

اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و مقاومت اهمی

هدف کلی

فراگیری 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:

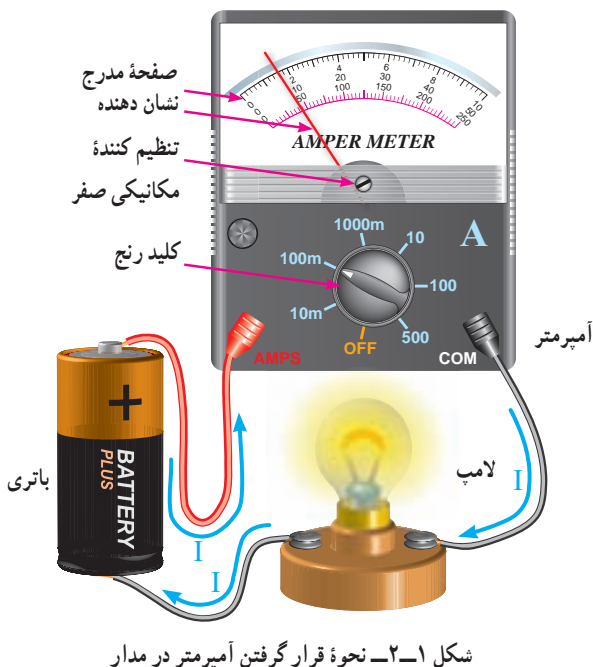
- جریان الکتریکی و واحد آن را تعریف کند.
- دستگاه اندازه‌گیری جریان را تشریح کند.
- تقسیمات صفحه مدرج را از یکدیگر تفکیک کند.
- به هنگام استفاده از آمپر متر برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی نکات ایمنی را رعایت کند.
- نحوه اندازه‌گیری جریان AC با آمپر متر را شرح دهد.
- قسمت‌های مختلف یک مولتی متر عقربه‌ای را تمیز دهد.
- اختلاف پتانسیل الکتریکی (ولتاژ) و واحد آن را تعریف کند.
- طرز قرار گرفتن ولت متر را برای اندازه‌گیری ولتاژ را 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 وتستون 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 فراهم‌شده 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 در موقعیت‌های مناسب را بروز دهد.
- در کارگروهی مشارکت فعال و همکاری مؤثر داشته باشد.
- نسبت به حل مشکلات سایر هنجریان و ... 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 مولتی‌متر 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 نرم‌افزار مولتی‌سیم (multisim)، کاربرد انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری را برای هنرجویان به صورت آزمایشگاه مجازی به نمایش درآورد.
- قبل از شروع این بحث مفاهیم زیر را به‌خاطر 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 به‌وجود 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 Ω نشان می‌دهند.
 - ۹- اهم متر: دستگاه اندازه‌گیری الکتریکی است که مقاومت را اندازه‌گیری می‌کند.

۲-۱- اندازه‌گیری جریان

۱-۲- اندازه‌گیری جریان DC: همان‌طور 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 میلی‌آمپر ($\frac{1}{1000}$ آمپر) و میکروآمپر ($\frac{1}{1000000}$ آمپر)، و در برق صنعتی از واحدهای بزرگ‌تر از آمپر نظیر کیلوآمپر (۱۰۰۰ آمپر) استفاده می‌شود. دستگاهی که جریان الکتریکی را اندازه می‌گیرد آمپر متر نام دارد. آمپر متر در مدار به‌طور 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.



برای قرائت مقدار جریانی که آمپرتر نشان می‌دهد باید به طریق زیر عمل کرد :

الف) حدود اندازه‌گیری یا ضریب کلید رنج (مثلاً در شکل ۲-۱، 100 mA می‌باشد) را به ماکزیمم عدد روی صفحه مدرج (مثلاً در شکل ۲-۱ یکی از تقسیمات 10 می‌باشد) تقسیم می‌کنیم. عدد به دست آمده را ضریب ثابت صفحه نامیده و آن را با حرف C نشان می‌دهیم؛ با توجه به شکل ۲-۱ داریم :

$$C = \frac{\text{ضریب کلید رنج}}{\text{آخرین عدد روی صفحه}} = \frac{100}{10} = 10\text{ mA}$$

