

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اصول اندازه گیری الکتریکی

رشته های الکترونیک - الکتروتکنیک

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه ای

شماره درس ۲۰۹۱

۵۳۷	نظریان، فتح الله
/۰۲۸	اصول اندازه گیری الکتریکی / مؤلفان: فتح الله نظریان، محمود شبانی، سیدعلی صموتی.
الف ۵۱۲ ن	تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، ۱۳۹۴.
۱۳۹۴	۱۰۰ص. : مصور. - (آموزش فنی و حرفه ای؛ شماره درس ۲۰۹۱)
	متون درسی رشته های الکترونیک - الکتروتکنیک، زمینه صنعت.
	برنامه ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه ریزی و تألیف کتاب های
	درسی رشته های الکترونیک - الکتروتکنیک دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کار دانش
	وزارت آموزش و پرورش.
	۱. برق - اندازه گیری. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه ریزی و تألیف
	کتاب های درسی رشته های الکترونیک - الکتروتکنیک. ب. عنوان. ج. فروست.

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادهای و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی
فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

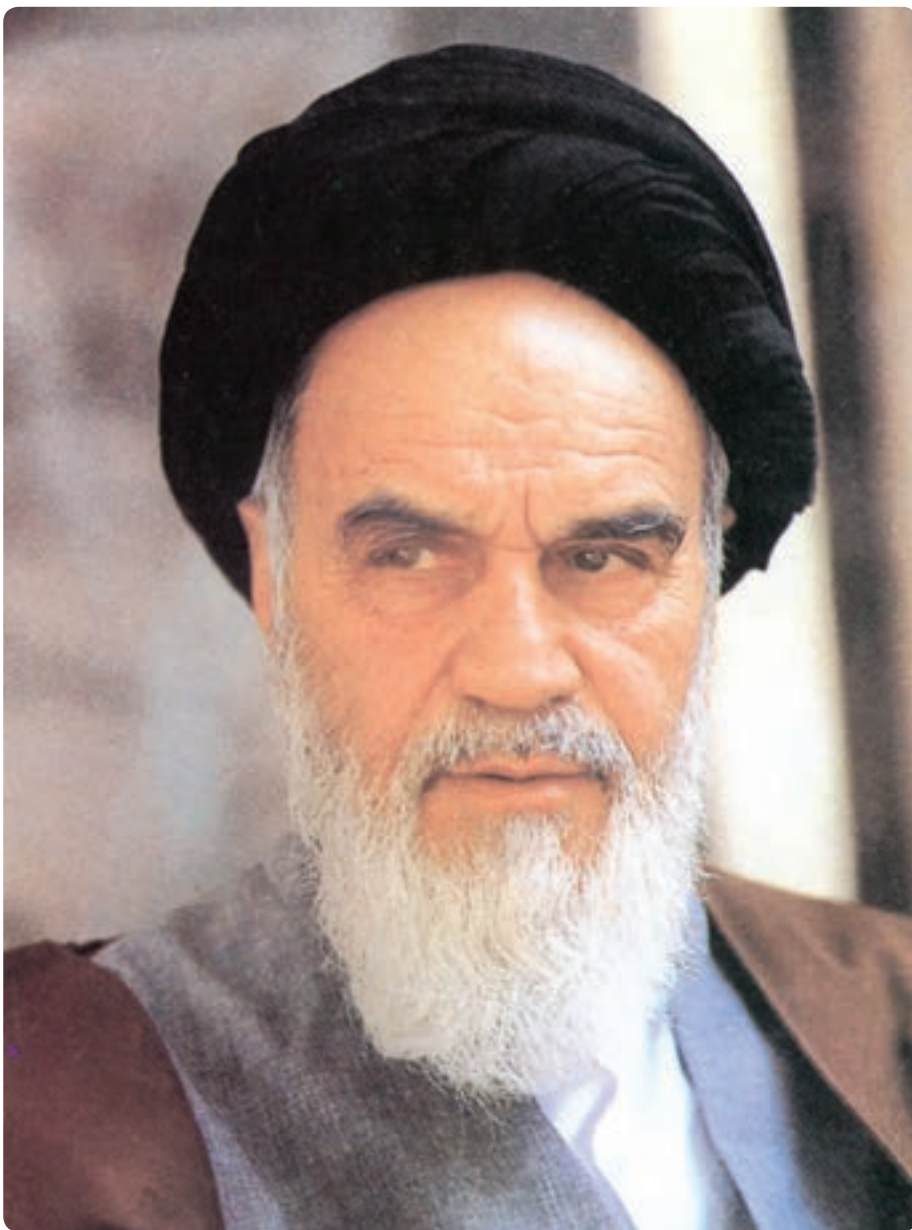
پیام‌نگار (ایمیل) tvoccd@medu.ir
وب‌گاه (وب‌سایت) www.tvoccd.medu.ir

با توجه به اجرای این کتاب در سال‌های متوالی و نشست‌های مجدد در کمیسیون‌های مربوطه ابتدا در سال ۱۳۸۴ سپس در سال ۱۳۸۶ مورد تجدیدنظر و بازسازی کلی قرار گرفت. همچنین با توجه به درخواست هنرآموزان سراسر کشور مبنی بر افزودن یک فصل تحت عنوان آموزش نرم‌افزار مولتی‌سیم، این امر مورد تأیید کمیسیون‌های تخصصی رشته‌های الکترونیک و الکتروتکنیک قرار گرفت و به عنوان فصل ششم به انتهای کتاب اضافه شد.

وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
نام کتاب : اصول اندازه‌گیری الکتریکی - ۳۵۹/۹۳
مؤلفان : فتح‌الله نظریان (فصل اول تا پنجم) محمود شبانی و سیدعلی صموتی (فصل ششم)
آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌سایت : www.chap.sch.ir

مدیر امور فنی و چاپ : لیدا نیک‌روش
رسام : مریم دهقان‌زاده، سروش ذوالریاستین، محمد سیاحی و سیدعلی صموتی (فصل ششم)
طراح جلد : مریم کیوان
صفحه‌آرا : راحله زادفتح‌اله
حروفچین : فاطمه باقری مهر
مصحح : مریم جعفر علیزاده، شهلا دالایی
امور آماده‌سازی خبر : فاطمه پزشکی
امور فنی رایانه‌ای : حمید ثابت کلاچاهی
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)
تلفن : ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ - ۳۷۵۱۵
چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پانزدهم ۱۳۹۴
حق چاپ محفوظ است.



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات کشور
خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای
به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدس سرّه الشریف»

جدول بودجه بندی زمان پیشنهادی برای اجرای درس اصول اندازه گیری الکتریکی		
فصل	عنوان	ساعت پیشنهادی
۱	اندازه گیری کمیت های غیرالکتریکی قابل تبدیل به سیگنال های الکتریکی	۱۴
۲	اندازه گیری جریان، ولتاژ و مقاومت اهمی	۱۰
۳	اندازه گیری توان، انرژی و اختلاف فاز	۶
۴	آشنایی با اسیلوسکوپ و کاربرد آن	۱۸
۵	ساختمان دستگاه های اندازه گیری	۱۲
۶	معرفی نرم افزار مولتی سیم	—

فهرست مطالب

فصل ۱: اندازه‌گیری کمیت‌های غیر الکتریکی قابل تبدیل به سیگنال‌های الکتریکی

- اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع به کمک اجسام شناور ۱۷
- اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات به کمک امواج ۱۹
- اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات با استفاده از لوله‌اندازه‌گیری ۱۹
- ۱-۹- اندازه‌گیری وزن ۱۹
- ۱-۱۰- الگوی پرسش ۲۱

فصل ۲: اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و مقاومت اهمی

- هدف کلی - هدف‌های رفتاری ۲۲
- ۲-۱- اندازه‌گیری جریان ۲۳
- اندازه‌گیری جریان DC ۲۳
- اندازه‌گیری جریان AC ۲۶
- ۲-۲- اندازه‌گیری ولتاژ ۲۷
- اندازه‌گیری ولتاژ DC ۲۷
- اندازه‌گیری ولتاژ AC ۲۹
- ۲-۳- اندازه‌گیری مقاومت اهمی ۲۹
- روش مستقیم ۳۰
- روش غیر مستقیم ۳۱
- ۲-۴- الگوی پرسش ۳۳

فصل ۳: اندازه‌گیری توان، انرژی و اختلاف فاز

- هدف کلی - هدف‌های رفتاری ۳۴
- مفاهیم اساسی ۳۵
- مقدمه ۳۶
- ۳-۱- اندازه‌گیری توان ۳۷
- ۳-۲- اندازه‌گیری مقدار انرژی ۳۹
- ۳-۳- اندازه‌گیری اختلاف فاز ۴۰
- ۳-۴- الگوی پرسش ۴۱

- هدف کلی - هدف‌های رفتاری ۱
- ۱-۱- تعریف اندازه‌گیری ۲
- اهمیت اندازه‌گیری الکتریکی ۲
- خطا در اندازه‌گیری ۲
- طبقه‌بندی سیستم‌های اندازه‌گیری ۳
- ۱-۲- اندازه‌گیری کمیت‌های غیر الکتریکی ۳
- سیگنال‌های استاندارد الکتریکی ۴
- ۱-۳- اندازه‌گیری فشار ۴
- تعریف فشار ۴
- واحدهای فشار ۵
- فشار اتمسفر ۵
- درجه بندی فشار گیج ۶
- درجه بندی فشار مطلق ۶
- ۱-۴- دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار ۶
- اندازه‌گیری فشار به کمک فشارسنج لوله‌ای ۶
- اندازه‌گیری فشار با لوله‌منبسط‌شونده ۷
- ۱-۵- اندازه‌گیری دما ۱۰
- ۱-۶- انواع وسایل اندازه‌گیری درجه حرارت ۱۱
- دماسنج با ماده قابل انبساط ۱۱
- دماسنج فشاری ۱۱
- دماسنج دو فلزی ۱۲
- دماسنج ترموکوپلی ۱۳
- آی‌سی‌های (IC) سنسور درجه حرارت ۱۵
- روش دیگری برای اندازه‌گیری دما در صنعت ۱۵
- ۱-۷- اندازه‌گیری تغییر مکان طولی ۱۶
- پتانسیومتر مقاومتی ۱۶
- ۱-۸- اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات ۱۷

فصل ۴: آشنایی با اسیلوسکوپ و کاربرد آن

۴۲	هدف کلی – هدف‌های رفتاری
۴۳	– مقدمه
۴۴	۴-۱ لامپ اشعه کاتدیک
۵۳	۴-۲ مدارهای آماده‌سازی
۵۳	■ ساختمان پراب (Probe)
۵۳	■ کلید انتخاب ورودی
۵۴	■ مدارهای تضعیف‌کننده
۵۶	۴-۳ اسیلوسکوپ دوکاناله
۵۷	۴-۴ کاربردهای عمومی اسیلوسکوپ
۵۷	■ اندازه‌گیری دامنه
۶۰	■ اندازه‌گیری زمان تناوب
۶۱	■ اندازه‌گیری اختلاف فاز
۶۲	۴-۵ الگوی پرشش

فصل ۵: ساختمان دستگاه‌های اندازه‌گیری

۶۴	هدف کلی – هدف‌های رفتاری
۶۵	۵-۱ دستگاه اندازه‌گیری با قاب گردان و آهن‌ربای دائمی
۶۵	■ ساختمان گالوانومتر دآرسونوال
۶۸	■ ساختمان ولت‌متر DC
۶۹	■ ساختمان ولت‌متر AC
۷۱	■ آمپر‌متر DC
۷۳	■ اهم‌متر سری
۷۴	۵-۲ دستگاه اندازه‌گیری آهن نرم گردان
۷۴	■ جاذبه الکترومغناطیسی
۷۴	■ دافعه الکترومغناطیسی
۷۷	■ خفه‌کن‌ها (Dampers)
۷۸	۵-۳ ساختمان داخلی وات‌متر
۷۹	۵-۴ مولتی‌متر دیجیتال
۸۳	۵-۵ الگوی پرشش

فصل ۶: معرفی نرم افزار مولتی سیم

۸۴	هدف کلی – هدف‌های رفتاری
۸۵	– مقدمه
۸۵	۶-۱ نصب و اجرای نرم افزار Multisim
۸۷	۶-۲ آشنایی با محیط کار نرم افزار
۸۷	■ قطعات الکتریکی پرکاربرد در درس اصول
۸۷	اندازه‌گیری الکتریکی
۸۷	■ المان‌های مجازی
۸۸	■ جستجوی قطعه از کتابخانه قطعات
۸۸	۶-۳ نحوه بستن یک مدار ساده بر روی میز کار
۸۸	آزمایشگاه مجازی
۸۹	۶-۴ نحوه قرار گرفتن آمپر‌متر در مدار
۹۰	۶-۵ نحوه قرار گرفتن ولت‌متر در مدار
۹۰	۶-۶ نحوه قرار گرفتن اهم‌متر در مدار
۹۱	۶-۷ به دست آوردن مقاومت معادل
۹۱	■ مدار سری
۹۱	■ مدار موازی
۹۱	۶-۸ نحوه قرار گرفتن وات‌متر در مدار
۹۲	۶-۹ نحوه قرار گرفتن فانکشن ژنراتور در مدار
۹۳	۶-۱۰ اندازه‌گیری ولتاژ برق شهر خارج از محیط برنامه
۹۳	۶-۱۱ آشنایی با اسیلوسکوپ در نرم افزار مولتی سیم
۹۳	■ معرفی و تنظیم‌های اولیه
۹۵	■ آزمایش پراب
۹۵	■ آزمایش کالیبره بودن (تنظیم) اسیلوسکوپ
۹۶	زمان تناوب
۹۷	۶-۱۲ آزمایش ۱
۹۸	۶-۱۳ آزمایش ۲
۹۹	۶-۱۴ آزمایش ۳
۱۰۰	منابع

قابل توجه هنر آموزان و هنرجویان محترم

برای آموزش فصل‌هایی از این کتاب می‌توانید از نرم‌افزارهای EWB، Multisim یا هر نرم‌افزار دیگری که در دسترس دارید استفاده کنید. در فصل ششم این کتاب خلاصه‌ای از نحوه کاربرد نرم‌افزار مولتی‌سیم آمده است.



سخنی با همکاران ارجمند

همکاران گرامی، کتاب «اصول اندازه‌گیری الکتریکی» براساس مصوبات کمیسیون تخصصی رشته‌های الکترونیک – الکتروتکنیک و همچنین نظرات و مصوبات نمایندگان منتخب رشته‌های الکترونیک – الکتروتکنیک استان‌های کشور در گردهمایی تابستان ۱۳۷۹، در تهران، و براساس اهداف رفتاری پیش‌بینی شده به مرحله تدوین و تألیف درآمده است.

همکاران ارجمند! همان‌طور که می‌دانید در روش اجرایی سالی – واحدی، در سال دوم، به طور همزمان تعدادی از دروس فنی مانند مبانی برق، الکترونیک عمومی (۱) و درس اصول اندازه‌گیری الکتریکی در برنامه هنرجویان قرار دارد. از طرفی می‌دانیم که برای بیان یک مبحث فنی در رشته برق و الکترونیک لازم است هنرجویان برخی از اصول و مبانی برق را بدانند که این مبانی در درس فیزیک (۱) در حد نیاز گفته شده است. با این حال تعریف بعضی از کمیت‌های الکتریکی که احتمال می‌رود هنرجو هنوز آن‌ها را نخوانده باشد، قبل از نحوه اندازه‌گیری به صورت خیلی خلاصه آورده شده است. بنابراین تقاضا می‌شود ابتدا تعریف کمیت الکتریکی مورد نظر را برای هنرجویان خود تشریح کنید و سپس نحوه اندازه‌گیری آن را تدریس نمایید.

هم‌چنین در صورت امکان نمونه‌هایی از تجهیزات واقعی نام برده شده در کتاب را به کلاس درس ببرید و کاربرد آن را برای هنرجویان آموزش دهید.

با توجه به پیشنهادهایی که هنرآموزان و سرگروه‌های آموزشی سراسر کشور در گردهمایی سال ۱۳۸۱ و همچنین نظرات ارسالی از طریق نامه و حضوری در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ و ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ مبنی بر جابه‌جایی فصول کتاب داشتند، به جهت هماهنگی با کتاب مبانی برق و براساس خواسته آنان فصول کتاب به شرح زیر شد.

فصل ۱- اندازه‌گیری کمیت‌های غیرالکتریکی قابل تبدیل به سیگنال‌های الکتریکی

فصل ۲- اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و مقاومت اهمی

فصل ۳- اندازه‌گیری توان، انرژی و اختلاف فاز

فصل ۴- آشنایی با اسیلوسکوپ و کاربرد آن

فصل ۵- ساختمان دستگاه‌های اندازه‌گیری

فصل ۶- معرفی نرم‌افزار مولتی‌سیم (اختیاری)

هم‌چنین فصل اول کتاب در سال ۱۳۸۹ مجدداً تجدید نظر گردید و بازسازی شد.

در خاتمه ضمن پذیرش نظریات همکاران ارجمند، از همکاری آنان در امر تدریس این کتاب صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

مؤلفان



اندازه‌گیری کمیت‌های غیرالکتریکی قابل تبدیل به سیگنال‌های الکتریکی

هدف کلی

آشنایی با ساختمان و طرز کار نمونه‌هایی از مبدل‌های
کمیت‌های غیرالکتریکی به الکتریکی (حسگرها)

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

- اندازه‌گیری را تعریف کند.
- خطاهای اندازه‌گیری را شرح دهد.
- تقسیم‌بندی دستگاه‌های اندازه‌گیری را به‌طور کلی توضیح دهد.
- کمیت‌های غیرالکتریکی را تعریف کند.
- دلایل تبدیل کمیت‌های غیرالکتریکی به الکتریکی را شرح دهد.
- سیگنال‌های استاندارد الکتریکی را نام ببرد.
- فشار را تعریف کند.
- رابطه فشار و واحدهای آن را شرح دهد.
- نحوه اندازه‌گیری فشار را شرح دهد.
- نحوه عملکرد دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار را توضیح دهد.
- دمای یک جسم را تعریف کند.
- انواع درجه‌بندی برای دما را شرح دهد.
- نحوه عملکرد انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری درجه حرارت را تشریح کند.
- نحوه اندازه‌گیری تغییر مکان طولی را توضیح دهد.
- روش‌های مختلف اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات را توضیح دهد.
- نحوه اندازه‌گیری وزن را تشریح کند.
- فعالیت‌های کلاسی را با اعتماد به نفس و به‌طور دقیق انجام دهد.
- نظم و ترتیب و حضور به موقع در کلاس را رعایت کند.
- مسئولیت‌های واگذار شده را به‌طور 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 حساس و فعال باشد.

نکات اجرایی

- ۱- حتی الامکان سعی شود انواع سنسورهای واقعی جهت آشنایی هنرجویان در کلاس درس نشان داده شود.
- ۲- از هنرجویان خواسته شود در صورتی که دسترسی به این نوع حسگرها دارند آن‌ها را به کلاس ارائه کنند.
- ۳- با مراجعه به منابع مختلف از جمله سایت‌های اینترنتی و نرم افزارهای مرتبط عملکرد این گونه حسگرها را به صورت شبیه ساز برای هنرجویان به نمایش درآورند.

به منظور هماهنگی سطح علمی هنرجویان و حفظ ارتباط افقی و عمودی دروس اندازه گیری الکتریکی و مبانی برق بنا به درخواست هنرآموزان فصل اندازه گیری کمیت‌های غیرالکتریکی به فصل یک انتقال داده شد.

۱-۱- تعریف اندازه گیری

اصولاً، اندازه گیری، نتیجه مقایسه کلی بین یک استاندارد (شاخص) تعریف شده و یک اندازه (مقدار) نامعلوم است. برای این که نتیجه عمل اندازه گیری، به طور عمومی، با معنی باشد دو شرط زیر لازم است:

● الف- استاندارد که برای مقایسه به کار می رود به طور دقیق معلوم و مورد پذیرش باشد.

● ب- روش اندازه گیری قابل تکرار باشد به طوری که بتوان صحت و دقت دستگاه اندازه گیری را امتحان نمود.

اولین شرط بدین معنی است که یک جسم نمی تواند فقط سنگین باشد، بلکه سنگینی آن در مقایسه با سنگینی یک جسم دیگر (استاندارد) معنی پیدا می کند. به عبارت دیگر مقایسه ای باید انجام شود و این مقایسه نسبت به یک استاندارد شناخته شده انجام گیرد. در غیر این صورت اندازه گیری ما مفهومی نخواهد داشت.

شرط دوم نیز بدین معنی است، که دستگاه اندازه گیری باید بتواند، در دفعات مختلف، اندازه یک کمیت معین را یک مقدار بخواند. هم چنین باید بتوانیم توانایی دستگاه را برای انجام اندازه گیری صحیح امتحان کنیم.

۱-۱-۱ اهمیت اندازه گیری الکتریکی : با توسعه

روزافزون دستگاه‌های الکتریکی و الکترونیکی و ورود انواع سیستم‌ها و پیچیدگی آن‌ها، اهمیت اندازه گیری روزبه روز بیشتر می شود. برای عیب یابی و آزمایش سیستم‌های الکتریکی و

الکترونیکی، اندازه گیری کمیت‌هایی مانند ولتاژ، جریان، مقاومت اهمی، انرژی، توان و اختلاف فاز لازم است. حتی در اکثر سیستم‌های اندازه گیری غیرالکتریکی برای اندازه گیری کمیت‌های مختلف فیزیکی مانند حرارت، فشار و سرعت، ابتدا کمیت فیزیکی به یک کمیت الکتریکی که با کمیت اصلی دارای رابطه مشخصی است، تبدیل می گردد؛ سپس با اندازه گیری کمیت الکتریکی، کمیت فیزیکی اولیه اندازه گیری می شود.

کوچکی نسبی حجم و وزن دستگاه‌های الکتریکی، آسانی انتقال سیگنال‌های الکتریکی از یک نقطه به نقطه دیگر و سهولت نسبی تقویت سیگنال‌های الکتریکی، سبب شده است که در اکثر دستگاه‌های اندازه گیری، یک قسمت الکتریکی وجود داشته باشد. بنابراین اهمیت اندازه گیری الکتریکی محدود به رشته‌های فیزیک یا برق نیست و شامل تمام رشته‌های فنی و حتی غیر فنی نیز می شود.

۱-۱-۲ خطا در اندازه گیری : هنگام اندازه گیری و

استفاده از دستگاه‌های مختلف اندازه گیری، همیشه این احتمال وجود دارد که کمیت اندازه گیری شده نسبت به کمیت واقعی قدری بیشتر یا کمتر باشد؛ این تفاوت را خطای اندازه گیری می نامند.

خطای اندازه گیری به دو صورت ممکن است اتفاق بیفتد:

الف) خطای شخصی: این نوع خطا مربوط به اشتباهاتی

است که شخص، در موقع اندازه گیری، به طور ناخواسته انجام می دهد. مثلاً ممکن است کاربر هنگام خواندن عدد یا رقم، به

رنج (حوزه کار) کلید سلکتور توجه نداشته باشد یا ضرایب را اشتباه محاسبه کند.

ب) خطای دستگاه: عواملی که باعث این نوع خطا می‌شوند نسبت به خطای شخصی بیشتر است و در بعضی موارد نمی‌توان از تأثیر آن‌ها جلوگیری کرد. کیفیت فنی دستگاه، فرکانس، اصطکاک، حوزه‌های الکترومغناطیسی و خطای ناشی از حرارت محیط، برخی از این عوامل هستند. یکی دیگر از عواملی که باعث خطا می‌شود وجود و نصب دستگاه در مدار است. مثلاً با قرار دادن یک آمپر متر در مدار مقاومت ناخواسته‌ای به مدار اضافه می‌شود و جریان مدار را کاهش می‌دهد در نتیجه اندازه‌گیری با خطا همراه خواهد بود.

در حال حاضر با پیشرفت فن‌آوری، دستگاه‌های اندازه‌گیری را عموماً به صورت الکترونیکی می‌سازند. این دستگاه‌ها قطعات متحرک ندارند و بسیار دقیق هستند و تقریباً مستقل از شرایط محیط عمل می‌کنند. مثلاً اگر حرارت محیط تغییر کند، در مقدار اندازه‌گیری شده تأثیری نمی‌گذارد. امروزه به خاطر دقت بسیار بالایی که در ساخت اکثر دستگاه‌های اندازه‌گیری، حتی نوع ارزان قیمت، وجود دارد، معمولاً این دستگاه‌ها در عمل خطا ندارند، ساخت دستگاه‌ها به صورت دیجیتالی (رقمی) سبب می‌شود که خطای مربوط به خواندن مقادیر نیز از بین برود.

۳-۱-۱- طبقه‌بندی سیستم‌های اندازه‌گیری: دستگاه‌های اندازه‌گیری را به صورت‌های مختلف طبقه‌بندی می‌کنند. در یک طبقه‌بندی، این دستگاه‌ها را به دستگاه‌های آنالوگ و دیجیتال تقسیم می‌کنند. خروجی دستگاه آنالوگ مشابه ورودی دستگاه (آنالوگ) است. سرعت سنج اتومبیل و ولت‌مترهای عقربه‌ای نمونه‌هایی از دستگاه‌های آنالوگ هستند.

دستگاه‌های دیجیتال، کمیت اندازه‌گیری شده را به صورت رقم (عدد) یا ارقام نشان می‌دهند، یعنی برخلاف دستگاه‌های آنالوگ، قادر به نشان دادن کمیت به صورت پیوسته نیستند. ولت‌متر دیجیتالی و فرکانس‌متر دیجیتالی نمونه‌هایی از انواع دستگاه‌های دیجیتال می‌باشند.

در دسته‌بندی دوم، دستگاه‌های اندازه‌گیری به دستگاه‌های اندازه‌گیری DC و AC تقسیم می‌شود. دستگاه‌های DC فقط مقادیر ثابت و دستگاه‌های AC کمیت‌های متغیر با زمان را

اندازه‌گیری می‌کنند.

در تقسیم‌بندی سوم، دستگاه‌های اندازه‌گیری را بر اساس روش کار دستگاه تقسیم‌بندی می‌کنند. دستگاه‌های اندازه‌گیری مستقیم و غیرمستقیم، دستگاه‌های اندازه‌گیری انحرافی و دستگاه‌های اندازه‌گیری نول در این طبقه‌بندی قرار دارند. در دستگاه‌های انحرافی، مقدار انحراف، معرّف کمیت مورد اندازه‌گیری است ولی در دستگاه نوع نول (صفر)، صفر شدن مقدار کمیت مورد اندازه‌گیری، ملاک اندازه‌گیری است.

دستگاه‌های اندازه‌گیری را می‌توان به دستگاه‌های الکترواستاتیکی و الکترومغناطیسی نیز تقسیم‌بندی نمود. دستگاه‌های نوع اول از نیروی میدان الکتریکی و دستگاه‌های نوع دوم از نیروی میدان مغناطیسی برای ایجاد انحراف استفاده می‌کنند. علاوه بر آنچه که گفته شد تقسیم‌بندی‌های دیگری نیز مانند دستگاه‌های اندازه‌گیری برای ولتاژهای بالا و درجه حرارت‌های خیلی بالا وجود دارد.

۲-۱- اندازه‌گیری کمیت‌های غیرالکتریکی

در صنعت برای **کنترل** کمیت‌هایی مانند دما، فشار، ارتفاع، وزن و سرعت، ابتدا باید کمیت مورد نظر را اندازه‌گرفت و سپس آن را کنترل کرد.

برای مثال اگر بخواهیم دمای یک کوره را ثابت نگه داریم، ابتدا باید دمای آن را اندازه بگیریم، سپس کمیت اندازه‌گیری شده را با یک مقدار ثابت (دمایی که می‌خواهیم آن را ثابت نگه داریم) **مقایسه** کنیم. چنانچه مقدار اندازه‌گیری شده کمتر یا بیشتر از مبنای مقایسه باشد، تصمیمات لازم برای رسیدن به نتیجه مطلوب گرفته می‌شود.

به دلایل زیر، برای اندازه‌گیری یک کمیت غیرالکتریکی (مانند فشار و دما) و انتقال آن به قسمت‌های دیگر و مشاهده مقدار اندازه‌گیری شده، یا مقایسه آن با مقدار تنظیم شده و یا هر نوع کنترلی بر روی آن، ابتدا باید کمیت موردنظر را تبدیل به سیگنال الکتریکی کنیم.

● انتقال سیگنال الکتریکی از یک نقطه به نقطه دیگر به سادگی امکان‌پذیر است (مثلاً با دو رشته سیم یا بدون سیم از

طریق فرستنده و گیرنده).

- سرعت انتقال آن بسیار بالاست (سرعت نور).
- اندازه گیری آن بسیار آسان است (مثلاً با یک ولت متر و آمپر متر).
- مقایسه آن با یک سیگنال مرجع بسیار ساده است.
- تبدیل آن به نوع دیگر انرژی بسیار آسان است.
- هزینه انتقال آن بسیار پایین است.
- امکان اتصال به دستگاه های کنترل خودکار مانند رایانه وجود دارد.

● امکان ضبط اطلاعات به صورت فایل وجود دارد.

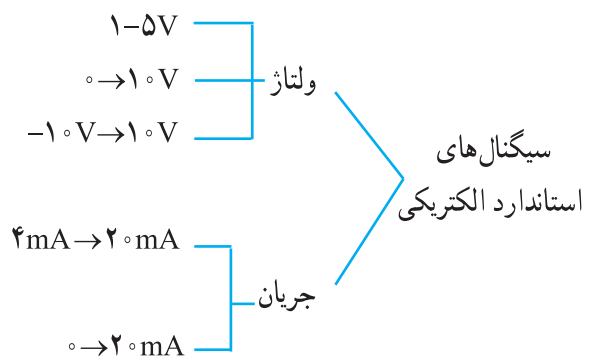
۱-۲-۱- سیگنال های استاندارد الکتریکی :

سیگنال های الکتریکی متناسب با اندازه کمیت های غیر الکتریکی را به دلایل زیر، تبدیل به سیگنال های استاندارد الکتریکی می کنند :

(الف) جلوگیری از تنوع دستگاه های اندازه گیری و کنترل

(ب) استفاده از دستگاه های متداول برای اندازه گیری کمیت مورد نظر

- سیگنال های استاندارد الکتریکی را به صورت زیر در صنعت مورد استفاده قرار می دهند.



سیگنال های الکتریکی دیگری (مانند ۱۰V → ۲۷V) گاهی در صنعت دیده می شوند، ولی امروزه کمتر مورد استفاده قرار می گیرند.

۱-۳-۱- اندازه گیری فشار

۱-۳-۱- تعریف فشار : همه مواد موجود در طبیعت

از مولکول ساخته شده اند، و هر مولکول از اتم های مختلف تشکیل شده است. مولکول های یک جسم سیال (مایع یا گاز) با سرعت زیاد در تمام جهات حرکت می کنند. در اثر این حرکت مولکول ها با یکدیگر یا با دیواره ظرفی که در آن قرار دارند برخورد می نمایند. در اثر برخورد مولکول ها به دیواره ظرف نیرویی به آن وارد می شود. هر قدر مولکول ها با سرعت زیادتری به ظرف برخورد نمایند یا تعداد مولکول های برخورد کرده با دیواره بیشتر یا مولکول سنگین تر باشد، این نیرو بیشتر خواهد بود بنابراین مقدار نیروی وارده بر دیواره ظرف به عوامل زیر بستگی دارد.

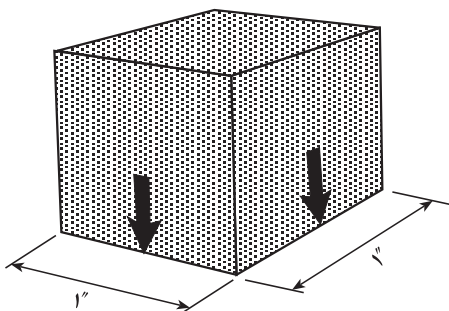
(الف) سرعت مولکول ها

(ب) تعداد مولکول ها

(ج) وزن مولکول ها

نیروی وارد شده به واحد سطح را فشار می گویند.

شکل ۱-۱ مکعبی را نشان می دهد که دارای سطح تماسی برابر یک اینچ مربع است. در این صورت هر نیرویی که بر این سطح وارد می آید فشار نامیده می شود.



شکل ۱-۱- فشار وارد شده به مکعبی با سطح تماس یک اینچ

لذا به زبان ساده فشار را به صورت زیر تعریف می کنیم :

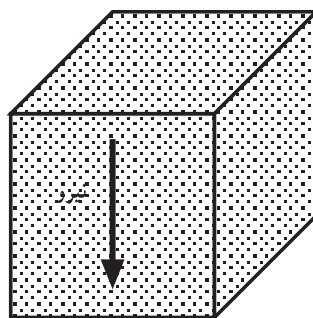
فشار عبارت از اندازه نیروی وارد شده بر سطح اثر نیرو است، فشار را می توان با رابطه ۱-۱ بیان کرد :

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{رابطه ۱-۱}$$

در رابطه ۱-۱، F نیرو و A سطح اثر نیرو است.

در شکل ۱-۲، مکعب فشاری را به سطحی که روی آن قرار دارد وارد می کند.

لاستیک چرخ‌های اتومبیل تحت فشار شدید باد قرار دارند تا اتومبیل بتواند با کمترین انرژی حرکت کند. آب لوله‌کشی شهر به کمک پمپ‌های بسیار بزرگ تحت فشار قرار می‌گیرد تا از یک نقطه به دیگر نقاط جابجا شود. گاز شهری به کمک پمپ‌های بزرگ تحت فشار قرار می‌گیرد تا از یک نقطه به سایر نقاط مورد نظر جابجا شود (از جنوب تا شمال کشور). در صنعت از فشار روغن برای مواردی مانند پرس‌ها، جک‌ها و بالابرها استفاده فراوان می‌شود.



شکل ۱-۲- مکعب به سطحی که روی آن قرار دارد فشار وارد می‌کند

در تمامی موارد یاد شده در زمینه فشار، اعمال نیرو به سطح وجود دارد، در بعضی موارد، عامل نیرو ناشی از یک وزن است و در موارد دیگر، به جای وزن، تراکم مولکول‌های هوا است، مانند فشار باد داخل لاستیک چرخ اتومبیل که بر ذره ذره سطح لاستیک فشار می‌آورند.

در رابطه ۱-۱، اگر F بر حسب کیلوگرم نیرو و A بر حسب سانتی متر مربع باشد، واحد P ، بر حسب کیلوگرم نیرو بر سانتی متر مربع خواهد بود:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\text{کیلوگرم نیرو}}{\text{سانتی متر مربع}}$$

در ادامه، واحدهای رایج فشار و نحوه اندازه‌گیری آن را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۱-۳-۲- واحدهای فشار: یک بار دیگر به رابطه

فشار توجه می‌کنیم:

$$P = \frac{F}{A}$$

فشار ناشی از یک کیلوگرم نیرو بر یک سانتی متر مربع از سطح را یک بار (BAR) می‌گویند.

واحدهای BAR و PSI در صنعت از رایج‌ترین واحدها هستند؛ اما در ابزار دقیق از واحد دیگری به نام اینچ سیال نیز استفاده می‌شود. اینچ آب و یا اینچ جیوه نمونه‌هایی از اینچ سیال است.

برای اندازه‌گیری فشارهای خیلی کم، از واحد دیگری به نام پاسکال استفاده می‌شود. یک پاسکال برابر با $\frac{1}{100000}$ بار است:

$$1 \text{ BAR} = 100000 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa}$$

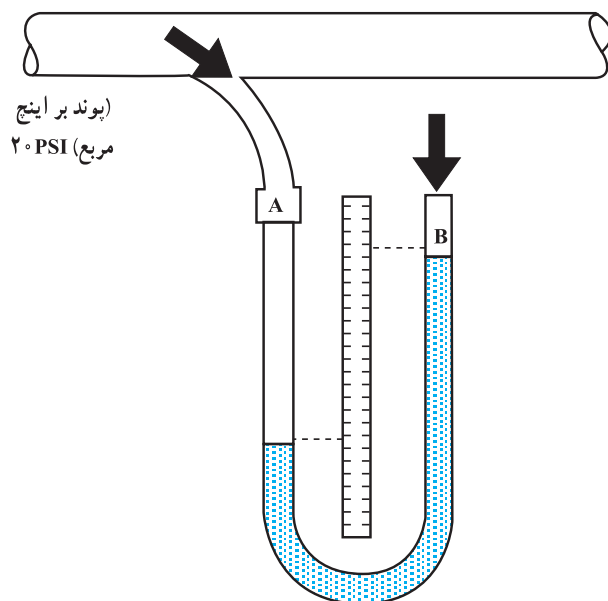
۱-۳-۳- فشار اتمسفر: تمام اجسام در روی زمین، تحت فشار اتمسفر است. فشار اتمسفر اغلب به عنوان مبنا در نظر

واحد کوچکتر بار (Bar) میلی بار mBar است که معادل یک هزارم بار ($1 \text{ mBar} = \frac{1}{1000} \text{ Bar}$) است.

همچنین اگر در رابطه ۱-۱، واحد F بر حسب پوند نیرو (یک پوند تقریباً $453/6$ گرم است) و واحد سطح بر حسب اینچ مربع (یک اینچ تقریباً $25/4$ میلی متر است) باشد، واحد P ، بر حسب پوند بر اینچ مربع خواهد بود، واحد پوند بر اینچ مربع را با PSI (Pound force per Square Inch) نشان می‌دهند.

$$1 \text{ PSI} = \frac{1 \text{ پوند نیرو}}{1 \text{ اینچ مربع}}$$

می دانیم که اگر فشار وارد شده بر سطح مایع در هر دو لوله یکسان باشد، در این صورت هیچ گونه اختلاف فشاری وجود ندارد و سطح مایع در هر دو لوله با هم برابر است (شکل ۱-۴). حال اگر یک سر لوله را به ظرفی که محتوی گاز یا مایع تحت فشار است وصل کنیم اختلاف فشار به وجود می آید (شکل ۱-۵).



شکل ۱-۵- تغییر سطح مایع در دو لوله به علت اختلاف فشار

با استفاده از تغییرات سطح مایع می توان تغییرات فشار را اندازه گرفت. برای این کار از یک وسیله مدرج که بتوان اختلاف فشار را روی آن خواند استفاده می کنیم؛ با وارد کردن فشار در یک طرف لوله U شکل، مایع در طرف دیگر بالا می رود؛ یعنی هر قدر فشار بیشتر باشد لوله ای که برای نشان دادن تغییرات فشار لازم است باید با طول بزرگ تری انتخاب شود. لوله ممکن است از جنس شیشه باشد؛ لذا از فشارسنج های لوله ای برای اندازه گیری فشار در مکان هایی که امکان شکستن لوله وجود دارد، استفاده نمی شود.

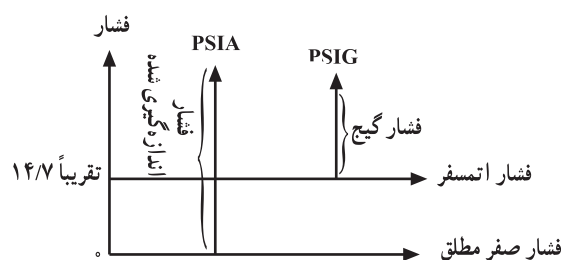
در شکل ۱-۶ تصویر یک نمونه فشارسنج لوله ای را که اختلاف فشار دو مخزن را نشان می دهد، مشاهده می کنید.

گرفته می شود. این فشار در سطح هم طراز دریای آزاد، تقریباً برابر ۱۴/۷ PSI است.

۱-۳-۴- درجه بندی فشار گیج (Gage): فشاری که در پروسه های صنعتی اندازه گیری می شود، معمولاً بزرگ تر و یا مساوی فشار جو است. اختلاف میان فشار اتمسفر و فشار اندازه گیری شده را فشار گیج می نامند و آن را با PSI و یا PSIG نشان می دهند.

۱-۳-۵- درجه بندی فشار مطلق: مبنای این فشار، صفر مطلق است، در این دما هیچ فشاری، حتی فشار اتمسفر وجود ندارد. بنابراین فشار صفر مطلق فقط در خلأ کامل ایجاد می شود. فشار مطلق را با PSIA نشان می دهند.

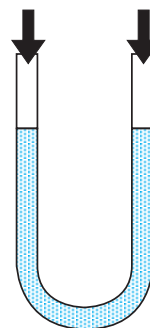
- رابطه میان فشار مطلق و فشار گیج
برای محاسبه فشار مطلق، باید فشار جو را با فشار گیج جمع کرد (شکل ۱-۳).



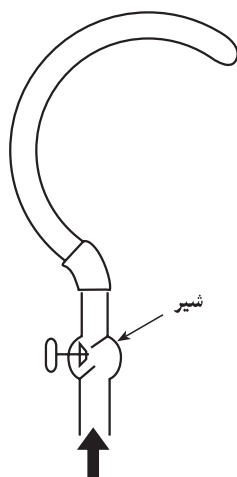
شکل ۱-۳- رابطه فشار مطلق با فشار گیج

۱-۴- دستگاه های اندازه گیری فشار

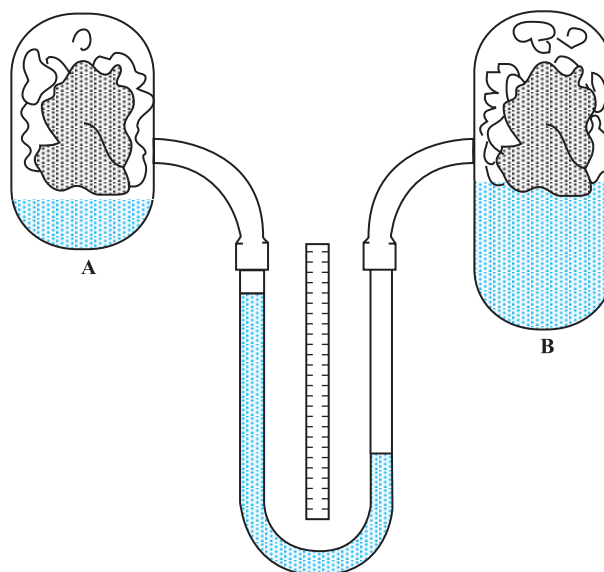
۱-۴-۱- اندازه گیری فشار به کمک فشارسنج لوله ای: این دستگاه به طور ساده از یک لوله U شکل تشکیل می شود که دو انتهای آن باز است.



شکل ۱-۴- به علت فشار یکسان سطح مایع در دو لوله یکسان است.

