بسم الله الرحمن الرحیم

ماشین‌های ثابت کشاورزی (برق)
(جلد دوم)

رشتهٔ ماشین‌های کشاورزی

زمینهٔ کشاورزی

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

شمارهٔ درس ۴۸۱۱

۶۳۱ اسلامی، محمدحسن
/۳ ماشین‌های ثابت کشاورزی (برق) (جلد دوم)/ مؤلف : محمدحسن اسلامی ــ تهران :
م ۵۲۸ الف/ شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۲
۱۳۹۲ ۱۷۵ ص : مصور ــ (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۴۸۱۱)
متون درسی رشتهٔ ماشین‌های کشاورزی، زمینهٔ کشاورزی
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ ماشین‌های کشاورزی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش
۱ ماشین‌های‌کشاورزی الف اسلامی،محمدحسن ب ایران وزارت‌آموزش‌وپرورش دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای وکاردانش ج عنوان د فروست

۱۳۹۲

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند

پیام‌نگار (ایمیل) tvoccd@roshd.ir

وب‌گاه (وب‌سایت) www.tvoccd.medu.ir

محتوای این کتاب در چهل و یکمین جلسهٔ مورخ ۸۸/۱۲/۳ کمیسیون تخصصی رشتهٔ ماشین‌های کشاورزی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش با عضویت حمید احدی، سیداسماعیل امیدخدا، سیدامیر ذکی، هوشنگ سرداربنده، فرشید مریخ، نبی‌الله مقیمی تأیید شده است

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

نام کتاب : **ماشین‌های ثابت کشاورزی(برق) (جلد دوم) ـ ۳۵۸/۷۲**

مؤلف : **محمدحسن اسلامی**

ویراستار ادبی : **دکتر حسین داودی**

مجری : **انتشارات گویش‌نو**

نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch ir

رسام : **محمد سیاحی، علیرضا حجرگشت**

صفحه‌آرا : **سیده فیروزه هاشمی**

طراح جلد : **سید همایون موسوی**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادّهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)**

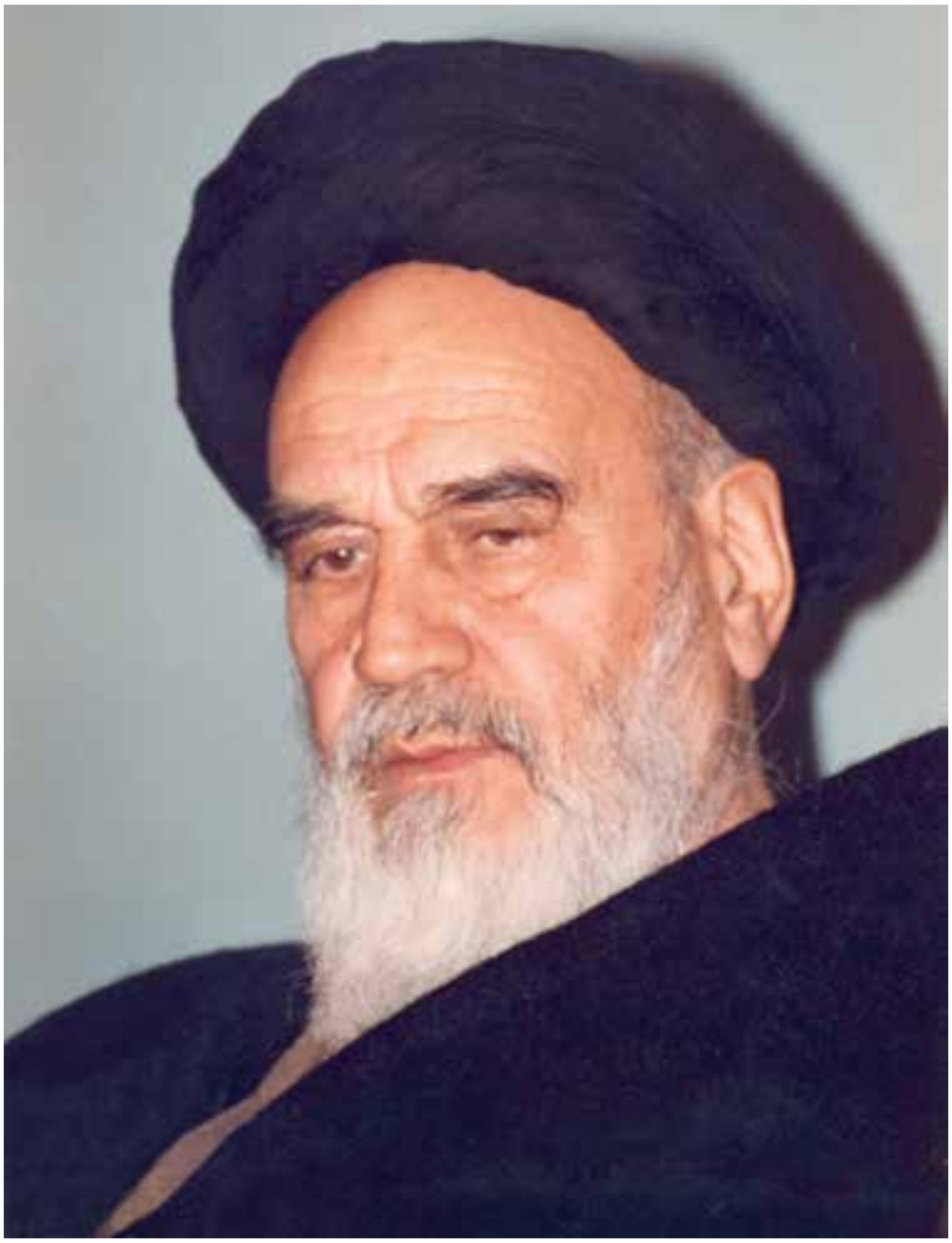
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **خجستگان**

سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ چهارم ۱۳۹۲**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۰-۱۸۹۶-۰۵-۹۶۴-۹۷۸ ISBN 978-964-05-1896-0



از شماست که مردان و زنان بزرگ تربیت می شود. شما ها در تحصیل کوشش کنید که برای فضایل اخلاقی، فضایل اعمالی مجهز شوید. شما برای آتیه مملکت ما جوانان نیرومند تربیت کنید. دامان شما یک مدرسه ای است که در آن جوانان بزرگ تربیت بشود. شما فضایل تحصیل کنید تا کودکان شما در دامان شما به فضیلت برسند.

امام خمینی (ره)

به نام آنکه هستی نام از او یافت

سخن ناشر:

کاروان فرهنگ و تمدن بشری چنان در حال پیشرفت و رشد و تعالی است که لحظه‌ای درنگ، رسیدن به آن را ناممکن می‌سازد از آنجا که آینده هر جامعه‌ای بستگی به تعلیم و تربیب کودکان و جوانان آن جامعه دارد. دفتر برنامه‌ریزی و تالیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش سعی دارد با بهره‌گیری از منابع غنی و پربار دینی و آموزه‌های اصیل اسلامی و ملی، تغییر وتحولی مبتنی بر روش‌های نوین علمی و تکنولوژی روز دنیا، در کتابهای درسی بوجود آورد.

در این راستا انتشارات گویش نو افتخار تالیف و آماده‌سازی تعدادی از این کتاب‌ها را بر عهده دارد و با همراهی استادان کوشا و نظارت دقیق و ارشادی کمیسیون‌های تخصصی و ورزیده دفتر تالیف و برنامه‌ریزی این وظیفه خطیر را به انجام رسانیده است.

در پایان ضمن قدردانی از زحمات مؤلفان عزیز، خوشحال می‌شویم که مدرسان محترم و هنرآموزان و هنرجویان ساعی با ارائه نظرات صائب و پیشنهادها و انتقادات سازنده خود و ارسال آنها به دفتر انتشارات ما را در غنا بخشیدن به این متون و بالا بردن کیفیت چاپ‌های بعدی یاری کنند.

انتشارات گویش‌نو
goyeshno@yahoo.com

فهرست

مقدمه ۹

فصل اول مفاهیم و کمیّت‌های الکتریکی ۱۱

تولید انرژی الکتریکی ۱۲

با استفاده از انرژی آب ۱۲

با استفاده از سوخت ۱۲

با استفاده از انرژی‌های نو ۱۳

انتقال انرژی الکتریکی ۱۴

توزیع انرژی الکتریکی ۱۵

کمیّت‌های الکتریکی ۱۶

شدّت جریان ۱۶

اختلاف پتانسیل الکتریکی ۱۷

مقاومت الکتریکی ۱۸

مدار الکتریکی ۲۰

اتصالات مقاومت‌ها ۲۱

اندازه‌گیری کمیّت‌های الکتریکی ۲۶

مولتی‌متر ۲۶

نکات ایمنی در استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری ۲۷

قانون اُهم ۲۹

توان الکتریکی ۳۳

ضریب بهره‌ی(راندمان) الکتریکی ۳۴

جریان متناوب ۳۵

جریان مستقیم ۳۸

خازن ۳۹

ساختمان خازن ۳۹

مشخصات خازن ۴۰

بوبین(سیم پیچ) ۴۵

فصل دوم حفاظت و ایمنی در برق ۴۷

خطاهای ناشی از جریان برق ۴۸

اتصال بدنه ۴۸

اتصال کوتاه ۴۸

اتصال زمین ۴۹

فیوز ۴۹

از نظر زمان قطع ۴۹

از نظر ساختمان ۴۹

حفاظت الکتریکی ۵۲
انواع حفاظت ۵۲
برق گرفتگی ۵۳
انواع برق گرفتگی ۵۳
اقدامات لازم برای نجات شخص برق گرفته ۵۴
انواع حفاظت اشخاص در مقابل برق گرفتگی ۵۵
حفاظت توسط سیم زمین ۵۵
حفاظت توسط عایق کاری ۵۷
حفاظت توسط ولتاژ کم ۵۸
حفاظت توسط کلید محافظ جان(FI) ۵۸
توصیه‌های ایمنی ۵۹

فصل سوم مدارات روشنایی ۶۳
ابزار و وسایل سیم کشی ۶۴
پیچ‌گوشتی ۶۴
فازمتر ۶۴
سیم چین ۶۵
سیم لخت کن ۶۵
انبردست ۶۶
دم باریک ۶۶
ابزار پرس سرسیم و فیش‌ها ۶۶
سیم‌ها و اتصالات آن‌ها ۶۷
ساختمان سیم‌ها ۶۷
هادی‌های مورد استفاده در سیم‌کشی ۶۷
انواع سیم‌ها ۶۷
اتصالات سیم‌ها ۶۹
بست کمربندی سیم‌ها ۷۱
کابل ۷۳
تعریف کابل ۷۳
ساختمان کابل‌ها ۷۳
لوازم و تجهیزات کابل‌کشی ۷۶
روکش برداری کابل ۷۸
مراحل اتصال کابل شو به وسیله‌ی لحیم‌کاری ۷۸
طریقه‌ی اتصال کابل شوی پیچی به کابل ۷۹
کلیدها ۸۱
لامپ‌ها ۸۴

