



هدف کلی

آشنایی با ساختمان داخلی و طرز کار تعدادی از دستگاه‌های

اندازه‌گیری و نحوه توسعه حوزه کار آن‌ها

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

- ساختمان و طرز کار دستگاه اندازه‌گیری با قاب‌گردان را شرح دهد.
- حساسیت گالوانومتر را تعریف کند.
- چگونگی استفاده از دستگاه اندازه‌گیری با قاب‌گردان (گالوانومتر دآرسونوال) را به صورت ولت‌متر DC و آمپر‌متر DC شرح دهد.
- چگونگی استفاده از دستگاه اندازه‌گیری با قاب‌گردان را به صورت ولت‌متر AC شرح دهد.
- چگونگی توسعه رنج اندازه‌گیری جریان ولتاژ را با استفاده از گالوانومتر دآرسونوال بیان کند.
- چگونگی اندازه‌گیری جریان‌های زیاد DC را به کمک مولتی‌متر شرح دهد.
- چگونگی استفاده از گالوانومتر دآرسونوال را به صورت اهم‌متر سری شرح دهد.
- ساختمان و طرز کار انواع دستگاه اندازه‌گیری آهن‌نرم‌گردان را شرح دهد.
- فرق ولت‌متر و آمپر‌متر آهن‌نرم‌گردان را شرح دهد.
- ساختمان وات‌متر را شرح داده و فرق آن را با گالوانومتر دآرسونوال بیان کند.
- ساختمان مولتی‌متر دیجیتالی را شرح دهد.
- مزایای یک مولتی‌متر دیجیتالی را بر مولتی‌متر عقربه‌ای شرح دهد.
- 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 را در زمان مقتضی 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 هنرجویان و ... حساس و فعال باشد.
- سایر هنرجویان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات، راهنمایی و تشویق کند.

در صورت امکان با استفاده از نرم افزار مولتی سیم، نحوه توسعه حوزه کار دستگاه‌های اندازه‌گیری را به صورت آزمایشگاه مجازی برای هنرجویان به نمایش در آورید.

۱-۵- دستگاه اندازه‌گیری با قاب‌گردان و آهن‌ربای دائمی

در یک بسته‌بندی (استفاده می‌شود. در حقیقت تمامی دستگاه‌های اندازه‌گیری که دارای درجه‌بندی خطی هستند و با جریان‌های خیلی کم کار می‌کنند نشان‌دهنده اصلی همان گالوانومتر می‌باشند. ۱-۱-۵- ساختمان گالوانومتر دآرسونوال: شکل ۱-۵ دو نمونه از گالوانومتر دآرسونوال را که در ساختمان دستگاه‌های اندازه‌گیری به کار می‌رود نشان می‌دهد.

دستگاه اندازه‌گیری با قاب‌گردان و آهن‌ربای دائمی همان میکروآمپر متر یا گالوانومتر است که می‌تواند جریان‌های حدود میکروآمپر (حتی کسری از میکروآمپر) را با دقت بسیار بالا اندازه بگیرد. از این رو از این دستگاه در ساخت ولت‌مترها و آمپرترهای بسیار دقیق و مولتی‌متر (اهم‌متر - ولت‌متر و آمپرتر



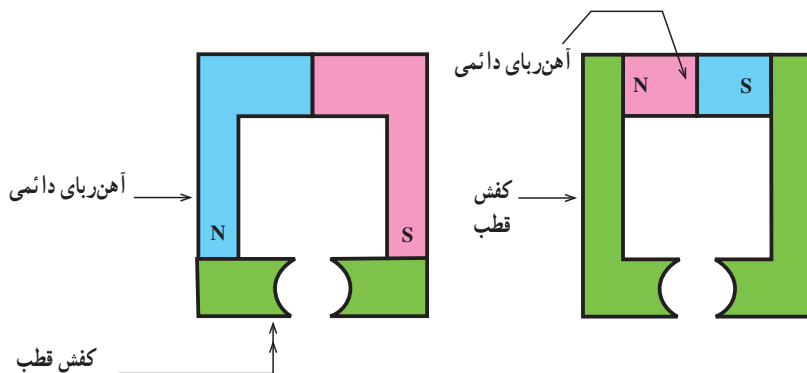
شکل ۱-۵

سیم‌پیچ، که قادر است حول استوانه آهن نرم بچرخد، تشکیل شده است.

— آهن‌ربای دائمی و کفش قطب‌ها: نقش آهن‌ربای

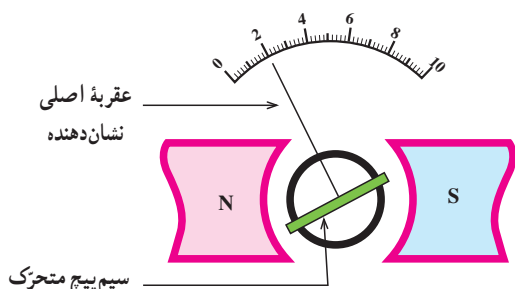
دآرسونوال (D'Arsonval) فردی است که اولین بار، در سال ۱۸۸۴، این گالوانومتر را ساخت. گالوانومتر دآرسونوال از یک آهن‌ربای دائمی، کفش قطب‌ها، استوانه آهن نرم و یک

دائمی در گالوانومتر دآرسونوال، ایجاد میدان مغناطیسی در یک فاصله هوایی است و کفش قطبها وظیفه یکنواخت کردن این



شکل ۲-۵- دو نمونه از آهن ربای دائمی و کفش قطبها

قادر است حول استوانه آهن نرم بچرخد وصل شده است. سیم پیچ از چندین دور سیم لاکی بسیار نازک که روی یک نوار آلومینیومی پیچیده شده تشکیل شده است. شکل ۴-۵ نمای عمودی وضعیت قرار گرفتن سیم پیچ حول استوانه آهنی را نشان می دهد.



شکل ۴-۵- نمای عمودی طرز قرار گرفتن سیم پیچ حول استوانه آهن نرم

با پیشرفتی که در تکنولوژی حاصل شده است، مجموعه های شکل ۲-۵ را به صورت یک پارچه از آهن ربای دائمی می سازند. در گالوانومتر دآرسونوال برای خطی نمودن درجات، نیاز به میدان یکنواخت و شعاعی در فاصله هوایی است. برای به وجود آوردن چنین میدانی (یکنواخت و شعاعی) یک استوانه آهن نرم را بین کفش قطبها قرار می دهند. در شکل ۳-۵ یک نمونه از یکنواخت و شعاعی نمودن میدان در یک فاصله هوایی نشان داده شده است.



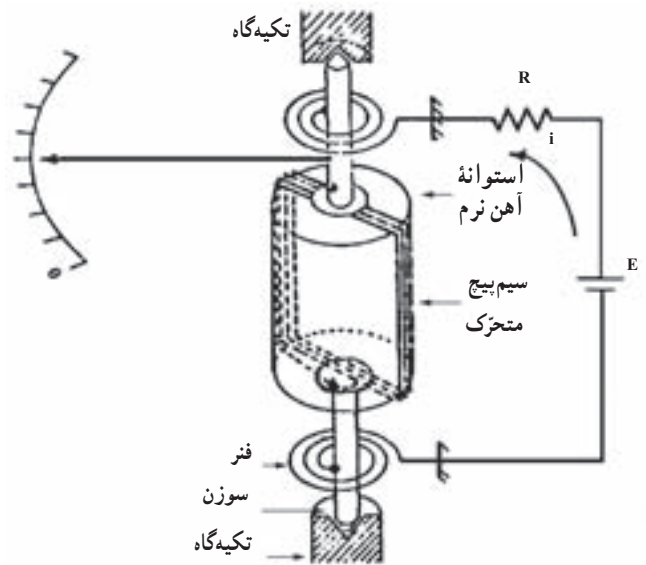
شکل ۳-۵- چگونگی ایجاد میدان مغناطیسی یکنواخت و شعاعی

چون سیم پیچ باید حرکت کند لذا با دو سوزن (در مدل های قدیمی تر) که در دو طرف سیم پیچ تعبیه شده اند، توسط دو تکیه گاه، نگه داشته می شود و قادر است حول این دو تکیه گاه بچرخد. در ضمن دو فنر نیز جهت ایجاد کویل مقاوم و برگرداندن سیم پیچ بعد از قطع جریان به جای اول (نقطه صفر) نیز به دو سوزن، وصل شده اند. در ضمن فنرها نقش هدایت جریان به سیم پیچ متحرک را نیز به عهده دارند (در صورتی که از فنرها برای هدایت جریان استفاده نکنیم، چون سیم پیچ حرکت می کند باید از تیغه های کلکتور استفاده

اخیراً بعضی از کارخانه های سازنده، فرم آهن ربا را طوری می سازند که نیازی به استوانه آهن نرم نباشد و در ضمن، در فواصل مورد نیاز، میدان یکنواخت را برای ما ایجاد کند.

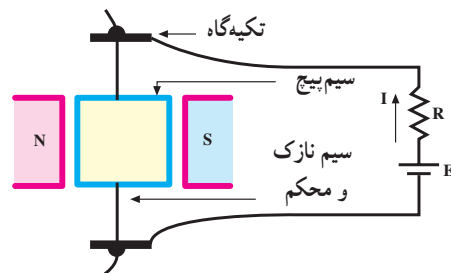
— سیم پیچ متحرک : همان طور که گفته شد گالوانومتر برای اندازه گیری جریان های با مقدار بسیار کم به کار می رود. برای اندازه گیری مقدار جریان وارد شده به گالوانومتر باید مقدار انحراف عقربه گالوانومتر را سنجید. عقربه دستگاه نیز به یک سیم پیچ که

نماییم که این کار باعث ایجاد اصطکاک شده از حساسیت دستگاه کاسته می‌شود و آن را نیز تا حدودی غیرخطی می‌نماید. شکل ۵-۵ ساختمان یک گالوانومتر را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۵- ساختمان یک گالوانومتر

در گالوانومترهای جدیدتر، برای حساس‌تر کردن و همچنین ساده‌تر نمودن ساختمان آن، به جای دو عدد سوزن، دو فنر و دو تکیه‌گاه، سیم پیچ را با دو مفتول بسیار نازک (معمولاً از آلیاژ برنز یا نقره) با مقطع گرد و یا مستطیلی شکل به دو تکیه‌گاه ثابت وصل می‌کنند. هدایت جریان به سیم پیچ متحرک، از طریق دو تکیه‌گاه صورت می‌گیرد. همچنین اگر سیم پیچ بچرخد، مفتول نازک نیز تاب خورده ایجاد کوپل مقاوم می‌کند و بعد از قطع جریان مجدداً سیم پیچ را به حالت اولیه برمی‌گرداند. عقربه نشان‌دهنده روی سیم پیچ متحرک قرار می‌گیرد. شکل ۵-۶ ساختمان این نوع گالوانومتر را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۶- مقطع یک گالوانومتر

حرکت عقربه (چرخش قاب) با جریان عبوری از آن رابطه خطی دارد. از این رو درجه‌بندی گالوانومتر دآرسونوال، همیشه خطی است. مثلاً اگر به ازای یک میکروآمپر جریان، عقربه یک درجه منحرف شود به ازای دو میکروآمپر جریان دو درجه منحرف خواهد شد. گالوانومتر دآرسونوال تنها دستگاه اندازه‌گیری است که درجه‌بندی آن کاملاً خطی است.

