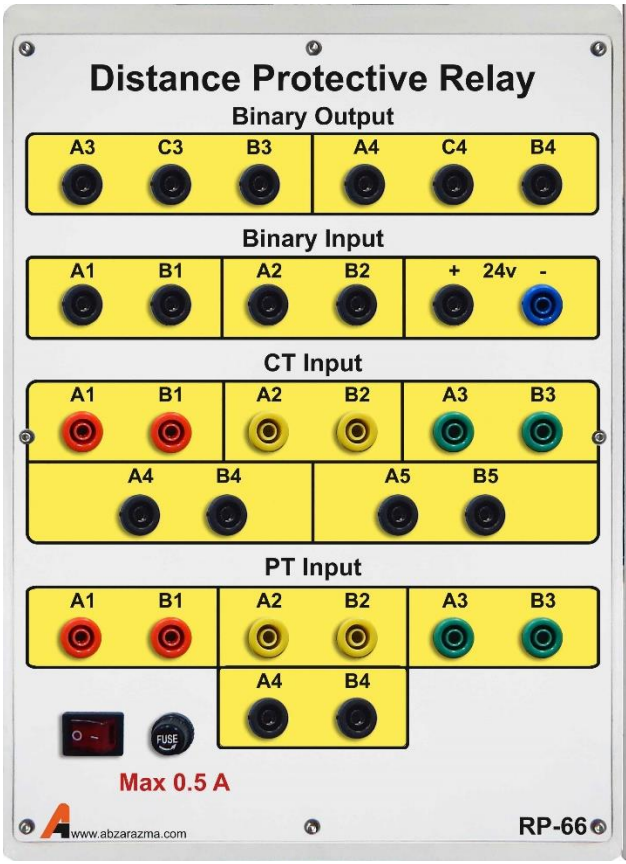
با توجه به اینکه رله از نوع دیفرانسیل است لازم است اتصال ورودی و خروجی ترانسفورماتور سه فاز از طریق سیم‌پیچ‌های اولیه ماژول CT انجام شود و سرهای ثانویه به محل CT Input رله وبکو متصل شوند.

کلیه تنظیمات رله با ورود به سر برگ Setting قابل انجام است.



۲۰- رله دیستانس وبکو

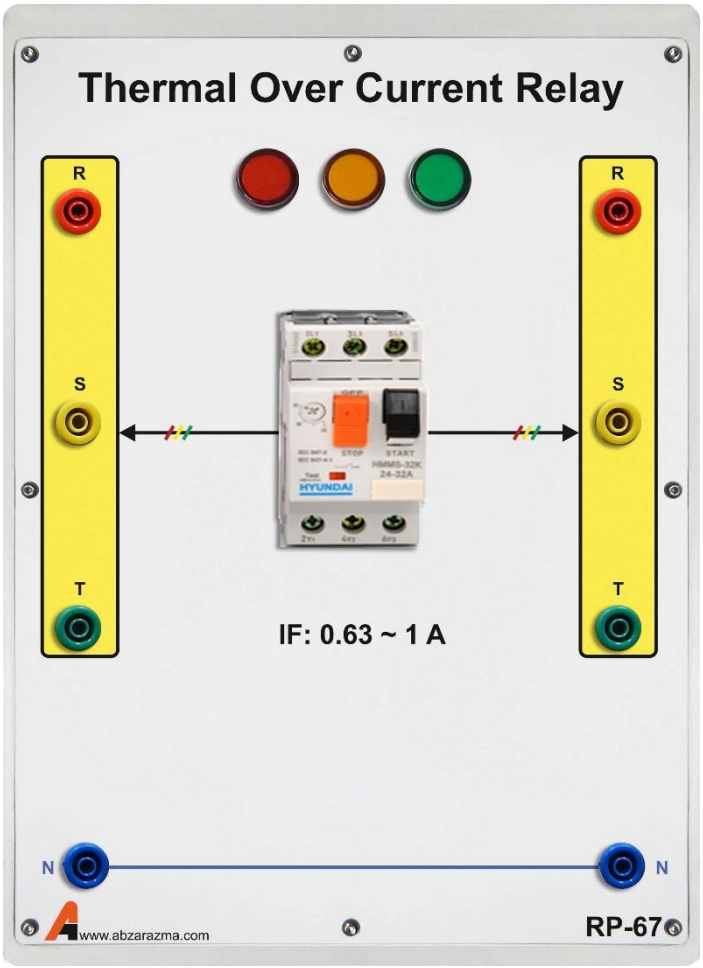
مشخصات کلی این رله مشابه رله دیفرانسیل وبکو است و تفاوت عمده در نحوه تنظیم پارامترهای رله می‌باشد. در این نوع رله نیز برای ساده شدن سیم‌بندی کانکتورهای رله بر روی ماژول Dis. Pro. Relay تعبیه شده‌اند. ثانویه ترانسفورماتور ولتاژ و جریان به بخش CT Input و PT Input متصل می‌شودو سایر تنظیمات مربوط به رله دیستانس در سربرگ Setting قابل انجام است.