نقشه‌های مدارهای الکتریکی ۸۸
رسم نقشه‌های الکتریکی ۸۸
علائم الکتریکی ۸۸
سیم‌کشی ۸۹
انواع سیم‌کشی ۹۰
روش‌های سیم‌کشی توکار ۹۰
مدار الکتریکی ۹۱

فصل چهارم ماشین‌های الکتریکی ۱۰۱
مغناطیس ۱۰۲
خطوط نیروی مغناطیس و میدان مغناطیسی ۱۰۲
ترانسفورماتور تک فاز ۱۰۳
ساختمان ترانسفورماتور ۱۰۴
سیم‌پیچ ترانسفورماتور ۱۰۴
هسته‌ی ترانسفورماتور ۱۰۴
اساس کار ترانسفورماتور ۱۰۴
انواع ترانسفورماتور ۱۰۵
موتورهای الکتریکی ۱۰۷
انواع موتورهای الکتریکی ۱۰۷
اصول کار موتورهای آسنکرون سه‌فاز ۱۱۰
پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه‌فاز ۱۱۱
انتخاب موتورهای الکتریکی ۱۱۴
اتصال موتور برای تأمین قدرت مکانیکی ۱۱۶
الکتروموتورهای تک فاز ۱۱۹

فصل پنجم راه‌اندازی موتورهای الکتریکی ۱۲۵
پلاک اتصالات موتور(تخته کلم) ۱۲۶
آزمایش اتصال بدنه ۱۲۸
اتصال سیم‌پیچ‌های موتور ۱۲۸
اتصال ستاره ۱۲۸
اتصال مثلث ۱۲۹
راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای دستی ۱۳۰
کلیدهای دستی ۱۳۰
کاربرد کلید دستی ۱۳۱
برق رسانی به موتورهای الکتریکی ۱۳۱
تغییر جهت گردش موتورهای سه فاز ۱۳۴

راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون ۱۳۷
پلاک اتصال موتورهای تک‌فاز(تخته کلم) ۱۴۰
راه‌اندازی موتورهای الکتریکی تک فاز ۱۴۰
تغییر جهت گردش در موتورهای تک‌فاز ۱۴۳
راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای مغناطیسی ۱۴۵
اجزای تشکیل دهنده‌ی مدارهای کنترل ۱۴۵
کلید مغناطیسی یا کنتاکتور ۱۴۵
شستی استاپ استارت ۱۴۸
رله‌ی حرارتی(بی متال) ۱۴۸
کلید محافظ موتور ۱۵۰
لامپ‌های سیگنال ۱۵۰
کلیدهای تابع فشار(کلیدهای گازی) ۱۵۱
کلیدهای شناور(فلوتر سوییچ) ۱۵۱
رله‌ی زمانی(تایمر) ۱۵۲
کلید تابع حرارت(ترموستات) ۱۵۳
حروف و اعداد پلاستیکی ۱۵۳
کمربند کابل ۱۵۳
نقشه خوانی مدارهای الکتریکی ۱۵۴
نقشه‌ی مدار قدرت ۱۵۵
نقشه‌ی خارجی ۱۵۵
نقشه‌ی مونتاژ ۱۵۶
تغییر جهت گردش در موتورهای سه‌فاز ۱۷۰
راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون در شبکه‌ی تک‌فاز ۱۷۳
منابع ۱۷۵

مقدمه

امروزه با پیشرفت سریع تکنولوژی در صنایع مختلف و در زمینه‌های گوناگون از جمله کشاورزی کمتر دستگاهی را می‌توان یافت که با جریان برق کار نکند. به همین منظور کاربران دستگاه‌ها و ماشین‌آلات علاوه بر راه‌اندازی ماشین‌آلات می‌بایست بتوانند عیوب جزیی آنها را نیز تشخیص داده و رفع نمایند. این موضوع در رشته‌ی کشاورزی و کار با ماشین‌های کشاورزی و در مناطقی که به متخصصین و تعمیرکاران برق دسترسی وجود ندارد، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. لذا در این کتاب برآن شدیم تا هنرجویان این رشته را با موضوعات مورد نیاز در حوزه برق آشنا کنیم.

در فصل اول کتاب به تبیین مفاهیم و کمیت‌های الکتریکی در رشته برق پرداخته شده است که مباحث پایه‌ای برق را که الفبای آشنایی هنرجویان با برق شناخته می‌شود، دنبال می‌کند. فراگرفتن دقیق این فصل از اهمیت زیادی برخوردار است و به یادگیری بهتر فصول دیگر کتاب کمک شایانی می‌کند.

در فصل دوم به مبحث مربوط به نکات ایمنی پرداخته می شود و به نکات اساسی در ارتباط با حفاظت شخص در برابر برق‌گرفتگی که هنرجویان در کارهای عملی با آن مواجه می‌شوند اشاره دارد.

در فصل سوم مدارات پایه در رشته برق مورد توجه قرارگرفته و کارهای عملی مربوط به آن کار می‌شود.

در فصل چهارم و پنجم موضوع ماشین‌های الکتریکی ارائه و کارهای عملی مربوط به راه‌اندازی موتورهای الکتریکی در کارگاه انجام خواهد شد.

مطمئناً کتاب حاضر خالی از اشکال نیست امیدوارم نکات و نظرات خود را به آدرسی که در ابتدای کتاب درج شده است برای بنده ارسال بفرمایید.

مؤلف

هدف کلی

شناخت تجهیزات الکتریکی متداول در کشاورزی

و توانایی کاربرد آنها و تعویض قطعات معیوب

زمان بندی پیشنهادی برای تدریس کتاب

فصل	نظری	عملی	جمع
اول	۶	۴	۱۰
دوم	۴	۴	۸
سوم	۶	۲۸	۳۴
چهارم	۸	۴	۱۲
پنجم	۶	۵۰	۵۶
	۳۰	۹۰	۱۲۰

فصل اول
مفاهیم و کمیّت‌های الکتریکی

هدف‌های رفتاری – با یادگیری این فصل هنرجو می‌تواند:

- تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی را توضیح دهد.
- شبکه‌های فشار قوی، فشار متوسط و فشار ضعیف را با هم مقایسه کند.
- نحوه‌ی توزیع برق به مناطق شهری و روستای را از نظر سطح ولتاژ توضیح دهد.
- موارد استفاده از برق در کشاورزی را توضیح دهد.
- کمیّت‌های الکتریکی(جریان، اختلاف پتانسیل، مقاومت، توان، راندمان، فرکانس و اختلاف فاز را توضیح دهد.
- مدار الکتریکی را توضیح دهد.
- عناصر مدار الکتریکی و مشخصات آن‌ها را توضیح دهد.
- قانون اُهم را به کار بندد.
- اتصالات مقاومت‌ها را توضیح دهد.
- انواع مولتی‌متر و موارد کاربرد آن را بیان کند.
- روش استفاده از مولتی‌متر را توضیح دهد.
- مولتی‌متر را برای اندازه‌گیری کمیّت‌های الکتریکی به کار برد.
- جریان متناوب را تشریح کند.
- خازن را تعریف کند.
- مشخصات فنی خازن را توضیح دهد.
- سیم‌پیچ را توضیح دهد.

	نظری	عملی
ساعت	۶	۴

مقدمه:

در یک مجموعه‌ی کشاورزی از انرژی الکتریکی بسیار استفاده می‌شود. از روشنایی اتاق‌ها، کارگاه‌ها، سالن‌های مرغداری و گاوداری تا راه‌اندازی الکتروپمپ‌های موجود در یک مزرعه، سیستم‌های آبیاری نوین، نقاله‌ها، فن‌های تهویه، شیر دوش‌ها، آسیاب و میکسرها همگی تجهیزاتی هستند که در آن‌ها انرژی الکتریکی به کار رفته است. لذا یکی از نیازهای هنرجویان رشته‌ی کشاورزی، داشتن اطلاعات مربوط به برق می‌باشد. در این فصل درباره‌ی تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی توضیحاتی داده می‌شود و برخی مفاهیم پایه برق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تولید انرژی الکتریکی

به محلی که در آن انرژی الکتریکی تولید می‌شود نیروگاه برق گفته می‌شود. در نیروگاه برق برای تولید انرژی الکتریکی از طریق مولّدهای الکتریکی، به یک انرژی مکانیکی نیاز است تا بتوان این مولّدها را به حرکت در آورد. انرژی مکانیکی می‌تواند نیروی آب، نیروی بخار آب، نیروی یک موتور احتراقی و غیر آن‌ها باشد. تولید انرژی الکتریکی به روش‌های زیر امکان پذیر است:

با استفاده از انرژی آب

یکی از ساده‌ترین روش‌های تولید انرژی الکتریکی استفاده از انرژی آب است در این روش پس از احداث سد و انباشته کردن آب در پشت آن، از نیروی آب برای چرخاندن توربین و مولّد برق استفاده می‌کنند. مولّد برق پس از چرخش، انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند.(شکل ۱-۱) .

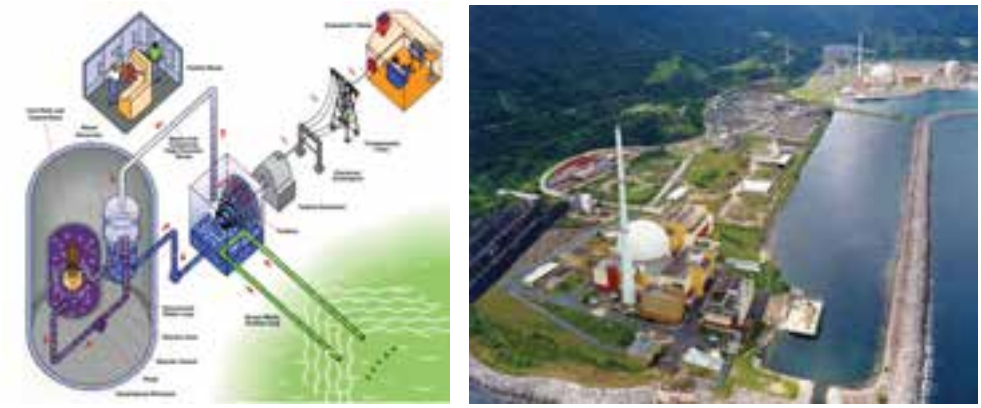
شکل ۱-۱ تولید انرژی الکتریکی با استفاده از انرژی آب

با استفاده از سوخت

استفاده از سوخت‌های مختلف یکی از شیوه‌های تولید انرژی الکتریکی است. انرژی حرارتی حاصل شده از سوخت(گاز) در زیر دیگ‌های بخار باعث تبخیر آب می‌شود. بخارآب با فشار به پره‌های توربین برخورد می‌کند و توربین را به حرکت در می‌آورد. این حرکت به محور مولّد منتقل می‌شود و مولّد، انرژی الکتریکی تولید می‌کند(شکل ۲-۱) .