بر طبق تعریف، حساسیت عبارت است از نسبت زاویه گردش عقربه (θ) به جریان عبوری از سیم پیچ (I) و طبق رابطه ۵-۱ نوشته می‌شود.

$$S' = \frac{\text{زاویه گردش عقربه}}{\text{جریان عبوری از سیم پیچ}}$$

$$S' = \frac{\theta}{I} \left(\dots \text{ و } \frac{\text{درجه}}{\text{میکروآمپر}} \text{ یا } \frac{\text{رادیان}}{\text{آمپر}} \right) \quad (5-1)$$

حساسیت یک امر نسبی است، یعنی اگر بخواهیم بینیم که این دستگاه حساس است یا نه، باید آن را با دستگاه دیگری مقایسه کنیم؛ لذا می‌توان گفت که از دو گالوانومتر موجود، به ازای عبور جریان برابر، آن که انحراف بیشتر است، حساس‌تر است.

برای ولت‌مترها حساسیت را معمولاً برحسب $(\frac{\Omega}{V})$ مشخص می‌نمایند. مقدار عددی $\frac{\Omega}{V}$ ، معکوس مقدار عددی جریان انحراف کامل گالوانومتر برحسب آمپر می‌باشد. مثلاً اگر در یک گالوانومتر حساسیت $20 \cdot \frac{K\Omega}{V}$ باشد برای انحراف کامل آن نیاز به $50 \mu A = \frac{1}{20 \cdot K\Omega}$ جریان دارد.

حال اگر در گالوانومتر دیگری حساسیت $100 \cdot \frac{K\Omega}{V}$ باشد، برای انحراف کامل آن نیاز به $10 \mu A = \frac{1}{100 \cdot K\Omega}$ جریان دارد.

از دو مثال بالا این نتیجه به دست می‌آید که هر قدر عدد $\frac{\Omega}{V}$ یک گالوانومتر بیشتر باشد، دستگاه حساس‌تر است. اگر بخواهیم از این دستگاه به عنوان ولت‌متر استفاده کنیم هر قدر عدد $\frac{\Omega}{V}$ آن بیشتر باشد (در حقیقت امپدانس ورودی آن بیشتر باشد) خطای اندازه‌گیری

کمتر می‌شود.

۲-۱-۵- ساختمان ولت‌متر DC: همان‌طور که دیدیم

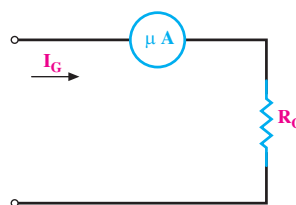
حرکت عقربه گالوانومتر به صورت خطی با عبور جریان از سیم‌پیچ رابطه داشت و طبق رابطه ۲-۵ به دست می‌آمد.

$$\theta = K \cdot I \quad (5-2)$$

به عنوان مثال، اگر یک گالوانومتر $50 \mu A$ داشته باشیم بدین معنی است که به ازای عبور جریان $50 \mu A$ ، انحراف آن کامل بوده (۱۰۰٪ انحراف کامل) و به ازای عبور جریان $25 \mu A$ انحراف آن نصف (۵۰٪ انحراف کامل) خواهد بود.

اگر مقاومت داخلی گالوانومتر، R_G ، باشد و جریان عبور از گالوانومتر I_G ، هنگام عبور جریان I_G از گالوانومتر، در دوسر گالوانومتر افت ولتاژی معادل $R_G \cdot I_G$ به وجود خواهد آمد.

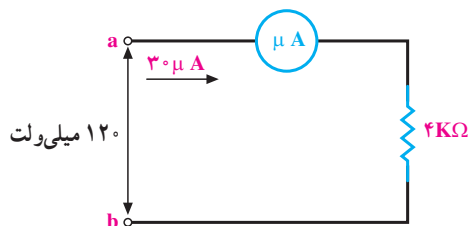
شکل ۷-۵ علامت فنی یک گالوانومتر را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۵ علامت فنی گالوانومتر دآرسونوال

مقدار R_G در گالوانومترها معمولاً بین ۲۰۰ تا ۵۰۰۰ اهم است (البته این مقدار مقاومت، اندکی مربوط به مقاومت اهمی سیم‌پیچ است و مابقی را به خاطر مسائل دینامیکی گالوانومتر به‌طور مصنوعی با سیم‌پیچی سری می‌نمایند).

فرض کنید در یک گالوانومتر $R_G = 4 K\Omega$ و جریان انحراف تمام اشل آن $30 \mu A$ باشد. به ازای عبور جریان $30 \mu A$ ، دو سر گالوانومتر 120 میلی‌ولت ولتاژ افت می‌کند.

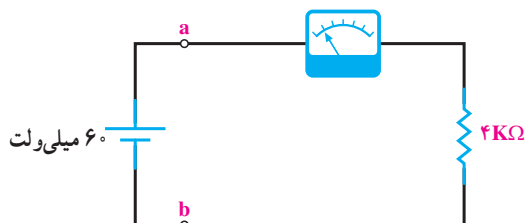


شکل ۸-۵ به ازای عبور جریان $30 \mu A$ از گالوانومتر، دو سر آن 120 میلی‌ولت ولتاژ افت می‌کند.

حال اگر به جای $30 \mu A$ ، $15 \mu A$ جریان را به گالوانومتر اعمال نماییم، اولاً عقربه 50% مقدار قبلی حرکت می‌کند و ثانیاً افت ولتاژ دو سر گالوانومتر 60 میلی‌ولت خواهد شد ($4 K\Omega \times 15 \mu A = 60 mV$).

حال اگر مطابق شکل ۹-۵ به ورودی گالوانومتر با مشخصات فوق $R_G = 4 K\Omega$ و $I_G = 30 \mu A$ (جریان انحراف تمام اشل) یک منبع ولتاژ 60 میلی‌ولتی وصل کنیم، جریان عبوری از مدار $15 \mu A = 60 mV / 4 K\Omega$ خواهد شد و عقربه 50% انحراف خواهد داشت. حال اگر به جای 60 میلی‌ولت، 120 میلی‌ولت را اعمال نماییم جریان عبوری از گالوانومتر $30 \mu A = 120 mV / 4 K\Omega$ خواهد شد و انحراف عقربه 100% خواهد شد.

مجموعه گالوانومتر فوق را می‌توان به عنوان یک میلی‌ولت‌متر $120 mV$ در نظر گرفت. همچنان که می‌توان مجموعه گالوانومتر را به عنوان میکروآمپر متر $30 \mu A$ نیز در نظر گرفت.

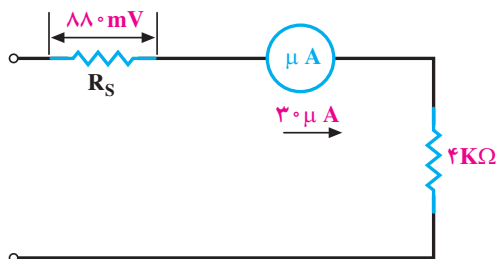


شکل ۹-۵ به ازای اعمال $60 mV$ ولتاژ به گالوانومتر، انحراف 50% خواهد بود.

اگر گالوانومتر، با مشخصات فوق را به عنوان میلی‌ولت‌متر $120 mV$ در نظر بگیریم و بخواهیم ولتاژهای بیشتر از $120 mV$ را با آن اندازه بگیریم، باید مازاد $120 mV$ را در یک مقاومت اهمی که با گالوانومتر سری می‌کنیم افت بدهیم. در هر حال جریان عبوری از گالوانومتر نباید از $30 \mu A$ تجاوز کند. فرض کنید می‌خواهیم ولتاژ 170 را با میلی‌ولت‌متر $120 mV$ اندازه بگیریم. برای این کار باید 880 میلی‌ولت ولتاژ را در مقاومت سری شده با گالوانومتر افت بدهیم و از طرفی باید جریان مدار همان $30 \mu A$ باشد لذا می‌توان مطابق شکل ۱-۵ مقاومت سری شده با گالوانومتر (R_S) را محاسبه نمود.

با توجه به شکل ۵-۱۰ محاسبه R_S مطابق رابطه ۵-۳ خواهد بود.

$$R_S = \frac{88 \text{ mV}}{30 \mu\text{A}} = 29 / 33 \text{ K}\Omega \quad (5-3)$$



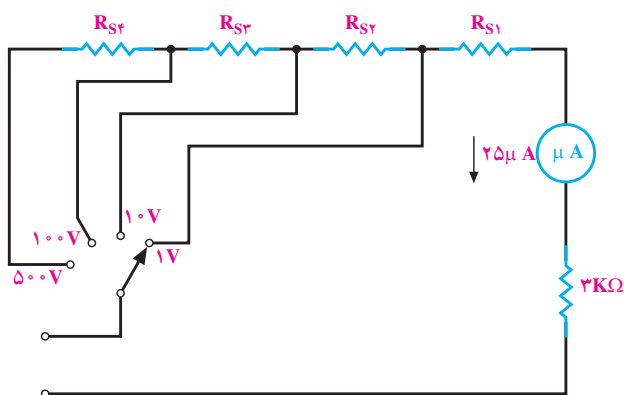
شکل ۵-۱۰ یک ولت متر ۱-۰ ولت به کمک یک میلی ولت متر ۱۲۰-۰

توجه داشته باشید که در محاسبات، برای حداکثر ولتاژ، حداکثر انحراف در نظر گرفته می شود.

با اضافه نمودن مقاومت های دیگر، می توان یک ولت متر چند رنج (مولتی رنج) ساخت.