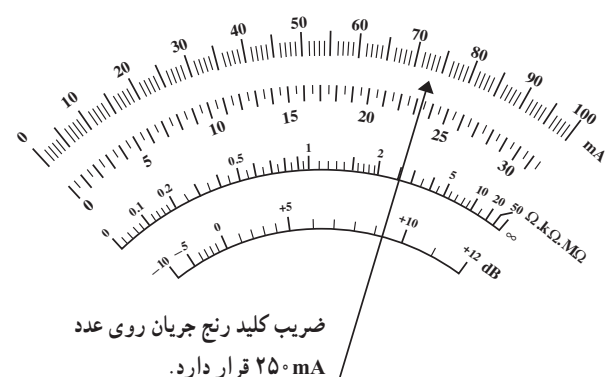
هر تقسیمات 10 mA

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

$$\text{عدد خوانده شده} = C \times \text{مقدار جریانی که آمپرتر نشان می‌دهد} \\ = 10 \times 1/6 = 1.6\text{ mA}$$

مثال ۱ : بیش‌ترین عدد درج شده روی یک میلی‌آمپرتر 60 می‌باشد (صفحه مدرج به 60 قسمت تقسیم شده است) اگر حدود اندازه‌گیری (ضریب کلیدرنج) روی عدد 300 mA بوده و عقربه آمپرتر به اندازه $42/5$ قسمت منحرف شده باشد، آمپرتر مقدار جریان را $212/5\text{ mA}$ نشان می‌دهد زیرا :

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



شکل ۲-۲ میلی‌آمپرتر $182/5$ میلی‌آمپر را نشان می‌دهد.

مقدار جریانی که میلی‌آمپرتر نشان می‌دهد برابر است با :

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

مثال ۲ : در شکل ۲-۲ میلی‌آمپرتر $182/5$ میلی‌آمپر را نشان می‌دهد.

$$C = \frac{250}{100} = 2.5\text{ mA}$$

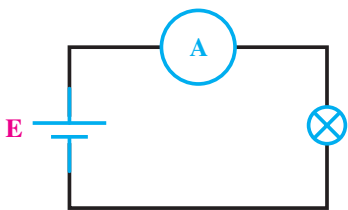
$$C \times 73 = \text{مقدار جریانی که میلی‌آمپرتر نشان می‌دهد} \\ = 2/5 \times 73 = 182/5\text{ mA}$$

در مدارات الکتریکی آمپرتر را با علامت یا نماد شکل ۲-۳ نمایش می‌دهند.



شکل ۲-۳ نماد یک آمپرتر

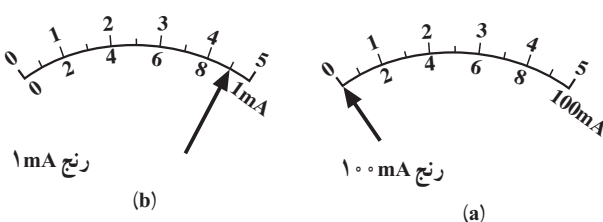
شکل ۲-۴ یک مدار الکتریکی را که آمپرتر در آن قرار گرفته است نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴ آمپرتر مقدار جریان گذرنده از لامپ را نشان می‌دهد.

برای دقیق‌تر خواندن جریانی که آمپرتر نشان می‌دهد باید حدود اندازه‌گیری (ضریب کلیدرنج) را طوری انتخاب کنیم که انحراف عقربه بیشترین مقدار را داشته باشد.

شکل ۲-۵ جریان $92/100\text{ mA}$ میلی‌آمپر را در محدوده اندازه‌گیری 1 mA و 100 mA نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل نیز پیداست اندازه‌گیری جریان $92/100\text{ mA}$ در رنج 1 mA دقیق‌تر است.



شکل ۲-۵ اثرات انتخاب رنج مناسب برای قرائت مقادیر

شکل ۸-۲ یک نمونه مولتی‌متر را نشان می‌دهد که قسمتی از آن میلی‌آمپر متر DC است.



شکل ۸-۲- نمونه‌ای از مولتی‌متر عقربه‌ای

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

نوع دیگری از مولتی‌متر وجود دارد که به آومتر دیجیتالی موسوم است. این نوع مولتی‌متر نیز دارای رنج جریان DC است و مقدار اندازه‌گیری شده را به صورت رقمی روی صفحه نمایش نشان می‌دهد. در شکل ۹-۲ یک نمونه از این مولتی‌مترها را مشاهده می‌کنید.



