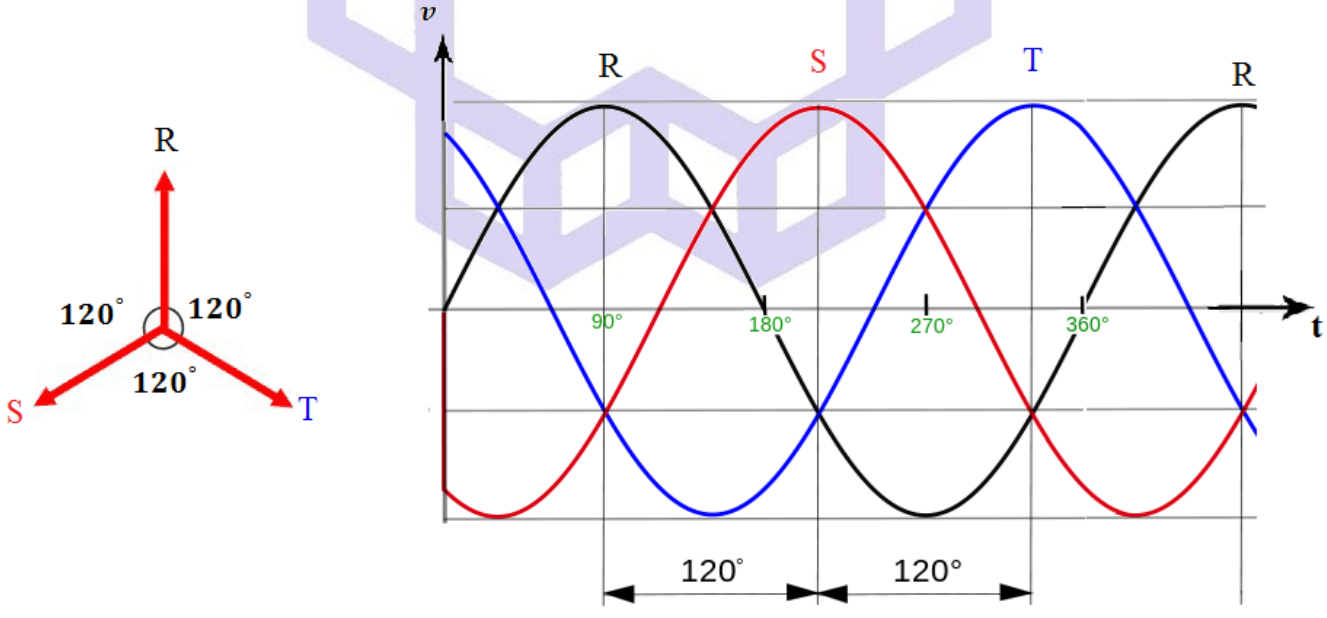
آزمایش شمارهٔ ۱۲

اندازه گیری توان سه فاز

هدف آزمایش

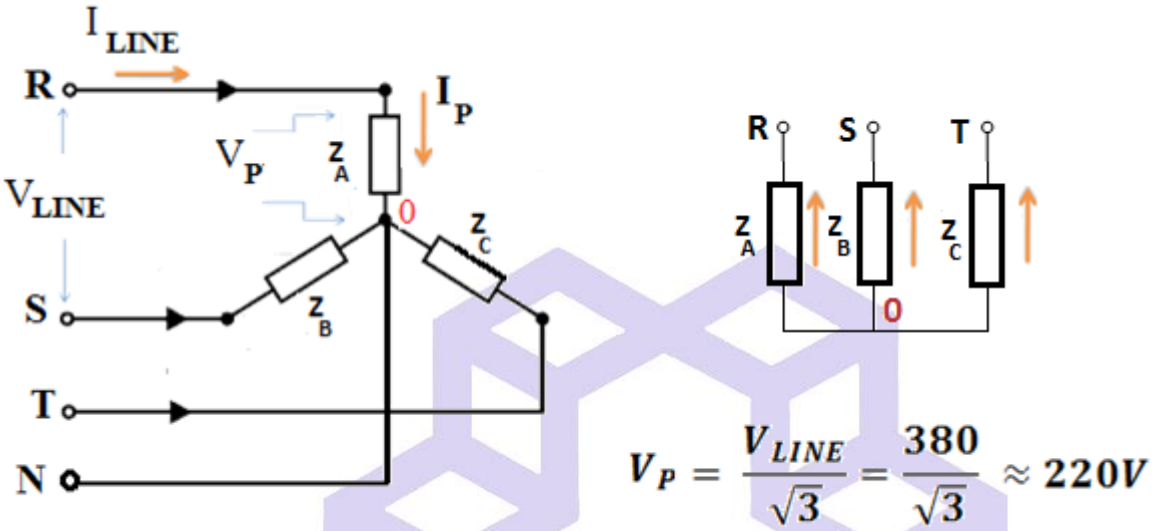
برق سه فاز: در برق سه فاز شهری ۴ سیم وجود دارد. یکی نول و سه سیم هر یک دارای ۲۲۰ ولت اختلاف پتانسیل نسبت به سیم نول هستند که اصطلاحا به آن ولتاژ فاز V_P می‌گویند. ولتاژ هر فاز نسبت به فاز قبلی دارای ۱۲۰ درجه اختلاف فاز(پس فاز) است و آن‌ها را با V_R ، V_S و V_T نمایش می‌دهند. ولتاژ بین دو فاز را اصطلاحا ولتاژ خط (V_L) می‌نامند. درسیستم سه فازه که $V_{R-S} = V_{S-T} = V_{T-R}$ باشد، داریم $V_L = \sqrt{۳}\ V_P$ که به چنین سیستم سه فازه ، سیستم سه فاز متقارن می‌گویند. در سیستم سه فاز دو نوع اتصال داریم: ۱) اتصال ستاره ۲) اتصال مثلث. که هرکدام از این اتصال‌ها، کارائی خاص خود را دارند و تفاوت این دو اتصال، در نحوه اتصال مصرف کننده‌ها است.

از برق سه فاز برای توان‌های بالا و در صنعت استفاده می‌شود. همچنین با توجه به اینکه برای ایجاد دوران اتوماتیک در موتورهای القائی نیاز به دو فاز و بیشتر داریم که می‌توان میدان دوار ایجاد نمود و موتورهای القائی را راه اندازی کرد. شکل زیر تابع زمانی و فرم برداری سه فازه متقارن را نشان می‌دهد:



اتصال ستاره (Y)

در این نوع اتصال امپدانس Z_R ، Z_S و Z_T در یک نقطه به همدیگر متصل می‌شوند که به آن نقطه صفر اتصال ستاره می‌گویند و سر دیگر امپدانس‌ها به فازهای R, S و Tوصل می‌شوند. اگر مصرف کننده‌های سه فاز مثل هم باشند در این حالت سیستم را سه فازه با بار متعادل می‌نامند($\boldsymbol{Z_T = Z_S = Z_R}$). در این حالت نیازی به اتصال نقطه صفر ستاره به سیم نول وجود ندارد. زیرا: $\overrightarrow{I_R} + \overrightarrow{I_S} + \overrightarrow{I_T} = 0$ است و از سیم نول جریانی عبور نخواهد کرد. با توجه به شکل زیر داریم:



$$V_P = \frac{V_{LINE}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} \approx 220V$$

قدرت هر فاز در اتصال ستاره برابراست با: $P_P = V_P \times I_P \times \cos(\varphi)$

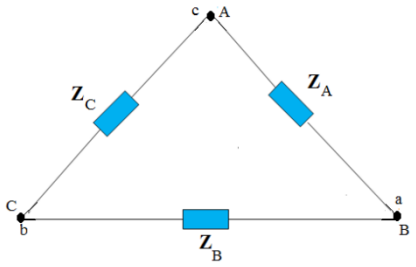
و قدرت کل برابراست با: $P = ۳ \times P_P = ۳ \times V_P \times I_P \times \cos(\varphi) = \sqrt{۳}\, V_L \times I_L \times \cos(\varphi)$

خصیصه عمومی بارهای متعادل اینست که در آنها توان‌های اکتیو و راکتیو در هر سه فاز، یکسان خواهند بود.

