

شرکت دانش بنیان

تجهیزات ابزار آزما

نوآوری و فناوری برای توسعه



دستورکار جامع سیستم های قدرت و راه حفاظت

دستور کار ویژه دانشجو





دستور کار آزمایشگاه رله و حفاظت

اهداف:

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

پیشگفتار:

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

- پست برق ۴۰۰ کیلوولت/۱۳۲ کیلوولت/۶۳ کیلوولت
- نیروگاه تولید برق فسیلی
- مرکز دیسپاچینگ شبکه برق
- نیروگاه تولید برق مبتنی بر انرژی‌های 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 دستور 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 محاسبات در آزمایشگاه توسط 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 پیش‌گزارش راجع به مباحث جلسه جاری و گزارش تکمیل شده جلسه قبل را تحویل نماید. انجام بحث و تبادل نظر دانشجویان و مدرس کلاس راجع به نتایج حاصل از آزمایش‌ها تأثیر قابل ملاحظه‌ای 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 نسخه‌های بعدی برطرف خواهد شد.

نکات مهم:

- | | | |
|---|---|---|
| <p>از آنجا که تغذیه اصلی دستگاه با برق سه فاز شهری انجام می‌گیرد، در هنگام انجام سیم‌بندی دقت کنید که برق دستگاه قطع باشد.</p> | <p>هشدار ۱ (خطر شوک الکتریکی)</p> |  |
| <p>برای تعمیر تجهیزات از افراد واجد شرایط و با هماهنگی شرکت سازنده استفاده نمایید.</p> | <p>هشدار ۲ (خطر آسیب به دستگاه و شوک الکتریکی)</p> |  |
| <p>هیچ‌گونه اصلاح و یا تغییری در وضعیت فعلی تجهیزات مجاز نیست.</p> | <p>هشدار ۳ (خطر آسیب به دستگاه و شوک الکتریکی)</p> |  |
| <p>از سیم‌های رابط تمام عایق استفاده گردد.</p> | <p>هشدار ۴ (خطر شوک الکتریکی)</p> |  |
| <p>پیش از وصل کردن برق دستگاه، سیم‌بندی با حضور مدرس بررسی گردد.</p> | <p>هشدار ۵ (خطر آسیب به تجهیزات)</p> |  |
| <p>در هنگام کار با دستگاه از کفپوش عایق در محل نصب دستگاه استفاده گردد.</p> | <p>هشدار ۶ (خطر شوک الکتریکی)</p> |  |
| <p>به محدوده مجاز ورودی و خروجی‌های تجهیزات توجه شود و از اعمال ورودی خارج از محدوده مجاز به تجهیز خودداری شود.</p> | <p>هشدار ۷ (خطر آسیب به تجهیزات)</p> |  |
| <p>به منظور سیم‌بندی از سیم‌های رابط با رنگ‌بندی مختلف استفاده شود تا احتمال خطا به حداقل برسد.</p> | <p>هشدار ۸ (خطای احتمالی)</p> |  |
| <p>کلیه حقوق این اثر متعلق به شرکت دانش بنیان تجهیزات ابزار آزما خاورمیانه می‌باشد. هرگونه کپی برداری از این اثر، غیرقانونی بوده و پیگرد قانونی دارد.</p> |  | |

فهرست مطالب

نکات مهم:	۵
فهرست مطالب	۶
جدول راهنما	۷
آزمایشات	۷
۱ مدلهای متوسط و بلند خط انتقال قدرت و محاسبات پیونیت در آموزنده یکپارچه	۱۰
۲ بررسی عملکرد ترانس در شبکه قدرت به کمک آموزنده یکپارچه	۲۳
۳ خط انتقال در کم باری و جبرانسازی با راکتور موازی در آموزنده یکپارچه	۲۷
۴ خط انتقال در پر باری و جبرانسازی سری در آموزنده یکپارچه	۳۱
۵ اصلاح ضریب توان در آموزنده یکپارچه	۳۸
۶ پخش بار ۱: پخش بار شبکه پایه	۴۲
۷ رله کنترل جریان	۴۸
۸ رله کنترل ولتاژ در آموزنده یکپارچه	۵۶
پیوست شماره یک	۵۷

جدول راهنما آزمایشات

RP108	RP107	RP106	RP105	RP104	RP103	RP102	RP101	RP100	شماره و عنوان آزمایش
					قابل توسعه				۱- بررسی رفتار ژنراتور سنکرون
									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 تب 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
					قابل توسعه	*			۱۷- بررسی شبکه دو سو تغذیه دارای بار محلی

RP108	RP107	RP106	RP105	RP104	RP103	RP102	RP101	RP100	شماره و عنوان آزمایش
									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)

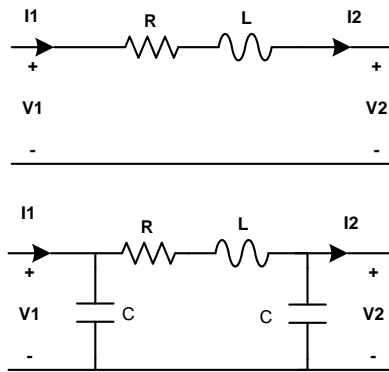


(ج)

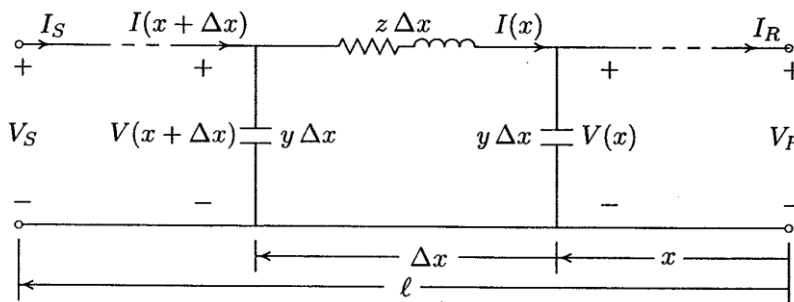
شکل ۱-۱ (الف) خطوط انتقال ۱۳۲ کیلوولت، (ب) مقره‌ها در یک پست برق (محل اتصال چند خط انتقال)، (ج) نمایی از یک کابل

آلومینیومی مورد استفاده در خطوط انتقال هوایی، (د) بخشی از تجهیزات یک پست برق شامل ترانس جریان

جهت تحلیل شبکه قدرت نیاز اساسی به مدل‌های مناسب برای خط انتقال مطرح می‌باشد. در این راستا سه مدل خط کوتاه، متوسط و بلند ارائه شده‌اند. 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 ۲-۱ مدار معادل خطوط انتقال (الف) مدل کوتاه، (ب) مدل متوسط پی



شکل ۳-۱ 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 خازنی خط بدون ایجاد خطای زیاد چشم‌پوشی کرد. امیدانس سری در مدل خط کوتاه از حاصل ضرب طول خط در امیدانس سری واحد طول بدست می‌آید:

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

که در رابطه فوق، r و L به ترتیب مقاومت و اندوکتانس در واحد طول هر فاز و ℓ طول خط است. در خط انتقال متوسط نیز این مسئله صادق می‌باشد. با افزایش طول خط جریان خازنی خط بیشتر شده و باید ظرفیت خازنی موازی را در نظر گرفت. خطوط با طول بیشتر از 80 km و کمتر از 250 km با طول متوسط نامیده می‌شوند. 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 در شکل 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 نمی‌توان پارامترها را به صورت متمرکز در نظر گرفت. در این خطوط از مدارهای T درحالتی که پارامترها به صورت یکنواخت توزیع نشده‌اند، استفاده می‌شود. 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. نمونه‌های 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 جاجر-علی آباد به طول 170 km

۳- خط انتقال بلند بیرجند- زاهدان به طول 450 km

پارامترهای این خطوط به صورت زیر می‌باشند:

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

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

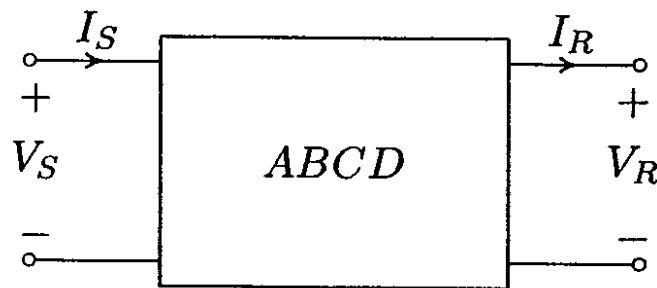
همچنین مقدار پارامترهای خط متوسط با فرض استفاده از مدل پی به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

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

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

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

مدل دوقطبی خط انتقال در شکل زیر ارائه شده است. همچنین روابط توان مختلط بر مبنای مدل دوقطبی ارائه می‌گردند. خط انتقال می‌تواند با یک مدل دو پورتهی به صورت شکل زیر نمایش داده شود.



شکل ۴-۱ مدل دو پورتهی خط انتقال

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

$$V_S = AV_R + BI_R$$

$$I_S = CV_R + DI_R$$

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

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 می‌باشند:

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

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

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

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 $V_S = |V_S| \angle \delta$ و ولتاژ بار $V_R = |V_R| \angle 0$ در نظر گرفته شود، رابطه زیر میان ولتاژ منبع و ولتاژ و جریان دریافتی در سمت باربرقرار خواهد بود:

$$I_R = \frac{|V_S| \angle \delta - |A| \angle \theta_A |V_R| \angle 0}{|B| \angle \theta_B} = \frac{|V_S|}{|B|} \angle \delta - \theta_B - \frac{|A| |V_R|}{|B|} \angle \theta_A - \theta_B$$

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 بر حسب 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) و توان 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 آرسالی از منبع خواهیم داشت:

$$I_S = \frac{|A| \angle \theta_A |V_S| \angle \delta - |V_R| \angle 0}{|B| \angle \theta_B} = \frac{|A| |V_S|}{|B|} \angle \theta_A + \delta - \theta_B - \frac{|V_R|}{|B|} \angle 0 - \theta_B$$

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

مولفه های توان حقیقی (P) و توان راکتیو (Q) ارسالی از منبع برحسب مقادیر خط 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 $A = \cos \beta \ell$ و $\theta_B = 90$ ، $\theta_A = 0$ ، $B = jX'$

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

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

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 35 تا 45 درجه انتخاب میشود

رگولا سیون ولتاژ در یک خط انتقال از جمله مفاهیم حائز اهمیت است که مبین در صد اختلاف ولتاژ خط در شرایط بی باری و شرایط تحت بار است. رگولا سیون ولتاژ در بار x در صد، برای یک خط انتقال از رابطه زیر محاسبه 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 پیاده سازی مورد استفاده قرار می گیرند. 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 400 کیلوولت می باشد و در این آزمایشها 400 ولت استفاده می گردند.

۲-۱ 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.

۳-۱ تحلیل و شرح آزمایش

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

$$V_b = 380 \text{ V}, S_b = 500 \text{ VA}, f_b = 50 \text{ Hz}$$

مقادیر مبنا برای تبدیل بر واحد:

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

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

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

در نتیجه برای خط انتقال متوسط مورد نظر داریم:

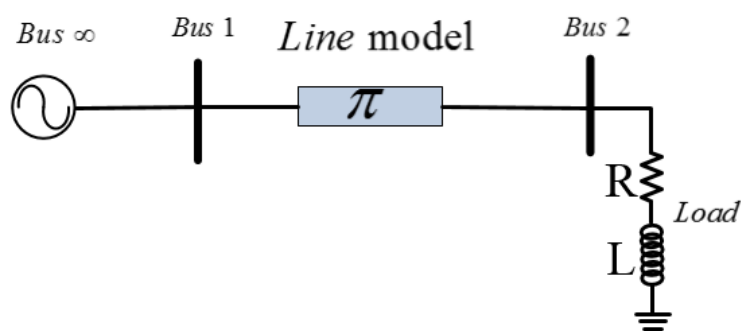
$$R_{p.u} = \frac{6}{500.68} = 0.0119, L_{p.u} = \frac{0.018}{1.59} = 0.0113, C_{p.u} = \frac{1\mu}{6.36\mu} = 0.157$$

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

۴-۱ 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 ۵-۱ است.



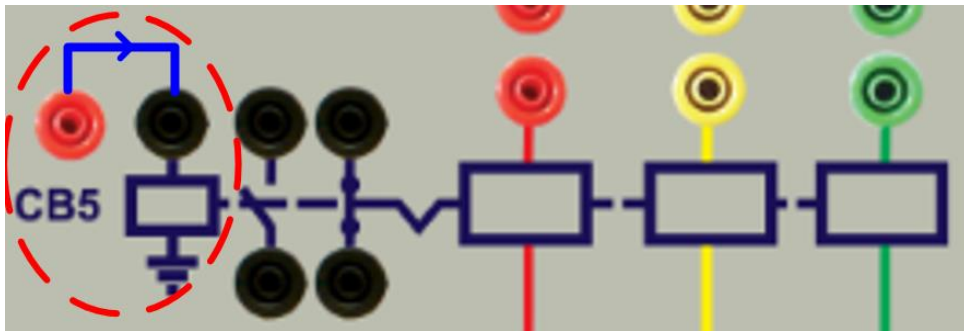
شکل ۵-۱ نمودار تک خطی آزمایش بررسی خط انتقال

در ابتدا با هدف بررسی خط انتقال متوسط نمای تک خطی نشان داده در شکل فوق را پیاده‌سازی نمایید. بدین منظور شکل ۷-۱ 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.

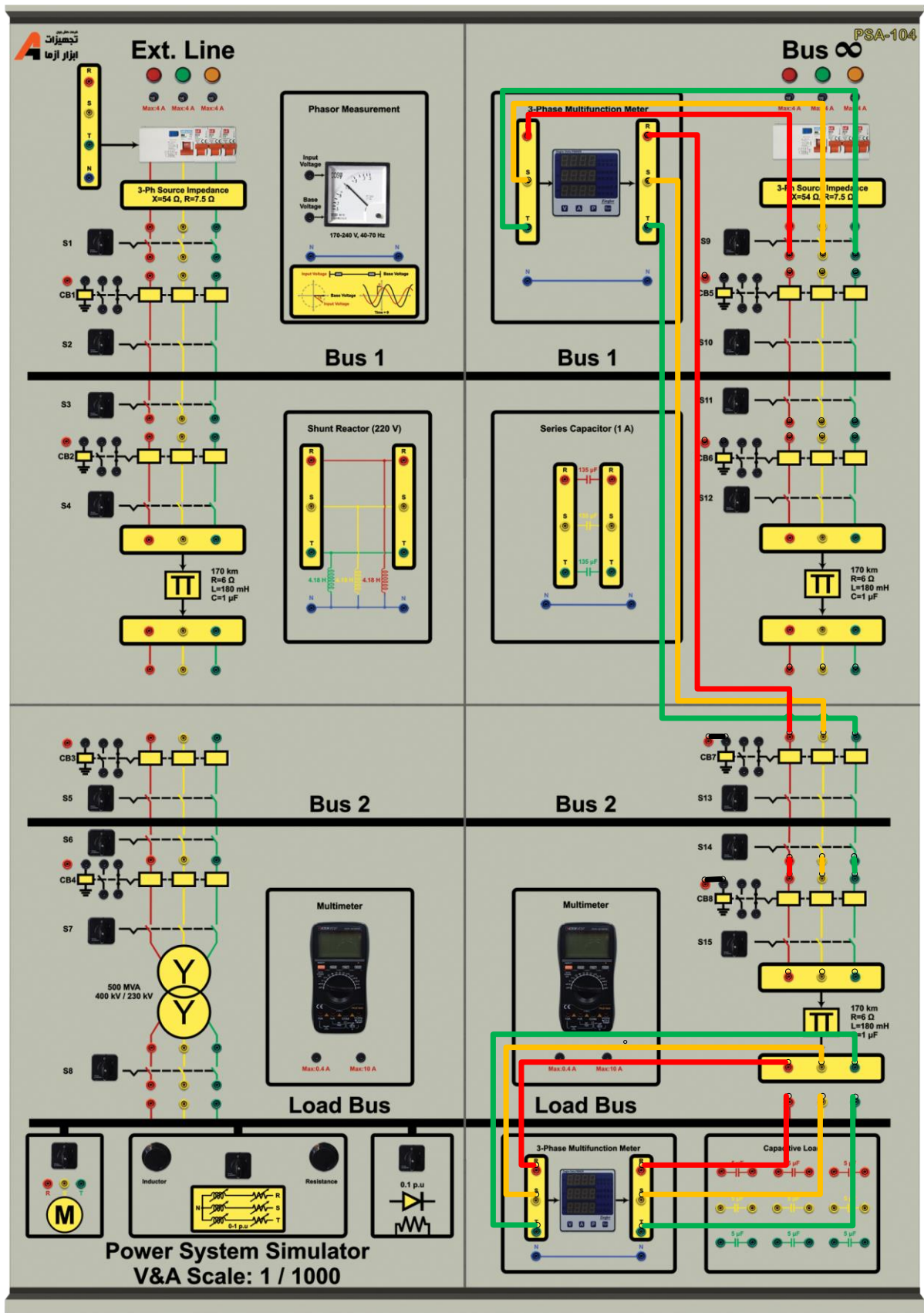
۴- از مولتی فانکشن برای اندازه‌گیری پارامترهای سمت بار و یا شبکه استفاده می‌گردد.

۵- در کابین‌های آموزشی این شرکت بار مقاومتی به ترتیب می‌تواند 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		0.48H	0.8H	صفر
اندوکتانس بار		384	288	384
مقاومت بار		384	288	384
ولتاژ باس بار خط (پریونیت)				
جریان بار				
توان مصرفی	اکتیو			
بار سه فاز	راکتیو			
ضریب توان بار				
رگولاسیون ولتاژ خط				
تلفات خط انتقال				
زاویه قدرت (γ)				



S

شکل ۷-۱ مدل مداری آزمایش بررسی خط انتقال متوسط

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

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

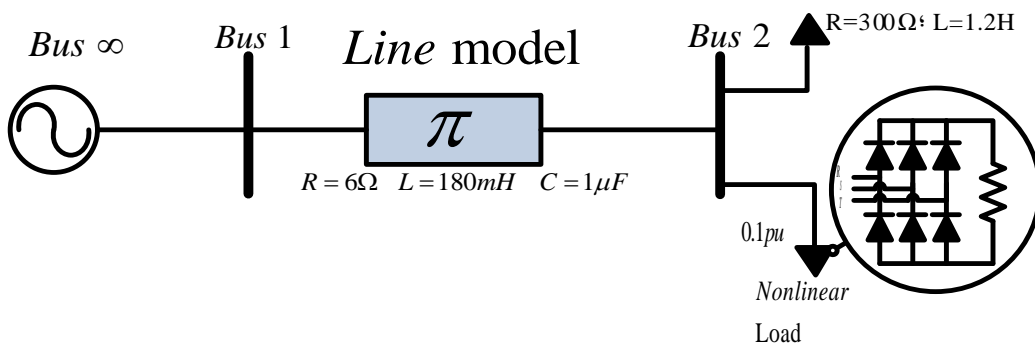
جدول ۳-۱ نتایج آزمایش مدل خط انتقال بلند با بار سلفی - مقاومتی

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

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

این بخش از آزمایش در کابین‌های آموزشی که دارای بار غیر خطی دیودی هستند قابل انجام است و برای انجام این آزمایش در آموزنده‌های مازولار بایستی یک بار غیر خطی مانند یکسوساز دیودی ۶ پالسه ساخته شود و به صورت موازی با بار سلفی - مقاومتی متصل گردد.

