آزمایش شمارهٔ ۱۱
اندازه‌گیری توان تک فاز

یادآوری

برق تکفاز: برق تکفاز شهری دارای ۲ رشته سیم با نام‌های فاز و نول که ولتاژ سیم فاز نسبت به نول، ۲۲۰ ولت متناوب به صورت شکل موج سینوسی و فرکانس 50HZ است. برق تکفاز بیشتر برای مصرف کنندگان خانگی، اداری و کارگاهی با توان‌های پایین کاربرد دارد.

توان الکتریکی از حاصل ضرب ولتاژ در جریان مصرف کننده(بار) بدست می‌آید که در جریان A.C دارای تعاریف زیر است:

توان لحظه‌ایی : با واحد وات $(\boldsymbol{WATT})$ $\boldsymbol{P = v \times i}$

توان اکتیو (واته) : با واحد وات $(\boldsymbol{WATT})$ $\boldsymbol{P = V \times I \times \cos(\varphi)}$

توان راکتیو (د واته) : با واحد وات $(\boldsymbol{VAR})$ $\boldsymbol{P = V \times I \times \sin(\varphi)}$

توان ظاهری : با واحد ولت آمپر $(\boldsymbol{VA})$ $\boldsymbol{S = V \times I}$

زاویه $\boldsymbol{\varphi}$، اختلاف فاز جریان با ولتاژ مصرف کننده است.

برای بار مقاومتی: $\boldsymbol{\varphi = 0}$ است که در این حالت جریان و ولتاژ هم فاز هستند.

برای بارهایی که ترکیبی از مقاومت، سلف و خازن هستند: $\boldsymbol{\varphi \neq 0}$ در این حالت جریان و ولتاژ هم فاز نیستند.

برای بار سلفی، $\mathbf{V_L = L \times \frac{dI}{dt}}$ است. (یعنی سلف، جریانش نسبت به ولتاژ 90° عقب‌تر است= پس فاز = LAG) و

برای بار خازنی، $\mathbf{I_C = C \times \frac{dV}{dt}}$ است. (یعنی خازن، جریانش نسبت به ولتاژ 90° جلوتر است = پیش فاز = LEAD)

برای بارهای مقاومتی – سلفی: $0 < \varphi < 90^\circ$ ⇇ پس فاز است.

برای بارهای مقاومتی – خازنی: $0 < \varphi < 90^\circ$ ⇇ پیش فاز است.

توان اکتیو (P) (مؤثر): در مدارهای الکتریکی توان اکتیو $P = V \times I \times \cos(\varphi)$، توانی است که کار موثر را انجام می دهد. به عبارت دیگر، تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی‌های دیگر توسط این توان قابل توجیه است.

(این توان متوسط لحظه‌ایی است.)

$$P = VI\cos(\varphi)\begin{cases} \text{برای بار مقاومتی } = R \implies \varphi = 0 \implies P = VI = \frac{V^2}{R} = I^2R \\ \text{برای بار سلفی یا خازنی } = Z \xrightarrow{(R+jX)} \varphi = 90^\circ \implies P = 0 \\ \text{برای بار ترکیبی } = Z \xrightarrow[(R+jX)]{} \varphi \neq 0 \implies P = VI\cos(\varphi) = \frac{V_R^2}{R} = I^2R \end{cases}$$

$\cos(\varphi)$ را ضریب توان یا Power Factor می نامند که مقدار آن بین 0 تا 1 تغییر می‌کند.

توان راکتیو(غیر مؤثر): در عناصر راکتیو نظیر مقاومت‌های سلفی و خازنی، توان غیر موثری ظاهر می‌شود که نمی‌توان، آنرا به کار مفید تبدیل کرد. این توان به صورت موج سینوسی بین مصرف کننده و شبکه، رفت و برگشت می‌کند و کاری انجام نمی‌دهد. یعنی در یک نیم سیکل انرژی را گرفته و در نیم سیکل دیگر، آنرا پس می‌دهد.

$$Q = \pm VI\sin(\varphi)\begin{cases} \text{برای بار مقاومتی } = R \implies \varphi = 0 \implies Q = 0 \\ \text{برای بار سلفی یا خازنی } = Z \xrightarrow{(jX)} \varphi = \pm 90^\circ \implies Q = \pm VI = \frac{V^2}{X} = I^2X \\ \text{برای بار ترکیبی } = Z \xrightarrow[(R+jX)]{} 90^\circ > \varphi > -90^\circ \implies Q = \pm VI\sin(\varphi) = \frac{V_X^2}{X} = I^2X \end{cases}$$