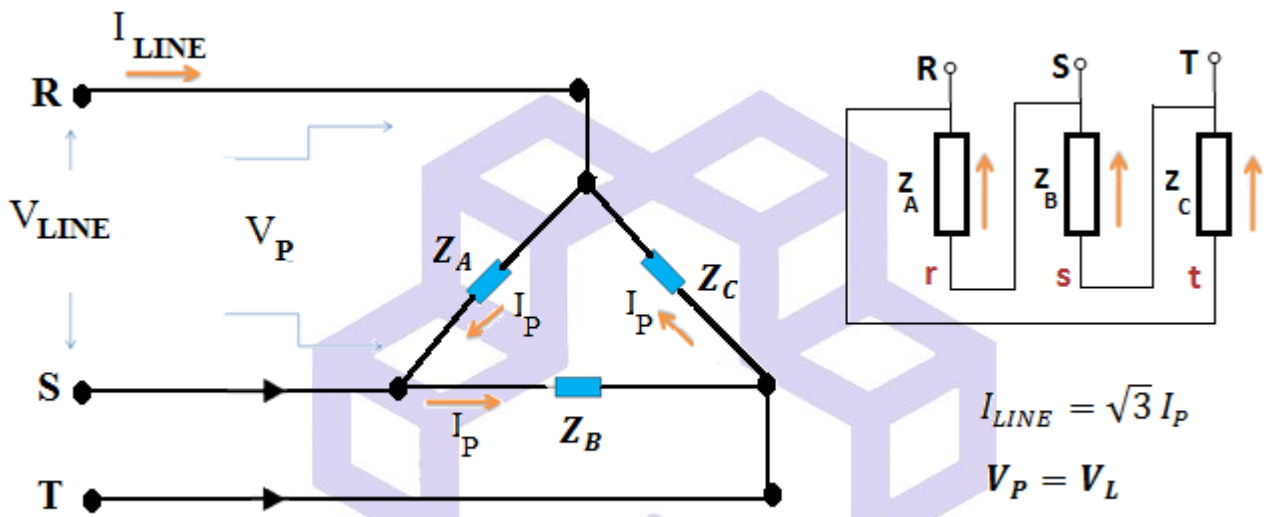
ولی چنانچه در اتصال ستاره از فازهای مختلف، بارهای مختلفی گرفته شود در این صورت سیستم به صورت سه فاز نامتعادل در خواهد آمد. در این حالت اگر مصرف کننده‌ها ی۲۲۰ ولتی مثل شبکه خانگی، مساوی نباشند باید حتما نقطه صفر اتصال به سیم نول وصل شود. در غیر اینصورت به علت اینکه ولتاژ بعضی از فازها نسبت به نقطه صفر بیشتر و بعضی کمتر از ۲۲۰ ولت می شود، مصرف کننده‌ها خسارت خواهند دید.

اتصال مثلث یا دلتا (∇)

در این اتصال انتهای امپدانس بار یک فاز به ابتدای امپدانس بار فاز بعد متصل می‌گردد تا تشکیل یک حلقه بسته به شکل مثلث بدهد. رئوس این مثلث جهت تغذیه به فازهای R، S و T وصل می‌شوند.



در این اتصال نیازی به سیم نول وجود ندارد. لذا به این اتصال ، اتصال سه سیمه نیز گفته می‌شود. اگر مصرف کننده‌های بار مثلثی باهم برابر باشند($\boldsymbol{Z_A = Z_B = Z_C}$) در این حالت سیستم را سه فاز با بار متعادل می‌نامند. با توجه به شکل زیر داریم:



قدرت هر فاز در اتصال مثلث برابراست با: $P_P = V_P \times I_P \times \cos(\varphi)$

و قدرت کل برابراست با: $P = ۳ \times P_P = ۳ \times V_P \times I_P \times \cos(\varphi) = \sqrt{۳}\, V_L \times I_L \times \cos(\varphi)$