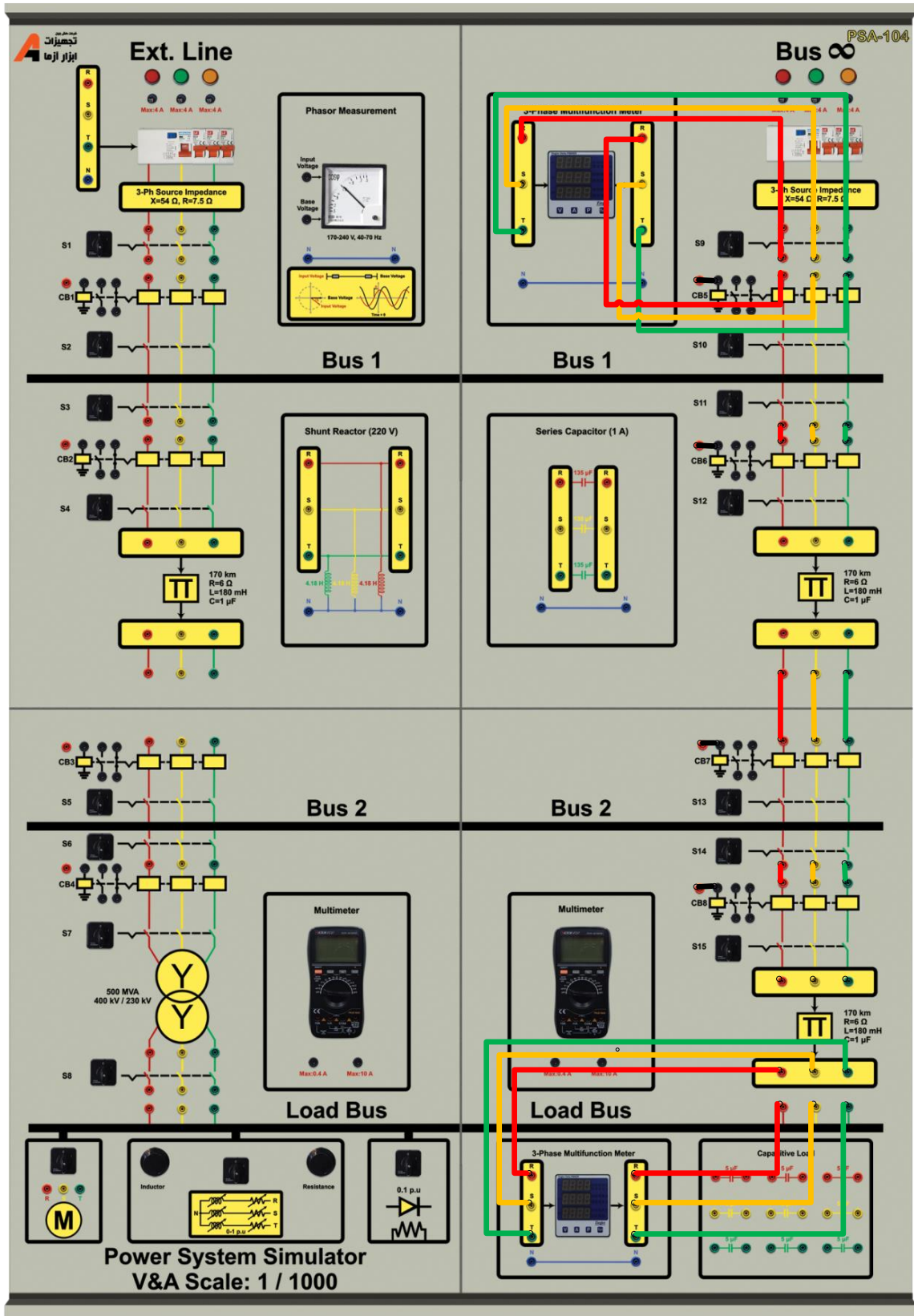
در شبکه واقعی علاوه بر بارهای RL، بارهای غیرخطی نیز وجود دارند. بارهای غیرخطی به دلیل هارمونیک‌های زیادی که به شبکه قدرت تزریق می‌کنند، حائز اهمیت هستند. تزریق هارمونیک به شبکه منجر به بالارفتن تلفات خط و افزایش بارگذاری ترانسفورماتورهای قدرت و خطوط انتقال می‌شوند. در این آزمایش با هدف پیاده‌سازی بارهای 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 ۸-۱ 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 ۴-۱ یادداشت نمایید.



شکل ۹-۱ مدل مداری آزمایش بررسی خط انتقال بلند

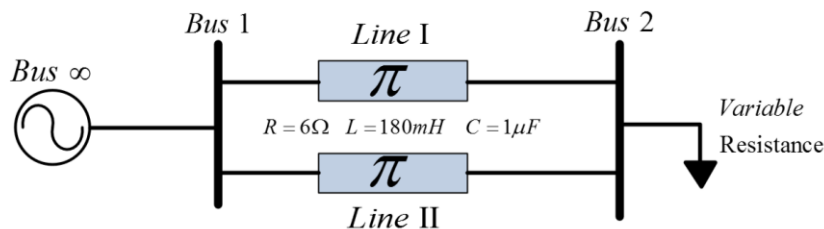
جدول ۴-۱ نتایج آزمایش مدل خط انتقال متوسط با بار غیرخطی

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

۴-۴-۱ 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 مصرفی بار از طریق بیش از یک خط انتقال تامین می‌گردد. با این کار بارگذاری خط انتقال اصلی 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 است. در این بخش از آزمایش در شرایط ماکزیمم بار خروجی، دو خط انتقال متوسط را به صورت موازی متصل نموده و جدول زیر را تکمیل کنید. در شکل ۱-۱۱ نحوه اتصال مدار آزمایش به کمک آموزنده یکپارچه نشان داده شده است.

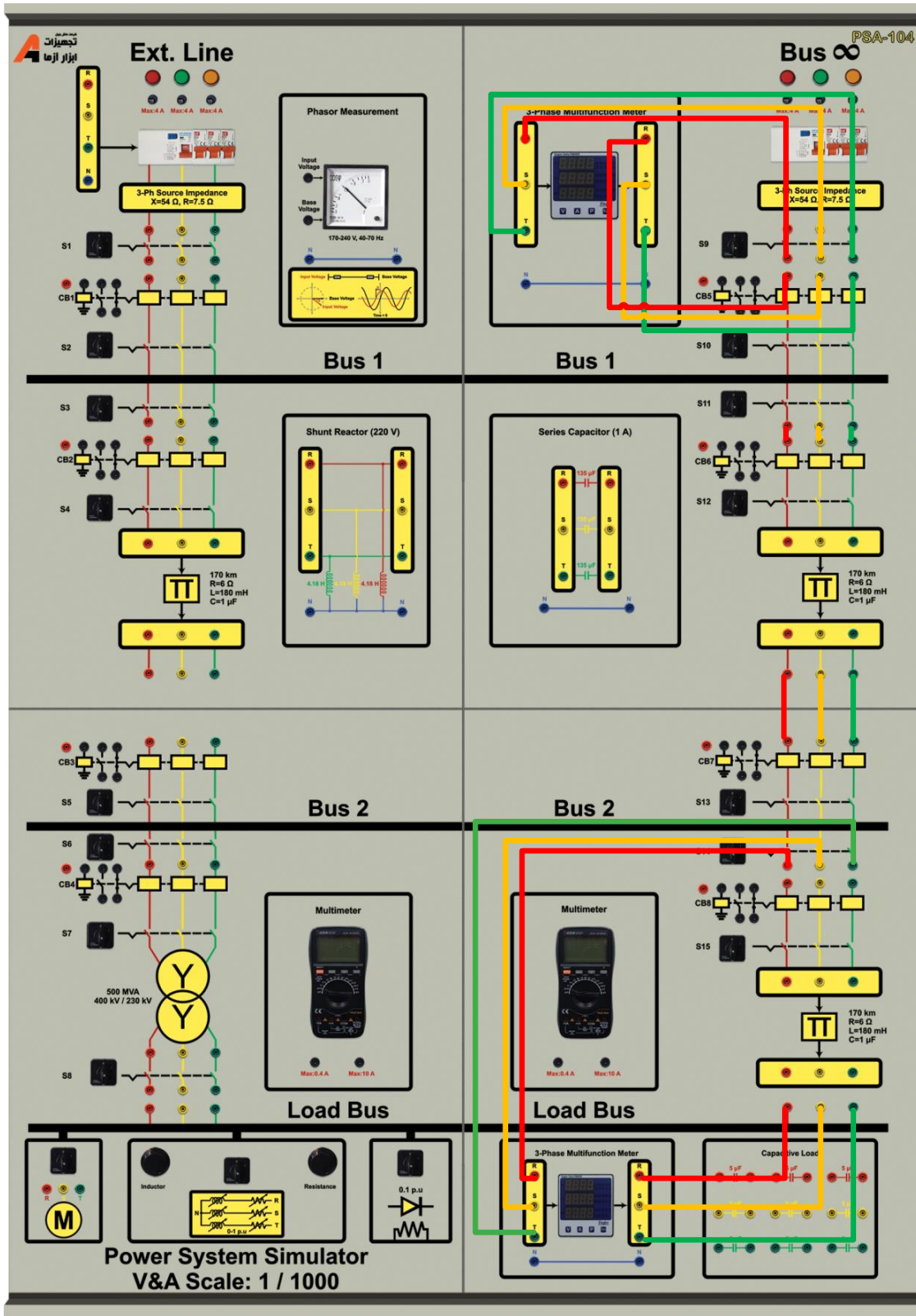
انتظار می‌رود با موازی نمودن دو خط انتقال تلفات خط کاهش یابد و افت ولتاژ انتهای خط نیز کمتر شود و رگولاسیون ولتاژ بهبود یابد.



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

جدول ۵-۱ نتایج آزمایش دوخط انتقال موازی با بار

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



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

۲ بررسی عملکرد ترانس در شبکه قدرت به کمک آموزنده یکپارچه

هدف: نقش ترانس در شبکه انتقال، محاسبه بازده خط انتقال در حضور ترانس

۱-۲ مقدمه

ترانس جهت تبدیل توان الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نسبت تبدیل در شرایط کاری مختلف و رگولاسیون ولتاژ حائز اهمیت می‌باشند. بر اساس قانون القای فارادی در شرایطی که سیم پیچ با ولتاژ سینوسی تغذیه می‌گردد رابطه زیر برقرار است:

$$E_{rms} = 4.44 N f \phi_{max}$$

که در این رابطه E_{rms} ، N ، f و ϕ_{max} به ترتیب عبارتند از ولتاژ موثر سیم پیچ، تعداد دور سیم پیچ، فرکانس تغذیه سینوسی و شار ماکزیمم داخل هسته سیم پیچ. بر اساس این رابطه اساسی امکان تحلیل بسیاری از پدیده‌های ماشین‌های الکتریکی فراهم می‌گردد.

نمونه‌ای از ترانس‌های مورد استفاده در شبکه قدرت به همراه تجهیزات جانبی در شکل‌های زیر نشان داده شده است.



شکل ۱-۲ تصویر نمونه از ترانس در شبکه قدرت

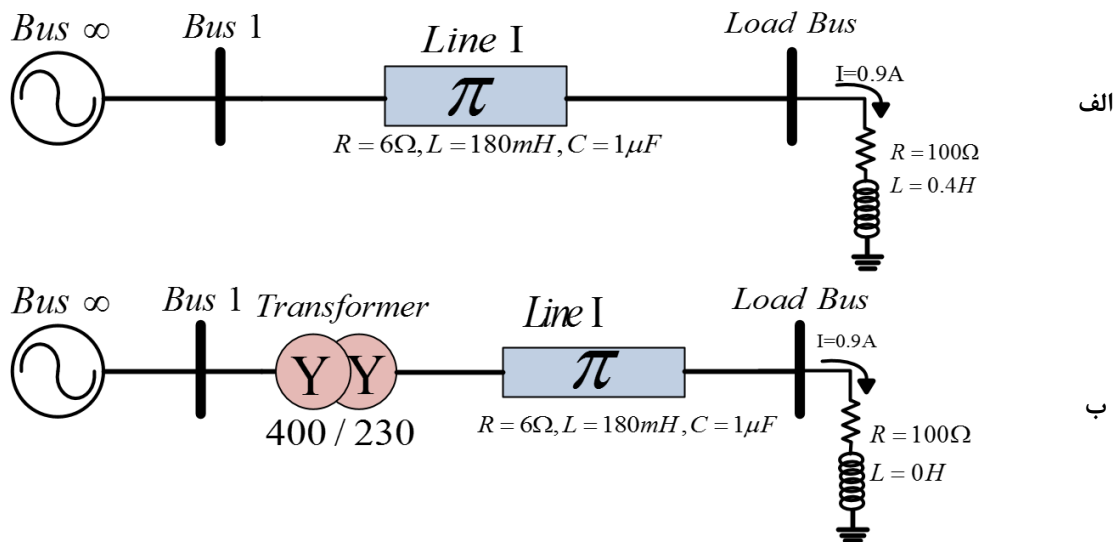
هدف اصلی از یک شبکه انتقال آن است که انرژی الکتریکی از واحدهای تولید در محل‌های مختلف به سیستم توزیع که نهایتاً بار را تغذیه می‌نماید، انتقال یابد و استفاده از ترانس‌های قدرت برای کاهش تلفات خط انتقال است. بازده خط انتقال از نسبت توان ظاهری سه فاز بار به توان ظاهری سه فاز ابتدای خط محاسبه می‌شود و نقش مهمی در انتخاب و طراحی خطوط دارد.

در شبکه قدرت واقعی عمدتاً سطح ولتاژ تولیدی توسط ژنراتور 10.5 و یا 20 کیلوولت است. انتقال توان با چنین سطح ولتاژی از طریق خط انتقال، به دلیل جریان زیادی که به همراه دارد به هیچ وجه توصیه نمی‌گردد چراکه عمده تلفات خطوط انتقال ناشی از مقاومت سری خط است و با عبور جریان زیاد تلفات خط انتقال بسیار زیاد خواهد بود. لذا در محل تولید به کمک ترانسفورماتور قدرت با نسبت تبدیل بین ۲۰ تا ۴۰، سطح ولتاژ خروجی ژنراتور افزایش می‌یابد و به طبع جریان عبوری از خط به همین نسبت کاهش می‌یابد و سبب بهبود تلفات در خط انتقال می‌گردد. حال در محل مصرف‌کننده با توجه به سطح ولتاژ نامی بار، از ترانسفورماتور کاهنده استفاده می‌گردد.

۲-۲ آزمایش و تحلیل

بررسی اثر ترانس سه فاز در شبکه قدرت با استفاده از کابین‌های آموزشی دارای ترانس سه فاز نیز امکان‌پذیر است. برای این منظور نحوه انجام آزمایش به صورت زیر خواهد بود.

در این بخش از آزمایش نمای تک خطی زیر ارائه گردیده است. در شکل ۲-۲ الف سطح ولتاژ توان انتقالی ۴۰۰ ولت است و در شکل ۲-۲ ب ابتدا سطح ولتاژ باس بی نهایت از طریق ترانس کاهنده به ۲۳۰ ولت کاهش می‌یابد و پس از آن برای تغذیه بار از طریق خط منتقل می‌شود. در این مرحله مقادیر بار را به گونه‌ای تغییر می‌دهیم تا جریان بار نسبت به حالت قبل تقریباً ثابت باقی بماند. بدیهی است با توجه به ثابت بودن جریان بار تحت شرایط آزمایش، در حالت دوم تلفات خط انتقال بیشتر می‌شود. نمای تک خطی نشان داده شده در شکل ۲-۲، را به کمک کابین آموزشی پیاده‌سازی نمایید و نتایج حاصل از آزمایش را در جدول ۱-۲ یادداشت نمایید. لازم به ذکر است جریان بار در هر دو حالت ۰٫۸۵ آمپرینیت در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۲-۲ نمای تک خطی آزمایش بررسی تاثیر ترانسفورماتور در کاهش تلفات خط انتقال
الف) بدون ترانس؛ ب) با وجود ترانسفورماتور

جدول ۱-۲ نتایج حاصل از تاثیر ترانسفورماتور قدرت بر تلفات خط انتقال

سطح ولتاژ انتقالی		پارامتر مورد اندازه‌گیری
۲۳۰٫۷	۴۰۰٫۷	
		جریان خط انتقال
		توان اکتیو بار
		توان ورودی
		تلفات خط انتقال
		افت ولتاژ خط

۳-۲ سوالات آزمایش

۱- انتخاب سطح ولتاژ اقتصادی برای خط انتقال قدرت به چه مواردی بستگی دارد؟

۲- در آزمایش صورت گرفته در بخش اول، راندمان خط انتقال در کدام سطح ولتاژی بیشتر می‌باشد؟ چرا؟

۳- در شرایط بار غیرخطی به دلیل وجود هارمونیک‌ها می‌باید کاهش ظرفیت ترانس (Derate) صورت گیرد. رابطه کاهش ظرفیت با میزان هارمونیک‌ها را تحقیق نمایید.

۴- مزیت محاسبات بر واحد را در شرایط حضور ترانس با توجه به آزمایش صورت گرفته تشریح نمایید.

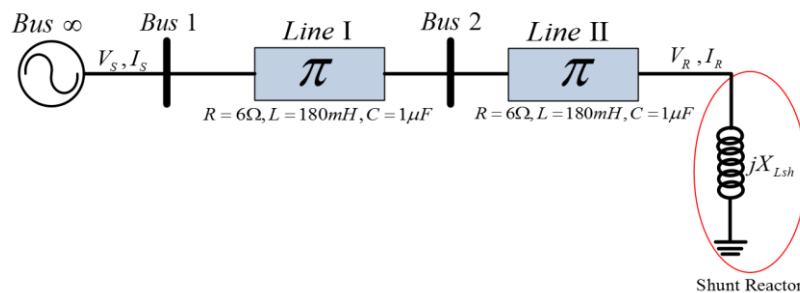
۳ خط انتقال در کم باری و جبران سازی با راکتور موازی در آموزنده یکپارچه

هدف: بررسی پدیده فرانتی، طراحی و اجرای راکتور موازی برای خط انتقال

۱-۳ مقدمه

در شرایط کم باری اثر المان های موازی خط انتقال غالب بوده و افزایش ولتاژ در انتهای خط روی می دهد. این پدیده سبب آسیب رسیدن به تجهیزات گردیده و می بایست به نحوی محدود و کنترل گردد. افزودن سلف موازی در انتهای خط یکی از این راهکارها است.

در شکل زیر یک راکتور با اندوکتانس X_{Lsh} که به انتهای خط انتقال بلند متصل است را ملاحظه میکنید:



شکل ۱-۳ مدار جبران سازی راکتور شنت

جریان در انتهای خط بلند از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$I_R = \frac{VR}{jX_{Lsh}}$$

با جایگذاری I_R در معادلات مربوط به خط بلند به رابطه ی زیر خواهیم رسید:

$$VS = VR(\cos \beta l + \frac{Z_c}{X_{Lsh}} \sin \beta l)$$

مقادیر VS و VR مقادیر فاز هستند که مقدار ثابتی دارند، باتوجه به رابطه فوق خواهیم داشت:

$$X_{Lsh} = \frac{\sin \beta l}{\frac{VS}{VR} - \cos \beta l} Z_c$$

برای $VS=VR$ مقدار راکتانس سلف موردنیاز از رابطه ی زیر محاسبه میشود:

$$X_{Lsh} = \frac{\sin \beta l}{1 - \cos \beta l} Z_c$$

برای پیدا کردن ارتباط بین I_R و I_S با توجه به روابط خط انتقال بلند خواهیم داشت:

$$I_S = (-\frac{1}{Z_c} \sin \beta l X_{Lsh} + \cos \beta l) I_R$$

با فرض برابری V_S و V_R با جایگذاری رابطه X_{lsh} در رابطه ی فوق خواهیم داشت:

$$I_S = -I_R$$

در این آزمایش پدیده فرانتی مورد بررسی قرار می گیرد. همچنین جبران سازی بالا رفتن ولتاژ انتهای خط در شرایط بی باری به وسیله راکتور شنت بررسی گردیده است.

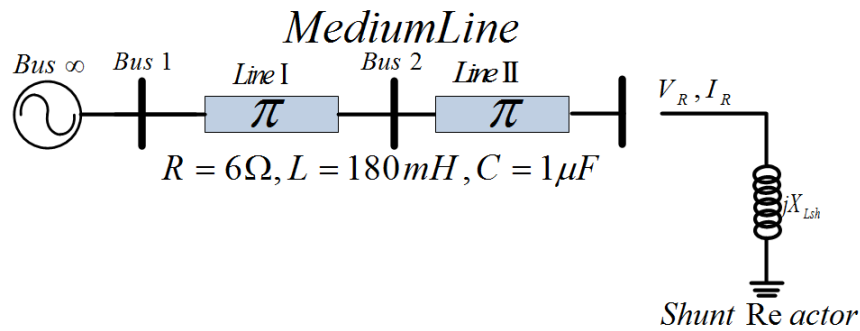
۲-۳ آزمایش و تحلیل

۱-۲-۳ جبران سازی با سلف موازی

خط انتقال بلند را در نظر بگیرید. برای دستیابی به خط بلند می توانید دو خط انتقال متوسط که بر روی کابین آموزشی قرار داده شده است را به صورت سری متصل کنید. در شرایط بی باری و پیش از جبران سازی مقادیر جدول ۱-۳ را تکمیل نمایید.

نمای تک خطی مدار آزمایش بررسی پدیده فرانتی در شکل زیر نشان داده شده است. نحوه پیاده سازی این آزمایش توسط آموزنده یکپارچه شکل ۳-۳ نشان داده شده است. اگر ضریب جبران خط را ۱۰۰ درصد در نظر بگیرید، میزان سلف مورد نیاز هر فاز را محاسبه نمایید.