دقت داشته باشید که سلف، مصرف کننده بار راکتیو و خازن، تولید کننده بار راکتیو می‌باشند. با این حال هر دو نوع این بارها انرژی را در خود ذخیره می‌کنند با این تفاوت که در بارهای القایی انرژی به صورت میدان مغناطیسی و در بارهای خازنی انرژی به صورت میدان الکترواستاتیکی ذخیره می‌شود. اهمیت میزان ضریب توان در یک مدار به هزینه‌های مربوط به آن بازمی‌گردد. در بسیاری از کشورها مصرف کننده‌هایی که میزان ضریب توان آنها از میزان استاندارد (این استاندارد برای بیشتر

مصرف‌کننده‌ها مقداری بین ۰/۹ تا ۰/۹۵ است) کمتر باشد جریمه می‌شوند. همچنین در مدارهای پر مصرف ضریب توان پایین موجب افزایش جریان در هادی‌ها شده و هزینه‌های مربوط به انتخاب هادی را افزایش می‌دهد این جریان اضافی موجب کاهش طول عمر تجهیزات تامین کننده و توزیع کننده انرژی الکتریکی نیز می‌شود.

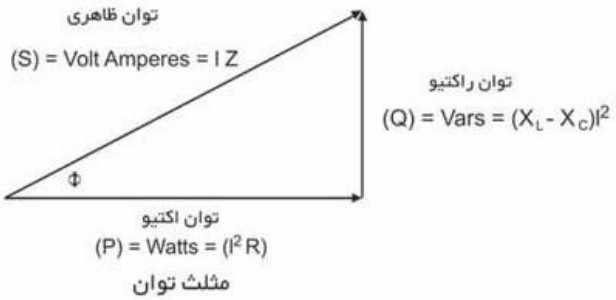
توان ظاهری(S): حاصلضرب ولتاژ و جریان موثر را توان ظاهری می‌گویند.

$$S = V \times I$$

در کلیه موارد، رابطه زیر بین مقادیر P، Q و S برقرار است:

$$S^2 = P^2 + Q^2 = (V \times I)^2$$

به مثلث قائم الزاویه که اضلاع آن P، Q و S هستند، مثلث توان گفته می‌شود.



در تمام مراحل آزمایش از برد لامپ های مخصوص تک فاز به عنوان بار اهمی ، خازن و سلف مخصوص 220V برق شهر در حالتیکه رنج سلکتور آنها روی 3 می باشد استفاده کنید.

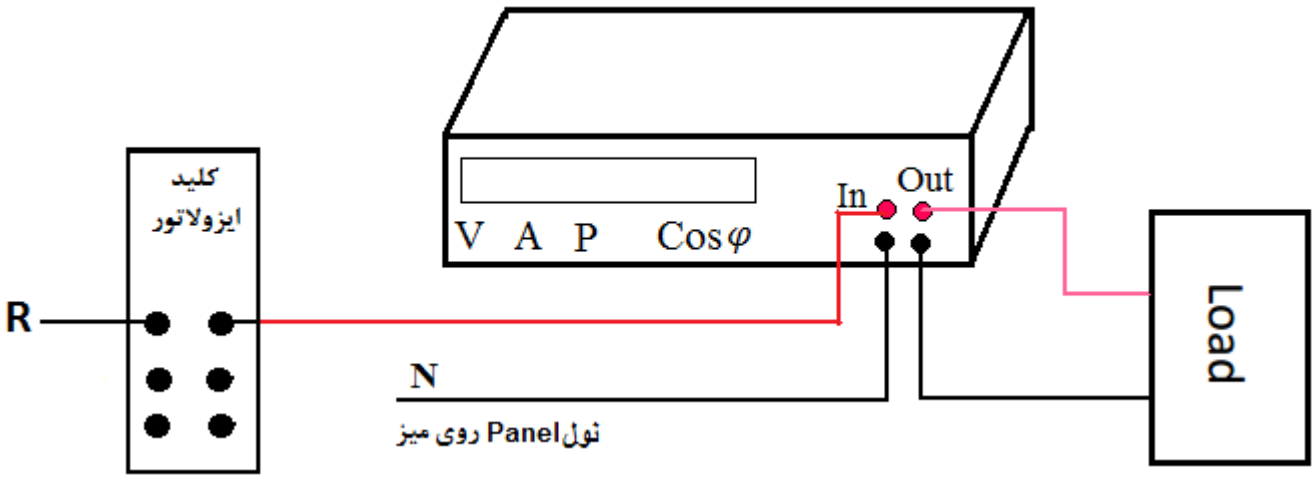
شرح آزمایش:

۱-۱۱) توان‌سنج تکفاز دیجیتالی Programmable Power Meter Hameg:

توجه: قبل از بررسی مدار توسط مدرس آزمایشگاه، کلید برق میز را وصل نکنید.

