

## اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و مقاومت اهمی

## هدف کلی

شناخت مفاهیم جریان، ولتاژ و مقاومت اهمی و

نحوه اندازه‌گیری هر یک از این کمیت‌ها

## هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

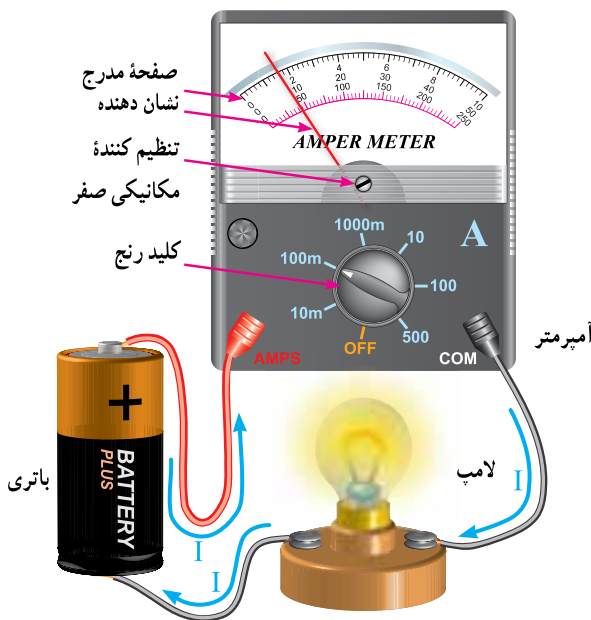
- جریان الکتریکی و واحد آن را تعریف کند.
- دستگاه اندازه‌گیری جریان را تشریح کند.
- تقسیمات صفحه مدرج را از یکدیگر تفکیک کند.
- به هنگام استفاده از آمپر متر برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی نکات ایمنی را رعایت کند.
- نحوه اندازه‌گیری جریان AC با آمپر متر را شرح دهد.
- قسمت‌های مختلف یک مولتی متر عقربه‌ای را تمیز دهد.
- اختلاف پتانسیل الکتریکی (ولتاژ) و واحد آن را تعریف کند.
- طرز قرار گرفتن ولت متر را برای اندازه‌گیری ولتاژ شرح دهد.
- نحوه خواندن مقدار ولتاژ را از روی صفحه مدرج ولت متر بیان کند.
- نحوه اندازه‌گیری ولتاژهای زیاد را شرح دهد.
- مقاومت اهمی و واحد آن را تعریف کند.
- روش‌های مختلف اندازه‌گیری مقاومت اهمی را شرح دهد.
- مدار الکتریکی پل وستون و کاربرد آن را بیان کند.
- فعالیت‌های کلاسی را با اعتماد به نفس و به طور دقیق انجام دهد.
- نظم و ترتیب و حضور به موقع در کلاس را رعایت کند.
- مسئولیت‌های واگذار شده را به طور دقیق اجرا کند.
- در موقعیت‌های مناسب از آزمایشگاه مجازی استفاده کند.
- از امکانات فراهم شده به خوبی حفاظت و نگهداری کند.
- ابهامات و سؤالات خود در زمان مقتضی را بپرسد.
- به سؤالات مطرح شده در زمان مقتضی پاسخ دهد.
- حضور فعال و داوطلبانه در امور مختلف داشته باشد.
- توانمندی‌های خود را در موقعیت‌های مناسب بروز دهد.
- در کارگروهی مشارکت فعال و همکاری مؤثر داشته باشد.
- نسبت به حل مشکلات سایر هنجریان حساس و فعال باشد.
- سایر هنجریان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات، راهنمایی و تشویق کند.
- نکات ایمنی را در مورد کار با دستگاه‌های اندازه‌گیری شرح دهد.

## قابل توجه هنرآموزان محترم

- در صورت امکان، نمونه‌هایی از مولتی متر عقربه‌ای و دیجیتالی را به کلاس درس بیاورید و اصول کار و نحوه استفاده از آن‌ها را به صورت عینی به هنرجویان آموزش دهید.
  - با استفاده از نرم افزار مولتی سیم (multisim)، کاربرد انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری را برای هنرجویان به صورت آزمایشگاه مجازی به نمایش درآورید.
- قبل از شروع این بحث مفاهیم زیر را به خاطر بسپارید.
- ۱- ولتاژ مستقیم یا DC: ولتاژی است که مقدار آن همواره ثابت باقی می‌ماند و با گذشت زمان تغییر نمی‌کند. مانند: ولتاژ باتری.
  - ۲- ولتاژ متناوب یا AC: ولتاژی است که مقدار و جهت آن با زمان تغییر می‌کند. ولتاژ برق شهر یک ولتاژ متناوب سینوسی است. از ولتاژ متناوب جریان متناوب به وجود می‌آید.
  - ۳- آمپر: واحد اندازه‌گیری جریان الکتریکی آمپر است و آن را با A نشان می‌دهند.
  - ۴- آمپر متر: دستگاه اندازه‌گیری الکتریکی است که جریان الکتریکی را اندازه‌گیری می‌کند.
  - ۵- ولت: واحد اندازه‌گیری ولتاژ است و آن را با V نشان می‌دهند.
  - ۶- ولت متر: دستگاه اندازه‌گیری الکتریکی است که ولتاژ را اندازه‌گیری می‌کند.
  - ۷- مقاومت الکتریکی: به هرگونه خاصیتی که در مقابل عبور جریان الکتریکی از خود مخالفت نشان دهد مقاومت الکتریکی گفته می‌شود.
  - ۸- اهم: واحد اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی اهم است و آن را با  $\Omega$  نشان می‌دهند.
  - ۹- اهم متر: دستگاه اندازه‌گیری الکتریکی است که مقاومت را اندازه‌گیری می‌کند.