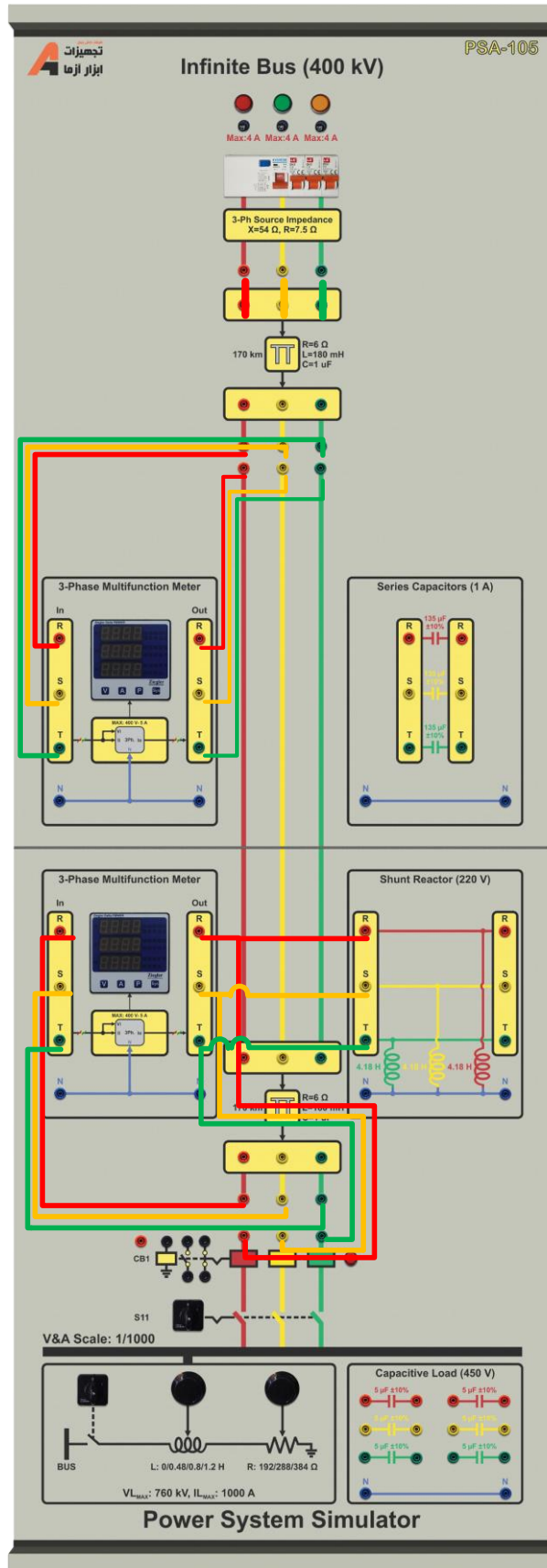
با افزودن سلف طراحی شده در انتهای خط انتقال بلند، نتایج خواسته شده را در جدول ۱-۳ تکمیل نمایید.



شکل ۲-۳ نمودار تک خطی مدار آزمایش بررسی پدیده فرانتی

جدول ۱-۳ نتایج حاصل از آزمایش جبران سازی با راکتور شنت قبل و بعد از جبران سازی

قبل از جبران سازی		بعد از جبران سازی	
ولتاژ ابتدای خط (V_S)	فاز		
	خط		
ولتاژ انتهای خط (V_R)	فاز		
	خط		
توان ورودی شبکه	اکتیو		
	راکتیو		
	ظاهری		
تلفات خط انتقال			



شکل ۳-۳ سیم‌بندی مدار آزمایش بررسی پدیده فرانتی

با افزودن بار اهمی خالص در انتهای خط و با حضور راکتور شنت طراحی شده در بندهای قبلی، جدول زیر را تکمیل نمایید. برای اضافه نمودن اثر بار کاپیسیت کلید (سکسیونر) سمت باسبار در وضعیت یک قرار دهید و فرمان الکتریکی دژنکتور سمت باسبار را اعمال کنید. پس از آن کلید بار را وصل کرده و با توجه به جدول زیر مقدار مقاومت و اندوکتانس بار را تغییر دهید.

جدول ۲-۳ تاثیر وجود راکتور شنت در شبکه تحت بار

		مقاومت بار	۲۸۸	۱۹۲
		اندوکتانس بار	۰,۴۸	۰,۸
	V2 (با جبرانسازی)	دامنه خط		
		فاز		
		رگولاسیون ولتاژ با جبرانسازی		
		رگولاسیون ولتاژ بدون جبرانسازی		
		راندمان خط انتقال بدون جبرانسازی		
		راندمان خط انتقال با جبرانسازی		

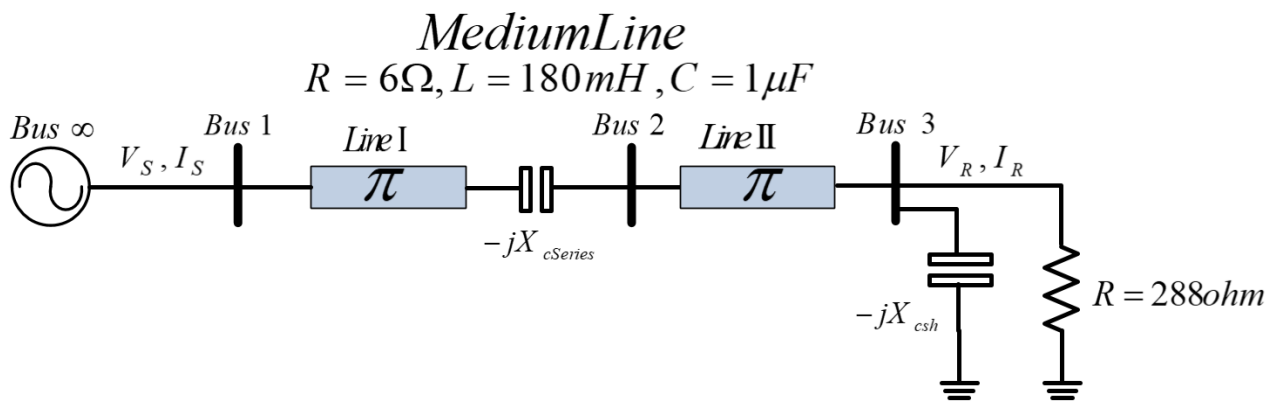
۳-۳ سوالات آزمایش

۱- افزایش مقدار ضریب جبران سازی چه اثراتی بر سیستم انتقال می گذارد.

۴ خط انتقال در پر باری و جبران‌سازی سری در آموزنده یکپارچه

۱-۴ مقدمه

در شرایطی که بار کشیده شده از خط زیاد باشد، در اثر امان های سری خط انتقال افت ولتاژ قابل توجهی در خط روی می دهد. این افت ولتاژ می تواند سبب آسیب رسیدن به خط انتقال و مصرف کننده ها گردد. یک راه حل این مسئله جبران سازی سری با خازن می باشد.



شکل ۱-۴ مدار جبران‌سازی خازن سری

با قرار دادن خازن سری مطابق شکل فوق توان انتقالی از طریق خط انتقال بدون تلفات از رابطه ی زیر بدست می آید:

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

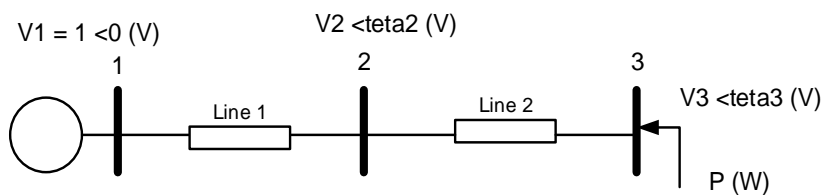
که در رابطه ی فوق X_{Cser} راکتانس خازن سری میباشد و نسبت $\frac{X_{Cser}}{X'}$ بر حسب درصد بیان میشود و به آن درصد جبران سازی اطلاق میگردد که معمولا درصد جبران سازی بین ۲۵ تا ۷۵ درصد میباشد

$$f_r = f_s \sqrt{\frac{1}{L'C_{ser}}}$$

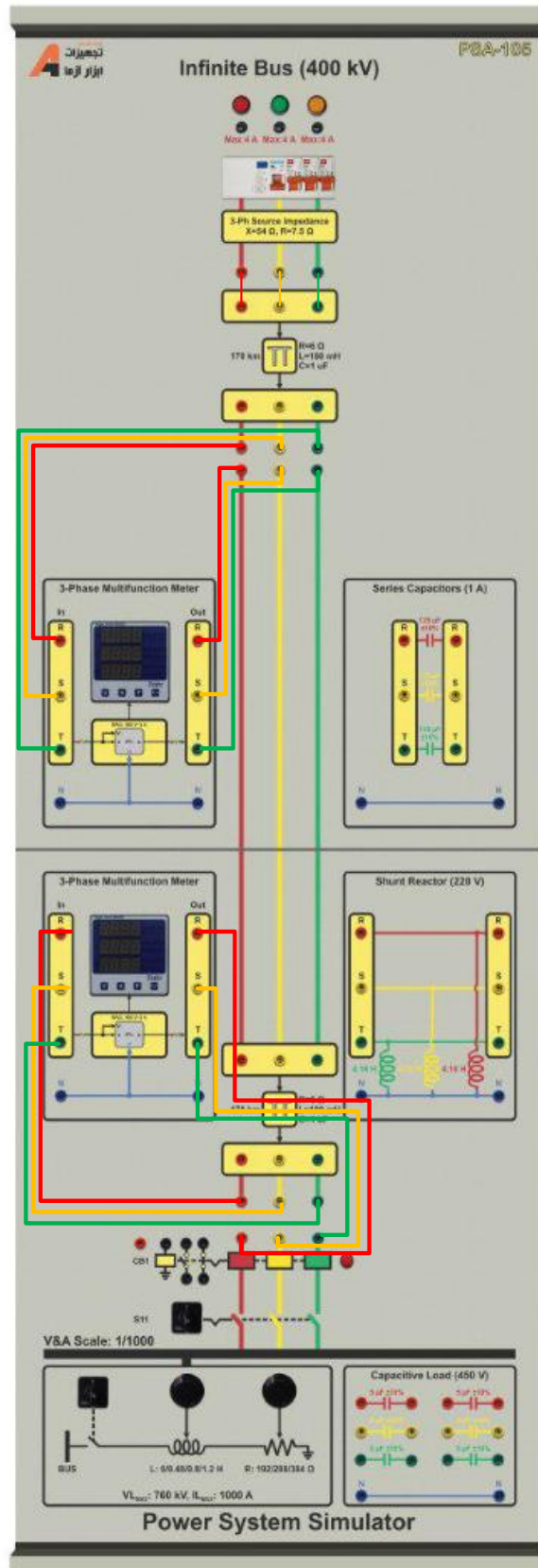
۲-۴ آزمایش و تحلیل

۱-۲-۴ بررسی افت ولتاژ خط در شرایط پر باری

برای انجام این آزمایش، دو خط انتقال متوسط را مطابق شکل زیر به طور سری به یکدیگر متصل نمایید. شکل ۲-۴ نمای تک خطی آزمایش و شکل ۳-۴ نحوه سیم‌بندی این آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴ نمودار تک خطی مدار آزمایش بررسی افت ولتاژ در پر باری



شکل ۳-۴ نحوه سیم‌بندی آزمایش بررسی افت ولتاژ در شرایط پر باری

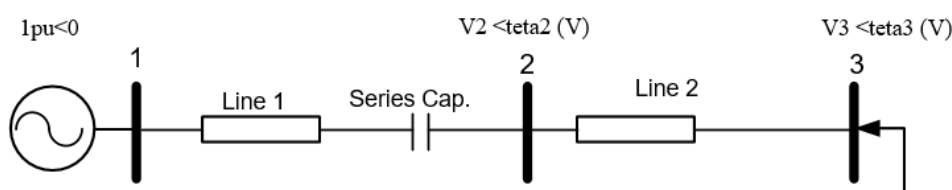
مقدار مقاومت بار را ۲۸۸ اهم در نظر بگیرید. بدین منظور کلید (سکسیونر) و دژنکتور مربوط به باسبار را وصل کنید و پس از آن کلید بار را در وضعیت یک قرار دهید. به کمک سلکتور مربوط به بار سلفی مقدار آن را بر روی صفر تنظیم کنید و سلکتور بار مقاومتی را در وضعیت یک قرار دهید. در شرایط مشخص شده در جدول زیر مقادیر ولتاژ باس ۲ و ۳ را ثبت نمایید.

جدول ۱-۴ نتایج بررسی افت ولتاژ انتهای خط بلند بدون جبرانسازی خازنی

ولتاژ خط		V1
	ولتاژ خط	V2
	درصد افت	
	ولتاژ خط	V3
	درصد افت	
	Line1	تلفات خط انتقال
	Line2	

۲-۲-۴ جبرانسازی افت ولتاژ به کمک خازن سری

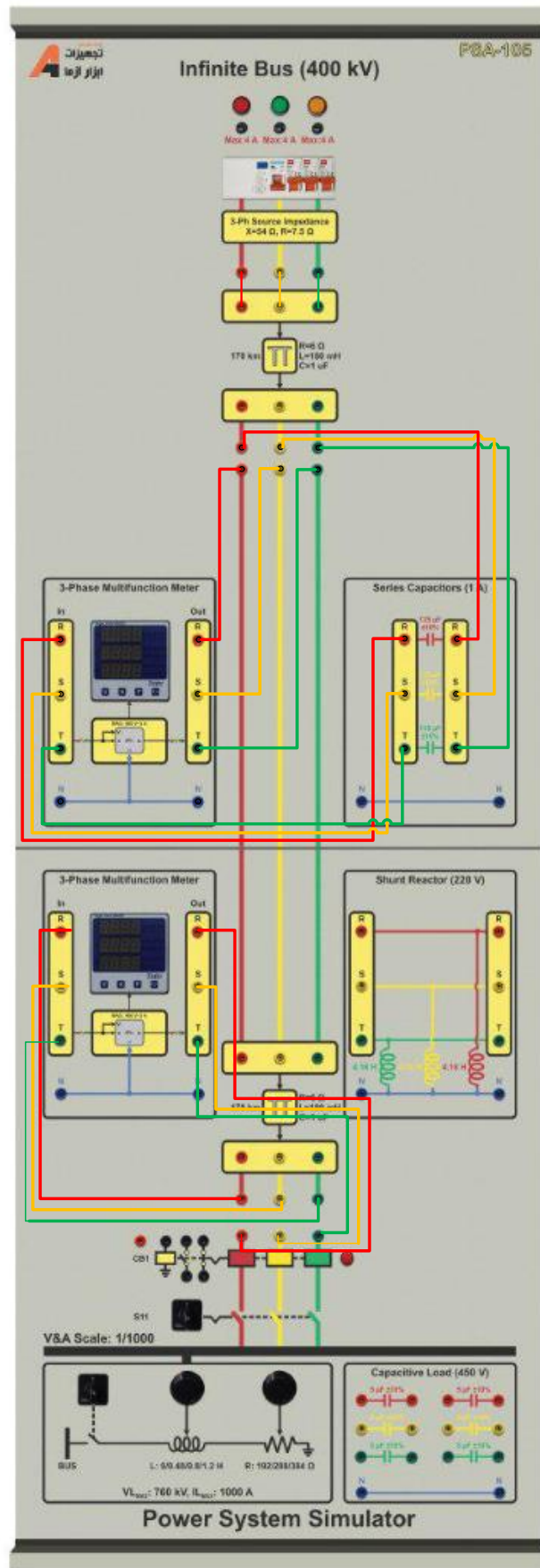
برای انجام این آزمایش از خازن‌های سری که بر روی آموزنده یکپارچه قرار داده شده است؛ استفاده می‌گردد. امپدانس بار را تغییر ندهید. در این شرایط جدول زیر را تکمیل نمایید. شکل ۴-۴ نمای تک خطی این بخش آزمایش و شکل ۴-۵ نحوه بستن مدار آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴ نمودار تک خطی مدار آزمایش بررسی جبرانسازی با خازن با افزودن خازن جبران‌ساز

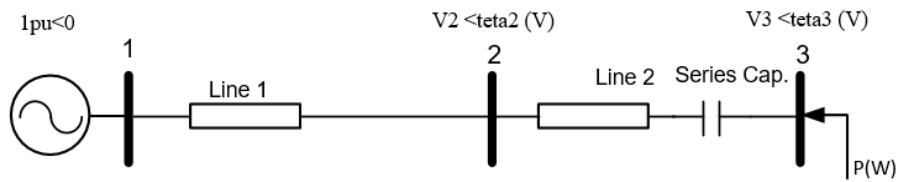
جدول ۲-۴ نتایج بررسی افت ولتاژ انتهای خط بلند با جبرانسازی خازنی سری در خط انتقال شماره ۱

ولتاژ خط		V1
	ولتاژ خط	V2
	درصد افت	
	ولتاژ خط	V3
	درصد افت	
	Line1	تلفات خط انتقال
	Line2	



شکل ۴-۵ نحوه پیاده‌سازی مدار آزمایش با قرار دادن خازن سری در انتهای خط انتقال اول

حال مشابه حالت قبل عمل نموده با این تفاوت که خازن سری را در انتهای خط دوم قرار دهید و جدول زیر را کامل نمایید. شکل ۶-۴ نمای تک خطی این بخش آزمایش و شکل ۷-۴ نحوه پیاده‌سازی آزمایش را با تجهیزات مربوطه نشان می‌دهد.



شکل ۶-۴ نمودار تک خطی مدار آزمایش بررسی جبران‌سازی با خازن با افزودن خازن جبران‌ساز

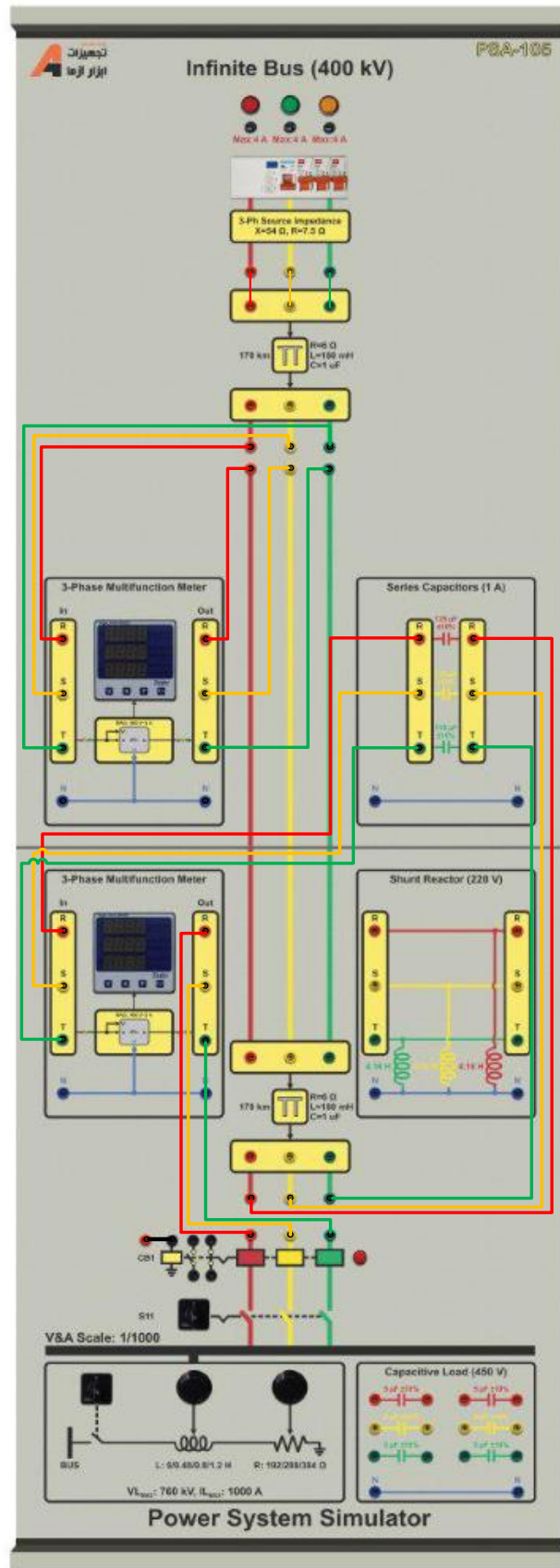
جدول ۳-۴ نتایج بررسی افت ولتاژ انتهای خط بلند با جبران‌سازی خازنی سری در خط انتقال شماره ۲

ولتاژ خط		V1
	ولتاژ خط	V2
	درصد افت	
	ولتاژ خط	V3
	درصد افت	
		تلفات خط انتقال ۲

۳-۴ سؤالات آزمایش

۱- اثر جابه‌جایی خازن جبران‌ساز در خط انتقال چه تاثیری بر ولتاژ باس‌ها دارد.