شکل ۲-۱ تولید انرژی الکتریکی با استفاده از انرژی حاصل از سوخت

نیروگاه‌های هسته‌ای نیز اساس کاری شبیه نیروگاه‌های حرارتی دارند تنها تفاوت این نیروگاه‌ها در سوخت آن‌ها است. در نیروگاه هسته‌ای برای تهیه سوخت از اورانیوم استفاده می‌کنند. برای این منظور هسته‌ی اتم اورانیوم را می‌شکافند. فرآیند **شکافت هسته‌ای** در رآکتور هسته‌ای انجام می‌شود. انرژی گرمایی حاصل از شکافت هسته‌ی اورانیوم بسیار زیاد است، لذا از آن برای تولید بخارآب استفاده می‌کنند (در اثر شکافت نیم کیلوگرم **اورانیوم** انرژی معادل بیش از ۱۵۰۰ تن زغال سنگ به دست می‌آید). بخار آب تولید شده وارد توربین می‌شود و آن را به حرکت در می‌آورد. در نتیجه مولّد برق به کار می‌افتد و برق تولید می‌کند. ایران در زمینه‌ی تکنولوژی هسته‌ای، چه از لحاظ تأمین انرژی الکتریکی و چه از نظر بهره برداری‌های صلح آمیز آن در زمینه‌های صنعت، کشاورزی، پزشکی و خدمات، به موفقیت‌های بسیار چشم گیری دست یافته است(شکل۳-۱) .



شکل۳-۱ تولید انرژی الکتریکی با استفاده از انرژی هسته‌ای

با استفاده از انرژی‌های نو

▪ انرژی خورشیدی

در این روش انرژی تابشی خورشیدی بدون استفاده از دستگاه‌های متحرک، مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. دستگاهی که این عمل را انجام می‌دهد « **سلول خورشیدی** » یا « **باتری خورشیدی** » نام دارد. نمونه‌ای از باتری‌های خورشیدی را در ماشین حساب‌ها یا روشنایی چراغ‌های خیابان‌ها دیده اید. خورشید بعنوان منبع این انرژی، از بین نمی‌رود و به محیط زیست آسیب نمی‌رساند(شکل۴- ۱) . ایران در منطقه ای قرار گرفته است که در ایام سال آفتاب زیادی دارد. لذا اگر این روش به صورت علمی در بخش کشاورزی و روستایی مورد استفاده قرار گیرد می‌تواند حجم زیادی از نیاز برق کشور در این بخش را تامین کند.

شکل۴-۱ تولید انرژی الکتریکی با استفاده از انرژی خورشید

انرژی باد

در این روش برای چرخاندن پره‌های توربین از انرژی باد استفاده می‌شود. محور توربین به محور مولّد برق متصل است و حرکت را به آن انتقال می‌دهد با حرکت مولّد، انرژی الکتریکی تولید می‌شود. به این نیروگاه، « **نیروگاه بادی**» می‌گویند این نیروگاه، در محل‌هایی احداث می‌شود که باد در آن نقاط، در تمام فصل‌های سال بوزد. نمونه‌ای از این نیروگاه در شهر منجیل از استان گیلان احداث شده است(شکل۵- ۱).

شکل۵-۱ تولید انرژی الکتریکی با استفاده از انرژی باد

پژوهش

در مورد تولید انرژی الکتریکی توسط انواع انرژی‌های نو، مانند انرژی خورشیدی و انرژی باد پژوهش کنید و نتیجه را به کلاس ارایه دهید (در پایگاه اینترنتی سازمان انرژی‌های نو (سانا) به نشانی www.suna.org می‌توانید راجع به انرژی‌های نو به اطلاعات بیش‌تری دسترسی پیدا کنید).

انتقال انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی پس از تولید، توسط سیم‌های هوایی و دکل‌ها(پایه‌های فلزی) از محل نیروگاه برق به سمت شهرها و روستاهایی که قرار است برق رسانی شوند، انتقال می‌یابد. مقدار ولتاژ خطوط انتقال برق در ایران ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلو ولت است.(شکل۶- ۱) . برای کاهش هزینه‌های انتقال، در ابتدای خطوط انتقال، ولتاژ برق افزایش داده می‌شود و پس از انتقال در مقصد، ولتاژ در چند مرحله کاهش می‌یابد.

شکل۶-۱ انتقال انرژی الکتریکی توسط دکل‌ها

توزیع انرژی الکتریکی

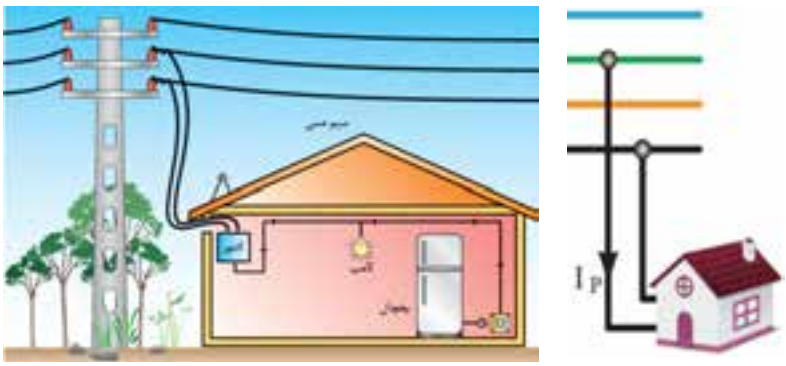
گفتیم که انرژی الکتریکی تولید شده در نیروگاه، توسط خطوط انتقال به مراکز مصرف می‌رسد. در مدخل مراکز مصرف، که عمدتاً شهرها و روستاها و مناطق مسکونی هستند، ابتدا ولتاژ خیلی زیاد انتقالی تا حدی(۱۳۲ و ۶۳ کیلو ولت) کاهش می‌یابد. با این حال هنوز ولتاژ زیاد است. این ولتاژ در مرحله‌ای دیگر به مقدار ۲۰ کیلو ولت کاهش می‌یابد و پس از آن در مزارع کشاورزی و محلات در مرحله‌ی آخر به ولتاژهای ۴۰۰ ولت سه فاز و ۲۳۰ ولت یک فاز(قابل استفاده برای مصرف کننده‌ها، تبدیل و توزیع می‌شود. پخش انرژی الکتریکی نیز توسط کابل‌های زمینی یا سیم‌های هوایی انجام می‌گیرد(شکل۷-۱) .

شکل۷-۱ تبدیل ولتاژ ۲۰ کیلو ولت به ۴۰۰ و ۲۲۰ ولت

توزیع برق در شبکه‌ی برق ایران، در محلات و خیابان‌ها به صورت پنج سیمه و توسط تیرهای برق صورت می‌گیرد. در شکل۸- ۱ هر کدام از این سیم‌ها نام‌گذاری شده اند.

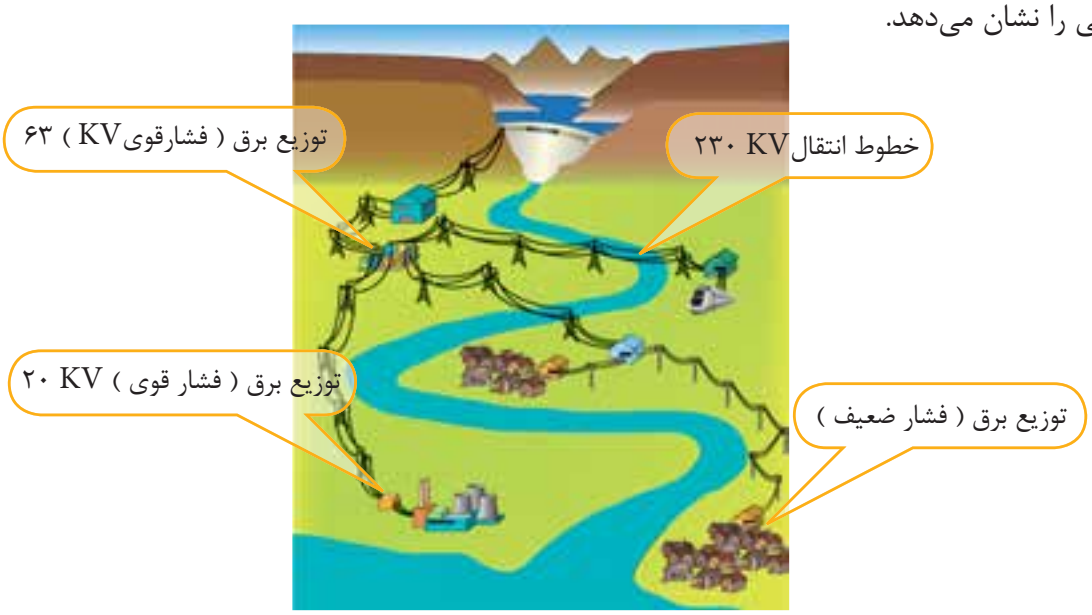
شکل۸-۱ نام‌گذاری سیم‌های تیر چراغ برق

برای مشترکانی مانند منازل مسکونی و واحدهای تجاری، که مصرف کننده‌های تک فاز دارند، باید کابلی دو سیمه با یک فاز و یک نول اختصاص داده شود.



شکل۹-۱ نحوه‌ی اتصال برق منازل مسکونی

اما برای صنایع و کشاورزی که مصرف کننده‌های سه فاز(مانند الکتروموتورهای سه فاز) دارند باید کابل چهار سیمه با سه فاز و یک نول اختصاص داده شود. شکل ۱۰- ۱ دیاگرام ساده ای از تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- ۱ دیاگرام ساده ازتولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی

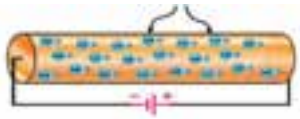
در این قسمت به تشریح مفاهیم پایه در برق می‌پردازیم. هنرجویان با درک این مفاهیم می‌توانند موضوعات مرتبط با برق را در فصول بعدی کتاب که جنبه‌ی عملی دارد، به سادگی فرا گیرند.

کمیّت‌های الکتریکی

شدّت جریان

هرگاه بخواهیم از انرژی الکتریکی برای انجام کاری استفاده کنیم لازم است الکتریسیته تولید شده را در مدار جاری کنیم. به عبارت دیگر اگر بتوانیم با دادن انرژی به یک اتم، الکترون‌های آن را آزاد و آن را در یک مسیر حرکت دهیم « **جریان الکتریکی** » به وجود می‌آید. تعداد الکترون‌هایی که انرژی هم جهت دارند میزان شدّت جریان الکتریکی را تعیین می‌کنند(شکل ۱۱-۱).

الکترون‌ها



شکل ۱۱- ۱ حرکت الکترون‌ها در یک سیم

شدّت جریان الکتریکی را با حرف (I) نشان می‌دهند. بنا بر تعریف، مقدار بار الکتریکی (الکترون‌های آزاد) که از یک نقطه‌ی سیم طی مدت زمانی معین عبور می‌کند « شدّت جریان الکتریکی » می‌نامند.