## ۲-۱- اندازه‌گیری جریان

۱-۲- اندازه‌گیری جریان DC: همان طور که در درس فیزیک خوانده‌اید جابه‌جایی بارهای الکتریکی نسبت به زمان در یک هادی را جریان الکتریکی می‌نامند. اگر این جابه‌جایی در یک جهت باشد جریان الکتریکی را جریان DC می‌نامند. واحد شدت جریان الکتریکی آمپر نام دارد. در الکترونیک از واحدهای کوچک‌تری مانند میلی آمپر ( $\frac{1}{1000}$  آمپر) و میکرو آمپر ( $\frac{1}{1000000}$  آمپر)، و در برق صنعتی از واحدهای بزرگ‌تر از آمپر نظیر کیلو آمپر (۱۰۰۰ آمپر) استفاده می‌شود. دستگاهی که جریان الکتریکی را اندازه می‌گیرد آمپر متر نام دارد. آمپر متر در مدار به طور سری قرار می‌گیرد تا جریان مصرف کننده و جریان عبوری از آمپر متریکی باشند. شکل ۲-۱ نحوه قرار گرفتن یک آمپر متر را، در یک مدار ساده الکتریکی، نشان می‌دهد.



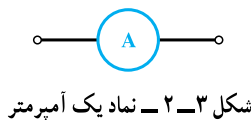
شکل ۲-۱- نحوه قرار گرفتن آمپر متر در مدار

$$C = \frac{25^\circ}{100^\circ} = 2/5 \text{mA}$$

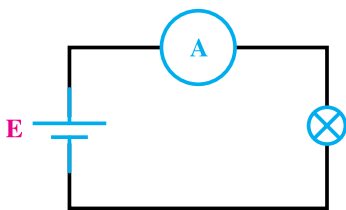
$73 \times C =$  مقدار جریانی که میلی آمپر متر نشان می دهد

$$= 2/5 \times 73 = 182/5 \text{mA}$$

در مدارات الکتریکی آمپر متر را با علامت یا نماد شکل ۲-۳ نمایش می دهند.



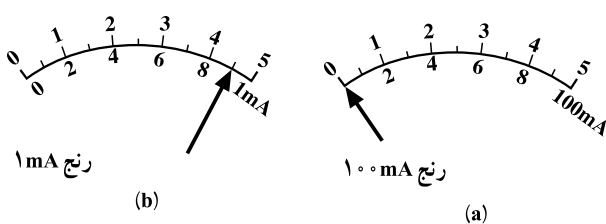
شکل ۲-۴ یک مدار الکتریکی را که آمپر متر در آن قرار گرفته است نشان می دهد.



شکل ۲-۴ - آمپر متر مقدار جریان گذرنده از لامپ را نشان می دهد.

برای دقیق تر خواندن جریانی که آمپر متر نشان می دهد باید حدود اندازه گیری (ضریب کلیدرنج) را طوری انتخاب کنیم که انحراف عقربه بیشترین مقدار را داشته باشد.

شکل ۲-۵ جریان  $92^\circ$  میلی آمپر را در محدوده اندازه گیری  $1 \text{mA}$  و  $100 \text{mA}$  نشان می دهد. همان طور که از شکل نیز پیداست اندازه گیری جریان  $92 \text{mA}$  در رنج  $1 \text{mA}$  دقیق تر است.



شکل ۲-۵ - اثرات انتخاب رنج مناسب برای قرائت مقادیر

برای قرائت مقدار جریانی که آمپر متر نشان می دهد باید به طریق زیر عمل کرد:

الف) حدود اندازه گیری یا ضریب کلید رنج (مثلاً در شکل ۲-۱،  $100 \text{mA}$  می باشد) را به ماکزیمم عدد روی صفحه مدرج (مثلاً در شکل ۲-۱ یکی از تقسیمات  $10^\circ$  می باشد) تقسیم می کنیم. عدد به دست آمده را ضریب ثابت صفحه نامیده و آن را با حرف C نشان می دهیم؛ با توجه به شکل ۲-۱ داریم:

$$C = \frac{\text{ضریب کلید رنج}}{\text{هر تقسیمات}} = \frac{100^\circ}{10^\circ} = 10 \text{mA} / \text{آخرین عدد روی صفحه}$$

ب) مقدار انحراف عقربه را در ضریب ثابت صفحه ضرب می کنیم. در شکل ۲-۱ عقربه به اندازه  $1/6$  قسمت از تقسیمات منحرف شده است، لذا مقدار جریانی که عقربه نشان می دهد برابر است با:

عدد خوانده شده  $= C \times$  مقدار جریانی که آمپر متر نشان می دهد

$$= 10 \times 1/6 = 16 \text{mA}$$

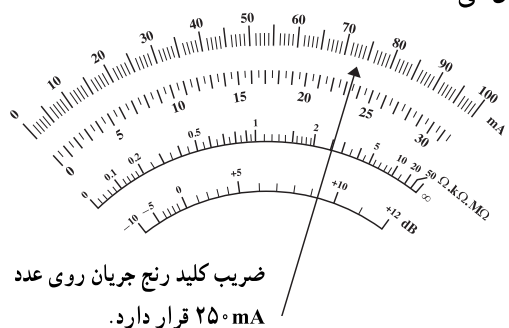
مثال ۱: بیش ترین عدد درج شده روی یک میلی آمپر متر  $60^\circ$  می باشد (صفحه مدرج به  $60^\circ$  قسمت تقسیم شده است) اگر حدود اندازه گیری (ضریب کلیدرنج) روی عدد  $300 \text{mA}$  بوده و عقربه آمپر متر به اندازه  $42/5$  قسمت منحرف شده باشد، آمپر متر مقدار جریان را  $212/5 \text{mA}$  نشان می دهد زیرا:

$$C = \frac{300 \text{mA}}{60^\circ} = 5 \text{mA}$$

مقدار جریانی که میلی آمپر متر نشان می دهد برابر است با:

$$I = 42/5 \times C = 42/5 \times 5 \text{mA} = 212/5 \text{mA}$$

مثال ۲: در شکل ۲-۲ میلی آمپر متر  $182/5$  میلی آمپر را نشان می دهد.



شکل ۲-۲ - میلی آمپر متر  $182/5$  میلی آمپر را نشان می دهد.

شکل ۸-۲ یک نمونه مولتی متر را نشان می دهد که قسمتی از آن میلی آمپر متر DC است.



شکل ۸-۲ نمونه ای از مولتی متر عقربه ای

مولتی متر یک دستگاه نسبتاً پر کاربرد در برق و الکترونیک است که در فصل پنجم همین کتاب ساختمان آن به طور کامل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

نوع دیگری از مولتی متر وجود دارد که به آومتر دیجیتالی موسوم است. این نوع مولتی متر نیز دارای رنج جریان DC است و مقدار اندازه گیری شده را به صورت رقمی روی صفحه نمایش نشان می دهد. در شکل ۹-۲ یک نمونه از این مولتی مترها را مشاهده می کنید.



شکل ۹-۲ یک نمونه مولتی متر دیجیتالی

توجه : هنگام تعویض رنج آمپر متر سعی کنید ابتدا دو سر آمپر متر را اتصال کوتاه نموده، سپس رنج را عوض کرده و آن گاه آن را از اتصال کوتاه خارج کنید. در ضمن چنانچه مقدار جریان مورد اندازه گیری نامشخص است رنج آمپر متر را در بیشترین مقدار خود قرار دهید.

آمپر مترها و میلی آمپر مترهای DC به صورت های آزمایشگاهی، تابلویی و یا به صورت قسمتی از مولتی متر (اهم متر - ولت متر - آمپر متر) ساخته می شوند. شکل ۶-۲ چند نمونه از آمپر مترها و میلی آمپر مترهای آزمایشگاهی را نشان می دهد.



شکل ۶-۲ نمونه هایی از میلی آمپر مترهای آزمایشگاهی

شکل ۷-۲ نشان دهنده دو نمونه از آمپر مترهای تابلویی است.



شکل ۷-۲ دو نمونه آمپر مترهای تابلویی



شکل ۲-۱۲ دو نمونه آمپر متر AC آزمایشگاهی

شکل ۲-۱۳ یک مولتی متر دیجیتالی آزمایشگاهی را نشان می‌دهد که دارای رنج جریان متناوب (AC) و مستقیم (DC) می‌باشد.

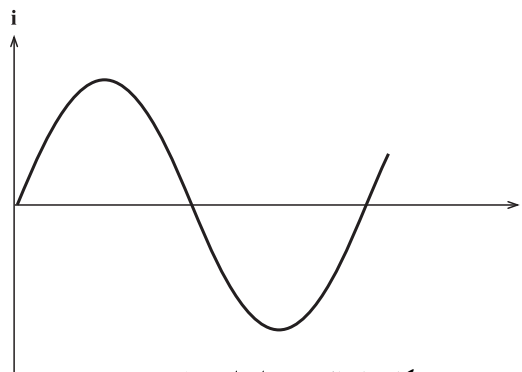


شکل ۲-۱۳ یک نمونه مولتی متر دیجیتالی آزمایشگاهی AC و DC

مولتی مترهای عقربه‌ای معمولاً فاقد رنج اندازه‌گیری جریان AC هستند. اما کلیه مولتی مترهای دیجیتالی رنج اندازه‌گیری جریان AC را دارا می‌باشند. برای اندازه‌گیری جریان AC توسط آومتر دیجیتالی، کافی است که ترمینال‌های مخصوص جریان را با مدار سری نموده و کلید AC آن را فعال کنیم تا روی صفحه نمایش مولتی متر علامت AC ظاهر گردد. در این صورت مقدار جریان AC به صورت رقمی روی صفحه نمایش نوشته می‌شود.

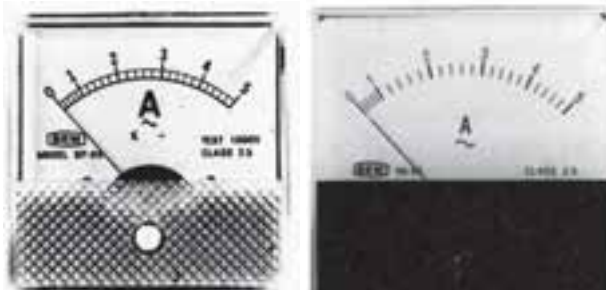
علاوه بر آمپر مترهای آزمایشگاهی و تابلویی و مولتی مترها، نوع دیگری از آمپر مترهای AC وجود دارند که به آمپر متر انبری معروفند.