شکل ۹-۲- یک نمونه مولتی‌متر دیجیتالی

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

آمپر مترها و میلی‌آمپر مترهای DC به صورت‌های آزمایشگاهی، تابلویی و یا به صورت قسمتی از مولتی‌متر (ا‌هم‌متر - ولت‌متر - آمپر متر) ساخته می‌شوند. شکل ۶-۲ چند نمونه از آمپر مترها و میلی‌آمپر مترهای آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۲- نمونه‌هایی از میلی‌آمپر 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.

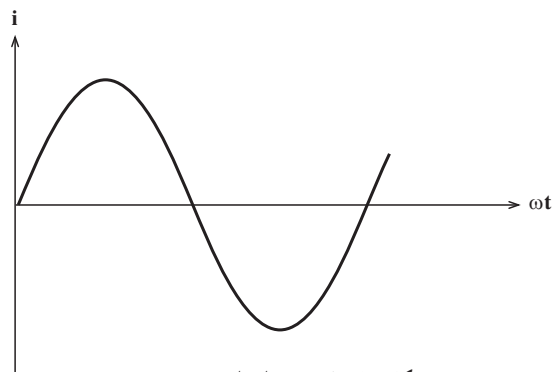


شکل ۲-۱۳ یک نمونه مولتی متر دیجیتالی آزمایشگاهی DC و AC

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 آوومتر دیجیتالی، کافی است که ترمینال‌های مخصوص جریان را با مدار سری نموده و کلید AC آنرا 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.

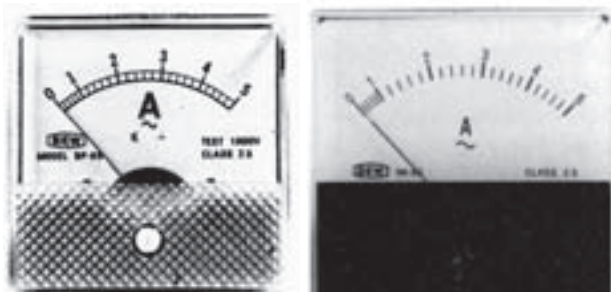
علاوه بر آمپر مترهای آزمایشگاهی و تابلویی و مولتی مترها، نوع دیگری از آمپر مترهای AC وجود دارند که به آمپر متر انبری معروفند.

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.



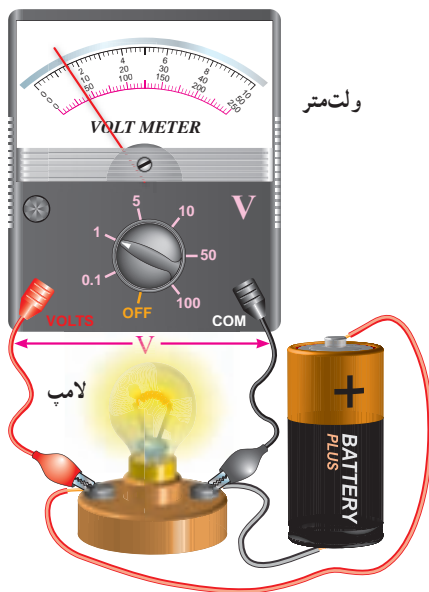
شکل ۲-۱۰ نمونه‌ای از جریان AC

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 ولت‌متر در مدار

برای خواندن مقدار ولتاژی که ولت‌متر نشان می‌دهد، همانند خواندن آمپرتر، ابتدا ضریب ثابت سنجش را به دست آورده و آن‌گاه این عدد را در مقدار انحراف عقربه برحسب تقسیمات ضرب می‌کنیم.