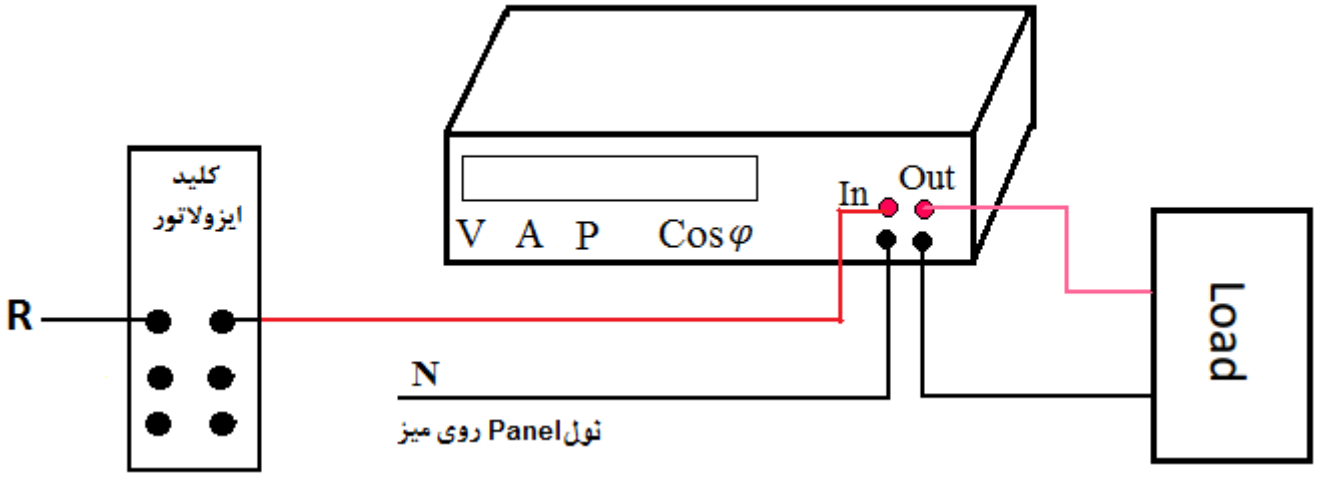
دقت داشته باشید این دستگاه تمام مقادیر ولتاژ، جریان، توان ظاهری(توان کل)، توان اکتیو، توان راکتیو و ضریب توان یا Power Factor را نشان می‌دهد و تنها باید رنج ولتمتر و آمپر متر آن، درحالت AUTO قرار گیرند.

مدار صفحه بعدی را ببندید و موارد خواسته شده در جدول را یادداشت کنید.



	Load=Z	I(A)	V(v)	P (WATT)	Q(VAR)	PF = cos(φ)	φ°
1	اهمی						
2	سلفی						
3	خازنی						
4	سلفی- اهمی سری						
5	خازنی- اهمی سری						

۲-۱۱) مدار شکل زیر را با استفاده از **آمپرمتر، ولتمتر شرکت YOKOGAWA ELECTRIC قبل از توان‌سنج دیجیتالی** ببندید. طبق جدول داده شده، آزمایش را فقط برای ردیف اول یعنی بار اهمی، تکرار کنید. مقدار ولتاژ و آمپر سنجیده شده توسط دستگاه‌های آنالوگ را با دیجیتال مقایسه کنید. سپس خطای P و Q را بدست آورید.



$$\%\xi P = \left| \frac{P2-P1}{P1} \right| \times 100$$

P_1 = سنجش توسط دستگاه آنالوگ

P_2 = سنجش توسط دستگاه دیجیتال

نوع دستگاه	Load=Z	I(A)	V(v)	P (WATT)	$\%\xi P$
آنالوگ	اهمی				
دیجیتال	اهمی				?