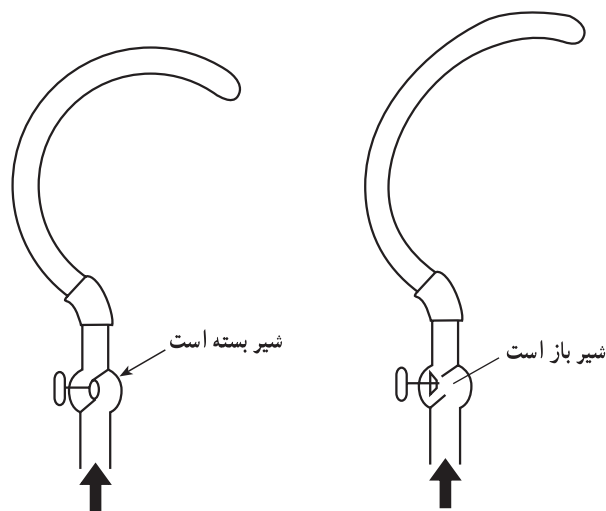


شکل ۱-۸- لولهٔ ورودی



شکل ۱-۶

تا زمانی که شیر بسته است فشار داخل لوله کم و لوله به حالت خمیده است، هنگامی که شیر را باز می‌کنیم فشار داخل لوله زیاد می‌شود و به تدریج از انحنا لوله می‌کاهد تا آن را به حالت مستقیم در می‌آورد. از این خاصیت برای تعیین مقدار فشار استفاده می‌شود. در این حالت با اندازه‌گیری مقدار تغییر شکل لوله، می‌توانیم میزان فشار وارده را نیز اندازه بگیریم (شکل ۱-۹).



شکل ۱-۹- تغییر فشار داخل لولهٔ ورودی با باز کردن و بستن شیر آن

برای مشاهده تغییرات می‌توان انتهای لوله را به یک عقربهٔ چرخ دنده‌دار اتصال داد. مطابق شکل ۱-۱۰- الف، زیاد شدن فشار لولهٔ خمیده را کمی باز می‌کند، باز شدن لوله سبب حرکت دادن چرخ دنده‌ها و در نهایت حرکت عقربه روی صفحهٔ مدرج

در شکل ۱-۷ یک نمونه فشارسنج دیجیتالی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۷- فشارسنج دیجیتالی

۲-۴-۱- اندازه‌گیری فشار با لولهٔ منبسط شونده :

الف) لولهٔ ورودی C شکل : این فشارسنج معمول‌ترین نوعی است که در صنعت از آن استفاده می‌شود و از یک لولهٔ توخالی خمیدهٔ فلزی با خاصیت فنری، تشکیل شده است. یک طرف این لوله بسته و طرف دیگر آن توسط شیری به مخزن فشار متصل می‌گردد (شکل ۱-۸).

از آن جا که شکل لوله تقریباً به صورت C شکل می باشد آن را لوله C شکل نیز می نامند.

یکی از کاربردهای اندازه گیری فشار با لوله منبسط شونده در نشان دهنده روغن موتور اتومبیل است. در شکل ۱-۱۱ تصویر داشبورد اتومبیل که نشان دهنده روغن روی آن نصب است را ملاحظه می کنید. در شکل ۱-۱۲ تصویر موتور اتومبیل و محل نصب فشنگی یا سنسور روغن را مشاهده می کنید.



مجموعه نشان دهنده ها: ۱- درجه فشار روغن ۲- درجه دمای آب ۳- درجه بنزین ۴- درجه شارژ باتری ۵- دورسنج موتور ۶- صفحه کیلومتر شمار و سرعت سنج

شکل ۱-۱۱- داشبورد اتومبیل

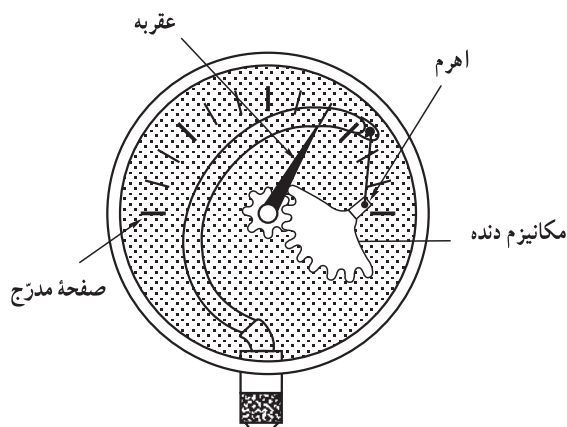


شکل ۱-۱۲- موتور اتومبیل و محل نصب شمع فشنگی یا سنسور روغن

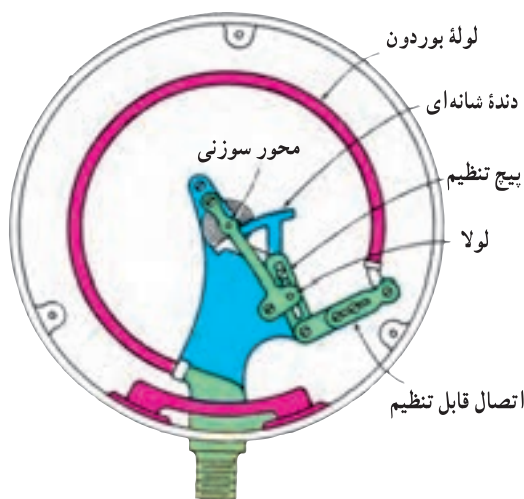
یکی از انواع نشان دهنده روغن در اتومبیل، انبساطی است، در شکل ۱-۱۳ این نوع نشان دهنده را ملاحظه می کنید.

در این نوع نشان دهنده، از یک لوله قابل انعطاف استفاده شده است که از یک طرف به وسیله لوله ای به مدار روغن کاری موتور وصل می شود و از طرف دیگر به عقربه نشان دهنده متصل است. در حالت خاموش بودن موتور، عقربه در ابتدای صفحه

می شود و میزان فشار را نشان می دهد. در شکل ۱-۱۰ ب ساختمان داخلی نوع دیگری از فشارسنج بوردون رسم شده است. در شکل ۱-۱۰ ج سه نمونه فشار سنج بوردون را مشاهده می کنید.



الف - ساختمان داخلی یک نمونه فشارسنج بوردون



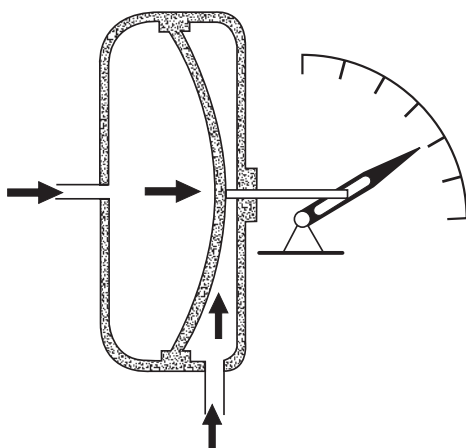
ب - ساختمان داخلی نوع دیگری از فشارسنج بوردون



ج - سه نمونه فشارسنج بوردون

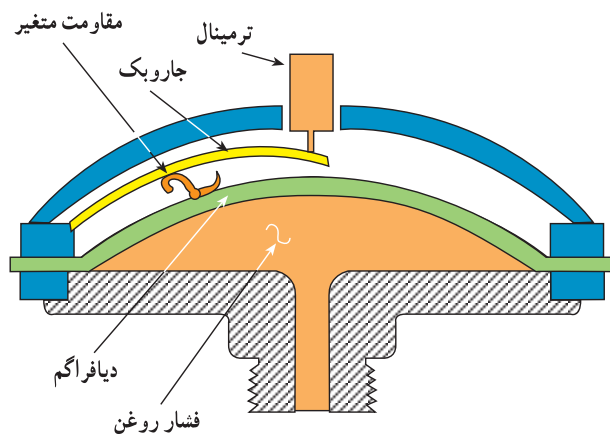
شکل ۱-۱۰- ساختمان داخلی و انواع فشارسنج بوردون

به طرف راست خم می‌شود. وسط دیافراگم به یک عقربه متصل است که حرکت (جابه‌جایی) دیافراگم را روی یک صفحه مدرج نشان می‌دهد.



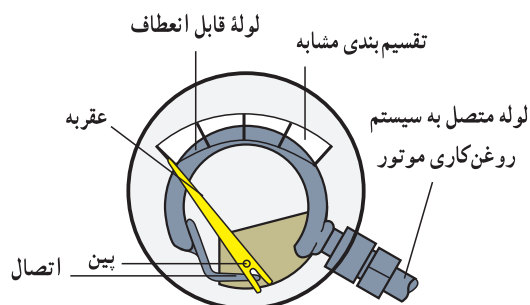
شکل ۱۵ - ۱ - ساختمان فشارسنج دیافراگمی

حدود فشاری که دیافراگم می‌تواند تحمل کند بستگی به اندازه و ضخامت آن دارد. مثلاً برای سنجش اختلاف فشارهای زیاد نباید از دیافراگم‌های نازک استفاده نمود. از آن جایی که برای ساخت دیافراگم از موادی که قابلیت ارتجاعی زیاد دارند استفاده می‌شود، حتی اختلاف فشارهای کم نیز جابه‌جایی قابل ملاحظه‌ای در دیافراگم ایجاد می‌کند؛ بدین ترتیب می‌توان اختلاف فشارهای بسیار جزئی را نیز اندازه گرفت. یکی از کاربردهای فشارسنج دیافراگمی در شمع روغن یا فشنگی فشار روغن موتور اتومبیل است. در شکل ۱۶-۱ نمونه‌ای از این نوع فشارسنج دیافراگمی را ملاحظه می‌کنید.



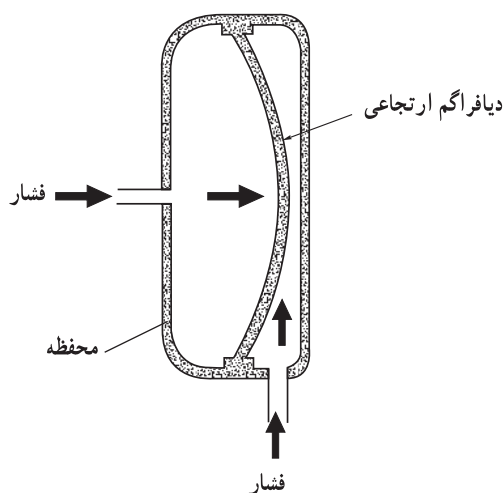
شکل ۱۶ - ۱ - نمونه‌ای از فشنگی یا شمع روغن دیافراگمی

مدرج فشار روغن قرار می‌گیرد (شکل ۱۳-۱). پس از روشن شدن موتور فشار مؤثر بر لوله قابل انعطاف، باعث انبساط لوله شده و با حرکت عقربه، مقدار فشار اندازه‌گیری می‌شود.



شکل ۱۳-۱ - فشارسنج انبساطی که برای نشان دادن درجه فشار روغن در اتومبیل به کار می‌رود.

ب) فشارسنج دیافراگمی: به طور خلاصه می‌توان گفت که این نوع فشارسنج از یک محفظه (قوطی) کاملاً آب‌بندی شده، با دو مجرای ورود فشار در دو طرف، تشکیل شده است. در وسط محفظه پرده‌ای (دیافراگم) از لاستیک یا ماده ارتجاعی دیگری قرار دارد که در صورت وجود اختلاف فشار در دو طرف آن به طرفی که فشار کمتری دارد متمایل می‌شود (شکل ۱۴-۱).



شکل ۱۴-۱ - اصول کار فشارسنج دیافراگمی

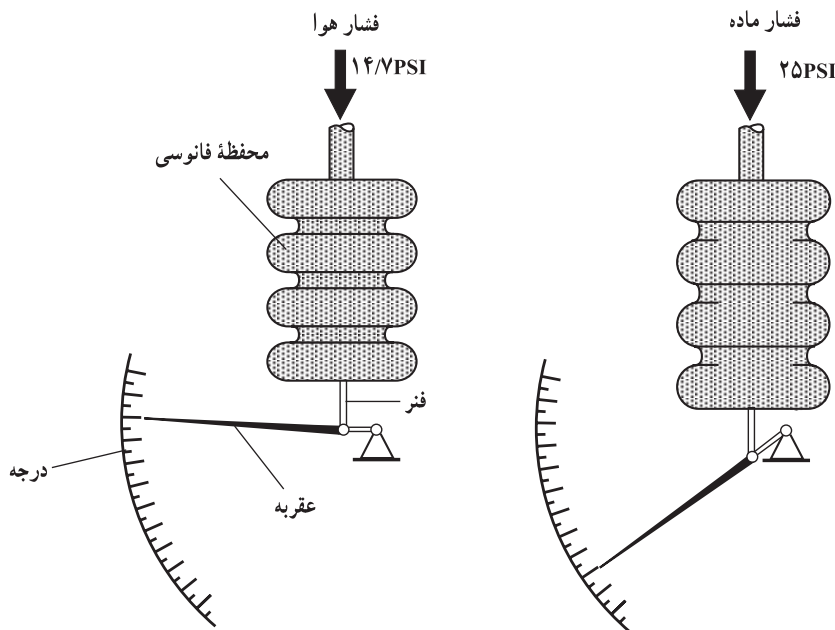
این دستگاه، فشارسنج تفاضلی نام دارد و برای سنجش اختلاف فشار به کار می‌رود. با توجه به شکل ۱۵-۱، فشار حاصل از گاز در سمت چپ دیافراگم بیشتر است لذا دیافراگم

فانوسی شکل سبب حرکت عقربه روی صفحه مدرج می‌شود (شکل ۱۷-۱).

از آن‌جا که میزان حرکت عقربه در فشارسنج فانوسی بیش از نوع دیافراگمی می‌باشد (در فشار یک‌سان برای هر دو فشارسنج)، بنابراین فشارسنج فانوسی دقیق‌تر از فشارسنج دیافراگمی است.

ج) فشارسنج فانوسی: اصول کار این نوع فشارسنج‌ها شبیه به فشارسنج دیافراگمی است ولی به خاطر داشتن سطح زیاد، حساسیت آن از فشارسنج دیافراگمی بیشتر است.

فشاری را که اندازه‌گیری آن مورد نظر است به محفظه فانوسی شکل که خود به عقربه‌ای وصل شده است هدایت می‌کنیم. این امر باعث انبساط و افزایش طول آن می‌شود و عقربه را به حرکت درمی‌آورد. بدین ترتیب کوچک‌ترین حرکت محفظه



شکل ۱۷-۱- حرکت محفظه فشارسنج فانوسی باعث حرکت عقربه می‌شود.

ویژگی‌های مهم

بررسی کنید کدام یک از حسگرهایی که تاکنون آموزش داده شده است (یا مشابه آن) در ماشین‌های لباسشویی و ظرف‌شویی ممکن است وجود داشته باشد و چه عملی را انجام می‌دهد.

۵-۱- اندازه‌گیری دما

دمای یک جسم، نشان دهنده درجه سردی و گرمی آن است.

چهار نوع درجه بندی برای دما مرسوم است.

• سانتی‌گراد (سلسیوس)

• فارنهایت

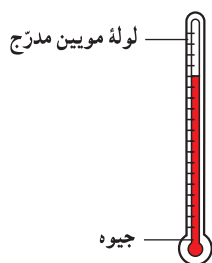
• کلونین

• رانکین

در صنعت، درجه بندی سانتی‌گراد و فارنهایت بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

برای درجه بندی دما، دانشمندان فیزیک، دو نقطه مرجع یعنی دمای نقطه ذوب یخ و دمای آب در حال جوش را در نظر می‌گیرند.

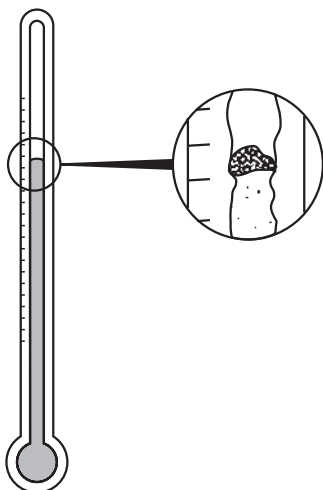
برای پی بردن به تغییرات درجه حرارت استفاده می شود. ارتفاع ستون جیوه در یک لوله بسیار نازک می تواند نشان دهنده تغییرات دما باشد (شکل ۱۹-۱).



شکل ۱۹-۱- دماسنج جیوه ای

به نسبت بالا رفتن یا پایین آمدن درجه حرارت، جیوه منبسط یا منقبض می شود و در طول لوله حرکت می کند. با توجه به صفحه مدرج که زیر لوله قرار دارد، میزان درجه حرارت نشان داده می شود.

یکی از اشکالات این نوع دماسنج ها بلند بودن طول لوله برای سنجش های وسیع درجه حرارت است، زیرا امکان شکستن لوله بزرگ و نازک شیشه ای بسیار زیاد است. از طرفی چون ساختن لوله ای که قطر داخل آن کاملاً یک سان باشد بسیار مشکل است، در نتیجه فاصله نشان دهنده بالا رفتن درجه حرارت در سرتاسر لوله متفاوت خواهد بود. شکل ۲۰-۱ این نکته را نشان می دهد.

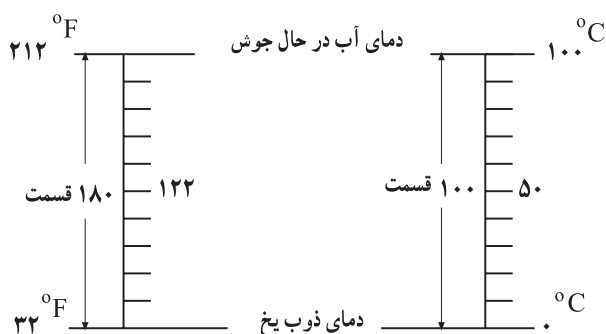


شکل ۲۰-۱- فاصله نشان دهنده بالا رفتن درجه حرارت در لوله یکنواخت نیست.

۲-۶-۱- دماسنج فشاری: همان طور که قبلاً گفته شد با بالا رفتن درجه حرارت فشار نیز افزایش می یابد. لذا می توان با

بین این دو نقطه مرجع را به 100° یا 180° قسمت تقسیم می کنند. آقای سلسیوس (Celsius) دمای نقطه ذوب یخ را صفر و دمای آب در حال جوش را 100° در نظر گرفت و بین این دو نقطه را صد قسمت تقسیم کرد. این نوع درجه بندی دما را سانتی گراد و یا سلسیوس می گویند.

آقای فارنهایت دمای نقطه ذوب یخ را 32° و دمای آب در حال جوش را 212° در نظر گرفت و بین این دو را 180° قسمت تقسیم کرد؛ این نوع درجه بندی، درجه بندی فارنهایت نام دارد. شکل ۱۸-۱ درجه بندی سلسیوس و فارنهایت را نشان می دهد.



شکل ۱۸-۱- نحوه درجه بندی سلسیوس و فارنهایت

نحوه تبدیل درجه بندی سانتی گراد و فارنهایت به یک دیگر به صورت زیر است:

$$T_C = \frac{5}{9} (T_F - 32)$$

$$T_F = \frac{9}{5} (T_C + 32)$$

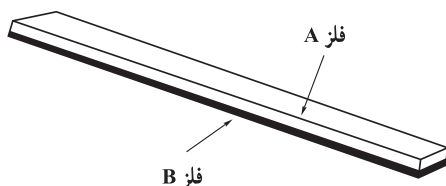
برای اندازه گیری دما، روش های مختلفی وجود دارد. یکی از این روش ها اندازه گیری تغییر خواص الکتریکی اجسام در اثر تغییرات دما است. می دانیم که مقاومت اهمی فلزات در اثر تغییر دما، تغییر می کند. در فلزات، با افزایش دما مقاومت اهمی فلزات افزایش می یابد. از خاصیت تغییرات مقاومت اهمی فلزات بر اثر تغییرات دما، برای اندازه گیری حرارت در صنعت استفاده می شود.

۱-۶-۱- انواع وسایل اندازه گیری درجه حرارت

۱-۶-۱-۱- دماسنج با ماده قابل انبساط: از دماسنج

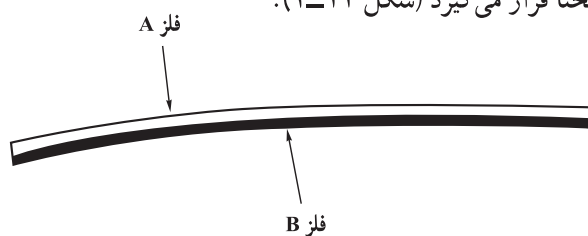
که در نتیجه گرم شدن فوراً تبدیل به بخار شوند؛ چنانچه حرارت بیشتری به این مایعات داده شود، بخار بیشتری نیز تولید می شود و به همان نسبت میزان فشار زیادتر شده و لوله بوردون بیشتر باز می شود و عقربه، درجه حرارت بیشتری را نشان خواهد داد.

۳-۶-۱- دماسنج دو فلزی: همان طور که می دانید حرارت باعث انبساط فلزات می شود، ولی در اثر افزایش حرارت، مثلاً مس بیشتر از فولاد منبسط می گردد. شکل ۱-۲۳ دو نوع فلز مختلف را که به یک دیگر متصل شده و یک تیغه دو فلزی را تشکیل داده اند نشان می دهد.



شکل ۱-۲۳ اتصال دو نوع فلز مختلف به یکدیگر

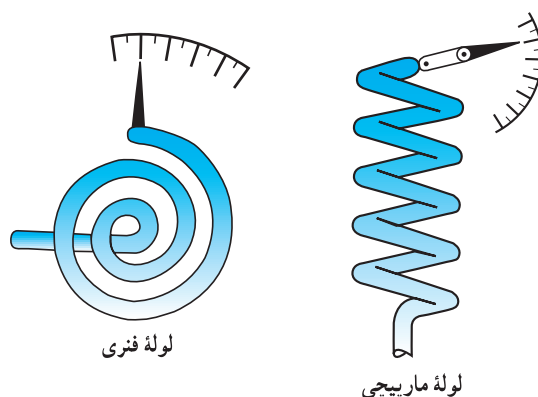
اگر به این تیغه حرارت داده شود، در اثر حرارت یکی از این دو فلز بیشتر از دیگری منبسط می شود و همین امر باعث خم شدن تیغه می گردد. همیشه فلز با قابلیت انبساط بیشتر در سمت خارج انحنا قرار می گیرد (شکل ۱-۲۴).



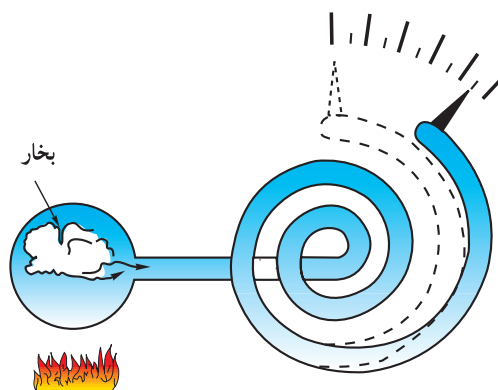
شکل ۱-۲۴ فلز با قابلیت انبساط بیشتر در سمت خارج انحنا قرار می گیرد.

اگر این انحنا باعث قطع و وصل شدن کلیدی گردد این وسیله را ترموستات می نامند. چنانچه میزان انحراف تیغه در اثر حرارت به نشان دهنده ای منتقل گردد، دستگاه دماسنج نامیده می شود. سیستمی که میزان انحراف تیغه ها را اندازه گیری می کند لازم است بسیار دقیق باشد و هیچ گونه مانع مکانیکی در مقابل انحراف ایجاد نکند. در مواردی که انحراف تیغه ها به عقربه ای منتقل می گردد تغییرات دما قابل رؤیت خواهد بود. از LVDT^۱ نیز می توان جهت سنجش تغییر مکان صورت گرفته متناسب با

اندازه گرفتن فشار یک جسم (مایع یا گاز) توسط فشارسنج به طور غیرمستقیم به میزان درجه حرارت نیز پی برد. شکل ۱-۲۱ دو نوع لوله بوردون را که در اثر ازدیاد فشار مایع یا گاز درون آن، شروع به باز شدن کرده اند نشان می دهد. چون فشار با حرارت در رابطه است، لذا می توان سیستم را برحسب حرارت مدرج نمود. به شکل ۱-۲۲ توجه کنید، با افزایش حرارت آب بخار می شود و در نتیجه میزان فشار داخل لوله بوردون زیاد می گردد. در این صورت لوله باز شده و عقربه به سمت راست حرکت می کند. به این ترتیب حرکت عقربه، روی صفحه مدرج، بالا رفتن درجه حرارت را نشان می دهد.



شکل ۱-۲۱ دماسنج فشاری با دو نوع لوله بوردون

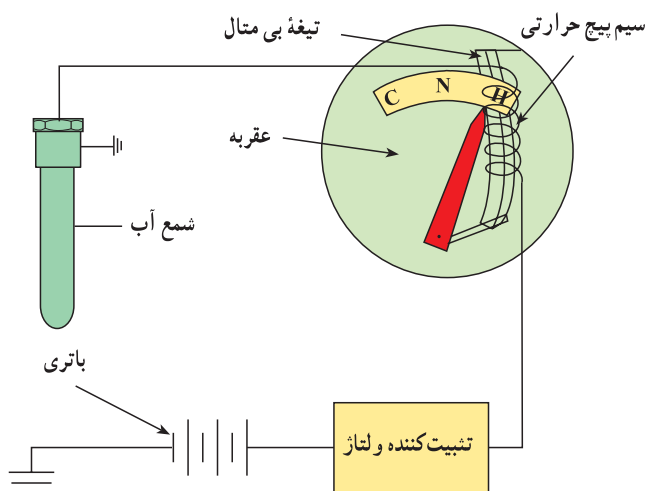


شکل ۱-۲۲ نحوه تغییر عقربه در لوله فنری بوردون با افزایش حرارت

هنگامی که درجه حرارت پایین می آید طبیعتاً میزان فشار کاهش یافته و لوله مجدداً به صورت اول باز می گردد. گاهی ممکن است در دماسنج ها از مایعاتی استفاده شود

۱- LVDT مخفف Linear Variable Differential Transformer است که یک قطعه خاص برای اندازه گیری است.

افزایش گرمای آب موتور باعث کاهش مقاومت الکتریکی در فشنگی آب نصب شده روی موتور می‌شود و متناسب با آن جریان مصرفی دستگاه افزایش می‌یابد. عبور جریان الکتریکی از سیم پیچ حرارتی باعث گرم شدن تیغه بی‌متال و در نتیجه افزایش طول آن می‌شود. افزایش طول تیغه باعث تغییر موقعیت عقربه دستگاه می‌شود و عقربه به سمت H (Hot - گرم شدن آب) حرکت می‌کند (شکل ۲۷-۱).



شکل ۲۷-۱ افزایش گرمای آب باعث انحراف عقربه به سمت H می‌شود.

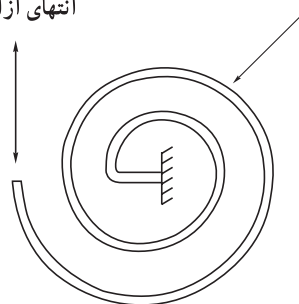
۴-۶-۱- دماسنج ترموکوپلی: می‌دانیم که هر تغییری

در درجه حرارت یک فلز باعث به حرکت درآمدن الکترون‌های آن می‌گردد. هر قدر این تغییر دما، در یک فلز خاص، بیشتر باشد به همان نسبت جریان الکترون‌ها بیشتر خواهد بود که خود باعث تغییر بار الکتریکی در یک نقطه می‌شود. با استفاده از این خاصیت و با اندازه‌گیری میزان اختلاف بار الکتریکی می‌توان تغییرات درجه حرارت را تعیین نمود. این همان اصلی است که در ترموکوپل مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین برای این کار سرهای دو تیغه از دو جنس مختلف را به یکدیگر متصل نموده و محل اتصال را گرم می‌کنیم. در این هنگام الکترون‌ها جریان پیدا کرده در نتیجه سر یک تیغه تراکم بار مثبت و سر تیغه دیگر تراکم بار منفی پیدا می‌کند (شکل ۲۸-۱).

دما استفاده کرد. محدوده کار این نوع دماسنج‌ها از 75°C تا 150°C بوده و میزان دقت بهترین نوع آن ۵٪ می‌باشد.

ساختمان عملی یک نمونه از بی‌متال که در دماسنج‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد در شکل ۲۵-۱ نشان داده شده است.

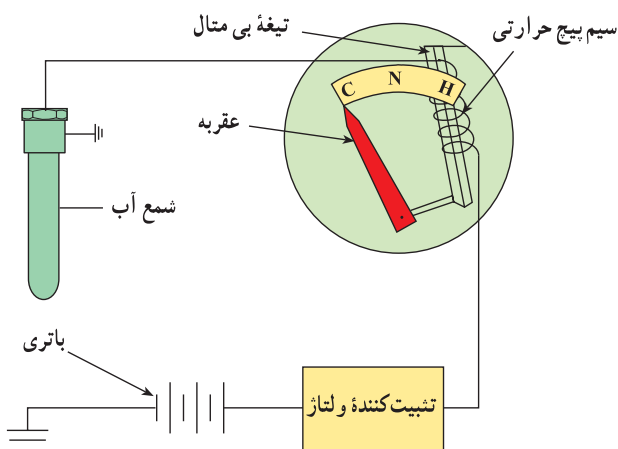
نوار دو فلزی
حرکت انتهای نوار
انتهای آزاد نوار



شکل ۲۵-۱ ساختمان عملی یک نمونه بی‌متال

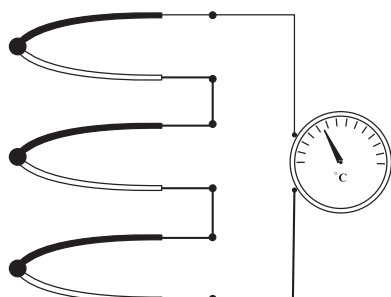
کاربرد این نوع دماسنج در نشان‌دهنده دمای آب موتور اتومبیل است که آن را به اصطلاح درجه آب می‌نامند. در ساختمان این نوع دماسنج از تیغه (نوار) بی‌متالی استفاده شده است که در مقابل حرارت حساس بوده و تغییر طول می‌دهد. سیم پیچ حرارتی نصب شده در روی تیغه تغییرات دمای لازم را بر حسب مقدار جریان الکتریکی مصرفی ایجاد می‌کند.

در حالت سرد بودن آب موتور به علت زیاد بودن مقاومت الکتریکی فشنگی آب، جریان بسیار کمی از سیم پیچ حرارتی عبور می‌کند و تغییر طول تیغه بی‌متال در حدی است که عقربه نشان‌دهنده روی C (Cold - سرد بودن آب) قرار می‌گیرد (شکل ۲۶-۱).



شکل ۲۶-۱ سرد (C) نرمال (N) گرم (H)

چنانچه تعدادی ترموکوپل به صورت سری بسته شود، مجموعه، ترموپیل نام می‌گیرد. شکل ۳-۱ نمونه‌ای از ترموپیل را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱- ترموپیل

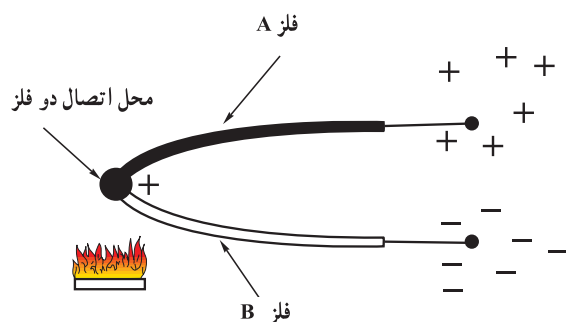
اگر در ترموپیل دمای محیط کلیه اتصالات و همچنین سیم‌های اتصال یک‌سان باشد در این صورت حساسیت مجموعه بالا رفته و قدرت تمیز آن نیز بیشتر خواهد شد.

به عنوان مثال با سری کردن ۲۵ ترموکوپل از نوع کنستانتان - کرمل قدرت تمیز تا $1^{\circ}\text{C}/0.1\%$ بالا خواهد رفت.

از دیگر موارد استفاده ترموکوپل کاربرد آن در اندازه‌گیری درجه حرارت متوسط آگروزتوربین می‌باشد. این ترموکوپل‌ها به‌طور جداگانه در نقاط مختلف آگروز قرار داده می‌شوند و با اندازه‌گیری ولتاژ دو سر ترموپیل می‌توان اندازه متوسط درجه حرارت آگروز را مشخص کرد. در شکل ۳۱-۱ نمونه‌هایی از دماسنج دیجیتالی صنعتی را مشاهده می‌کنید.

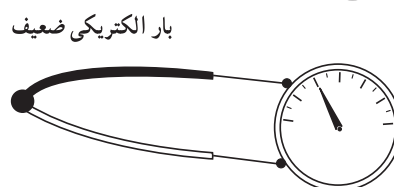
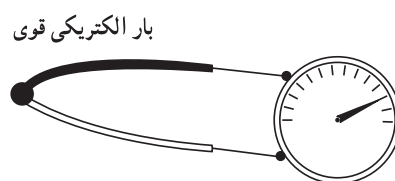


شکل ۳۱-۱- انواع دماسنج‌های دیجیتالی



شکل ۲۸-۱- تغییر درجه حرارت یک فلز باعث حرکت الکترون‌ها می‌شود.

هر قدر اختلاف درجه حرارت بین نقطه اتصال و سرهای آزاد این دو فلز، بیشتر باشد به همان نسبت بارالکتریکی دو سر تیغه‌ها زیادتر خواهد بود. بنابراین با اندازه‌گیری اختلاف بارالکتریکی (اختلاف پتانسیل الکتریکی) دو سر آزاد تیغه‌ها (دو سر ترموکوپل)، درجه حرارت نقطه اتصال مشخص خواهد شد (شکل ۲۹-۱).



شکل ۲۹-۱- هر قدر حرارت نقطه اتصال بیشتر باشد اختلاف پتانسیل دو سر تیغه‌ها بیشتر خواهد بود.

چنانچه به نقطه اتصال و سرهای آزاد دو فلز، حرارت یک‌سان داده شود، بارالکتریکی دو فلز مساوی شده و در نتیجه اختلاف پتانسیل نیز صفر خواهد بود بنابراین قابلیت استفاده ترموکوپل فقط در صورت وجود اختلاف درجه حرارت بین نقطه اتصال و سرهای آزاد تیغه‌های فلزی می‌باشد. بنابراین در عمل درجه حرارت سرهای آزاد ثابت نگه‌داشته می‌شود که آن را «درجه حرارت مبنا» می‌نامیم.

مقدار ولتاژ ایجاد شده در دو سر تیغه‌ها بستگی به جنس تیغه‌ها داشته و به‌طور معمول بین $10\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ تا $80\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ است. درضمن حداکثر درجه حرارت مجاز ترموکوپل نیز بستگی به جنس تیغه‌ها دارد.



شکل ۱-۳۲- یک نمونه ترمیستور

وسایل اندازه گیری دما شامل مقاومت های تابع حرارت:

این وسایل دارای المان هایی هستند که مقاومت الکتریکی آن ها در مقابل حرارت تغییر می کند. در صورتی که ماده تشکیل دهنده مقاومت از جنس فلز باشد دستگاه ترمومتر مقاومتی و چنانچه این ماده از جنس نیمه هادی باشد وسیله، ترمومتر ترمیستوری نامیده می شود. روش معمول سنجش مقاومت استفاده از پل اندازه گیری می باشد. با اندازه گیری مقدار مقاومت و یا ولتاژ دوسر آشکار ساز در پل می توان درجه حرارت را اندازه گرفت. شکل ۱-۳۲ یک نمونه ترمیستور را نشان می دهد.

تغییر دما، تغییر می کند. در فلزات، با افزایش دما، مقاومت اهمی فلزات افزایش می یابد. از همین خاصیت تغییرات مقاومت اهمی فلزات بر اثر تغییر دما، برای اندازه گیری حرارت در صنعت استفاده می شود.

در اکثر فلزات شناخته شده، تغییرات مقاومت اهمی نسبت به تغییرات دما، خطی نیست. مثلاً در یک فلز مشخصی، اگر دمای فلز از صفر به 10° درجه سانتی گراد افزایش پیدا کند، مقاومت اهمی آن فلز 5Ω زیاد می شود و اگر دمای همان فلز از 10° درجه سانتی گراد به 20° درجه سانتی گراد افزایش یابد، مقاومت اهمی آن فلز $7/2$ اهم زیاد می شود.

تنها فلزی که تقریباً تغییرات مقاومت اهمی آن نسبت به تغییرات دما، خطی است، فلز پلاتین (Pt) است. هر چند که این فلز بسیار گران بها است - به طور متوسط دو برابر قیمت طلا - اما برای اندازه گیری دما از آن استفاده می کنند.

۱-۶-۷- حسگر (سنسور) $Pt100$: $Pt100$ یک مقاومت اهمی از جنس پلاتین است که در صفر درجه سانتی گراد مقاومت اهمی آن 100Ω است.

۱-۶-۵- آی سی های (IC) سنسور درجه حرارت :

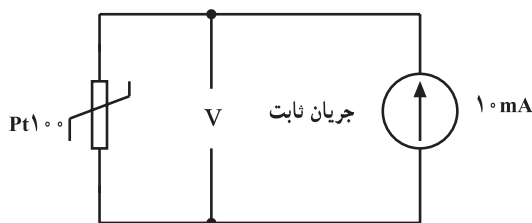
پیشرفت تکنولوژی الکترونیک در ساخت قطعات الکترونیکی، قطعاتی ساخته شده اند که می توانند حرارت را حس نموده و متناسب با درجه حرارت در خروجی خود ولتاژ یا جریانی را تولید نمایند. محدوده اندازه گیری حرارت در این گونه قطعات از $6^\circ C$ تا $180^\circ C$ می باشد. البته سنسور حرارتی تنها یک قطعه نیست بلکه یک قطعه حس کننده حرارت همراه با یک مدار الکترونیکی است که همگی به صورت یک مدار مجتمع ساخته شده و به صورت یک قطعه سه پایه شبیه یک ترانزیستور در اختیار ما قرار می گیرد.

خروجی این IC ها ولتاژ یا جریان بوده و از مهم ترین مزایای آن ها، خطی بودن ولتاژ یا جریان خروجی نسبت به درجه حرارت می باشد؛ به عنوان مثال، خروجی یک IC به ازای هر درجه سانتی گراد دما $10mV$ ولتاژ در اختیار ما قرار می دهد.

۱-۶-۶- روش دیگری برای اندازه گیری دما در

صنعت : برای اندازه گیری دما، روش های مختلفی وجود دارد. یکی از این روش ها، اندازه گیری تغییر خواص الکتریکی اجسام در اثر تغییرات دما است. می دانیم که مقاومت اهمی فلزات در اثر

در $Pt 100$ به ازای افزایش هر درجه دما، $385m\Omega$ مقاومت اهمی آن زیاد می شود.



شکل ۱-۳۵ نحوه تبدیل دما به ولتاژ

۱-۷- اندازه‌گیری تغییر مکان طولی

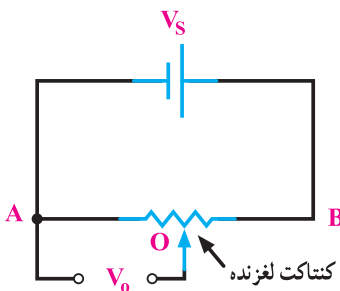
برای اندازه‌گیری تغییر مکان طولی (از حدود میکرومتر تا چندین سانتی‌متر و یا متر) با توجه به دقتی که مورد نیاز است از شیوه‌های مختلفی استفاده می‌کنند.

اندازه‌گیر تغییر مکان طولی وسیله‌ای است که میزان جابه‌جایی یک جسم را بین دو نقطه، در امتداد خط مستقیم، مورد سنجش قرار می‌دهد. علاوه بر این، از این وسیله در سنجش تغییر مکان طولی یک جسم به‌طور مستقیم و سنجش کمیت‌هایی مانند فشار، نیرو، شتاب و حرارت که قادر به ایجاد تغییر مکان هستند نیز استفاده می‌شود. انواع مختلفی از این وسیله در صنعت وجود دارد که در زیر به‌طور خلاصه به بعضی از آن‌ها اشاره می‌کنیم:

۱-۷-۱- پتانسیومتر مقاومتی: پتانسیومتر مقاومتی دارای مقاومتی است که یک کنتاکت یا اتصال لغزنده بر روی آن قرار دارد. پتانسیومتر یک قطعه الکترونیکی است که به‌عنوان مقاومت متغیر در مدارها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در کتاب مبانی برق در این باره بیشتر خواهید آموخت.

مطابق شکل ۱-۳۶ ولتاژ V_s به دو سر پتانسیومتر اعمال می‌شود (دو نقطه A و B) که در نتیجه آن ولتاژ خروجی V_o بین دو نقطه A و O (اتصال متحرک) ایجاد می‌گردد. یک رابطه خطی بین ولتاژ خروجی و فاصله AB به‌صورت زیر وجود دارد.

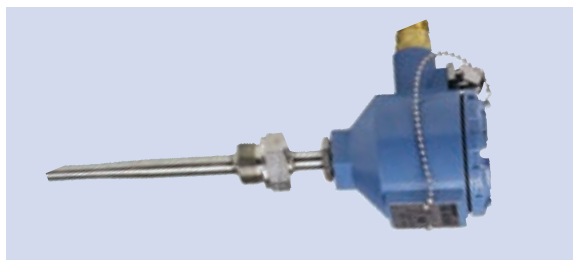
$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{AO}{AB}$$



شکل ۱-۳۶ نحوه اتصال ولتاژ V_s به دو سر پتانسیومتر

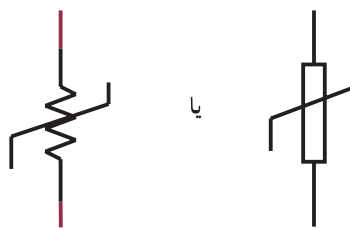
به کمک $Pt100$ می‌توان دمای 200° - درجه سانتی‌گراد تا 850° درجه سانتی‌گراد را اندازه گرفت.

$Pt100$ معمولاً همراه با یک مدار الکتریکی^۱ مورد استفاده قرار می‌گیرد. به کمک مدار الکتریکی می‌توان رنج دمای مورد نظر اندازه‌گیری را تبدیل به جریان استاندارد $4mA$ تا $20mA$ کرد و سپس با وسایل اندازه‌گیری ساده آن را اندازه گرفت و یا کنترل کرد. شکل ۱-۳۳ یک نمونه $Pt100$ را نشان می‌دهد.