۲-۱-۲- اندازه‌گیری جریان AC: اگر در یک مدار جهت جابه‌جایی بارهای الکتریکی دائماً تغییر کند و این تغییرات دارای نظم خاصی در زمان‌های مساوی باشد، این جریان را جریان AC می‌نامند. شکل ۲-۱۰ نمونه‌ای از جریان AC را، که تغییرات آن به شکل سینوسی است، نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۰ نمونه‌ای از جریان AC

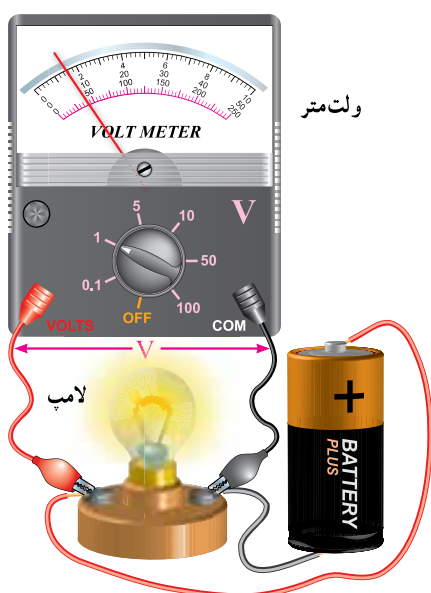
برای اندازه‌گیری جریان AC حتماً باید از آمپر مترهای AC استفاده کرد. پس با آمپر مترهایی که فقط دارای رنج DC می‌باشند نمی‌توان جریان AC را اندازه گرفت. بعضی دیگر از آمپر مترها توانایی اندازه‌گیری جریان‌های DC و AC را توأم دارا هستند که با کلید انتخاب (DC-AC) می‌توان در هر لحظه جریان موردنظر را اندازه گرفت. آمپر مترهای AC بیشتر به صورت تابلویی ساخته می‌شوند. شکل ۲-۱۱ دو نمونه از آمپر مترهای AC تابلویی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۱ دو نمونه از آمپر مترهای تابلویی AC

شکل ۲-۱۲ دو نمونه آمپر متر AC آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.





شکل ۱۵-۲ نحوه قرار گرفتن ولت متر در مدار

برای خواندن مقدار ولتاژی که ولت متر نشان می دهد، همانند خواندن آمپر متر، ابتدا ضریب ثابت سنجش را به دست آورده و آن گاه این عدد را در مقدار انحراف عقربه بر حسب تقسیمات ضرب می کنیم.

مثال ۱: با توجه به شکل ۱۵-۲ یکی از تقسیمات را (مثلاً ۵۰) در نظر گرفته و ضریب ثابت سنجش را محاسبه می نماییم:

$$C = \frac{1}{50} = 0.02$$

مقداری که ولت متر نشان می دهد برابر است با:  
 $C \times \text{تعداد تقسیماتی که عقربه منحرف شده است}$

$$7.5 \times 0.02 = 0.15$$

بنابراین داریم:

سؤال: چرا در مثال ۱ که صفحه مدرج ولت متر، هم دارای درجه بندی ۱۰ قسمتی و هم ۵۰ قسمتی است، درجه بندی ۵۰ قسمتی انتخاب ما می باشد؟ آیا انتخاب بهتری می توانیم داشته باشیم؟

مثال ۲: در شکل ۱۶-۲ ولت متر ولتاژی به اندازه ۳۸۰ ولت را نشان می دهد، زیرا:

$$C = \frac{500}{50} = 10$$

مقدار ولتاژ برابر است با:

$$C \times \text{تعداد خانه های منحرف شده} = \text{مقدار ولتاژ}$$

$$10 \times 38 = 380$$

مقدار ولتاژ

برای اندازه گیری جریان کافی است سیم حامل جریان AC را وسط هسته این مولتی متر که با اهرمی باز می شود قرار دهیم تا مقدار جریان را نشان دهد. توجه داشته باشید که در این حالت فقط یک رشته سیم باید از هسته عبور داده شود. امروزه آمپر مترهای انبری را به صورت مولتی متر (ترکیبی) می سازند. شکل ۱۴-۲ دو نمونه آوومتر انبری عقربه ای و دیجیتالی را نشان می دهد.



شکل ۱۴-۲ دو نمونه مولتی متر انبری عقربه ای و دیجیتالی

## ۲-۲-۲ اندازه گیری ولتاژ

۱-۲-۲-۱ اندازه گیری ولتاژ DC: اختلاف تعداد

بارهای الکتریکی بین دو نقطه از یک مدار را اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آن دو نقطه می نامند. اگر این اختلاف در هر لحظه ثابت باشد اختلاف پتانسیل مدار ثابت است. به اختلاف پتانسیل الکتریکی معمولاً ولتاژ (Voltage) نیز می گویند.

واحد اختلاف پتانسیل الکتریکی ولت است. در الکترونیک از واحدهای کوچک تر ولت یعنی میلی ولت ( $\frac{1}{1000}$  ولت) و میکروولت ( $\frac{1}{1000000}$  ولت) و در برق صنعتی از واحد بزرگ تر از ولت مانند کیلوولت (۱۰۰۰ ولت) نیز استفاده می شود.

دستگاهی که ولتاژ را اندازه می گیرد ولت متر نام دارد. از آن جایی که ولت متر اندازه گیری اختلاف پتانسیل دو نقطه را بر عهده دارد باید، هنگام قرار گرفتن در مدار، با آن دو نقطه به طور موازی قرار گیرد. شکل ۱۵-۲ نحوه قرار گرفتن یک ولت متر را در یک مدار ساده الکتریکی، نشان می دهد.