مثال ۱: با توجه به شکل ۱۵-۲ یکی از تقسیمات را (مثلاً ۱۰) در نظر گرفته و ضریب ثابت سنجش را محاسبه می‌نماییم:

$$C = \frac{1^\circ}{5^\circ} = 0.2$$

مقداری که ولت‌متر نشان می‌دهد برابر است با:
 $C \times \text{تعداد تقسیماتی که عقربه منحرف شده است}$

$$0.2 \times 5 = 1$$

سؤال: چرا در مثال ۱ که صفحه مدرج ولت‌متر، هم دارای درجه‌بندی ۱۰ قسمتی و هم ۵۰ قسمتی است، درجه‌بندی ۵۰ قسمتی انتخاب ما می‌باشد؟

مثال ۲: در شکل ۱۶-۲ ولت‌متر ولتاژی به اندازه ۳۸۰ ولت را نشان می‌دهد، زیرا:

$$C = \frac{5^\circ}{5^\circ} = 1$$

مقدار ولتاژ برابر است با:

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

$$1 \times 38 = 38$$

برای اندازه‌گیری جریان کافی است سیم حامل جریان AC را وسط هسته این مولتی‌متر که با اهرمی باز می‌شود 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 آمپرترهای انبری را به صورت مولتی‌متر (ترکیبی) می‌سازند. شکل ۱۴-۲ دو نمونه آوومتر انبری عقربه‌ای و دیجیتالی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴-۲ دو نمونه مولتی‌متر انبری عقربه‌ای و دیجیتالی

۲-۲-۲ اندازه‌گیری ولتاژ

۲-۲-۱ اندازه‌گیری ولتاژ DC: اختلاف تعداد

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

واحد اختلاف پتانسیل الکتریکی ولت است. در الکترونیک

از واحدهای کوچک‌تر ولت یعنی میلی‌ولت ($\frac{1}{1000}$ ولت) و میکروولت ($\frac{1}{1000000}$ ولت) و در برق صنعتی از واحد بزرگ‌تر از ولت مانند کیلوولت (۱۰۰۰ ولت) نیز استفاده می‌شود.

دستگاهی که ولتاژ را اندازه می‌گیرد ولت‌متر نام دارد. از آنجایی که ولت‌متر اندازه‌گیری 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 ولت‌متر را در یک مدار ساده الکتریکی، نشان می‌دهد.

برای دقیق‌تر خواندن مقدار ولتاژی که ولت‌متر نشان می‌دهد باید حدود اندازه‌گیری (ضریب کلید رنج) را طوری انتخاب نماییم که انحراف عقربه بیشترین مقدار را داشته باشد.

ولت‌مترهای DC به صورت‌های آزمایشگاهی، تابلویی و یا به صورت قسمتی از مولتی‌متر ساخته می‌شوند. شکل ۲-۲۰ یک نمونه از میلی‌ولت‌متر آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۰ یک نمونه میلی‌ولت‌متر آزمایشگاهی

شکل ۲-۲۱ یک نمونه ولت‌متر DC تابلویی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۱ یک نمونه ولت‌متر DC تابلویی

شکل ۲-۲۲ یک نمونه مولتی‌متر را که قسمتی از آن به عنوان ولت‌متر DC است نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۲ یک نمونه از مولتی‌متر



شکل ۲-۱۶

سؤال: در شکل ۲-۱۷ عقربه ولت‌متر در حالت A، B و C چه مقدار را نشان می‌دهد؟



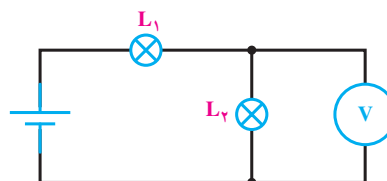
شکل ۲-۱۷ حدود اندازه‌گیری (ضریب کلید رنج) روی عدد ۲۵۰ قرار دارد.

در مدارهای الکتریکی ولت‌متر را با نماد شکل ۲-۱۸ نشان می‌دهند.