۲- افزایش مقدار ضریب جبران‌سازی چه اثراتی بر سیستم انتقال می‌گذارد.



شکل ۴-۷ نحوه پیاده‌سازی آزمایش جبران‌سازی افت ولتاژ با خازن سری در خط انتقال دوم

۵ اصلاح ضریب توان در آموزنده یکپارچه

۱-۵ مقدمه:

بارهای صنعتی بخش قابل توجهی از توان الکتریکی تولیدی را مصرف می‌کنند. عمدتاً در بارهای صنعتی توان راکتیو زیادی مصرف می‌گردد و همین امر منجر به افزایش تلفات خط انتقال و کاهش ظرفیت خط می‌گردد. به همین دلیل در کارخانجات و کارگاه‌های صنعتی علاوه بر کنترل توان اکتیو، کنترل توان راکتیو نیز نصب می‌شود و براساس میزان توان راکتیو گرفته شده از شبکه هزینه آن پرداخت می‌گردد علاوه بر آن در یک توان ثابت، با کم شدن ضریب توان ($\cos \phi$)، توان راکتیو بزرگ می‌شود و در نتیجه مقدار مؤثر جریان خط افزایش می‌یابد. برای کاهش توان راکتیو دریافتی از شبکه معمولاً بانک خازنی در محل بار صنعتی قرار داده می‌شود تا توان راکتیو مورد نیاز آن از طریق بانک خازنی تامین گردد و ظرفیت خط انتقال برای تامین توان راکتیو بارهای صنعتی اشغال نشود. این امر تا حدودی به کاهش توان راکتیو شبکه و بهبود راندمان کمک می‌کند اما کافی نیست چرا که بارهای خانگی و تجاری نیز مصرف توان راکتیو دارند و به همین دلیل در مقیاس بزرگ، باز هم توان راکتیو گرفته شده از شبکه سبب کاهش ظرفیت خط انتقال می‌گردد. بنابراین شرکت برق با شبیه سازی شبکه قدرت دچار شده به این مشکل در نرم‌افزارهای قدرتمندی همچون ETAP و DIgSILENT جایابی بهینه خازن گذاری 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 کابل‌ها یا سیم‌ها 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 می‌یابد.

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

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 (SVCs) STATIC VAR COMPENSATIONS

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.

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

Formula 1

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

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.

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

Formula 2

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.

$$Q_C = P \cdot (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad [\text{VAr}]$$

Formula 5

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

Apparent Power

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

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

Formula 3

Connection and rating of capacitors

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

$$Q_C = V_C \cdot I_C \quad [\text{VAr}]$$

Formula 6

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

Formula 7

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

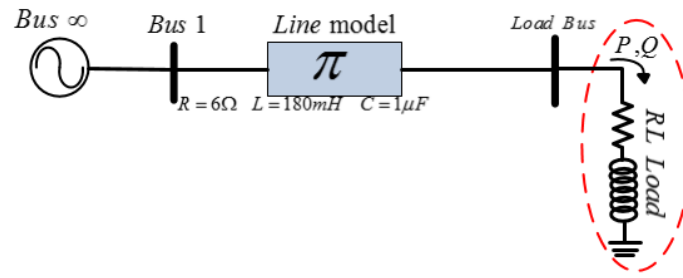
Formula 8

f: frequency of network

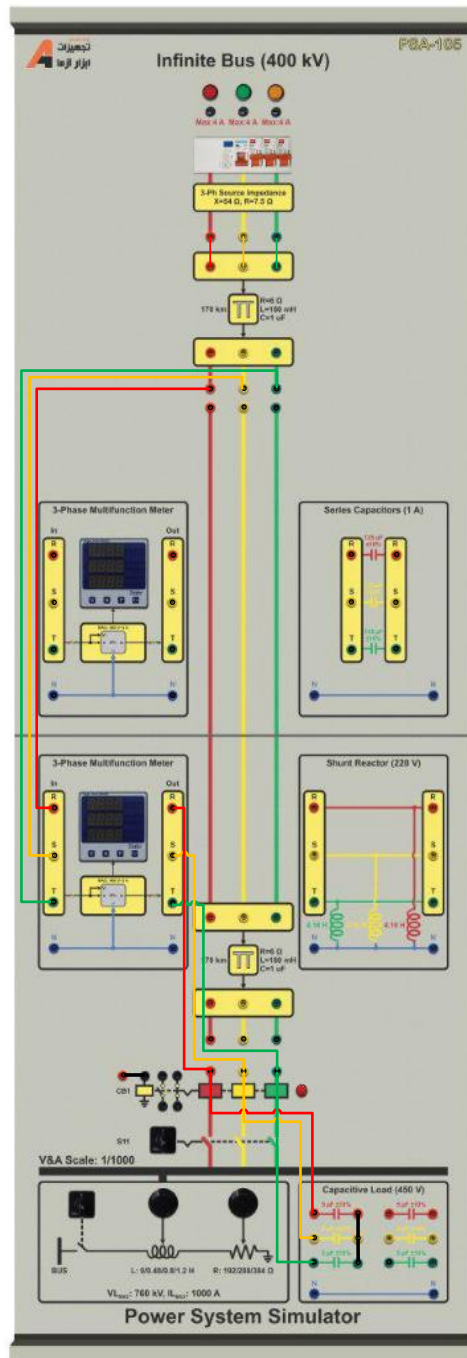
۲-۵ آزمایش و تحلیل

۱-۲-۵ تاثیر بانک خازنی بر شبکه قدرت

همانطور که می‌دانید بار سلفی، م صرف کننده توان راکتیو و بار خازنی، تولیدکننده توان راکتیو است. 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 جبران سازی خازنی، در ابتدا نمای تک خطی **Error! Reference source not found.** را با توجه **Error! Reference source not found.** پیاده سازی نمایید و پس از آن نتایج را در قسمت مربوطه در جدول زیر یادداشت کنید. سپس با توجه به نتایج بدست آمده از این قسمت، مقدار خازن مورد نیاز با اتصال ستاره برای دستیابی به ضریب توان ۰,۹ پس فاز را بدست آورید و سپس با قرار دادن بانک خازنی طراحی شده نسبت به تکمیل موارد خواسته شده در جدول ۱-۵ اقدام نمایید.



شکل ۵-۱ نمای شبکه قدرت مورد مطالعه با بار RL



شکل ۵-۲ نحوه پیاده‌سازی آزمایش اصلاح ضریب توان در آموزنده یکپارچه

جدول ۱-۵ نتایج آزمایش قبل و بعد از جبران‌سازی

پارامتر مورد اندازه‌گیری	مقاومت بار اندوکتانس بار	
	Ω_{288} ۱,۲H	Ω_{288} ۱,۲H
ولتاژ بار	خط	قبل از جبران‌سازی
	فاز	بعد از جبران‌سازی
جریان بار	خط	قبل از جبران‌سازی
	فاز	بعد از جبران‌سازی
ضریب توان بار		
توان راکتیو بار		
توان اکتیو بار		
تلفات خط انتقال		
اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان خط		

۲-۲-۵ سوالات آزمایش

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

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

۶ پخش بار ۱: پخش بار شبکه پایه

هدف: آشنایی با معادلات پخش توان

۱-۶ مقدمه

آنالیز پخش بار احتمالاً مهمترین بخش محاسبات شبکه می باشد زیرا این محاسبات کارایی شبکه را در شرایط کار نرمال مورد توجه قرار میدهد. عملکرد این محاسبات، جستجوی دامنه و زاویه فاز ولتاژ در هر باس و سیلان توان حقیقی و راکتیو در اجزاء سیستم می باشد.

آنالیز پخش بار اهمیت زیادی در برنامه ریزی توسعه آینده، مطالعات پایداری و تعیین اقتصادی ترین عملکرد برای سیستم موجود، دارد. علاوه بر این نتایج آنالیز پخش بار به منظور نصب تجهیزات حفاظتی برای اطمینان از امنیت سیستم از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور اجرای مطالعات پخش بار، اطلاعات کاملی پیرامون سیستم مورد مطالعه بایستی تهیه گردد. اطلاعاتی مانند دیاگرام ارتباطی، پارامترهای خطوط و ترانسفورماتورها، مقادیر نامی هر تجهیز و مقادیر فرضی توان حقیقی و راکتیو برای هر بار مصرفی.

۲-۶ دسته بندی باس ها

هر باس سیستم قدرت چهار متغیر دارد: دامنه ولتاژ، زاویه ولتاژ، توان حقیقی و توان راکتیو. در حین عملکرد سیستم قدرت، هر باس دو متغیر معلوم و دو متغیر مجهول دارد. به طور کلی هر باس بایستی به صورت یکی از انواع زیر تقسیم بندی گردد:

۱-۲-۶ باس اسلک یا چرخشی (باس مبنا)

این باس به عنوان باس مبنا شناخته می شود. در حین بهره برداری از سیستم دامنه و زاویه ولتاژ این باس مقدار ثابتی خواهد داشت.

۲-۲-۶ باس کنترل ولتاژ

در حین بهره برداری سیستم دامنه ولتاژ در این باس ثابت نگه داشته می شود. علاوه بر این توان حقیقی تولیدی در این باس در مقدار معین متناسب با پخش بار اقتصادی ثابت نگه داشته می شود. به احتمال زیاد این باس به یک ژنراتور متصل می باشد که در این صورت ولتاژ بوسیله تحریک و توان بوسیله توربین کنترل می شوند. ممکن است این باس به یک تجهیز تولید کننده توان راکتیو متصل گردد، که در آن صورت ولتاژ بوسیله تغییر توان راکتیو تزریقی به باس کنترل می گردد.

۳-۲-۶ باس بار

این باس به هیچ ژنراتوری متصل نیست؛ بنابراین نه ولتاژ و نه توان حقیقی در این باس قابل کنترل نمی باشند. به عبارت دیگر، بار متصل شده به این باس باعث تغییر نامنظم توان حقیقی و راکتیو مصرفی در این باس می شود. به منظور محاسبه مساله پخش بار بایستی توان مصرفی در این باس، اعم از حقیقی و راکتیو، را ثابت فرض نماییم.

۳-۶ معادلات پخش بار

فرض کنید سیستم قدرت مورد نظر n باس دارد. جریان تزریقی به باس k به صورت زیر بیان می گردد:

$$I_k = \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n$$

که Y_{kn} المان متناسب در ماتریس ادمیتانس Y_{bus} است.

$$Y = |Y| \angle \theta, V = |V| \angle \delta$$

توان ظاهری در باس k ام ($k=1,2,\dots,n$) به صورت زیر می باشد:

$$S_k^* = V_k^* I_k = P_k - jQ_k$$

$$P_k - jQ_k = V_k^* \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n$$

$$P_k = |V_k| \left| \sum_{n=1}^N |Y_{kn}| |V_n| \cos(\delta_n - \delta_k + \theta_{kn}) \right|$$

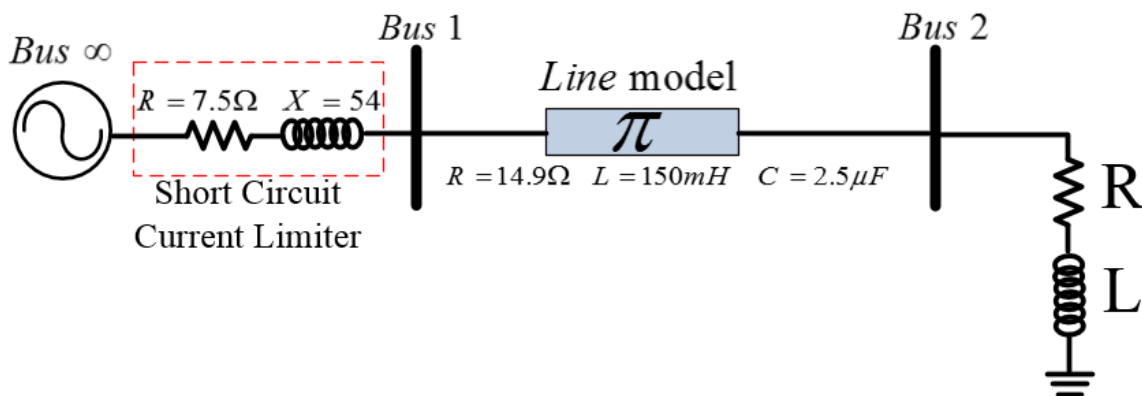
$$Q_k = |V_k| \left| \sum_{n=1}^N |Y_{kn}| |V_n| \sin(\delta_n - \delta_k + \theta_{kn}) \right|$$

که P_k و Q_k به ترتیب توان راکتیو و حقیقی تزریقی به باس k ام می باشند. بنابراین ما در هر باس دو معادله و چهار مجهول داریم (P, Q, V, δ) . دقت شود که Y ها و θ ها از اطلاعات شبکه مشخص می باشند. در حقیقت در هر باس بایستی دو مجهول مشخص گردد و دو مجهول از طریق حل معادله به دست آید. بنابراین برای یک سیستم N باسه $2N$ معادله حل میگردد.

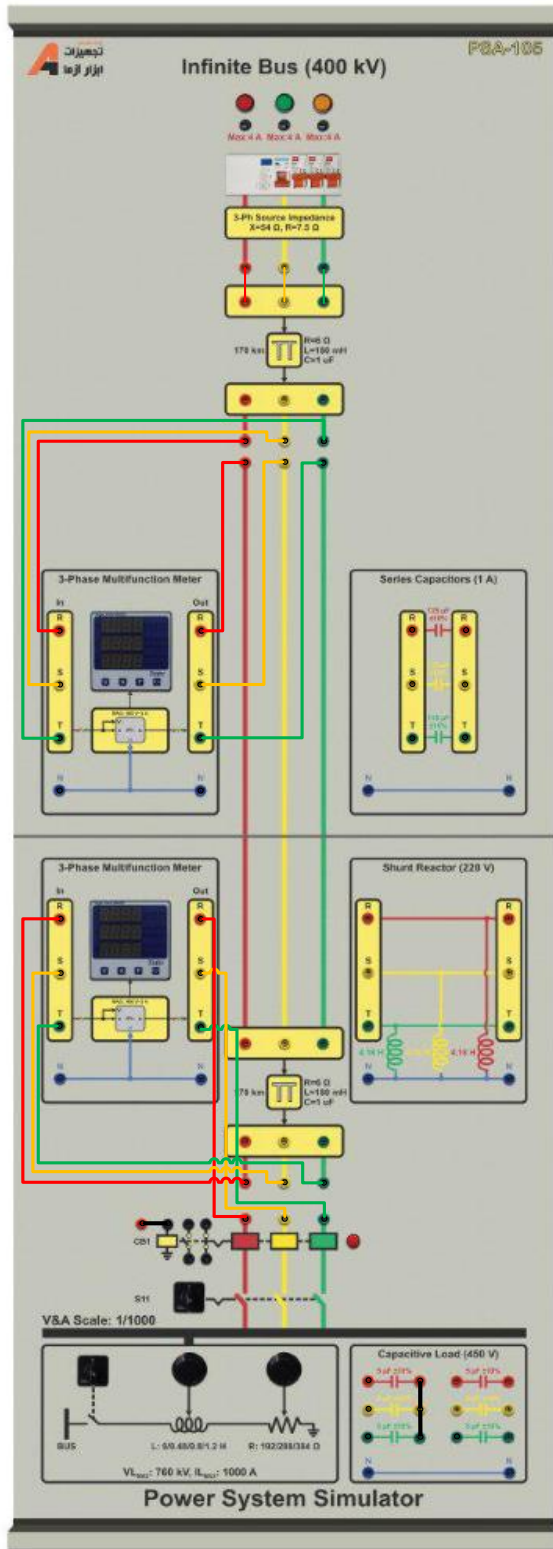
۴-۶ آزمایش و تحلیل

۱-۴-۶ خط انتقال دو باسه

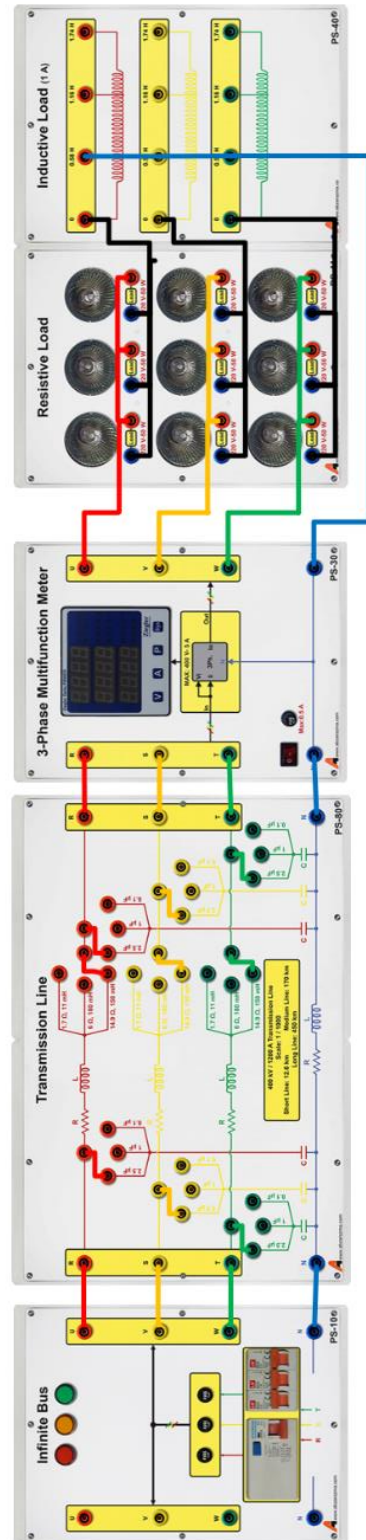
خط انتقال دو باسه شکل ۱-۶ با مقادیر مبنای $V_b = 380 \text{ V}$, $S_b = 500 \text{ W}$, $I_b = 0.61$ را در نظر بگیرید. برای باس اول از بلوک Infinity Bus استفاده می شود. امپدانس محدودکننده جریان اتصال کوتاه در داخل این ماژول قرار داده شده است. میزان توان اکتیو مصرفی بار 150 وات در هر فاز باشد و از یک سلف 0.58 هانری به صورت سری با هر فاز بار مقاومتی استفاده کنید. در شکل ۲-۶ الف، راهنمای نحوه اتصال مدار مورد آزمایش در آموزنده ماژولار و شکل ۲-۶ ب، نحوه پیاده سازی مدار مورد آزمایش در آموزنده یکپارچه را نشان می دهد. برای این خط انتقال جدول ۱-۶ را تکمیل نمائید.



شکل ۱-۶ نمودار تک خطی مدار آزمایش پخش بار



ب



الف

شکل ۶-۲ نحوه اتصال ماژول‌های مورد نظر در آزمایش پخش بار شبکه پایه الف) در آموزنده ماژولار؛ ب) آموزنده یکپارچه

جدول ۱-۶ نتایج ولتاژ باس بار در خط انتقال بلند حاصل از انجام آزمایش و محاسبات

نوع آموزنده		متغیر		اندازه و زاویه ولتاژ باس ۲ (محاسباتی)	اندازه و زاویه ولتاژ باس ۱ (محاسباتی)	اندازه و زاویه ولتاژ باس ۲ (آزمایش)	اندازه و زاویه ولتاژ باس ۱ (آزمایش)
ماژولار	توان اکتیو بار = 150 W	فاز	خط				
	اندوکتانس سری بار = $0,48\text{ H}$						
یکپارچه	مقاومت بار = $288\ \Omega$	فاز	خط				
	اندوکتانس سری بار = $0,48\text{ H}$						

۵-۶ سوالات آزمایش

۱- رابطه زاویه قدرت با بار شبکه را بر اساس نتایج حاصل از آزمایش تحلیل نمائید.

۲- ولتاژ باس ۲ را به کمک آزمایش چگونه به دست آوردید.