مثال ۱: یک گالوانومتر با مشخصات $R_G = 3 \text{ K}\Omega$ و $I_G = 25 \mu\text{A}$ (جریان انحراف تمام اشل) در دسترس است، می خواهیم یک ولت متر با رنج های ۱۰۰V، ۱۰V، ۱V، ۰-۱۰۰V، ۰-۱۰V، ۰-۱V داشته باشیم، مقاومت هایی را که باید با این گالوانومتر سری شوند محاسبه نمایید.

حل: ابتدا شکل ولت متر را رسم می کنیم:



شکل ۵-۱۱ ساختمان ولت متر مثال ۱

ولتاژی که دو سر گالوانومتر افت می نماید

$$V_G = R_G \cdot I_G = 3 \text{ K}\Omega \times 25 \mu\text{A} = 75 \text{ mV}$$

$$R_{S1} = \frac{100 \text{ mV} - 75 \text{ mV}}{25 \mu\text{A}} = 3 \text{ K}\Omega$$

$$R_{S2} = \frac{10 \text{ V} - 1 \text{ V}}{25 \mu\text{A}} = 360 \text{ K}\Omega$$

$$R_{S3} = \frac{100 \text{ V} - 10 \text{ V}}{25 \mu\text{A}} = 3 / 6 \text{ M}\Omega$$

$$R_{S4} = \frac{500 \text{ V} - 100 \text{ V}}{25 \mu\text{A}} = 16 \text{ M}\Omega$$

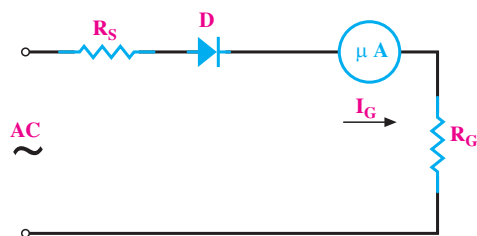
۳-۱-۵- ساختمان ولت متر AC: رابطه انحراف عقربه

با جریان عبوری از سیم پیچ متحرک (قاب) به صورت $\theta = KI$ بود. حال اگر به جای جریان DC، جریان AC به سیم پیچ اعمال نماییم حرکت قاب نیز به صورت متناوب خواهد شد زیرا طبق رابطه ۵-۴ خواهیم داشت:

$$KI = KI_m \sin \omega t = \theta_m \sin \omega t \quad (5-4)$$

بنابراین، عقربه نشان دهنده باید نوسان کند. پس اگر مستقیماً ولتاژ AC را به گالوانومتر اعمال کنیم امکان اندازه گیری آن وجود ندارد (در عمل، قاب را طوری می سازند که اگر ولتاژ ۵۰ Hz را به آن اعمال نماییم عقربه بتواند از این سرعت زیاد تبعیت و نوسان کند، لذا از جای خودش هیچ حرکتی نمی کند).

برای اندازه گیری ولتاژ AC، ابتدا آن را تبدیل به DC نموده سپس اندازه می گیرند. شکل ۵-۱۲ یک نمونه ولت متر AC را نشان می دهد.



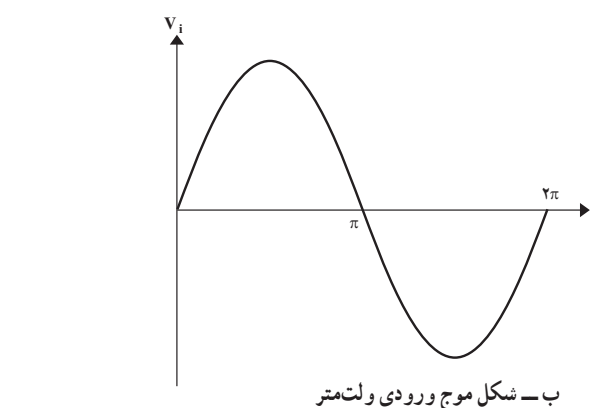
شکل ۵-۱۲ یک نمونه ساده ولت متر AC

چون برای هدایت دیود، ولتاژی حدود ۰/۶ ولت (۶۰۰ mV) لازم است و از طرفی این ۰/۶ ولت با تغییرات دمای محیط نیز تغییر

می‌کند، لذا ولت‌مترهای AC معمولی قادر به اندازه‌گیری ولتاژهای کم نیستند؛ از این رو، این گونه ولت‌مترها برای کمتر از یک ولت معمولاً درجه‌بندی نمی‌شوند.

برای محاسبه مقاومت‌های سری شده با گالوانومتر در ولت‌متر AC، باید دو نکته را در نظر داشت. اول این که ولتاژ AC بر حسب مؤثر سنجیده می‌شود و درجه‌بندی گالوانومتر باید

مقدار مؤثر ورودی را نشان دهد و دوم این که خود گالوانومتر با جریان DC کار می‌کند، یعنی باید مقدار DC جریان (یا ولتاژ) بعد از یک سوسدن را در نظر گرفت و یا به عبارتی رابطه بین مؤثر ورودی و متوسط (DC) دو سر گالوانومتر را مد نظر قرار داد.



شکل ۵-۱۳

شکل ۵-۱۳-۱: شکل موج دو سر گالوانومتر

شکل ۵-۱۳-۲: شکل موج ورودی ولت‌متر

کنیم محاسبه نمایید.

حل: ابتدا ولتاژ DC مدار را محاسبه می‌کنیم:

$$V_{av} = 0.45 V_{eff} = 0.45 \times 10 = 4.5 \text{ V}$$

حال فرض می‌کنیم می‌خواهیم یک ولت‌متر DC مونتاژ کنیم

که ولتاژ ماکزیمم ما ۴/۵ ولت است، لذا داریم:

(بدون احتساب دیود)

$$R'_s = \frac{4.5 - (4 \text{ K}\Omega \times 30 \mu\text{A})}{30 \mu\text{A}} = 146 \text{ K}\Omega$$

به جای دیود یک مقاومت $3 \text{ K}\Omega$ در نظر می‌گیریم لذا:

$$R_s = 146 - 3 = 143 \text{ K}\Omega$$

مثال ۳: مقاومت‌هایی را که باید با یک گالوانومتر

($I_G = 30 \mu\text{A}$ و $R_G = 4 \text{ K}\Omega$) سری نمود تا بتوان رنج‌های

6 V ، 3 V ، 120 V ، 300 V را در ولت‌متر

ایجاد نمود.

حل: ابتدا شکل ولت‌متر را رسم می‌کنیم. ولت‌متر یاد شده

در شکل ۵-۱۴ رسم شده است.

از طرفی می‌دانیم:

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad V_m = \sqrt{2} V_{eff} \quad (5-5)$$

مقدار متوسط شکل موج دو سر گالوانومتر از رابطه ۵-۶

به دست می‌آید.

$$V_{av} = \frac{V_m}{\pi} = \frac{\sqrt{2} V_{eff}}{\pi} = 0.45 V_{eff} \quad (5-6)$$

رابطه ۵-۶ بیان می‌کند که اگر ولتاژ مؤثر ورودی، یک

ولت باشد ولتاژ متوسط برابر ۴/۵ ولت می‌باشد. از رابطه ۵-۶

برای محاسبه مقاومت‌های R_s استفاده می‌شود.

افت ولتاژ دو سر دیود نیز به دلیل غیرخطی بودن رفتار

دیود به سادگی قابل محاسبه نیست و به طور تجربی به جای محاسبه

افت ولتاژ دو سر دیود، یک مقاومت حدود $3 \text{ K}\Omega$ را به جای آن

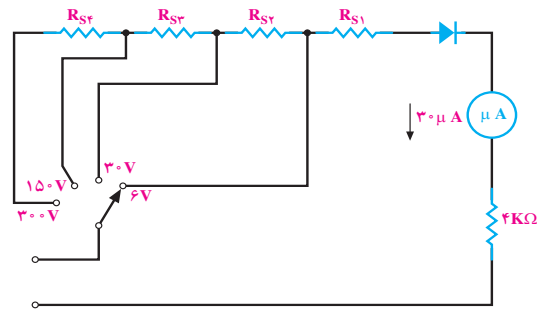
در نظر می‌گیرند.

مثال ۲: یک گالوانومتر به مشخصات $R_G = 4 \text{ K}\Omega$ و

$I_G = 30 \mu\text{A}$ در دسترس است می‌خواهیم با آن یک ولت‌متر AC،

با رنج 10 V ، بسازیم. مقاومتی را که باید با گالوانومتر سری

مثال ۴: یک گالوانومتر با مشخصات $R_G = 4\text{K}\Omega$ و $I_G = 30\ \mu\text{A}$ (جریان انحراف تمام اشل) در دسترس است. می‌خواهیم با قرار دادن یک مقاومت شنت، جریان 1mA را با آن اندازه بگیریم. مقدار مقاومت شنت باید چند اهم باشد؟



شکل ۱۴-۵- ولت‌متر مثال ۳

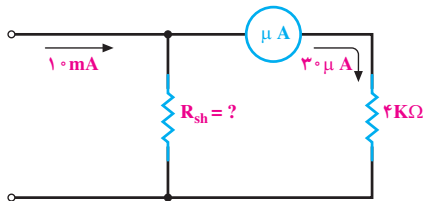
$$R'_{s1} = \frac{0.45 \times 6 - (4\text{K}\Omega \times 30\ \mu\text{A})}{30\ \mu\text{A}} = 86\text{K}\Omega$$

$83\text{K}\Omega$ = (به جای دیود یک مقاومت $3\text{K}\Omega$ در نظر می‌گیریم) $R_{s1} = 86\text{K}\Omega -$

$$R_{s2} = \frac{0.45 \times 30 - 6 \times 0.45}{30\ \mu\text{A}} = 360\text{K}\Omega$$

$$R_{s3} = \frac{150 \times 0.45 - 30 \times 0.45}{30\ \mu\text{A}} = 1.8\text{M}\Omega$$

$$R_{s4} = \frac{300 \times 0.45 - 150 \times 0.45}{30\ \mu\text{A}} = 2.25\text{M}\Omega$$



شکل ۱۶-۵- میلی‌آمپرتر 1mA

حل: از مقاومت شنت باید جریان $30\ \mu\text{A}$ عبور کند. از طرفی ولتاژ دو سر مقاومت شنت برابر $4\text{K}\Omega \times 30\ \mu\text{A}$ می‌باشد، لذا R_{sh} از رابطه $5-7$ به دست می‌آید.

$$R_{sh} = \frac{U_{sh}}{I_{sh}} = \frac{R_G \cdot I_G}{I - I_G} = \frac{4\text{K}\Omega \times 30\ \mu\text{A}}{1\text{mA} - 30\ \mu\text{A}} = 12\ \Omega$$

توجه داشته باشید که جریان گالوانومتر از رابطه $5-8$ به دست می‌آید (تقسیم جریان به دو شاخه موازی).

$$I_G = I \frac{R_{sh}}{R_{sh} + R_G} \quad (5-8)$$

نسبت $\frac{R_{sh}}{R_{sh} + R_G}$ عددی ثابت است (همواره کوچک‌تر

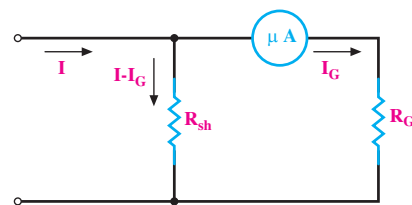
از ۱) لذا طبق رابطه $5-9$ خواهیم داشت:

$$I_G = K_1 \cdot I \quad (5-9)$$

مفهوم رابطه $5-9$ این است که تغییرات I مستقیماً و به صورت خطی روی I_G اثر می‌گذارد. یعنی اگر به‌عنوان مثال I نصف شود I_G نیز نصف خواهد شد و انحراف 50% قبلی خواهیم داشت. لذا گالوانومتر را بر حسب I درجه‌بندی خواهیم کرد. اگر بخواهیم آمپرتر دارای چندین رنج باشد می‌توانیم از چندین شنت مختلف همراه با یک کلید انتخاب استفاده کنیم. شکل $5-17$ یک آمپرتر چند رنج را نشان می‌دهد.