حرکت الکترون‌های آزاد در درون سیم به صورت « ضربه‌ای » صورت می‌گیرد. یعنی الکترون‌ها با یکدیگر برخورد می‌کنند و از اتمی‌به اتم دیگر منتقل می‌شوند. سرعت این ضربه‌ها در حدود سرعت سیر نور(۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه) است. ضربه‌های انرژی را که از یک الکترون به الکترون دیگر برخورد می‌کند و باعث جا به جایی

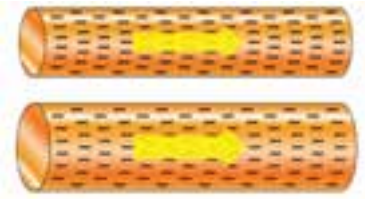
آن می‌شود را در اصطلاح جریان الکتریکی می‌نامند. درشکل(۱۲-۱) ضربه‌های انرژی وارد شده به الکترون‌ها را مشاهده می‌کنید. این ضربه مانند وارد کردن ضربه‌ی یک گوی به چند گوی چسبید به هم است.

الف- ضربه‌های انرژی وارد شده به الکترون‌ها در یک سیم
شکل۱۲-۱

در مدارهای الکتریکی برای اندازه‌گیری شدّت جریان از وسیله‌ای به نام آمپرمتر که علامت اختصاری آن Ⓐ است، استفاده می‌شود(شکل۱۳-۱).

شکل۱۳- ۱ تصاویر دو نمونه آمپرمتر

از تراکم جریان در تعیین بیشینه شدت جریان قابل تحمل در سیم‌ها استفاده می‌شود. به عنوان مثال اگر بخواهیم شدّت جریانی معادل ۵ آمپر را از دو سیم طبق شکل۱۴- ۱ عبور دهیم، مشاهده می‌شود که تراکم و فشردگی الکترون‌های جاری در سیم شکل(ب) از سیم(الف) بیش‌تر است. زیرا سطح مقطع سیم(ب) از سیم (الف) کوچک‌تر است.



شکل۱۴-۱ تراکم جریان در سیم‌ها

اختلاف پتانسیل الکتریکی

نیرویی را که باعث به وجود آمدن جریان الکتریکی در مدار می‌شود « نیروی محرکه‌ی الکتریکی » می‌نامند. بنا به تعریف هر بار الکتریکی که بتواند بار الکتریکی دیگری را با عملِ جذب یا دفع به حرکت در آورد کاری انجام می‌شود. لذا به نیروی محرکه ای که بتواند بار الکتریکی را به حرکت در آورد « **پتانسیل الکتریکی** » می‌گویند.

« پتانسیل الکتریکی » یا به اختصار « ولتاژ »، « توانایی انجام کار » نیز نامیده می‌شود.

پتانسیل الکتریکی از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد:

$$V = \frac{W}{q}$$

هرگاه کار(W) بر حسب ژول و مقدار بار الکتریکی(Q) بر حسب کولن باشد پتانسیل الکتریکی(V) بر حسب

ولت به دست می‌آید. ولتاژهایی که در کارهای روزمره با آن سر و کار داریم عبارت‌اند از:

- ۱/۵ ولت – ولتاژ پیل‌های خشک(قلمی)
- ۹ ولت – ولتاژ پیل‌های کتابی
- ۱۲ ولت – ولتاژباتری‌های ماشین
- ۲۲۰ ولت – ولتاژ منازل مسکونی(برق تک فاز)
- ۳۸۰ ولت – ولتاژ مراکز صنعتی(برق سه فاز)

در رسم مدارها پیل(باتری) را با علامت ⊣|⊢ نشان می‌دهیم(شکل۱۵-۱) .

شکل۱۵-۱ و باتری خودرو

برای اندازه‌گیری ولتاژ از وسیله‌ای به نام ولت‌متر که علامت اختصاری آن به صورت –Ⓥ– است استفاده می‌شود.

شکل۱۶-۱ تصاویر ولت متر

مقاومت الکتریکی

« مقاومت الکتریکی » خاصیتی از ماده است که در مقابل عبور جریان الکتریکی از خود مخالفت نشان می‌دهد. این مخالفت گاهی مانند مقاومت الکتریکی سیم‌های رابط به صورت ناخواسته و مزاحم در مدارهای الکتریکی وجود دارد. این مقاومت در مدار تلفات الکتریکی ایجاد می‌کند.

مقاومت می‌تواند عاملی از پیش تعیین شده به صورت یک مصرف کننده در مدارهای الکتریکی قرار می‌گیرد. رشته سیم حرارتی(المنت) دستگاه جوجه کشی مقاومتی است که، نه تنها مزاحم نیست بلکه می‌تواند حرارت مورد نیاز دستگاه را تولید کند. مقدار مقاومت الکتریکی را بر حسب اُهم(Ω) می‌سنجند.

علامت اختصاری مقاومت و عنصر واقعی آن در شکل۱۷-۱ نشان داده شده است.

الف- علامت اختصاری مقاومت الکتریکی

ب- مقاومت الکتریکی

شکل۱۷-۱

دستگاهی که مقدار مقاومت را می‌سنجد « **اُهم متر** » نام دارد و در شکل۱۸- ۱ نشان داده شده است.

شکل۱۸-۱ نحوه‌ی اندازه‌گیری مقاومت با اُهم متر

مقدار مقاومت الکتریکی به عوامل فیزیکی و الکتریکی گوناگونی بستگی دارد.

عوامل فیزیکی مؤثر در مقدار مقاومت الکتریکی

هرگاه سه قطعه سیم با مشخصات داده شده در شکل(۱۹-۱) را در اختیار داشته باشیم و مقدار مقاومت‌های هر یک از آن‌ها جداگانه را اندازه بگیریم به نتایجی می‌رسیم که نشان دهنده‌ی ارتباط بین عوامل مؤثر در مقاومت الکتریکی یک‌هادی است. برای بررسی عوامل، به موارد توجه می‌کنیم:

- مقاومت سیم(الف) را اندازه می‌گیریم و آن را به عنوان مقاومت مبنا یادداشت می‌کنیم.
- مقاومت سیم(ب) را که سطح مقطع آن نصف سطح مقطع سیم الف است اندازه می‌گیریم. مشاهده می‌شود مقدار مقاومت این سیم به دو برابر مقدار مقاومت مبنا افزایش یافته است.
- در مرحله سوم مقاومت سیم(پ) را که طول آن نصف طول سیم(الف) است، اندازه می‌گیریم، مشاهده می‌شود مقدار مقاومت این سیم به نصف مقدار مقاومت سیم الف(مقاومت مبنا) کاهش یافته است.
- با مقایسه‌ی مقاومت سیم‌های الف، ب و پ در می‌یابیم که مقاومت یک سیم با طول آن رابطه‌ی مستقیم و با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد.

پ ب الف

شکل۱۹- ۱ سیم‌ها در طول‌ها و سطح مقطع‌های متفاوت

مقدار مقاومت سیم را می‌توان از رابطه‌ی زیر به دست آورد:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

R – مقاومت سیم برحسب اُهم

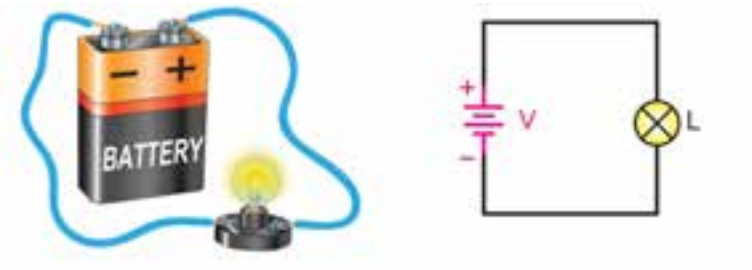
L– طول سیم برحسب متر

A – سطح مقطع سیم برحسب میلی‌مترمربع – مقاومت مخصوص سیم

قبل از توضیح قوانین اساسی برق لازم است به بررسی برخی از تعاریف پایه ای بپردازیم و با تعدادی از اجزای مدارهای الکتریکی آشنا شویم.

مدار الکتریکی

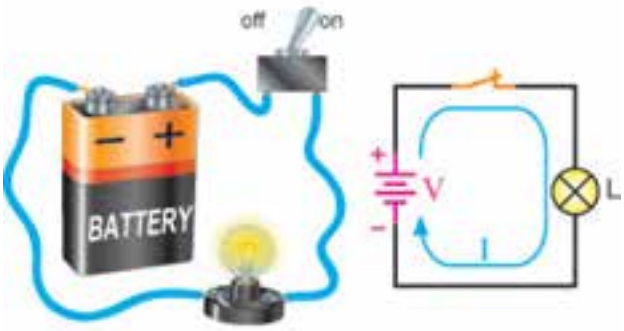
مسیری را که شامل منبع تغذیه، مصرف کننده و سیم‌های رابط باشد « **مدار الکتریکی ساده** » گویند.
در یک مدارالکتریکی، **منبع تغذیه**(مولّد)، تامین کننده انرژی است و می‌تواند باتری یا ژنراتور باشد. **مصرف کننده** (بار)، انرژی الکتریکی را به انرژی مورد نیاز تبدیل می‌کند. وظیفه‌ی **سیم‌های رابط**، انتقال انرژی الکتریکی از منبع تغذیه به مصرف کننده است. در شکل(۲۰-۱) تصویر یک مدار الکتریکی ساده را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۰-۱ مدار الکتریکی ساده

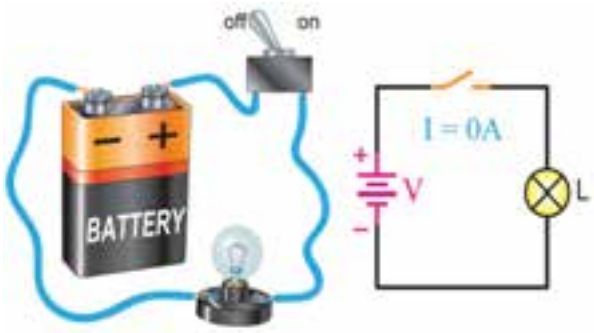
در مدارهای الکتریکی، علاوه بر سه عامل اصلی فوق، از اجزای دیگری نیز استفاده می‌شود. از جمله‌ی این اجزا می‌توان کلید، فیوز و وسایل اندازه‌گیری را نام برد. اگر اجزای فوق در مدار الکتریکی وجود نداشته باشند ایرادی در کار پیش نمی‌آید، ولی مدار بدون کنترل و حفاظت خواهد بود.

کلید در مدارهای الکتریکی نقش قطع و وصل کننده‌ی جریان را دارد.
اگر برای عبور جریان الکتریکی، مسیر کاملی از طریق قطب مثبت باتری، سیم‌های رابط و مصرف کننده به قطب منفی وجود داشته باشد آن مدار را « **مدار بسته** » یا « **مدار کامل** » می‌گویند. در شکل(۲۱- ۱) نمونه‌ای از یک مدار الکتریکی بسته را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۱- ۱ مدار الکتریکی بسته(کامل)

در صورتی که مسیر عبور جریان به دلایلی مانند قطع شدن سیم‌های رابط، سوختن فیوز، قطع مصرف کننده یا قطع شدن کلید کامل نباشد مدار را « **مدار باز** » یا « **مدار ناقص** » می‌گویند(شکل ۲۲-۱).