۷ رله کنترل جریان

هدف: بررسی رفتار رله کنترل جریان

۱-۷ مقدمه

رله کنترل آمپر سه فاز دستگاهی مناسب جهت حفاظت در برابر افزایش، کاهش و عدم تقارن جریان و نمایش جریان می‌باشد. این تجهیز همچنی برای حفاظت موتورهای سه‌فاز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۱-۷ ویژگی های رله کنترل آمپر سه فاز

رله کنترل جریان سه‌فاز قابلیت نمایش و اندازه گیری جریان و حفاظت در برابر مینیمم ، ماکزیمم و عدم تقارن جریان ها را دارد. از جمله ویژگی‌های این رله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

۱- امکان تنظیم حد مینیمم ، آلارم و ماکزیمم جریان وجود دارد

۲- به کمک این تجهیز می‌توان در استارت اولیه موتورهای سنگین ایجاد تاخیر نمود

۳- دارای قابلیت هشدار داخلی در مواقع بروز خطا می‌باشد

۴- دارای دو رله مجزا که یکی برای اعلام هشدار مورد استفاده قرار می‌گیرد و دیگری برای قطع تغذیه و Trip

این تجهیز همچنین دارای ۱۰ نشانگر می‌باشد که در مواقع مختلف وضعیت سیستم را نشان می‌دهند. این ۱۰ نشانگر عبارتند از:

۱- نشانگر AC: برای نمایش وجود برق شبکه است

۲- نشانگر Alarm Relay : وضعیت رله ALARM را نشان می‌دهد. در صورتی که روشن باشد یعنی رله هشدار عمل کرده و وضعیت سیستم در حالت هشدار قرار دارد.

۳- نشانگر Trip Relay: در صورتی که رله تریپ عمل کند این نمایشگر روشن خواهد شد.

۴- نشانگر Delay Start: در زمانی که رله در وضعیت تاخیر در استارت اولیه باشد این نشانگر روشن است. این تاخیر می‌تواند بین ۳ تا ۳۰۰ ثانیه باشد. زمان استارت اولیه زمانی است که بعد از استارت در این زمان افزایش جریان در نظر گرفته نمی‌شود.

۵- نشانگر CT: برای نمایش و تنظیم CT است. ماژول CT که در آموزنده رله و حفاظت قرار داده شده است ۵ به ۵ است. لذا تنظیمات CT این رله جریان را بر روی ۵ تنظیم کنید. بدین معنا که جریان ۰ تا ۵ آمپر ورودی از ماژول CT را به جریان ۰ تا ۵ تبدیل می‌کند. این تجهیز قابلیت اندازه‌گیری جریان‌های بیشتر را نیز دارد.

۶- نشانگر Delay Off: نشان‌دهنده وضعیت تأخیر در قطع که قابل تنظیم بین ۲ تا ۶۰ ثانیه است

۷- نشانگر Unbalance: نشان‌دهنده عدم تقارن جریان ها (10 - 100% CT)

۸- نشانگر Max: جریان ماکزیمم (0.01A - 120% CT)

۹- نشانگر Alarm: جریان آلارم (0 - 120% CT)

10- نشانگر Min: جریان مینیمم (10 - 0% CT)

نکته لازم به ذکر این است که نشانگرها هنگام تنظیم پارامترها چشمک زن می‌باشند

۲-۱-۷ مشخصات فنی رله کنترل جریان سه فاز

دقت اندازه گیری این رله اضافه جریانی برابر $0.5\% \pm 1 \text{ digit}$ است. زمان تنظیم CT و دیگر پارامترها، از زمان وصل برق به مدت 5 دقیقه می باشد.

دارای دو خروجی رله ۱۶ آمپر است

۳-۱-۷ عملکرد دستگاه

با وصل برق دستگاه و در شرایط نرمال رله Alarm در حالت قطع و رله Trip با توجه به وضعیت تنظیم جدول ۴-۷ در حالت قطع یا وصل قرار گرفته و عملکرد عادی دستگاه مطابق می باشد.

تنظیم های دستگاه بر اساس جدول ۲-۷ تا جدول ۴-۷ و پیغام های خطا مطابق جدول ۵-۷ می باشد.

نکته : بعد از هر بار تنظیم CT مقادیر جریان های Max، Min و Alarm باید مجدداً تنظیم شوند

توجه : تنظیم های دستگاه (CT، وضعیت رله Trip، پارامترهای دستگاه) فقط در 5 دقیقه ابتدای وصل برق امکان پذیر می باشد. بعد از گذشت این زمان با قطع و وصل برق دستگاه مجدداً می توان دستگاه را تنظیم نمود.

جدول ۱-۷ عملکرد عادی رله اضافه جریانی

شرح	نمایش	نمایشگر روشن
جریان صفر	حرکت چرخشی	AC
عبور جریان از CT ها در لحظه استارت	شمارش معکوس Delay Start همراه صدای تک بوق	AC Delay Start
عبور جریان از CT ها	جریان	AC

جدول ۲-۷ نمایش و تنظیم CT

کلید	نشانگر چشمک زن	نمایشگر	محدوده تغییرات با کلید های + و -
	CT	مقدار CT	S - tHV(1000)
	ذخیره CT تنظیم شده همراه با صدای تک بوق		

جدول ۳-۷ نمایش و تنظیم پارامترهای دستگاه

کلید تنظیم	نشانگر چشمک زن	شرح/نمایش	محدوده تغییرات با کلیدهای + و - همراه صدای تک بوق
	Unbalance	عدم تقارن جریان	۱۰۰٪-۱۰۰
	Max	جریان ماکزیمم	0.01A-120% CT*
	Alarm	جریان آلارم	0 – 120% CT
	Min	جریان مینیمم	0 – 120% CT
	Delay Start	زمان استارت اولیه	3 – 300 Sec
	Delay off, Alarm	تاخیر در قطع رله Alarm	2 – 60 Sec
	Delay off, Unbalance Max , Min	تاخیر در قطع رله Trip	2 – 60 Sec
	ذخیره همه اطلاعات به همراه نمایش SAV و صدای تک بوق		

*حد پایین جریان به تنظیم CT بستگی دارد.

تذکر ۱: لازم است در ابتدا CT تنظیم گردد زیرا بعد از هر بار تنظیم CT، مقادیر جریان های ماکزیمم، آلارم و مینیمم ریست می‌شوند.

تذکر ۲: هنگام تنظیم جریان ها دقت شود جریان ماکزیمم بیشتر از جریان آلارم و جریان آلارم بیشتر از جریان مینیمم باشد در غیر این صورت در این مرحله، تنظیم ها ذخیره نشده و EIT نمایش داده می شود و تنظیم های قبلی ذخیره می گردد.

تذکر ۳: چنانچه هریک از جریان های آلارم یا مینیمم صفر تنظیم گردد، غیر فعال می شود.

تذکر ۴: چنانچه مراحل تنظیم به کندی با وقفه ای بیش از ۱۰ ثانیه انجام شود دستگاه از حالت تنظیم خارج می شود.

جدول ۴-۷ نمایش و تنظیم رله تریپ

کلید	نمایش (تغییر با کلید های + و -)	شرح
	r-C	در شرایط نرمال، رله Trip قطع و هنگام خطا رله وصل می گردد.
	r-o	در شرایط نرمال، رله Trip وصل و هنگام خطا رله قطع می گردد
		ذخیره وضعیت انتخابی رله

عملکرد دستگاه در شرایط خطا :

عملکرد دستگاه در این شرایط مطابق جدول ۵-۷ می باشد. در این جدول روشن و خاموش شدن نشانگر Alarm Relay معرف وصل یا قطع رله آلارم و روشن و خاموش شدن نشانگر Trip Relay نیز به معنای تغییر وضعیت رله Trip از وصل به قطع یا از قطع به وصل می باشد. (وضعیت رله Trip در شرایط نرمال مطابق جدول ۴-۷ قابل تنظیم می باشد).

تذکر ۵: بعد از وصل رله Alarm در صورتیکه بعد از گذشت ۵ دقیقه، جریان در همان شرایط باقی بماند رله Alarm قطع و نشانگر Alarm Relay خاموش می شود ولی نشانگر Alarm همچنان روشن باقی می ماند.

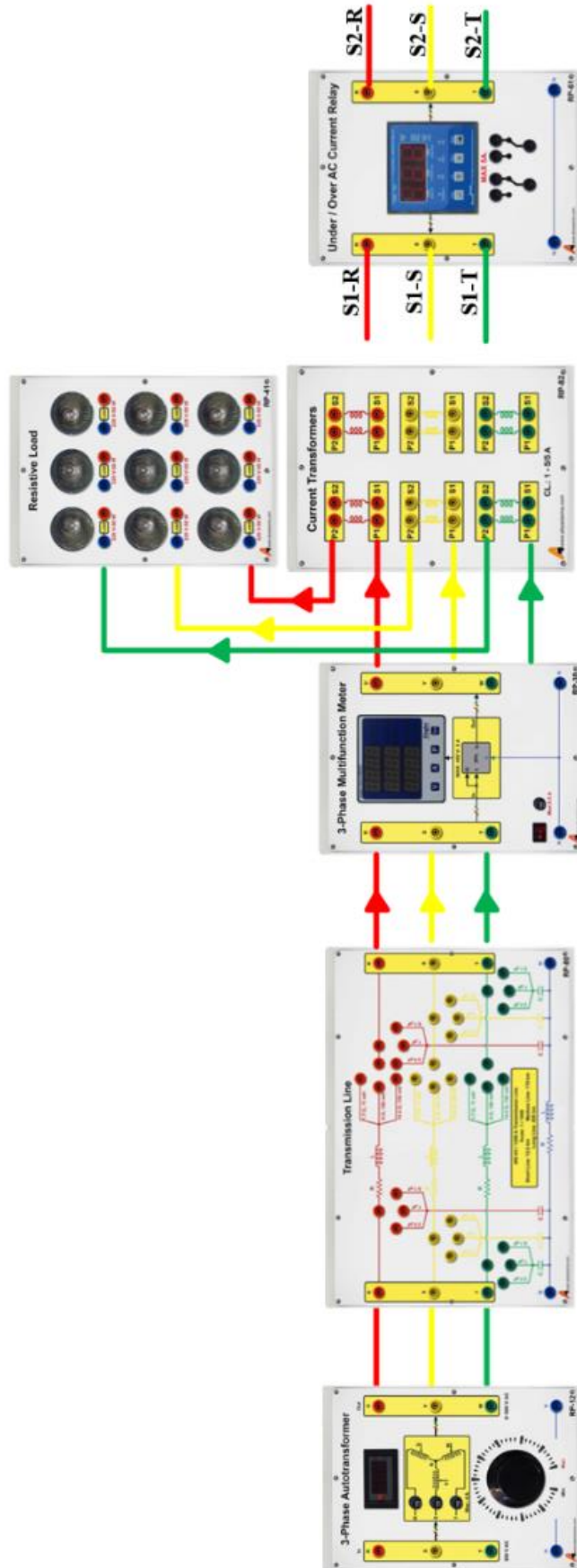
تذکره ۶: بعد از رفع خطا با فشار دادن کلید RESET روی دستگاه (RESET داخلی) یا وصل ولتاژ فاز (PH) به ترمینال RESET (RESET خارجی) به مدت حداقل یک ثانیه، دستگاه به حالت کار عادی خود برگشته و نمایشگر دستگاه، جریان عبوری از CTها را نمایش می دهد.

جدول ۷-۵ پیغام های خطا

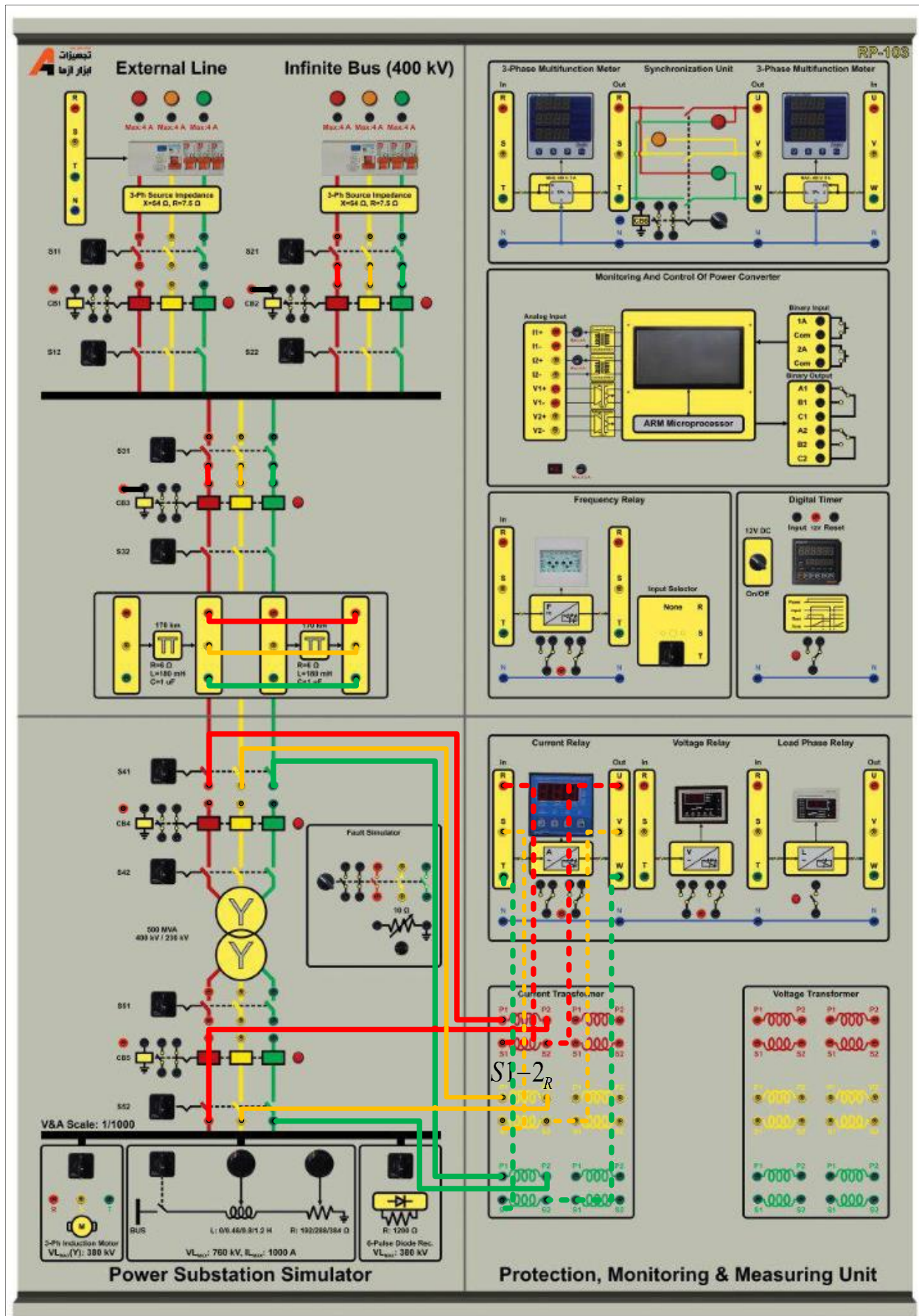
قبل از تغییر وضعیت رله		بعد از تغییر وضعیت رله			
نمایشگر روشن	شرح خطا	نمایش همراه صدای تک بوق	نشانگر Alarm Relay	نشانگر Trip Relay	نمایش همراه صدای بوق پیوسته
Unbalance	عدم تقارن جریان فازها	شمارش معکوس--b Delay Off	---	روشن	اختلاف جریان فازها در لحظه قطع به صورت چشمک زن
Min	جریان کمتر از حد Min	شمارش معکوس --t Delay Off	---	روشن	جریان لحظه قطع به صورت چشمک زن
Alarm	جریان بیش از حد Alarm	شمارش معکوس--A Delay Off	روشن (اگر آلام فعال باشد)	---	جریان عبوری از CTها
Max	جریان بیش از حد Max	شمارش معکوس--t Delay Off	روشن (اگر آلام فعال باشد)	روشن	جریان لحظه قطع به صورت چشمک زن
Max	جریان بیش از 120%CT	شمارش معکوس--t Delay Off	روشن (اگر آلام فعال باشد)	روشن	oUr

۷-۲ آزمایش بررسی رله کنترل آمپر سه فاز

نحوه پیاده سازی این آزمایش در آموزنده ماژولار در شکل ۷-۱ نشان داده شده است و نحوه انجام این آزمایش در آموزنده یکپارچه در شکل ۷-۲ نشان داده شده است. همانطور که پیش از این بیان گردید رله کنترل آمپر مورد استفاده دارای نشانگر هشدار و تریپ است. چنانچه جریان سیستم از حد ماکزیمم تنظیم شده برای رله بیشتر شود، تریپ داده و در این حالت کنتاکت های خروجی رله تغییر وضعیت خواهند داد. می توان به کمک یک بخش کنترلی، پس از تغییر وضعیت کنتاکت های خروجی رله ورودی سیستم قطع گردد و یا فرمان هشدار به اتاق کنترل صادر شود. با تنظیم جریانی رله برای یک بار مشخص در خروجی؛ اقدام به تغییر بار خروجی نموده تا عملکرد رله کنترل امپر برای شما آشکار شود.



شکل ۱-۷ نحوه پیاده‌سازی آزمایش رله کنترل آمپر سه فاز در آموزنده ماژولار



شکل ۲-۷ نحوه پیاده سازی آزمایش رله کنترل آمپر سه فاز در آموژنده یکپارچه

جدول ۶-۷ جدول نتایج حاصل از آزمایش رله کنترل آمپر سه‌فاز

جریان تنظیمی Max	جریان قطع	اندازه‌گیری زمان قطع
0.4		
0.5		
0.7		

قبل و بعد از تریپ رله کنترل جریان سه‌فاز، وضعیت اتصال کنتاکت‌های خروجی رله را با مولتی‌متر بررسی کنید

با قطع یک فاز بار، عملکرد رله کنترل جریان را در شرایط عدم تقارن جریان بار بررسی کنید.

۳-۷ سؤالات آزمایش

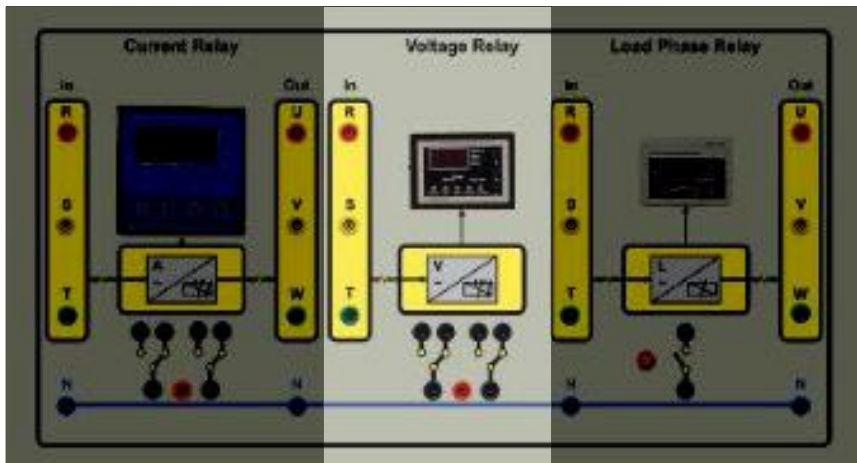
- ۱- دلیل تنظیم جریان بر روی مقادیر بالا چیست
- ۲- انواع رله‌های جریانی را نام ببرید. این رله در کدام گروه قرار می‌گیرد؟
- ۳- آزمایش را برای عدم تقارن جریان و مینیمم جریان انجام دهید.

۸ رله کنترل ولتاژ در آموزنده یکپارچه

هدف: آشنایی با رله کنترل ولتاژ و بررسی عملکرد آن

۱-۸ مقدمه

رله کنترل ولتاژ سه فاز دستگای مناسب جهت حفاظت در برابر افزایش، کاهش و عدم تقارن فازها و یا قطع یک فاز می‌باشد. این رله در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱-۸ رله کنترل ولتاژ سه فاز

۱-۱-۸ ویژگی های رله کنترل ولتاژ سه فاز

این رله جهت کنترل بسیار دقیق اختلالات شبکه در عمده تجهیزات صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد تا از آسیب رسیدن به بار خروجی آن جلوگیری شود.

ماژول Over/Under Voltage Relay قادر به حفاظت در برابر افزایش/کاهش ولتاژ، عدم توالی (جابجایی) فازها، عدم تقارن ولتاژ فازها و قطع هرکدام از فازها را دارا می‌باشد

۸ عدد نشانگر برای اعلام وضعیت سیستم بر روی این رله وجود دارد که عبارتند از:

جدول ۱-۸ جدول شرح نشانگرهای موجود بر روی رله ولتاژ

عنوان نشانگر	شرح
REL	وصل رله
F	یکی از فازهای سیستم قطع است
P	وجود عدم توالی صحیح بین فازها
On Delay-Off Delay	تأخیر در وصل و قطع
Under-Over	وجود کاهش و یا افزایش ولتاژ در سیستم
Unbalance	وجود عدم تقارن بین فازهای سیستم

۲-۱-۸ مشخصات فنی رله کنترل ولتاژ سه فاز

برای این رله می‌توان زمان تاخیر در وصل را بین 0-600 Sec و زمان تاخیر در قطع را بین 0-10 Sec تنظیم نمود. لازم به ذکر است زمان قطع برای کاهش ولتاژ در لحظه استارت 15 Sec است.