۴-۱-۵- آمپرتر DC: گالوانومتر دآرسونوال

خود یک میکروآمپرتر است که معمولاً در رنج $30\ \mu\text{A}$ و یا $50\ \mu\text{A}$ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. اما در عمل نیاز به اندازه‌گیری جریان‌های بیشتری است. برای اندازه‌گیری جریان‌های بیشتر از جریان گالوانومتر، باید جریان اضافه‌تر از جریان گالوانومتر را از مسیر دیگری عبور داد. برای این کار از یک مقاومت موازی با گالوانومتر استفاده می‌نماییم. شکل $5-15$ یک نمونه آمپرتر با جریان قابل اندازه‌گیری بیشتر از جریان گالوانومتر را نشان می‌دهد.



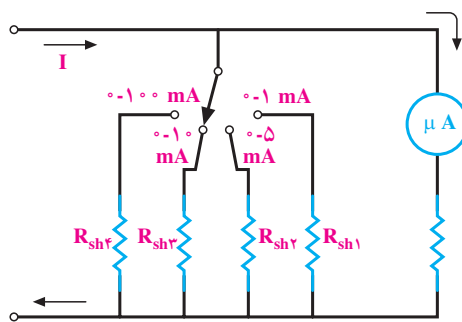
شکل ۱۵-۵- یک آمپرتر DC با جریان قابل اندازه‌گیری I

عقربه تقریباً یک درصد بوده و لذا قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد؛ اگر کلید رنج روی 5 mA باشد حرکت عقربه دو درصد است که باز هم با دقت قابل قرائت نیست.

زمانی که کلید رنج روی 1 mA باشد به دقت کافی می‌توان مقدار 91 mA را قرائت کرد. در عمل همیشه کلید رنج را طوری انتخاب می‌کنیم که حداکثر انحراف ممکن را داشته باشیم.

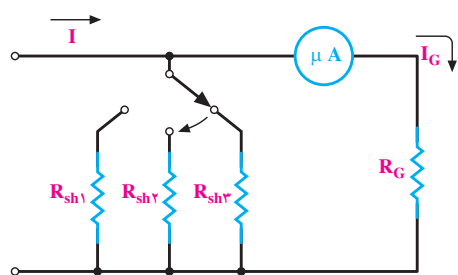
آمپرتر مولتی‌رنج شکل ۱۷-۵ دارای یک عیب است و آن این‌که هنگام عوض کردن رنج، یک لحظه شنت از مدار قطع می‌شود و تمامی جریان I از گالوانومتر می‌گذرد که در این صورت ممکن است صدمه جدی به گالوانومتر وارد آید. این حالت در شکل ۱۹-۵ نشان داده شده است.

برای محاسبه هر یک از مقاومت‌های شنت، به‌طور جداگانه برای هر شنت مقدار R را محاسبه می‌کنیم (چون R ها مستقل از یکدیگرند).



شکل ۱۷-۵ یک آمپرتر مولتی‌رنج

قبل از ادامه بحث، به یک سؤال جواب می‌دهیم و آن این است که چرا از آمپرتر یا ولت‌متر و یا... مولتی‌رنج استفاده می‌کنیم. فرض کنید بخواهیم یک جریان 91 mA را اندازه بگیریم. در شکل ۱۸-۵ نحوه قرائت و مقدار حرکت عقربه میلی‌آمپرتر، به‌ازای اعمال جریان 91 mA در پنج رنج (1 mA ، 5 mA ، 10 mA ، 50 mA و 100 mA)، نشان داده شده است.



شکل ۱۹-۵ هنگام عوض کردن کلید، در یک لحظه مقاومت شنت از مدار قطع می‌شود.

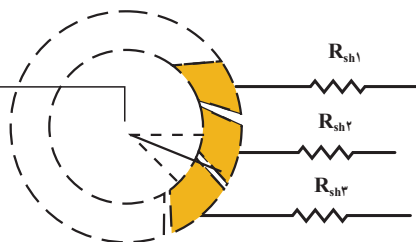
در مولتی‌مترها برای رفع عیب فوق، مدار چاپی را طوری می‌سازند که در هنگام عوض کردن کلید رنج، ابتدا مقاومت دوم وصل شود و سپس مقاومت اول قطع گردد؛ به عبارتی در یک لحظه کوتاه دو مقاومت شنت موازی می‌شوند. شکل ۲۰-۵ چگونگی این عمل را نشان می‌دهد.

در این لحظه ابتدا

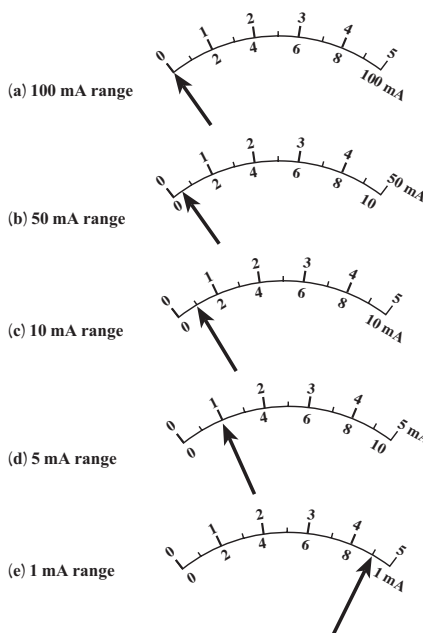
R_{sh1} و R_{sh2} موازی

شده و سپس R_{sh3} در

مدار قرار می‌گیرد.

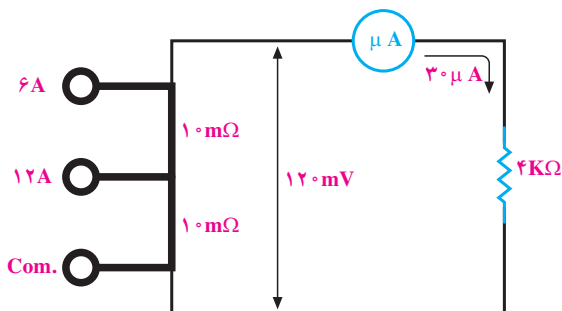


شکل ۲۰-۵ چگونگی عوض کردن کلید رنج به طوری که یک لحظه کوتاه حالت قطع بیش نیاید.



شکل ۱۸-۵ اثرات انتخاب رنج روی قرائت مقادیر

همان‌طور که از شکل ۱۸-۵ پیداست زمانی که کلید رنج جریان روی 100 mA باشد به‌ازای 91 mA جریان، حرکت

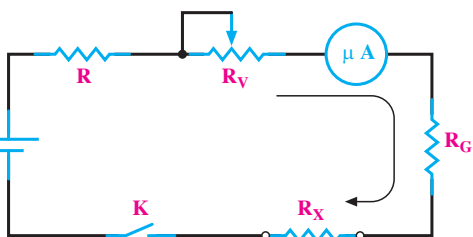


شکل ۵-۲۲- آمپر متر جریان زیاد با دو رنج ۶ و ۱۲ آمپر

۵-۱-۵- اهم متر سری: اگر در یک مدار سری که

شامل یک باتری، تعدادی مقاومت‌های اهمی و یک گالوانومتر دآرسونوال است مقدار مقاومت اهمی مدار تغییر کند، جریان مدار تغییر نموده باعث تغییر انحراف عقربه گالوانومتر خواهد شد. می‌توان رابطه‌ای بین تغییرات حرکت عقربه گالوانومتر، برحسب تغییرات مقاومت اهمی پیدا کرد. در این صورت خواهیم توانست صفحه مدرج مولتی متر را برحسب مقاومت اهمی مدرج نماییم.

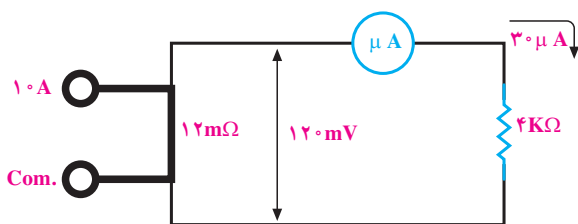
اهم متر سری از یک گالوانومتر دآرسونوال، یک مقاومت ثابت، یک مقاومت متغیر و یک منبع تشکیل شده است که همگی به صورت سری وصل شده‌اند. شکل ۵-۲۳ ساختمان ساده یک اهم متر سری را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲۳- ساختمان یک اهم متر سری

مدار اهم متر عملی، اندکی با مدار شکل ۵-۲۳ تفاوت دارد. در مدار شکل ۵-۲۳ اگر $R_X = 0$ (مقاومت مجهول) حداکثر جریان از مدار عبور می‌کند. بنابراین با قرار دادن مقاومت R جریان مدار را در حد جریان گالوانومتر دآرسونوال ثابت می‌کنند (مثلاً حدود $30 \mu A$) چون به مرور زمان مقدار ولتاژ منبع (باتری) تغییر می‌کند برای تنظیم جریان به میزان $30 \mu A$ مقدار R_V را (که مقاومتی متغیر است و از روی پانل اهم متر در