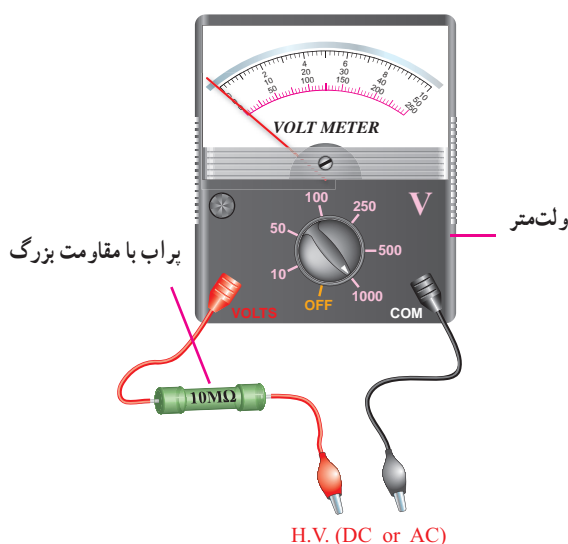
شکل ۲-۱۸ نماد یک ولت‌متر

شکل ۲-۱۹ یک مدار الکتریکی را، که ولت‌متر آن در حال اندازه‌گیری ولتاژ دو سر یک لامپ می‌باشد، نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۹ ولت‌متر ولتاژ دو سر لامپ

ولت‌مترهای AC همانند ولت‌مترهای DC است، و در مورد ولت‌مترهای دیجیتالی، مقدار ولتاژ به صورت رقم روی صفحه نمایش (Display) نوشته می‌شود. لازم به یادآوری است که ولت‌مترهای عقربه‌ای و یا مولتی‌مترهای معمولی به هیچ عنوان قادر به اندازه‌گیری ولتاژهای AC کم (کم‌تر از یک ولت) به صورت دقیق نیستند ولی مولتی‌مترها و یا ولت‌مترهای دیجیتالی، ولتاژهای AC خیلی کم (حدود یک میلی ولت) را با دقت کافی اندازه‌گیری می‌کنند. برای اندازه‌گیری ولتاژهای زیاد AC و یا DC (۱۰۰۰ ولت به بالا) از پراب‌های مخصوص ولتاژ زیاد استفاده می‌شود. این پراب‌ها دارای مقاومت بسیار بزرگ بوده و با ولت‌متر سری می‌شوند تا قسمت اعظم ولتاژ مورد اندازه‌گیری در آن‌ها افت کند. شکل ۲-۲۵ نمونه‌ای از این نوع پراب را که با ولت‌متر، جهت اندازه‌گیری ولتاژ زیاد، سری شده است نشان می‌دهد.



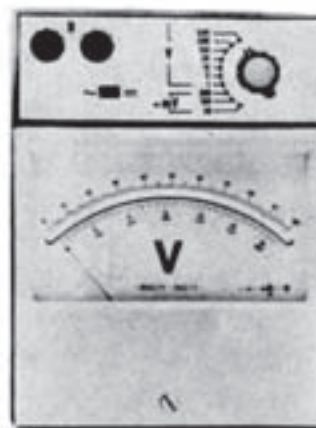
شکل ۲-۲۵ نمونه‌ای از پراب «ولتاژ زیاد» که با ولت‌متر، سری شده است.

۲-۳- اندازه‌گیری 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 می‌کنند. مثلاً مقاومت الکتریکی یک سیم ضخیم و کوتاه از یک نوع فلز، کم‌تر از مقاومت الکتریکی یک سیم نازک و بلند از همان فلز است؛ و یا فلز مس، در مقابل جریان برق از خود مقاومت کم‌تری نشان می‌دهد تا فلز آهن.

مولتی‌مترهای دیجیتالی نیز قادر به اندازه‌گیری ولتاژ DC هستند. یک نمونه دیگر از این مولتی‌مترها در شکل ۲-۹ نشان داده شده است.

۲-۲-۲- اندازه‌گیری ولتاژ AC : برای اندازه‌گیری ولتاژ AC از ولت‌متر AC استفاده می‌شود. اکثر ولت‌مترهای آزمایشگاهی هر دو ولتاژ DC و AC را اندازه می‌گیرند. شکل ۲-۲۳ یک ولت‌متر آزمایشگاهی را نشان می‌دهد که دارای قابلیت اندازه‌گیری هر دو ولتاژ DC و AC می‌باشد. به همین منظور بر روی ولت‌مترها کلید انتخاب AC و DC وجود داشته و یا سلکتور حدود اندازه‌گیری DC با AC تفاوت دارد.



شکل ۲-۲۳ یک ولت‌متر آزمایشگاهی

شکل ۲-۲۴ یک نمونه ولت‌متر تابلویی AC را نشان

می‌دهد.