شکل ۳۳ - ۱- شکل ظاهری یک $Pt100$

$Pt100$ را با سمبل شکل ۱-۳۴ در نقشه‌های الکتریکی نشان می‌دهند.



شکل ۱-۳۴ سمبل $Pt100$

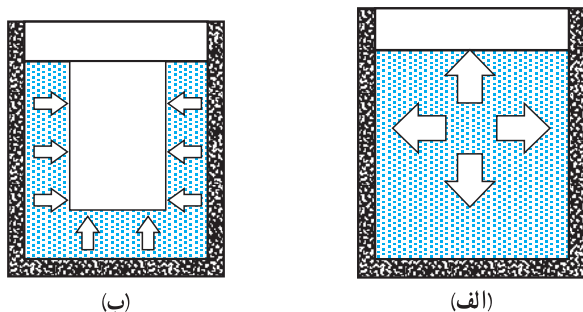
$Pt100$ را به صورت دو سیمه، سه سیمه و چهارسیمه می‌سازند که نوع سه سیمه آن از بقیه رایج‌تر است.

از $Pt100$ در صنعت برای اندازه‌گیری دمای سیالات با دمای کمتر از 80° درجه سانتی‌گراد به فراوانی استفاده می‌کنند ضمن این که می‌توان از $Pt100$ برای اندازه‌گیری دمای محیط، دمای سیلوهای حبوبات و ... نیز استفاده کرد. دقت اندازه‌گیری دما با $Pt100$ بسیار بالاست.

به کمک مدار شکل ۱-۳۵ می‌توان میزان دما را تبدیل به سیگنال الکتریکی کرد. ولتاژ دو سر $Pt100$ متناسب با دمای $Pt100$ است.

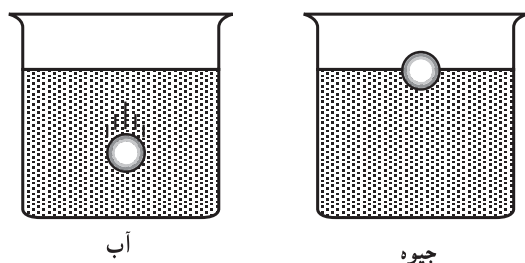
۱- مدار الکترونیکی مورد استفاده برای این دستگاه را ترانس‌میتور (Transmitter) یا فرستنده می‌نامند.

آن ریخته می‌شوند، فشار وارد می‌آورند (شکل ۱-۳۷ الف). چنانچه یک جسم خارجی را در یک ظرف مایع قرار دهیم از طرف مایع فشاری به این جسم وارد می‌شود (شکل ۱-۳۷ ب).



شکل ۱-۳۷ مایعات به دیواره طرف (الف) و جسم خارجی موجود در ظرف (ب) فشار وارد می‌کنند.

به شکل ۱-۳۷ ب نگاه کنید: فشاری که از دو پهلو به جسم شناور وارد می‌شود یکدیگر را خنثی می‌کنند. اما فشار وارده از پایین که بیشتر از فشار وارده از بالاست سعی بر آن دارد که جسم را به طرف بالا براند و همین فشار است که باعث سبک شدن اجسام شناور می‌شود (قانون ارشمیدس). هر قدر وزن مخصوص مایع بیشتر باشد این فشار بیشتر خواهد بود. مثلاً ممکن است جسمی در آب غوطه‌ور شود اما در جیوه (مایع) فرو نرود. زیرا وزن مخصوص جیوه زیاد بوده و فشار زیادی از پایین به آن جسم وارد می‌نماید و آن را در سطح خود شناور نگه می‌دارد (شکل ۱-۳۸).



شکل ۱-۳۸ جسم در آب غوطه‌ور می‌شود و در جیوه فرو نمی‌رود.

پس از ذکر مقدمه فوق، ساده‌ترین روش استفاده از اجسام شناور را در شکل ۱-۳۹ نشان می‌دهیم. با بالا یا پایین رفتن سطح مایع تویی نیز به سمت بالا و پایین حرکت می‌کند و این امر باعث حرکت عقربه شده و عقربه (حرکت عقربه) ارتفاع سطح مایع را مشخص می‌کند.

جسمی که تغییر مکان آن اندازه‌گیری می‌شود به کنتاکت لغزنده متصل می‌گردد. بنابراین هر تغییر مکانی که جسم داشته باشد باعث تغییر مکان لغزنده و در نتیجه تغییر V_0 می‌گردد. از نظر ساختمانی سه نوع پتانسیومتر وجود دارد:

الف) پتانسیومتر سیمی

ب) پتانسیومتر زغالی

ج) پتانسیومتر پلاستیکی

اسامی فوق متناسب با نام المان مقاومتی (سیم، زغال، پلاستیک) انتخاب شده است. پتانسیومتر سیمی، سیم نازکی است که به دور یک شیء غیرهادی پیچیده شده و یک لغزنده می‌تواند در نقاط دلخواه با سیم ارتباط الکتریکی داشته باشد. با جابه‌جاشدن لغزنده، مقاومت بین آن و کنتاکت‌های ثابت تغییر می‌کند. حداقل این تغییر مقاومت برابر با مقاومت یک حلقه است؛ بنابراین، مقاومت سیمی قدرت تمیز دادن مقادیر بسیار کم حرکت را نخواهد داشت. بدین جهت برای داشتن تغییرات بسیار کم مقاومت و در نتیجه تغییر مکان کم در جسم، باید از پتانسیومتر زغالی یا پلاستیکی استفاده شود. قدرت تمیز این دو نوع مقاومت بستگی به اندازه دانه‌بندی زغال یا پلاستیک دارد، ولی معمولاً قدرت تمیز آن‌ها تا $\frac{1}{10000}$ اهم می‌تواند باشد. در عمل قدرت تشخیص یک پتانسیومتر، علاوه بر جنس ماده تشکیل دهنده آن، به ساختمان مکانیکی فنی که لغزنده را به مقاومت تماس می‌دهد بستگی دارد.

۱-۸-۱ اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات

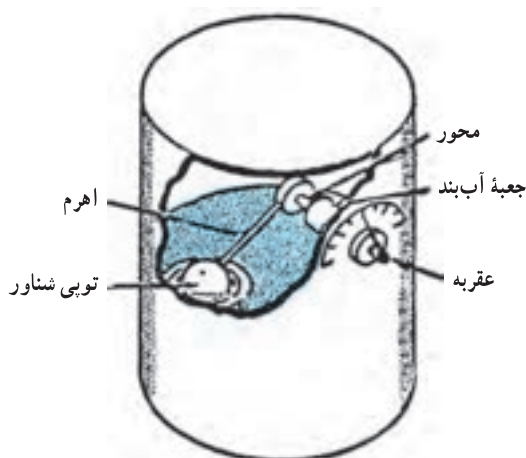
منظور از سطح مایع حدفاصل مایع با بخار خود یا محیط گازی که روی آن را احاطه کرده است می‌باشد.

ساده‌ترین روش اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع استفاده از ظرف شیشه‌ای یا شفاف است که بتوان مایع داخل آن را از بیرون به خوبی دید، اما چون نمی‌توان مخزن‌ها را از شیشه یا جسم شفاف ساخت، لذا اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع به طرق دیگری انجام می‌پذیرد که در زیر به بعضی از آن‌ها اشاره‌ای مختصر خواهد شد.

۱-۸-۱-۱ اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع به کمک

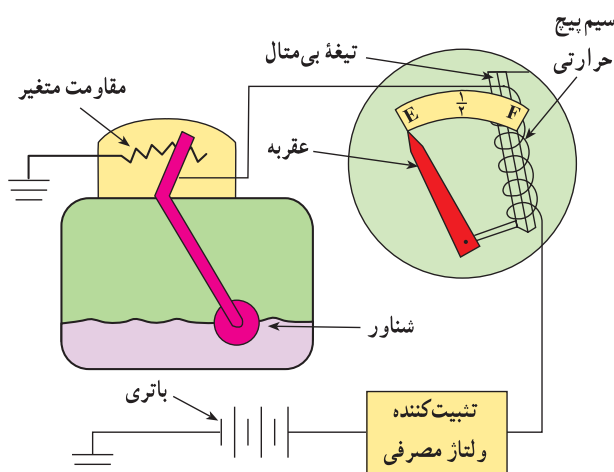
اجسام شناور: مایعات همواره به خود و دیوارهای ظرفی که در

شکل ۴۱-۱ استفاده دیگری از تویی شناور را نشان می‌دهد. با حرکت تویی، اهرم، میله متحرک و عقربه حرکت کرده و ارتفاع سطح مایع را روی صفحه مدرج نشان می‌دهد.

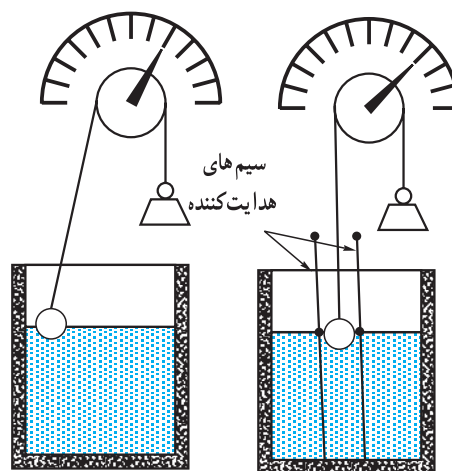


شکل ۴۱-۱ استفاده از تویی شناور برای تعیین ارتفاع سطح مایع

الف) اصول کار : یک نمونه از نشان دهنده سطح مایع که در باک اتومبیل به کار می‌رود را در شکل ۴۲-۱ ملاحظه می‌کنید. ساختمان سوخت نما مانند نشان دهنده درجه آب از نوع بی متالی است که در آن از تیغه بی متال و سیم پیچ حرارتی استفاده شده است. در حالت‌های پُر و خالی بودن باک مقدار مقاومت متغیر نصب شده روی باک تغییر می‌کند و بر حسب مقدار جریان مصرفی و حرارت ایجاد شده در سیم پیچ حرارتی، تیغه بی متال تغییر طول داده و عقربه نشان دهنده در فاصله E (خالی بودن باک) و F (Full پر بودن باک) مقدار حجم سوخت اندازه گیری شده داخل باک را نشان می‌دهد.

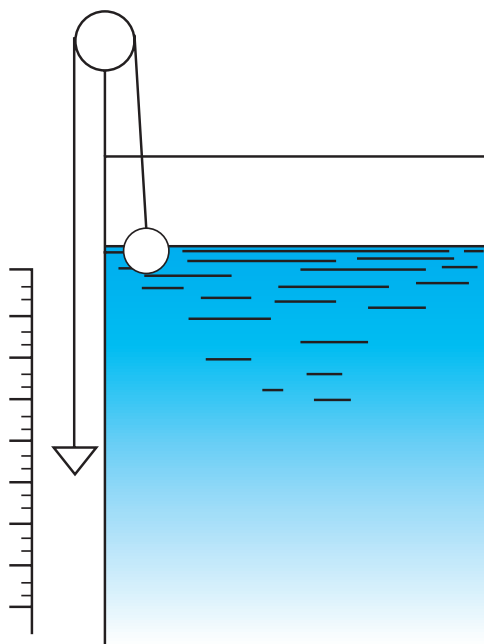


شکل ۴۲-۱ یک نمونه از نشان دهنده سطح مایع در باک اتومبیل



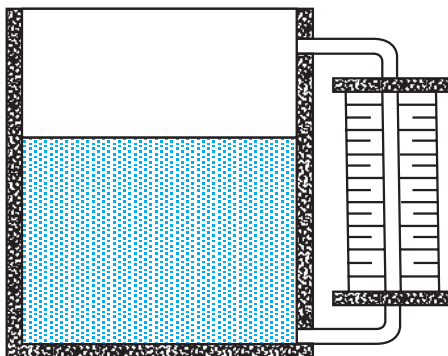
شکل ۳۹-۱ تغییر ارتفاع سطح مایع به کمک اجسام شناور

برای این که تویی شناور روی سطح مایع حرکت آزاد نداشته باشد معمولاً آن را به وسیله دو میله مهار می‌کنند. در این روش می‌توان به جای عقربه و صفحه مدرج از یک شاغول و یک خط کش مدرج بلند، مطابق شکل ۴۰-۱، استفاده نمود. در این طریقه تویی شناور به وسیله نخ‌کی که از روی قرقره عبور کرده است به وزنه شاغول متصل است. این وزنه در کنار مقیاس مدرج حرکت می‌کند و ارتفاع سطح مایع را اندازه می‌گیرد.



شکل ۴۰-۱ استفاده از یک شاغول و یک خط کش مدرج برای اندازه گیری ارتفاع سطح مایع

محافظ نصب شده است و برای مخزن‌هایی که دارای فشار بالا هستند از لوله‌های شیشه‌ای استفاده نمی‌شود.



شکل ۴۴-۱ اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات با استفاده از لوله‌اندازه‌گیری

۱-۹- اندازه‌گیری وزن

برای اندازه‌گیری وزن در صنعت از حدود گرم تا چند ده تن، از وسیله‌ای به نام لودسل (Load cell) و یک سیستم نشان‌دهنده به نام ایندیکیتور (Indicator) استفاده می‌شود. شکل ۴۵-۱ یک لودسل و یک ایندیکیتور را نشان می‌دهد.



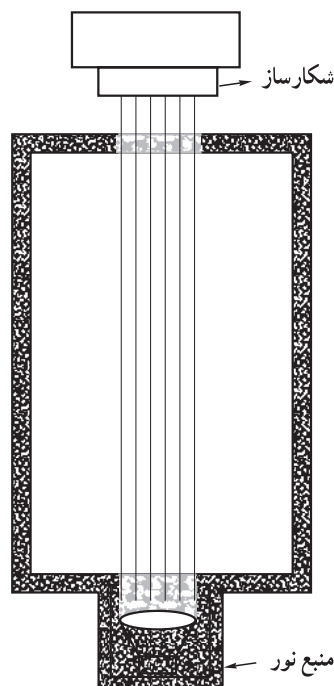
الف) یک نمونه لودسل



ب) یک نمونه ایندیکیتور

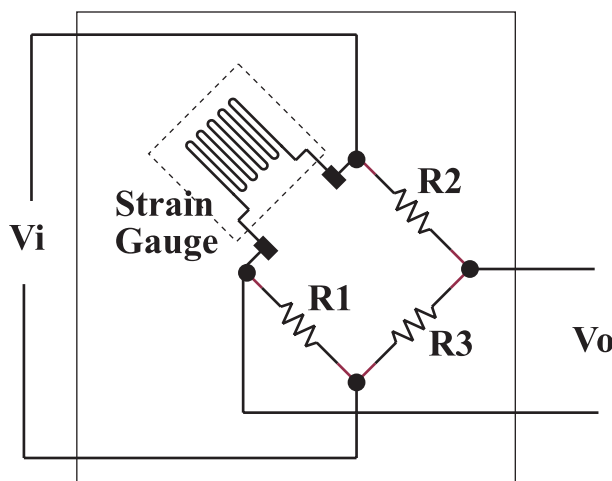
شکل ۴۵-۱ یک نمونه لودسل و یک نمونه ایندیکیتور

۲-۸-۱- اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات به کمک امواج: اگر نوری بر سطح مایع شفاف تابانده شود مقدار کمی از آن هنگام برخورد با مایع منعکس گشته و مقداری دیگر جذب مایع می‌گردد اما قسمت اعظم آن از مایع عبور می‌کند. در این عمل هرچه ضخامت مایع بیشتر باشد مقدار نور جذب شده افزایش یافته و نور خارج شده کم می‌شود. بنابراین از روی نور خارج شده می‌توان ضخامت یا ارتفاع مایع را معین نمود. این شیوه اندازه‌گیری مطابق شکل ۴۳-۱ برای اندازه‌گیری ارتفاع مایعات شفاف به کار می‌رود.



شکل ۴۳-۱ اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات به کمک امواج

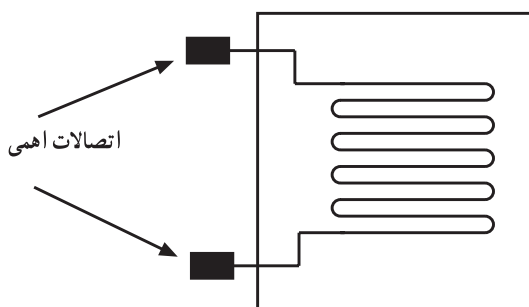
۳-۸-۱- اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات با استفاده از لوله‌اندازه‌گیری: می‌دانیم مایع در تمام ظرف‌های مرتبط با یکدیگر در یک سطح قرار می‌گیرد، از این خاصیت برای اندازه‌گیری سطح مایع مطابق شکل ۴۴-۱ استفاده می‌شود. لوله‌شیشه‌ای از یک طرف به پایین‌ترین قسمت مخزن و از طرف دیگر به قسمت بالایی آن متصل شده است. می‌دانیم که سطح مایع در این لوله با سطح مایع در مخزن برابر است. برای جلوگیری از شکسته شدن این نوع لوله‌ها، در اطراف آن چند میله



شکل ۴۷-۱ مدار الکتریکی لودسل

عنصر اصلی تشخیص وزن، یک قطعه به نام Strain Gauge است.

Strain Gauge در حقیقت یک مقاومت اهمی است که از نوارهای بسیار باریکی تشکیل شده است. اگر این مقاومت تحت فشار قرار گیرد، شکل فیزیکی آن به واسطه فشار، تغییر می کند و هر نوع تغییر شکل فیزیکی، باعث تغییر مقاومت اهمی آن می شود. غیر از فشار، کشش نیز می تواند باعث تغییر شکل فیزیکی آن گردد. لذا مقدار مقاومت اهمی این مقاومت بر اثر کشش نیز تغییر می کند. شکل ۴۶-۱ ساختار داخلی یک Strain Gauge را نشان می دهد.



شکل ۴۶-۱ ساختار داخلی یک Strain Gauge

در یک Strain Gauge، تغییرات مقاومت اهمی آن متناسب با وزنی که روی آن قرار می گیرد. کاملاً خطی است. مثلاً اگر وزن یک کیلوگرم روی آن قرار گیرد، مقاومت اهمی آن یک میلی اهم تغییر می کند و اگر مقدار وزن دو برابر شد، تغییرات مقاومت اهمی آن نیز دو میلی اهم می شود.

لودسل ها به دو صورت فشاری و کششی ساخته می شوند. نوع فشاری معمولاً روی یک تکیه گاه روی زمین نصب می شود و وزن مورد نظر روی آن قرار می گیرد. در نوع کششی، معمولاً لودسل به صورت آویز نصب می شود و وزن به صورت کششی روی لودسل منتقل می گردد.

همان طور که قبلاً گفته شد، خروجی لودسل ها، به ایندیکتورها وصل می شود تا ایندیکتورها وزن قرار گرفته روی لودسل را نشان دهند، ایندیکتورها علاوه بر نمایش مقدار وزن، امکانات دیگری نیز دارند که به بعضی از آن ها در زیر اشاره خواهد شد :

- شمارش تعداد قطعات روی آن قرار گرفته.
- اندازه گیری وزن ظرف خالی (TARE)
- امکان اتصال مستقیم چاپگر به آن ها و چاپ فاکتور
- امکان اتصال به یک کامپیوتر معمولی
- در خروجی ایندیکتورها تعدادی رله وجود دارد که می توان با دادن برنامه به ایندیکتور، شرایطی را فراهم کرد که، به ازای

تغییر مقاومت اهمی Strain Gauge حدود میلی اهم و یا کسری از میلی اهم است. لذا برای اندازه گیری تغییرات اهمی آن، از اهم متر و یا وسایل مشابه دیگر نمی توان استفاده کرد زیرا مقاومت اهمی سیم های رابط و تغییر مقاومت اهمی آن ها بر حسب تغییرات دما، ممکن است به مراتب بیشتر از کسری از میلی اهم باشد.

عملاً Strain Gauge را در مدار الکتریکی شکل (۴۷-۱) که به نام پل و تستون مشهور است قرار می دهند، در خروجی این مدار متناسب با تغییر مقاومت اهمی Strain Gauge، ولتاژ DC تولید می شود. با اندازه گیری ولتاژ DC توسط ایندیکتور، وزن قرار داده شد روی Strain Gauge تعیین می شود. به مدار الکتریکی شکل ۴۷-۱ لودسل می گویند.

وزن‌های مختلف و مشخص، رله‌ها عمل کنند. از این فرآیند برای
ترکیب (مخلوط) چند ماده مختلف در صنعت استفاده می‌شود. یک جریان $20-40\text{ mA}$ تولید و در اختیار کاربر قرار دهند.
● ایندیکتورها، می‌توانند متناسب با وزن روی لودسل،

ویژگی‌های جریانی حالت‌معد

تحقیق کنید دستگاه‌های ترازوی الکترونیکی متداول در بازار میوه و سوپرمارکت‌ها بر چه اساسی کار می‌کنند.

۱۰- الکتریکی پرسشی

تشریحی

- ۱- چرا در صنعت کمیت‌های غیرالکتریکی مانند درجه حرارت و فشار را ابتدا تبدیل به یک کمیت الکتریکی کرده و سپس آن را انتقال می‌دهند؟
- ۲- کاربرد اندازه‌گیری تغییر مکان طولی کدام است؟
- ۳- فشار واحدهای آن را تعریف کنید.
- ۴- سه مورد کاربرد فشار را نام ببرید.
- ۵- کاربرد فشارسنج دیافراگمی در کجاست؟
- ۶- درجه حرارت را تعریف کنید.
- ۷- ساختمان دماسنج فشاری را به‌طور کامل شرح دهید.
- ۸- دماسنج ترموکوپلی و کاربرد آن را به‌طور کامل شرح دهید.

صحیح - غلط

- | | | |
|--|-------------------------------|------------------------------|
| ۹- مقاومت سیمی قدرت تمیز دادن مقادیر بسیار کم حرکت را ندارد. | <input type="checkbox"/> صحیح | <input type="checkbox"/> غلط |
| ۱۰- حساسیت فشارسنج فانوسی از فشارسنج دیافراگمی کم‌تر است. | <input type="checkbox"/> صحیح | <input type="checkbox"/> غلط |

کامل کردنی

- ۱۱- اندازه‌گیری نتیجه یک مقایسه کلی است بین یک استاندارد (شاخص) و یک اندازه (مقدار)

.....

چهار گزینه‌ای

- ۱۲- دستگاه‌هایی که قادر به نمایش کمیت اندازه‌گیری شده به‌صورت پیوسته نیستند، دستگاه‌های نام دارند.
- | | |
|-------------------|-------------------|
| ۱- آنالوگ | ۲- دیجیتال |
| ۳- الکترواستاتیکی | ۴- الکترومغناطیسی |

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.

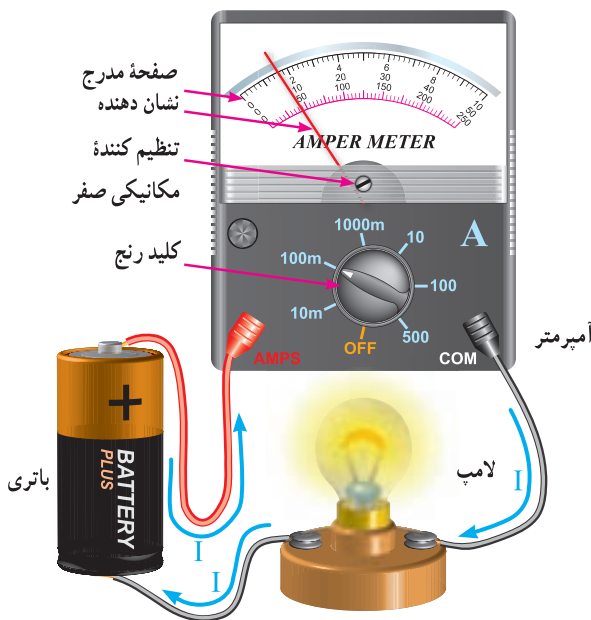
قابل توجه هنرآموزان محترم

- در صورت امکان، نمونه‌هایی از 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 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 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 مصرف‌کننده و جریان عبوری از آمپر متریکی باشند. شکل ۲-۱ نحوه قرار گرفتن یک آمپر متر را، در یک مدار ساده الکتریکی، نشان می‌دهد.



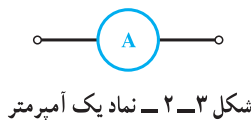
شکل ۲-۱- نحوه قرار گرفتن آمپر متر در مدار

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

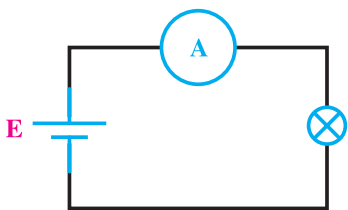
$73 \times C =$ مقدار جریانی که میلی آمپر متر نشان می دهد

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

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



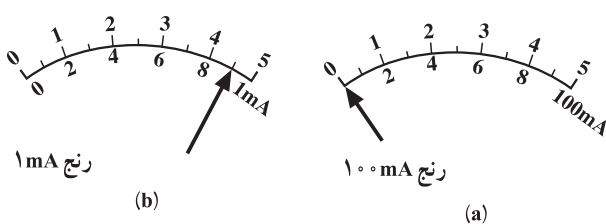
شکل ۲-۴ یک مدار الکتریکی را که آمپر متر در آن قرار گرفته است نشان می دهد.



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° میلی آمپر را در محدوده اندازه گیری 1mA و 100mA نشان می دهد. همان طور که از شکل نیز پیداست اندازه گیری جریان 92mA در رنج 1mA 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، 100mA می باشد) را به ماکزیمم عدد روی صفحه مدرج (مثلاً در شکل ۲-۱ یکی از تقسیمات 10° 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:

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

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

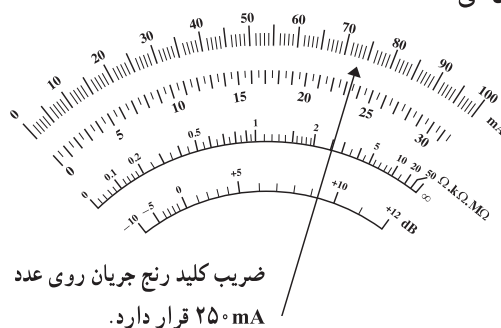
مثال ۱: بیش ترین عدد درج شده روی یک میلی آمپر متر 60° می باشد (صفحه مدرج به 60° قسمت تقسیم شده است) اگر حدود اندازه گیری (ضریب کلیدرنج) روی عدد 300mA بوده و عقربه آمپر متر به اندازه $42/5$ قسمت منحرف شده باشد، آمپر متر مقدار جریان را $212/5 \text{mA}$ نشان می دهد زیرا:

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

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 آنگاه 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.

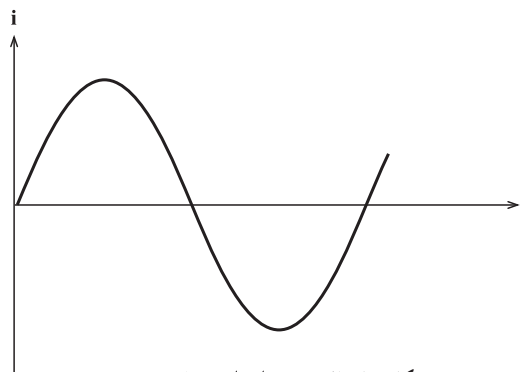


شکل ۲-۱۳ یک نمونه مولتی متر دیجیتالی آزمایشگاهی AC و DC

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 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.

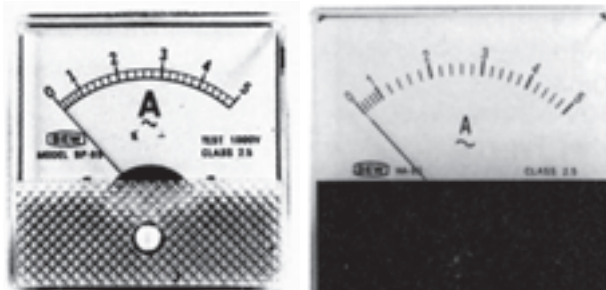
علاوه بر آمپر مترهای آزمایشگاهی و تابلویی و مولتی مترها، نوع دیگری از آمپر مترهای AC وجود دارند که به آمپر متر انبری معروفند.

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.



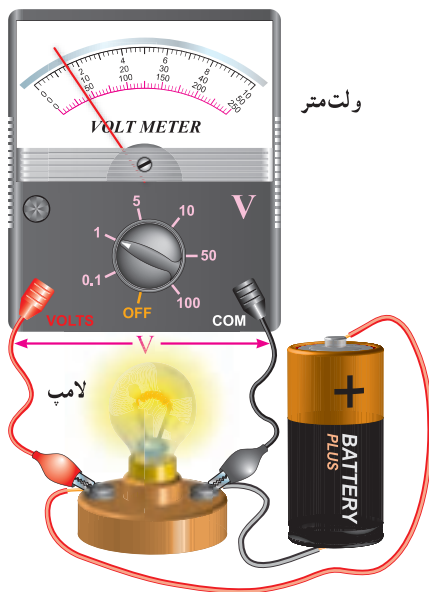
شکل ۲-۱۰ نمونه‌ای از جریان AC

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 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

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.

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



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



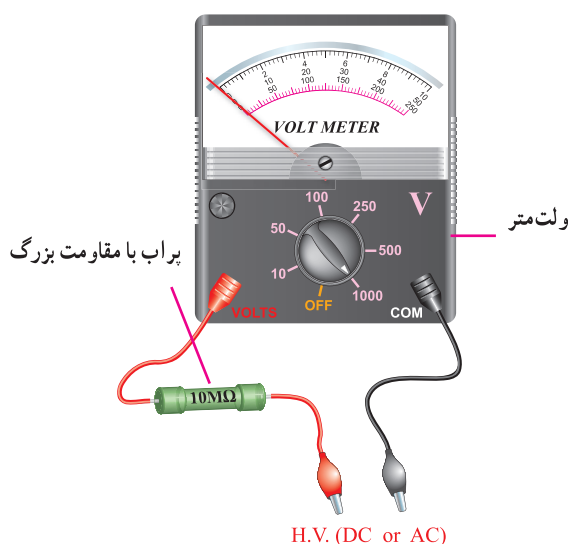
سؤال : در شکل ۱۷-۲ عقربه ولت متر در حالت A، B و C

در مدارهای الکتریکی ولت متر را با نماد شکل ۱۸-۲

شکل ۱۹-۲ یک مدار الکتریکی را، که ولت متر آن در

28

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.



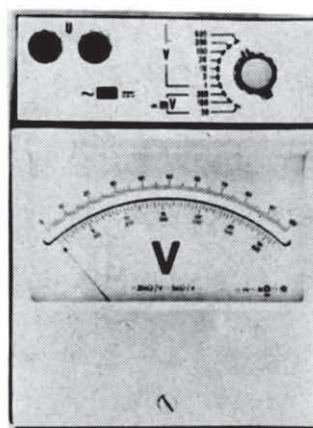
شکل ۲-۲۵ نمونه ای از پراب «ولتاژ زیاد» که با ولت متر، سری شده است.

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

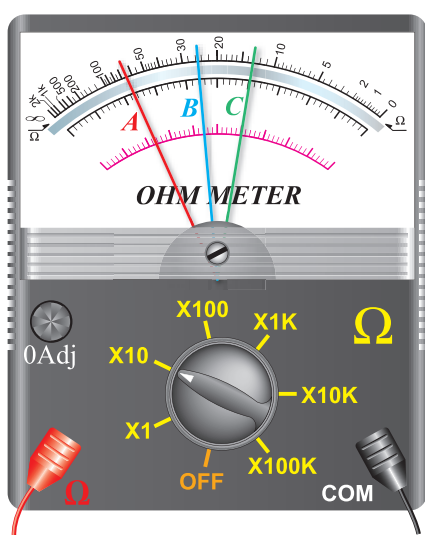
آشنا خواهید شد. درجه بندی اهم متر عکس درجه بندی ولت متر و آمپر متر است؛ یعنی صفر آن در سمت راست صفحه مدرج قرار دارد، ضمناً درجه بندی آن خطی نیست.

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) $67/5 \times 10 = 675 \Omega$

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

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

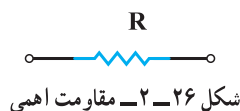


شکل ۲۸-۲- برای خواندن مقدار مقاومت اهمی، مقدار خوانده شده روی صفحه مدرج در رنج اهم متر ضرب می شود.

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 2Ω ، 3Ω ، 10Ω و 15Ω تا حدود 50Ω ، تقریباً به راحتی قابل خواندن هستند، اما از حدود 50Ω تا آخرین حد تقسیمات، درجه بندی بسیار فشرده می شود که در این حالت مقاومت های زیاد (مثلاً 100Ω 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 (Ω) 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

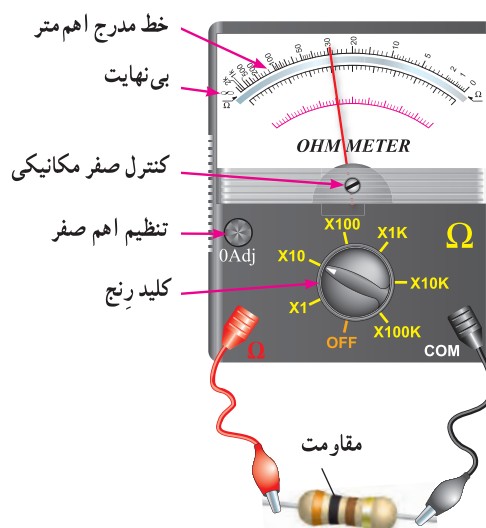
ب) روش غیر مستقیم

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

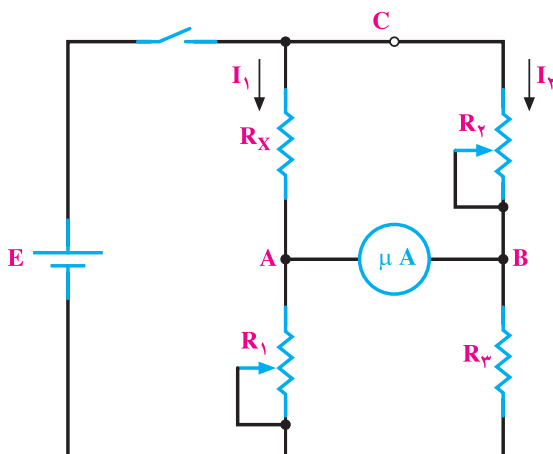
اندازه گیری یک مقاومت اهمی است، نشان می دهد.



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.



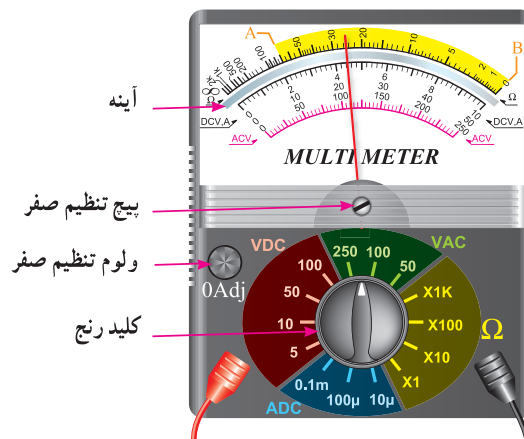
شکل ۲-۳۱- مدار الکتریکی پل وتستون

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.

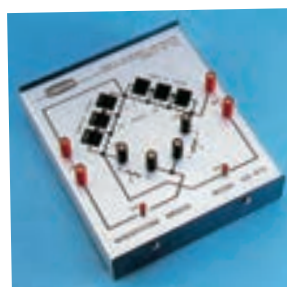
۴۰٪ باشد مقدار مقاومت واضح خوانده می‌شود). در شکل ۲-۲۹ خواندن مقاومت بین دو نقطه A و B می‌تواند دقیق باشد.



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.

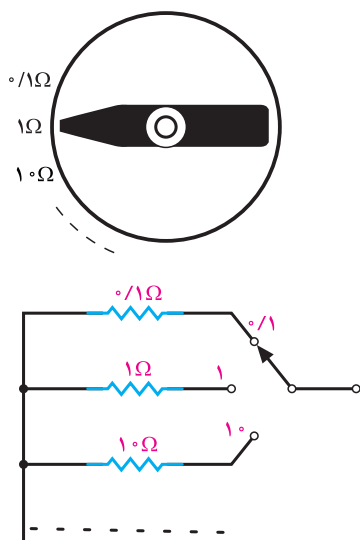


شکل ۲-۳۰- یک نمونه پل وتستون

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° تغییر می‌کند. مثلاً 0.1° ، 1° ، 10° ، 100° 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- الکتری پرشی

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

اندازه‌گیری توان، انرژی و اختلاف فاز

هدف کلی

شناخت مفاهیم توان، انرژی و اختلاف فاز

و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها

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

- توان الکتریکی و واحد آن را تعریف کند.
- نحوه اتصال وات‌متر به مدار را شرح دهد.
- انتخاب صحیح حوزه کار (رنج) را در یک وات‌متر، توضیح دهد.
- نکات ایمنی برای حفاظت وات‌متر در برابر خطرات را بیان کند.
- مقدار توان اندازه‌گیری شده توسط وات‌متر را بخواند.
- تفاوت بین توان AC و DC را شرح دهد.
- انرژی الکتریکی و واحد آن را تعریف کند.
- نحوه اتصال کنتور را، در یک مدار، شرح دهد.
- اختلاف فاز را تعریف کند.
- عوامل ایجاد اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان را، در یک مدار، 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.
- در امور مختلف حضور فعال و داوطلبانه داشته باشد.
- توانمندی‌های خود را در موقعیت‌های مناسب بروز دهد.
- در کار گروهی 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.

قبل از شروع این مبحث مفاهیم زیر را به خاطر بسپارید :

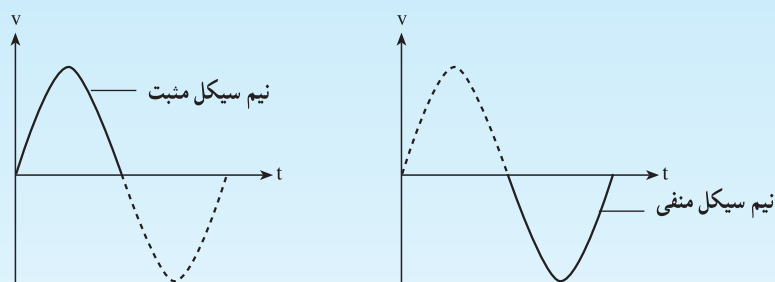
۱- موج سینوسی : همان طور که در مبحث قبل اشاره شد، موج سینوسی دارای قسمت مثبت و منفی است.

۲- معادله ریاضی موج سینوسی : معادله ریاضی موج سینوسی به صورت $V = V_m \sin 2\pi ft$ تعریف می شود.

می خوانیم V مساوی است با V_m سینوس دویی ضربدر f ضربدر t . اگر با استفاده از قوانین ریاضی شکل موج معادله بالا را رسم کنیم یک شکل موج سینوسی به ما می دهد.

۳- هر موج سینوسی بعد از دو نیم سیکل (یک نیم سیکل مثبت و یک نیم سیکل منفی) تکرار می شود.

۴- نیم سیکل : عبارت است از فاصله ای که موج از صفر به ماکزیمم یا مینیمم و سپس به صفر می رسد.



۵- سیکل : مجموعه ای یک نیم سیکل مثبت و یک نیم سیکل منفی را سیکل یا دوره تناوب می گویند.

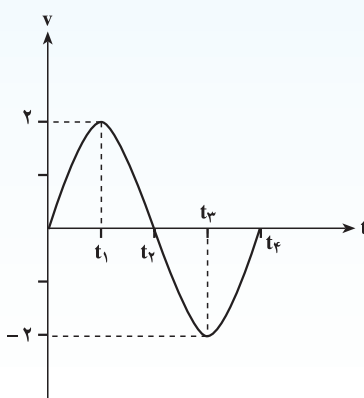
۶- شکل موج : امواج می توانند شکل موج های مختلفی مانند : مربعی، مثلثی و دندانه اره ای داشته باشند.

این امواج نیز دارای نیم سیکل های مثبت و منفی هستند و تعریف سیکل نیز برای آن ها صدق می کند.

۷- فرکانس : تعداد سیکل ها در یک ثانیه را فرکانس می نامند و آن را با f نشان می دهند.

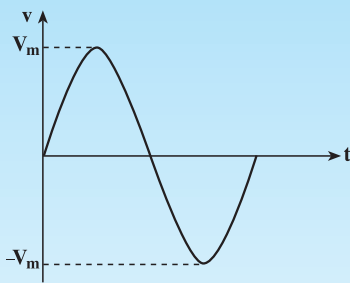
۸- مقدار لحظه ای : به مقدار موج در هر لحظه از زمان مقدار لحظه ای می گویند. مثلاً در شکل زیر در t_1

مقدار دامنه ۲ ولت و در لحظه t_3 مقدار دامنه ۲- ولت است.

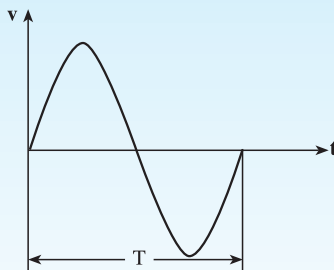


۹- مقدار V_m : در لحظه‌ای از هر نیم سیکل که موج سینوسی بیشترین مقدار را دارد، آن را V_m یا ولتاژ ماکزیمم

می‌نامند.



۱۰- زمان تناوب : زمان یک سیکل را زمان تناوب می‌نامند.



قابل توجه هنرآموزان محترم

در صورت امکان ضمن نشان دادن تجهیزات واقعی در کلاس و نحوه استفاده از آن‌ها، با استفاده از نرم افزار مولتی سیم موارد آموزش را برای هنرجویان به صورت آزمایشگاه مجازی به نمایش درآورید.

مقدمه

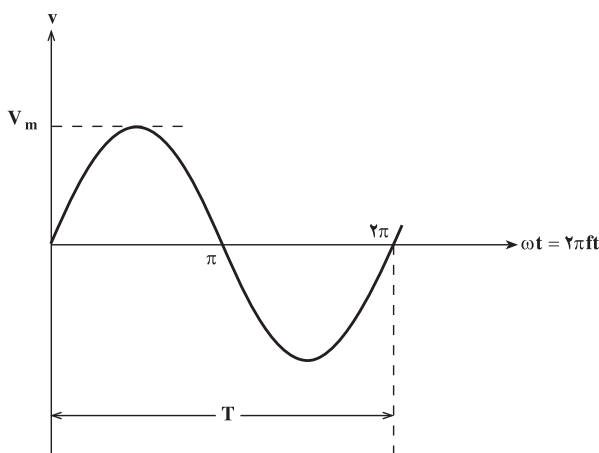
می‌شود. در شکل ۱-۳ یک سیکل کامل از برق شهر نشان داده شده است. فرکانس برق شهر در ایران 50° هرتز است.