دارای قابلیت قطع برای زمانی که افزایش ولتاژی در محدوده تغییرات 400-480 V رخ داده است و یا کاهش ولتاژی در محدوده 310-380 V اتفاق افتاده است.

این رله می‌تواند در صورتی که عدم تقارنی بین ۵ تا ۲۵ درصد بین فازهای سیستم مشاهده شود؛ بار را قطع کند.

دارای دو عدد رله ۵ آمپر است.

۳-۱-۸ عملکرد دستگاه

این دستگاه در شرایط عادی، ولتاژ شبکه را نمایش می‌دهد. برای تنظیم دستگاه از **Error! Reference source not found.** و جهت بررسی خطا از **Error! Reference source not found.** استفاده می‌شود.

جدول ۲-۸ جدول شرح تنظیمات دستگاه

ورود به مرحله تنظیم	نشانگر روشن	شرح/نمایش	محدوده تنظیم تغییرات با کلیدهای - و +
←	Unbalance	عدم تقارن ولتاژ	5 – 25%
←	Over	حداکثر ولتاژ	400-480 V
←	Under	حداقل ولتاژ	310-380 V
←	Off Delay	زمان تاخیر در قطع	0-10 Sec
←	On Delay	زمان تاخیر در وصل	0-600 Sec

نکته ۱: اگر در هنگام تنظیم دستگاه وقفه ای ایجاد شود و هیچ کلیدی فشار داده نشود پس از 10 ثانیه دستگاه به حالت عادی یعنی نمایش ولتاژ شبکه باز خواهدگشت.

نکته ۲: پس از تنظیم هر پارامتر با فشار دادن کلید ← مقدار تنظیم شده ذخیره خواهد شد در غیر این صورت مقدار قبلی در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۳-۸ جدول شرح پیغام‌های خطا

نمایش همراه صدای بوق پیوسته				
نشانگر Trip Relay				
نشانگر چشمک زن	شرح خطا	زمان قطع رله	قبل از قطع رله	بعد از قطع رله
Unbalance	عدم تقارن ولتاژ	Off Delay	شمارش معکوس F--	ولتاژ شبکه
Over	افزایش ولتاژ	Off Delay	شمارش معکوس F--	ولتاژ شبکه
Under	کاهش ولتاژ	Off Delay	شمارش معکوس F--	ولتاژ شبکه
F	قطع فاز	0 Sec	r-S چشمک زن	r-S چشمک زن
P	جابجایی فاز	0 Sec	حرکت چرخشی	حرکت چرخشی
تمام نمایشگرها	جابجایی نول	0 Sec	EEE	EEE

نکته ۳: زمان گیری قطع رله همراه با چشمک زن شدن نشانگر Off Delay می باشد.

نکته ۴: زمان گیری وصل رله همراه با چشمک زن شدن نشانگر On Delay می باشد.

نکته ۵: بعد از رفع خطا و نمایش On Delay به صورت شمارش معکوس، رله وصل و نمایشگر ولتاژ شبکه را نمایش می دهد.

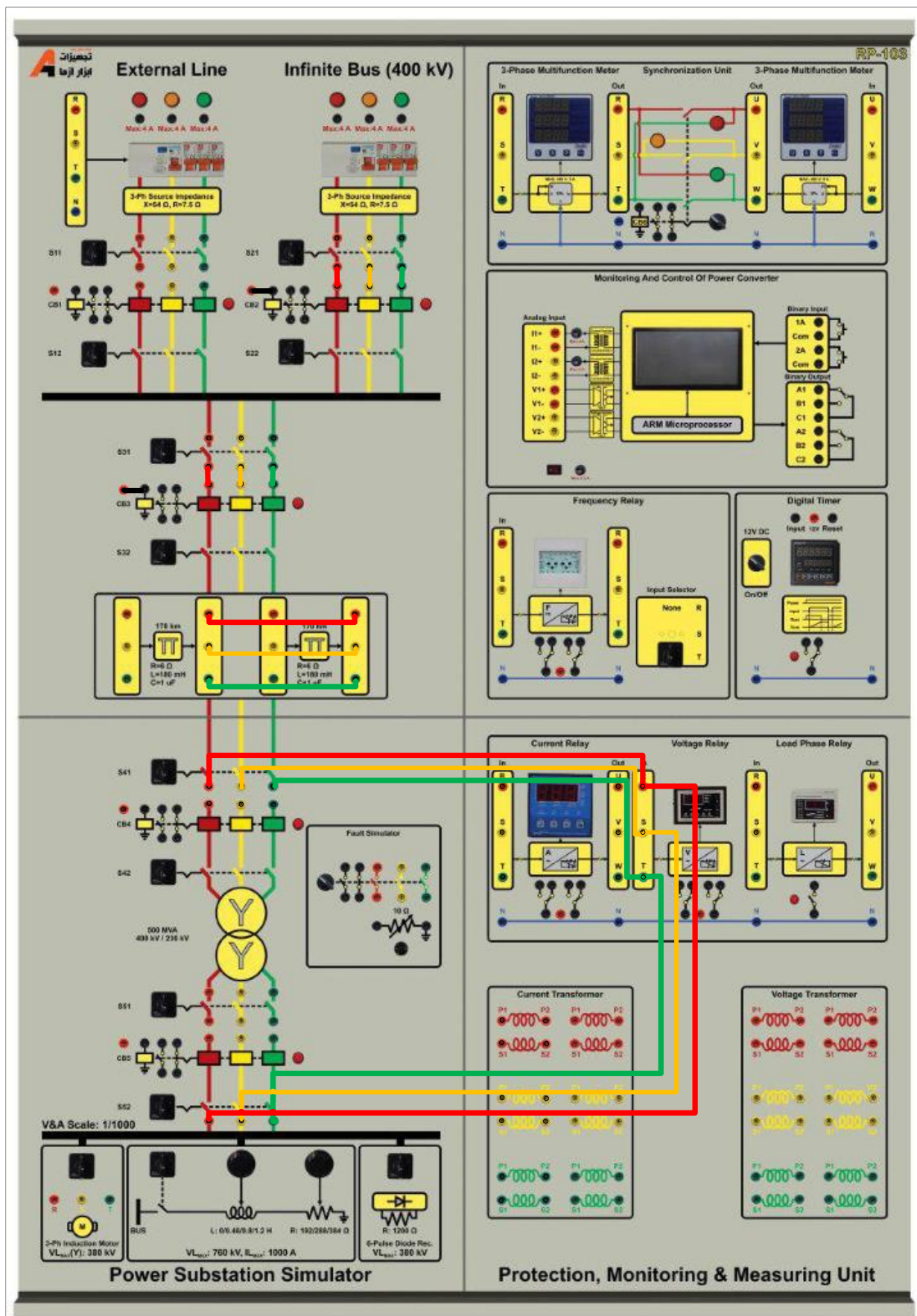
۲-۸ آزمایش و تحلیل

همانطور که پیش از این بیان گردید رله کنترل ولتاژ سه فاز مورد نظر قابلیت تریپ در شرایط Under/Over Voltage و عدم تقارن ولتاژهای سه فاز را دارد. همچنین قادر به تشخیص خطای قطع یک فاز و جابه‌جایی فاز است. با توجه به شکل ۲-۸ قابلیت‌های این رله را مورد آزمایش قرار دهید و در هر شرایط تغییر وضعیت کنتاکت‌های خروجی رله را با مولتی متر بررسی کنید.

لازم به ذکر است یکی از کنتاکت‌های مشترک به یک فاز ولتاژ ورودی متصل است تا در صورت تریپ رله و تغییر وضعیت کنتاکت‌ها فرمان قطع را برای رله خروجی این تجهیز صادر کند و سبب قطع بار گردد.

برای بررسی عملکرد رله در شرایط قطع یک فاز؛ ابتدا مدار آزمایش نشان داده شده در شکل زیر را در شرایط نامی و به ازای بار مقاومتی خالص ۳۸۴ اهم راه‌اندازی نمایید. سپس اتصال فاز اول بار را قطع نمایید تا رله در شرایط قطع یک فاز مورد بررسی قرار گیرد. بایستی به محض قطع یک فاز، رله به اندازه زمان Off Delay صبر کند و در صورتی که خطا در این بازه زمانی برطرف نگردد آنگاه تریپ دهد و وضعیت کنتاکت‌های خروجی آن تغییر می‌کند.

برای بررسی صحت عملکرد رله در شرایط افت ولتاژ شدید؛ مقدار Under Voltage را حدود ۳۵۰ ولت برای رله ولتاژ تنظیم کنید. ابتدا به کمک مدار آزمایش را در ولتاژ نامی ۳۸۰ ولت راه‌اندازی کنید و سپس مقدار بار مقاومتی را پله‌ای کاهش دهید. با این کار چون جریان کشی از خط افزایش می‌یابد، لذا ولتاژ باس‌بار دچار افت شدید خواهد شد تا آنجایی که ولتاژ بار از حد پایین ولتاژ تعریف شده برای رله کمتر می‌شود. آنگاه صحت عملکرد رله کنترل ولتاژ را بررسی نمایید و وضعیت کنتاکت‌های خروجی را مولتی متر بررسی نمایید.



شکل ۸-۲ نحوه پیاده‌سازی آزمایش رله حفاظت ولتاژ در آموزنده یکپارچه

۳-۸ سوالات آزمایش

۱- با استفاده از کنتاکت‌های خروجی این رله مداری طراحی کنید که در صورتی که ولتاژ در محدوده مجاز ۳۵۰ تا ۴۰۰ ولت قرار گیرد اتصال منبع ورودی به خط انتقال برقرار شود و بار تغذیه گردد و در صورتی که ولتاژ خارج از رنج مجاز باشد اتصال منبع ورودی به خط انتقال قطع شود. برای قطع و یا وصل اتصال منبع ورودی به خط از دژنکتور CB2 استفاده شود.

۲- مدار مورد طراحی را با هماهنگی مدرس محترم به کمک تجهیزات در دسترس پیاده‌سازی نمایید.

پیوست شماره

یک

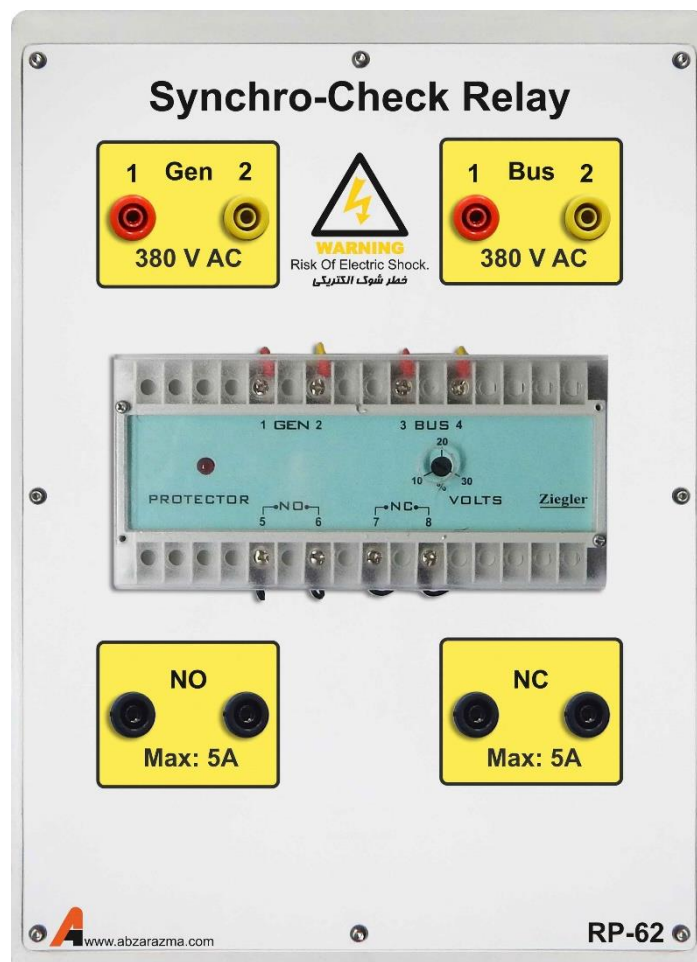
۱- رله سنکروچک

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 سنکرون‌سازی توالی فازهای ژنراتور و شبکه را با رله کنترل ولتاژ بررسی 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 است که می‌تواند از صفر تا ۳۰ درصد تنظیم شود. معمولاً ۱۰ درصد اختلاف دامنه ولتاژ شبکه با ژنراتور عدد مناسبی است.

دو کنتاکت NO و NC بر روی ماژول قرار داده شده است. 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.

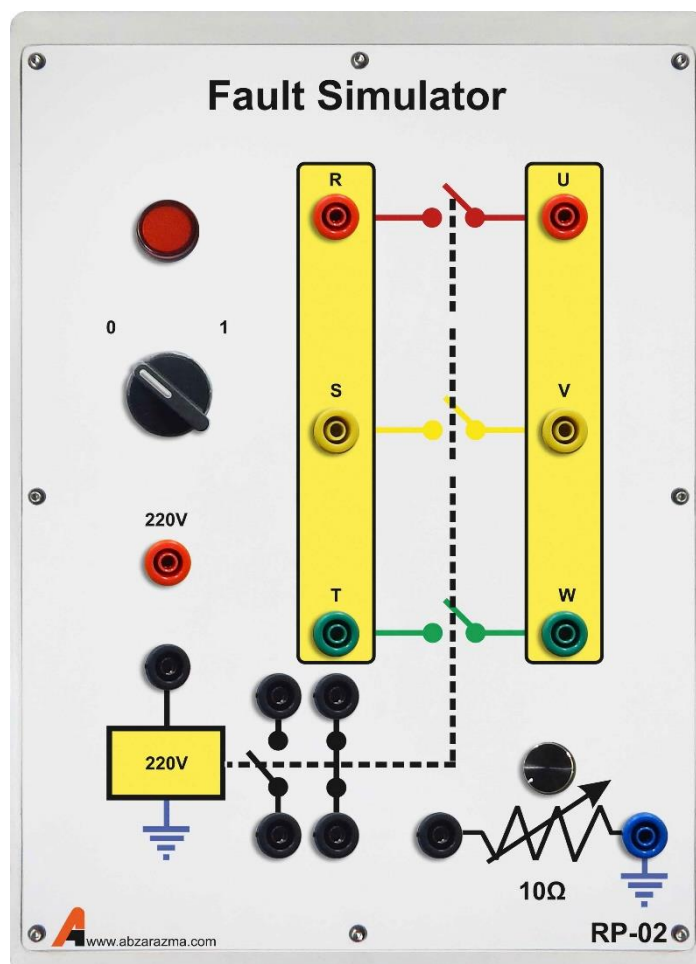


۲- شبیه‌ساز خطا

از این ماژول جهت رخداد انواع خطاهای سه‌فاز، دو فاز، تکفاز به نول و خطای تکفاز به نول با مقاومت اتصال کوتاه استفاده می‌گردد. نحوه عملکرد این ماژول بدین صورت است که یک کلید دو حالتی 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 مستقیماً متصل شود. در این شرایط فاز R به U؛ S به V؛ 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.

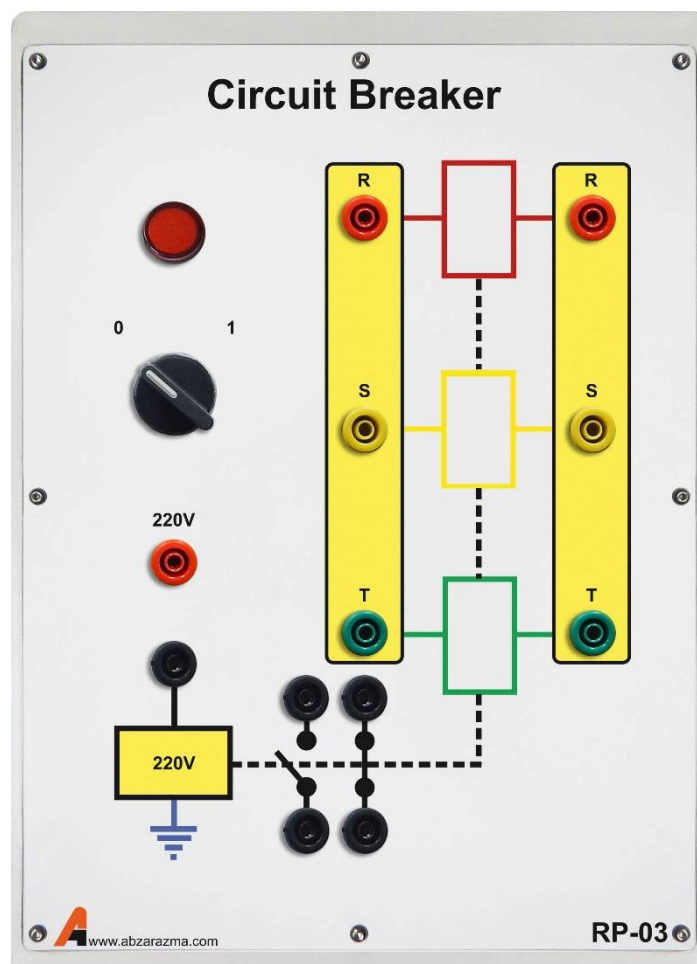


۳- مدار شکن

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.

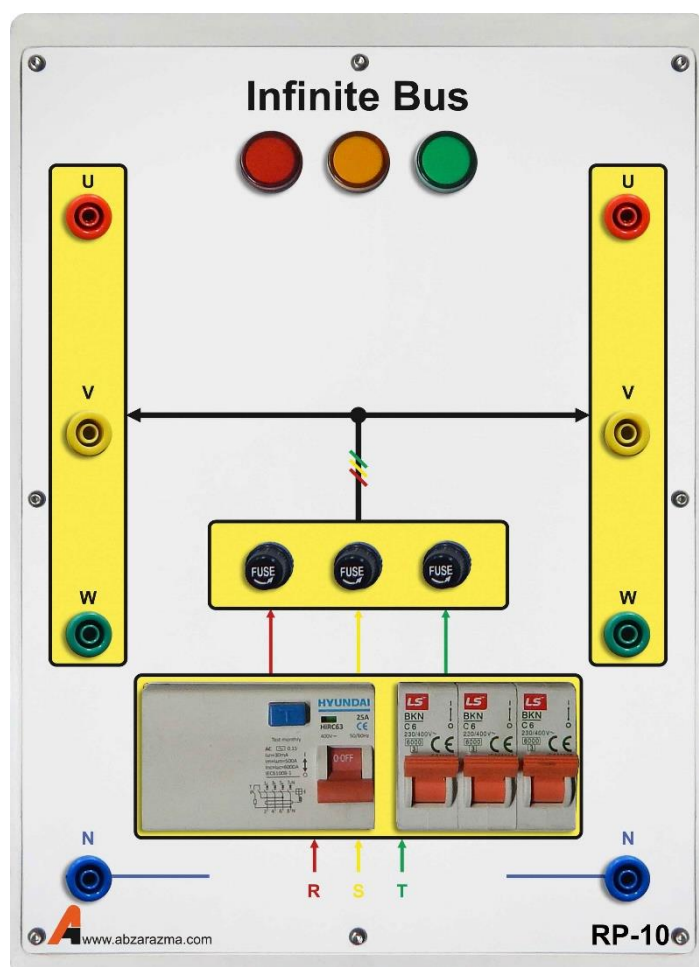


۴- مدل باس بی‌نهایت

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 ناشی و جلوگیری از برق‌گرفتگی استفاده شده است. از سه فیوز تک‌فاز مینیاتوری برای تغییر 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.