برای دقیق تر خواندن مقدار ولتاژی که ولت متر نشان می دهد باید حدود اندازه گیری (ضریب کلید رنج) را طوری انتخاب نماییم که انحراف عقربه بیشترین مقدار را داشته باشد. ولت مترهای DC به صورت های آزمایشگاهی، تابلویی و یا به صورت قسمتی از مولتی متر ساخته می شوند. شکل ۲-۲۰ یک نمونه از میلی ولت متر آزمایشگاهی را نشان می دهد.



شکل ۲-۲۰ یک نمونه میلی ولت متر آزمایشگاهی

شکل ۲-۲۱ یک نمونه ولت متر DC تابلویی را نشان می دهد.

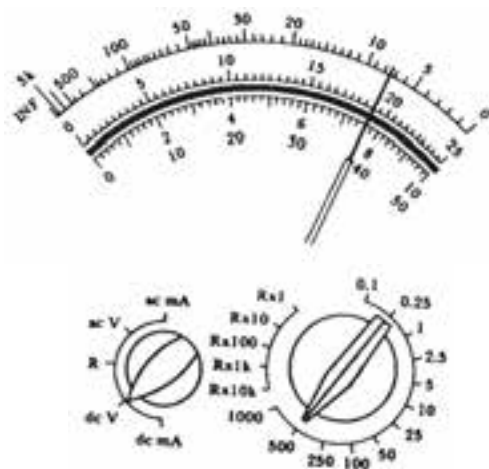


شکل ۲-۲۱ یک نمونه ولت متر DC تابلویی

شکل ۲-۲۲ یک نمونه مولتی متر را که قسمتی از آن به عنوان ولت متر DC است نشان می دهد.

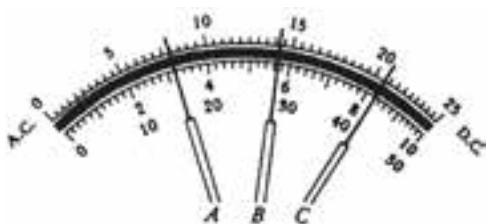


شکل ۲-۲۲ یک نمونه از مولتی متر



شکل ۲-۱۶

سؤال : در شکل ۲-۱۷ عقربه ولت متر در حالت A، B و C چه مقدار را نشان می دهد؟



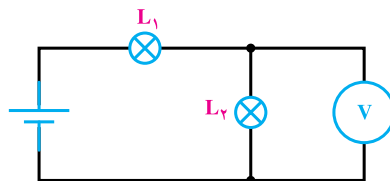
شکل ۲-۱۷ حدود اندازه گیری (ضریب کلید رنج) روی عدد ۲۵۰ قرار دارد.

در مدارهای الکتریکی ولت متر را با نماد شکل ۲-۱۸ نشان می دهند.



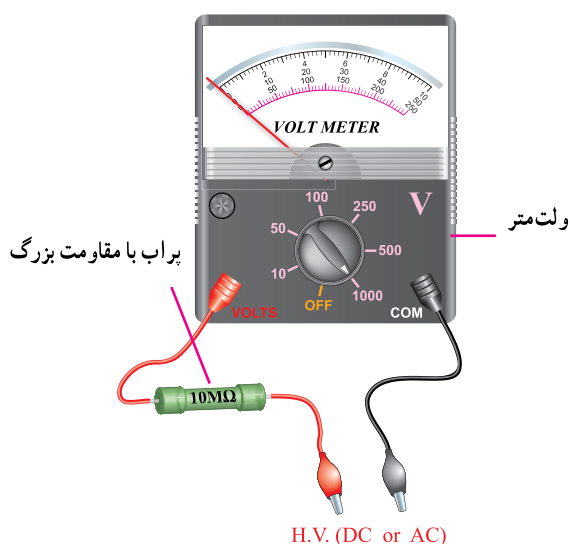
شکل ۲-۱۸ نماد یک ولت متر

شکل ۲-۱۹ یک مدار الکتریکی را، که ولت متر آن در حال اندازه گیری ولتاژ دو سر لامپ می باشد، نشان می دهد.



شکل ۲-۱۹ ولت متر ولتاژ دو سر لامپ

ولت مترهای AC همانند ولت مترهای DC است، و در مورد ولت مترهای دیجیتال، مقدار ولتاژ به صورت رقم روی صفحه نمایش (Display) نوشته می شود. لازم به یادآوری است که ولت مترهای عقربه ای و یا مولتی مترهای معمولی به هیچ عنوان قادر به اندازه گیری ولتاژهای AC کم (کم تر از یک ولت) به صورت دقیق نیستند ولی مولتی مترها و یا ولت مترهای دیجیتال، ولتاژهای AC خیلی کم (حدود یک میلی ولت) را با دقت کافی اندازه گیری می کنند. برای اندازه گیری ولتاژهای زیاد AC و یا DC (۱۰۰۰ ولت به بالا) از پراب های مخصوص ولتاژ زیاد استفاده می شود. این پراب ها دارای مقاومت بسیار بزرگ بوده و با ولت متر سری می شوند تا قسمت اعظم ولتاژ مورد اندازه گیری در آن ها افت کند. شکل ۲-۲۵ نمونه ای از این نوع پراب را که در آن مقاومت ۱۰ مگا اهم جهت اندازه گیری ولتاژ زیاد، با ولت متر سری شده است نشان می دهد.