همه ما در زندگی روزمره خود از برق استفاده می‌کنیم. از یک منزل مسکونی ساده تا صنایع عظیم چون فولادسازی، همه جا، برق یک نیروی حیاتی است. برق در نیروگاه‌ها تولید می‌شود و بین مصرف‌کننده‌ها در سراسر کشور توزیع می‌شود. شکل ولتاژ تولید شده در تمامی نیروگاه‌ها به صورت سینوسی بوده و همین شکل موج ولتاژ بین تمامی مصرف‌کننده‌ها توزیع می‌گردد.

معادله ریاضی ولتاژ سینوسی به صورت رابطه ۱-۳ است.

$$V = V_m \sin 2\pi ft \quad (3-1)$$

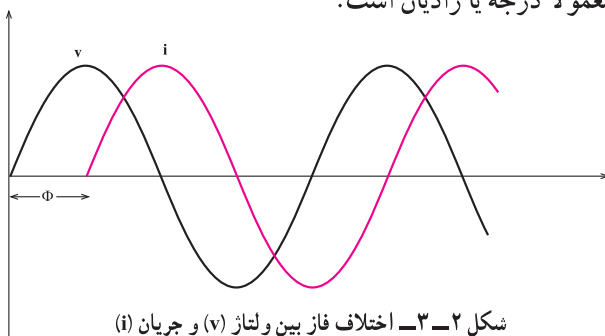
در رابطه ۱-۳، v مقدار ولتاژ در هر لحظه بر حسب ولت، V_m دامنه ولتاژ یا ماکزیمم مقدار ولتاژ بر حسب ولت و f فرکانس یا تعداد سیکل‌ها در ثانیه است؛ که با واحد هرتز (Hertz - Hz) بیان



شکل ۱-۳ یک سیکل کامل برق شهر

اگر به یک مدار ولتاژ متناوب سینوسی اعمال گردد در آن مدار جریان سینوسی جاری می‌گردد؛ فقط ممکن است به خاطر بعضی از عناصر موجود در مدار مانند سلف و یا خازن، شکل جریان مدار با شکل ولتاژ مدار، که هر دو سینوسی هستند، روی هم منطبق نباشند یعنی هر دو در یک لحظه با هم صفر و ماکزیمم نشوند؛ در این صورت گوئیم بین جریان و ولتاژ سینوسی اختلاف فاز وجود دارد. شکل ۲-۳ دو شکل موج سینوسی را نشان می‌دهد که با یکدیگر اختلاف فاز (Φ) (به اندازه Φ) دارند:

اختلاف فاز را با حرف Φ (فی) نشان می‌دهند و واحد آن معمولاً درجه یا رادیان است.



مدت زمانی را که طول می‌کشد تا ولتاژ یا جریان یک سیکل کامل را طی کند زمان تناوب می‌نامند و آن را با حرف T نشان می‌دهند. رابطه T و f به صورت زیر است:

$$f = \frac{1}{T} \quad (3-2)$$

با توجه به این که مقدار ولتاژ در هر لحظه تغییر می‌کند برای بیان مقدار ولتاژ، از پارامتری به نام مقدار مؤثر استفاده می‌کنند. مقدار مؤثر هر ولتاژ متناوب، برابر است با مقدار ولتاژ مستقیم یا DC که به همان مقدار کار، حرارت یا کمیت دیگر تولید می‌نماید؛ به عبارت دیگر، مقدار جریان مستقیمی را که تولید حرارتی آن در یک مدت معین برابر با تولید حرارتی ولتاژ متناوب مورد نظر باشد، مقدار مؤثر (Effective) آن ولتاژ متناوب می‌گویند. رابطه ولتاژ مؤثر و دامنه (پیک) به صورت زیر است:

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 V_m \quad (3-3)$$

ویژگی‌های جریان و ولتاژ متناوب

حال اگر بخواهیم رابطه ریاضی بین ولتاژ و جریان را در ارتباط با یکدیگر نشان دهیم آن را باید به صورت زیر بنویسیم:

$$v = V_m \sin(2\pi ft) \quad (3-4)$$

$$i = I_m \sin(2\pi ft \pm \Phi) \quad (3-5)$$

۳-۱- اندازه‌گیری توان
حاصل ضرب ولتاژ لحظه‌ای در جریان لحظه‌ای را توان الکتریکی گویند. اگر جریان و ولتاژ از نوع DC باشد رابطه توان به صورت زیر در می‌آید:

$$P = V \cdot I \quad (3-6)$$

ویژگی‌های جریان و ولتاژ متناوب

اگر ولتاژ و جریان هر دو سینوسی، با اختلاف فاز (Φ) باشند رابطه توان به صورت زیر خواهد بود:

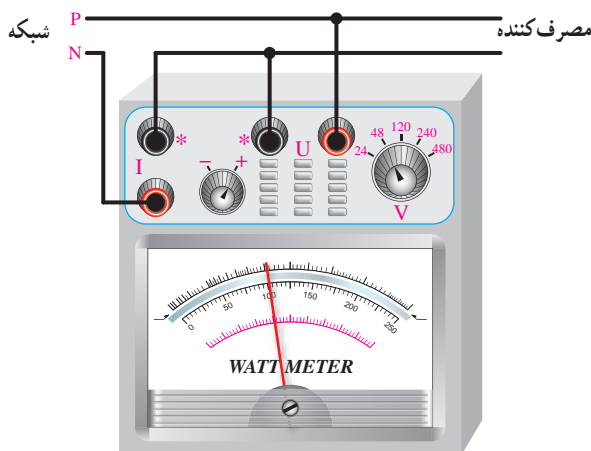
$$P = v \cdot i = V_m \sin \omega t \cdot I_m \sin(\omega t \pm \Phi) \quad (3-7)$$

و برای توان مؤثر خواهیم داشت:

$$P = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\Phi) \quad (3-8)$$

چنانچه ولتاژ دو سر بار و جریان آن، هر دو DC باشند انحراف عقربه وات متر نشان دهنده حاصل ضرب این دو کمیت است، و اگر ولتاژ و جریان سینوسی باشند این انحراف حاصل ضرب دو کمیت مؤثر ولتاژ و جریان سینوسی را نشان می دهد.

بنابراین به هر وات متر باید ولتاژ دو سر بار و نیز جریان مصرف کننده را اعمال نمود. به همین منظور روی وات متر دو ترمینال، هر دو به نام I، که جریان مصرف کننده را با آن سری می کنند و دو ترمینال دیگر هر دو به نام U، (با V هم نشان داده می شود) که ولتاژ دو سر مصرف کننده را (به صورت موازی) به آن اعمال می نمایند وجود دارد. شکل ۳-۵ نحوه ارتباط یک وات متر به شبکه برق شهر و مصرف کننده را نشان می دهد.



شکل ۳-۵- نحوه اتصال یک وات متر به شبکه برق شهر و مصرف کننده

روی اکثر وات مترها سلکتوری (کلید ولت متر) وجود دارد که با توجه به ولتاژ مصرف کننده ها تنظیم می گردد. مثلاً در شکل ۳-۵ رنج ولتاژ این کلید به صورت ۲۴، ۴۸، ۱۲۰، ۲۴۰ و ۴۸۰ ولت می باشد. روی برخی از وات مترها سلکتور جریان نیز وجود دارد که هنگام کار، با توجه به جریان مصرف کننده، باید روی عدد مناسبی قرار گیرد؛ اما امروزه تعداد زیادی از وات مترها فاقد کلید جریان بوده و معمولاً دارای جریان نامی ۵ آمپر می باشند.

هر وات متر در هر رنج ولتاژ معمولاً دارای یک مقدار ماکزیمم ولتاژ نیز می باشد، مثلاً در رنج ۴۸۰ ولت، ممکن است وات متر بتواند تا ۷۵۰ ولت را نیز تحمل نماید. به این مقدار ولتاژ، مقدار ماکزیمم مجاز می گویند. در کاتالوگ هر وات متر برای هر رنج مقدار

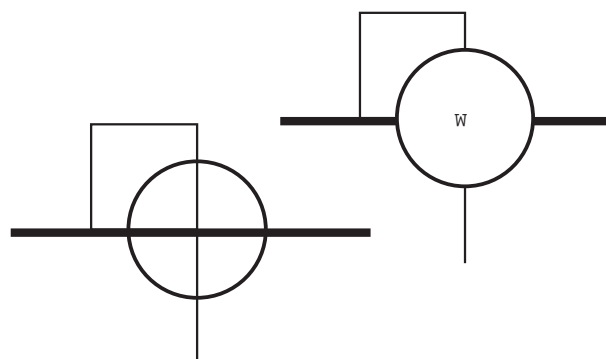
واحد توان الکتریکی وات می باشد. در الکترونیک از واحدهای کوچک تر مانند میلی وات ($\frac{1}{1000}$ W) و در الکتروتکنیک از واحدهای بزرگ تر آن مانند کیلو وات (۱۰۰۰ W) و مگا وات (۱,۰۰۰,۰۰۰ W) استفاده می شود.

دستگاهی که توان را اندازه می گیرد **وات متر** نام دارد. شکل ۳-۳ دو نمونه وات متر را نشان می دهد.



شکل ۳-۳- دو نمونه وات متر

علامت فنی وات متر در مدارها به صورتی است که در شکل ۳-۴ نشان داده شده است.



شکل ۳-۴- علامت فنی وات متر

۲-۳- اندازه‌گیری مقدار انرژی

انرژی الکتریکی عبارت است از حاصل ضرب توان در زمان یعنی :

$$W = P \cdot t \quad (۳-۱۰)$$

در رابطه فوق P توان الکتریکی بر حسب وات، t زمان بر حسب ثانیه، W مقدار انرژی بر حسب وات - ثانیه یا ژول می‌باشد.

در عمل از واحدهای بزرگ‌تری مانند کیلووات ساعت (P) بر حسب کیلووات و t بر حسب ساعت) و یا مگاوات ساعت (P) بر حسب مگاوات و t بر حسب ساعت) نیز استفاده می‌کنند.

برای اندازه‌گیری مقدار انرژی مصرف شده توسط یک مصرف‌کننده الکتریکی، احتیاج به یک شمارنده داریم، زیرا با توجه به رابطه

$$W = P \cdot t$$

مقدار W نسبت به زمان دائماً در حال زیاد شدن است. کار این شمارنده شمارش و نمایش مقدار انرژی مصرف شده از یک لحظه به خصوص تا زمان حال می‌باشد.

اگر بتوانیم یک محور و یا یک صفحه دوار داشته باشیم به طوری که سرعت آن متناسب با توان باشد، تعداد دورهایی که این محور یا صفحه دوار در یک فاصله زمانی می‌زند متناسب با کل انرژی مصرف شده در آن مدت می‌باشد که این دستگاه خود نمونه‌ای از یک شمارشگر است.

معمول‌ترین وسیله اندازه‌گیری انرژی الکتریکی، دستگاه **کیلووات ساعت متر یا کنتور** می‌باشد. شکل ۳-۶ نمای ظاهری و داخلی یک نمونه کنتور تک فاز را که در منازل برای اندازه‌گیری انرژی مصرف شده به کار می‌رود نشان می‌دهد.



شکل ۳-۶- یک نمونه کنتور تک فاز

ماکزیم آن نیز قید شده است و همین‌طور برای هر رنج جریان، یک مقدار ماکزیم در نظر گرفته می‌شود. در وات‌مترهایی که فقط دارای یک رنج جریان (۵A) می‌باشند مقدار ماکزیم جریان معمولاً ۷ آمپر است.

برای خواندن توان مصرف‌کننده از روی صفحه مدرج وات‌متر، از ضریب ثابت سنجش استفاده می‌شود. در ابتدا باید بینیم هر قسمت درجه‌بندی، چند وات را نشان می‌دهد. برای این کار رنج ولتاژ و ولت‌متر را در عدد رنج جریان وات‌متر (در صورت نداشتن رنج جریان همان ۵A را در نظر می‌گیریم) ضرب می‌کنیم. عددی که به دست می‌آید نشان دهنده حداکثر توانی است که در انحراف کامل حاصل می‌شود. حال اگر این عدد را بر تعداد کل تقسیمات وات‌متر تقسیم نماییم، مقدار توان را به ازای انحراف هر قسمت یافته‌ایم که به آن **ضریب ثابت سنجش** می‌گویند. در روی صفحه مدرج اکثر وات‌مترها ضریب ثابت سنجش به ازای هر ولتاژ نوشته شده است. بنابراین می‌توان با توجه به انحراف عقربه مقدار توان مصرف‌کننده را به صورت رابطه زیر بدست آورد :

مقدار توانی که وات‌متر نشان می‌دهد برابر است با :

تعداد قسمت‌های منحرف شده عقربه \times ضریب ثابت سنجش (۳-۹)

مثال : در یک وات‌متر کل صفحه به ۱۲۰° قسمت تقسیم شده است و کلید ولت‌متر روی ۴۸° ولت قرار دارد. اگر جریان نامی روی عدد ۵A باشد و عقربه $۳۸/۵$ قسمت منحرف شده باشد وات‌متر چه توانی را نشان می‌دهد :

$$\text{حل : } P = ۴۸^\circ \times ۵ = ۲۴۰۰ \text{ W}$$

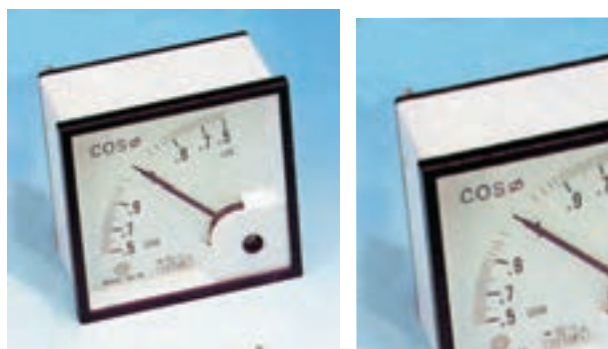
$$C = \frac{۲۴۰۰}{۱۲۰} = ۲۰ \text{ W}$$

مقدار توانی که وات‌متر نشان می‌دهد برابر است با :

$$P = ۳۸/۵ \times ۲۰ = ۷۷۰ \text{ W}$$

اگر هنگام اتصال وات‌متر به شبکه و مصرف‌کننده، ولتاژ خط و یا جریان مصرف‌کننده مشخص نباشد باید رنج ولتاژ را در حداکثر مقدار خود قرار داد، و چنانچه رنج جریان قابل تنظیم باشد باید حداکثر رنج را برای آن در نظر گرفت تا آسیبی به وات‌متر وارد نیاید.

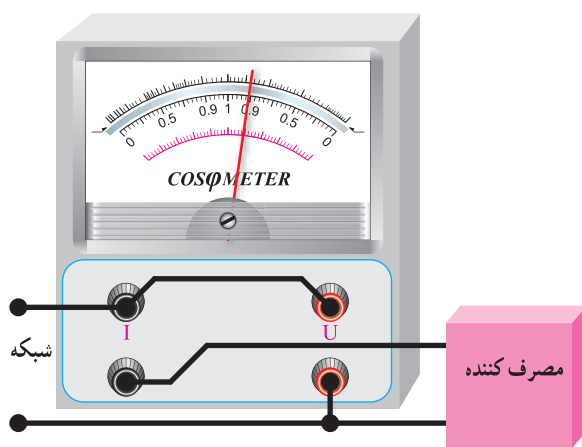
دستگاهی که می‌تواند اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ را اندازه بگیرد $\cos\Phi$ متر نام دارد. پس می‌توان گفت: کسینوس فی متر دستگاهی است که حرکت عقربه آن نشان دهنده مقدار اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ می‌باشد. بر روی صفحه مدرج کسینوس فی مترها، معمولاً مقدار اختلاف فاز بر حسب درجه و نیز کسینوس اختلاف فاز را می‌نویسند. شکل ۸-۳ یک نمونه کسینوس فی متر را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۳ یک نمونه $\cos\Phi$ متر

با توجه به این که کسینوس فی متر باید اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ را اندازه بگیرد لذا باید نمونه جریان مصرف کننده و نیز نمونه ولتاژ را به آن اعمال نمود.

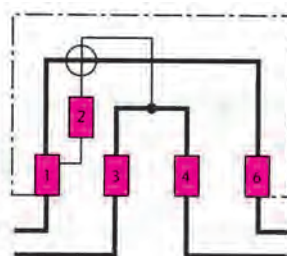
شکل ۹-۳ نحوه اتصال کسینوس فی متر به مصرف کننده و شبکه برق شهر را نشان می‌دهد. این اتصال همانند وات متر می‌باشد.



شکل ۹-۳ نحوه اتصال کسینوس فی متر به شبکه برق شهر و مصرف کننده

کنتور انرژی الکتریکی را بر حسب کیلووات ساعت به کمک رقم‌های یک شمارنده مکانیکی که در روی آن نصب شده است، نشان می‌دهد. نحوه اتصال کنتور به شبکه و مصرف کننده همانند وات متر است، به این معنی که باید ولتاژ و جریان مصرف کننده را به آن اعمال نمود؛ زیرا سرعت چرخش صفحه گردان متناسب با توان مصرف کننده می‌باشد.

شکل ۷-۳ شمای الکتریکی (سمبل) کنتور را، همراه با یک مصرف کننده و شبکه برق شهر، نشان می‌دهد.



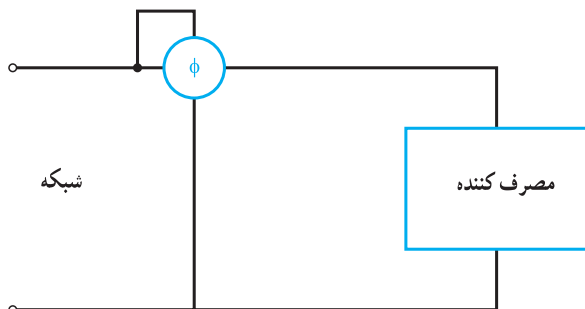
شکل ۷-۳ نحوه اتصال کنتور به شبکه برق و مصرف کننده

کنتورها، برای جریان‌ها و ولتاژهای مختلف، به صورت تک فاز و سه فاز ساخته می‌شوند. معمول ترین آن‌ها کنتور ۲۲۰ ولت تک فاز ۲۵A است که اداره برق در منازل مسکونی جهت اندازه گیری مصرف برق نصب می‌کند.

۳-۳- اندازه گیری اختلاف فاز

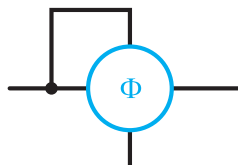
اختلاف زمانی بین دو کمیت الکتریکی را اختلاف فاز می‌نامند. چون اختلاف فاز بین دو سیگنال سینوسی هم فرکانس مطرح می‌باشد (مفهوم می‌دهد) و از طرفی هر سیکل کامل سینوسی را می‌توان معادل 360° یا 2π رادیان در نظر گرفت (روی محور زمان) لذا اختلاف زمانی بین دو کمیت الکتریکی را نیز می‌توان بر حسب درجه یا رادیان مطرح نمود. بحث ما در اینجا اندازه گیری اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در یک مدار الکتریکی می‌باشد، همان‌طور که می‌دانید وجود بارهای سلفی (مانند موتورهای الکتریکی و ...) و یا وجود بارهای خازنی (در عمل، بار، به ندرت خازنی است) باعث ایجاد اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ می‌شود.

شکل ۱۱-۳ شمای الکتریکی اتصال یک کسینوس فی متر را به یک مصرف کننده و شبکه برق شهر نشان می دهد.



شکل ۱۱-۳ شمای الکتریکی اتصال یک کسینوس فی متر به مصرف کننده و برق شهر

اکثر کسینوس فی مترها ضمن نشان دادن اختلاف فاز، نوع بار (سلفی یا خازنی) را نیز مشخص می کنند. اگر عقربه از وسط صفحه به سمت راست یا سمت (ind) حرکت کند نوع بار سلفی است، یعنی جریان به اندازه Φ درجه، که عقربه نشان می دهد، عقب تر است (تاخیر فاز دارد) و چنانچه عقربه از وسط صفحه به سمت چپ یا سمت (cap) حرکت نماید جریان از ولتاژ به اندازه Φ درجه، که عقربه نشان می دهد، جلوتر است (تقدم فاز دارد). کسینوس فی مترها را در مدارهای الکتریکی به صورت شکل ۱۰-۳ نمایش می دهند.



شکل ۱۰-۳ علامت فنی کسینوس فی متر

استفاده از آزمایشگاه های مجازی موجب عمق بخشیدن به آموزش و صرفه جویی در زمان و تجهیزات

می شود.



۴-۳- الکتریکی پرسشی

تشریحی

- ۱- توان الکتریکی و واحد آن را تعریف کنید.
- ۲- نحوه اتصال یک وات متر به یک شبکه الکتریکی و مصرف کننده را رسم کنید و درباره آن توضیح دهید.
- ۳- نحوه خواندن مقادیر روی صفحه مدرج وات متر چگونه است؟
- ۴- انرژی و واحد آن را تعریف کنید.
- ۵- نحوه اتصال کنتور به شبکه برق و مصرف کننده را رسم کرده و آن را شرح دهید.
- ۶- اختلاف فاز را تعریف کنید.
- ۷- نحوه اتصال یک کسینوس فی متر به یک شبکه الکتریکی و مصرف کننده را رسم نموده و راجع به آن توضیح دهید.

دهید.

محاسباتی

- ۸- در یک وات متر کل صفحه به 25° قسمت تقسیم شده است. کلید رنج ولت متر روی 5° ولت و کلید رنج آمپر روی ۵ آمپر قرار دارد. عقربه روی صفحه مدرج 75° قسمت منحرف شده است. توانی که وات متر اندازه می گیرد را محاسبه کنید.

آشنایی با اسیلوسکوپ و کاربرد آن

هدف کلی

آشنایی با ساختمان و قسمت‌های اصلی یک اسیلوسکوپ

و نحوه اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی

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

- ساختمان و قسمت‌های اصلی یک اسیلوسکوپ را به طور خلاصه شرح دهد.
- کلیدهای کنترل روی قاب جلوی دستگاه (پانل) اسیلوسکوپ را از یک دیگر تمیز دهد.
- وظیفه هر یک از کلیدهای کنترل را شرح دهد.
- نحوه اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی (مانند دامنه ولتاژ، زمان تناوب، فرکانس و اختلاف فاز) را با استفاده از اسیلوسکوپ بیان کند.
- مقدار کمیت‌های قابل اندازه‌گیری در صفحه نمایش اسیلوسکوپ را بخواند.
- مقدار اندازه‌گیری شده از روی صفحه اسیلوسکوپ را محاسبه 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 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 هنجاریان حساس و فعال باشد.
- سایر هنجاریان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات، راهنمایی و تشویق کند.

قابل توجه هنرآموزان محترم

● به منظور افزایش کارایی و تسهیل در آموزش توصیه می‌شود، هنگام آموزش اسیلوسکوپ موارد زیر را در صورت امکان اجرا کنید :

- یک نمونه اسیلوسکوپ واقعی را به کلاس درس بیاورید و نحوه کار آن را آموزش دهید.
- با استفاده از نرم افزار مولتی سیم، اسیلوسکوپ آزمایشگاه مجازی و نحوه کاربرد آن را برای هنرجویان به نمایش درآورید.
- هنرجویان را در یک جلسه به آزمایشگاه ببرید و کاربرد اسیلوسکوپ را برای آنان نمایش دهید.

* نکته مهم اجرایی

برای آموزش اسیلوسکوپ لازم است هنرآموزان محترم یک نمونه اسیلوسکوپ را عملاً در کلاس مورد استفاده قرار داده و ضمن معرفی کلیدها شکل موج‌ها را نشان دهند.

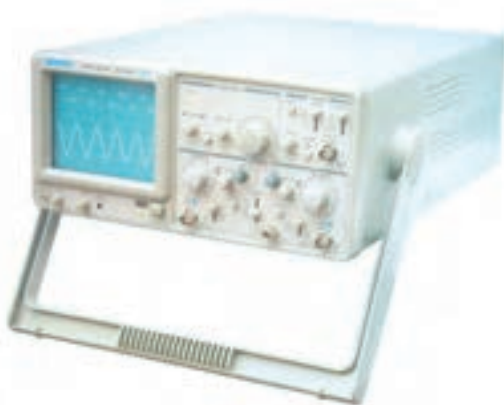


مقدمه

ساختمان، طرز کار و کاربرد اسیلوسکوپ

معمولاً اسیلوسکوپ را با این فرکانس، مشخص می‌نماید. مثلاً اسیلوسکوپ ۲۰ مگاهرتز، یعنی اسیلوسکویی که می‌تواند ولتاژهای DC و AC تا ۲۰ MHz را نمایش دهد.

شکل ۱-۴ یک نمونه اسیلوسکوپ معمولی را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۴ یک نمونه اسیلوسکوپ معمولی

اسیلوسکوپ یک دستگاه اندازه‌گیری است که از آن برای مشاهده شکل موج‌ها و اندازه‌گیری ولتاژ، زمان تناوب، اختلاف فاز، و همچنین مشخصه‌های ولت-آمپر عناصر نیمه هادی، مانند دیودها، ترانزیستورها و ...، استفاده می‌شود.

اسیلوسکوپ یک ولت‌متر بسیار دقیق است که می‌تواند ولتاژهای تا حدود یک هزارم ولت (mV) متناوب را در فرکانس‌های خیلی بالا (حتی چند صد مگاهرتز) اندازه‌گیری نماید، حال آن‌که، ولت‌مترهای ساخته شده امروزی قادر به اندازه‌گیری ولتاژهای کم در این فرکانس نیستند.

اندازه‌گیری و مشاهده شکل موج‌ها در اسیلوسکوپ از ولتاژ با فرکانس صفر (DC) شروع و به فرکانس مشخصی (به خاطر محدودیت پهنای باند تقویت‌کننده‌ها) ختم می‌گردد که

ساختمان اسیلوسکوپ از دو قسمت اصلی تشکیل شده

است :

الف : لامپ اشعه کاتدیک (CRT)^۱

ب : مدارهای آماده سازی لامپ و سیگنال

در زیر توضیح مختصری راجع به هر کدام داده می شود.

۴-۱- لامپ اشعه کاتدیک

لامپ اشعه کاتدیک امروزه قسمت اصلی مونیتورهای

کامپیوتر، تلویزیون، دستگاه های کنترل کننده وضعیت ضربان قلب

در پزشکی و مواردی مانند آن را تشکیل می دهد. در حقیقت با

اعمال هر سیگنال الکتریکی به دستگاه های نامبرده، آن سیگنال

روی صفحه حساس لامپ اشعه کاتدیک نقش می بندد. لامپ

اشعه کاتدیک که در اسیلوسکوپ ها کاربرد دارد در صفحات بعد

مورد بحث قرار خواهد گرفت. البته اساس کار همه لامپ ها تقریباً

یکسان بوده، فقط تفاوت جزئی دارند.

شکل ۴-۲ نمای ظاهری یک لامپ اشعه کاتدیک را

نشان می دهد.



شکل ۴-۲- نمای ظاهری یک لامپ اشعه کاتدیک

در حرکت است.

مقدار نور ایجاد شده روی صفحه حساس به دو عامل،

سرعت الکترون ها و تعداد الکترون ها، بستگی دارد؛ به عبارتی

هر قدر تعداد الکترون های اشعه الکترونی و سرعت الکترون ها

زیادتر باشد نور ایجاد شده بیشتر خواهد بود. در عمل برای کنترل

مقدار نور ایجاد شده تعداد الکترون های اشعه را تغییر می دهند،

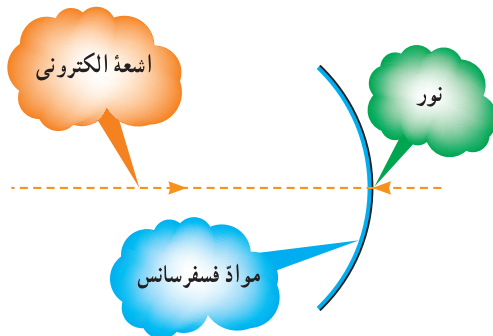
زیرا این عمل به سهولت امکان پذیر است.

صفحه حساس که شکل موج روی آن نقش می بندد، از یک

شیشه معمولی که پشت آن از مواد فسفرساز (ترکیب روی و

فسفر) پوشیده شده تشکیل می گردد. شکل ۳-۴، صفحه حساس

لامپ اشعه کاتدیک را نشان می دهد.



شکل ۳-۴- صفحه حساس لامپ اشعه کاتدیک

رنگ نور ایجاد شده بستگی به درصد ترکیب روی

و فسفر دارد.

تولید اشعه الکترونی به وسیله گرم کردن یک استوانه فلزی

که قسمت جلوی آن از مواد اکسیدی (معمولاً ۵۰٪ اکسید باریم

و ۵۰٪ اکسید استرانسیوم) پوشانده شده است، صورت می گیرد.

نحوه کار بدین صورت است که ابتدا فیلامان داخل استوانه را با

عبور جریان الکتریکی از آن گرم می کنند. گرمای فیلامان منجر

به گرم شدن استوانه شده در نتیجه مواد اکسیدی گرم می شوند

و بر اثر این گرما از خود الکترون ساطع می کنند. در جلوی این

استوانه یک شبکه که دارای روزنه بسیار کوچکی است (حدود

اساس کار لامپ اشعه کاتدیک، بمباران یک صفحه

حساس با یک دسته اشعه الکترونی می باشد. بر اثر بمباران صفحه

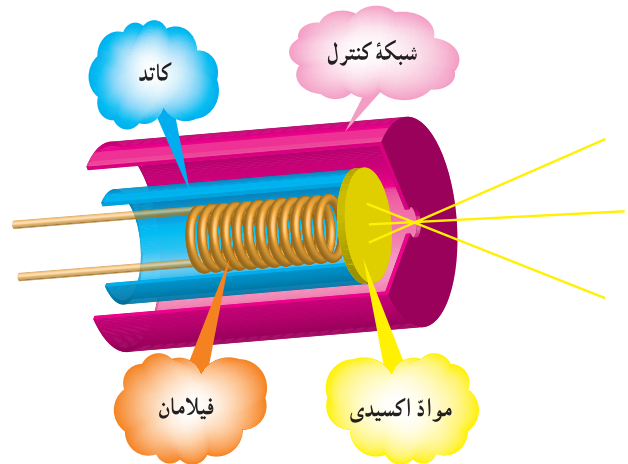
حساس، آن قسمت از صفحه که بمباران شده است از خود

نور ساطع می کند. منظور از اشعه الکترونی تعداد زیادی

الکترون می باشد که به صورت یک اشعه فوق العاده باریک

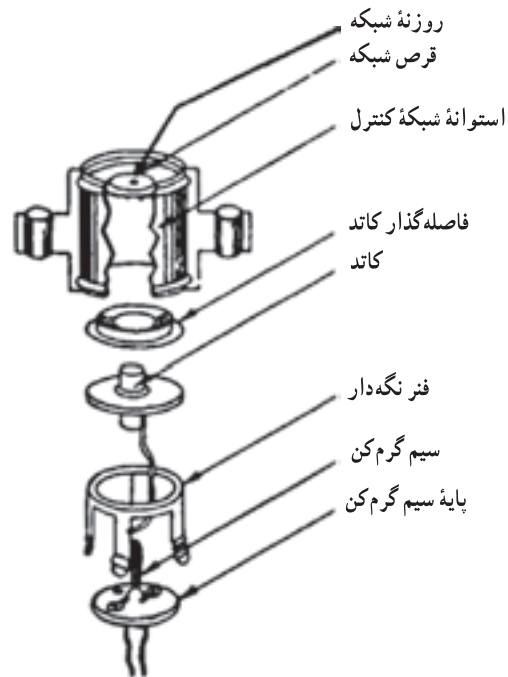
در آمده و با سرعت بسیار زیاد (چند هزار کیلومتر در ثانیه)

کسری از میلی متر) قرار گرفته است. این کار مقدمه تولید اشعه به صورت باریک می باشد. شبکه جلوی این استوانه، شبکه کنترل و استوانه ای که مواد اکسیدی، صفحه جلوی آن را پوشانده است کاتد نام دارد. شکل ۴-۴ این مجموعه را نشان می دهد.



شکل ۴-۴- تولید اشعه اولیه

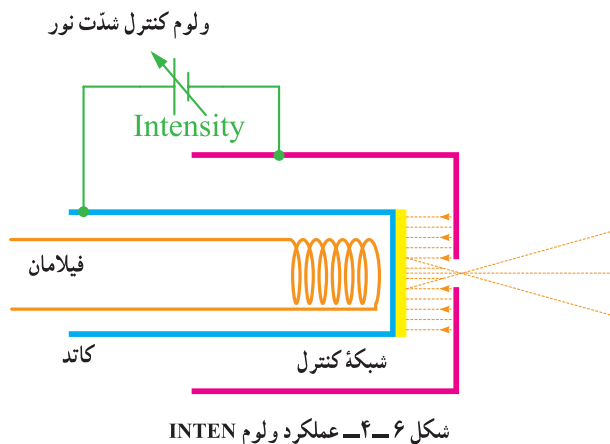
شکل واقعی مجموعه فوق، که استوانه و هنت نام دارد، همراه با اجزای آن در شکل ۴-۵ نشان داده شده است.



شکل ۴-۵- اجزای استوانه و هنت

اگر بین شبکه کنترل و کاتد، یک منبع ولتاژ با پلارینه شبکه منفی تر از کاتد قرار دهیم، ولتاژ منفی شبکه باعث دفع الکترون ها شده در نتیجه الکترون های کمتری از روزنه خارج می گردند؛ هر قدر این ولتاژ بیشتر باشد، تعداد الکترون های خارج شده کمتر می شود.

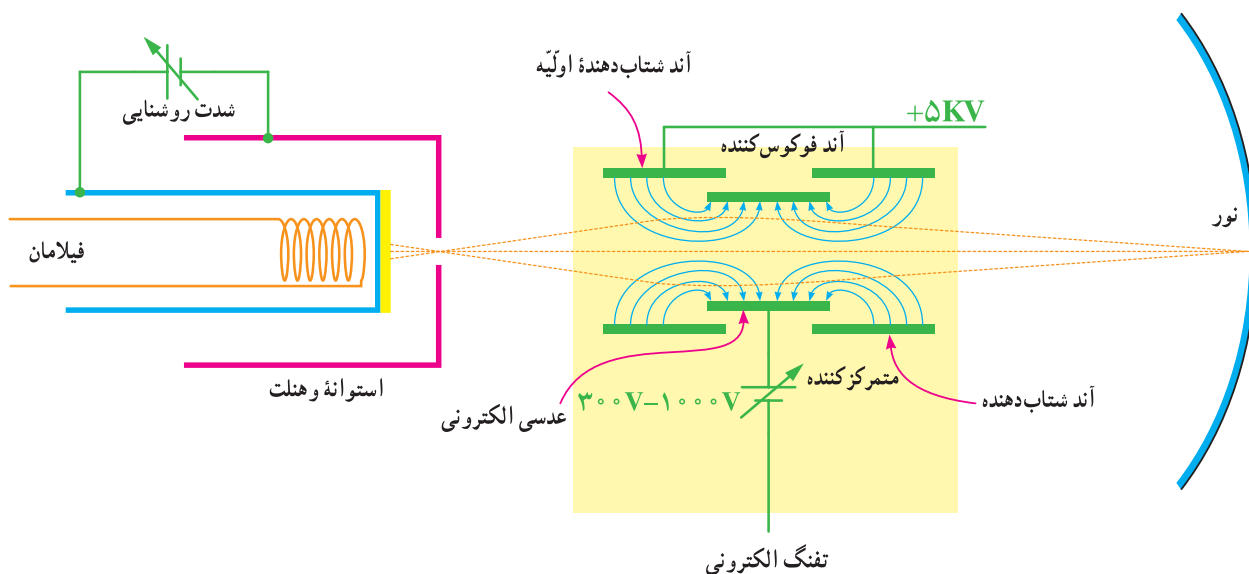
همان طور که قبلاً گفته شد، مقدار نور ایجاد شده به دو عامل سرعت و تعداد الکترون ها بستگی دارد. در عمل برای تنظیم مقدار نور از تغییر تعداد الکترون ها استفاده می کنند، لذا برای کنترل مقدار نور ایجاد شده در روی صفحه حساس (شدت نور) می توان بین شبکه کنترل و کاتد یک پتانسیل قرار داد و آن را کنترل نمود. به همین منظور در روی صفحه جلوی اسیلوسکوپ ولومی تعبیه شده که با تغییر آن در حقیقت پتانسیل بین شبکه کنترل و کاتد تغییر نموده و در نتیجه شدت نور روی صفحه حساس تغییر می کند. این ولوم با کلمه (INTEN) روی اسیلوسکوپ مشخص می شود. عملکرد ولوم INTEN در شکل ۴-۶ نشان داده شده است.



شکل ۴-۶- عملکرد ولوم INTEN

بعد از تولید اشعه اولیه باید این اشعه را روی صفحه حساس متمرکز کرد و به آن چنان شتابی داد که سرعت لازم را جهت برخورد با مواد فسفرسانس و ایجاد نور در روی آن به دست آورد. برای این کار از سه استوانه فلزی که به ولتاژ زیاد وصل شده اند استفاده می شود. این مجموعه، ضمن این که به الکترون ها (اشعه) سرعت لازم را می دهد، در عین حال اشعه را روی صفحه حساس متمرکز می کند، به این جهت به این مجموعه، عدسی الکترونی

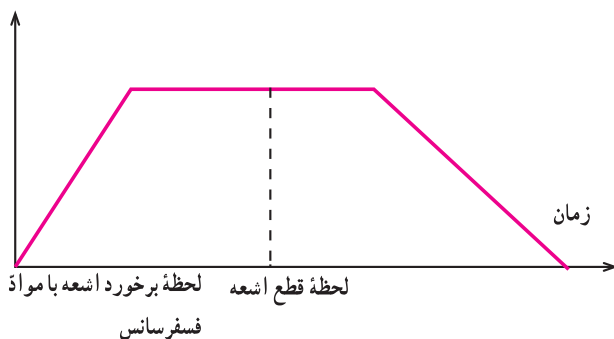
اطلاق می‌گردد. شکل ۷-۴ عدسی الکترونی را نشان می‌دهد. شده است به صورت یک ولوم در پانل اسیلوسکوپ به نام FOCUS و معمولاً در کنار ولوم INTEN قرار دارد. منبع ولتاژ ۱۰۰۰-۳۰۰ ولتی که در شکل ۷-۴ نشان داده



شکل ۷-۴ عدسی الکترونی همراه با تولید اشعه اولیه (تفنگ الکترونی)

می‌کشد تا نور ایجاد شود، همچنین لحظه قطع اشعه و مدت زمان روشن ماندن نقطه بمباران شده، بعد از قطع اشعه را، نشان می‌دهد.

مقدار نور ایجاد شده



شکل ۸-۴ منحنی نور ایجاد شده به صورت تابعی از زمان (زمان قطع و برخورد اشعه روی ماده فسفرسانس صفحه حساس)

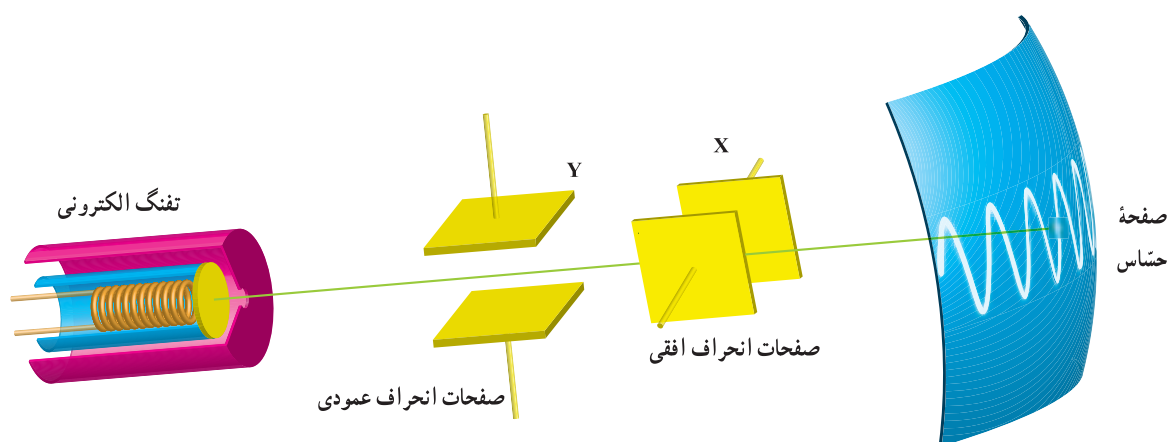
شکل موجی که روی صفحه حساس نقش می‌بندد ناشی از برخورد اشعه الکترونی به صفحه حساس و حرکت آن در جهات مختلف (متناسب با نوع سیگنال) می‌باشد. به عنوان مثال وقتی

مجموعه عدسی الکترونی و استوانه و هنت را تفنگ الکترونی (Electron Gun) می‌نامند. بنابراین وظیفه تفنگ الکترونی ایجاد یک اشعه الکترونی با قابلیت تنظیم نقطه کانونی (فوکوس) روی صفحه حساس، و همچنین تنظیم شدت نور می‌باشد.