برای اندازه‌گیری جریان‌های زیاد به کمک مولتی متر، از جریان نمونه برداری می‌کنند. چون اتصالات مولتی متر توسط مدار چایی تأمین می‌شود لذا عبور جریان زیاد از مدار چایی، در صورتی که پهنای آن زیاد نباشد، سریعاً گرم شده و می‌سوزد. از طرفی کلید سلکتور مولتی متر توانایی قطع و وصل جریان زیاد را ندارد. در صورتی که بخواهند کلیدی بسازند که قدرت قطع و وصل جریان زیاد را داشته باشد، حجم آن خیلی بزرگ خواهد شد. از این رو ترمینال جریان زیاد را در روی مولتی مترها به صورت جداگانه ساخته، بین ترمینال منفی و ترمینال جریان زیاد یک مقاومت بسیار کم ولی پر قدرت قرار می‌دهند. بر اثر عبور جریان از مقاومت، ولتاژ دو سر آن افت می‌کند. حال این ولتاژ که متناسب با جریان است اندازه‌گیری می‌شود. شکل ۵-۲۱ چگونگی این عمل را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲۱- چگونگی اندازه‌گیری جریان‌های زیاد با مولتی متر

در شکل ۵-۲۱ اگر از مقاومت $12 m\Omega$ ، جریان $10 A$ عبور کند ولتاژ دو سر مقاومت $120 mV$ افت می‌کند و میلی‌ولت متر صد و بیست میلی‌ولتی، انحراف تمام اشل را خواهد داشت. حال اگر به جای $10 A$ ، $5 A$ جریان از مدار عبور کند، ولتاژ دو سر مقاومت $12 m\Omega$ ، برابر $60 mV$ خواهد شد و انحراف عقربه به 50% خواهد شد. در روی صفحه سنجش مولتی متر به صورت خطی از صفر تا $10 A$ را مدرج می‌کنند.

در صورتی که مولتی متر دارای دو رنج جریان زیاد باشد دو ترمینال جداگانه روی مولتی متر قرار می‌دهند. شکل ۵-۲۲ یک نمونه از این مولتی متر را که دارای دو رنج جریان زیاد است نشان می‌دهد.

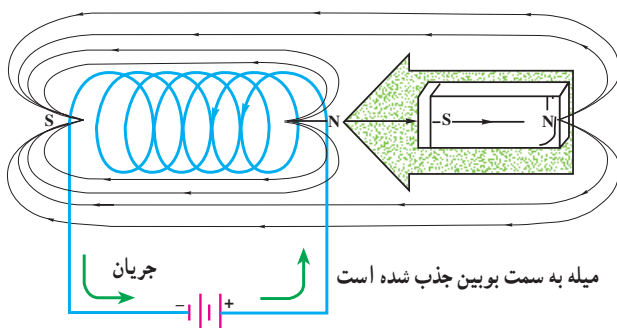
ساختمان ولت‌متر و آمپر متر آن دقیقاً یکی است فقط در ولت‌متر تعداد دور بوبین آن زیاد و قطر آن کم و در آمپر متر برعکس یعنی تعداد دور کم و قطر سیم بوبین زیاد است.

اصول کار این دستگاه اندازه‌گیری بر مبنای جاذبه و دافعه

مغناطیسی است که در زیر به اختصار توضیح داده می‌شود:

۱-۲-۵- جاذبه الکترومغناطیسی: اگر یک میله آهنی نرم را در مجاورت یک سلونوئید (سیم پیچ) مغناطیسی قرار

دهیم، ملاحظه می‌کنیم که میله آهنی مغناطیس شده و خطوط نیروی مغناطیسی در آن با خطوط مغناطیسی ناشی از سلونوئید هم‌جهت‌اند. بنابراین قطب‌های سلونوئید و میله آهنی که در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند ناهمنام خواهند بود. از آنجایی که قطب‌های مخالف یکدیگر را جذب می‌کنند، میله آهنی به طرف سلونوئید کشیده می‌شود. این پدیده اساس تشکیل دستگاه اندازه‌گیری با آهن گردان را به وجود می‌آورد که بعداً توضیح داده خواهد شد (شکل ۲۶-۵).



شکل ۲۶-۵- از آنجایی که قطب‌های ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند، میله آهنی که در شکل با پلاریته نشان داده شده است مغناطیس شده و توسط سیم پیچ جذب می‌شود.

۲-۲-۵- دافعه الکترومغناطیسی: حال اگر دو

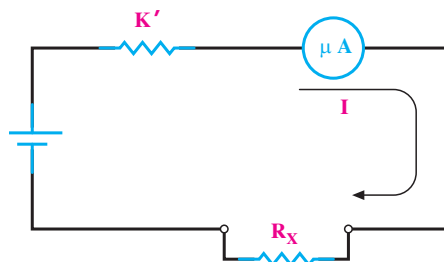
صفحه آهنی نرم را در داخل یک سیم پیچ (سلونوئید) در مقابل یکدیگر قرار دهیم چه اتفاقی می‌افتد؟ با توجه به شکل ۲۷-۵ الف اگر کلید مدار بسته شود، هر دو صفحه با قطبیت یکسان مغناطیس می‌شوند. به همین علت قطب‌های همنام ایجاد شده و یکدیگر را دفع می‌کنند و در نتیجه دو صفحه از یکدیگر دور می‌شوند. حال

دسترس است) کم می‌کنیم. به هر حال مقاومت R و R_V و R_G هر سه، نقش کنترل جریان را در مدار به عهده دارند. مثلاً اگر ولتاژ باتری $1/5$ ولت $R_G = 4K\Omega$ باشد جمع مقدار R و R_V باید $46K\Omega$ باشد تا جریان مدار $30 \mu A$ گردد. حال اگر ولتاژ دو سر باتری برابر $1/4$ ولت باشد مقدار R_V را باید حدود $3/3$ کیلو اهم کم کرد تا جریان مدار $30 \mu A$ ثابت بماند. برای بررسی طرز کار اهم‌متر فرض می‌کنیم ولتاژ دو سر باتری همواره ثابت بماند. لذا مجموع مقاومت‌های R و R_V و R_G نیز ثابت می‌باشد و با حرف K' نشان می‌دهیم.

$$K' = R + R_V + R_G \quad (5-10)$$

مدار اهم‌متر را به صورت ساده‌تر مطابق شکل ۲۴-۵

نمایش می‌دهیم:



شکل ۲۴-۵- مدار ساده یک اهم‌متر سری

۲-۵- دستگاه اندازه‌گیری آهن نرم گردان

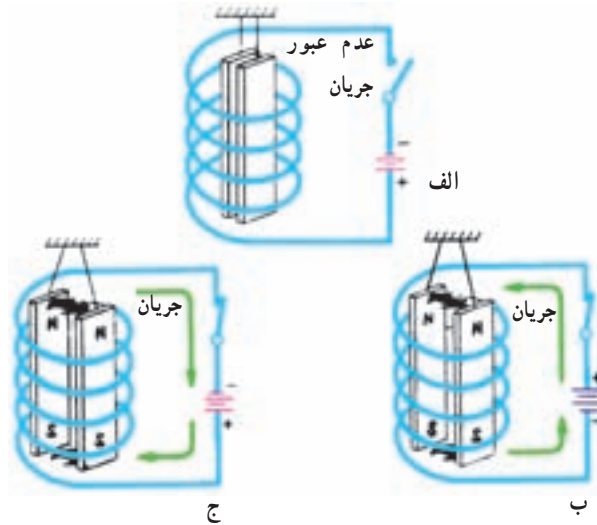
از این دستگاه بیشتر برای وسایل اندازه‌گیری تابلویی مانند ولت‌متر و آمپر متر استفاده می‌شود. درجه‌بندی این نوع دستگاه به خودی خود خطی نیست ولی با تغییراتی که در ساختمان آن می‌دهند در محدوده‌ای از رنج اندازه‌گیری آن تقریباً به صورت خطی درمی‌آوردند. آمپر متر شکل ۲۵-۵ از نوع آهن نرم گردان می‌باشد. به درجه‌بندی آن توجه نمایید.



شکل ۲۵-۵- یک نمونه آمپر متر تابلویی

الف) با پره‌های شعاعی
 ب) با پره‌های متمرکز
 ج) با هسته متحرک

اگر جهت جریان در سیم پیچ عوض شود چه اتفاقی می‌افتد؟
 دستگاه اندازه‌گیری آهن نرم گردان به سه شکل ساخته می‌شود که عبارت‌اند از :

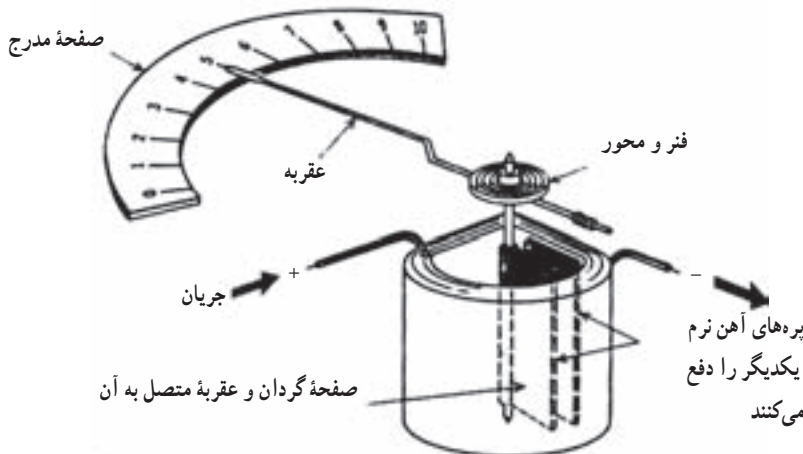


الف) در صورتی که مدار قطع باشد جریان مدار صفر است و هیچ میدان مغناطیسی ایجاد نخواهد شد.
 ب) در اثر عبور جریان از بوبین هر دو صفحه پلاریته همنام پیدا می‌کنند و یکدیگر را دفع می‌کنند.
 ج) اگر جهت جریان را در شکل ب عوض کنیم با توجه به این که جای قطب‌های شمال و جنوب عوض می‌شود، باز هم صفحه‌ها یکدیگر را دفع می‌کنند.