شکل ۲۲-۱ مدار الکتریکی باز

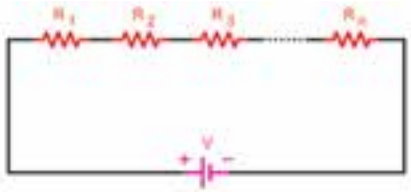
در یک مدار الکتریکی، مصرف کننده در برابر عبور جریان از خود مقاومت نشان می‌دهد لذا در مدار با علامت اختصاری مقاومت نشان داده می‌شود(شکل۲۳- ۱) .

شکل۲۳- ۱ مدار الکتریکی بسته

اتصالات مقاومت‌ها

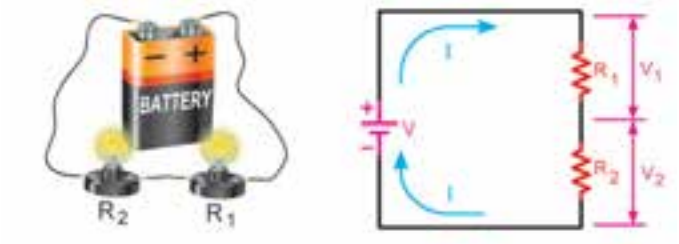
- اتصال سری

هرگاه دو یا چند(n) مقاومت به صورت متوالی(دنبال‌هم – پشت سرهم) به یکدیگر اتصال داده شوند، مدار را « **سری** » گویند. در این مدار مقاومت‌ها طوری به هم متصل می‌شوند که انتهای عنصر اول به ابتدای عنصر دوم و انتهای عنصر دوم به ابتدای عنصر سوم وصل شده باشد، اگر به همین ترتیب تا آخرین عنصر ادامه یابد می‌گوییم مدار به صورت سری بسته شده است(شکل۲۴-۱) .



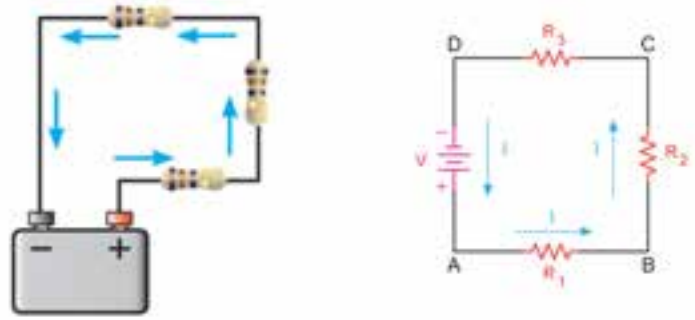
شکل۲۴-۱ اتصال سری مقاومت‌ها

شکل۲۵-۱ یک نمونه واقعی و نقشه فنی مدار سری را که در آن دو لامپ اتصال دارد، نشان می‌دهد.



شکل۲۵-۱ اتصال سری دو لامپ

در مدار سری برای عبور جریان الکتریکی همواره فقط یک مسیر وجود دارد(شکل۲۶-۱) .



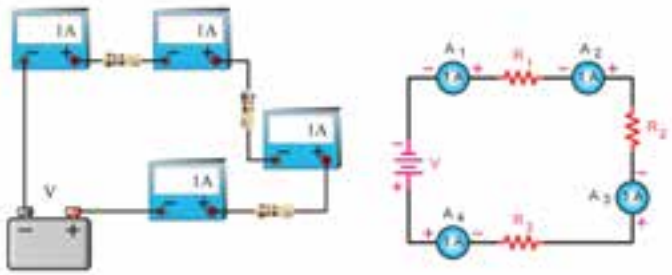
شکل۲۶-۱ شدت جریان یکسان در تمام عناصر مدار سری

دستگاه اندازه‌گیری آمپرمتر در مدار به صورت سری قرار می‌گیرد.

الف تصویر واقعی ب- مدل مداری

شکل۲۷-۱ نحوه‌ی اتصال آمپرمتر در مدار الکتریکی

عامل مشترک در مدار سری: چنانچه مداری را مطابق شکل(۲۸-۱) اتصال دهید مشاهده می‌کنید که هر یک از آمپرمترها جریان‌های مساوی(یک آمپر) نشان می‌دهند.



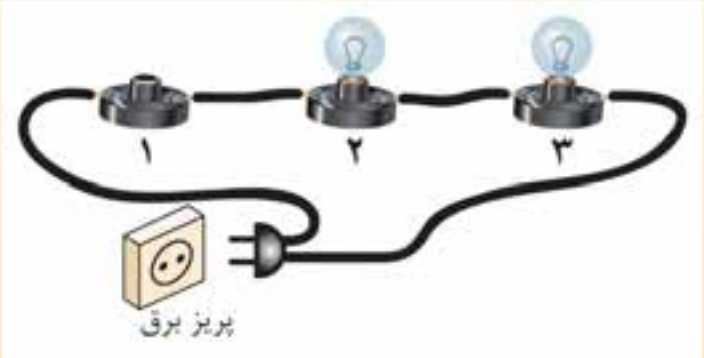
شکل۲۸-۱ آمپر مترها در یک مدار سری جریان یکسانی نشان می‌دهند.

الکتریکی یک مسیر وجود دارد در نتیجه شدت جریان در تمام مقاومت‌ها مساوی و ثابت است. به همین دلیل، در مدارهای سری شدت جریان را می‌توان به عنوان یک عامل مشترکی برای تمام عناصر موجود در مدار دانست. در این مدار، برای شدت جریان رابطه‌ی زیر برقرار است:

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$$

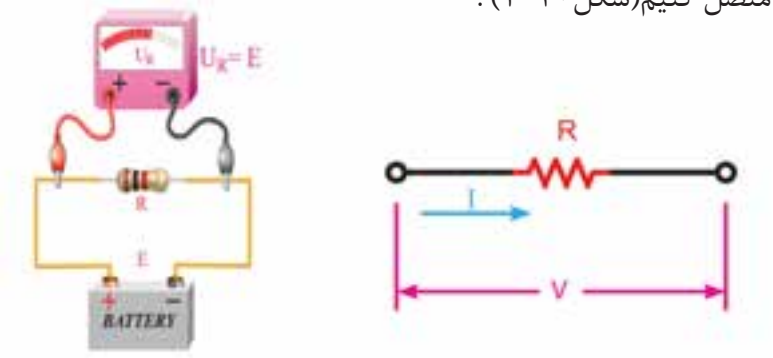
نکته

در مدار سری، اگر یکی از مصرف کننده‌ها از مدار خارج شوند به دلیل این که فقط یک مسیر برای عبور جریان وجود دارد، همه‌ی مصرف کننده‌ها از مدار خارج می‌شوند. در شکل۲۹-۱ اگر یکی از لامپ‌ها باز(قطع) شود بقیه‌ی لامپ‌ها نیز خاموش می‌شوند.



شکل۲۹-۱

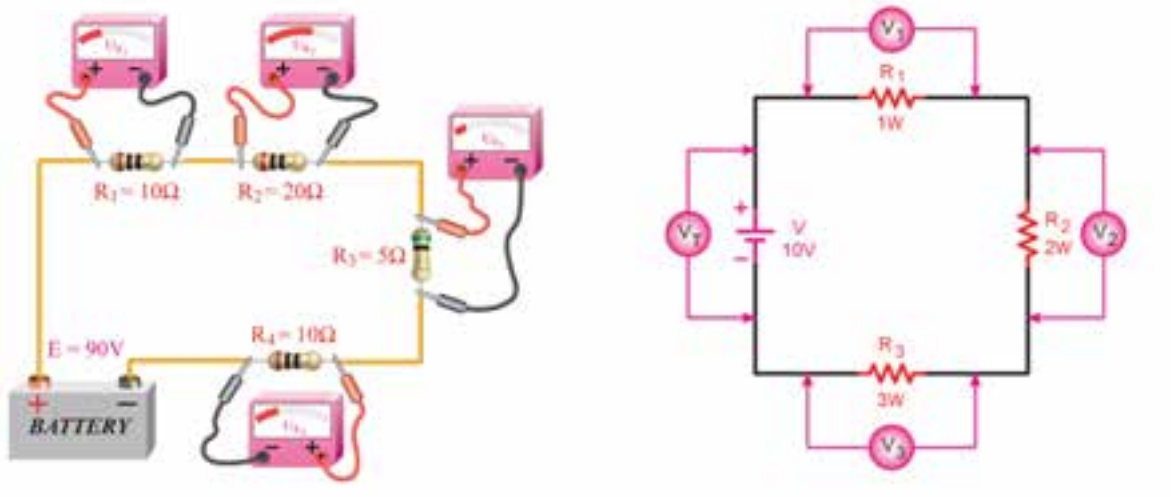
عامل غیر مشترک در مدار سری: بر اثر عبور جریان الکتریکی از هر مقاومت الکتریکی، در دو سر آن افت ولتاژی به وجود می‌آید. مقدار این ولتاژ توسط ولت‌متر اندازه‌گیری می‌شود. برای این کار کافی است دو سر ولت‌متر را به دو سر مقاومت الکتریکی متصل کنیم(شکل ۳۰- ۱) .



شکل ۳۰-۱ افت ولتاژ در دو سر یک مقاومت

مقدار ولتاژ را بر اساس قانون اُهم می‌توان از رابطه‌ی $V = R.I$ محاسبه کرد. چون جریان در مدار سری ثابت است لذا طبق این رابطه، مقدار افت ولتاژ در دو سر مقاومت با مقدار اُهم آن رابطه‌ی مستقیم دارد. یعنی در صورت افزایش مقاومت(R) مقدار ولتاژ(V) نیز افزایش می‌یابد.

برای مثال اگر مداری را مطابق شکل۳۱- ۱ ببندیم ولت مترها مقادیر ولتاژی متفاوتی را در دو سر مقاومت‌ها نشان می‌دهند ولت مترهای ۱، ۲ و ۳ مقدار ولتاژهای دو سر مقاومت‌های R_1، R_2 وR_3 و ولت متر V_T مقدار ولتاژ کل مدار را نشان می‌دهند.

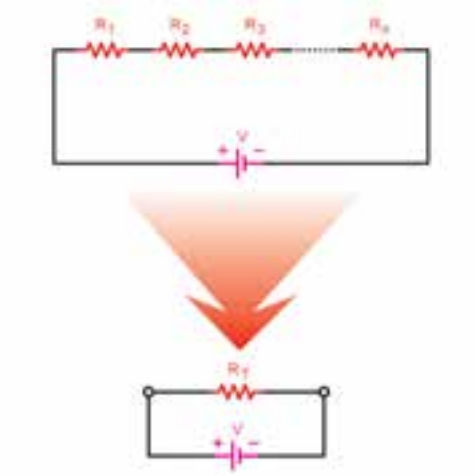


شکل۳۱- ۱ مجموع افت ولتاژهای در مدار سری با ولتاژ منبع تغذیه برابر است.