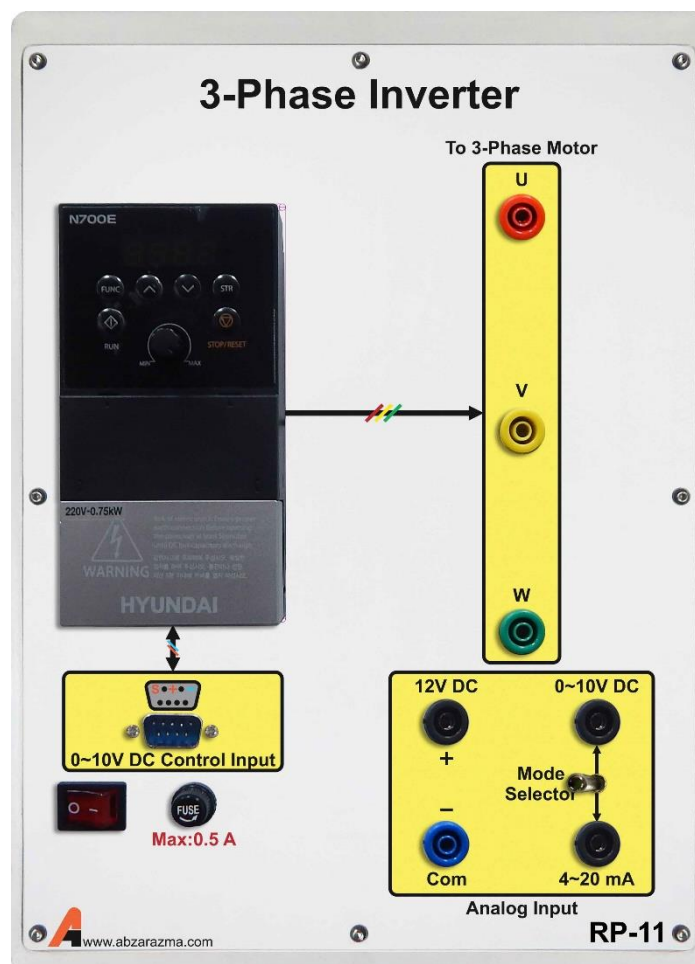
۵- اینورتر سه فاز

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 است لذا حداکثر مقدار موثر ولتاژ خط نمی‌تواند از ۲۲۰ ولت بیشتر شود. بنابراین توصیه می‌گردد در زمان استفاده 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

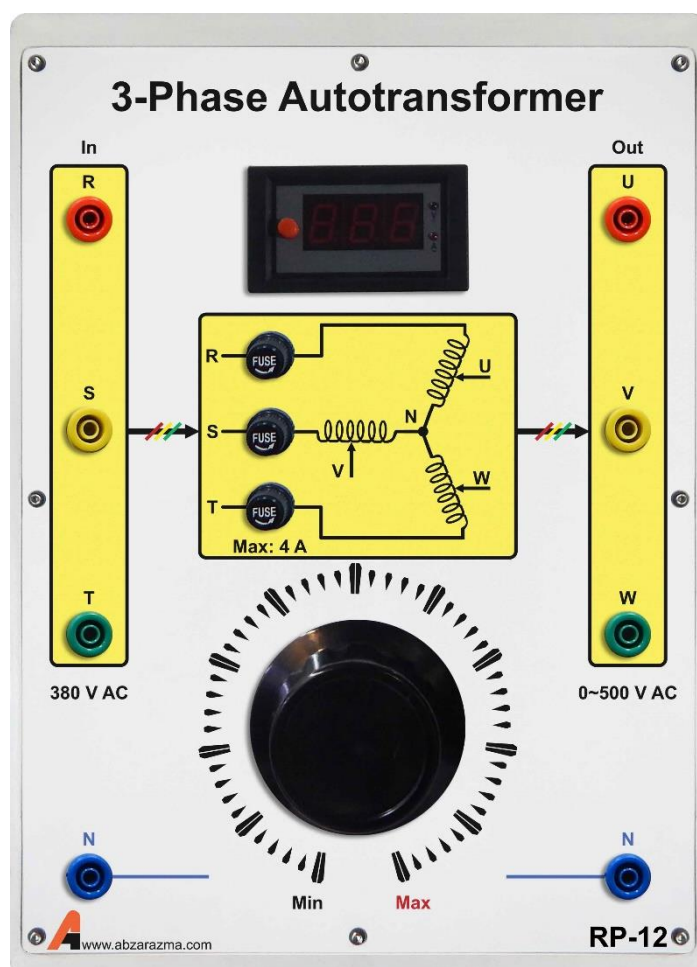
تمهیدات لازم جهت بهره‌گیری از اینورتر در مدارات کنترل سرعت با وجود کنترلر PID در نظر گرفته شده است و با توجه به درخواست سفارش دهنده امکان توسعه آموزنده وجود دارد. لازم به ذکر است در حالت پیش فرض تغییر فرکانس به کمک ولوم صورت می‌پذیرد.



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.

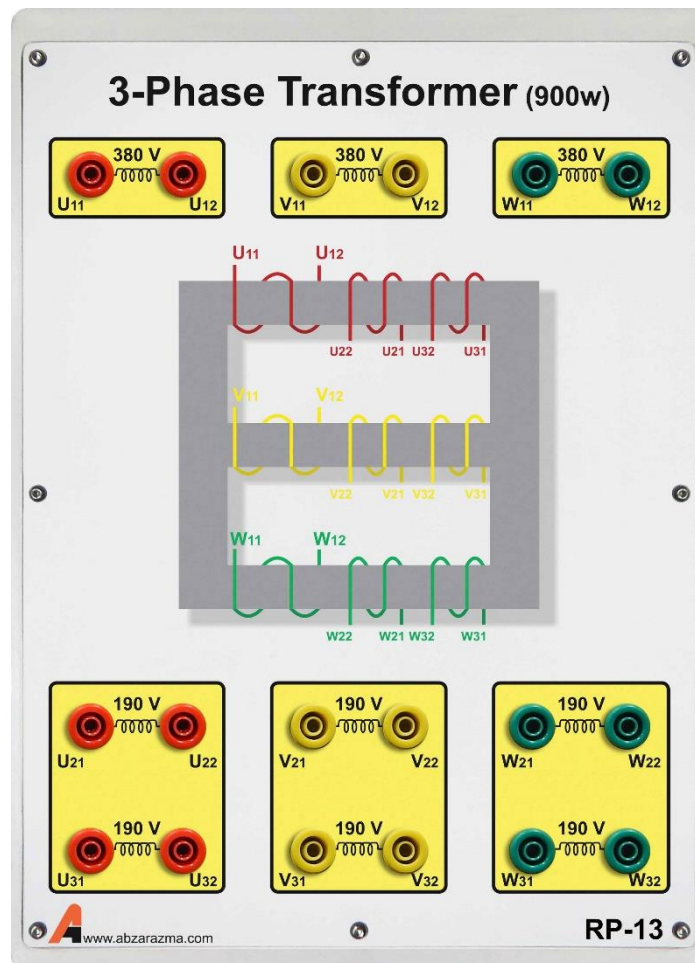


۷- ترانسفورماتور سه فاز

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.

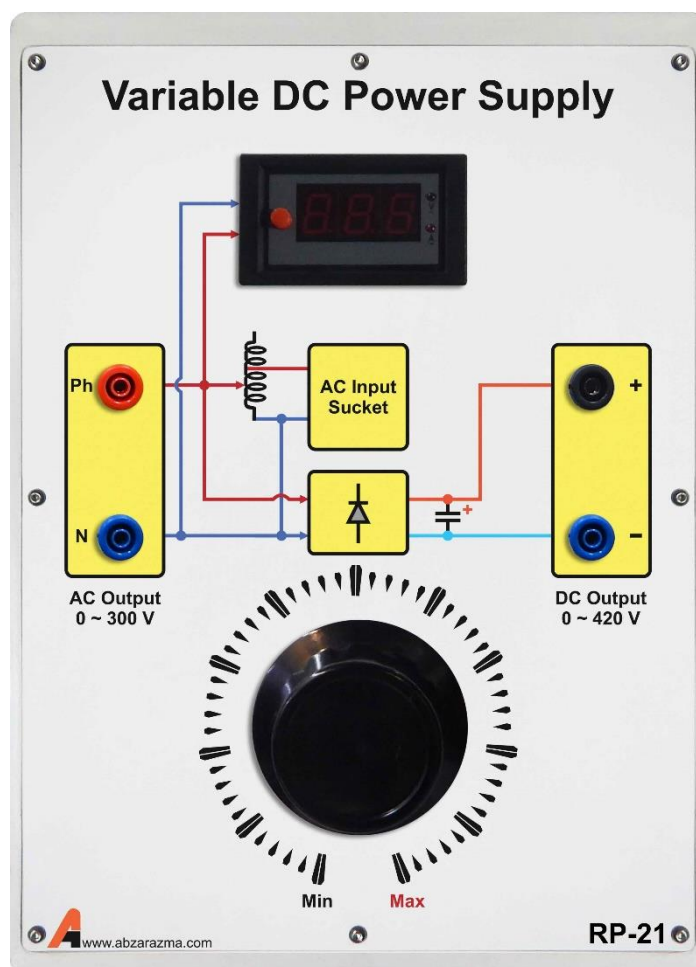


۸- منبع تغذیه DC متغیر

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 سه فاز

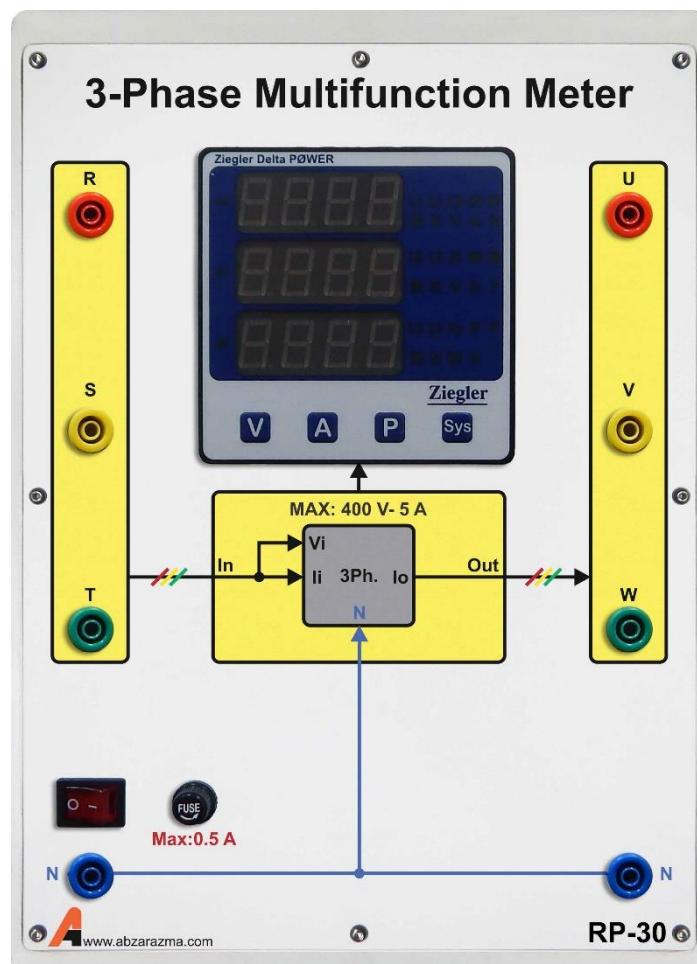
از این ماژول جهت اندازه‌گیری پارامترهای AC از قبیل ولتاژ، جریان، توان و غیره استفاده می‌گردد. با فشردن دکمه V، امکان نمایش ولتاژهای فاز و خط فراهم می‌شود. با فشردن دکمه A، امکان نمایش جریان‌های هر فاز به وجود خواهد آمد.

فشاردن 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.

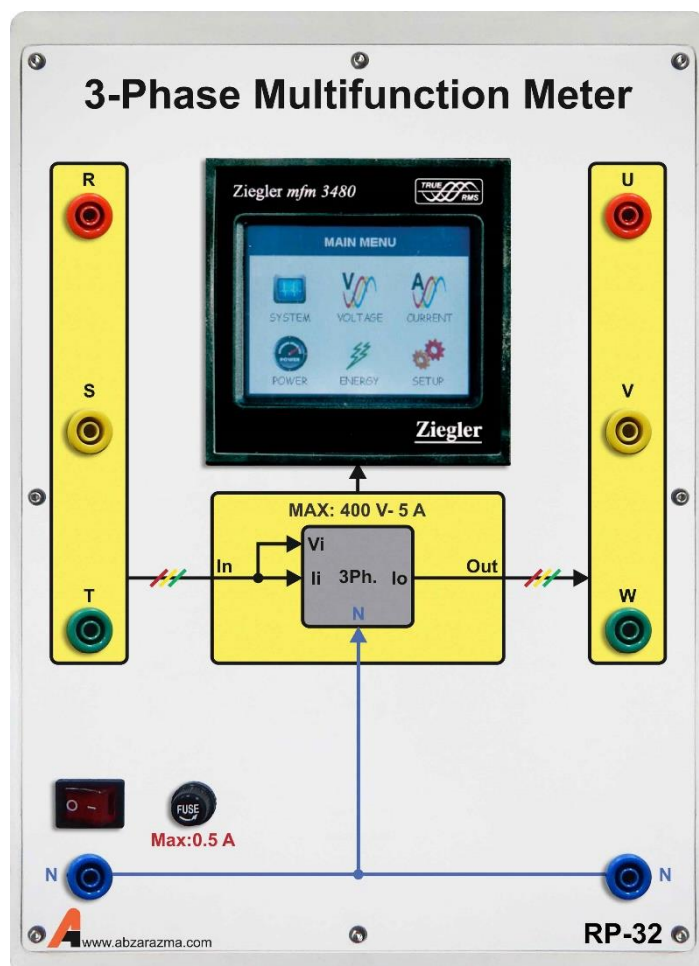
نحوه اتصال این ماژول سری با مسیر عبور جریان مدار است. ترمینال‌های سمت چپ ورودی ماژول و ترمینال‌های سمت راست، خروجی ماژول هستند.

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 دقیقاً 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

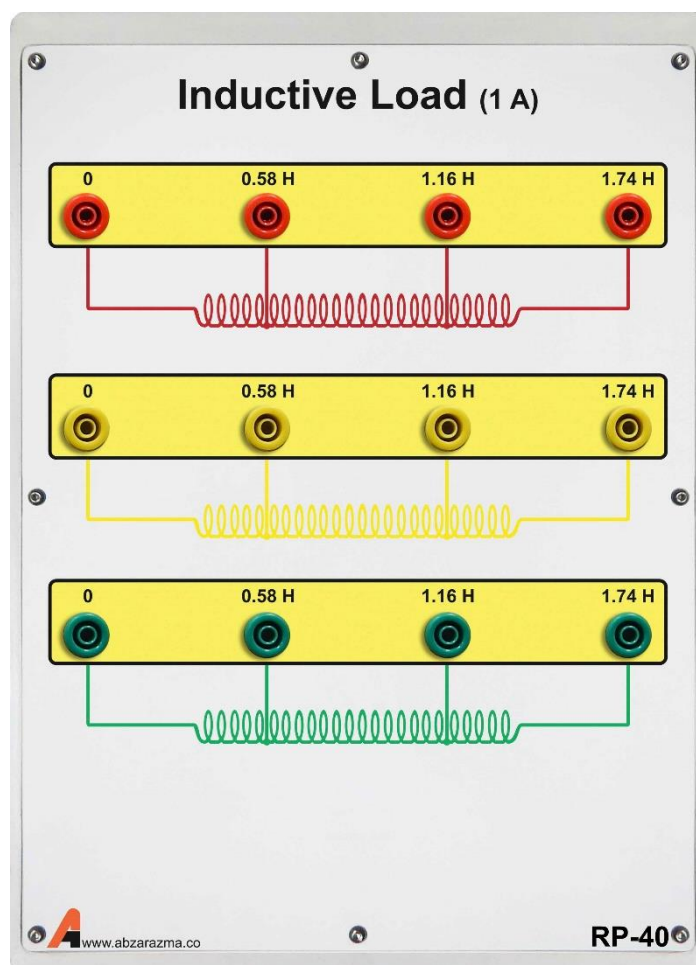
از این تجهیز برای اندازه‌گیری پارامترهای AC و DC اعم از ولتاژ، جریان، مقاومت، خازن و فرکانس و همچنین تست صحت اتصال و سلامت دیود استفاده می‌گردد. تغذیه مولتی متر به کمک یک مدار الکترونیکی داخل ماژول تامین می‌گردد و برای روشن شدن مولتی متر بایستی کابل پشت دستگاه وصل و کلید تغذیه ماژول در وضعیت یک قرار 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 کفایت لامپ را به سمت بیرون بکشید و لامپ جدید را جایگزین آن نمایید.

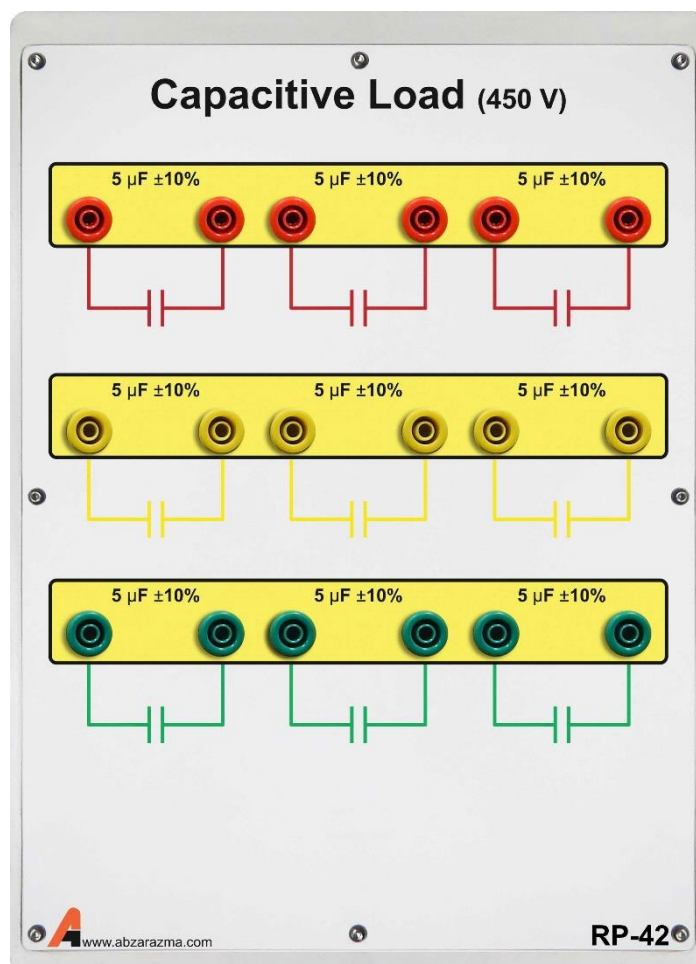
با توجه به تلفات حرارتی بالای این لامپ‌ها یک عدد فن در داخل ماژول تعبیه شده است که توصیه اکید می‌گردد پیش از استفاده از این ماژول از روشن بودن فن اطمینان حاصل نمایید.