شکل ۲-۲۴ یک نمونه ولت‌متر تابلویی AC

همه مولتی‌مترها، اعم از عقربه‌ای و دیجیتالی، قادر به اندازه‌گیری ولتاژ AC می‌باشند. نحوه قرائت ولتاژ AC روی

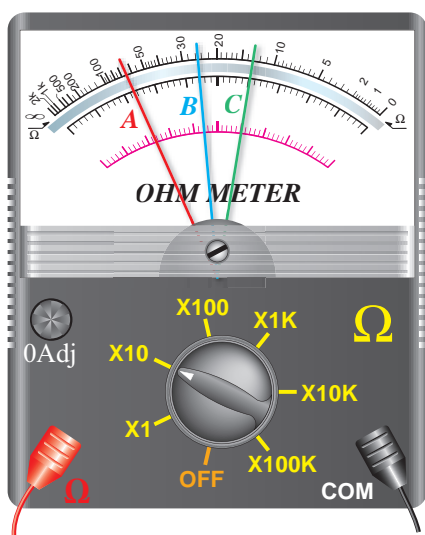
آشنا خواهید شد. درجه‌بندی اهم‌تر عکس درجه‌بندی ولت‌تر و آمپرتر است؛ یعنی صفر آن در سمت راست صفحه مدرج قرار دارد، ضمناً درجه‌بندی آن خطی نیست.

برای خواندن مقدار مقاومت اهمی از روی اهم‌تر کافی است که مقدار خوانده شده روی صفحه مدرج را در ضرب کنید رنج اهم‌تر ضرب کنیم. به عنوان مثال در شکل ۲۸-۲ عقربه‌های A و B و C مقادیر زیر را نشان می‌دهند.

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

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

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



شکل ۲۸-۲ برای خواندن مقدار مقاومت اهمی، مقدار خوانده شده روی صفحه مدرج در رنج اهم‌تر ضرب می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۲۹-۲ نیز می‌بینید درجه‌بندی اهم‌تر از سمت راست به تدریج فشرده می‌شود. به عنوان مثال مقاومت‌های 2Ω ، 3Ω ، 10Ω ، 15Ω ، ... و تا حدود 50Ω ، تقریباً به راحتی قابل خواندن هستند، اما از حدود 50Ω تا آخرین حد تقسیمات، درجه‌بندی بسیار فشرده می‌شود. چنان‌که مثلاً مقاومت 220Ω به‌طور دقیق قابل خواندن نیست. بنابراین برای دقیق خواندن مقدار مقاومت‌ها باید کلید رنج را طوری تنظیم کنیم که عقربه روی اعدادی که مقدار مقاومت را بسیار دقیق و واضح نشان می‌دهند قرار گیرد (اگر انحراف عقربه از سمت چپ بیشتر از 4% باشد

واحد مقاومت اهم است و به صورت امگای یونانی (Ω) نشان داده می‌شود. در الکترونیک و برق صنعتی از واحدهای کوچک‌تر از اهم مانند میلی‌اهم ($\frac{1}{1000}$ اهم) و واحدهای بزرگ‌تر از اهم نظیر کیلواهم (1000 اهم) و مگااهم (1000000 اهم) نیز به وفور استفاده می‌شود.

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



برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی دو روش کلی وجود دارد:

الف) روش مستقیم

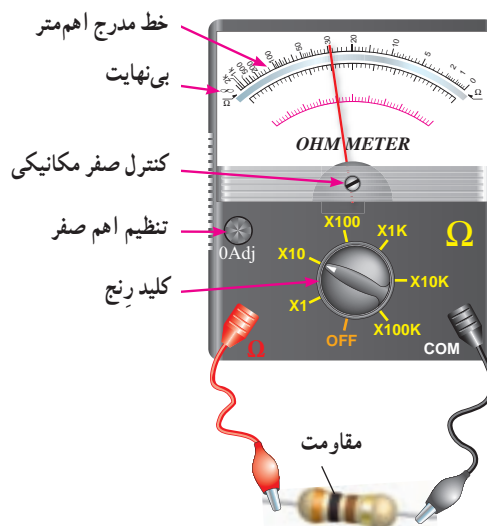
ب) روش غیرمستقیم

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

به نام اهم‌تر استفاده می‌شود.