۲۱- رله بیمتال

ساختار داخلی این رله از دو تیغه فلزی با ظرفیت گرمایی متفاوت تشکیل شده است. چنانچه جریان از یک آمپر بیشتر شود تیغه فلزی گرم شده و تغییر شکل می‌دهد. در این شرایط اتصال دو تیغه از یکدیگر قطع شده و در واقع رله اتصال سه فاز خروجی را قطع می‌کند.

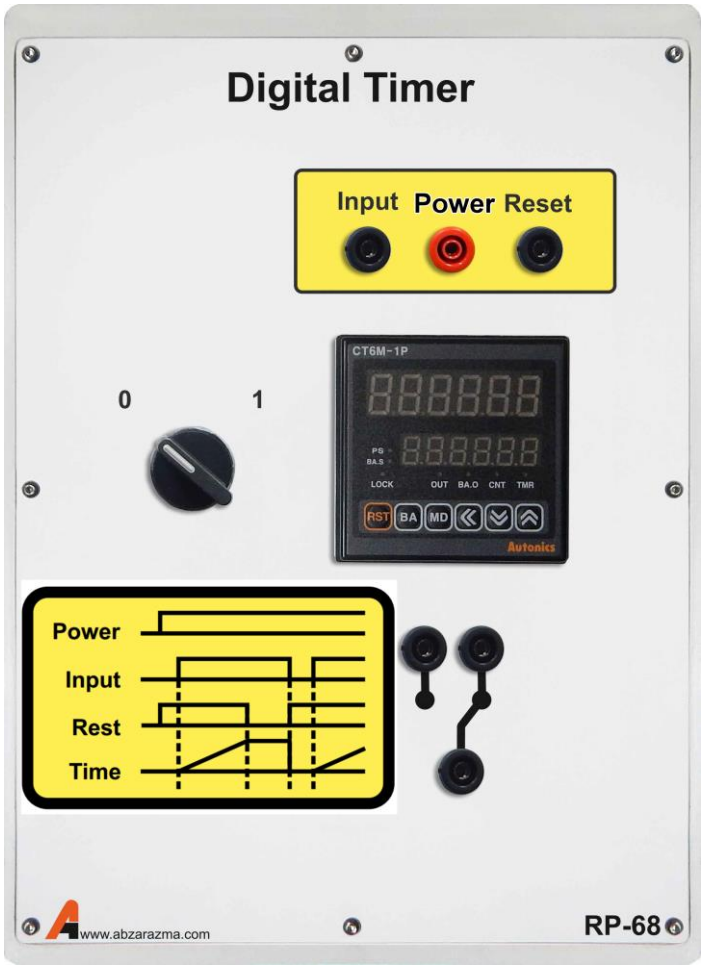
سه چراغ سیگنال برای نمایش وضعیت رله وجود دارد.



۲۲- تایمر دیجیتال

اساسا از لحظه‌ای که رله فرمان قطع را صادر می‌کند تا زمانی که کلیدهای مکانیکی عمل کرده و بخشی از شبکه را قطع می‌کنند مدت زمان اندکی طول می‌کشد. به کمک دیجیتال تایمر می‌توان این زمان مشخص نمود.

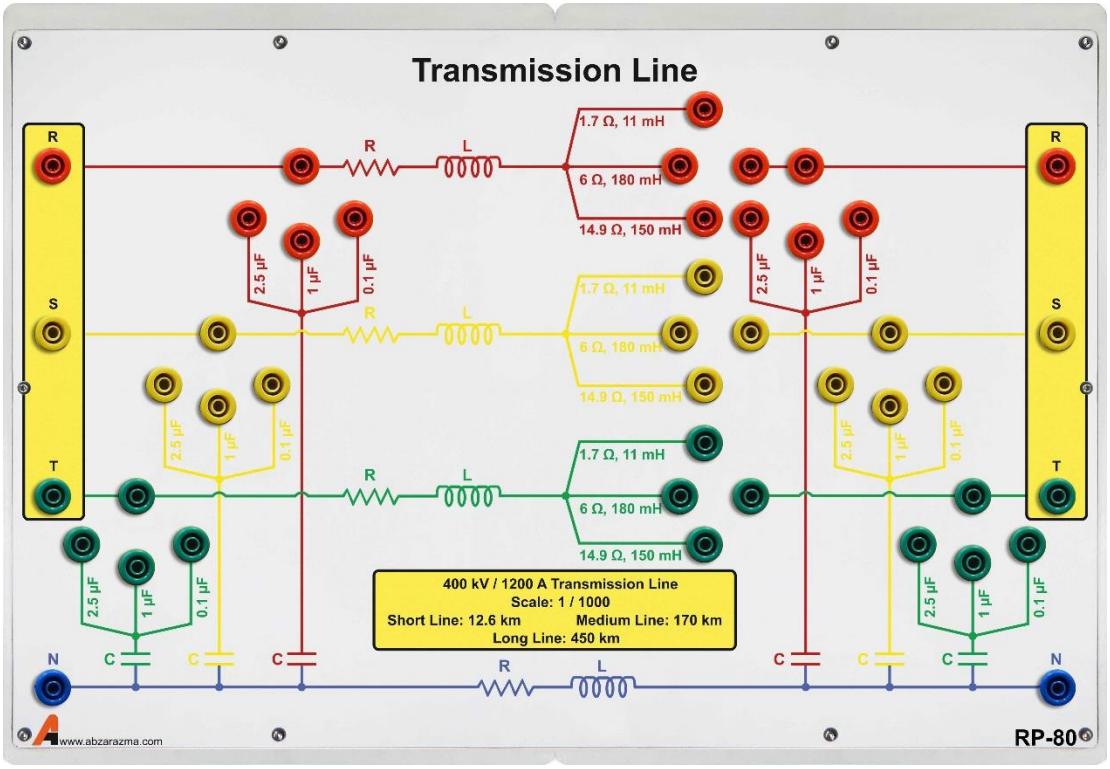
بر روی این ماژول یک ترمینال قرمز رنگ Power قرار دارد که به محض اتصال این ترمینال به پایه Input، تایمر شروع به شمارش می‌کند. برای شمارش لازم است پین reset یک شده باشد. به محض اینکه اتصال Power از reset قطع شود تایمر متوقف شده و می‌توان زمان را نگه می‌دارد