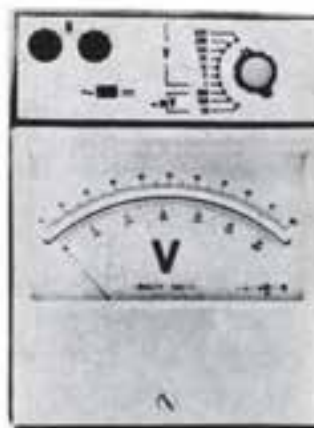
شکل ۲-۲۵ نمونه ای از پراب «ولتاژ زیاد» که با ولت متر، سری شده است.

### ۲-۳- اندازه گیری مقاومت اهمی

مقاومت الکتریکی عبارت است از «مخالفت در مقابل عبور جریان الکتریکی». فلزات، بسته به نوع، طول و سطح مقطعی که دارند در مقابل عبور جریان مقاومت می کنند. مثلاً مقاومت الکتریکی یک سیم ضخیم و کوتاه از یک نوع فلز، کم تر از مقاومت الکتریکی یک سیم نازک و بلند از همان فلز است؛ و یا فلز مس، در مقابل جریان برق از خود مقاومت کم تری نشان می دهد تا فلز آهن.

مولتی مترهای دیجیتالی نیز قادر به اندازه گیری ولتاژ DC هستند. یک نمونه دیگر از این مولتی مترها در شکل ۲-۹ نشان داده شده است.

۲-۲-۲- اندازه گیری ولتاژ AC : برای اندازه گیری ولتاژ AC از ولت متر AC استفاده می شود. اکثر ولت مترهای آزمایشگاهی هر دو ولتاژ DC و AC را اندازه می گیرند. شکل ۲-۲۳ یک ولت متر آزمایشگاهی را نشان می دهد که دارای قابلیت اندازه گیری هر دو ولتاژ DC و AC می باشد. به همین منظور بر روی ولت مترها کلید انتخاب AC و DC وجود داشته و یا سلکتور حدود اندازه گیری DC با AC تفاوت دارد.



شکل ۲-۲۳ یک ولت متر آزمایشگاهی

شکل ۲-۲۴ یک نمونه ولت متر تابلویی AC را نشان

می دهد.



شکل ۲-۲۴ یک نمونه ولت متر تابلویی AC

همه مولتی مترها، اعم از عقربه ای و دیجیتالی، قادر به اندازه گیری ولتاژ AC می باشند. نحوه قرائت ولتاژ AC روی



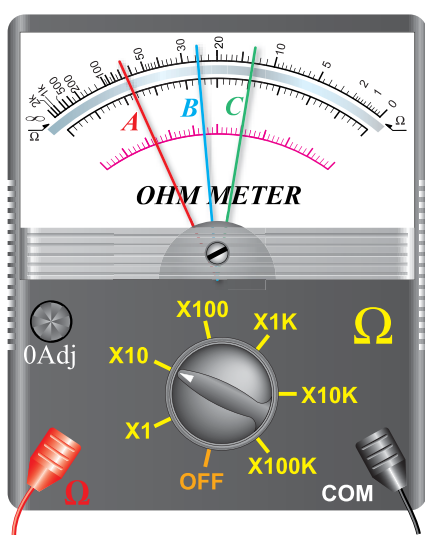
آشنا خواهید شد. درجه بندی اهم متر عکس درجه بندی ولت متر و آمپر متر است؛ یعنی صفر آن در سمت راست صفحه مدرج قرار دارد، ضمناً درجه بندی آن خطی نیست.

برای خواندن مقدار مقاومت اهمی از روی اهم متر کافی است که مقدار خوانده شده روی صفحه مدرج را در ضریب کلید رنج اهم متر ضرب کنیم. به عنوان مثال در شکل ۲۸-۲ عقربه های A و B و C مقادیر زیر را نشان می دهند.

$$(A) \quad 67/5 \times 10 = 675 \Omega$$

$$(B) \quad 24/75 \times 10 = 247/5 \Omega$$

$$(C) \quad 13 \times 10 = 130 \Omega$$

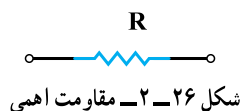


شکل ۲۸-۲ برای خواندن مقدار مقاومت اهمی، مقدار خوانده شده روی صفحه مدرج در رنج اهم متر ضرب می شود.

همان طور که در شکل ۲۹-۲ نیز می بینید درجه بندی اهم متر از سمت راست به تدریج فشرده می شود. به عنوان مثال مقاومت های  $2 \Omega$ ،  $3 \Omega$ ،  $10 \Omega$  و  $15 \Omega$  تا حدود  $50 \Omega$ ، تقریباً به راحتی قابل خواندن هستند، اما از حدود  $50 \Omega$  تا آخرین حد تقسیمات، درجه بندی بسیار فشرده می شود که در این حالت مقاومت های زیاد (مثلاً  $100 \Omega$  به بالا) به طور دقیق قابل خواندن نیست. بنابراین برای دقیق خواندن مقدار مقاومت ها باید کلید رنج را طوری تنظیم کنیم که عقربه روی اعدادی که مقدار مقاومت را بسیار دقیق و واضح نشان می دهند قرار گیرد (اگر انحراف عقربه از سمت چپ بیشتر از

واحد مقاومت اهم است و به صورت امگای یونانی ( $\Omega$ ) نشان داده می شود. در الکترونیک و برق صنعتی از واحدهای کوچک تر از اهم مانند میلی اهم ( $\frac{1}{1000}$  اهم) و واحدهای بزرگ تر از اهم نظیر کیلو اهم ( $1000$  اهم) و مگا اهم ( $1000000$  اهم) نیز به وفور استفاده می شود.