تا زمانی که اشعه بر روی ماده فسفرسانس می‌تابد، در آن نقطه نور وجود خواهد داشت و زمانی که اشعه قطع می‌شود (یا به نقطه دیگری می‌تابد) نور نقطه قبلی محو می‌شود (یا به نقطه جدید منتقل می‌گردد) به عبارت دیگر در هر لحظه، اشعه به هر نقطه‌ای بتابد، فقط در آن نقطه نور ایجاد می‌شود. پس بر روی صفحه حساس، فقط یک نقطه نورانی ظاهر می‌گردد. در این جا باید به یک نکته اشاره کرد و آن این که به محض برخورد اشعه به ماده فسفرسانس، نور ایجاد نمی‌شود، بلکه حدود چند نانو و یا میکرو ثانیه طول می‌کشد و از طرفی بعد از قطع اشعه، نقطه نورانی محو نمی‌گردد بلکه مدت زمان کوتاهی طول می‌کشد، این مدت بستگی به نوع فسفرسانس به کار رفته در لامپ دارد. شکل ۸-۴ منحنی لحظه برخورد اشعه را با مواد فسفرسانس، و مدت زمانی که طول

هر نقطه از صفحه حساس اسیلوسکوپ، دارای مختصات عمودی و افقی است و با توجه به این که کلیه موج‌ها به صورت دوبعدی نشان داده می‌شوند پس هر نقطه از شکل موج را می‌توان به دو مؤلفه فوق تجزیه کرد. بنابراین هر نقطه از شکل موج در اثر حرکت اشعه، در مختصاتی که دارای دو جهت افقی و عمودی است قرار می‌گیرد. برای حرکت اشعه در جهت عمودی، بعد از تفنگ الکترونی دو صفحه قرار می‌دهند. هنگامی که اشعه از میان این دو صفحه عبور می‌کند، اگر هر یک از صفحات نسبت به دیگری مثبت تر گردد، اشعه در جهت آن صفحه منحرف می‌شود. این صفحات را صفحات انحراف عمودی می‌نامند. بعد از این صفحات، دو صفحه دیگر جهت انحراف اشعه، در جهت افقی قرار می‌دهند که به صفحات انحراف افقی موسوم‌اند. شکل ۹-۴ صفحات انحراف افقی و عمودی را نشان می‌دهد.

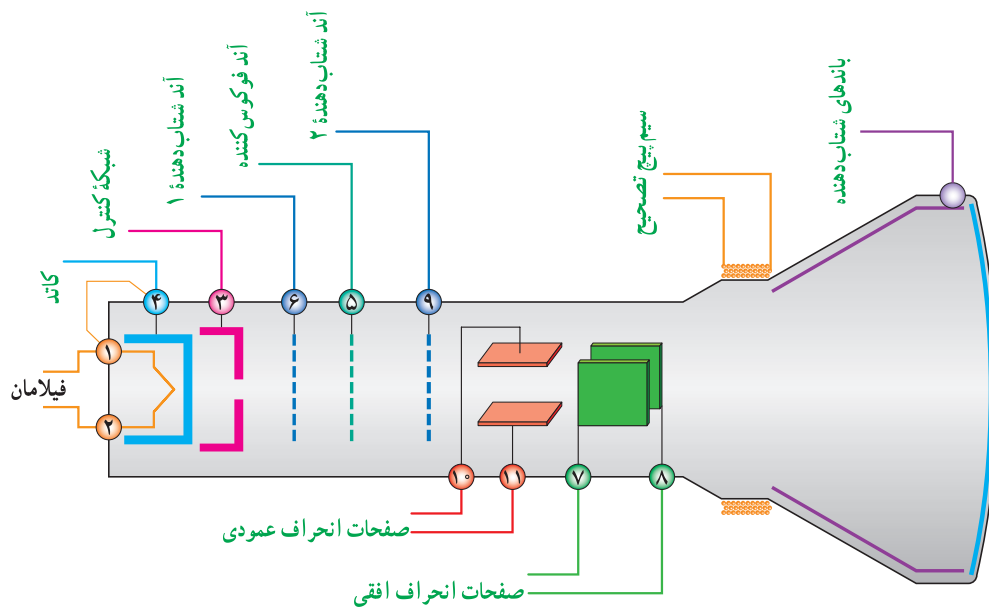
شکل موجی سینوسی را روی صفحه حساس می‌بینیم، حرکت اشعه حتماً به صورت سینوسی بوده است. سؤالی که در اینجا پیش می‌آید این است که با توجه به این که در هر لحظه فقط یک نقطه از صفحه حساس بمباران می‌شود و در این صورت ما باید فقط یک نقطه را روی صفحه حساس ببینیم چرا یک موج سینوسی یا موج دیگر را به صورت پیوسته روی صفحه حساس می‌بینیم؟ پاسخ این است که اولاً اشعه زمانی که از یک نقطه به نقطه مجاور حرکت می‌کند، اثر آن تا مدت زمان کوتاهی در چشم ما باقی می‌ماند، ثانیاً همان طور که قبلاً گفته شده بعد از قطع اشعه، نور تولید شده فوراً قطع نمی‌گردد و از طرف دیگر باید در زمان‌های مساوی این عمل (جاروب موج روی صفحه حساس) تکرار گردد. از این روست که اسیلوسکوپ‌های معمولی فقط شکل موج‌های متناوب را می‌توانند نشان دهند.



شکل ۹-۴ نحوه قرار گرفتن صفحات انحراف افقی و عمودی بین تفنگ الکترونی و صفحه حساس

نقش این باندها، دادن سرعت بیشتر به الکترون‌ها و جمع‌آوری الکترون‌های آزاد شده مواد فوسفورسانسی در اثر بمباران اشعه می‌باشد. در شکل ۱-۴ ساختمان داخلی لامپ اشعه کاتدیک نشان داده شده است.

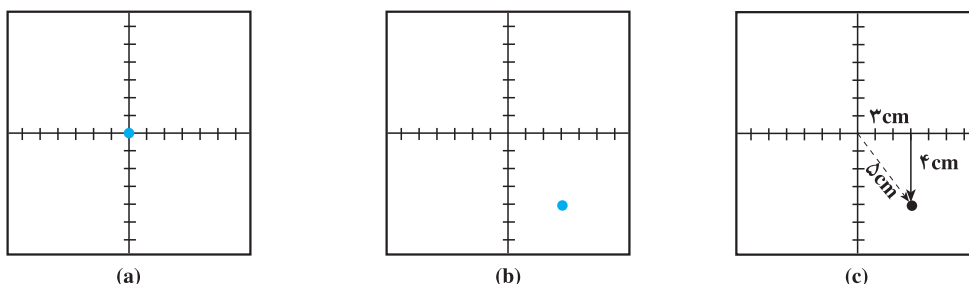
برای بالا بردن حساسیت، صفحات انحراف عمودی لامپ اشعه کاتدیک را قبل از صفحات انحراف افقی آن قرار می‌دهند. بعد از صفحات انحراف عمودی و افقی، یک سری باندهای شتاب‌دهنده در لامپ قرار دارد. این باندها معمولاً به صورت اندودی از گرافیت بوده و به ولتاژ زیاد وصل می‌شوند.



شکل ۱۰-۴- ساختمان داخلی لامپ اشعه کاتدیک

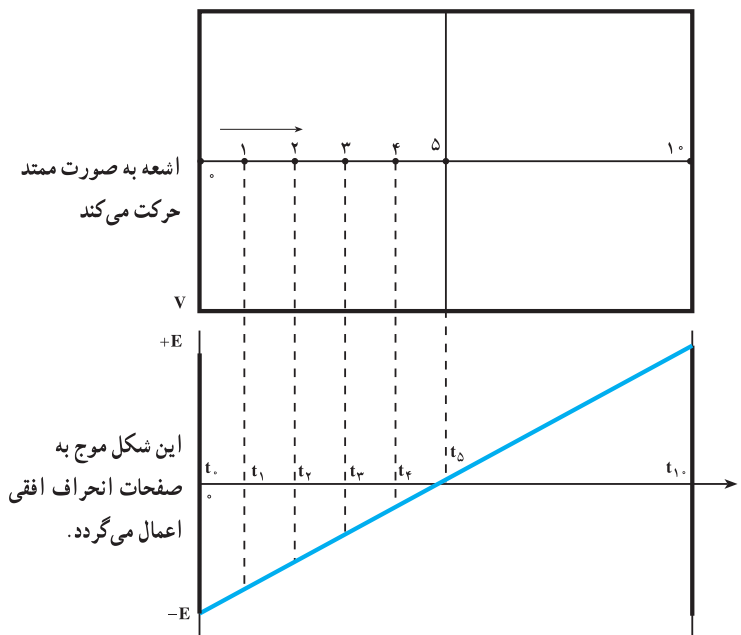
همان طور که قبلاً بیان شد، شکل موج نقش بسته بر روی صفحه حساس لامپ اشعه کاتدیک، در واقع حرکت نقطه به نقطه اشعه الکترونی بر روی آن است. همچنین گفته شد که هر نقطه از شکل موج روی صفحه، به دو مؤلفه افقی و عمودی قابل تجزیه است (در حقیقت طول و عرض یک نقطه روی صفحه در مختصات دکارتی) به عبارت دیگر با دو حرکت، در جهت افقی و عمودی، اشعه را به هر نقطه از صفحه می توان منتقل کرد. اگر به

هر دو صفحه انحراف افقی و عمودی ولتاژ صفر ولت را وصل کنیم، اشعه درست به مرکز صفحه حساس تابیده و نقطه نورانی در مرکز صفحه قرار خواهد گرفت (شکل a-۱۱-۴)، و اگر به صفحات به عنوان مثال به انحراف عمودی ۴- ولت و به صفحات انحراف افقی ۳+ ولت وصل کنیم، اشعه در نقطه ای به مختصات ۴-۳ ظاهر خواهد شد. شکل c-۱۱-۴ و b-۱۱-۴ مکان این اشعه را نشان می دهد.



شکل ۱۱-۴- ولتاژ اعمالی به صفحات انحراف افقی و عمودی (۰ و ۰) a و (۳- و ۴-) b و (۳- و ۴-) c

اگر یک شکل موج با تغییرات خطی مانند شکل ۱۲-۴ را به صفحات انحراف افقی اعمال نماییم، اشعه از منتهی الیه سمت چپ به منتهی الیه سمت راست منحرف خواهد شد. یعنی در زمان $t = t_0$ اشعه در نقطه ۰، در زمان $t = t_1$ اشعه در نقطه ۱، در زمان $t = t_2$ اشعه در نقطه ۲ و... در زمان $t = t_5$ اشعه در نقطه ۵ و بالاخره در زمان $t = t_1$ اشعه در نقطه ۱ قرار خواهد گرفت. چون موج اعمال شده به صفحات انحراف افقی کاملاً خطی است لذا حرکت اشعه کاملاً یکنواخت می باشد.

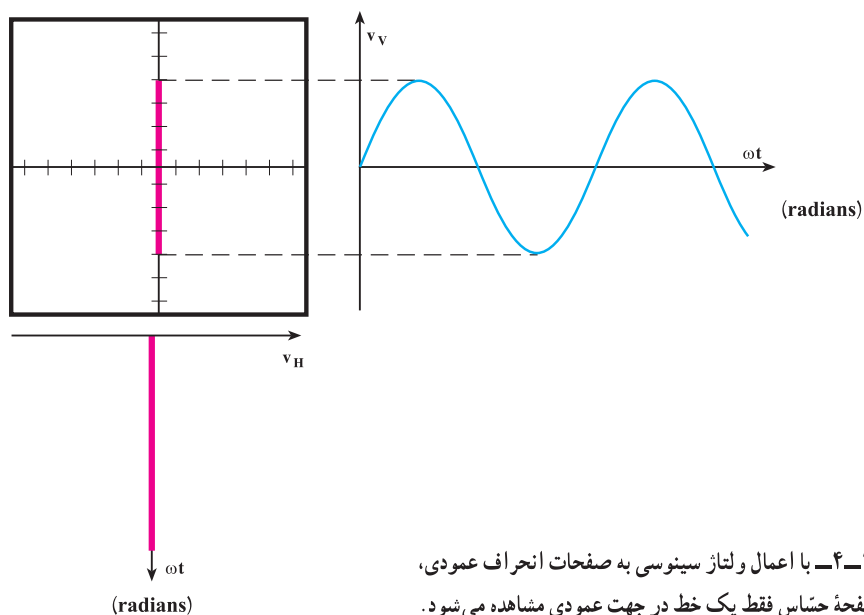


شکل ۴-۱۲ اعمال یک موج خطی به صفحات انحراف افقی باعث حرکت اشعه از سمت چپ به سمت راست می شود.

عمودی مشاهده خواهد شد. زیرا ولتاژ سینوسی اعمال شده به این صفحات فقط باعث به حرکت درآوردن اشعه در جهت عمودی می شود. یعنی مثل این است که در هر لحظه یک ولتاژ به صفحات انحراف عمودی اعمال نماییم. بنابراین اشعه فقط در جهت عمودی حرکت خواهد داشت. شکل ۴-۱۳ حرکت اشعه را به ازای اعمال ولتاژ سینوسی به صفحات انحراف عمودی نشان می دهد.

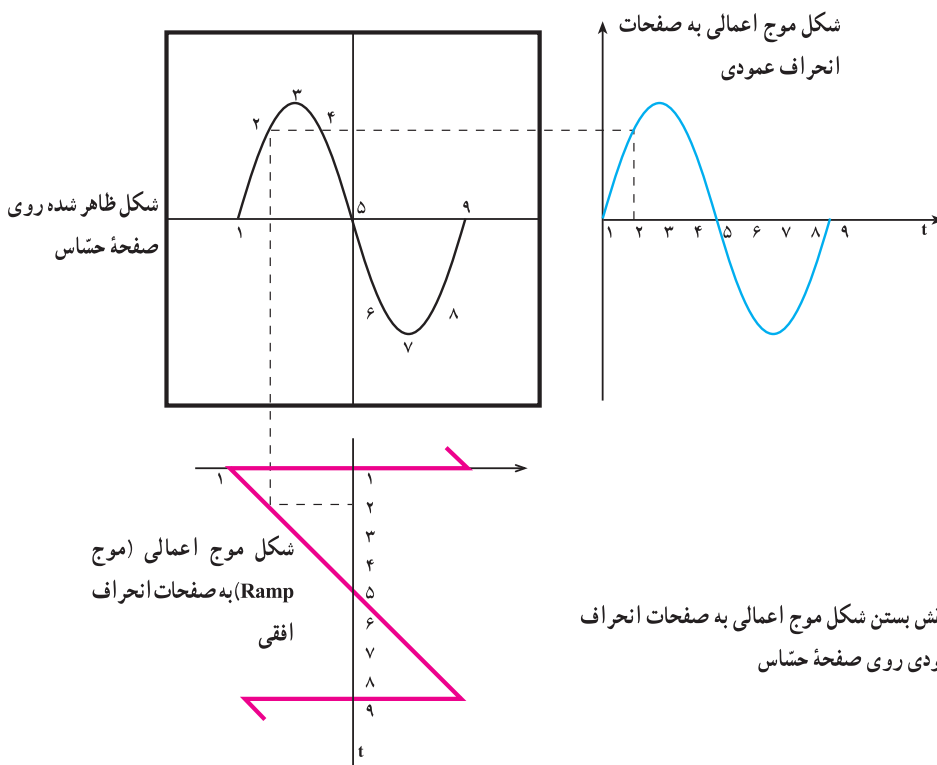
اگر یک موج متناوب خطی با فرکانس بالای 40 هرتز را به صفحات انحراف افقی اعمال نماییم، حرکت اشعه به صورت پیوسته مشاهده شده، در نتیجه روی صفحه حساس، یک خط راست افقی می بینیم.

اگر به صفحات انحراف عمودی، موجی سینوسی اعمال کرده و به صفحات انحراف افقی ولتاژی را اعمال نکنیم، روی صفحه حساس، فقط یک خط مستقیم در جهت



شکل ۴-۱۳ اعمال ولتاژ سینوسی به صفحات انحراف عمودی، روی صفحه حساس فقط یک خط در جهت عمودی مشاهده می شود.

می‌کنیم. برای بررسی دقیق‌تر این موضوع که چگونه با اعمال یک موج به صفحات انحراف عمودی و اعمال موج Ramp به صفحات انحراف افقی، شکل موج اعمال شده روی صفحه حساس نمایان می‌شود، به شکل ۴-۱۴ توجه نمایید.



در عمل وقتی بخواهیم شکل موج اعمال شده را روی صفحه حساس مشاهده کنیم، حرکت افقی اشعه را توسط یک موج با تغییرات خطی (Ramp) و حرکت عمودی اشعه را با شکل موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی لامپ ایجاد

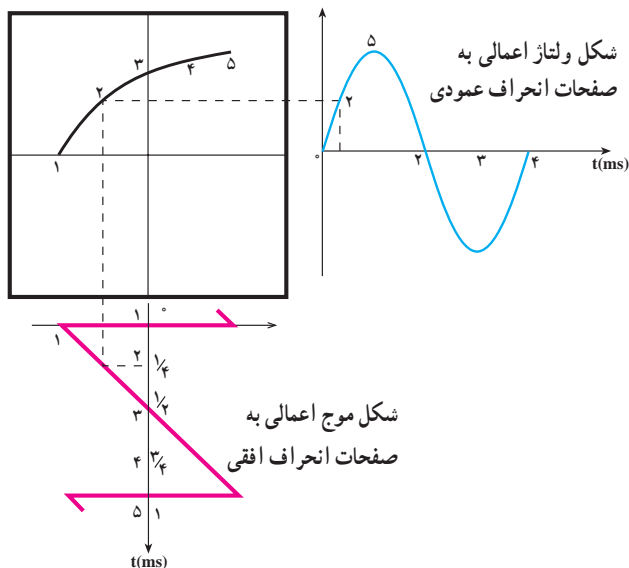
شکل ۴-۱۴- چگونگی نقش بستن شکل موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی روی صفحه حساس

صفحه حساس ظاهر می‌گردد. اگر بخواهیم روی صفحه نمایش فقط یک سیکل مشاهده شود، کافی است که زمان تناوب موج Ramp با زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی برابر باشد، و اگر بخواهیم n سیکل را مشاهده کنیم باید زمان تناوب Ramp، n برابر زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی باشد. در شکل ۴-۱۵-a زمان تناوب موج Ramp و زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی برابر است، لذا فقط یک سیکل را روی صفحه حساس مشاهده می‌کنیم. در شکل ۴-۱۵-b زمان تناوب موج Ramp دو برابر زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی است، لذا دو سیکل کامل روی صفحه حساس ظاهر می‌گردد.

در زمان ۱، اشعه در منتهی‌الیه سمت چپ قرار دارد (ولتاژ اعمالی به صفحات انحراف عمودی صفر و به صفحات انحراف افقی برابر ماکزیمم و منفی است). در زمان ۲، ولتاژ اعمالی به صفحات انحراف افقی باعث حرکت اشعه به سمت راست شده و همزمان با آن ولتاژ اعمالی به صفحات انحراف عمودی باعث حرکت اشعه در راستای قائم می‌گردد تا این که اشعه روی صفحه حساس در نقطه ۲ قرار می‌گیرد.

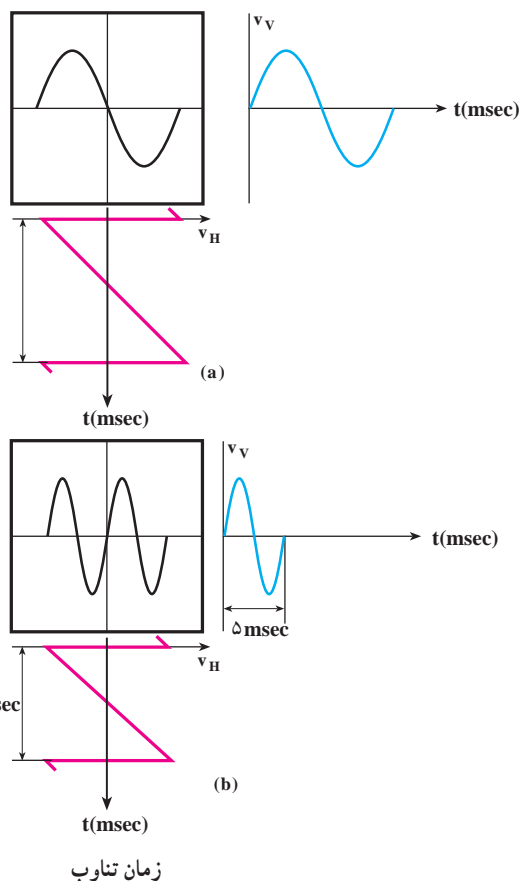
این عمل برای بقیه لحظات نیز صادق است، یعنی ضمن این که موج Ramp حرکت افقی اشعه را به عهده دارد، موج اعمال شده به صفحات انحراف عمودی باعث حرکت عمودی اشعه شده و در نهایت شکل موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی روی

شکل موج نقش بسته روی صفحه حساس



شکل ۴-۱۶ زمان تناوب موج امپالی به صفحات انحراف عمودی چهار برابر زمان تناوب موج Ramp است لذا فقط یک چهارم از سیکل روی صفحه حساس ظاهر می‌گردد.

به صفحات انحراف عمودی، چهار برابر زمان تناوب موج Ramp می‌باشد که در این صورت فقط یک چهارم از سیکل روی صفحه حساس نقش بسته است.



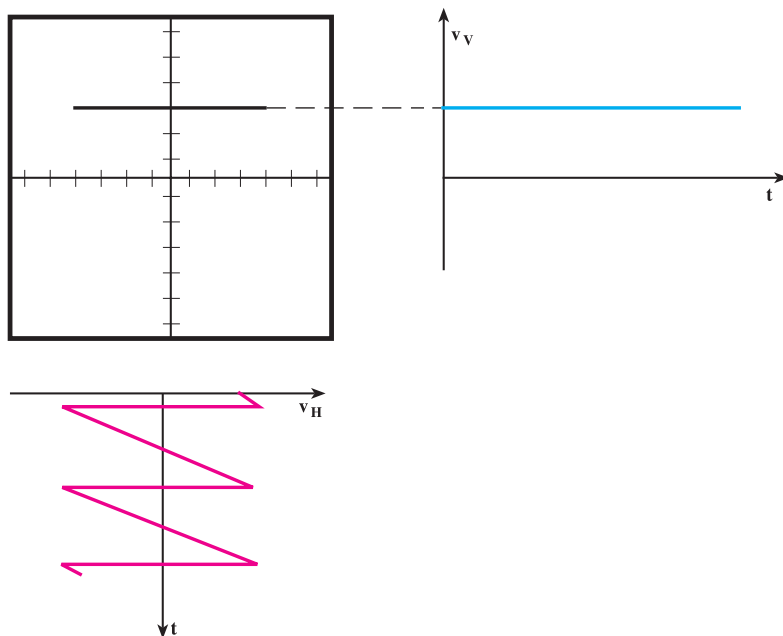
شکل ۴-۱۵ تناسب زمان تناوب موج Ramp با زمان تناوب موج امپالی به صفحات انحراف افقی و در نتیجه ظاهر شدن تعداد سیکل‌ها در روی صفحه حساس

اگر زمان تناوب شکل موج امپالی به صفحات انحراف عمودی بیشتر از زمان تناوب موج Ramp باشد، در این صورت فقط قسمتی از شکل موج، روی صفحه حساس آشکار می‌شود. شکل ۴-۱۶، حالتی را نشان می‌دهد که زمان تناوب موج امپالی

دقت کنید

چنانچه به صفحات انحراف افقی و قائم هیچگونه سیگنالی داده نشود، در قسمت وسط صفحه اسیلوسکوپ یک نقطه نورانی پر رنگ ظاهر می‌شود. وجود این نقطه برای مدت طولانی پوشش فسفری داخل حباب لامپ اسیلوسکوپ را می‌سوزاند و یک نقطه سیاه در وسط صفحه ظاهر می‌شود. هرگز اسیلوسکوپ را به مدت بیش از ۲۰ ثانیه در این حالت قرار ندهید.

DC باشد، اشعه در جهت عمودی تغییر مکان خواهد داد. حال اگر در این حالت موج Ramp را نیز به صفحات انحراف افقی وصل کنیم، روی صفحه حساس یک خط مستقیم خواهیم دید. شکل ۱۷-۴ این مطلب را نشان می‌دهد.



شکل ۱۷-۴: ولتاژ DC به صورت یک خط مستقیم روی صفحه حساس ظاهر می‌گردد.

کلید Source Trig: در دو حالت Ext.Trig و یا Line.Trig است.

Ext.Trig: با استفاده از این حالت کلید، می‌توانید همزمانی را با منبع خارجی انجام دهید.

Line.Trig: با استفاده از این حالت کلید، می‌توانید از برق شهر برای همزمانی استفاده کنید.

AUTO/NORM: در مدارهای الکتریکی اسیلوسکوپ، قسمتی وجود دارد که می‌تواند وجود و یا عدم وجود سیگنال ورودی را تشخیص دهد. اگر این کلید در حالت AUTO باشد، همواره سیگنال روی صفحه وجود دارد. اگر کلید روی حالت NORM قرار گیرد، زمانی سیگنال روی صفحه حساس نقش می‌بندد که اولاً سیگنال ورودی وجود داشته باشد و ثانیاً موج جاروب سنکرون باشد، در غیر این صورت هیچ شکل موجی روی صفحه حساس ظاهر نمی‌شود.

همان‌طور که قبلاً نیز توضیح داده شد شرط آن که بتوانیم شکل موجی را روی صفحه حساس ببینیم آن است که موج متناوب باشد، یعنی در فواصل زمانی معینی تکرار گردد. در غیر این صورت، اسیلوسکوپ‌های معمولی قادر به نمایش آن نخواهند بود. در ضمن اگر ولتاژ اعمال شده به صفحات انحراف عمودی

توجه داشته باشید که زمانی سیگنال روی صفحه اسیلوسکوپ به صورت ثابت ظاهر می‌شود که موج Ramp با موج سینوسی همزمان باشد. این حالت زمانی اتفاق می‌افتد که مدار همزمانی یا trigger فعال شود. عمل Trigger با استفاده از کلیدهای Level، Slope +/-، Source Trig و Auto/NORM انجام می‌شود.

آشنایی با کلیدهای منابع Trigger:

ولوم Level: با تغییرات این ولوم می‌توان لحظه شروع موج از سمت چپ صفحه حساس را تعیین کرد. این ولوم می‌تواند حول نقطه صفر، به سمت چپ یا راست تغییر کند.

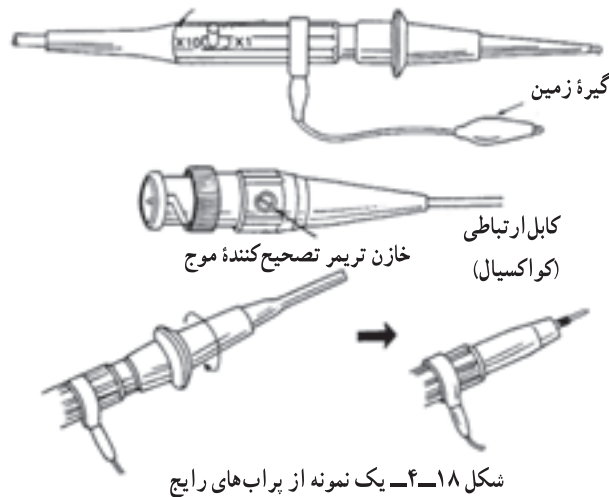
ولوم Slope +/-: این کلید اگر از حالت + به حالت - درآید شیب سیگنال ظاهر شده روی صفحه حساس معکوس می‌شود. این کلید معمولاً همراه با ولوم Level کار می‌کند، بنابراین با کمک این کلید، از هر نقطه شکل موج که بخواهیم از سمت چپ صفحه حساس شروع شود، امکان پذیر می‌شود.

۴-۲- مدارهای آماده سازی

۴-۲-۱- ساختمان پراب (Probe): برای اعمال

سیگنال الکتریکی به اسیلوسکوپ، از پراب استفاده می شود. شکل ۴-۱۸ یک نمونه از پراب های رایج را نشان می دهد. سیم

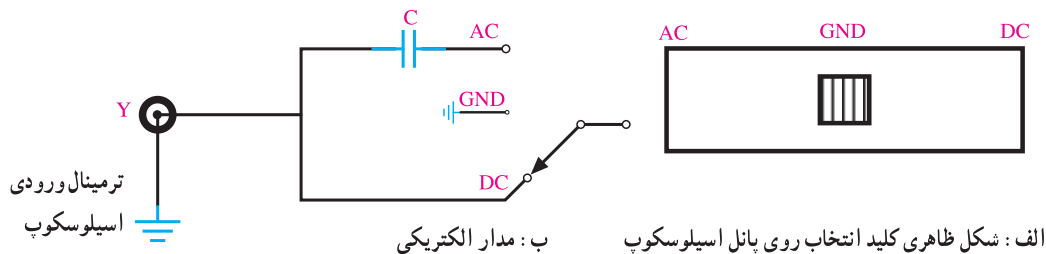
رابط پراب معمولاً از کابل کوکسیال می باشد تا میزان نویز به حداقل برسد. مدار الکتریکی ورودی اسیلوسکوپ به صورت شکل ۴-۱۹ می باشد.



حالت $\times 1$ سیگنال از طریق پراب، بدون تضعیف به اسیلوسکوپ، اعمال می شود. اما در حالت $\times 10$ ، ابتدا سیگنال در داخل پراب، 10° برابر تضعیف شده سپس به اسیلوسکوپ اعمال می گردد. باید توجه داشته باشید که اگر از حالت $\times 10$ پراب برای اندازه گیری استفاده می کنید مقادیر قرائت شده دامنه را در عدد 10° ضرب کنید. موارد کاربرد $\times 10$ برای سیگنال های با دامنه زیاد می باشد.

نوک پراب به صورت گیره ای فنی است که می توان آن را به یک نقطه از مدار وصل کرد. اگر پوشش پلاستیکی نوک پراب را برداریم، نوک آن به صورت سوزنی بوده که در بعضی مواقع از آن استفاده می شود. در شکل ۴-۱۸ این موارد نشان داده شده است. انتهای فلزی سیم رابط که به ورودی اسیلوسکوپ وصل می شود BNC^۱ نام دارد. BNC دارای یک شیار مورب است که وقتی آن را به ورودی اسیلوسکوپ وصل کنیم و تقریباً 90° درجه بچرخانیم این قطعه کاملاً به اسیلوسکوپ متصل می گردد. همچنین روی پراب کلید $\times 1$ و $\times 10$ قرار دارد که در

۴-۲-۲- کلید انتخاب ورودی: بعد از ترمینال ورودی اسیلوسکوپ مطابق شکل ۴-۱۹ یک کلید انتخاب وجود دارد.



شکل ۴-۱۹

۱- با مراجعه به منابع مختلف فرهنگ لغت بایبلون، Wikipedia برای علامت اختصاری BNC موارد زیر تعریف شده است:

BNC → British Naval Connector اتصال الکترونیکی وابسته به نیروی دریایی انگلیس
BNC → Bayonet Neill–concelman (نام دو دانشمند به نام Paul Neill و Carl Concelman)
BNC → Baseband Network Cable اتصال کابل مخصوص شبکه

(حدوداً ۲۰ ولت برای انحراف یک سانتی متر روی صفحه حساس) از طرفی، دامنه سیگنال ورودی گاهی حدود میلی ولت بوده و ممکن است به ده ها ولت برسد، لذا زمانی که دامنه سیگنال ورودی حدود میلی ولت است باید این سیگنال جهت اعمال به صفحات انحراف عمودی تقویت گردد و زمانی که دامنه آن حدود چند ده ولت است باید تضعیف شود. بنابراین ما تقویت کننده ای لازم داریم که دامنه ورودی را تشخیص داده، عمل تضعیف و یا تقویت را انجام دهد ولی این امر در عمل غیر ممکن است لذا برای این که بتوانیم هم سیگنال های حدود mV و هم سیگنال های حدود ده ها ولت را مشاهده کنیم، ابتدا تقویت کننده ای می سازیم که مثلاً سیگنال ۵mV را تبدیل به سیگنال مورد نیاز صفحات انحراف عمودی نماید. شکل ۲-۴ بلوک دیاگرام این تقویت کننده را نشان می دهد.

اگر کلید انتخاب روی حالت AC قرار گیرد فقط سیگنال های متناوب وارد مدار اسیلوسکوپ می شوند و از ورود ولتاژ DC (یا مؤلفه DC یک موج) به اسیلوسکوپ جلوگیری به عمل می آید.

اگر کلید انتخاب روی GND قرار گیرد، ورودی اسیلوسکوپ به زمین وصل شده و ارتباط الکتریکی بین پراب و اسیلوسکوپ قطع می گردد، این حالت برای تنظیم صفر اسیلوسکوپ کاربرد دارد. اما اگر کلید انتخاب روی حالت DC قرار گیرد، سیگنال ورودی هر چه باشد (اعم از DC و یا AC و یا ترکیبی از این دو) به مدارهای ورودی اسیلوسکوپ رسیده و سپس روی صفحه حساس ظاهر می گردد.

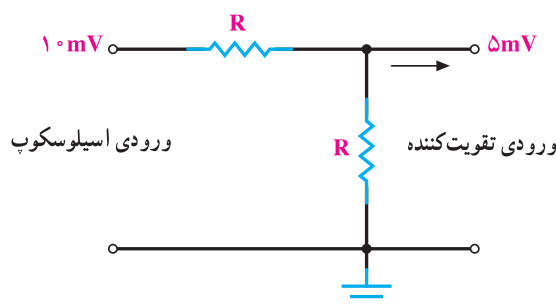
۲-۳-۴ مدارهای تضعیف کننده: صفحات انحراف عمودی برای ایجاد انحراف در اشعه، نیاز به ولتاژ زیادی دارند،



شکل ۲-۴ تقویت کننده های اسیلوسکوپ

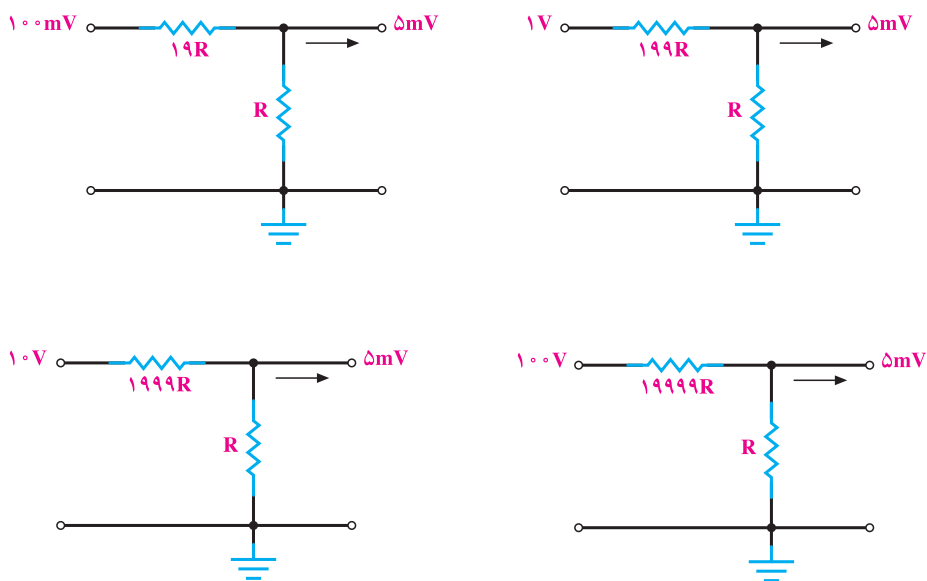
را توسط دو مقاومت مساوی مطابق شکل ۲-۴ نصف می کنیم تا به ورودی تقویت کننده فقط ۵mV اعمال شود.

حال اگر دامنه سیگنال، ۵mV یا کم تر بود مستقیماً آن را به ورودی تقویت کننده اولیه وصل می کنیم. دامنه سیگنال ۱۰mV



شکل ۲-۴ مدار تضعیف کننده

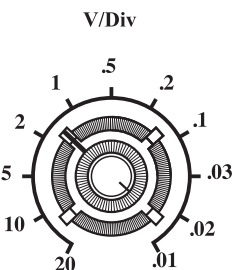
اگر دامنه سیگنال ورودی 100 mV ، یک ولت، 10 ولت و یا 100 ولت باشد به ترتیب مدارهای شکل ۲۲-۴ را به کار می‌بریم.



شکل ۲۲-۴ مدارهای تضعیف‌کننده ولتاژ

ضرایب کلید Volt/Div با توجه به مقدار تضعیف و تقویت سیگنال، بیان‌کننده مقدار ولتاژ لازم جهت انحراف اشعه به اندازه یک خانه می‌باشد. معمولاً بر روی این سلکتور (Volt/Div) و با در کنار آن، ولومی به نام Volt Variable قرار دارد که این ولوم معمولاً قادر است بهره تقویت‌کننده را تضعیف کند. اگر این ولوم را تا آخر در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانیم (در حالت Cal. قرار دهیم) ضرایب کلید Volt/Div دقیقاً، مقدار ولتاژ لازم را، جهت انحراف اشعه روی صفحه حساس، به اندازه یک خانه می‌رساند؛ حال آن که اگر این ولوم را از حالت Cal. خارج کنیم دیگر این ضرایب بیان‌کننده مقدار ولتاژ لازم جهت انحراف اشعه به طور دقیق نیستند. تضعیف به کمک این ولوم، در انواع اسیلوسکوپ‌ها فرق می‌کند ولی همه اسیلوسکوپ‌ها به طور متوسط قادرند تا $2/5$ برابر عمل تضعیف را انجام دهند. کاربرد این ولوم بیشتر در مواردی است که اندازه‌گیری دامنه مدنظر نباشد بلکه هدف فقط مشاهده شکل موج باشد. فرض کنید می‌خواهیم شکل یک ولتاژ را دقیقاً در ۶ خانه ببینیم، ابتدا اگر توانیم با کلید Volt/Div این

بنابراین سیگنال‌های اعمالی به اسیلوسکوپ را به دلایلی که گفته شد ابتدا تضعیف و سپس تقویت می‌کنند تا بتوانند تمامی سیگنال‌ها (اعم از دامنه‌های mV تا چند ده ولت) را روی صفحه حساس با حداکثر اندازه (به طوری که هر سیگنال ورودی تمامی صفحه حساس را در برگیرد تا مشاهده و اندازه‌گیری لازم به روی سیگنال با دقت بیشتری انجام شود) مشاهده نمایند. عمل تضعیف کردن به وسیله کلید Volt/Div که روی پانل اسیلوسکوپ قرار دارد انجام می‌شود. شکل ۲۳-۴ نمای ظاهری این کلید را روی پانل اسیلوسکوپ نشان می‌دهد.

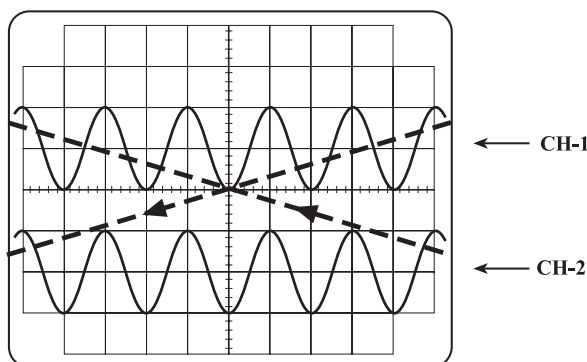


شکل ۲۳-۴ نمای ظاهری کلید تضعیف‌کننده

همان طور که می دانیم، لامپ اشعه کاتدیک، فقط یک اشعه تولید می کند، برای مشاهده دو شکل موج نیاز به دو اشعه داریم. اسیلوسکوپ های قدیمی تر، دو اشعه تولید می کردند و هر اشعه مربوط به یک کانال می شد. این نوع اسیلوسکوپ ها را Dual Beam می نامیدند. اما در حال حاضر، همان یک اشعه دو سیگنال را نشان می دهد. به این نوع اسیلوسکوپ ها Dual Trace می گویند.

اگر فرکانس سیگنال زیاد باشد (حدود 1 KHz به بالا) اسیلوسکوپ ابتدا سیگنال کانال ۱ (در یک تناوب) را نشان داده و سپس در تناوب دیگر سیگنال، کانال ۲ را به همین صورت نمایش می دهد و پس از آن به طور متناوب کانال ۱ و ۲ را نشان می دهد. چون فرکانس کار زیاد است، زمانی که کانال ۱ نشان داده می شود کانال ۲ قطع است و ما به دلیل سرعت قطع و وصل زیاد این مورد را احساس نمی کنیم لذا دو شکل موج را به طور همزمان می بینیم.

شکل ۲۵-۴ سیگنال کانال ۱ را در تناوب اول و در تناوب بعد، سیگنال کانال ۲ را نشان می دهد.



شکل ۲۵-۴ نمایش دو سیگنال در اسیلوسکوپ دو کاناله، به صورت متناوب

در روی اسیلوسکوپ، کلیدی به نام ALT وجود دارد؛ چنانچه فرکانس سیگنال های دو کانال، بیشتر از 1 kHz باشد با استفاده از این کلید، می توانیم دو شکل موج را به طور همزمان ببینیم. اگر فرکانس سیگنال کم باشد، مشاهده دو شکل موج به طور همزمان با استفاده از کلید (ALT) امکان پذیر نخواهد بود. زیرا اسیلوسکوپ، وقتی سیگنال کانال ۱ را نمایش می دهد، (چون

شکل موج را در ۶ خانه تنظیم کنیم، با کم کردن رنج Volt/Div سعی می کنیم شکل موج بیش از ۶ خانه را در برگیرد و آن گاه با ولوم Volt Variable شکل موج ورودی را در ۶ خانه روی صفحه نمایش تنظیم می کنیم.

۳-۴- اسیلوسکوپ دو کاناله

اسیلوسکوپ دو کاناله، اسیلوسکوپی است که می تواند دو شکل موج را به طور همزمان نشان دهد. شکل ۲۴-۴ یک اسیلوسکوپ دو کاناله را که به طور همزمان دو شکل موج روی صفحه حساس آن نقش بسته است نشان می دهد.



شکل ۲۴-۴ یک اسیلوسکوپ دو کاناله که به طور همزمان دو شکل موج را روی صفحه حساس خود نشان می دهد.

اگر بخواهیم دو سیگنال را به طور همزمان با اسیلوسکوپ دو کاناله مشاهده کنیم باید این دو سیگنال، هم فرکانس باشند و یا فرکانس آن ها مضرب صحیحی از یکدیگر باشد.

با مشاهده دو شکل موج در یک اسیلوسکوپ دو کاناله می توان این دو موج را از نظر شکل، دامنه یا اختلاف فاز به طور همزمان با یکدیگر مقایسه نمود.

در اسیلوسکوپ های دو کاناله، کنترل فوکوس، شدت نور و Time/Div هر دو کانال یکی است. فقط قسمت کنترل تقویت کننده اولیه عمودی سیگنال های ورودی دو کانال با یکدیگر تفاوت دارد.

ب — CH2 : در صورت قرار داشتن کلید، در این حالت فقط سیگنال اعمال شده به کانال ۲ روی صفحه حساس ظاهر می گردد (کانال اول قطع است).