شکل ۲۷-۵

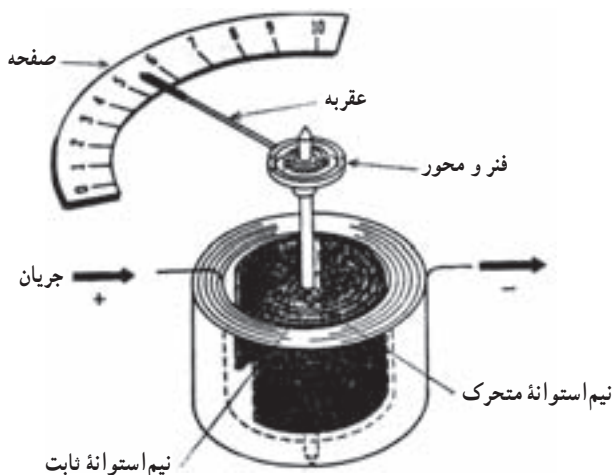
عقره دستگاه به پره دوار متصل است به طوری که وقتی که جریان از بوبین می‌گذرد میدان مغناطیسی هم‌جهتی در پره‌ها القا می‌شود و این باعث می‌شود که دو پره یکدیگر را دفع کنند و در نتیجه پره متحرک با عقره‌اش مسافتی متناسب با شدت جریان دوران کند (شکل ۲۸-۵).

الف) دستگاه اندازه‌گیری با پره‌های شعاعی : دستگاه اندازه‌گیری با پره‌های شعاعی به‌طور ساده از دو ورقه مستطیلی شکل آهنی به نام پره تشکیل شده‌اند که در داخل یک بوبین قرار دارند. یکی از این پره‌ها ثابت و دیگری آزاد است تا بتواند از یک طرف به دور محور دوران کند و یک حرکت متغیر شعاعی انجام دهد.



شکل ۲۸-۵ در این نوع دستگاه‌های اندازه‌گیری مقدار تعیین شده توسط عقره بستگی به شدت دافعه مغناطیسی بین دو صفحه دارد و این شدت دافعه مغناطیسی خود بستگی به جریانی دارد که از داخل بوبین عبور می‌کند.

ب) دستگاه اندازه‌گیری با پره‌های متمرکز (بویین‌گرد):
 این دستگاه نیز مشابه دستگاه اندازه‌گیری با پره‌های شعاعی کار می‌کند، و تنها تفاوت بین آن‌ها شکل پره‌ها و وضعیت آن‌ها نسبت به یکدیگر است. پره‌ها در این نوع دستگاه‌های اندازه‌گیری به صورت نیم‌استوانه هستند که یک پره به موازات پره دیگر و حول یک محور مشترک و طوری در داخل بویین‌استوانه‌ای قرار گرفته‌اند که با عبور جریان از بویین‌پره مرکزی (متحرک) حول محور خود نسبت به پره ثابت شروع به حرکت می‌کند و در نتیجه عقربه دستگاه را همراه خود در طول صفحه مدرج جابه‌جا می‌کند. مقدار این جابه‌جایی بستگی به جریان بویین خواهد داشت (شکل ۲۹-۵).



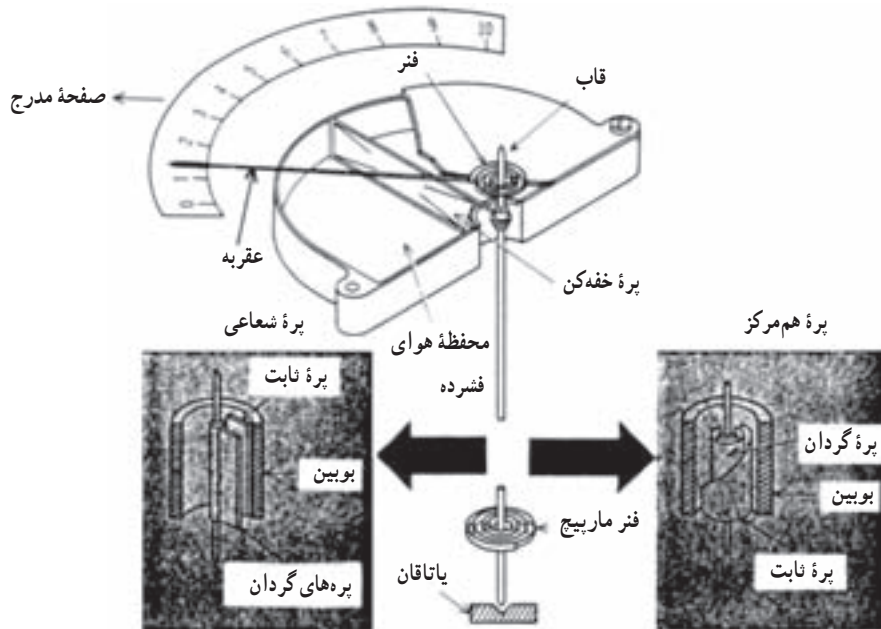
شکل ۲۹-۵- دافعه مغناطیسی بین دو نیم‌استوانه باعث می‌شود که نیم‌استوانه داخلی (متحرک) حول محور خود در داخل بویین نسبت به نیم‌استوانه ساکن حرکت کند و توسط عقربه، مقدار مورد نظر را روی صفحه دستگاه نشان دهد.

معمولاً پره ثابت این نوع دستگاه‌ها را از یک طرف به شکل شیب‌دار می‌سازند تا هنگامی که جریان از بویین می‌گذرد خطوط قوایی که دو پره را قطع می‌کنند به طور یکسان نباشند؛ بنابراین در پره متحرک خطوط قوا به صورت یکنواخت توزیع می‌شوند، چرا که ابعاد آن یکسان است، اما در پره ثابت به دلیل یکسان نبودن ابعاد، این خطوط یکنواخت نیستند و از لبه مخروطی، خطوط قوایی کمتری عبور خواهد کرد؛ زیرا در این قسمت مقاومت مغناطیسی (رلاکتانس) بیشتری وجود دارد (شکل ۳۰-۵).



شکل ۳۰-۵- پره ثابت از یک شیب برخوردار است تا یک میدان غیر یکنواخت بین دو پره به وجود آورد.

دستگاه‌های اندازه‌گیری با آهن گردان (پره‌ای و شعاعی) دارای قسمت‌های مشابه‌اند که در شکل ۳۱-۵ نشان داده شده است.



شکل ۳۱-۵- قطعات اصلی دستگاه اندازه‌گیری آهن گردان (پره‌ای و شعاعی) مانند دستگاه با بوبین متحرک، از خفه‌کن بادی، پیچ تنظیم صفر و فنر تشکیل می‌شود.



شکل ۳۲-۵- دستگاه اندازه‌گیری با هسته متحرک

ج) دستگاه اندازه‌گیری با هسته متحرک : این نوع

دستگاه اندازه‌گیری از یک هسته آهنی متحرک که قسمتی از آن در داخل یک بوبین ثابت قرار گرفته ساخته شده است. این هسته، به یک بازوی محوری متصل است که توسط آن به داخل و خارج به بوبین حرکت می‌کند. عقربه‌ای نیز به محور چنان متصل است که با هسته متحرک حرکت می‌کند. هنگامی که جریان از بوبین می‌گذرد، میدان مغناطیسی‌ای در بوبین ایجاد می‌شود و همان‌طوری که قبلاً گفتیم، این میدان باعث می‌شود که هسته مغناطیسی شده به طرف داخل بوبین کشیده شود. مقدار مسافتی که این هسته به داخل بوبین حرکت می‌کند، به مقدار جریانی که از بوبین می‌گذرد نیز بستگی دارد. از آنجایی که عقربه به محور هسته متصل است مقدار حرکت آن بر صفحه مدرج مقدار موردنظر را نشان خواهد داد (شکل ۳۲-۵).

این نوع دستگاه اندازه‌گیری اولین اختراعی بود که در زمینه دستگاه‌های اندازه‌گیری با آهن متحرک ساخته شد که بعداً به صورت کامل‌تر ساخته شد و مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۲-۵- خفه‌کن‌ها (Dampers) : همان‌طوری که قبلاً

ساختمان این نوع خفه‌کن از یک پره متحرک و یک اتاقک بسته (شکل ۳۵-۵) تشکیل شده است، به طوری که محفظه مسدود در محلی ثابت شده و پره بر روی محور دستگاه قرار گرفته است؛ در اثر حرکت و یا چرخش محور پره ثابت می‌شود و در داخل اتاقک حرکت می‌کند به طوری که هوای جلوی پره فشرده می‌شود و از سوراخ کوچکی که در دو سمت اتاقک قرار دارد به آرامی تخلیه و یا مکیده می‌شود. این عمل، از حرکات اضافی عقربه جلوگیری می‌کند و عقربه فوراً در جایگاه خود ثابت می‌ایستد.



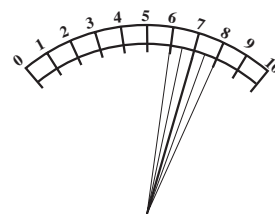
شکل ۳۵-۵ حرکت محور باعث گردش عقربه و پره می‌شود. به تدریج که هوا در قسمت جلوی محفظه فشرده می‌شود عقربه با مانع برخورد می‌کند. این موضوع باعث شدن عقربه و در نتیجه کاهش نوسانات می‌شود.

۳-۵- ساختمان داخلی وات‌متر

ساختمان وات‌متر، شبیه گالوانومتر دآرسونوال می‌باشد، تنها اختلاف آن‌ها در آهن‌ربای دائمی است. اگر به جای آهن‌ربای دائمی در گالوانومتر دآرسونوال، یک سیم پیچ قرار دهیم، گالوانومتر دآرسونوال تبدیل به وات‌متر خواهد شد. بنابراین در این جا از ذکر جزئیات دستگاه خودداری می‌کنیم زیرا در قسمت اول این فصل آن را به طور مفصل مورد بحث قرار دادیم. ساختمان داخلی وات‌متر مطابق شکل ۳۶-۵ است.

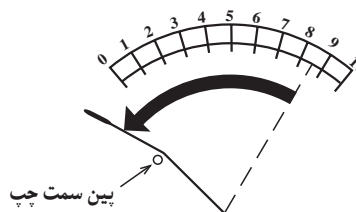
حرکت عقربه، در شکل ۳۶-۵، نشان‌دهنده مقدار توان مصرفی مصرف‌کننده‌ها می‌باشد.

دیدید تمام قسمت‌های دوار دستگاه‌های اندازه‌گیری تا حد امکان سبک ساخته می‌شوند. بخصوص عقربه دستگاه که هر چه سبک‌تر باشد نسبت به عبور جریان حساس‌تر خواهد بود. اما در مقابل این حساسیت نسبتاً زیاد، در موقع عبور جریان مشکلی بروز خواهد کرد که عبارت است از عدم تثبیت عقربه در موقع اندازه‌گیری؛ زیرا هنگامی که دستگاه اندازه‌گیری در مدار قرار می‌گیرد، عقربه باید فوراً در طول صفحه حرکت کند و در مقابل عدد صحیح متوقف شود. حال این که به سبب اصطکاک خیلی کم، قسمت‌های دوار بلافاصله متوقف نمی‌شوند و به علت نیروی وزن در حال سکون (اینرسی) و سپس کشش فنر عقربه تا مدتی روی مقدار مورد نظر نوسان می‌کند که این خود باعث بروز اشکال خواهد شد (شکل ۳۳-۵).