علاوه براین همان روابطی را که برای توان حقیقی(اکتیو) در اتصال ستاره و مثلث وجود دارد، برای توان ظاهری و راکتیو نیز می‌توان نوشت:

$$P_{Y,\Delta} = \sqrt{3} V_L I_L \cos(\varphi) \quad , \quad Q_{Y,\Delta} = \sqrt{3} V_L I_L \sin(\varphi)$$

$$S_{Y,\Delta} = \sqrt{3} V_L I_L \quad , \quad S_{Y,\Delta} = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

توجه: در صورتیکه مجاز باشیم همان بارهای اتصال ستاره را بصورت مثلث به منبع سه فازه وصل کنیم، چون ولتاژ دو سر بارها $\sqrt{۳}$ برابر افزایش یافته و جریان بارها نیز $\sqrt{۳}$ برابر افزایش می‌یابد، در نتیجه توان مصرفی این حالت، **۳** برابر حالت ستاره خواهد بود.

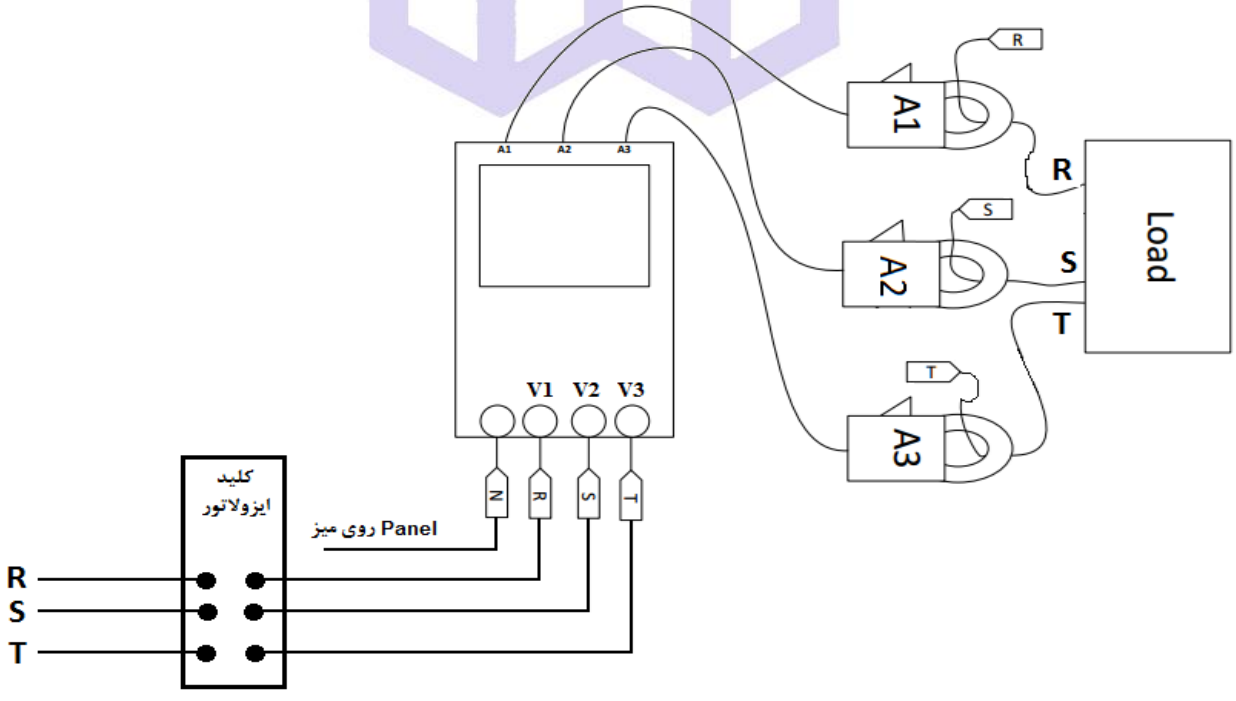
در تمام مراحل آزمایش از توان‌سنج سه فاز دیجیتالی (Power Analyzer Lutron)، برد اهمی مخصوص سه فاز(دو تا لامپ ۲۰۰وات که سری بسته شده‌اند) و خازن سه فاز ۲۲۰ولت استفاده کنید. دقت کنید خروجی فازهای R، S، T بعد از کلید ایزولاتور به ترتیب پس از عبور از داخل حلقه‌های ترانسفورماتورهای انبری جریان (C.T= Currant Transformer) A1، A2، A3 به ورودی‌های R، S، T بار خازنی – اهمی سری وصل شوند.