ج — ALT : در این حالت از کلید، سیگنال کانال ۱ و سیگنال کانال ۲ به طور همزمان به روش تناوبی یا Alternation روی صفحه حساس ظاهر می شوند (برای فرکانس های بالاتر از ۱kHz).

د — CHOP : اگر کلید در حالت CHOP باشد، سیگنال کانال ۱ و سیگنال کانال ۲ به طور همزمان به صورت شکل موج های قطعه قطعه شده یا Chopping روی صفحه حساس ظاهر می شوند (کم تر از ۱kHz).

ه — Dual : در بعضی از اسیلوسکوپ ها به جای کلیدهای ALT و CHOP کلید Dual وجود دارد که هر دو سیگنال اعمالی به کانال ۱ و ۲ را به طور همزمان نشان می دهد.

و — ADD : با قرار دادن کلید در این حالت، دو سیگنال کانال ۱ و ۲ که روی صفحه حساس نقش بسته اند با یکدیگر جمع لحظه ای می شوند.

ز — DIFF : این کلید فقط در بعضی از اسیلوسکوپ های دو کاناله وجود دارد. در این حالت دو سیگنال کانال ۱ و کانال ۲ که روی صفحه حساس نقش بسته اند با یکدیگر تفریق لحظه ای شده و روی صفحه حساس نمایان می شوند.

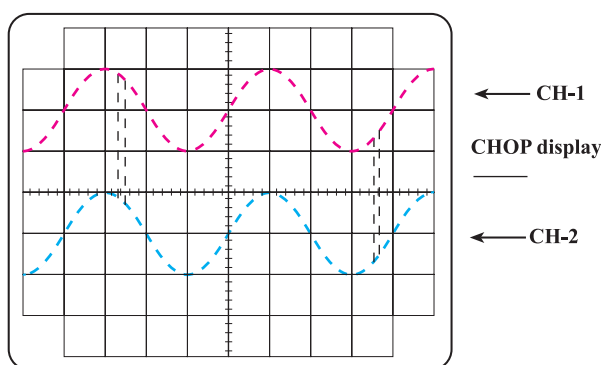
ح — CH2INV : این کلید، سیگنال مربوط به کانال ۲ را ۱۸۰ درجه تغییر فاز می دهد. همچنین بعضی دگمه های خاص روی اسیلوسکوپ وجود دارند که در قسمت بعد توضیح داده خواهد شد.

۴-۴ کاربردهای عمومی اسیلوسکوپ

حال که طرز کار اسیلوسکوپ را تا حدودی یاد گرفتیم جای آن دارد که اشاره ای مختصر به بعضی از کاربردهای آن داشته باشیم.

۴-۴-۱ — اندازه گیری دامنه : صفحه حساس اسیلوسکوپ، در جهت افقی به ۱۰ قسمت و در جهت عمودی

فرکانس کم و زمان تناوب زیاد است) سیگنال کانال ۲ از دید محو می شود و دو موج به صورت چشمک زن، روی صفحه حساس ظاهر می گردند. برای نمایش سیگنال های با فرکانس کم، از روش دیگری به نام Chopping استفاده می کنند. در این روش، یک نقطه کوچک از سیگنال کانال ۱ و یک نقطه کوچک از سیگنال کانال ۲ و به همین ترتیب تا آخر، نمایش داده می شود. در این روش، لحظه ای که سیگنال کانال ۱ نمایش داده می شود کانال ۲ قطع است و برعکس؛ چون این نقاط، فوق العاده کوچک اند ما آن ها را کنار هم و به صورت پیوسته می بینیم. شکل ۲۶-۴ دو شکل موج سینوسی هم فرکانس را به صورت Chopping نشان می دهد.



شکل ۲۶-۴ — نمایش دو سیگنال روی صفحه حساس به صورت Chopping

روی اکثر اسیلوسکوپ ها، کلیدی به همین نام (CHOP) وجود دارد که برای نمایش دو سیگنال به طور همزمان در فرکانس کم، از این کلید استفاده می شود.

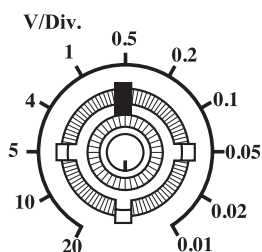
در اسیلوسکوپ های دو کاناله در حالت X-Y، یکی از کانال ها کنترل محور عمودی (Y) و کانال دیگر کنترل محور افقی (X) را به عهده دارد.

روی پانل اسیلوسکوپ های دو کاناله کلیدهایی برای نمایش سیگنال یک کانال یا سیگنال دو کانال به طور همزمان وجود دارد که در ذیل به تعدادی از آن ها اشاره خواهد شد.

الف — CH1 : اگر کلید، در این حالت باشد، فقط سیگنال اعمالی به کانال ۱ روی صفحه حساس ظاهر می گردد (کانال دوم قطع است).

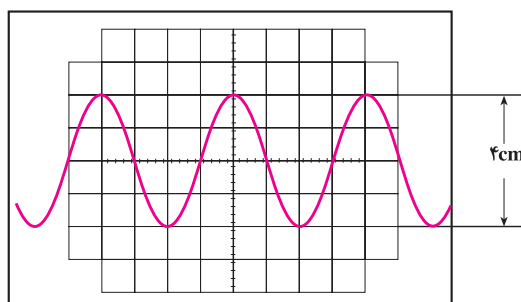
تا شکل موج اعمالی به اسیلوسکوپ روی صفحه حساس ظاهر شود (با تنظیم سلکتور Time/Div می توان حدوداً یک یا دو سیکل کامل را روی صفحه حساس نشان داد). سپس با شمارش تعداد خانه هایی که پیک تا پیک، یا پیک یک ولتاژ AC، و یا مقدار ولتاژ DC موج در برگرفته و از ضرب این تعداد خانه در رنج سلکتور Volt/Div، مقدار ولتاژ پیک تا پیک، یا پیک AC یا DC به دست می آید.

مثال ۱: در شکل ۲۷-۴ دامنه پیک تا پیک ولتاژ برابر $2V = 2V/Div \times 0.5 \times (4 \text{ خانه})$ یا (۲cm) می شود.



به ۸ قسمت تقسیم شده است. در برخی از اسیلوسکوپ ها اندازه هر قسمت یک سانتی متر و در بعضی دیگر حدود ۹ میلی متر است. خط افقی و عمودی وسط، علاوه بر تقسیمات ۸ و ۱۰ قسمتی دارای درجه بندی ریزتری نیز می باشد، به طوری که هر خانه به پنج قسمت تقسیم شده و هر قسمت معادل 0.2 cm و یا 2° خانه می باشد.

برای اندازه گیری دامنه، ابتدا ولوم Volt Variable را تا انتها در جهت عقربه های ساعت می چرخانیم، آنگاه با قرار دادن کلید AC-GND-DC، روی حالت GND اشعه را ترجیحاً در وسط صفحه تنظیم کرده و کلید فوق را در حالت DC قرار می دهیم



شکل ۲۷-۴ اندازه گیری دامنه

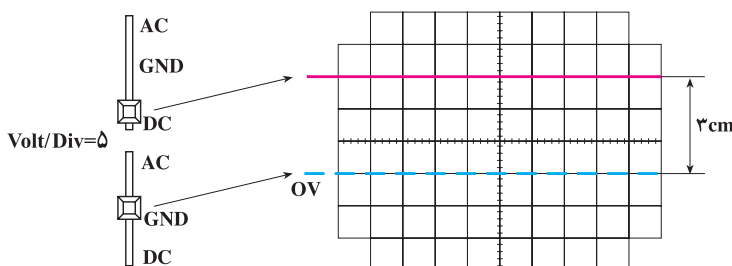
(به خاطر سینوسی بودن) ولت

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$$

مثال ۲: مقدار ولتاژ DC شکل ۲۸-۴ برابر $15V = 5V/Div \times (3 \text{ خانه})$ می باشد.

اگر مقدار پیک ولتاژی را خواسته باشیم، باید مقدار پیک تا پیک را محاسبه کرده آن را بر دو تقسیم نماییم و اگر مقدار مؤثر ولتاژ مدنظر باشد، چون موج سینوسی است، می توان برای این منظور مقدار پیک را بر $\sqrt{2}$ تقسیم نمود.

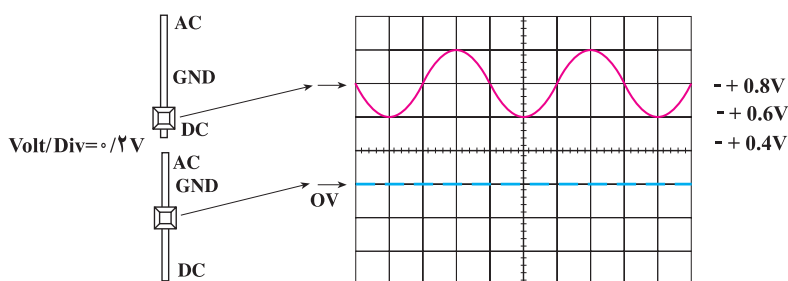
$$V_p = \frac{V_{p-p}}{2} = 1 \text{ ولت}$$



شکل ۲۸-۴ اندازه گیری ولتاژ DC

خانه‌ها، از خط صفر تا نقطه صفر موج AC، اندازه‌گیری می‌شود.
مثال ۳: در شکل ۲۹-۴ دامنه DC برابر ۶/۰ ولت و دامنه پیک AC برابر ۲/۰ ولت می‌باشد.

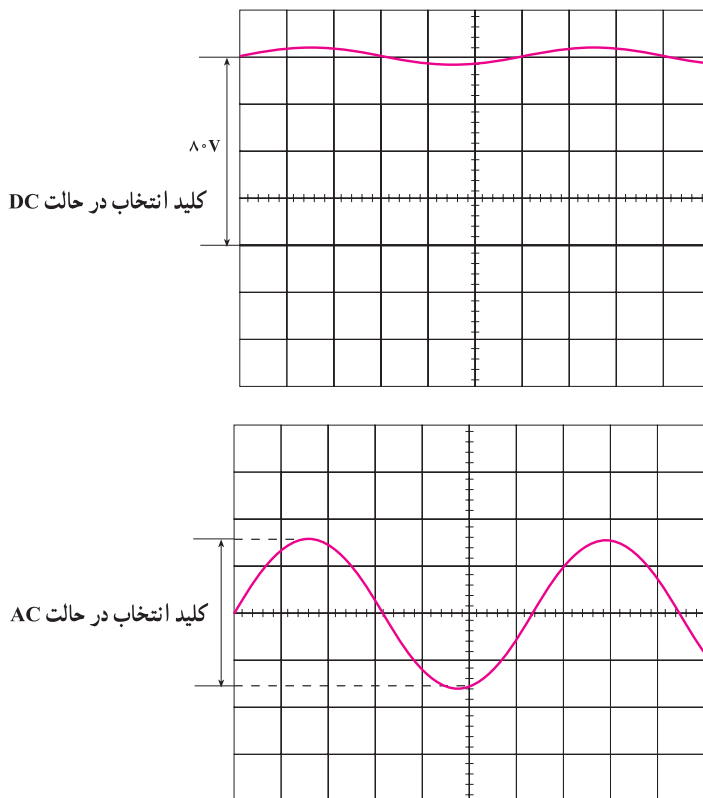
اگر ولتاژ مورد اندازه‌گیری ترکیب DC با AC بوده (AC سوار بر DC) و در ضمن دامنه AC به راحتی قابل اندازه‌گیری باشد، دامنه AC مطابق آنچه که گفته شد و دامنه DC با شمارش



شکل ۲۹-۴ اندازه‌گیری دامنه‌های AC و DC (AC سوار بر DC)

خواهد بود. با قرار دادن کلید انتخاب در حالت DC، می‌توان مقدار DC را نیز اندازه گرفت. شکل ۳۰-۴ اسیلوسکوپ یک موج با پیک تا پیک ۳/۱ ولتی را، که بر روی یک ولتاژ ۸۰ ولتی سوار است، نشان می‌دهد.

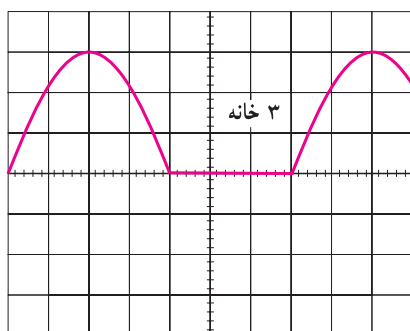
اگر در اندازه‌گیری ولتاژ مرکب از AC و DC نتوان دامنه AC را درست اندازه گرفت، در این حالت، ابتدا با قرار دادن کلید در حالت GND اشعه را در مرکز صفحه حساس تنظیم نموده، سپس کلید انتخاب را در حالت AC قرار می‌دهیم و ضرب Volt/Div را کم می‌کنیم، در این حالت به راحتی مقدار AC قابل اندازه‌گیری



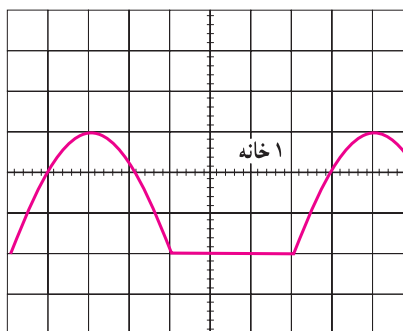
شکل ۳۰-۴ نحوه اندازه‌گیری ولتاژ AC سوار بر DC

رنج کلید $\times V/Div$
تعداد خانه‌های جابه‌جا شده
در حالت AC و DC
= مقدار متوسط

شکل ۴-۳۱ اندازه‌گیری مقدار متوسط یک شکل موج
یکسو شده سینوسی را نشان می‌دهد.



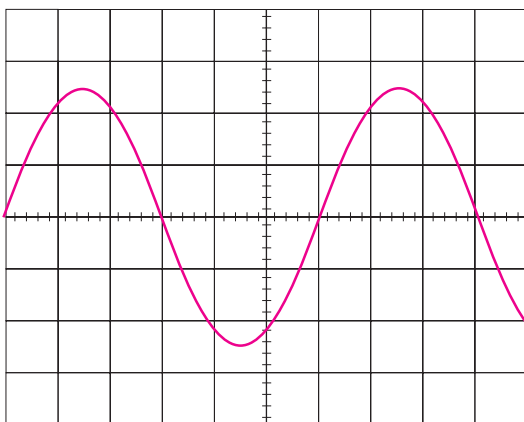
کلید انتخاب در حالت DC



کلید انتخاب در حالت AC

شکل ۴-۳۱ $1V = 5V/Div \times (2 \text{ خانه})$ شکل جابه‌جا شده است = مقدار متوسط ولتاژ

مثلاً زمان تناوب شکل ۴-۳۲ برابر $3ms$ می‌باشد زیرا :
 $3ms = 6Div \times 5ms/Div$ = زمان تناوب
برای اندازه‌گیری زمان تناوب یک شکل موج باید ولوم
Time Variable در حالت Cal. باشد (در جهت عقربه‌های
ساعت تا آخر پیچانده شده باشد). برای دقت بیشتر باید سعی
کنیم حتی الامکان یک سیکل از شکل، خانه‌های بیشتری را در
بر بگیرد.



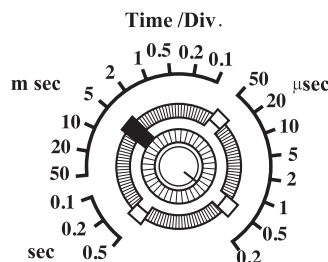
شکل ۴-۳۲

برای اندازه‌گیری مقدار متوسط یک شکل موج، ابتدا کلید
انتخاب را در حالت DC قرار داده، مکان آن را روی صفحه
حساس به خاطر می‌سپاریم، سپس کلید انتخاب را در حالت
AC قرار می‌دهیم، در این صورت شکل موج نقش بسته روی
صفحه حساس جابه‌جا شده و مقدار DC (متوسط) آن از رابطه
زیر به دست می‌آید.

۴-۴-۲ اندازه‌گیری زمان تناوب: ضرایب کلید
Time /Div، نشان‌دهنده مدت زمان لازم جهت حرکت اشعه به
اندازه یک خانه ($\approx 1cm$) می‌باشد مثلاً اگر سلکتور Time /Div
بر روی $5\mu s/Div$ باشد، $5\mu s$ طول می‌کشد تا اشعه مسیر یک
خانه را ببیماید. با استفاده از این ضرایب می‌توان زمان تناوب شکل
موج‌ها را مطابق ذیل محاسبه نمود :
زمان تناوب یک شکل موج نقش بسته روی صفحه حساس
برابر است با :

رنج سلکتور Time /Div \times تعداد خانه‌های در

بر گرفته شده توسط یک سیکل



خواهد بود. بدین صورت که ابتدا سعی می‌کنیم به کمک سلکتور Time /Div و ولوم Time Variable یک سیگنال از شکل موج، تعداد خانه‌های زیادی را در برگیرد (در اندازه‌گیری اختلاف فاز، نیازی به تنظیم زمان موج جاروب نیست یعنی می‌توان ولوم Time Variable را از حالت Cal. خارج کرد). سپس عدد 36° را بر تعداد خانه‌های در بر گرفته شده یک سیگنال تقسیم می‌کنیم تا مقدار زاویه هر خانه مشخص شود (Div / درجه). سپس تعداد خانه‌های اختلاف فاز را در این عدد ضرب می‌نماییم.

مثلاً در شکل ۴-۳۳ اختلاف فاز برابر 18° می‌باشد زیرا:

$$\text{Div} / \text{درجه} = \frac{36^\circ}{8} = 4.5^\circ$$

اختلاف فاز دو سیگنال $18^\circ = 4.5^\circ \times 4$ (تعداد خانه‌های

اختلاف فاز)

اسیلوسکوپ‌های معمولی قادر به نشان دادن مقدار فرکانس سیگنال اعمالی نیستند؛ لذا برای اندازه‌گیری فرکانس ابتدا باید زمان تناوب آن را اندازه گرفت و سپس با استفاده از رابطه $f = \frac{1}{T}$ مقدار فرکانس را محاسبه نمود. در اسیلوسکوپ‌های پیشرفته‌تر، مقدار فرکانس روی صفحه حساس نوشته می‌شود.

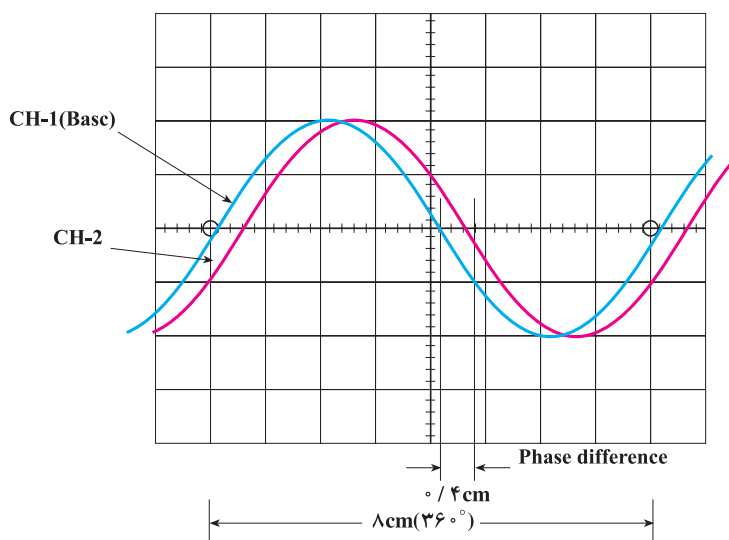
مقدار فرکانس سیگنال شکل ۴-۳۲ برابر $33/3 \text{ Hz}$

می‌باشد زیرا:

$$f = \frac{1}{3 \times 10^{-3}} = \frac{10^3}{3} = 333/3 \text{ Hz}$$

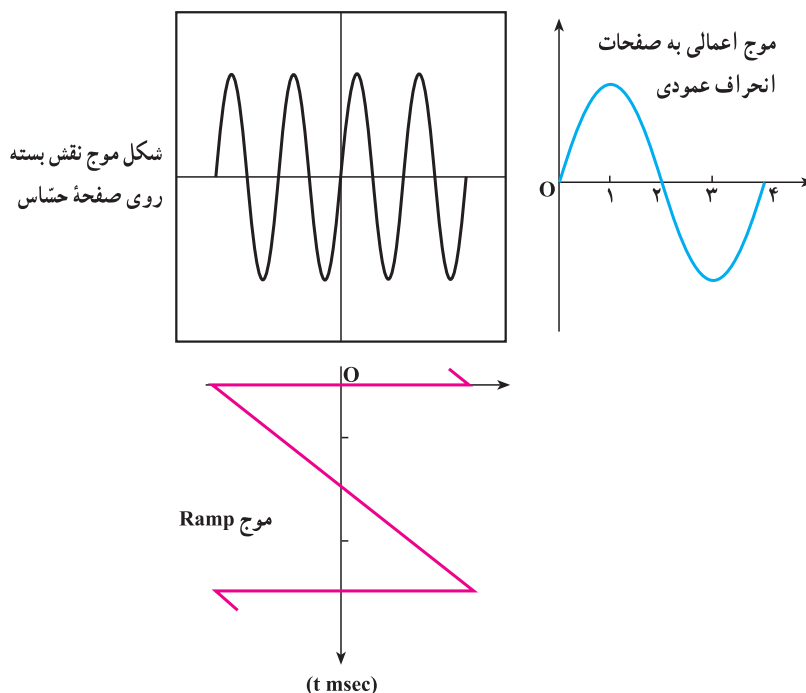
۴-۴-۳ اندازه‌گیری اختلاف فاز: با توجه به این که

اسیلوسکوپ‌های دو کاناله قادرند به طور همزمان دو شکل موج را نمایش دهند، اندازه‌گیری اختلاف فاز میان دو سیگنال امکان پذیر



شکل ۴-۳۳ اختلاف فاز دو سیگنال برابر 18° درجه باشد.

- ۱- اشعه الکترونی چیست؟
- ۲- تولید اشعه الکترونی چگونه صورت می گیرد؟
- ۳- صفحه حساس چیست؟
- ۴- شکل موج چگونه بر روی صفحه حساس نقش می بندد؟
- ۵- نقش عدسی الکترونی در لامپ اشعه کاتدیک چیست؟
- ۶- فوکوس کردن چه مفهومی دارد؟
- ۷- چگونه مقدار نور را روی صفحه حساس تنظیم می کنند؟
- ۸- نقش صفحات انحراف افقی و عمودی در لامپ اشعه کاتدیک چیست؟
- ۹- اگر یک شکل موج سینوسی به صفحات انحراف عمودی و یک ولتاژ DC به صفحات انحراف افقی وصل کنیم روی صفحه حساس شکل موج چگونه ظاهر می شود؟
- ۱۰- اگر زمان تناوب موج Ramp برابر ۱۵ms و زمان تناوب موج سینوسی اعمالی به صفحات انحراف عمودی برابر ۱۰ms باشد، شکل موج نقش بسته روی صفحه حساس چگونه است؟
- ۱۱- در شکل ۳۴-۴ زمان تناوب موج جاروب چقدر باید باشد تا شکل موج نشان داده شده، روی صفحه حساس ظاهر شود؟
- ۱۲- به طور کلی تشریح کنید که وقتی یک موج را به صفحات انحراف عمودی و یک موج جاروب با زمان تناوب مناسب به صفحات انحراف افقی می دهیم، چگونه شکل موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی روی صفحه حساس آشکار می شود؟



شکل ۳۴-۴- رابطه بین زمان تناوب موج جاروب و موج سینوسی ورودی

۱۳- اسیلوسکوپ چه نوع دستگاهی است؟

۱۴- منظور از اسیلوسکوپ 10^6 MHz چیست؟

۱۵- در کلید AC-GND-DC تفاوت حالت DC و AC را شرح دهید.

۱۶- شکل یک مدار تضعیف کننده را رسم کرده و طرز کار آن را توضیح دهید.

۱۷- ضرایب کلید Volt/Div، بیان کننده چیست؟

۱۸- ولوم Volt Variable چه عملی انجام می دهد؟

۱۹- چرا در تقویت کننده نهایی از ولتاژهای بالا استفاده می کنند؟

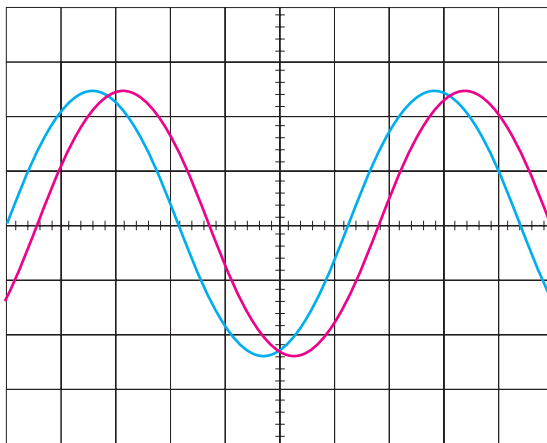
۲۰- نقش ولوم Level روی پائل اسیلوسکوپ کدام است؟

۲۱- ضرایب سلکتور Time/Div بیان کننده چیست؟

۲۲- اسیلوسکوپ دو کاناله چگونه دو شکل موج را به طور همزمان نشان می دهد (سیستم ALT و CHOP را به طور کامل توضیح دهید)؟

۲۳- چگونه می توان با استفاده از اسیلوسکوپ ولتاژ AC و DC یک موج AC سوار بر DC را با دقت اندازه

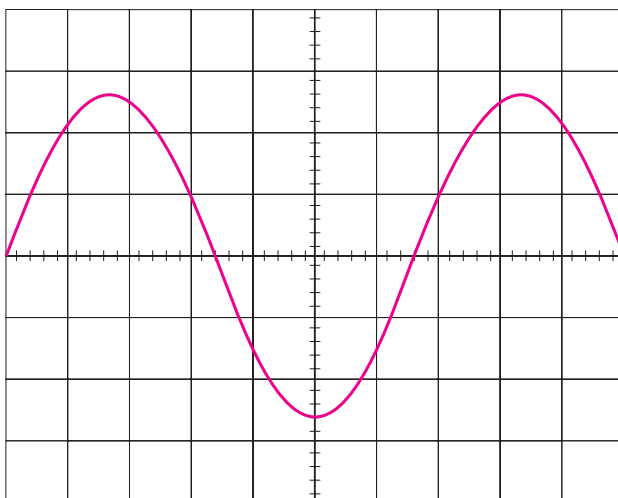
گرفت؟



۲۴- اختلاف فاز بین دو سیگنال نمایش داده شده

روی صفحه حساس شکل ۳۵-۴ چند درجه است؟

شکل ۳۵-۴- اندازه گیری اختلاف فاز بین دو سیگنال



۲۵- در شکل ۳۶-۴ مقدار ماکزیمم ولتاژ و

فرکانس سیگنال را به دست آورید.

Time / Div = $10 \text{ ms} / \text{Div}$

Volt / Div = $5 \text{ V} / \text{Div}$

شکل ۳۶-۴- اندازه گیری ماکزیمم ولتاژ و فرکانس سیگنال

ساختمان دستگاه‌های اندازه‌گیری

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 قاب گردان را شرح دهد.
- حساسیت گالوانومتر را تعریف کند.
- چگونگی استفاده از دستگاه اندازه‌گیری با قاب گردان (گالوانومتر دآرسونوال) را به صورت ولت متر DC و آمپر متر DC شرح دهد.
- چگونگی استفاده از دستگاه اندازه‌گیری با قاب گردان را به صورت ولت متر AC شرح دهد.
- چگونگی توسعه رنج اندازه‌گیری جریان و ولتاژ را با استفاده از گالوانومتر دآرسونوال بیان کند.
- چگونگی اندازه‌گیری جریان‌های زیاد DC را به کمک مولتی متر شرح دهد.
- چگونگی استفاده از گالوانومتر دآرسونوال را به صورت اهم متر سری شرح دهد.
- ساختمان و طرز کار انواع دستگاه اندازه‌گیری آهن نرم گردان را شرح دهد.
- فرق ولت متر و آمپر متر آهن نرم گردان را شرح دهد.
- ساختمان وات متر را شرح داده و فرق آن را با گالوانومتر دآرسونوال بیان کند.
- ساختمان مولتی متر دیجیتالی را شرح دهد.
- مزایای یک مولتی متر دیجیتالی را بر مولتی متر 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 هنجریان حساس و فعال باشد.
- سایر هنجریان 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 دستگاه های اندازه گیری را به صورت آزمایشگاه مجازی برای هنرجویان به نمایش در آورید.

۱-۵- دستگاه اندازه گیری با قاب گردان و آهن ربای دائمی

در یک بسته بندی استفاده می شود. در حقیقت تمامی دستگاه های اندازه گیری که دارای درجه بندی خطی هستند و با جریان های خیلی کم کار می کنند نشان دهنده اصلی همان گالوانومتر می باشند. ۱-۵- ساختمان گالوانومتر دآرسونوال : شکل ۱-۵ دو نمونه از گالوانومتر دآرسونوال را که در ساختمان دستگاه های اندازه گیری به کار می رود نشان می دهد.

دستگاه اندازه گیری با قاب گردان و آهن ربای دائمی همان میکروآمپر متر یا گالوانومتر است که می تواند جریان های حدود میکروآمپر (حتی کسری از میکروآمپر) را با دقت بسیار بالا اندازه بگیرد. از این رو از این دستگاه در ساخت ولت مترها و آمپر مترهای بسیار دقیق و مولتی متر (اهم متر - ولت متر و آمپر متر



شکل ۱-۵ دو نمونه گالوانومتر «دآرسونوال»

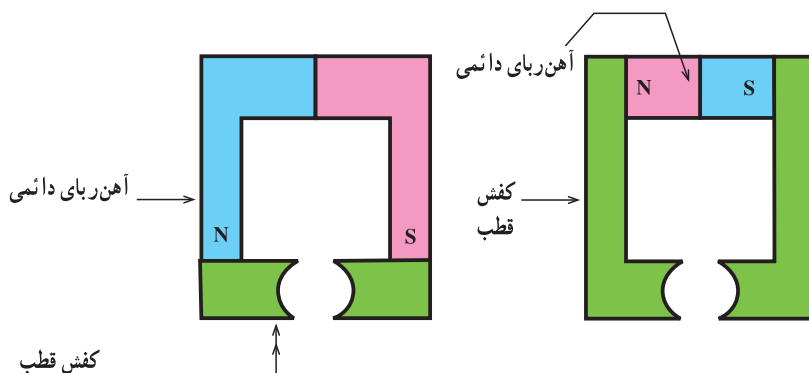
سیم پیچ، که قادر است حول استوانه آهن نرم بچرخد، تشکیل شده است.

— آهن ربای دائمی و کفش قطب ها : نقش آهن ربای

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

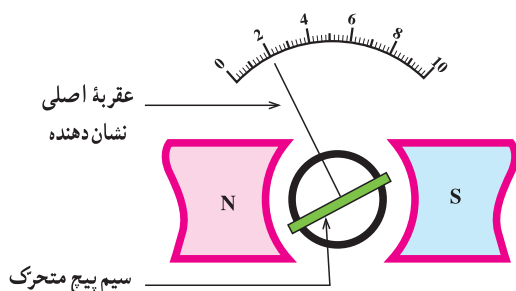
دائمی در گالوانومتر دآرسونوال، ایجاد میدان مغناطیسی در یک فاصله هوایی است و کفش قطب‌ها وظیفه یکنواخت کردن این

میدان مغناطیسی را به عهده دارند. شکل ۵-۲ دو نمونه آهنربای دائمی همراه با کفش قطب‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲ دو نمونه از آهنربای 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 ۵-۴ نمای عمودی وضعیت قرار گرفتن سیم پیچ حول استوانه آهنی را نشان می‌دهد.



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

با پیشرفتی که در تکنولوژی حاصل شده است، مجموعه‌های شکل ۵-۲ را به صورت یک پارچه از آهنربای دائمی می‌سازند. 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 می‌دهند. در شکل ۵-۳ یک نمونه از یکنواخت و شعاعی نمودن میدان در یک فاصله هوایی نشان داده شده است.



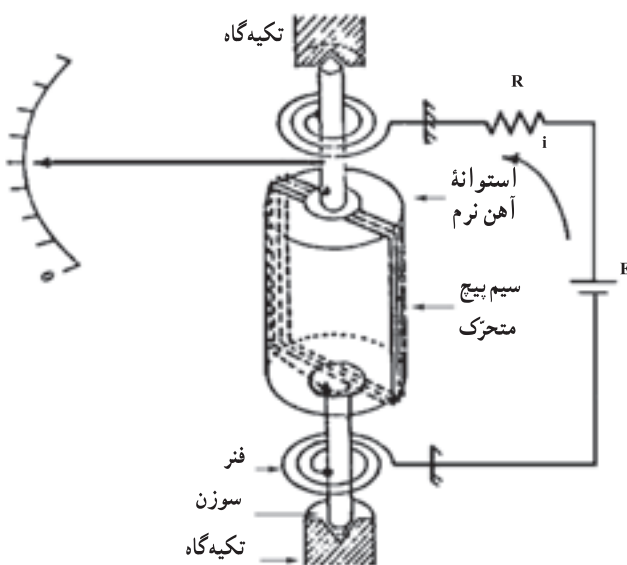
شکل ۵-۳ چگونگی ایجاد میدان مغناطیسی یکنواخت و شعاعی

چون سیم پیچ باید حرکت کند لذا با دو سوزن (در مدل‌های قدیمی تر) که در دو طرف سیم پیچ تعبیه شده‌اند، توسط دو تکیه‌گاه، نگه‌داشته می‌شود و قادر است حول این دو تکیه‌گاه بچرخد. در ضمن دو فنر نیز جهت ایجاد کوپل مقاوم و برگرداندن سیم پیچ بعد از قطع جریان به جای اول (نقطه صفر) نیز به دو سوزن، وصل شده‌اند. 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 می‌کند باید از تیغه‌های کلکتور استفاده

اخیراً بعضی از کارخانه‌های سازنده، فرم آهنربا را طوری می‌سازند که نیازی به استوانه آهن نرم نباشد و در ضمن، در فواصل مورد نیاز، میدان یکنواخت را برای ما ایجاد کند.

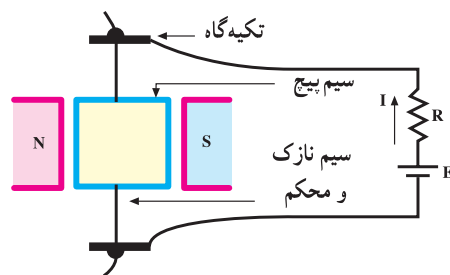
— سیم پیچ متحرک : همان طور که گفته شد گالوانومتر برای اندازه‌گیری جریان‌های با مقدار بسیار کم به کار می‌رود. برای اندازه‌گیری مقدار جریان وارد شده به گالوانومتر باید مقدار انحراف عقربه گالوانومتر را سنجید. عقربه دستگاه نیز به یک سیم پیچ که

نماییم که این کار باعث ایجاد اصطکاک شده از حساسیت دستگاه کاسته می شود و آن را نیز تا حدودی غیرخطی می نماید).
شکل ۵-۵ ساختمان یک گالوانومتر را نشان می دهد.



شکل ۵-۵- ساختمان یک گالوانومتر

در گالوانومترهای جدیدتر، برای حساس تر کردن و همچنین ساده تر نمودن ساختمان آن، به جای دو عدد سوزن، دو فنر و دو تکیه گاه، سیم پیچ را با دو مفتول بسیار نازک (معمولاً از آلیاژ برنز یا نقره) با مقطع گرد و یا مستطیلی شکل به دو تکیه گاه ثابت وصل می کنند. هدایت جریان به سیم پیچ متحرک، از طریق دو تکیه گاه صورت می گیرد. همچنین اگر سیم پیچ بچرخد، مفتول نازک نیز تاب خورده ایجاد کوپل مقاوم می کند و بعد از قطع جریان مجدداً سیم پیچ را به حالت اولیه برمی گرداند. عقربه نشان دهنده روی سیم پیچ متحرک قرار می گیرد. شکل ۵-۶ ساختمان این نوع گالوانومتر را نشان می دهد.



شکل ۵-۶- مقطع یک گالوانومتر

حرکت عقربه (چرخش قاب) با جریان عبوری از آن رابطه خطی دارد. از این رو درجه بندی 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 اندازه گیری است که درجه بندی 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 می شود.

$$S' = \frac{\text{زاویه گردش عقربه}}{\text{جریان عبوری از سیم پیچ}} \quad (5-1)$$

$$S' = \frac{\theta}{I} \quad \text{یا} \quad \frac{\text{درجه}}{\text{میکروآمپر}} \quad \text{رادیان} \quad \text{آمپر}$$

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

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

حال اگر در گالوانومتر دیگری حساسیت $100 \frac{K\Omega}{V}$ 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 می آید که هر قدر عدد $\frac{\Omega}{V}$ یک گالوانومتر بیشتر باشد، دستگاه حساس تر است. اگر بخواهیم از این

دستگاه به عنوان ولت متر استفاده کنیم هر قدر عدد $\frac{\Omega}{V}$ آن بیشتر باشد (در حقیقت امپدانس ورودی آن بیشتر باشد) خطای اندازه گیری

کمتر می‌شود.

۱-۵-۲ ساختمان ولت متر DC : همان طور که

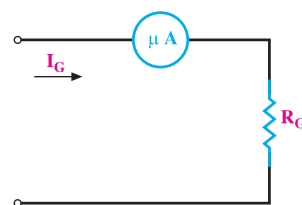
دیدیم حرکت عقربه گالوانومتر به صورت خطی با عبور جریان از سیم پیچ رابطه دارد و طبق رابطه ۵-۲ به دست می‌آید.

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

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 دو سر گالوانومتر افت ولتاژی معادل $R_G \cdot I_G$ به وجود خواهد آمد.

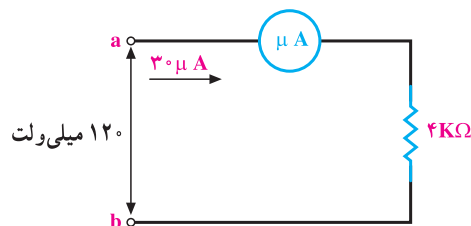
شکل ۵-۷ علامت فنی یک گالوانومتر را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۷ علامت فنی گالوانومتر دآرسونوال

مقدار R_G در گالوانومترها معمولاً بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ اهم است (البته این مقدار مقاومت، اندکی مربوط به مقاومت اهمی سیم پیچ است و مابقی را به خاطر مسائل دینامیکی گالوانومتر به طور مصنوعی با سیم پیچی 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.

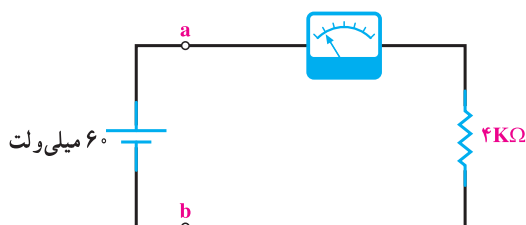


شکل ۵-۸ به ازای عبور جریان $30 \mu A$ از گالوانومتر، دو سر آن 120 میلی‌ولت ولتاژ افت می‌کند.

حال اگر به جای $30 \mu A$ ، $15 \mu A$ جریان را به گالوانومتر اعمال نماییم، اولاً عقربه ۵۰٪ مقدار قبلی حرکت می‌کند و ثانیاً افت ولتاژ دو سر گالوانومتر 60 میلی‌ولت خواهد شد ($4 K\Omega \times 15 \mu A = 60 \text{ mV}$).

حال اگر مطابق شکل ۵-۹ 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 $15 \mu A = 60 \text{ mV} / 4 K\Omega$ خواهد شد و عقربه ۵۰٪ انحراف خواهد داشت. حال اگر به جای 60 میلی‌ولت، 120 میلی‌ولت را اعمال نماییم جریان عبوری از گالوانومتر $30 \mu A = 120 \text{ mV} / 4 K\Omega$ خواهد شد و انحراف عقربه ۱۰۰٪ خواهد شد.

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

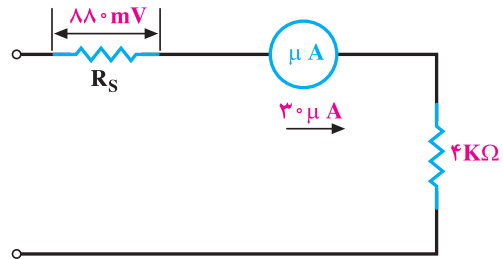


شکل ۵-۹ به ازای اعمال 60 mV ولتاژ به گالوانومتر، انحراف ۵۰٪ خواهد بود.

اگر گالوانومتر، با مشخصات فوق را به عنوان میلی‌ولت متر 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 بدهیم. در هر حال جریان عبوری از گالوانومتر نباید از $30 \mu A$ تجاوز کند. فرض کنید می‌خواهیم ولتاژ 170 را با میلی‌ولت متر 120 mV اندازه بگیریم. برای این کار باید 88 میلی‌ولت ولتاژ را در مقاومت سری شده با گالوانومتر افت دهیم و از طرفی باید جریان مدار همان $30 \mu A$ باشد لذا می‌توان مطابق شکل ۵-۱۰ 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.

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

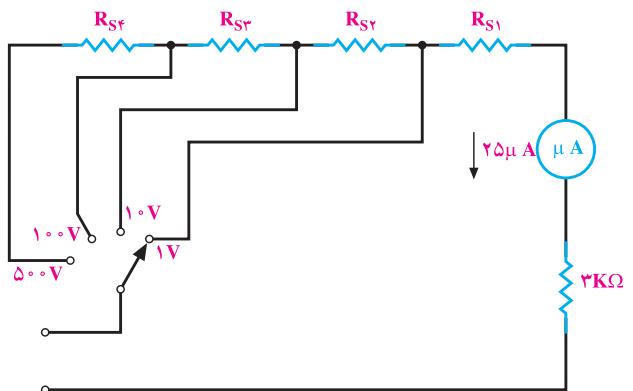


شکل ۵-۱۰ یک ولت متر ۱-۰ ولت به کمک یک میلی ولت متر ۱۲۰ mV-.

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 ۱۰۰ V-، ۱۰ V-، ۱ V-، ۰-۱۰۰ V-، ۰-۱۰ V-، ۰-۱ V- 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

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

$$R_{S1} = \frac{100 \text{ mV} - 75 \text{ mV}}{25 \mu\text{A}} = 33 \text{ K}\Omega$$

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

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

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

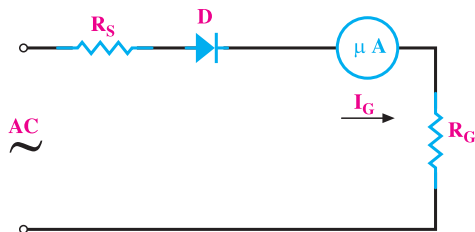
۳-۵-۱- ساختمان ولت متر AC: رابطه انحراف عقربه

با جریان عبوری از سیم پیچ متحرک (قاب) به صورت $\theta = KI$ است. 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 ولتاژی با فرکانس ۵۰ Hz را به آن اعمال نماییم عقربه تواند 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.