۲۳- خط انتقال سه فاز

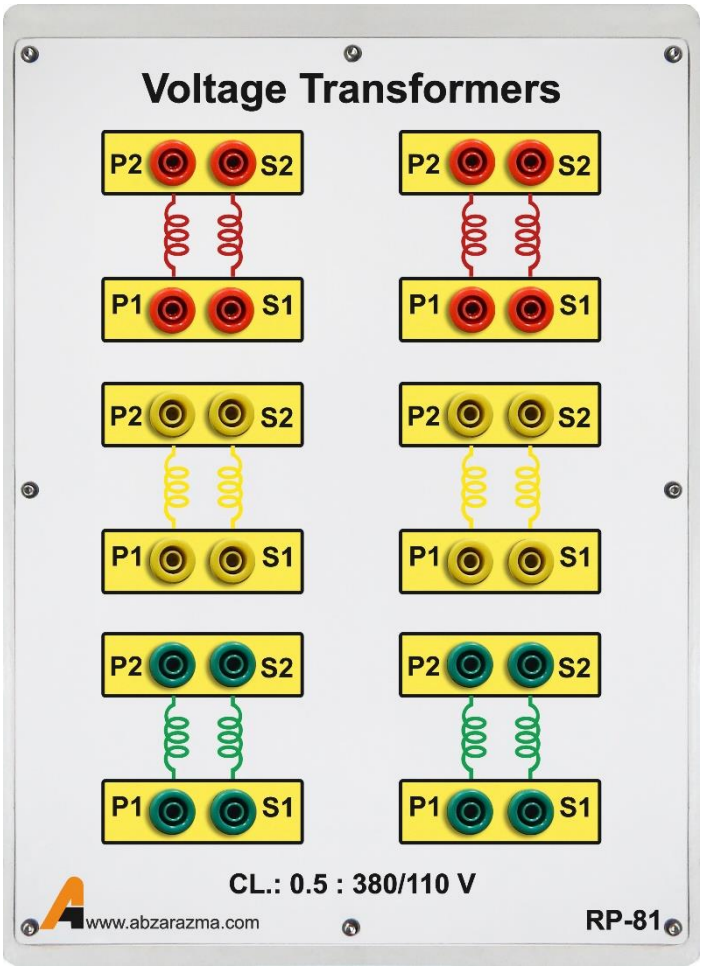
مدل خط انتقال سه فاز که قابلیت پیاده‌سازی سه خط کوتاه، متوسط و بلند را دارا می‌باشد. برای تغییر مدل خط از کوتاه به متوسط و یا بلند تنها کافیست اتصال پارامترهای خط (مقاومت و اندوکتانس سری و خازن موازی) را تغییر دهید.

پارامترهای خط بر اساس مدل واقعی سه خط کوتاه، متوسط و بلند قرار داده شده‌اند.



۲۴- ترانسفورماتور ولتاژ

دارای دو ترانسفورماتور ولتاژ هسته ورق آهن با نسبت تبدیل ۳۸۰/۱۱۰ ولت در هر فاز می‌باشد. سیم‌پیچ‌های اولیه با P1 و P2، سیم‌پیچ‌های ثانویه با S1 و S2 نشان داده شده است. حداکثر ولتاژ مجاز سمت P1 P2، ۳۸۰ ولت است.



۲۵- ترانسفورماتور جریان

دارای دو ترانسفورماتور جریان در هر فاز با نسبت تبدیل ۵ به ۵ است. مشابه ترانسفورماتور ولتاژ، سیم‌پیچ‌های اولیه با P1 و P2، سیم‌پیچ‌های ثانویه با S1 و S2 نشان داده شده است. حداکثر جریان مجاز عبوری از هر سیم‌پیچ ۵ آمپر است.