مقاومت اهمی را با علامت فنی مطابق شکل ۲۶-۲ نشان می دهند.



برای اندازه گیری مقاومت اهمی دو روش کلی وجود دارد :

الف) روش مستقیم

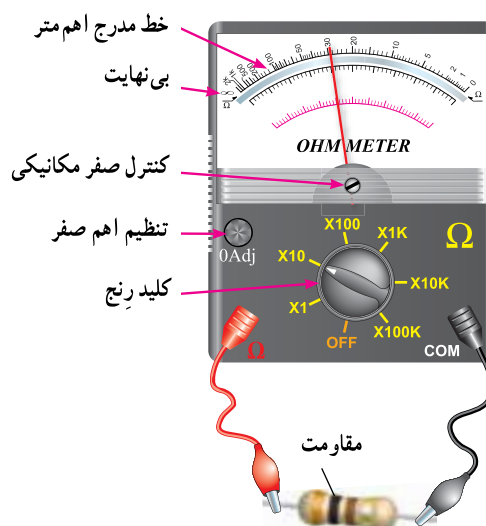
ب) روش غیر مستقیم

۱-۲-۳- روش مستقیم : در این روش از دستگاهی

به نام اهم متر استفاده می شود.

شکل ۲۷-۲ یک نمونه اهم متر آزمایشگاهی را که در حال

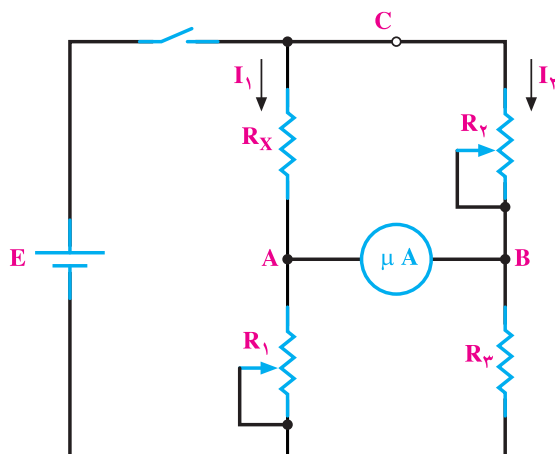
اندازه گیری یک مقاومت اهمی است، نشان می دهد.



شکل ۲۷-۲ اهم متر در حال اندازه گیری یک مقاومت

تمامی آوومترهای دیجیتالی و عقربه ای مجهز به اهم متر هستند. امروزه اهم مترها دیگر به صورت یک دستگاه مستقل ساخته نمی شوند. با ساختمان اهم متر در فصل پنجم این کتاب

مورد نظر است) قرار می‌گیرد و در سه بازوی دیگر آن کمیت‌های معلوم (مقاومت‌های معلوم و استاندارد) قرار دارند. مدار الکتریکی پل وتستون به صورت شکل ۲-۳۱ می‌باشد.



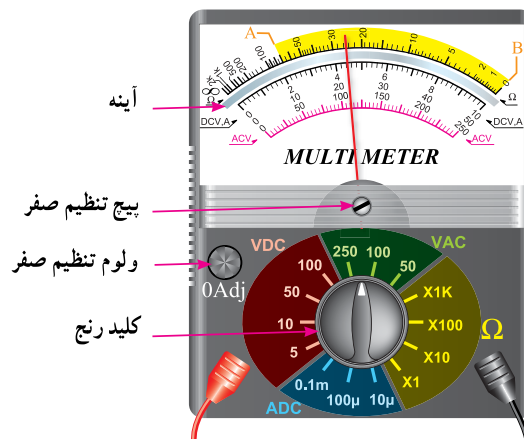
شکل ۲-۳۱- مدار الکتریکی پل وتستون

پل وتستون براساس مقایسه کار می‌کند؛ یعنی مقاومت مجهول با تعدادی از مقاومت‌های معلوم مقایسه می‌شود. بنابراین دقت اندازه‌گیری در پل، به دقت مقاومت‌های معلوم بستگی دارد. نقش گالوانومتر در پل وتستون فقط اعلام برابری پتانسیل دو نقطه A و B است، یعنی درجه‌بندی آن اهمیت ندارد و فقط صفر شدن جریان در گالوانومتر برای ما مهم است. پس از صفر شدن جریان در گالوانومتر می‌توانیم مقدار مقاومت مجهول ( $R_x$ ) را از رابطه زیر به دست آوریم:

$$R_x = \frac{R_1 R_2}{R_3}$$

**توجه:** تنظیم صفر گالوانومتر با تنظیم مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  انجام می‌شود.

۴۰٪ باشد مقدار مقاومت واضح خوانده می‌شود). در شکل ۲-۲۹ خواندن مقاومت بین دو نقطه A و B می‌تواند دقیق باشد.



شکل ۲-۲۹- نمونه‌ای از مولتی‌متر

۲-۳-۲ روش غیرمستقیم: یکی از روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری مقاومت اهمی، استفاده از پل وتستون می‌باشد. پل وتستون به صورت یک دستگاه مستقل در بازار وجود دارد. به کمک پل وتستون می‌توان مقاومت‌های کوچکتر از یک اهم تا چندین مگا اهم را با دقت قابل قبول اندازه گرفت. شکل ۲-۳۰ یک نمونه پل وتستون را نشان می‌دهد.