شرح آزمایش(۱۲-۱)

اتصال ستاره

مداری مطابق شکل صفحه بعد ببندید. بارخازنی - اهمی سری شده را بصورت ستاره ببندید. سپس با تغییر سلکتور خازن از وضعیت ۱ تا ۳:

الف) مقدار ولتاژ، جریان و $\cos(\varphi)$ هر فاز را توسط توان‌سنج خوانده و توان‌های مربوطه را **محاسبه** و در جداول یادداشت کنید. توجه: قبل از بررسی مدار توسط مدرس آزمایشگاه، کلید برق میز را وصل نکنید.



رنج سلکتور	V_R	I_R	$\cos(\varphi_R)$	از طریق محاسبه	
				P_R	Q_R
1					
2					
3					

رنج سلکتور	V_S	I_S	$\cos(\varphi_S)$	از طریق محاسبه	
				P_S	Q_S
1					
2					
3					

رنج سلکتور	V_T	I_T	$\cos(\varphi_T)$	از طریق محاسبه	
				P_T	Q_T
1					
2					
3					

$$P_{Total1} = P_R + P_S + P_T \quad , \quad Q_{Total1} = Q_R + Q_S + Q_T$$

رنج سلکتور	از طریق محاسبه	
	P_{Total1}	Q_{Total1}
۱		
۲		
۳		

ب) توان‌های اکتیو و راکتیو هر فاز را **مستقیما** توسط دستگاه قرائت و در جدول صفحه بعدی یادداشت کنید.

رنج سلکتور	قرائت مستقیم مقادیر از روی توان سنج					
	P_R	P_S	P_T	Q_R	Q_S	Q_T
۱						
۲						
۳						

$$P_{Total2} = P_R + P_S + P_T \quad , \quad Q_{Total2} = Q_R + Q_S + Q_T$$

رنج سلکتور	از طریق محاسبه	
	P_{Total2}	Q_{Total2}
۱		
۲		
۳		

ج) توان اکتیو و راکتیو کل مدار را **مستقیما** توسط دستگاه قرائت و در جدول زیر یادداشت کنید.

رنج سلکتور	قرائت مستقیم مقادیر از روی توان سنج	
	P_{Total}	Q_{Total}
۱		
۲		
۳		

سؤال

با مقایسه توان قسمت‌های (الف) و (ب) با قسمت (ج)، فقط در رنج ۳ سلکتور انتخاب کننده، درصد خطاها را محاسبه کنید.

$$\%\xi P_{Total1} = \left|\frac{P_{Total1} - P_{Total}}{P_{Total}}\right| \times 100 \quad , \quad \%\xi Q_{Total1} = \left|\frac{Q_{Total1} - Q_{Total}}{Q_{Total}}\right| \times 100$$

$$\%\xi P_{Total2} = \left|\frac{P_{Total2} - P_{Total}}{P_{Total}}\right| \times 100 \quad , \quad \%\xi Q_{Total2} = \left|\frac{Q_{Total2} - Q_{Total}}{Q_{Total}}\right| \times 100$$

شرح آزمایش(۱۲-۲)

اتصال مثلث(بار متعادل)

بار خازنی - اهمی سری شده را بصورت مثلث، **فقط در وضعیت ۳ سلکتور** مورد نظر ببندید. مقادیرتوان‌های اکتیو و راکتیو کل را **مستقیما** توسط دستگاه قرائت و در جدول زیر یادداشت نمایید.

	قرائت مستقیم مقادیر از روی توان سنج	
رنج سلکتور	P_{Total}	Q_{Total}
۳		

سؤال

توان‌های جدول فوق(حالت مثلث) با توان های نظیرشان در حالت ستاره **فقط مربوط به قسمت ج** را مقایسه کرده و علت تفاوت را شرح دهید.