شکل ۲۷-۲ یک نمونه اهم‌تر آزمایشگاهی را که در حال

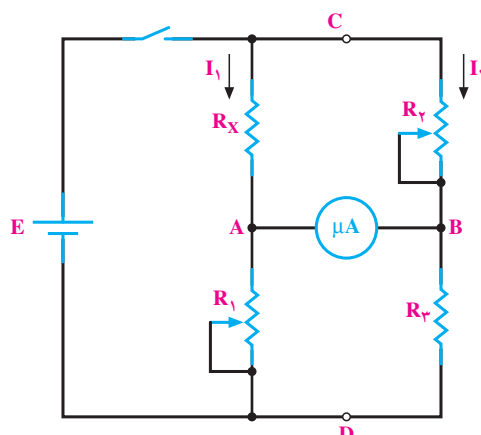
اندازه‌گیری یک مقاومت اهمی است، نشان می‌دهد.



شکل ۲۷-۲ اهم‌تر در حال اندازه‌گیری یک مقاومت

تمامی آوومترهای دیجیتالی و عقربه‌ای مجهز به اهم‌تر هستند. امروزه اهم‌ترها دیگر به صورت یک دستگاه مستقل ساخته نمی‌شوند. با ساختمان اهم‌تر 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.



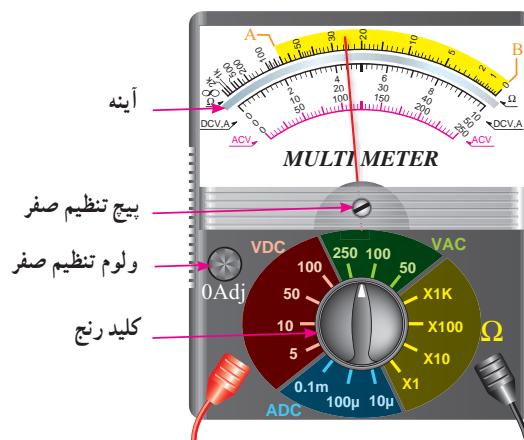
شکل ۲-۳۱- مدار الکتریکی پل وتستون

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:

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

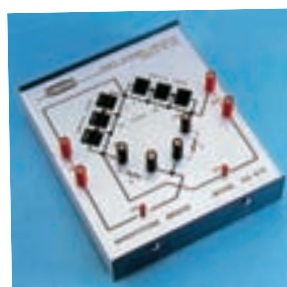
توجه: تنظیم صفر گالوانومتر با تنظیم مقاومت‌های R_1 و R_2 انجام می‌شود.

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.

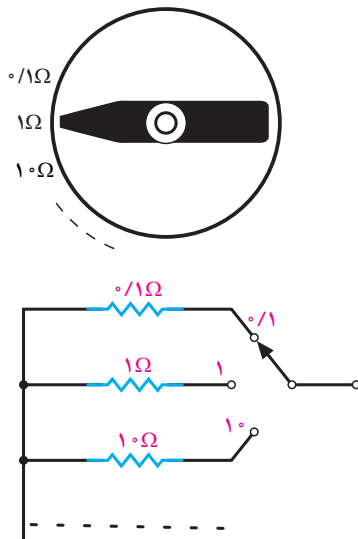


شکل ۲-۳۰- یک نمونه پل وتستون

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

تعالیت اختیاری

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



شکل ۲-۳۳ نحوه تغییر مقاومت R_p به صورت پله‌ای در پل وتستون

مقاومت R_p به صورت پله‌ای و مضربی از 10° تغییر می‌کند. مثلاً $10^\circ/1$ ، $10^\circ/10$ ، $10^\circ/100$ ، $10^\circ/1000$ 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_p نوشته شده ضرب کنیم.

مطالعه آزاد

به غیر از پل وتستون، پل دیگری نیز وجود دارد که به محض اتصال سیم‌پیچ، 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 (DC یا AC)،
- 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 پررشی

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 کدام است؟
- 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 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 بیان نشده است؟
- ۱- قرار دادن دستگاه در مدار بر حسب کمیت مورد اندازه گیری
 - ۲- قرار دادن دستگاه در سطح کار به هر صورت افق یا عمودی یا با زاویه
 - ۳- جایگزینی فیوز مشابه در هنگام تعویض فیوز دستگاه
 - ۴- استفاده از سیم های مخصوص خود دستگاه