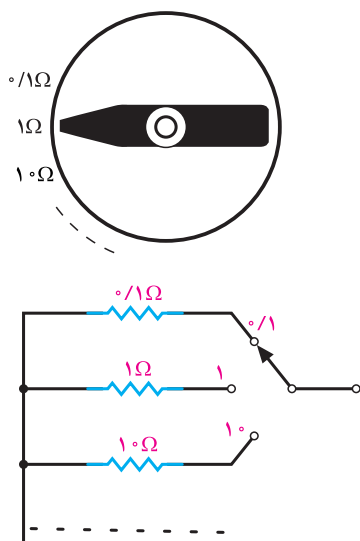


شکل ۲-۳۰- یک نمونه پل وتستون

طرز کار پل وتستون: این پل دارای چهار بازو است که در یک بازوی آن کمیت مجهول (مقاومت اهمی که اندازه‌گیری آن

## فعالیت اختیاری

با مراجعه به نرم افزار مولتی‌سیم، مولتی‌متر دیجیتالی را روی میز کار بیاورید و با آن کار کنید.



شکل ۲-۳۲ نحوه تغییر مقاومت  $R_2$  به صورت پله‌ای در پل وتستون

مقاومت  $R_2$  به صورت پله‌ای و مضربی از  $10^\circ$  تغییر می‌کند. مثلاً  $10^\circ/1$ ،  $10^\circ$ ،  $10^\circ$ ،  $10^\circ$  و ... شکل ۲-۳۲ نمونه‌ای از یک مقاومت پله‌ای را نشان می‌دهد.

بنابراین با مشخص بودن  $R_1$  و  $R_2$  و  $R_3$  می‌توان مقدار  $R_x$  را مشخص نمود. در عمل برای خواندن  $R_x$  کافی است که عدد نشان داده شده روی یک دیسک مدرج یا نمراتور مکانیکی را در ضربی که بر روی سلکتور مقاومت  $R_2$  نوشته شده ضرب کنیم.

## مطالعه آزاد

به غیر از پل وتستون، پل دیگری نیز وجود دارد که به محض اتصال سیم پیچ، مقاومت یا خازن به آن، بلافاصله مقدار کمیت را روی صفحه نمایش خود (display) نشان می‌دهد. در شکل ۲-۳۳ نمونه‌ای از این پل را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲-۳۳ نمونه‌ای از پل دیجیتالی

## نکات ایمنی هنگام استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری

- هم قبل از استفاده و هم هنگام استفاده از هر دستگاه اندازه‌گیری بایستی نکات ایمنی زیر رعایت شود:
- قرار دادن دستگاه در مدار بر حسب کمیت مورد اندازه‌گیری (ولت، آمپر و یا ...)
- نوع جریان (AC یا DC)
- طرز قرار گرفتن آن در سطح کار (افقی، عمودی و یا با زاویه)
- انتخاب بالاترین رنج دستگاه به هنگام اندازه‌گیری یک کمیت نامشخص
- جای‌گزینی فیوز مشابه در هنگام تعویض فیوز دستگاه
- خودداری از ضربه زدن به دستگاه

– توجه به درجه حرارت مجاز برای دستگاه در محیط کار،  
– هنگام اندازه گیری جریان یا ولتاژ (زمانی که مدار جریان دارد) فیش سیم های رابط از دستگاه بیرون کشیده نشود.  
– استفاده از سیم های مخصوص خود دستگاه.



## ۲-۲- الکتریکی پرسشی

### تشریحی

- ۱- جریان الکتریکی و واحد آن را تعریف کنید.
- ۲- آمپر متر چگونه در مدار قرار می گیرد و چرا؟
- ۳- نحوه خواندن مقادیر از روی صفحه مدرج مولتی متر چگونه است؟
- ۴- جریان سینوسی را تعریف کنید.
- ۵- فرق آمپر متر تابلویی با آمپر متر انبری را شرح دهید.
- ۶- اختلاف پتانسیل الکتریکی را تعریف کنید.
- ۷- ولت متر چگونه در مدار قرار می گیرد و چرا؟
- ۸- ولتاژهای خیلی زیاد را چگونه با ولت مترهای معمولی اندازه می گیرند؟
- ۹- مقاومت های اهمی را چگونه اندازه می گیرند؟
- ۱۰- طرز کار پل وتستون را به طور کامل شرح دهید.
- ۱۱- هنگام استفاده از یک دستگاه اندازه گیر، کدام نکات را باید به دقت مد نظر داشت؟

### صحیح یا غلط

- ۱۲- اگر مقدار جریان نامشخص باشد، رنج آمپر متر را در کم ترین مقدار خود قرار می دهیم.
- صحیح ☐ غلط ☐

### کامل کردنی

- ۱۳- استفاده از اهم متر روش ..... اندازه گیری مقاومت اهمی و استفاده از پل وتستون روش ..... اندازه گیری مقاومت اهمی است.

### چهار گزینه ای

- ۱۴- کدام مورد در ارتباط با نکات ایمنی هنگام استفاده از دستگاه های اندازه گیری، صحیح نیست؟
- ۱- قرار دادن دستگاه در مدار بر حسب کمیت مورد اندازه گیری
  - ۲- قرار دادن دستگاه در سطح کار به هر صورت افقی یا عمودی یا با زاویه
  - ۳- جایگزینی فیوز مشابه در هنگام تعویض فیوز دستگاه
  - ۴- استفاده از سیم های مخصوص خود دستگاه