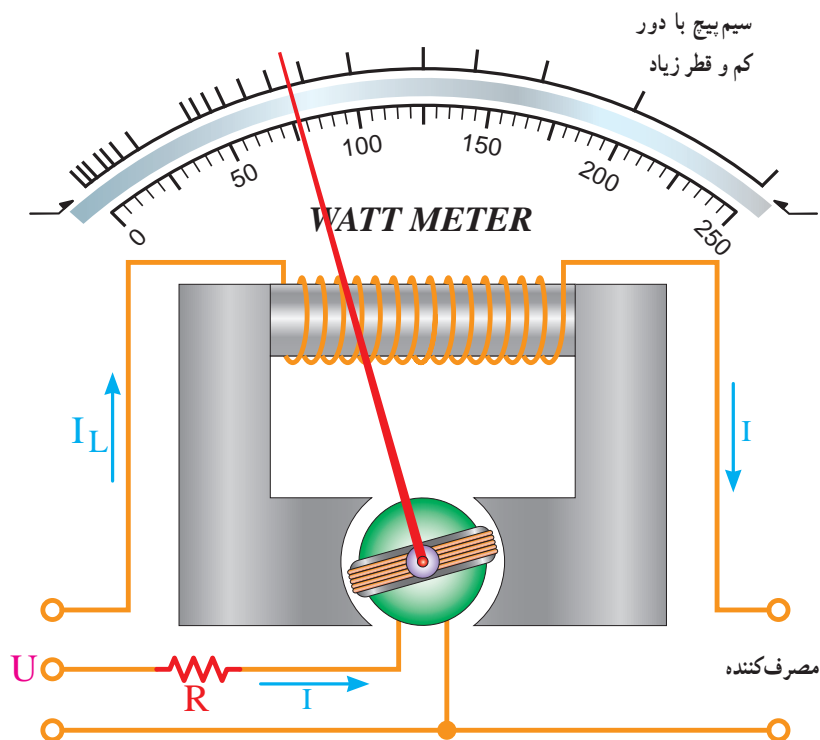


شکل ۳۳-۵ عقربه، قبل از این که مقدار صحیح را نشان دهد چندین بار در طول آن نوسان می‌کند.

برای برطرف کردن این مشکل از وسایلی استفاده می‌شود که در اصطلاح «خفه‌کن» یا نوسان‌گیر خوانده می‌شوند. عملکرد این وسایل طوری است که به صورت ترمزی عمل کرده و اجسام دوار را بدون کوچک‌ترین لرزشی در جایگاه درست خود ثابت می‌کند. یکی دیگر از عملکردهای خفه‌کن این است که هنگام برگشت عقربه به سمت صفر، حرکت بازگشت آن را طوری تنظیم می‌کند تا با پین سمت چپ به شدت برخورد نکند، در غیر این صورت عقربه کج می‌شود و یا احتمالاً می‌شکند (شکل ۳۴-۵).



شکل ۳۴-۵ پس از قطع جریان ممکن است عقربه آن قدر سریع به سمت صفر حرکت کند که باعث برخورد خود با پین سمت چپ گردد.



شکل ۳۶-۵- ساختمان داخلی وات متر. ساختمان وات متر همان ساختمان گالوانومتر دآرسونوال است که فقط به جای آهن ربای دائمی، یک سیم پیچ با دور کم و قطر زیاد قرار گرفته است.

دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتال به دلیل نداشتن قطعات متحرک، از طول عمر بسیار بالایی (در صورت بکار بردن صحیح آن‌ها) برخوردار هستند و به عوامل فیزیکی همچون لرزش، در صد رطوبت، میزان تمیزی هوا حساس نیستند ضمن آن که با پیشرفت تکنولوژی الکترونیک دستگاه‌های ساخته شده امروز بسیار دقیق‌تر هستند علاوه بر این بعضی از این دستگاه‌ها را می‌توان به کامپیوتر متصل کرد. به طوری که کامپیوتر مقدار کمیتی را که دستگاه روی صفحه نمایش می‌دهد ضمن نشان دادن - در صورت نیاز آن را در فواصل زمانی معینی که تنظیم می‌کنیم - ثبت می‌کند. از دیگر مزایای اندازه‌گیری یک کمیت توسط سیستم دیجیتال این است که وقتی مقدار این کمیت به کامپیوتر منتقل می‌گردد کامپیوتر می‌تواند در مورد مقدار این کمیت تصمیم‌گیری لازم را اتخاذ نماید مثلاً اگر مقدار آن کم‌تر از حدی است که قبلاً تنظیم شده است کامپیوتر می‌تواند فرمان خاصی را برای این منظور صادر نماید. شکل ۳۷-۵ دو نمونه مولتی متر دیجیتال را نشان می‌دهد.

همان‌طور که از شکل ۳۶-۵ مشخص است، وات متر دارای دو سیم پیچ است. یک سیم پیچ با دور کم و قطر زیاد که با جریان مصرف کننده به صورت سری و دیگری سیم پیچ گالوانومتر که همراه با یک مقاومت به صورت موازی با بار قرار می‌گیرد. بر روی صفحه جلویی وات متر، ترمینال سیم پیچ جریان را با حرف I و ترمینال سیم پیچ ولتاژ را با حرف U مشخص می‌نمایند.

۴-۵- مولتی متر دیجیتالی

دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتال مقادیر اندازه‌گیری شده را به صورت رقم یا ارقام روی صفحه نمایش (Display) نشان می‌دهند و معمولاً واحد کمیت اندازه‌گیری شده مانند ولت، آمپر، میلی آمپر، درجه سانتی گراد و غیره را نیز به طریق مناسبی نمایش می‌دهند. از جمله دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتال می‌توان به ولت متر، آمپر متر، وات متر - $\cos(\phi)$ متر، فرکانس متر، دور شمارها، حرارت سنج و مولتی متر اشاره نمود.



شکل ۳۷-۵ دو نمونه مولتی متر دیجیتالی

ولت متر اعمال کند. برای اندازه گیری جریان های DC، ابتدا جریان مورد نظر را از یک مقاومت اهمی عبور می دهند و سپس افت ولتاژ دو سر آن را اندازه می گیرند.

آمپر مترهای دیجیتالی معمولاً به صورت رنج اتوماتیک نیستند، بلکه با کلید سلکتور باید رنج مناسب را انتخاب نمود. در ضمن چنانچه جریان مورد اندازه گیری AC باشد، بعد از کلید سلکتور توسط یک سوکننده های الکترونیکی، ولتاژ افت داده شده در دو سر مقاومت ها ابتدا یک سو شده و سپس به ولت متر اعمال می شود. توسعه رنج ولت مترها و آمپر مترهای دیجیتالی تا حدودی شبیه مولتی مترهای عقربه ای است.

در یک مولتی متر دیجیتالی، اگر ولت متر آن دارای رنج اتوماتیک باشد (Auto Range) اهم متر آن نیز قطعاً اتورنج خواهد بود.

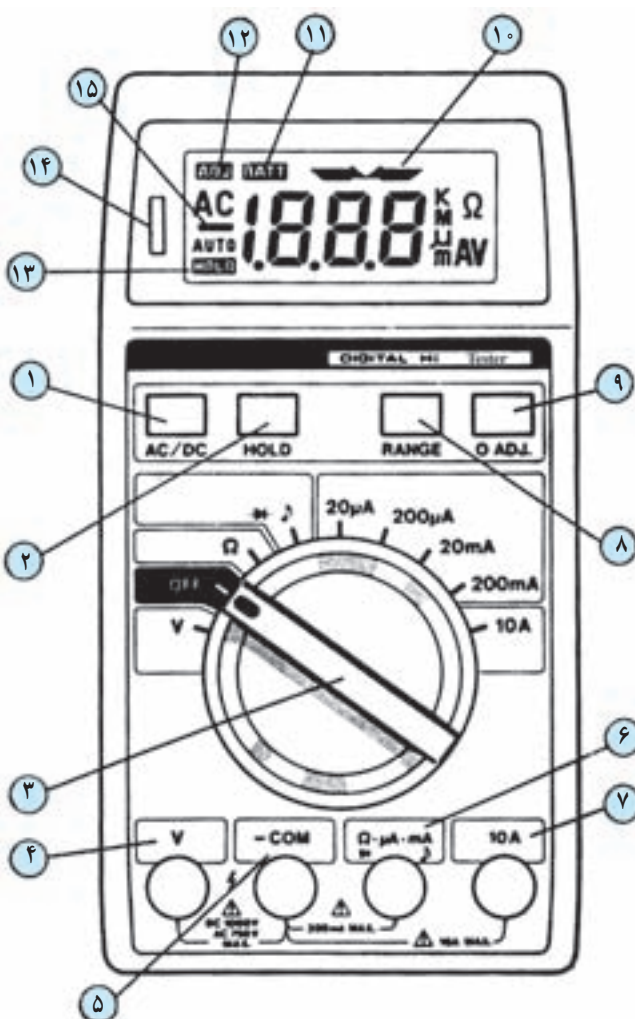
اکثر مولتی مترهای دیجیتالی، دارای رنج اتوماتیک، مجهز به کلیدی هستند که می توانیم مولتی متر را از رنج اتوماتیک خارج کنیم و آن را به صورت دستی درمی آوریم.

قسمت اصلی یک مولتی متر دیجیتالی ولت متر DC است، و این همانند مولتی متر عقربه ای (آنالوگ) است چنان که می دانید، قسمت اصلی آن گالوانومتر دآرسونوال می باشد.

امروزه اکثر ولت مترهای دیجیتالی دارای رنج اتوماتیک (Auto Range) هستند. رنج اتوماتیک به این صورت است که بعد از اعمال ولتاژ DC به ولت متر، ولت متر ابتدا به طور اتوماتیک رنج اول را انتخاب می کند، چنانچه ولتاژ مورد اندازه گیری در این رنج بود مقدار آن را نشان می دهد. چنانچه مقدار ولتاژ مورد اندازه گیری در این رنج نبود، ولت متر به صورت اتوماتیک، یک رنج بالاتر را انتخاب می کند و چنانچه ولتاژ مورد اندازه گیری در این رنج بود، مقدار آن را اندازه می گیرد و اگر نبود مجدداً رنج بالاتر را انتخاب می کند تا این که مقدار ولتاژ مورد اندازه گیری در رنج مورد انتخاب ولت متر باشد.