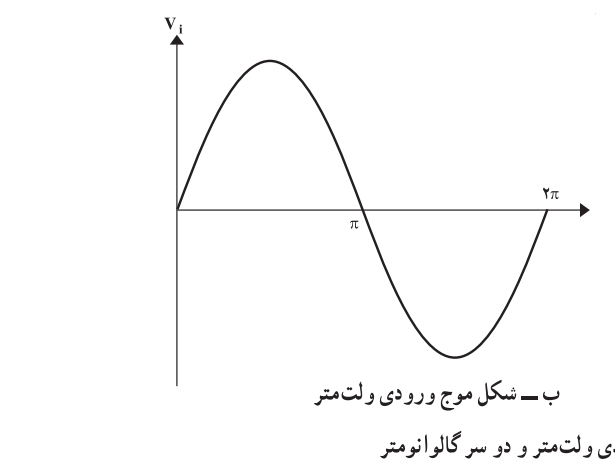
شکل ۵-۱۲ یک نمونه ساده ولت متر AC

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.

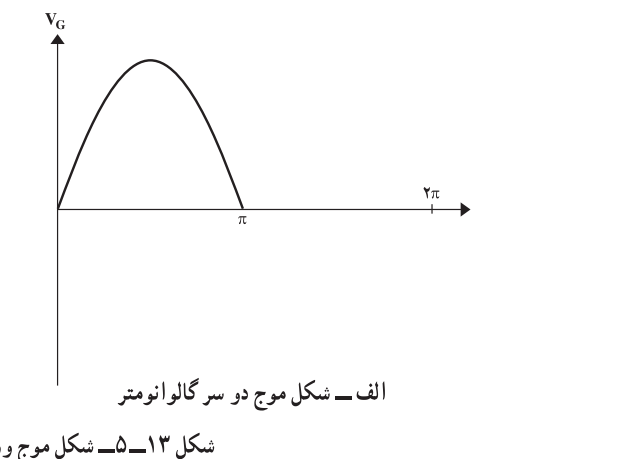
برای محاسبه مقاومت‌های سری شده با گالوانومتر در ولت‌متر AC، باید دو نکته را در نظر داشت. اول این که ولتاژ AC برحسب مؤثر سنجیده می‌شود و درجه‌بندی گالوانومتر باید

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 سوشدن را در نظر گرفت و یا به عبارتی رابطه بین مؤثر ورودی و متوسط (DC) دو سر گالوانومتر را مد نظر قرار داد.



کنیم محاسبه نماییم.

حل: ابتدا ولتاژ DC مدار را محاسبه می‌کنیم:

$$V_{av} = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi V_m \sin \theta d\theta = \frac{V_m}{\pi} [-\cos \theta]_0^\pi = \frac{V_m}{\pi} (1 + 1) = \frac{2V_m}{\pi}$$


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.

$$V_{av} = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi V_m \sin \theta d\theta = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2\sqrt{2} V_{eff}}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{eff} \quad (5-6)$$

رابطه ۵-۶ بیان می‌کند که اگر ولتاژ مؤثر ورودی، یک ولت باشد ولتاژ متوسط برابر ۰/۴۵ 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 $3 K\Omega$ را به جای آن در نظر می‌گیرند.

مثال ۲: یک گالوانومتر به مشخصات $R_G = 4 K\Omega$ و $I_G = 30 \mu A$ در دسترس است می‌خواهیم با آن یک ولت‌متر AC، با رنج $10 V$ بسازیم. مقاومتی را که باید با گالوانومتر سری

حال فرض می‌کنیم می‌خواهیم یک ولت‌متر DC مونتاژ کنیم که ولتاژ ماکزیم ما $4/5$ ولت است، لذا داریم:

(بدون احتساب دیود)

$$R'_s = \frac{4/5 - (4 K\Omega \times 30 \mu A)}{30 \mu A} = 146 K\Omega$$

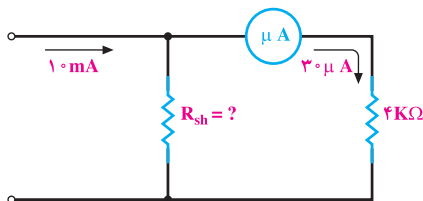
به جای دیود یک مقاومت $3 K\Omega$ در نظر می‌گیریم لذا:

$$R_s = 146 - 3 = 143 K\Omega$$

مثال ۳: مقاومت‌هایی را که باید با یک گالوانومتر $I_G = 30 \mu A$ و $R_G = 4 K\Omega$ سری نمود تا بتوان رنج‌های $6V$ ، $3V$ ، $15V$ ، $30V$ را در ولت‌متر ایجاد نمود.

حل: ابتدا شکل ولت‌متر را رسم می‌کنیم. ولت‌متر یاد شده در شکل ۵-۱۴ رسم شده است.

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



شکل ۵-۱۶ میلی آمپر متر 1 mA

حل: از مقاومت شنت باید جریان $30\text{ }\mu\text{A} - 1\text{ mA}$ عبور کند. از طرفی ولتاژ دو سر مقاومت شنت برابر $4\text{ K}\Omega \times 30\text{ }\mu\text{A}$ می‌باشد، لذا رابطه ۵-۷ به دست می‌آید.

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

توجه داشته باشید که جریان گالوانومتر از رابطه ۵-۸ به دست می‌آید (تقسیم جریان به دو شاخه موازی).

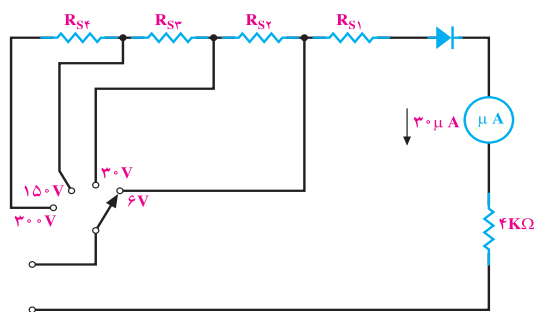
$$I_G = I \frac{R_{sh}}{R_{sh} + R_G} \quad (5-8)$$

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

از ۱) لذا طبق رابطه ۵-۹ خواهیم داشت:

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

مفهوم رابطه ۵-۹ این است که تغییرات I مستقیماً و به صورت خطی روی I_G اثر می‌گذارد. یعنی اگر به عنوان مثال I نصف شود I_G نیز نصف خواهد شد و انحراف 50% قبلی خواهیم داشت. لذا گالوانومتر را بر حسب I درجه بندی خواهیم کرد. اگر بخواهیم آمپر متر دارای چندین رنج باشد می‌توانیم از چندین شنت مختلف همراه با یک کلید انتخاب استفاده کنیم. شکل ۵-۱۷ یک آمپر متر چند رنج را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱۴ ولت متر مثال ۳

$$R'_{s1} = \frac{0/45 \times 6 - (4\text{ K}\Omega \times 30\text{ }\mu\text{A})}{30\text{ }\mu\text{A}} = 86\text{ K}\Omega$$

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

$$R_{s1} = 86 - 3 = 83\text{ K}\Omega$$

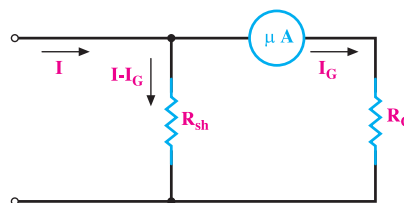
$$R_{s2} = \frac{0/45 \times 30 - 6 \times 0/45}{30\text{ }\mu\text{A}} = 36\text{ K}\Omega$$

$$R_{s3} = \frac{150 \times 0/45 - 30 \times 0/45}{30\text{ }\mu\text{A}} = 1/8\text{ M}\Omega$$

$$R_{s4} = \frac{300 \times 0/45 - 150 \times 0/45}{30\text{ }\mu\text{A}} = 2/25\text{ M}\Omega$$

۵-۱-۴ آمپر متر DC: گالوانومتر دآرسونوال

خود یک میکروآمپر متر است که معمولاً در رنج $30\text{ }\mu\text{A}$ و $50\text{ }\mu\text{A}$ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. اما در عمل نیاز به اندازه گیری جریان‌های بیشتری است. برای اندازه گیری 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 ۵-۱۵ یک نمونه آمپر متر با جریان قابل اندازه گیری بیشتر از جریان گالوانومتر را نشان می‌دهد.

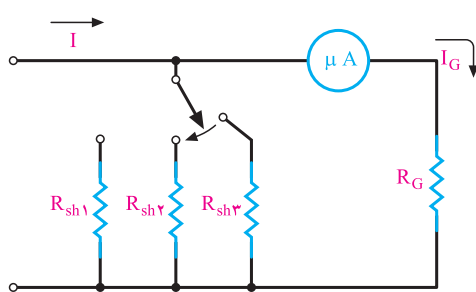


شکل ۵-۱۵ یک آمپر متر DC با جریان قابل اندازه گیری I

عقربه تقریباً یک درصد بوده و لذا قابل اندازه گیری نمی باشد؛ 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 می توان مقدار 1 mA را قرائت کرد. در عمل همیشه کلید رنج را طوری انتخاب می کنیم که حداکثر انحراف ممکن را داشته باشیم.

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



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

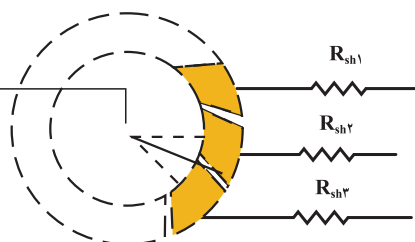
در مولتی مترها برای رفع عیب فوق، مدار چابی را طوری می سازند که در هنگام عوض کردن کلید رنج، ابتدا مقاومت دوم وصل شود و سپس مقاومت اول قطع گردد؛ به عبارتی در یک لحظه کوتاه دو مقاومت شنت موازی می شوند. شکل ۲۰-۵ چگونگی این عمل را نشان می دهد.

در این لحظه ابتدا

R_{sh1} و R_{sh2} موازی

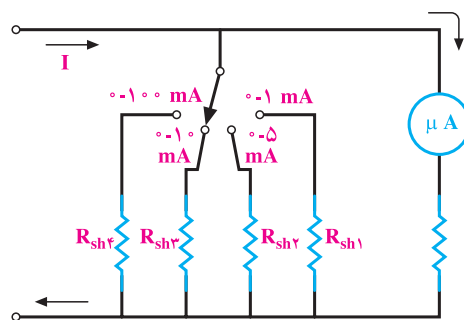
شده و سپس R_{sh3} در

مدار قرار می گیرد.



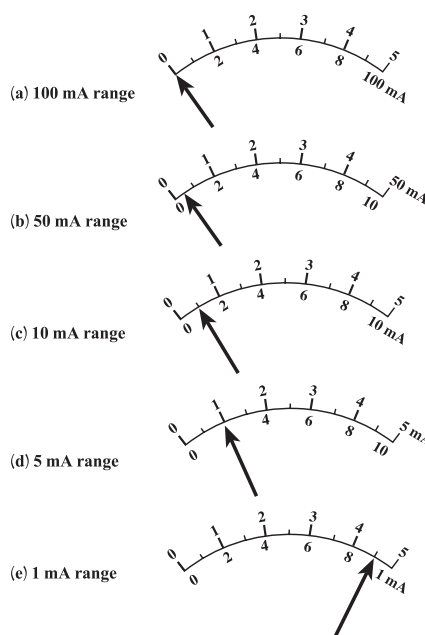
شکل ۲۰-۵ چگونگی عوض کردن کلید رنج به طوری که یک لحظه کوتاه حالت قطع پیش نیاید.

برای محاسبه هر یک از مقاومت های شنت، به طور جداگانه برای هر شنت مقدار R را محاسبه می کنیم (چون ها مستقل از یکدیگرند).



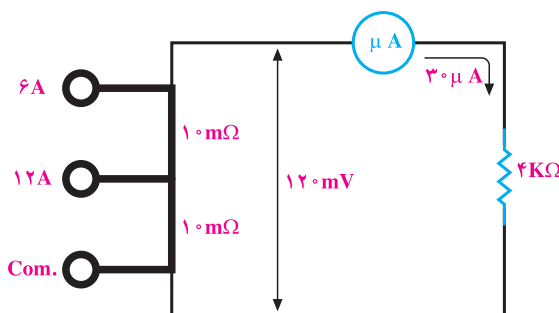
شکل ۱۷-۵ یک آمپرتر مولتی رنج

قبل از ادامه بحث، به یک سؤال جواب می دهیم و آن این است که چرا از آمپرتر یا ولت متر و یا... مولتی رنج استفاده می کنیم. فرض کنید بخواهیم یک جریان 1 mA را اندازه بگیریم. در شکل ۱۸-۵ نحوه قرائت و مقدار حرکت عقربه میلی آمپرتر، به ازای اعمال جریان 1 mA در پنج رنج (1 mA ، 5 mA ، 10 mA ، 50 mA و 100 mA)، نشان داده شده است.



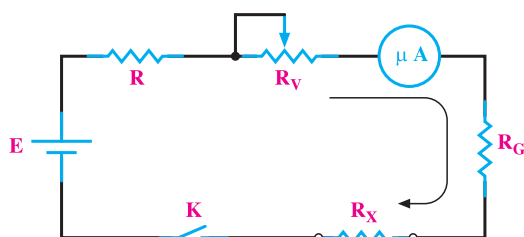
شکل ۱۸-۵ اثرات انتخاب رنج روی قرائت مقادیر

همان طور که از شکل ۱۸-۵ پیداست زمانی که کلید رنج جریان روی 1 mA باشد به ازای 1 mA جریان، حرکت



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

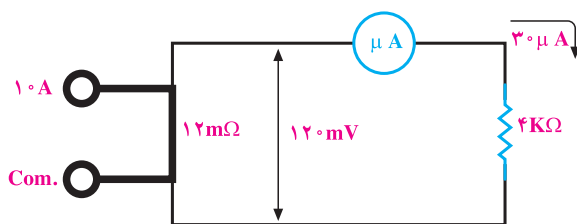
۵-۱-۵- اهم متر سری : اگر در یک مدار سری که شامل یک باتری، تعدادی مقاومت های اهمی و یک گالوانومتر دآرسونوال است مقدار مقاومت اهمی مدار تغییر کند، جریان مدار تغییر نموده باعث تغییر انحراف عقربه گالوانومتر خواهد شد. می توان رابطه ای بین تغییرات حرکت عقربه گالوانومتر، برحسب تغییرات مقاومت اهمی پیدا کرد. 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 شده اند. شکل ۵-۲۳ ساختمان ساده یک اهم متر سری را نشان می دهد.



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) باشد حداکثر جریان از مدار عبور می کند. بنابراین با قرار دادن مقاومت R جریان مدار را در حد جریان گالوانومتر دآرسونوال ثابت می کنند (مثلاً حدود $30 \mu A$). چون به مرور زمان مقدار ولتاژ منبع (باتری) تغییر می کند برای تنظیم جریان به میزان $30 \mu A$ مقدار R_v را (که مقاومتی متغیر است و از روی پانل اهم متر

برای اندازه گیری جریان های زیاد به کمک مولتی متر، از جریان نمونه برداری می کنند. چون اتصالات مولتی متر توسط مدار چایی تأمین می شود لذا عبور جریان زیاد از مدار چایی، در صورتی که پهنای آن زیاد نباشد، سریعاً گرم شده و می سوزد. 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 می دهند. بر اثر عبور جریان از مقاومت، ولتاژ دو سر آن افت می کند. حال این ولتاژ که متناسب با جریان است اندازه گیری می شود. شکل ۵-۲۱ چگونگی این عمل را نشان می دهد.



شکل ۵-۲۱- چگونگی اندازه گیری جریان های 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 می کند و میلی ولت متر صد و بیست میلی ولتی، 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 50% خواهد شد. در روی صفحه سنجش مولتی متر به صورت خطی از صفر تا $10 A$ را مدرج می کنند.

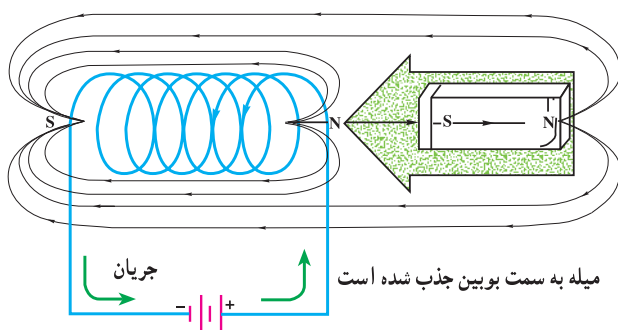
در صورتی که مولتی متر دارای دو رنج جریان زیاد باشد دو ترمینال جداگانه روی مولتی متر قرار می دهند. شکل ۵-۲۲ یک نمونه از این مولتی متر را که دارای دو رنج جریان زیاد است نشان می دهد.

ساختمان ولت متر و آمپر متر آن دقیقاً یکی است فقط در ولت متر 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 اندازه گیری بر مبنای جاذبه و دافعه مغناطیسی است که در زیر به اختصار توضیح داده می شود:

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

دهیم، ملاحظه می کنیم که میله آهنی مغناطیس شده و خطوط نیروی مغناطیسی در آن با خطوط مغناطیسی ناشی از سلونوئید هم جهت اند. بنابراین قطب های سلونوئید و میله آهنی که در مقابل یکدیگر قرار می گیرند ناهمنام خواهند بود. از آن جایی که قطب های مخالف یکدیگر را جذب می کنند، میله آهنی به طرف سلونوئید کشیده می شود. این پدیده اساس تشکیل دستگاه اندازه گیری با آهن گردان را به وجود می آورد که بعداً توضیح داده خواهد شد (شکل ۵-۲۶).



شکل ۵-۲۶- از آن جایی که قطب های ناهمنام یکدیگر را جذب می کنند، میله آهنی که در شکل با پلاریته نشان داده شده است مغناطیس شده و توسط سیم پیچ جذب می شود.

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

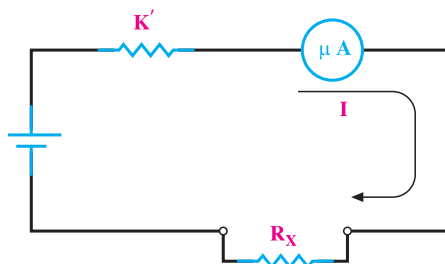
صفحه آهنی نرم را در داخل یک سیم پیچ (سلونوئید) در مقابل یکدیگر قرار دهیم چه اتفاقی می افتد؟ با توجه به شکل ۵-۲۷ الف اگر کلید مدار بسته شود، هر دو صفحه با قطبیت یکسان مغناطیس می شوند. به همین علت قطب های همنام ایجاد شده و یکدیگر را دفع می کنند و در نتیجه دو صفحه از یکدیگر دور می شوند. حال اگر جهت جریان در سیم پیچ عوض شود چه اتفاقی می افتد؟

در دسترس است) کم می کنیم. 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 اهم متر فرض می کنیم ولتاژ دو سر باتری همواره ثابت بماند. لذا مجموع مقاومت های R و R_V و R_G نیز ثابت می باشد و با حرف K' نشان می دهیم.

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

مدار اهم متر را به صورت ساده تر مطابق شکل ۵-۲۴

نمایش می دهیم:



شکل ۵-۲۴- مدار ساده یک اهم متر سری

۵-۲-۳- دستگاه اندازه گیری آهن نرم گردان

از این دستگاه بیشتر برای وسایل اندازه گیری تابلویی مانند ولت متر و آمپر متر استفاده می شود. درجه بندی این نوع دستگاه به خودی خود خطی نیست ولی با تغییراتی که در ساختمان آن می دهند در محدوده ای از رنج اندازه گیری آن را تقریباً به صورت خطی درمی آورند. آمپر متر شکل ۵-۲۵ از نوع آهن نرم گردان می باشد. به درجه بندی آن توجه نمایید.



شکل ۵-۲۵- یک نمونه آمپر متر تابلویی

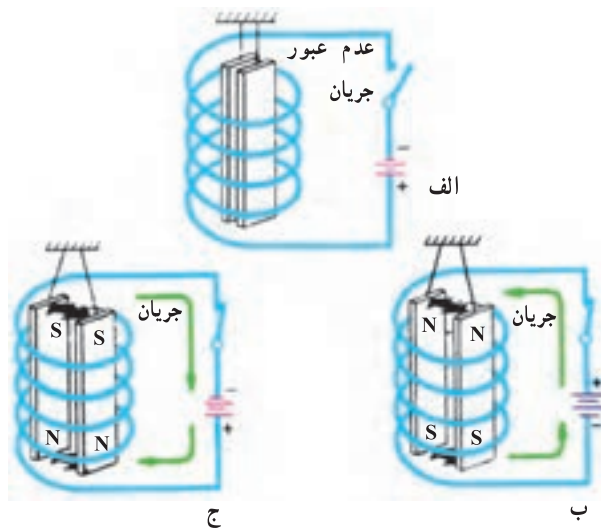
دستگاه اندازه‌گیری آهن نرم گردان به سه شکل ساخته

می‌شود که عبارت‌اند از:

الف) با پره‌های شعاعی

ب) با پره‌های متمرکز

ج) با هسته متحرک



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 همانا پیدا می‌کنند و یکدیگر را دفع می‌کنند.

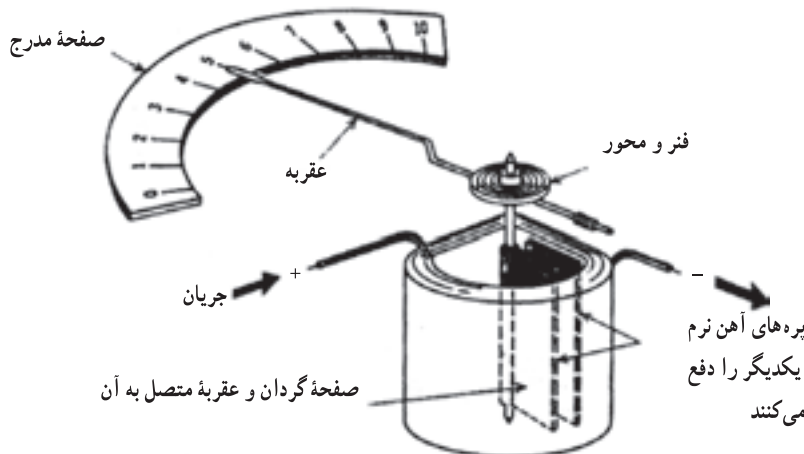
ج) اگر جهت جریان را در شکل ب عوض کنیم با توجه به این که جای قطب‌های شمال و جنوب عوض می‌شود، باز هم صفحه‌ها یکدیگر را دفع می‌کنند.

شکل ۲۷-۵

دهد. عقربه 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 عقربه‌اش مسافتی متناسب با شدت جریان دوران کند (شکل ۲۸-۵).

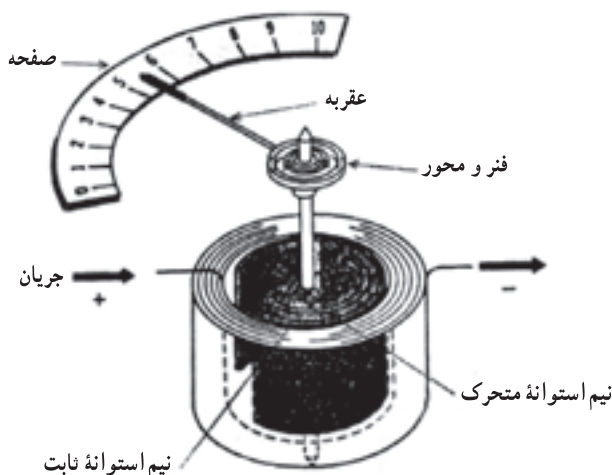
الف) دستگاه اندازه‌گیری با پره‌های شعاعی: دستگاه

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



شکل ۲۸-۵ در این نوع دستگاه‌های اندازه‌گیری مقدار تعیین شده توسط عقربه 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 (بویین گرد):
 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 نیم استوانه هستند که یک پره به موازات پره دیگر و حول یک محور مشترک و طوری در داخل بویین استوانه‌ای قرار گرفته‌اند که با عبور جریان از بویین پره 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 ۵-۲۹).



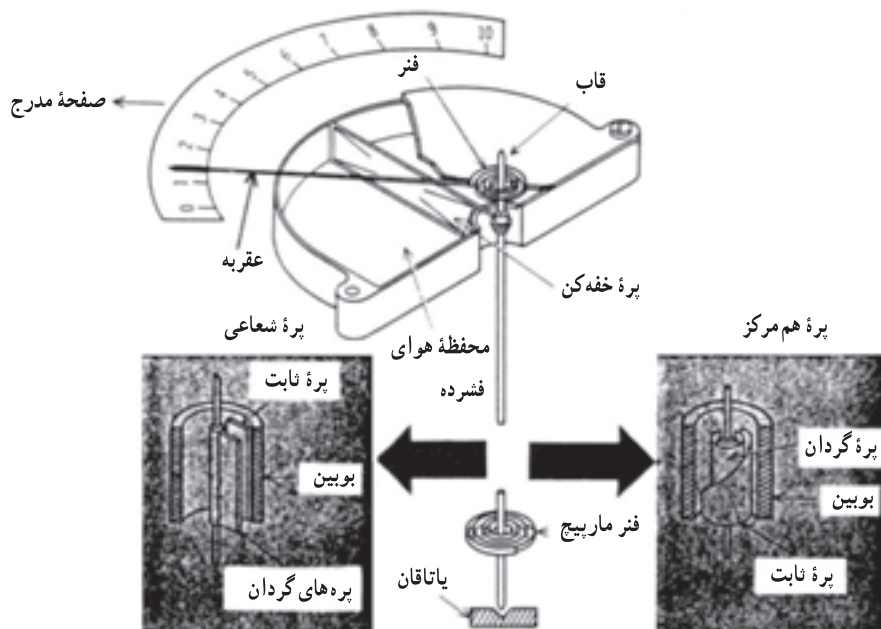
شکل ۵-۲۹- دافعه مغناطیسی بین دو نیم استوانه باعث می‌شود که نیم استوانه داخلی (متحرک) حول محور خود در داخل بویین نسبت به نیم استوانه ساکن حرکت کند و توسط عقربه، مقدار مورد نظر را روی صفحه دستگاه نشان دهد.

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 قوای کمتری عبور خواهد کرد؛ زیرا در این قسمت مقاومت مغناطیسی (رلاکتانس) بیشتری وجود دارد (شکل ۵-۳۰).



شکل ۵-۳۰- 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 بویلین متحرک، از خفه‌کن بادی، پیچ تنظیم صفر و فقر تشکیل می‌شود.



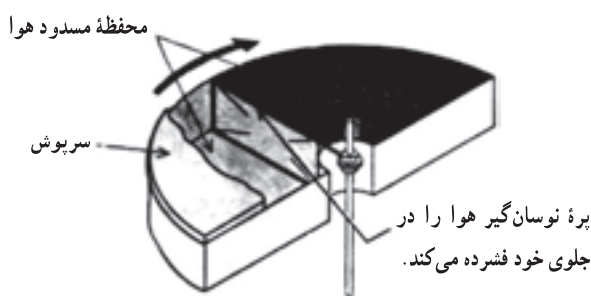
شکل ۳۲-۵- دستگاه اندازه‌گیری با هسته متحرک

ج) دستگاه اندازه‌گیری با هسته متحرک : این نوع دستگاه اندازه‌گیری از یک هسته آهنی متحرک که قسمتی از آن در داخل یک بویلین ثابت قرار گرفته ساخته شده است. این هسته، به یک بازوی محوری متصل است که توسط آن به داخل و خارج بویلین حرکت می‌کند. عقربه‌ای نیز به محور چنان متصل است که با هسته متحرک حرکت می‌کند. هنگامی که جریان از بویلین می‌گذرد، میدان مغناطیسی‌ای در بویلین ایجاد می‌شود و همان‌طوری که قبلاً گفتیم، این میدان باعث می‌شود که هسته مغناطیسی شده به طرف داخل بویلین کشیده شود. مقدار مسافتی که این هسته به داخل بویلین حرکت می‌کند، به مقدار جریانی که از بویلین 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 خفه کن 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 می شود و در داخل اتاقک حرکت می کند به طوری که هوای جلوی پره فشرده می شود و از سوراخ کوچکی که در دو سمت اتاقک قرار دارد به آرامی تخلیه و یا مکیده می شود. این عمل، از حرکات اضافی عقربه جلوگیری می کند و عقربه فوراً در جایگاه خود ثابت می ایستد.



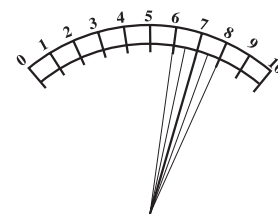
شکل ۳۵-۵- حرکت محور باعث گردش عقربه و پره می شود. به تدریج که هوا در قسمت جلوی محفظه فشرده می شود عقربه با مانع برخورد می کند. این موضوع باعث کند شدن عقربه و در نتیجه کاهش نوسانات می شود.

۳-۵- ساختمان داخلی وات متر

ساختمان وات متر، شبیه گالوانومتر دآرسونوال می باشد، تنها اختلاف آن ها در آهن ربای دائمی است. اگر به جای آهن ربای دائمی در گالوانومتر دآرسونوال، یک سیم پیچ قرار دهیم، گالوانومتر دآرسونوال تبدیل به وات متر خواهد شد. بنابراین در این جا از ذکر جزئیات دستگاه خودداری می کنیم زیرا در قسمت اول این فصل آن را به طور مفصل مورد بحث قرار دادیم. ساختمان داخلی وات متر مطابق شکل ۳۶-۵ است.

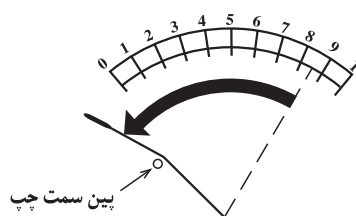
حرکت عقربه، در شکل ۳۶-۵، نشان دهنده مقدار توان مصرفی مصرف کننده ها می باشد.

دیدید تمام قسمت های دوار دستگاه های اندازه گیری تا حد امکان سبک ساخته می شوند. بخصوص عقربه دستگاه که هر چه سبک تر باشد نسبت به عبور جریان حساس تر 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 اندازه گیری؛ زیرا هنگامی که دستگاه اندازه گیری در مدار قرار می گیرد، عقربه باید فوراً در طول صفحه حرکت کند و در مقابل عدد صحیح متوقف شود. حال این که به سبب اصطکاک خیلی کم، قسمت های دوار بلافاصله متوقف نمی شوند و به علت نیروی وزن در حال سکون (ایرسی) و سپس کشش فنر عقربه تا مدتی روی مقدار مورد نظر نوسان می کند که این خود باعث بروز اشکال خواهد شد (شکل ۳۳-۵).

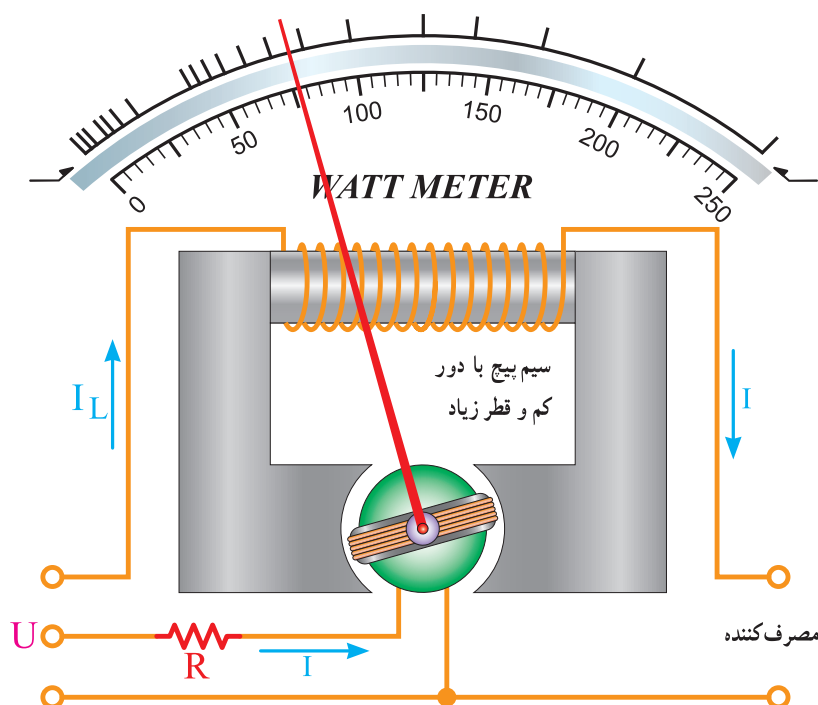


شکل ۳۳-۵- عقربه، قبل از این که مقدار صحیح را نشان دهد چندین بار در طول آن نوسان می کند.

برای برطرف کردن این مشکل از وسایلی استفاده می شود که در اصطلاح «خفه کن» یا نوسان گیر خوانده می شوند. عملکرد این وسایل طوری است که به صورت ترمزی عمل کرده و اجسام دوار را بدون کوچک ترین لرزشی در جایگاه درست خود ثابت می کند. یکی دیگر از عملکردهای خفه کن این است که هنگام برگشت عقربه به سمت صفر، حرکت بازگشت آن را طوری تنظیم می کند تا با پین سمت چپ به شدت برخورد نکند، در غیر این صورت عقربه کج می شود و یا احتمالاً می شکند (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 آهنربای دائمی، یک سیم پیچ با دور کم و قطر زیاد قرار گرفته است.

دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتالی به دلیل نداشتن قطعات متحرک، از طول عمر بسیار بالایی (در صورت بکار بردن صحیح آن‌ها) برخوردار هستند و به عوامل فیزیکی همچون لرزش، درصدرطوبت، میزان تمیزی هوا حساس نیستند ضمن آن‌که با پیشرفت تکنولوژی الکترونیک دستگاه‌های ساخته شده امروزی بسیار دقیق تر هستند علاوه براین بعضی از این دستگاه‌ها را می‌توان به کامپیوتر متصل کرد. در این حالت کامپیوتر می‌تواند مقادیر مورد اندازه‌گیری را با توجه به تنظیمات انجام شده در فواصل مختلف نشان دهد و ثبت کند. از دیگر مزایای اندازه‌گیری یک کمیت توسط سیستم دیجیتالی 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 یک نمونه مولتی‌متر دیجیتالی 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 مصرف‌کننده 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 مولتی‌متر دیجیتالی

دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتالی مقادیر اندازه‌گیری شده را به صورت رقم یا ارقام روی صفحه نمایش (Display) نشان می‌دهند و معمولاً واحد کمیت اندازه‌گیری شده مانند ولت، آمپر، میلی‌آمپر، درجه سانتی‌گراد و غیره را نیز به طریق مناسبی نمایش می‌دهند. از جمله دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتالی می‌توان به ولت‌متر، آمپر‌متر، وات‌متر، $\cos\phi$ متر، فرکانس‌متر، دورشمارها، حرارت‌سنج و مولتی‌متر اشاره نمود.



شکل ۳۷-۵ یک 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 در آوریم.

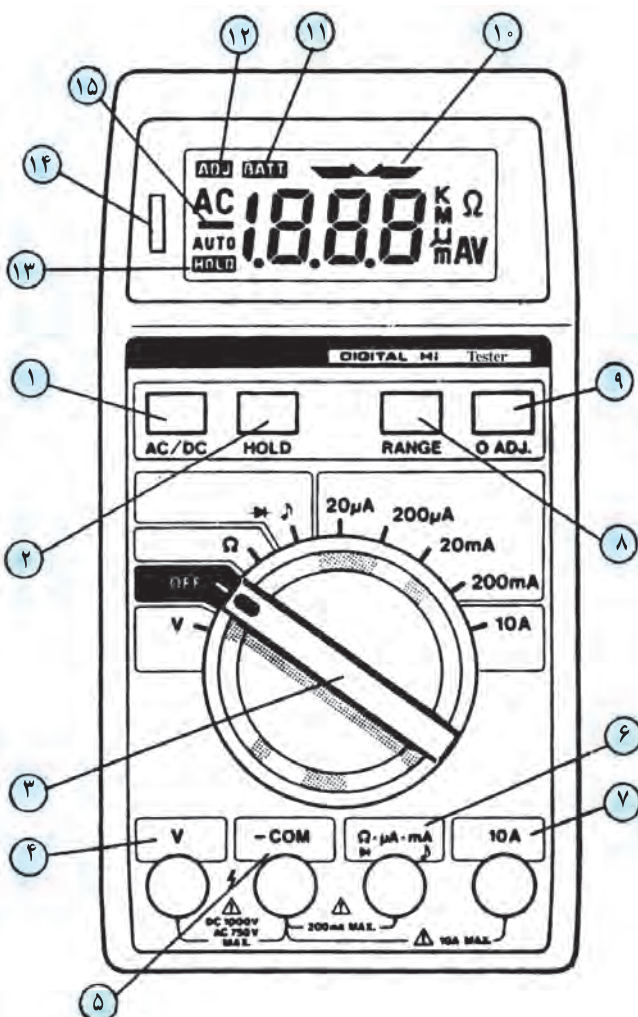
قسمت اصلی یک مولتی متر دیجیتالی ولت متر DC است، و این همانند مولتی متر عقربه ای (آنالوگ) است چنان که می دانید، قسمت اصلی آن گالوانومتر دآرسونوال می باشد.

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

اندازه گیری 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 $\rightarrow \leftarrow$ قرار گیرد، در دو سر ترمینال مشترک و ترمینال $\rightarrow \leftarrow$ حدود 150mV (که مقدار دقیق آن روی صفحه نمایش نشان داده می شود) ولتاژ برقرار می شود. حال اگر دو ترمینال $\rightarrow \leftarrow$ و مشترک را به هم اتصال کوتاه کنیم، بوق مولتی متر صدا می دهد. بنابراین یکی از کاربردهای $\rightarrow \leftarrow$ 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 $\rightarrow \leftarrow$ و کاتد آن را به ترمینال Com وصل کنیم، در صورت سالم بودن دیود، اگر جنس آن از سیلیکون باشد صفحه نمایش ولتاژی حدود 500mV را نشان می دهد و چنانچه دیود از جنس ژرمانیوم باشد، حدود 180mV 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 $\rightarrow \leftarrow$ باشد و دو سر سیم های رابط به هر عنصری که متصل باشد عدد نشان دهنده روی صفحه نمایش، مقدار ولتاژ دو سر عنصر

۱) کلید انتخاب نوع جریان یا ولتاژ (DC یا AC)؛ مولتی متر را که روشن می کنیم، این کلید خود به 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

جریانی بیشتر از این اعداد به مولتی متر اعمال کنیم، ضمن این که مولتی متر چیزی را نشان نمی دهد بیزر 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 پیوستگی بین 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 $\rightarrow \rightarrow$ 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 نتون 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

هدف کلی

استفاده از آزمایشگاه مجازی در آموزش

درس اصول اندازه گیری

هدف های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

- با محیط کار نرم افزار مولتی سیم کار کند.
- قطعات و المان ها را از روی نوار ابزار روی میز کار قرار دهد.
- المان های الکتریکی را در کتابخانه نرم افزار جستجو کند.
- بین قطعات و دستگاه های اندازه گیری و سایر ابزار اتصال برقرار کند.
- با استفاده از مولتی متر، جریان، ولتاژ، مقاومت و توان مدار را اندازه گیری کند.
- از منبع تغذیه AC، فانکشن ژنراتور موجود در نرم افزار استفاده کند.
- اسیلوسکوپ نرم افزار را روی میز کار انتقال دهد.
- تنظیم های اولیه اسیلوسکوپ موجود در نرم افزار را انجام دهد.
- تنظیم دکمه های Volt/Div و Time/Div را روی اسیلوسکوپ آزمایشگاه مجازی انجام دهد.
- پراب اسیلوسکوپ آزمایشگاه مجازی را تست کند.
- دامنه ولتاژهای DC و AC را با اسیلوسکوپ آزمایشگاه مجازی اندازه گیری کند.
- زمان تناوب و فرکانس سیگنال متناوب را با اسیلوسکوپ آزمایشگاه مجازی اندازه گیری کند.
- مقدار متوسط ولتاژ را با استفاده از اسیلوسکوپ اندازه گیری کند.
- اختلاف فاز دو سیگنال را به کمک اسیلوسکوپ آزمایشگاه مجازی به دست آورد.
- فعالیت های کلاسی را با اعتماد به نفس و به طور دقیق انجام دهد.
- نظم و ترتیب و حضور به موقع در کلاس را رعایت کند.
- مسئولیت های واگذار شده را به طور دقیق اجرا کند.
- در موقعیت های 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.
- توانمندی های خود را در موقعیت های مناسب بروز دهد.
- در کار گروهی مشارکت فعال و همکاری مؤثر داشته باشد.
- نسبت به حل مشکلات سایر هنرجویان حساس و فعال باشد.
- سایر هنرجویان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات، راهنمایی و تشویق کند.

نکات اجرایی

تدریس این فصل به منظور تعمیق آموزش صورت می گیرد و ارزش یابی پایانی آن اختیاری است. لازم است هنرآموزان با توجه به امکانات هنرستان این نرم افزار را به هنرجویان آموزش دهند و آن را در کلاس درس برای هنرجویان به نمایش درآورند.

هنرجویان می توانند با نصب این نرم افزار در رایانه شخصی خود این فصل را با توجه به محتوای آن در منزل آموزش ببینند و تمرین کنند.

نکته مهم

برای آشنایی با نحوه نصب و استفاده از نرم افزار مولتی سیم (MultiSIM) می توانید به کتاب آزمایشگاه مجازی جلد اول کد ۳۵۸/۳ مراجعه کنید.

مقدمه

۱-۶- نصب و اجرای نرم افزار MultiSIM

مراحل نصب نرم افزار MultiSIM کمی پیچیده تر از سایر نرم افزارها است. از آن جا که این نرم افزار در کشور ایران، به صورت نسخه اصلی (اورژینال original) ارائه نمی شود همواره مشکلاتی به هنگام نصب به همراه دارد. برای نصب این نرم افزار از معلم خود کمک بگیرید.