در مدار بسته‌ی شکل۳۱- ۱ ولتاژ کل منبع تغذیه به نسبت مقدار مقاومت‌ها بین مقاومت‌های مدار تقسیم می‌شود بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

مقاومت معادل در مدار سری: مقاومت کل یا « **مقاومت معادل** » به مقاومتی گفته می‌شود که بتواند به تنهایی اثر همه مقاومت‌های موجود در مدار را داشته باشد و جای گزین آن‌ها شود و شدّت جریان تغییری نکند.



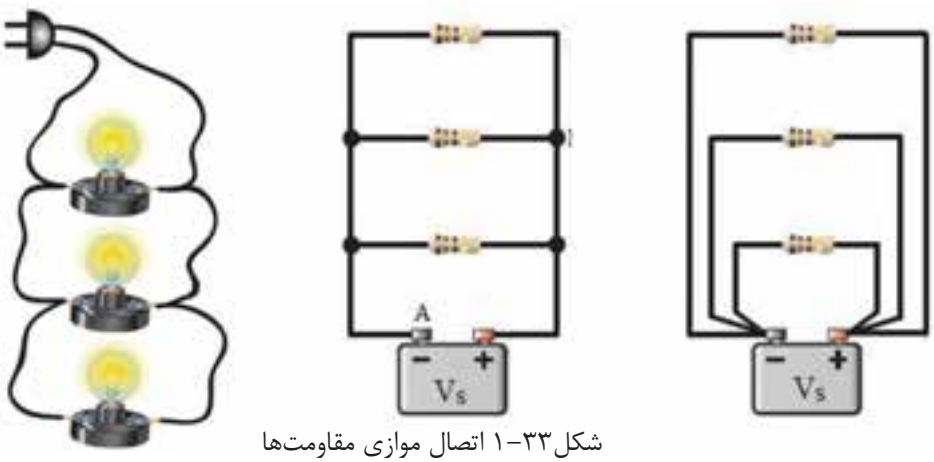
شکل۳۲-۱ مقاومت معادل

با توجه به خصوصیات مطرح شده در مورد مدارهای سری، رابطه‌ی نهایی مقاومت معادل R_T به صورت زیر به دست می‌آید.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n$$

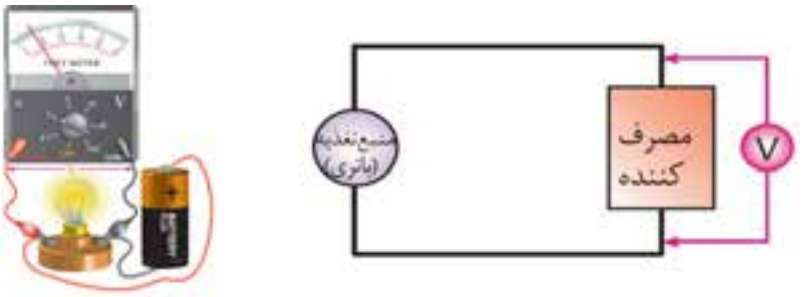
■ اتصال موازی مقاومت‌ها

اگر دو یا(n) مقاومت، به ترتیبی اتصال داده شوند که یک طرف هر یک از آن‌ها به یکدیگر و طرف دیگر آن‌ها نیز به یکدیگر متصل شوند این اتصال را « **اتصال موازی** » می‌گویند. شکل(۳۳-۱) تصویر سه مقاومت و سه لامپ را، که به صورت موازی اتصال دارند، نشان می‌دهد.



شکل۳۳-۱ اتصال موازی مقاومت‌ها

در این مدارها یک طرف مقاومت‌ها در نقطه‌ی A و طرف دیگر مقاومت‌ها در نقطه‌ی B به هم وصل شده‌اند. بین دو نقطه‌ی A وB قطب‌های(+) و(-) باتری اتصال داده شده است. برای اندازه‌گیری ولتاژ، ولت‌متر در مدار به صورت موازی قرار می‌گیرد(شکل۳۴- ۱) .

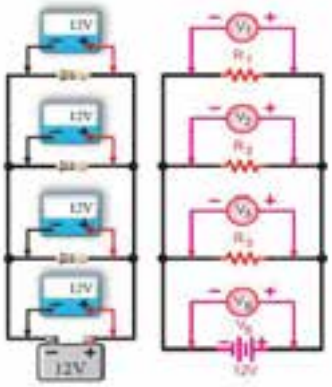


الف) تصویر واقعی ب) مدل مداری

شکل۳۴-۱ نحوه‌ی اتصال ولت‌متر در مدار

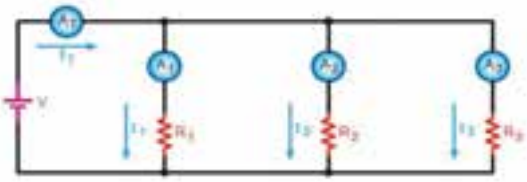
عامل مشترک در مدار موازی: در مدارهای موازی چون دو سر هر مقاومت مستقیماً به دو سر باتری متصل است، بنابراین ولتاژ دو سر همه‌ی مقاومت‌ها با هم مساوی‌اند. مساوی بودن ولتاژ در مدار موازی عامل مشترک مدار در نظر گرفته می‌شود. با اتصال مداری طبق شکل۳۵-۱ مطلب فوق تأیید می‌شود(شکل۳۵-۱) .

پس برای مدارهای موازی می‌توان رابطه‌ی زیر را نوشت: $V_T = V_1 = V_2 = V_3 = V_4$



شکل۳۵- ۱ برابر بودن ولتاژ عناصر مدار موازی با ولتاژ منبع تغذیه

عامل غیر مشترک در مدار موازی: در مدارهای موازی عاملی را که برای تمام عناصر مقدار ثابتی ندارد « **عامل غیر مشترک** » می‌نامیم. جریان در هر شاخه‌ی یک مدار موازی به نسبت عکس مقدار مقاومت‌های هر شاخه، تقسیم می‌شود. یعنی شاخه‌ای که مقدار مقاومت کم‌تری دارد جریان بیش‌تری از خود عبور می‌دهد.



شکل۳۶-۱ در مدار موازی شاخه‌ای که مقدار مقاومت کم‌تری دارد جریان بیش‌تری از خود عبور می‌دهد.

رابطه‌ی جریان کل را می‌توان بر اساس این قانون به صورت مقابل نوشت: $I_T = I_1 + I_2 + I_3$

مقاومت معادل در مدار موازی: برای محاسبه مقاومت معادل در مدار موازی می‌توان از رابطه‌ی نهایی R_T زیر استفاده کرد.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \frac{1}{R_n}$$

نکته

- مقدار مقاومت معادل هر مدار موازی، از کوچکترین مقاومت موجود در مدار نیز کم‌تراست.
- بین دو مقاومت موازی شده با منبع تغذیه، مقاومتی که مقدار کم‌تری دارد جریان بیش‌تری را از خود عبور می‌دهد.

اندازه‌گیری کمیّت‌های الکتریکی

برای اندازه‌گیری کمیّت‌های الکتریکی مانند جریان، ولتاژ و مقاومت الکتریکی، از دستگاه‌هایی که به همین منظور ساخته شده است استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری ولتاژ از ولت متر، اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی از اُهم متر و اندازه‌گیری جریان الکتریکی از آمپر متر، استفاده می‌شود. به طور کلی وقتی کلمه‌ی متر به صورت پسوند با واحد کمیّت‌های اندازه‌گیری می‌آید، نام دستگاهی می‌شود که آن کمیّت را اندازه می‌گیرد، مثل آمپرمتر، ولت متر، اُهم متر و. . . . از آن جایی که در هر کار فنی به برقی به هر سه دستگاه اندازه‌گیری ولت‌متر، اُهم متر و آمپرمتر، نیاز است لذا برای سهولت کار از دستگاه اندازه‌گیری به نام « **آوومتر** » که هر سه کمیّت ولتاژ، جریان و مقاومت الکتریکی را می‌تواند یکجا اندازه‌گیری کند، استفاده می‌شود. نام گذاری آوومتر از حروف ابتدایی آمپر، ولت و اُهم صورت گرفته است. نام دیگر این دستگاه **مولتی‌متر** است.

مولتی‌متر

مولتی‌متر به معنی دستگاه اندازه‌گیر چند منظوره است، به عبارت دیگر دستگاهی که بتواند چند کمیّت مختلف را اندازه بگیرد مولتی‌متر نامیده می‌شود. مولتی‌مترها از نظر ساختمان در دو نوع آنالوگ(عقربه‌ای) و دیجیتال ساخته می‌شود. سیمای ظاهری هر مولتی‌متر از سه قسمت تشکیل شده است.

۱- صفحه نشان دهنده ۲- سلکتور یا دگمه‌ی انتخاب کننده ۳- ترمینال‌های ورودی و دگمه‌های تنظیم کننده (شکل ۳۷- ۱) .

شکل ۳۷- ۱ مولتی‌متر آنالوگ و دیجیتال

برای اندازه‌گیری یک کمیّت الکتریکی مراحل زیر را انجام دهید:

۱. مولتی‌متر را روشن کنید.
۲. یکی از پراب‌ها(سیم‌های مولتی‌متر) را در محل یکی از ترمینال‌های ورودی یعنی(COM) قرار دهید.
۳. نوع کمیّت مورد اندازه‌گیری را تعیین کنید و پراب دیگر را متناسب با نوع کمیّت مورد نظر، در محل ترمینال

ورودی دیگر، مثلاً V یا A قرار دهید.

۴. با توجه به نوع جریان برق(DC یا AC) و هم چنین کمیّت مورد اندازه‌گیری، سلکتور را روی همان نوع جریان و کمیّت قرار دهید.

۵. محدوده‌ی مقدار اندازه‌گیری(رِنج) را تعیین و سلکتور را روی آن رِنج قرار دهید. برای این که دستگاه اندازه‌گیری آسیب نبیند دقت کنید که رِنج انتخابی روی دستگاه از رِنج کمیّت اندازه‌گیری بیش‌تر باشد. مثلاً اگر می‌خواهید مقدار ولتاژ برق شهر(۲۲۰ ولت) را اندازه‌گیری کنید رِنج انتخابی توسط سلکتور باید بیش‌تر از ۲۲۰ باشد.

۶. دو سر دو پراپ را به محل مورد نظر اتصال دهید. به نوع اتصال سری یا موازی دقت کنید.

۷. مقدار اندازه‌گیری شده را قرائت کنید.

نکات ایمنی در استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری

۱. در برخی از مواقع که در اندازه‌گیری با مولتی‌متر دچار اشتباه می‌شوید فیوز داخل آن عمل می‌کند در این صورت سیم داخل فیوز ذوب و قطع می‌شود. در این حالت باید فیوز را عوض کنید. شکل۳۸- ۱ یک نمونه فیوز را نشان می‌دهد. در هنگام تعویض فیوز، به مقدار جریانی که روی قسمت فلزی آن حک شده است، دقت کنید.