چنانچه ولتاژ مورد اندازه گیری AC باشد بعد از کلید سلکتور و قبل از ورودی ولت متر، یک یکسوکننده همراه با یک فیلتر قرار می گیرد تا ابتدا برق AC را تبدیل به DC نموده سپس به

حال که مختصری با اصول کار مولتی متر دیجیتالی آشنا شدیم، در ذیل، پانل یک مولتی متر دیجیتالی تشریح می شود تا بتوانیم صحیح تر از این دستگاه استفاده نماییم. در شکل ۳۸-۵، یک نمونه مولتی متر دیجیتالی آمده است که دکمه های پانل آن تشریح شده اند.



شکل ۳۸-۵. یک نمونه مولتی متر دیجیتالی

جریان و یا ولتاژ AC است. ۲ کلید HOLD که برای ضبط کردن مقادیر خوانده شده مورد استفاده قرار می گیرد. بعد از اندازه گرفتن مقادیر، اگر این دکمه را فشار دهیم، مقدار اندازه گیری شده روی صفحه نمایش ثابت می ماند. لازم به یادآوری است که تا زمانی که مقدار اندازه گیری شده با دوباره فشار دادن این دکمه پاک نشده است مقدار جدیدی را نمی توان اندازه گرفت. همچنین تا زمانی که اطلاعات ثابت نگه داشته شده است، لغت HOLD روی صفحه نمایش نمایان است.

۳ کلید سلکتور؛ اگر این کلید روی Off باشد، کلاً مولتی متر خاموش است و اگر روی V قرار گیرد، فقط قسمت ولت متر آن فعال است و می تواند ولتاژ DC یا AC را اندازه بگیرد. اگر کلید روی Ω قرار بگیرد، فقط قسمت اهم متر مولتی متر فعال خواهد بود و اگر روی علامت Ω قرار گیرد، در دو سر ترمینال مشترک و ترمینال Ω حدود ۱۵۰ mV (که مقدار دقیق آن روی صفحه نمایش نشان داده می شود) ولتاژ برقرار می شود. حال اگر دو ترمینال Ω و مشترک را به هم اتصال کوتاه کنیم، بوق مولتی متر صدا می دهد. بنابراین یکی از کاربردهای Ω می تواند نشان دادن اتصال دو نقطه به یکدیگر باشد (نشان دهنده حالت پیوستگی). کاربرد دیگر آن، تست دیودهاست. چنانچه آند دیود را به ترمینال Ω و کاتد آن را به ترمینال Com وصل کنیم، در صورت سالم بودن دیود، اگر جنس آن از سیلیکون باشد صفحه نمایش ولتاژی حدود ۵۰۰ mV را نشان می دهد و چنانچه دیود از جنس ژرمانیوم باشد، حدود ۱۸۰ mV روی صفحه نمایش نشان داده می شود. اگر قطب های دیود را نسبت به حالت فوق معکوس کنیم، مولتی متر هیچ گونه واکنشی از خود نشان نمی دهد (به شرط سالم بودن دیود). اگر دیود سوخته باشد، دستگاه حالت اتصال کوتاه را نشان می دهد. به طور کلی اگر کلید سلکتور در حالت Ω باشد و دو سر سیم های رابط به هر عنصری که متصل باشد Ω نشان دهنده روی صفحه نمایش، مقدار ولتاژ دو سر عنصر برحسب میلی ولت است. قسمت بعدی کلید سلکتور مربوط به آمپر متر است. در حالت آمپر متر، سیستم به صورت رنج اتوماتیک (AUTO RANGER) نیست، بلکه به صورت دستی است. اگر در هر یک از رنج های ۲۰ μA، ۲۰۰ μA، ۲۰ mA و ۲۰۰ mA،

۱ کلید انتخاب نوع جریان یا ولتاژ (AC یا DC)؛ مولتی متر را که روشن می کنیم، این کلید خودبه خود در حالت DC قرار می گیرد. حال برای اندازه گیری جریان یا ولتاژ AC کافی است این کلید را یک بار فشار دهیم، روی صفحه نمایش (Display) حروف AC ظاهر می شود که بیانگر آماده بودن مولتی متر برای اندازه گیری

جریانی بیشتر از این اعداد به مولتی متر اعمال کنیم، ضمن این که مولتی متر چیزی را نشان نمی دهد بجز مولتی متر به علامت اضافه بار (Over Load) به صدا درمی آید. در تمامی رنج های فوق، جریان می تواند DC و یا AC باشد. و بالاخره ترمینال $10A$ نیز برای اندازه گیری جریان های DC و AC از صفر تا ده آمپر به کار می رود. توجه داشته باشید که در حالت $10A$ - حداکثر یک دقیقه مجازید که آمپر متر را در مدار قرار دهید.

۴ ترمینال مخصوص اندازه گیری ولتاژ، چنانچه کمیت مورد اندازه گیری ولتاژ، اعم از DC یا AC باشد، باید از این ترمینال و ترمینال مشترک (Common) استفاده نماییم.

۵ ترمینال مشترک برای کلیه اندازه گیری ها (ولتاژ - جریان - مقاومت اهمی و تست اتصال دو نقطه).

۶ ترمینال مخصوص اندازه گیری مقاومت اهمی، جریان و حالت پیوستگی مدار.

۷ ترمینال مخصوص اندازه گیری جریان $10A$ برای جریان های DC و AC.

۸ همان طور که قبلاً نیز گفته شد، اکثر مولتی مترها دارای سیستم رنج اتوماتیک هستند لکن این امکان را نیز در اختیار مصرف کننده می گذارند که مصرف کننده بتواند به صورت دستی نیز رنج را انتخاب نماید. با فشار دادن بر روی این شستی، اهم متر و یا ولت متر این مولتی متر از حالت رنج اتوماتیک خارج شده و به صورت دستی قابل انتخاب خواهد بود. لازم به یادآوری است که با هر بار فشار دادن روی این شستی، رنج دستگاه یک پله افزایش می یابد.

۹ این کلید برای تنظیم صفر به کار می رود؛ به این صورت که قبل از هر اندازه گیری ابتدا دو سیم رابط را به هم متصل می نمایند، اگر عددی غیر از صفر روی صفحه نمایش ظاهر شد این دکمه را فشار می دهند تا عدد صفر روی صفحه نمایش ظاهر گردد.

۱۰ این علامت، نشانه متصل بودن دو نقطه به یکدیگر است. چنانچه مقاومت اهمی دو نقطه زیاد نباشد و دو سیم رابط هنگامی که کلید سلکتور در حالت $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$ قرار دارد با یک مقاومت نسبتاً کم به هم متصل گردند، این علامت روی صفحه نمایش ظاهر می گردد.

۱۱ این مولتی متر به دو عدد باتری قلمی $1/5$ ولت نیاز دارد. چنانچه ولتاژ باتری ها از مقدار مشخصی کمتر شود، این علامت (BATT) روی صفحه نمایش ظاهر می گردد، در این حالت باید سریعاً باتری ها را تعویض کرد.

۱۲ اگر کلید ۹ (تنظیم صفر) را فشار دهیم این علامت روی صفحه نمایش ظاهر می گردد.

۱۳ اگر شستی HOLD را برای ضبط مقادیر اندازه گیری شده فشار دهیم، این علامت روی صفحه نمایش ظاهر می گردد. ۱۴ زمانی که مقاومت اهمی یک مدار را اندازه می گیریم، اگر ولتاژ دو سر مقاومت اهمی بیشتر از 80 ولت باشد، این لامپ کوچک نئون روشن می شود.

۱۵ در هنگام اندازه گیری ولتاژ DC، اگر قطب مثبت ولتاژ به ترمینال ۴ و قطب منفی ولتاژ به ترمینال ۵ وصل شده باشد، این علامت را روی صفحه نمایش نداریم ولی اگر قطب ها را برعکس کنیم، این علامت به نشانه مثبت تر بودن ولتاژ ترمینال ۵ نسبت به ۴ روی صفحه نمایش ظاهر می شود.



تشریحی توصیفی

- ۱- ساختمان گالوانومتر را به طور خلاصه همراه با اجزای تشکیل شده از آن شرح دهید.
- ۲- حساسیت گالوانومتر را تعریف کنید.
- ۳- ساختمان یک ولت متر DC را شرح دهید.
- ۴- ساختمان یک ولت متر DC چند رنج را شرح دهید.
- ۵- ساختمان ولت متر AC را شرح دهید.
- ۶- ساختمان ولت متر AC چند رنج را شرح دهید.
- ۷- چگونه با استفاده از گالوانومتر دآرسونوال، آمپر متر DC می سازند؟
- ۸- اثرات انتخاب رنج مناسب در یک آمپر متر کدام است؟
- ۹- جریان های خیلی زیاد را در عمل چگونه اندازه می گیرند؟
- ۱۰- ساختمان یک اهم متر سری را به طور کامل شرح دهید.
- ۱۱- ساختمان و کاربرد دستگاه اندازه گیری آهن نرم گردان را شرح دهید.
- ۱۲- نقش خفه کن در یک دستگاه اندازه گیری چیست؟
- ۱۳- ساختمان یک وات متر را به طور خلاصه شرح دهید.
- ۱۴- مزایای مولتی متر دیجیتالی بر مولتی متر عقربه ای (آنالوگ) کدام است؟
- ۱۵- نحوه اندازه گیری انواع کمیت ها را (ولتاژ، جریان و مقاومت اهمی) با مولتی متر دیجیتالی شرح دهید.

صحیح یا غلط

- ۱۶- حساسیت دستگاه اندازه گیری برابر $S' = \frac{\text{زاویه گردش عقربه}}{\text{جریان عبوری از سیم پیچ}}$ است. صحیح غلط

کامل کردنی

- ۱۷- وات متر دارای دو سیم پیچ است. یک سیم پیچ با دور و قطر که با جریان مصرف کننده به صورت قرار می گیرد و سیم پیچ دیگر همراه با یک مقاومت به صورت با بار قرار می گیرد.

چهار گزینه ای

- ۱۸- اگر یک گالوانومتر دارای حساسیت $50 \frac{k\Omega}{V}$ باشد. جریان انحراف کامل آن چند میکروآمپر است؟
 ۱- ۰/۰۲ ۲- ۰/۰۵ ۳- ۲۰ ۴- ۵۰
- ۱۹- در ولت متر دیجیتالی برای ضبط مقادیر خوانده شده از کدام کلید استفاده می شود؟
 ۱- Auto Range ۲- Over Load ۳- BATT ۴- Hold