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 تشخیص خطا به مدت زمان Delay Off صبر می‌کند و در صورتی که خطا برطرف نشود، کنتاکت‌های خروجی تغییر وضعیت خواهند داد. در این شرایط می‌توان با بهره‌گیری از مازول 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

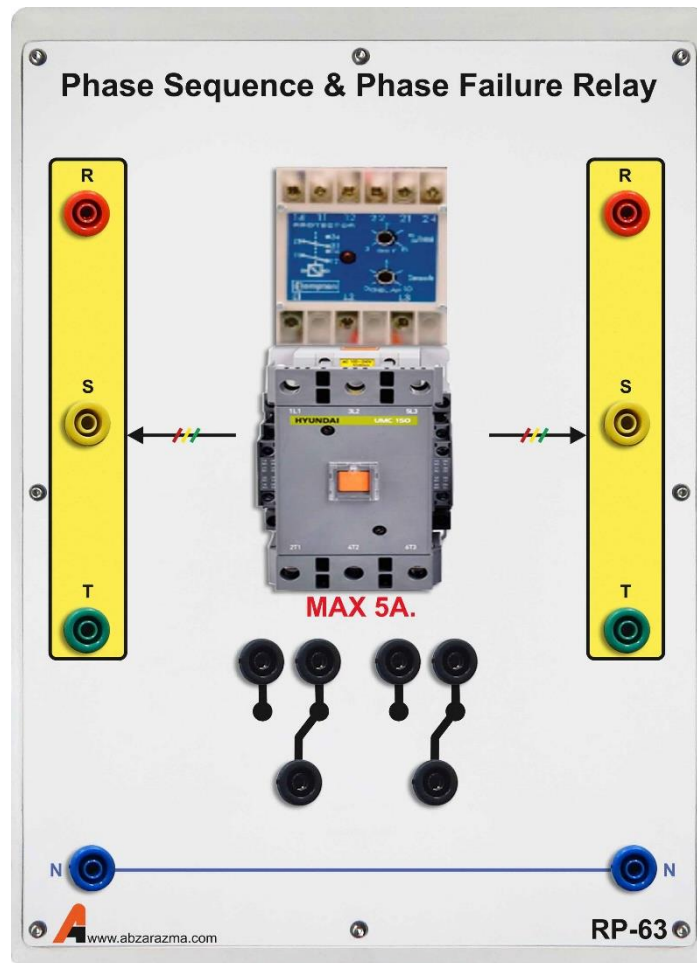
این رله قابلیت تشخیص خطای Over/Under جریان و عدم تقارن جریان‌های سه‌فاز را دارا می‌باشد. نحوه اتصال این تجهیز بدین صورت است که جریان شبکه از سمت اولیه ترانس‌های جریان عبور می‌کند و به سمت بار جاری می‌شود. در این شرایط، دو سر ثانویه CT هر فاز به صورت موازی با ترمینال‌های همان فاز رله متصل خواهد شد. دو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

امکان تنظیم دیجیتال 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

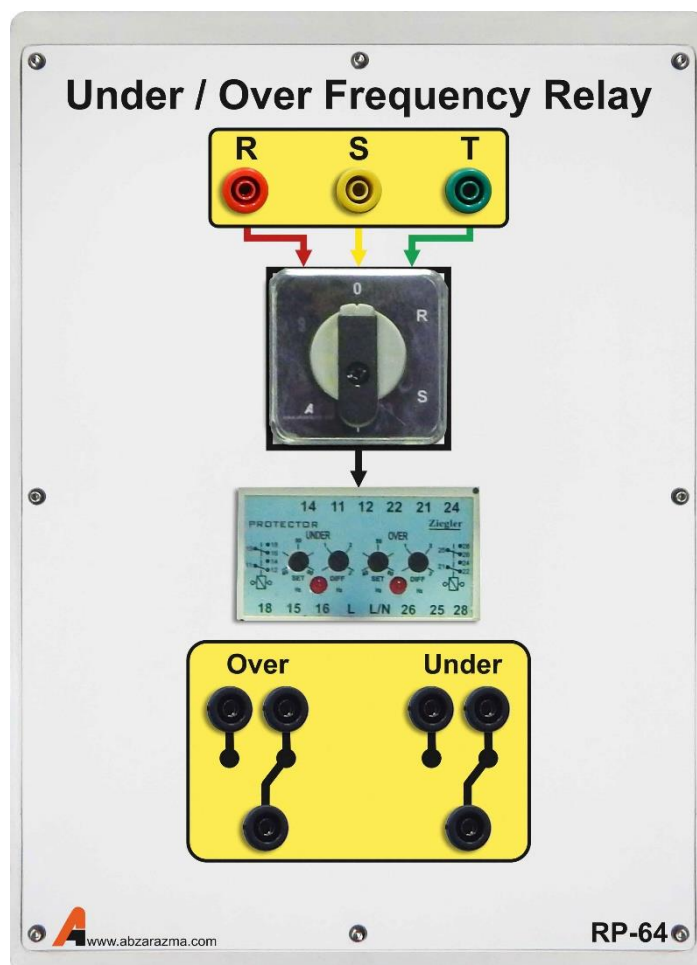
این رله قابلیت تشخیص خطای قطع یک فاز و یا خطای توالی فاز را دارد. نحوه اتصال این ماژول به صورت موازی با شبکه است. دو کنتاکت بر روی این تجهیز قرار دارد تا در زمان بروز خطا با تغییر وضعیت اتصال بخشی از شبکه را قطع نمایند. امکان تنظیم پارامترهای رله به واسطه دو پیچ تنظیم تعبیه شده بر روی رله وجود دارد.



۱۸- رله کنترل فرکانس

این رله با نمونه برداری از ولتاژهای 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



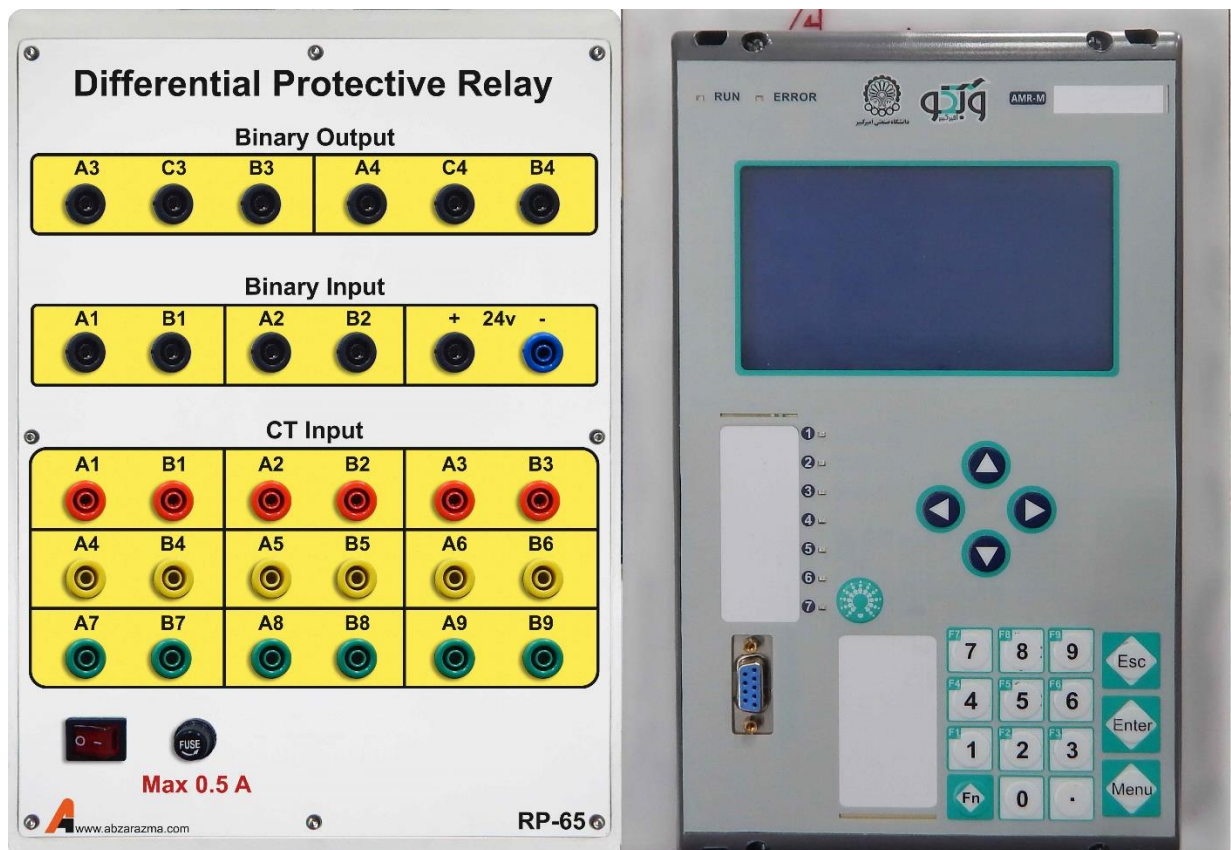
۱۹- رله دیفرانسیل وبکو

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 شده‌اند 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.

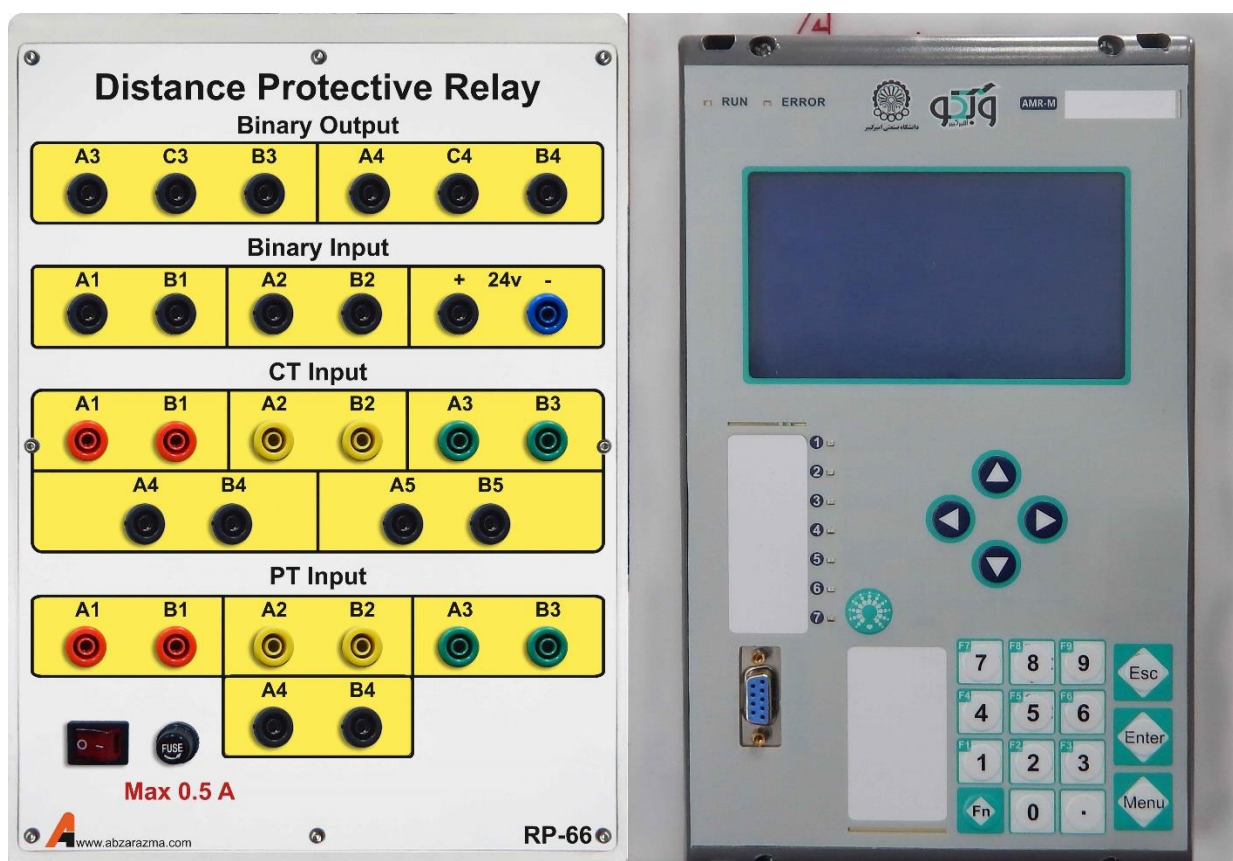
با توجه به اینکه رله از نوع دیفرانسیل است لازم است اتصال ورودی و خروجی ترانسفورماتور سه فاز از طریق سیم‌پیچ‌های اولیه ماژول CT انجام شود و سرهای ثانویه به محل CT Input رله وبکو متصل شوند.

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



۲۰- رله دیستانس وبکو

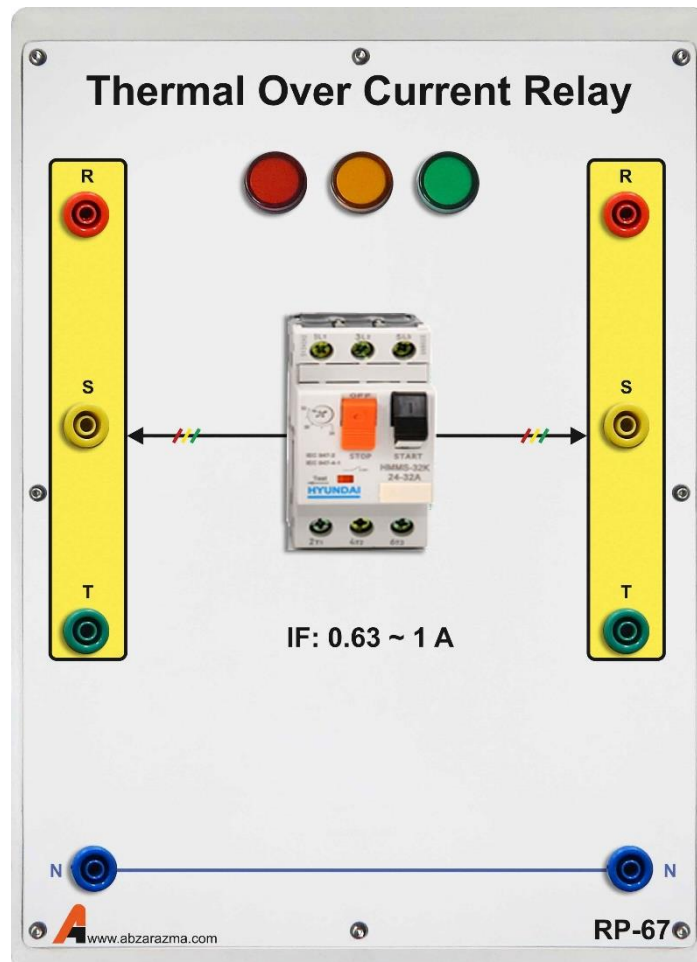
مشخصات کلی این رله مشابه رله دیفرانسیل وبکو است و تفاوت عمده در نحوه تنظیم پارامترهای رله می‌باشد. در این نوع رله نیز برای ساده شدن سیم‌بندی کانکتورهای رله بر روی ماژول Dis. Pro. Relay تعبیه شده‌اند. ثانویه ترانسفورماتور ولتاژ و جریان به بخش CT Input و PT Input متصل می‌شود و سایر تنظیمات مربوط به رله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

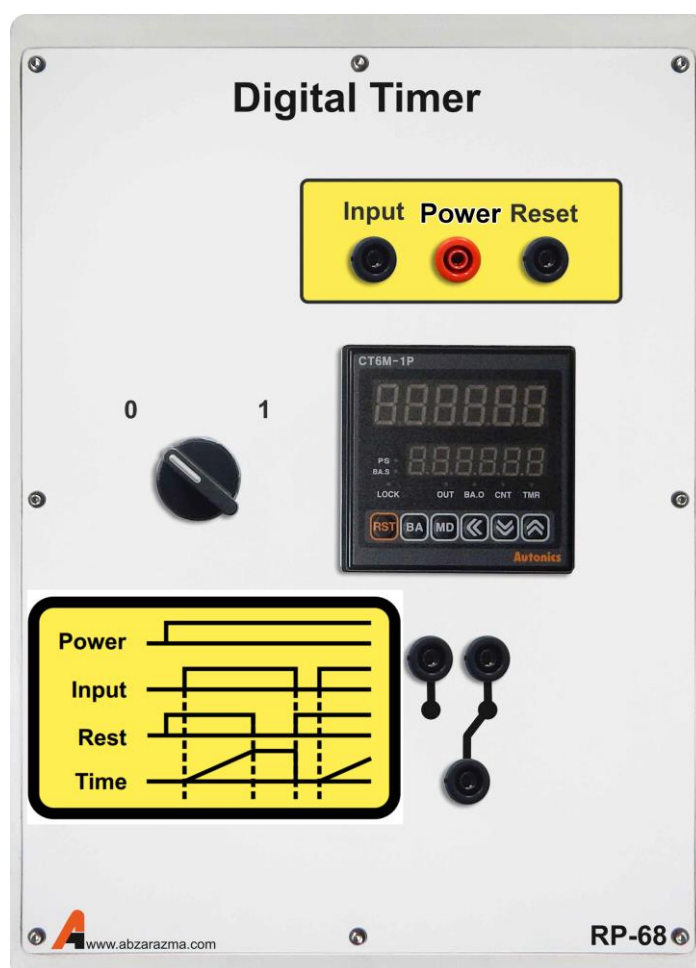
سه چراغ سیگنال برای نمایش وضعیت رله وجود دارد.



۲۲- تایمر دیجیتال

اساساً 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.

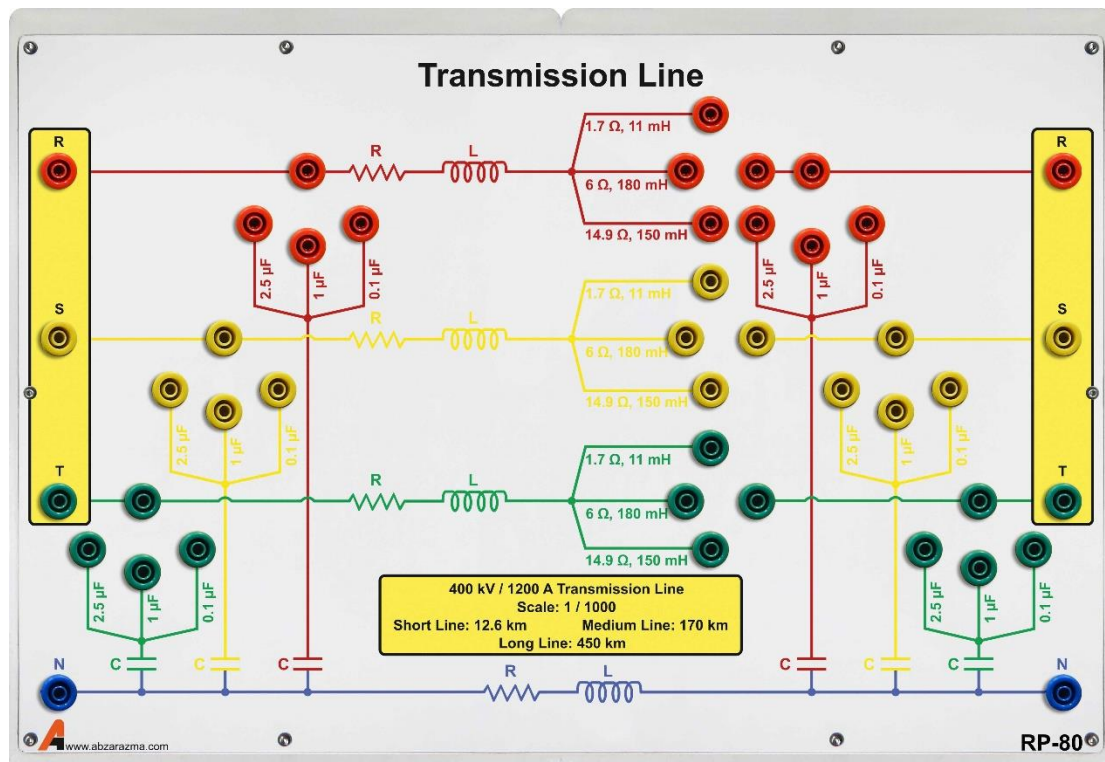
بر روی این ماژول یک ترمینال قرمز رنگ Power قرار دارد که به محض اتصال این ترمینال به پایه Input، تایمر شروع به شمارش می‌کند. برای شمارش لازم است پین reset یک شده باشد. به محض اینکه اتصال Power از reset قطع شود تایمر متوقف شده و می‌توان زمان را نگه می‌دارد



۲۳- خط انتقال سه فاز

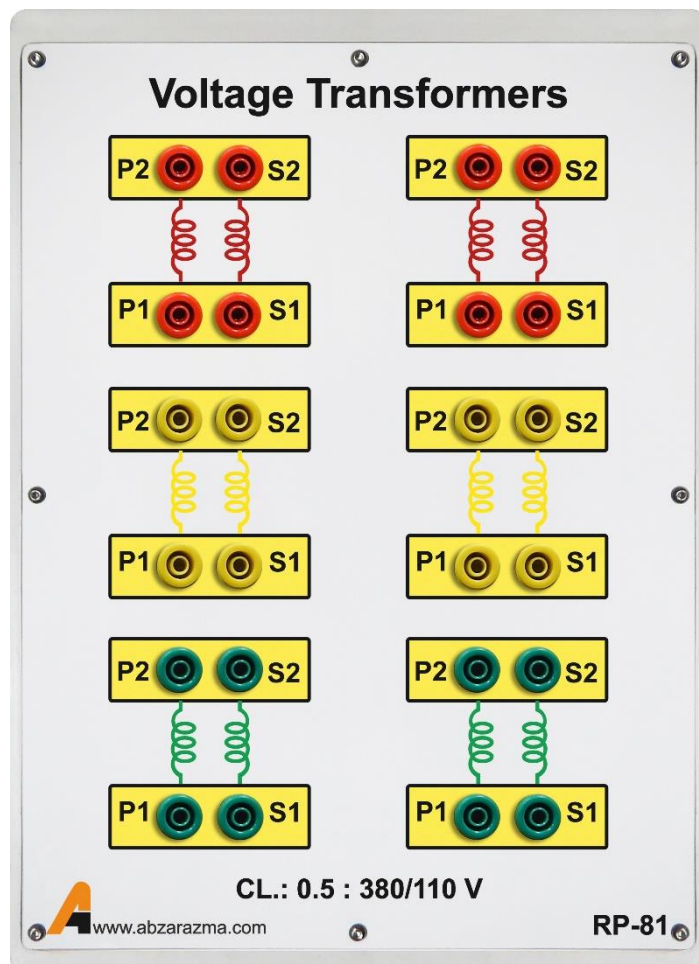
مدل خط انتقال سه فاز که قابلیت پیاده‌سازی سه خط کوتاه، متوسط و بلند را دارا می‌باشد. برای تغییر مدل خط از کوتاه به متوسط و یا بلند تنها کافیست اتصال پارامترهای خط (مقاومت و اندوکتانس سری و خازن موازی) را تغییر دهید.

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.