شکل۳۸-۱ فیوز مولتی‌متر

۲. درابتدای هر اندازه‌گیری با مولتی‌متر آنالوگ با یک پیچ‌گوشتی پیچ تنظیم صفر را طوری تنظیم کنید که عقربه دقیقاً روی عدد صفر قرار گیرد.

۳. برای اندازه‌گیری کمیّتی که مقدار آن را نمی‌دانید ابتدا از بالاترین سطح(رِنج) اندازه‌گیری شروع کنید.

۴. وقتی سلکتور را روی آمپر می‌گذارید مولتی‌متر را، حتماً به صورت سری و هنگام اندازه‌گیری ولتاژ، آن را به صورت موازی در مدار قرار دهید.

۵. هنگام اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی باید جریان برق را قطع کنید.

۶. در صورتی که هنگام جابجا کردن مولتی‌متر به آن ضربه وارد شود حساسیت خود را از دست می‌دهد.

کار عملی ۱- ۱

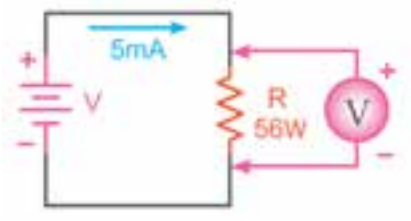
هدف: اندازه‌گیری کمیّت‌های الکتریکی

وسایل مورد نیاز: باتری، سیم رابط، کلید، سرپیچ، لامپ، مولتی‌متر و پیچ گوشتی

مراحل انجام کار:

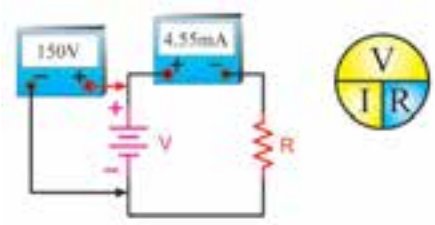
۱. یک مدار الکتریکی شامل منبع تغذیه(باتری)، لامپ و سیم رابط را ببندید.

۲. مولتی‌متر را روشن کنید. پراب‌ها را به ترمینال‌های ورودی COM و V وصل کنید. سلکتور را روی کمیّت ولتاژ از نوع « DC » و در رِنج مولتی‌متر را روی بیش‌ترین مقدار قرار دهید. سر دو پراب را به دو سر لامپ اتصال دهید و مقدار ولتاژ اندازه‌گیری شده را بخوانید (شکل۳۹- ۱).



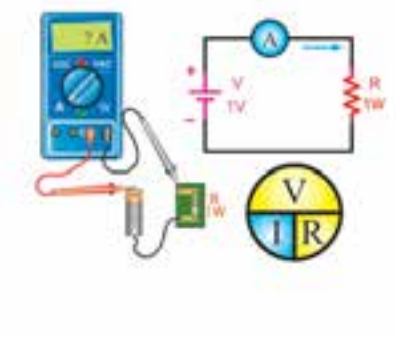
شکل۳۹- ۱ اندازه‌گیری ولتاژ

۳. پراب‌ها را به ترمینال‌های ورودی « COM » و « A » وصل کنید. سلکتور را روی کمیّت جریان از نوع « DC » و در رِنج مولتی‌متر را روی بیش‌ترین مقدار قرار دهید. سیم رابط را از یک محل قطع کنید و سر دو پراب را به دو سر آن اتصال دهید. با این کار آمپرمتر را در مدار سری کرده‌اید. حال مقدار جریان اندازه‌گیری شده را بخوانید(شکل۴۰- ۱) .



شکل۴۰- ۱- اندازه‌گیری جریان

۴. مدار الکتریکی را باز کنید. پراب‌ها را به ترمینال‌های ورودی «COM » و « Ω » وصل کنید. سلکتور را روی کمیّت اُهم و رِنج آن را روی بیش‌ترین مقدار قرار دهید. سرِ دو پراب را به دو سرِ مقاومت اتصال دهید و مقدار مقاومت الکتریکی را اندازه‌گیری شده را بخوانید(شکل۴۱- ۱) .

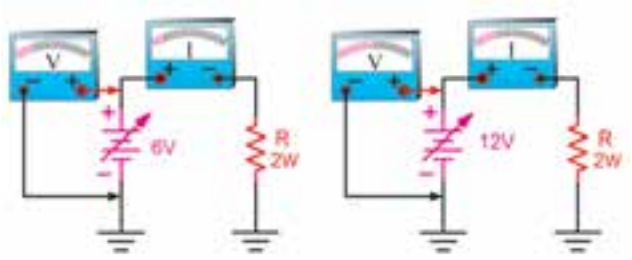


شکل۴۱- ۱- اندازه‌گیری مقاومت

۵. شرح کار و نتایج حاصل شده را در دفتر گزارش کار یادداشت نمایید.

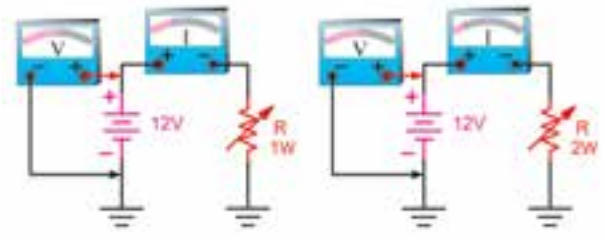
قانون اُهم

اگر مقاومت یک مدار را ثابت نگه داریم و ولتاژ منبع تغذیه را افزایش دهیم شدّت جریان افزایش می‌یابد (شکل۴۲- ۱) .



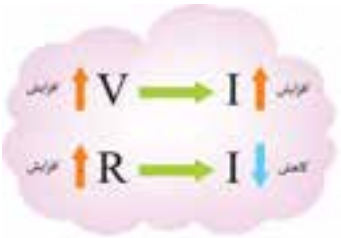
شکل۴۲- ۱ مقاومت ثابت، ولتاژ متغییر

هم‌چنین اگر ولتاژ منبع تغذیه را ثابت نگه داریم و مقدار مقاومت مدار را افزایش دهیم جریان مدار کاهش می‌یابد (شکل۴۳- ۱) .

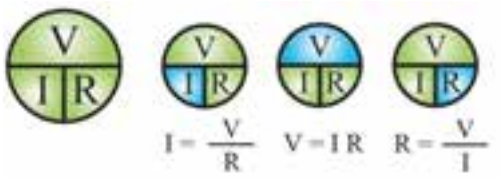


شکل۴۳- ۱ ولتاژ ثابت، مقاومت متغیر

یعنی می‌توانیم بنویسیم:



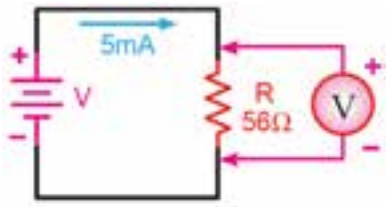
نتایج آزمایش‌های اُهم به نام قانون اُهم شناخته می‌شود، رابطه‌ی قانون اُهم را می‌توانیم به سه صورت بنویسیم.



همان گونه که مشاهده می‌شود اگر دو جزء از معادله معلوم باشد می‌توان به آسانی جزء سوم را به دست آورد.

مثال: در مدار شکل(۴۴- ۱)، ولت متری که در دو سرِ مقاومت قرار دارد چه ولتاژی را نشان می‌دهد؟

حل:



شکل۴۴- ۱

$V=R\times I$

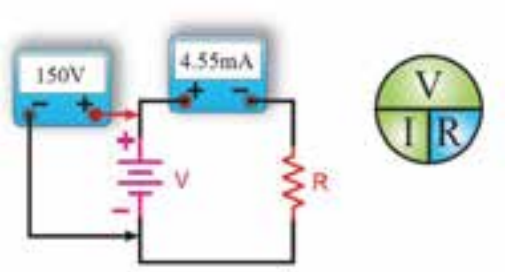
$V=۵۶\times۵\times۱۰^{-۳}=۲۸\ v$

مثال: در مدار شکل(۴۵-۱) مقدار مقاومت چند کیلو اُهم است؟

حل:

$$R=\frac{V}{I}=\frac{۱۵۰}{۴/۵۵\times۱۰^{-۳}}=\frac{۱۵۰\times۱۰^{-۳}}{۴/۵۵\times۱۰^{-۳}}=$$

$$=۳۳\times۱۰^{-۳}=۳۳K\Omega$$



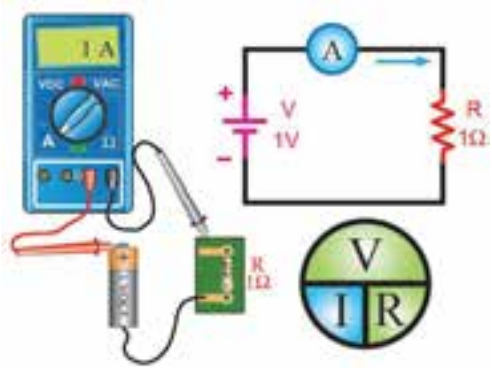
شکل۴۵- ۱

مثال: جریان عبوری از مقاومت مدار شکل(۴۶-۱) چند میلی‌آمپر است؟

حل:

$$I=\frac{V}{R}=\frac{۱}{۱}=۱\ A$$

$$۱\ A=۱۰۰۰\ mA$$



شکل۴۶- ۱

کار عملی ۲- ۱

هدف: بررسی قانون اُهم

وسایل مورد نیاز: باتری، سیم رابط، کلید، سرپیچ، لامپ، آمپرمتر، ولت‌متر و اُهم متر

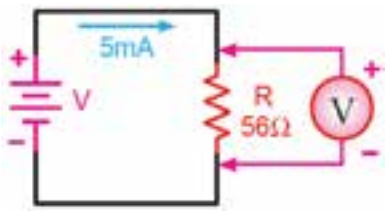
مراحل انجام کار:

۱. مطابق شکل۴۷- ۱ مداری را ببندید(مقادیر عناصر با توجه به امکانات کارگاه انتخاب شود) .

۲. آمپرمتر را به صورت سری در مدار قرار دهید و مقدار اندازه‌گیری شده را توسط آن یادداشت نمایید.

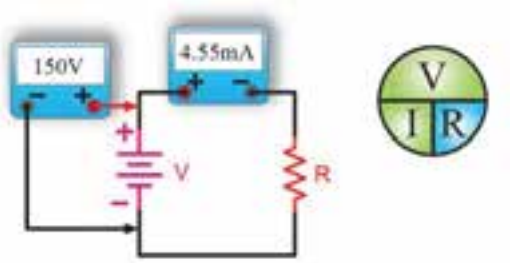
۳. ولت‌متر را به دو سر مصرف کننده متصل نمایید. مقدار اندازه‌گیری شده را یادداشت نمایید.

آیا مقدار اندازه‌گیری شده توسط ولت‌متر با مقدار محاسبه شده از طریق رابطه یکسان است؟



شکل۴۷- ۱

۴. مقادیر عناصر را تغییر دهید و مداری با مقدار مقاومت نا معلوم مطابق شکل۴۸- ۱ ببندید.