استفاده از نرم افزارهایی مانند EWB، MultiSIM، Proteus، Edison، PsPice و سایر نرم افزارهای مشابه می تواند موجب تسریع و اثربخشی بیشتر در امر آموزش شود و ابهامات عملی فراگیران را تا حدود زیادی برطرف کند؛ زیرا با نصب این نرم افزار در رایانه خود یک آزمایشگاه مجازی بزرگ در اختیار دارید و بدون هیچ هزینه ای می توانید انواع آزمایش ها را اجرا کنید. در این فصل کتاب به معرفی نرم افزار MultiSIM نسخه ۹ و وسایل و قطعات موجود در آن و همچنین اجرای چند آزمایش ساده به وسیله این نرم افزار می پردازیم.

توجه: زمانی می توانید مهارت لازم را در کاربرد این نرم افزار کسب کنید که در خلال خواندن کتاب کلیه مراحل را روی رایانه تجربه کنید و اثر آن را ببینید.



شکل ۱-۶- اولین صفحه مولتی سیم پس از فعال شدن

برای نصب این نرم افزار سامانه سخت افزاری مورد نیاز به شرح زیر است :

حد اقل سامانه رایانه مورد نیاز	سامانه رایانه پیشنهادی
Windows 2000/xp	Windows xp
Pentume 3	Pentium 4
128 MB RAM	256 MB RAM
CD Rom	CD Rom
800*600 تنظیم صفحه نمایش	1024*768 تنظیم صفحه نمایش

در صورتی که نرم افزار با نسخه بالاتر از نرم افزار پیشنهادی را در اختیار دارید و کاربرد آن را به خوبی می دانید، می توانید از آن نرم افزار استفاده کنید.

برنامه MultiSIM را از گزینه start program، all و کنید. روی گزینه MultiSIM کلیک کنید تا فایل مربوطه پوشه Electronic work bench مانند شکل ۲-۶ انتخاب باز شود.



شکل ۲-۶- مراحل فعال کردن نرم افزار

برای راحتی کار می توانید یک گزینه میان بر (shortcut) از آیکون مربوط به مولتی سیم روی میز کار یا هر نقطه دیگر بیاورید.

۶-۲- آشنایی با محیط کار نرم افزار

با اجرای برنامه نرم افزار مولتی سیم، شکل ۶-۳ ظاهر می شود. این شکل قسمت های اصلی این نرم افزار را نشان می دهد.



شکل ۶-۳- صفحه اصلی نرم افزار

۶-۲-۱- قطعات الکتریکی پر کاربرد در درس

اصول اندازه گیری الکتریکی

المان هایی که در مدارهای مربوطه به درس اندازه گیری الکتریکی در آزمایشگاه مجازی مورد استفاده قرار می گیرد به شرح زیر است (شکل ۶-۴).



شکل ۶-۴- نوار قطعات

● منابع تغذیه (Place Sources): در این گزینه انواع

منابع DC و AC را می توانید انتخاب کنید.

● قطعات پایه (Place Basic): در این بخش قطعات

الکتریکی پایه مانند مقاومت، انواع خازن، سیم پیچ (سلف)، مقاومت متغیر و انواع کلید وجود دارد.

● دیود (Place Diode): در این قسمت که عناصر

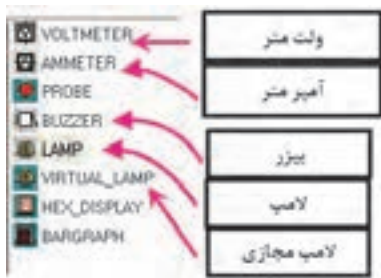
نیمه هادی دو پایه مانند دیود معمولی، دیود زener، دیود نوری و پل دیود وجود دارد، می توانید انتخاب کنید.

● ترانزیستور (Place Transistor): انواع ترانزیستور

در این قسمت فهرست قطعات وجود دارد.

● انواع نشان دهنده ها و نمایشگرها (Place indicator):

انواع نمایشگرهای الکتریکی و الکترونیکی مانند آمپر متر، ولت متر، وات متر و ... می توانید از گزینه INDICATOR انتخاب کنید (شکل ۶-۵).



شکل ۶-۵- قسمت نشان دهنده ها

۶-۲-۲- المان های مجازی:

● کنار Help کلیک راست کنید.

● گزینه قطعات مجازی «Virtual» را انتخاب کنید تا

شکل ۶-۶ ظاهر شود.



شکل ۶-۶- نوار قطعات مجازی

در این فهرست مشخصات الکتریکی (مانند جریان عبوری از قطعه، ولتاژ دوسر آن و توان مصرفی) تمامی قطعات الکتریکی و الکترونیکی توسط کاربر قابل تعریف است.

توجه: برای فراگیری و کسب مهارت در

هر نرم افزار نیاز به تمرین های متعدد دارید. برای

این که بتوانید این نرم افزار را فرا بگیرید چندین بار

قسمت کار با نرم افزار را تمرین کنید.

۳-۶- نحوه بستن یک مدار ساده بر روی میز کار

آزمایشگاه مجازی

مرحله ۱: روی گزینه Place source کلیک کنید. تا شکل ۸-۶ ظاهر شود.

مرحله ۲: روی گزینه DC-power کلیک کنید و سپس روی OK کلیک (در این فصل منظور از کلیک، کلیک چپ است) کنید.

مرحله ۳: روی میز کار هنگامی که محل باتری را با موس مشخص کردید، کلیک کنید.

مرحله ۴: از گزینه place indicator لامپ ۱۲ ولت ۱۰ وات را انتخاب کنید و آن را روی میز کار انتقال دهید.

مرحله ۵: نماد اتصال زمین را نیز از گزینه place source انتخاب کنید و به میز کار انتقال دهید.



شکل ۸-۶- انتخاب قطعه

نکته مهم: هنگام بستن مدار توسط آزمایشگاه مجازی می‌بایستی مدار متصل شده حتماً اتصال زمین داشته باشد.

مرحله ۶: با موس روی پایه مثبت باتری بروید تا نقطه توپر مشکی ظاهر شود.

مرحله ۷: انگشت خود را روی کلید سمت چپ موس نگه داشته و آن را به کمک حرکت دادن موس به یک سر لامپ

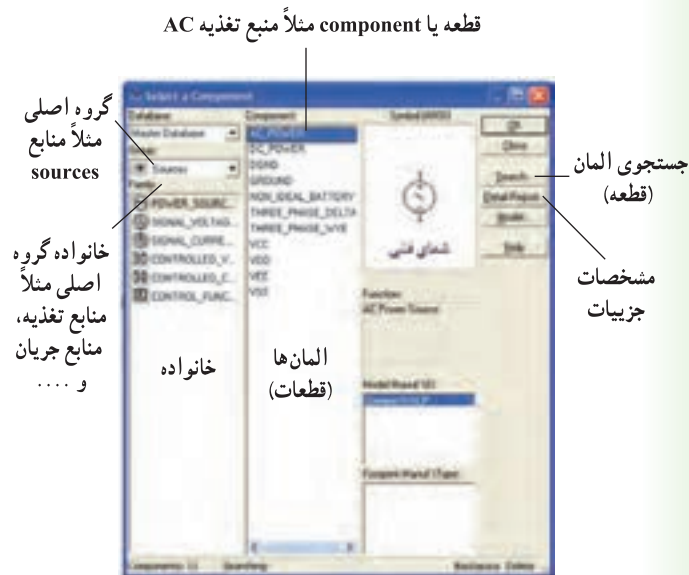
۳-۲-۶- جستجوی قطعه از کتابخانه قطعات: برای

جستجوی قطعه ابتدا روی یکی از عناصر نوار قطعات به دلخواه کلیک کنید تا شکل ۷-۶ ظاهر شود. این شکل را می‌توان مشابه کتابخانه‌ای توصیف کرد که قفسه‌های مختلفی دارد و در هر قفسه چندین طبقه وجود دارد. همچنین طبقات براساس عناوین کتاب‌ها تفکیک شده است.

● **گروه اصلی (group):** در این قسمت گروهی از وسایل مانند وسایل اندازه‌گیری، منابع تغذیه، عناصر الکتریکی (مقاومت، سلف و خازن) قابل دستیابی است.

● **خانواده گروه اصلی (family):** با انتخاب این بخش شما می‌توانید خانواده‌های اصلی عناصر موجود در گروه را مشاهده کنید.

● **المان‌ها (component):** در این قسمت می‌توانید المان‌هایی که در کتابخانه نرم‌افزار موجود است را انتخاب و جستجو کنید.



شکل ۷-۶- انتخاب قطعه

به عبارت دیگر قطعه یا المان (Component) زیرمجموعه‌ای از خانواده (Family) و خانواده زیرمجموعه‌ای از گروه اصلی (group) است.

۳-۴-۶- از منوی نشان‌دهنده (INDICATOR) آمپرتر را انتخاب و به روی میزکار انتقال دهید (شکل ۱۱-۶).



شکل ۱۱-۶- انتخاب آمپرتر

۴-۴-۶- برای تعیین رنج آمپرتر روی آن دوبار کلیک چپ کنید (شکل ۱۲-۶).



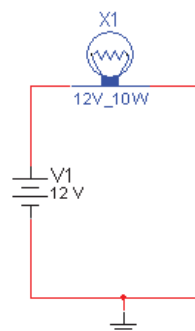
شکل ۱۲-۶

۵-۴-۶- مدار شکل ۱۳-۶ را ببینید.



شکل ۱۳-۶

برسایید، سپس انگشت خود را بردارید، باید بین پایه باتری و پایه لامپ یک سیم وصل شود (شکل ۹-۶)، همین عمل را برای سرمنفی باتری و زمین انجام دهید. تا سیم اتصال بین این دو نقطه نیز وصل شود به همین ترتیب زمین را به محل اشتراک سیم منفی باتری و یک سر لامپ متصل کنید.



شکل ۹-۶- مدار بسته شده با سیم رابط بین قطعات

مرحله ۸: کلید را به حالت ببرید. آیا لامپ روشن می‌شود؟

مرحله ۹: از منوی file گزینه Save را انتخاب کنید و مدار را ذخیره کنید.

۴-۶- نحوه قرار گرفتن آمپرتر در مدار

۱-۴-۶- از نوار ابزار منبع تغذیه، باتری و نماد اتصال زمین را انتخاب کنید.

۲-۴-۶- از منوی indicators (نشان‌دهنده‌ها)، لامپ ۱۲ ولتی ۱۰ وات را انتخاب کنید (شکل ۱۰-۶).



شکل ۱۰-۶- انتخاب لامپ



شکل ۶-۱۶ - انتخاب گزینه BASIC

۶-۶-۲ - با انتخاب PLACE BASIC، یک زیرمنو

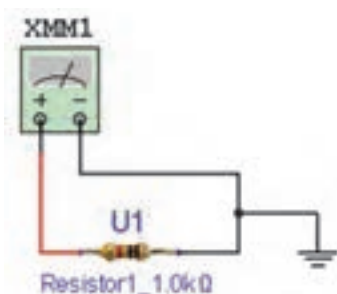
باز می‌شود که از آن گزینه 3D-VIRTUAL (مقاومت‌های سه بعدی) را انتخاب کنید (شکل ۶-۱۷).



شکل ۶-۱۷ - انتخاب المان‌های سه بعدی

۶-۶-۳ - با استفاده از مقاومت‌های سه بعدی مدار

شکل ۶-۱۸ را ببینید.



شکل ۶-۱۸ - اندازه‌گیری مقدار مقاومت سه بعدی توسط اهم متر

۶-۶-۴ - با تنظیم مولتی‌متر روی Ω مقدار مقاومت

را اندازه‌گیری کنید و مقدار اندازه‌گیری شده را با کد رنگی مقاومت مقایسه کنید (شکل ۶-۱۹).

۶-۴-۶ - با توجه به شکل ۶-۱۴ مولتی‌متر را روی

حوزه آمپر متر DC قرار دهید.

۶-۴-۷ - مدار را روشن کنید (شکل ۶-۱۵). آیا لامپ

روشن است؟

۶-۴-۸ - روی مولتی‌متر دوبار کلیک چپ کنید. آیا

جریان مدار 833/3 میلی آمپر است؟



شکل ۶-۱۴ - تنظیم آمپر متر روی حالت DC

۶-۵ - نحوه قرار گرفتن ولت متر در مدار

۶-۵-۱ - مدار شکل ۶-۱۵ را ببینید.

۶-۵-۲ - مولتی‌متر را روی رنج ولتاژ و حوزه DC

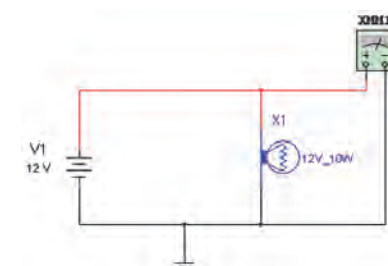
قرار دهید.

۶-۵-۳ - روی مولتی‌متر دوبار کلیک چپ کنید تا

صفحه نمایش آن ظاهر شود.

۶-۵-۴ - ولتاژ دو سر لامپ را از روی مولتی‌متر

بخوانید.



شکل ۶-۱۵ - قرار دادن ولت متر دو سر لامپ

۶-۶ - نحوه قرار گرفتن اهم متر در مدار

۶-۶-۱ - برای انتخاب مقاومت و قرار دادن آن

روی میز کار گزینه PLACE BASIC را از منوی ابزار انتخاب

کنید (شکل ۶-۱۶).

سؤال : آیا اختلاف وجود دارد؟ چرا؟ علت را توضیح

دهید.

۶-۷-۲ مدار موازی :

● مدار شکل ۶-۲۲ را ببینید.

● مقدار مقاومت معادل مدار را اندازه گیری کنید.

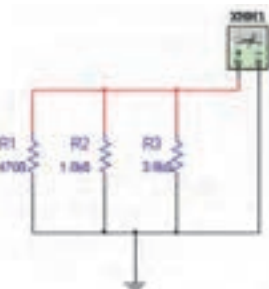
● مقدار مقاومت معادل را محاسبه کنید و با مقدار خوانده

شده مقایسه کنید.

$R = \dots\dots\dots$ محاسبه شده

$R = \dots\dots\dots$ قرائت شده

تمرین : آیا اختلاف وجود دارد؟ چرا؟ توضیح دهید.



شکل ۶-۲۲ اندازه گیری مقدار اهم مقاومت های موازی

۶-۸- نحوه قرار گرفتن وات متر در مدار

۶-۸-۱ وات متر را از منوی ابزار انتخاب کنید و

بر روی محیط کار انتقال دهید (شکل ۶-۲۳).



شکل ۶-۲۳

۶-۸-۲ بر روی دستگاه وات متر دو ترمینال برای

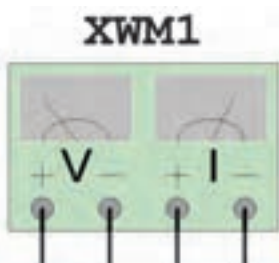
جریان I قرار دارد که با مصرف کننده سری می شود، همچنین دو

ترمینال دیگر به نام V که با دو سر

مصرف کننده موازی می شود و

ولتاژ دو سر آن را اندازه گیری

می کند (شکل ۶-۲۴).



شکل ۶-۲۴ دستگاه وات متر



شکل ۶-۱۹ قرار دادن مولتی متر در حالت اهم

۶-۷- به دست آوردن مقاومت معادل

۶-۷-۱ مدار سری : مقاومت های $R1, R2, R3$

را به ترتیب از منوی BASIC گزینه RESISTOR انتخاب کنید

(شکل ۶-۲۰).



شکل ۶-۲۰ انتخاب مقاومت

● مدار شکل ۶-۲۱ را ببینید.

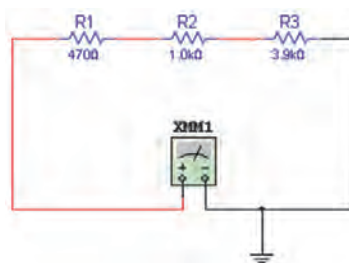
● مقدار مقاومت معادل مدار را اندازه گیری کنید.

● مقدار مقاومت معادل را محاسبه کنید و با مقدار خوانده

شده توسط اهم متر مقایسه کنید.

$R = \dots\dots\dots$ محاسبه شده

$R = \dots\dots\dots$ قرائت شده

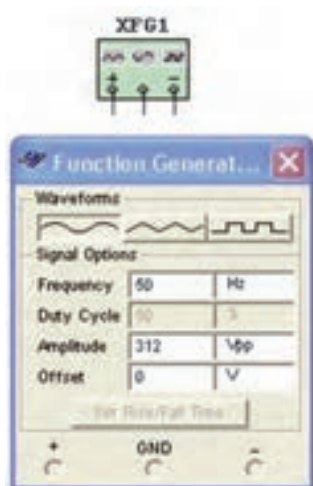


شکل ۶-۲۱ اندازه گیری مقدار اهم مقاومت های سری

برای دریافت ولتاژ پیک از ترمینال مثبت و GND استفاده کنید.

اگر از ترمینال + و - استفاده کنید، دو موج هم‌اندازه با هم جمع شده و یک موج دو برابر در خروجی ظاهر می‌شود.

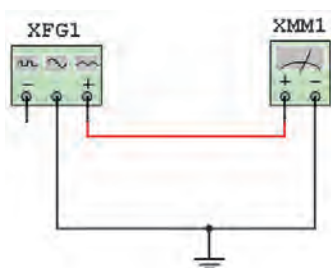
۶-۹-۲- فانکشن ژنراتور را برای ایجاد ولتاژ مشابه ولتاژ برق شهر مطابق شکل ۶-۲۸ آماده کنید.



شکل ۶-۲۸- تنظیم ولتاژ و فرکانس دستگاه فانکشن ژنراتور

۶-۹-۳- مولتی متر را انتخاب کنید و آن را در حالت AC قرار دهید.

۶-۹-۴- مولتی متر را به فانکشن ژنراتور وصل کنید (شکل ۶-۲۹).



شکل ۶-۲۹- اتصال مولتی متر به فانکشن ژنراتور

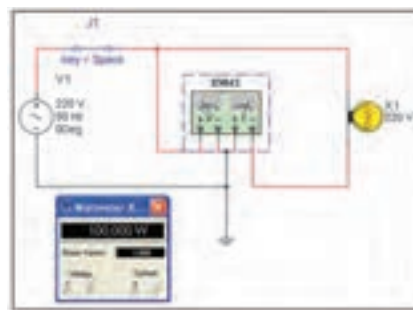
۶-۹-۵- روی مولتی متر دو بار کلیک کنید تا صفحه نمایش آن ظاهر شود.

۶-۹-۶- مقدار ولتاژ اندازه‌گیری شده را بخوانید (شکل ۶-۳۰).

۶-۸-۳- مدار شکل ۶-۲۵ را ببینید.

۶-۸-۴- با دو بار کلیک چپ روی وات‌متر توان مصرفی لامپ را بخوانید.

تمرین: آیا مقدار توان اندازه‌گیری شده با توان انتخاب شده اولیه برای لامپ حدوداً برابر است؟ شرح دهید.



شکل ۶-۲۵- اندازه‌گیری توان مدار توسط وات‌متر

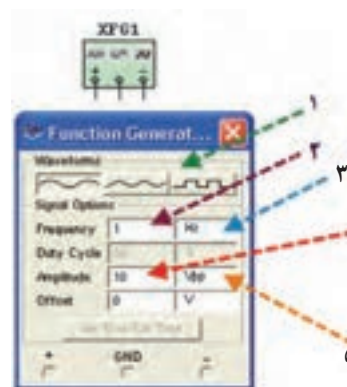
۶-۹- نحوه قرار گرفتن فانکشن ژنراتور در مدار

۶-۹-۱- فانکشن ژنراتور را از منوی ابزار، انتخاب و روی آن دوبار کلیک کنید تا شکل ۶-۲۶ روی میز کار ظاهر شود.



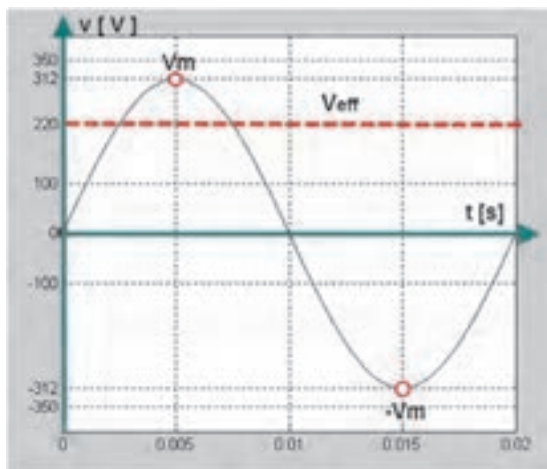
شکل ۶-۲۶- انتخاب دستگاه فانکشن ژنراتور از نوار ابزار

این فانکشن ژنراتور می‌تواند شکل موج‌های مربعی، مثلثی و سینوسی را تولید کند و توسط آن می‌توانید مقادیر فرکانس، واحد فرکانس، دامنه (پیک موج) سینوسی را تغییر دهید (شکل ۶-۲۷).



- ۱- تعیین شکل موج (مربعی، مثلثی، سینوسی)
- ۲- مقدار فرکانس
- ۳- واحد فرکانس
- ۴- مقدار دامنه موج (پیک)
- ۵- رنج ولتاژ

شکل ۶-۲۷- صفحه تنظیمات دستگاه فانکشن ژنراتور



شکل ۶-۳۲ موج برق شهر

۶-۱۱-۱ آشنایی با اسیلوسکوپ در نرم افزار مولتی سیم

۶-۱۱-۱-۱ معرفی و تنظیم های اولیه: از نوار ابزار اسیلوسکوپ را انتخاب و روی میز کار قرار دهید (شکل ۶-۳۳).



شکل ۶-۳۳ انتخاب دستگاه اسیلوسکوپ از نوار ابزار

- با دو بار کلیک چپ روی آن شکل ظاهری اسیلوسکوپ موجود در نرم افزار ظاهر می شود (شکل ۶-۳۴).
- در این قسمت ابتدا کلیدهای پر کاربرد بر روی صفحه اسیلوسکوپ توضیح داده می شود سپس به شرح آزمایش ها توسط اسیلوسکوپ می پردازیم.



شکل ۶-۳۴ دستگاه اسیلوسکوپ



شکل ۶-۳۰ صفحه نمایش مقدار اندازه گیری شده توسط دستگاه مولتی متر

۶-۱۰-۱ اندازه گیری ولتاژ برق شهر خارج از محیط برنامه

۶-۱۰-۱-۱ مولتی متری را روی حالت AC و حوزه اندازه گیری مناسب (۵۰۰ ولت) قرار دهید و سپس با رعایت نکات ایمنی آن را به پریز برق متصل کنید. مولتی متر چه ولتاژی را نشان می دهد؟ (شکل ۶-۳۱).



شکل ۶-۳۱ اندازه گیری ولتاژ متناوب برق شهر توسط مولتی متر

تمرین

- ۱- ولتاژ اندازه گیری شده برابر با کدامیک از مقادیر ماکزیمم، مؤثر و متوسط است؟
 - ۲- رابطه ولتاژ خوانده شده با مقدار دامنه (پیک) را بنویسید.
- شکل موج برق شهر در شبکه ایران را در شکل ۶-۳۲ مشاهده می کنید.

● کلید روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ (شکل

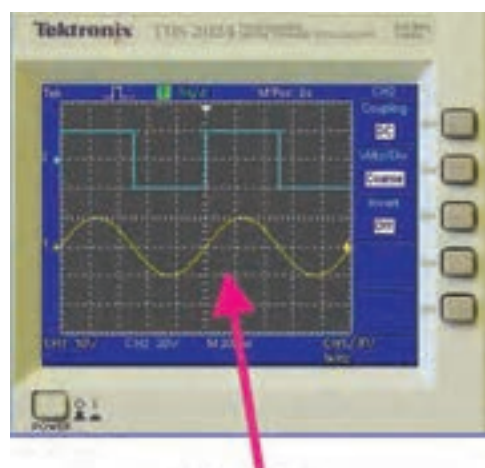
۶-۳۵).



کلید روشن و خاموش کردن

شکل ۶-۳۵ کلید روشن و خاموش دستگاه اسیلوسکوپ

● صفحه نمایش (شکل ۶-۳۶).



صفحه نمایش

شکل ۶-۳۶ صفحه نمایش دستگاه اسیلوسکوپ

● ترمینال تست پروب (شکل ۶-۳۷).



ترمینال تست پروب

شکل ۶-۳۷ ترمینال تست پروب دستگاه اسیلوسکوپ

● کانال‌های ورودی اسیلوسکوپ (شکل ۶-۳۸).



ترمینال‌های BNC

شکل ۶-۳۸ ترمینال‌های BNC کانال‌های دستگاه اسیلوسکوپ

● کلیدهای انتخاب Volt/Div و کلیدهای فعال‌سازی هر

کانال (شکل ۶-۳۹).



کلیدهای Volt/Div هر کانال

شکل ۶-۳۹ کلید تنظیم Volt/Div کانال‌های دستگاه اسیلوسکوپ

● کلید انتخاب Time/Div (شکل ۶-۴۰).

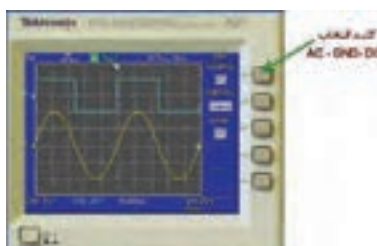


کلید انتخاب Time/Div

شکل ۶-۴۰ کلید تنظیم Time/Div دستگاه اسیلوسکوپ

● کلید انتخاب ورودی AC - GND - DC (شکل

۶-۴۱).



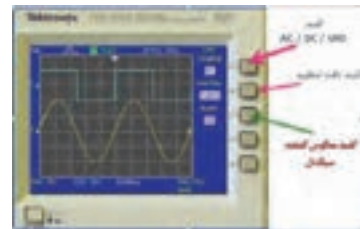
کلید انتخاب AC-GND-DC

شکل ۶-۴۱ کلید انتخاب وضعیت‌های AC-GND-DC دستگاه اسیلوسکوپ

● کلیدهای تنظیمات سیگنال :

الف) کلید دقت تنظیم : با تغییر وضعیت این کلید (COARSE-FINE) سرعت تغییر Volt/Div قابل تنظیم است.

ب) کلید معکوس کننده سیگنال (INVERT) : این کلید سیگنال را 180° درجه تغییر فاز می دهد (شکل ۶-۴۲).



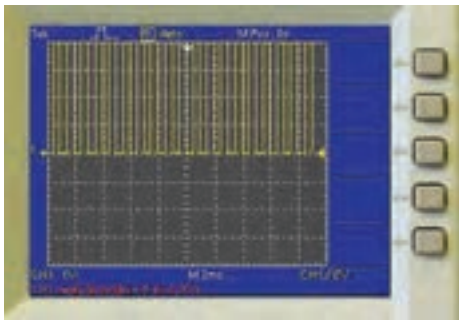
شکل ۶-۴۲ کلید معکوس کننده سیگنال

● کلید تغییر موقعیت عمودی و افقی (شکل ۶-۴۳).



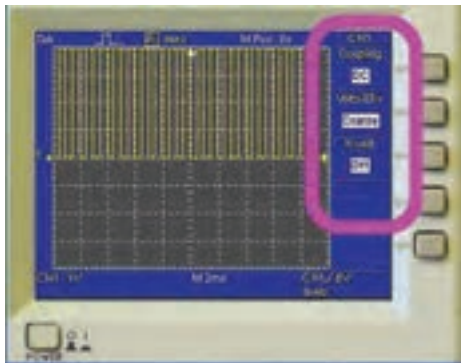
شکل ۶-۴۳ کلیدهای تغییر مکان افقی و عمودی

● اسیلوسکوپ را روشن کنید (شکل ۶-۴۵).



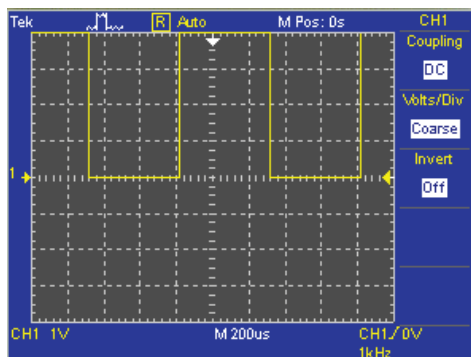
شکل ۶-۴۵ شکل موج برای تست پراب

● روی کلید انتخاب کانال شماره ۱ دوبار کلیک چپ کنید تا شکل ۶-۴۶ ظاهر شود.



شکل ۶-۴۶ شکل موج برای تست پراب

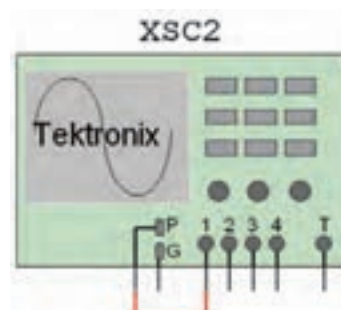
● کلید سلکتور Time/Div را طوری تغییر دهید، که حدوداً دو یا سه سیکل کامل را روی صفحه حساس قابل مشاهده باشد (شکل ۶-۴۷).



شکل ۶-۴۷ تنظیم کلید Time/Div برای نمایش چند سیکل روی صفحه

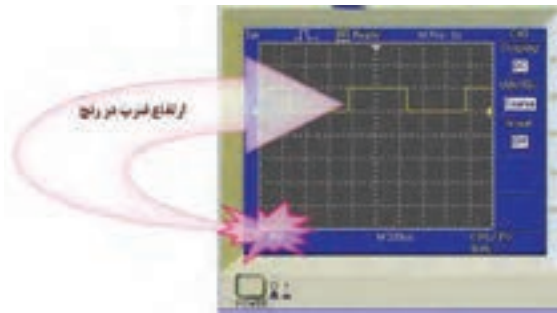
۲-۱۱-۶- آزمایش پراب : مدار شکل ۶-۴۴ را

ببندید .



شکل ۶-۴۴ اتصال پراب برای تست پراب

● ولوم تغییر وضعیت افقی و عمودی را به ترتیب تغییر دهید. چه تغییری در شکل می بینید؟ (شکل ۴۸-۶).



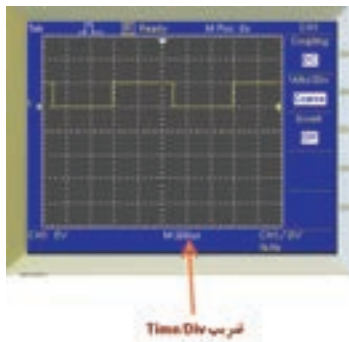
شکل ۴۸-۶- اندازه گیری دامنه پیک تا پیک موج

تمرین: کلید Volt/Div را یکبار روی ۱ ولت و بار دیگر روی ۵ ولت تنظیم کنید نتایج تغییرات مشاهده شده روی صفحه نمایش را بنویسید.



شکل ۴۸-۶- تغییر کلید Volt/Div و نمایش شکل موج

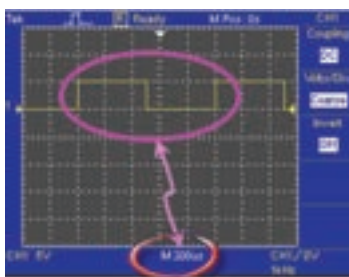
۳-۱۱-۶- آزمایش کالیبره بودن (تنظیم) اسیلوسکوپ
زمان تناوب: کلید Time/Div را یک بار در حالت ۱ میلی ثانیه و بار دیگر در ۲۰۰ میکروثانیه قرار دهید (شکل ۵۱-۶).



شکل ۵۱-۶- ضریب Time/Div دستگاه اسیلوسکوپ

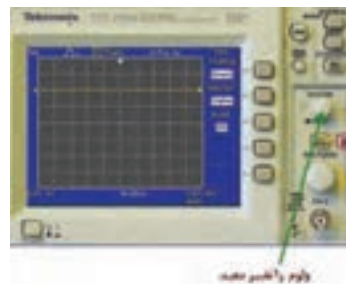
● نتایج حاصل از تغییرات مشاهده شده روی صفحه نمایش را بنویسید.

● زمان تناوب شکل موج مربعی کالیبره را اندازه بگیرید.
تعداد خانه های دربرگرفته شده توسط یک سیکل را محاسبه کنید. زمان تناوب را با توجه به شکل ۵۲-۶ و رابطه آن به دست آورید.



شکل ۵۲-۶- اندازه گیری خانه های مربوط به یک سیکل

● کلید AC-GND-DC را در حالت GND قرار دهید. با تغییر ولوم تغییر مکان عمودی خط GND را روی نقطه صفر یا یکی از خانه ها به دلخواه تنظیم کنید (شکل ۴۹-۶).



شکل ۴۹-۶- تغییر کلید وضعیت AC - GND - DC

● برای آزمایش پراب، کلید را در حالت DC قرار دهید.
● تعداد خانه هایی که پیک تا پیک دامنه موج را در بر گرفته است بخوانید. عدد خوانده شده را در عدد ضریب کلید Volt/div ضرب کنید تا مقدار دامنه پیک تا پیک موج کالیبره به دست آید (شکل ۵۰-۶).

تمرین: عدد به دست آورده را با مقدار ولتاژ دامنه کالیبره مقایسه کنید. در صورت تغییر علت را توضیح دهید.

Time/Div ضریب زمانی × تعداد خانه‌های یک سیکل = T زمان تناوب

o با استفاده از رابطه $f = \frac{1}{T}$ مقدار فرکانس موج مربعی را محاسبه کنید.

مقدار فرکانس به دست آورده شده را با فرکانس موج مربعی کالیبره اسیلوسکوپ مقایسه کنید.
آیا اختلافی مشاهده می‌کنید؟ در صورت مغایر بودن مقادیر، آزمایش را مجدداً تکرار کنید تا به نتیجه مطلوب برسید.

فانکشن ژنراتور ۲ را روی سیگنال سینوسی با دامنه ۱۰ ولت پیک و فرکانس ۱ کیلوهرتز تنظیم کنید.

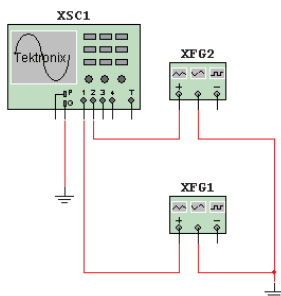
کاربرد اسیلوسکوپ در آزمایشگاه مجازی

تجهیزات و قطعات مورد نیاز

توجه داشته باشید که مقدار خروجی فانکشن ژنراتور بین سیم وسط و + یا منفی برابر با V_P و بین + و منفی برابر با V_{PP} است.

۴-۱۲-۶ کلید روشن و خاموش میز کار را روشن

کنید.



شکل ۵۳-۶ مدار اتصال دستگاه فانکشن ژنراتور به اسیلوسکوپ

۱۲-۶-۱ آزمایش ۱

مشاهده شکل موج توسط اسیلوسکوپ

مرحله اجرای آزمایش در آزمایشگاه مجازی

۱-۱۲-۶ اسیلوسکوپ و دو سیگنال ژنراتور را از

نوار ابزار انتخاب و به روی میز کار انتقال دهید.

۲-۱۲-۶ مدار شکل ۵۳-۶ را در محیط کار

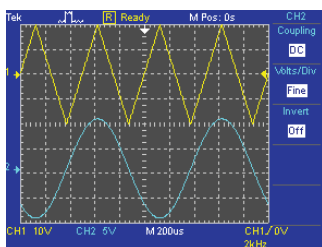
نرم افزار مولتی سیم ببندید.

۳-۱۲-۶ فانکشن ژنراتور ۱ را روی سیگنال مثلثی

با دامنه ۲۰V ولت پیک و فرکانس ۲ کیلوهرتز تنظیم کنید و

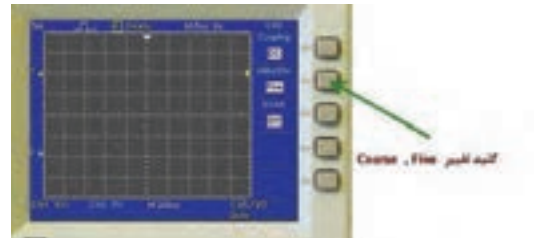
۵-۱۲-۶ اسیلوسکوپ را طوری تنظیم کنید که

شکل ۵۴-۶ ظاهر شود.



شکل ۵۴-۶ نمایش شکل موج‌های فانکشن ژنراتور توسط اسیلوسکوپ

توجه: با انتخاب FINE می‌توانید رنج (حوزه کار) تغییرات Volt/Div را دقیق‌تر انجام دهید (شکل ۵۵-۶).



شکل ۵۵-۶- کلید تنظیم fine

۱۳-۶- آزمایش ۲

اندازه‌گیری ولتاژ DC و AC

مراحل اجرای آزمایش در آزمایشگاه مجازی

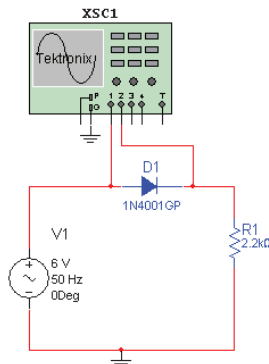
۱-۱۳-۶- مدارهای شکل ۵۶-۶- الف و ب را

بینید.

۲-۱۳-۶- مقدار ولتاژ منابع را روی صفحه نمایش

اسیلوسکوپ مشاهده و آن را اندازه بگیرید.

موج خروجی به صورت نیم موج یکسو شده است)
ج- مقدار ولتاژ متوسط شکل موج خروجی را از رابطه $\frac{V_M}{\pi}$ محاسبه کنید. (ماکزیم دامنه ولتاژ را از روی شکل موج بخوانید).



شکل ۵۷-۶- اتصال اسیلوسکوپ به مدار

روش ۲

الف- برای اندازه‌گیری مقدار DC خروجی ابتدا کلید

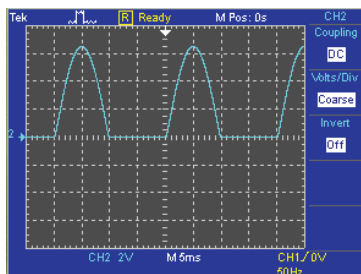
انتخاب ورودی را در حالت DC قرار دهید (مکان سیگنال را روی صفحه حساس به خاطر بسپارید) (شکل ۵۸-۶).

ب- سپس کلید انتخاب را در حالت AC قرار دهید.

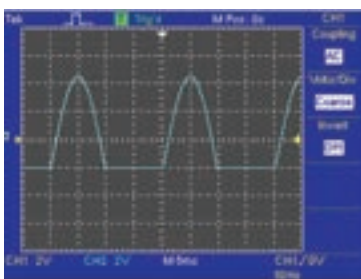
ج- مقدار متوسط شکل موج را از رابطه آن به دست

آورید.

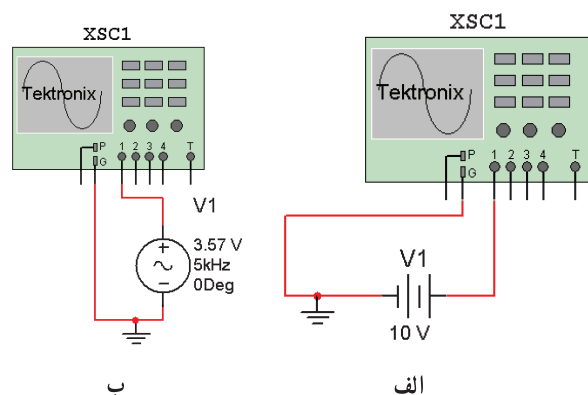
الف



ب



شکل ۵۸-۶- شکل موج یکسو شده



شکل ۵۶-۶- اتصال دستگاه اسیلوسکوپ به منبع AC و DC

اندازه‌گیری مقدار متوسط ولتاژ

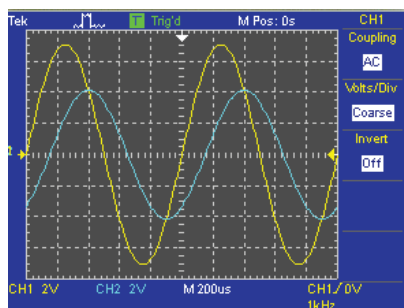
روش ۱

الف- مدار شکل ۵۷-۶ را بیندید.

ب- شکل موج ورودی و خروجی را به طور همزمان

مشاهده کنید. (شکل موج ورودی به صورت سینوسی و شکل

۳-۱۴-۶- اختلاف فاز بین دو سیگنال ورودی به کانال ۱ و ۲ را از روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ به دست آورید (شکل ۶-۶۰).



شکل ۶-۶۰- نمایش دو موج دارای اختلاف فاز روی اسیلوسکوپ

مقدار متوسط ولتاژ = رنج کلید Volt/Div ×
تعداد خانه‌های جابه‌جا شده در حالت DC به AC

تمرین: نتایج اندازه‌گیری مقدار متوسط ولتاژ را در روش ۱ و ۲ با یکدیگر مقایسه کنید.

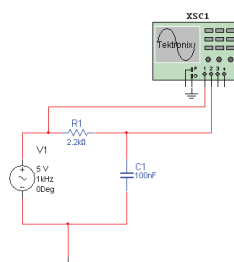
۳-۱۴-۶- آزمایش

اندازه‌گیری اختلاف فاز

مراحل اجرای آزمایش در آزمایشگاه مجازی

۱-۱۴-۶- قطعات مورد نیاز برای آزمایش را از کتابخانه نرم‌افزار با جستجو انتخاب کنید و به میز کار انتقال دهید.

۲-۱۴-۶- مدار شکل ۵۹-۶ را ببندید.



شکل ۵۹-۶- مدار برای اندازه‌گیری اختلاف فاز

تمرین: به جای خازن چه المان دیگری می‌توان قرار داد تا اختلاف فاز قابل مشاهده باشد؟

تمرین: با استفاده از سیگنال ژنراتور و اسیلوسکوپ موجود در آزمایشگاه مجازی شرایطی را به وجود آورید که دو سیگنال سینوسی با دامنه ماکزیمم ۵ و ۱۰ ولت و فرکانسی به ترتیب ۵۰ هرتز و ۶۰ هرتز روی اسیلوسکوپ ظاهر شود.

منابع مورد استفاده

- ۱- نظریان، فتح الله. دستگاه‌های اندازه‌گیری - شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- ۲- نظریان، فتح الله. قیطرانی، فریدون. اصول اندازه‌گیری الکتریکی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- ۳- مشتاقی. آشنایی با ابزار دقیق. شرکت ملی گاز ایران.
- ۴- کاتالوگ‌های مختلف دستگاه‌های اندازه‌گیری.
- ۵- قسمت Help نرم افزار مولتی سیم.