شکل۴۸- ۱

۵. آمپرمتر و ولت‌متر را در مدار قرار داده ومقادیر ولتاژ منبع تغذیه و جریان مدار را اندازه‌گیری کرده و یادداشت نمایید.

۶. مقدار مقاومت را طبق رابطه محاسبه کنید.

۷. ضمن باز کردن مقاومت از مدار، مقدار آن را با اُهم متر اندازه‌گیری کنید.

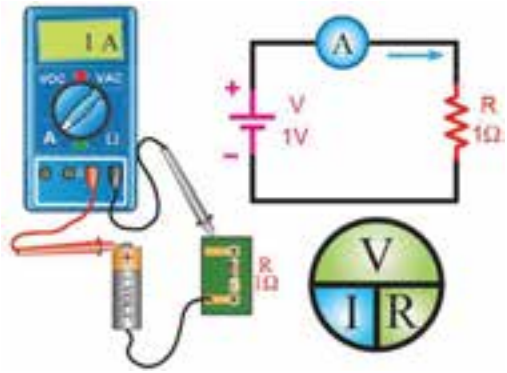
۸. مقدار اندازه‌گیری شده مقاومت توسط اُهم متر را با مقدار محاسبه شده از طریق رابطه، مقایسه نمایید.

۹. مقاومت یک اهمی را به یک منبع تغذیه‌ی یک ولتی(مطابق شکل۴۹- ۱) متصل کنید.

۱۰. مقدار جریان مدار را از طریق رابطه محاسبه نمایید.

۱۱. آمپرمتر را در مدار به صورت سری قرار دهید و مقدار جریان مدار را اندازه‌گیری نمایید.

۱۲. مقدار اندازه‌گیری شده‌ی جریان را با مقدار محاسبه شده، مقایسه کنید.



شکل۴۹- ۱

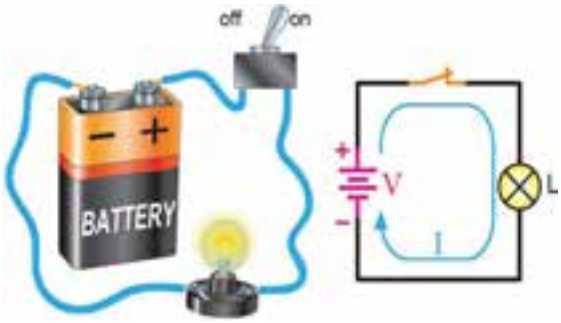
۱۳. گزارش کار خود را در دفتر گزارش کار یادداشت کنید.

نکته

یکی از حالاتی که ممکن است در مدارهای الکتریکی به وجود آید حالت « اتصال کوتاه » است. این حالت می‌تواند موجب عمل کردن فیوز مدار یا حتی سوختن برخی از قطعات آن شود.

حالت اتصال کوتاه در مدار به شرایطی گفته می‌شود که مقاومت مصرف کننده(بار) به صفر برسد، یعنی با سیمی که مقاومتی ندارد دو سر مصرف کننده به یکدیگر متصل شوند. در صورت وقوع چنین حالتی جریان بسیار زیادی از مدار خواهد گذشت، زیرا با قرار دادن مقدار صفر در مخرج رابطه‌ی زیر جریان بسیار زیاد شده، وسایل الکتریکی، که در مسیر این جریان زیاد قرار بگیرند، خواهند سوخت(شکل ۵۰- ۱)و (شکل ۵۱- ۱) .

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{0} = \infty$$



مدار الکتریکی در حالت عادی
شکل ۵۰- ۱

دو سر لامپ اتصال کوتاه شده
شکل ۵۱- ۱

توان الکتریکی

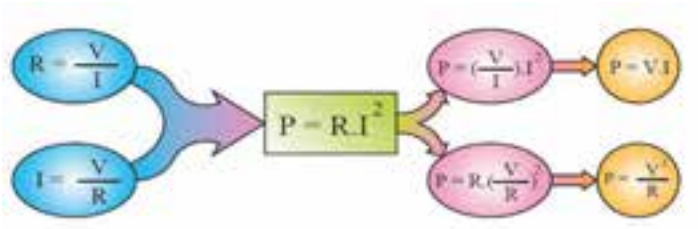
مقدار کار انجام شده در واحد زمان را « **توان** » یا « **قدرت** » گویند و آن را از رابطه‌ی زیر می‌توان به دست آورد.

$$P = \frac{W}{t}$$

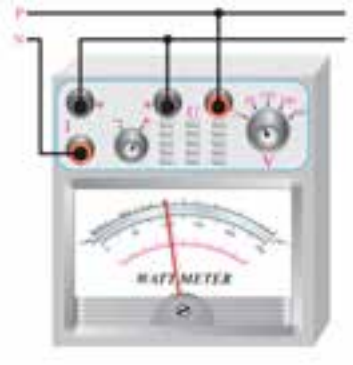
W – مقدار کار انجام شده بر حسب ژول(J)،
t– مدت زمان انجام کار بر حسب ثانیه(S)،
P– توان(قدرت) بر حسب ژول بر ثانیه(S/S) یا وات(W) .
یک وات توان را می‌توان چنین تعریف کرد:
هرگاه برای انجام کاری در مدت زمان یک ثانیه یک ژول انرژی استفاده شود می‌گوییم یک وات قدرت(توان) صرف شده است. از آن جایی که با رابطه‌ی الکتریکی آشنا هستیم پس می‌توان رابطه‌ی توان را بر پایه آن به این صورت نیز محاسبه کرد:

$$P = R \times I^2$$

اگر در رابطه به کمک قانون اُهم یک بار به جای R و بار دیگر به جای I معادل هر یک را قرار دهیم دو رابطه‌ی دیگر برای توان به دست می‌آید.
نمودار تصویر رو به رو چگونگی مراحل به دست آوردن روابط را نشان می‌دهد.



نمودار ۱- ۱



توان الکتریکی را با واحد دیگری به نام « اسب بخار » نیز بیان می‌کنند. هر اسب بخار ۷۳۶ وات است.

مقدار توان مصرفی در مدارهای الکتریکی را با وسیله‌ای بنام « وات متر » اندازه‌گیری می‌کنند. علامت اختصاری این وسیله به صورت است و شکل‌واقعی یک نمونه‌ی وات متر را در شکل(۵۲- ۱) مشاهده می‌کنید.

شکل۵۲-۱ طرز اتصال وات متر

توان مصرفی کل یک مدار الکتریکی که از چند جزء تشکیل شده است از حاصل جمع توان‌های تک تک عناصر مدار به دست می‌آید. برای محاسبه‌ی توان هر یک از عناصر لازم است دو کمیّت از سه کمیّت V و I و R معلوم باشد تا بتوان یکی از روابط P را به کار برد.

حاصل ضرب توان در زمان را « **انرژی** » می‌گویند. برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی از کنتور استفاده می‌کنند. امروزه کنتورها به صورت تک فاز و سه فاز دیجیتالی ساخته می‌شوند. این کنتورها قادرند مقدار انرژی الکتریکی مصرفی را در سه فاصله زمانی در شبانه روز ثبت کنند. این سه فاصله‌ی زمانی شامل زمان‌های کم مصرف، مصرف متوسط و اوج مصرف است. این نوع کنتورها سه تعرفه هستند یعنی برای مصرف برق در هر یک از این زمآن‌ها باید بهای متفاوتی پرداخت. برای مصرف برق در زمان اوج مصرف(اوج مصرف در کشور ما در تابستان بین ساعات ۱۹ تا ۲۳ و در زمستان بین ساعات ۱۸ تا ۲۲ است.) باید هزینه‌ی بیش‌تری پرداخت.

شکل۵۳- ۱ کنتورهای تک فاز و سه فاز دیجیتالی

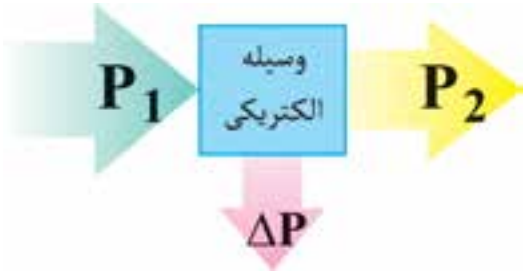
ضریب بهره‌ی(راندمان) الکتریکی

طبق اصل « بقای انرژی » انرژی هیچ گاه از بین نمی‌رود و فقط از نوعی به نوع دیگر تبدیل می‌شود. شکل(۵۴- ۱) در هنگام تبدیل انرژی‌ها به یکدیگر، مقداری از انرژی به مصرف مفید نمی‌رسد و به نوعی دیگر از انرژی تبدیل می‌شود که مورد نظر ما نیست. این انرژی را « **انرژی تلف شده** » می‌نامند. مثلاً در یک موتور الکتریکی، که انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود بخشی از انرژی الکتریکی که موتور دریافت کرده است به صورت‌های زیر تلف می‌شود:

الف) اصطکاک قسمت‌های مکانیکی گردنده

ب) حرارت در سیم‌های حامل جریان

ج) حرارت در سیم پیچی و هسته



از طرف دیگر مقدار توان تلف شده در همه دستگاه‌ها یکسان نیست. لذا لازم است تا با عاملی میزان کارآیی هر وسیله را بیان کنیم معمولاً از اصطلاح « **کارآیی** » یا « **راندمان** » برای این منظور استفاده می‌شود. نمودار(۲- ۱) وضعیت مصرف کننده‌ها را از نظر ورودی و خروجی نشان می‌دهد.

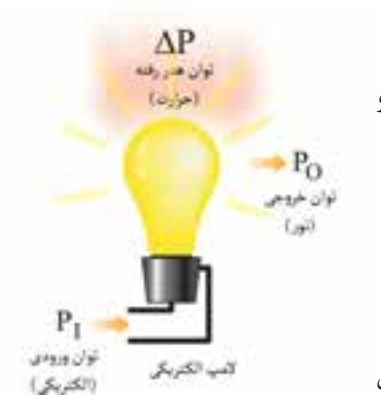
نمودار ۲- ۱

به طور کلی نسبت توان گرفته شده(خروجی) به توان داده شده (ورودی) را « **بازده** » گویند. ضریب بهره، که معرف مقدار عددی راندمان است همیشه بر حسب درصد بیان می‌شود. هر قدر عدد راندمان بیش‌تر باشد نشان دهنده آن است که کیفیت کاری دستگاه بهتر است. اگر توان ورودی را با(P۱) و توان خروجی را با(۲P) و ضریب بهره را با « h » نشان دهیم رابطه‌ی آن به صورت زیر خواهد شد:

$$\eta = \frac{P_۲}{P_۱} \times ۱۰۰$$

در محاسبه‌ی میزان راندمان یک وسیله‌ی الکتریکی باید به نوع توان یا انرژی ورودی و خروجی آن توجه کرد و در محاسبه مقدار راندمان یا کارآیی آن را در نظر داشت. مثلاً همان طوری که در شکل(۵۴- ۱) مشاهده می‌شود در یک موتور الکتریکی توان ورودی آن(P۱) از نوع انرژی الکتریکی، ولی توان خروجی آن(P۲) از نوع انرژی مکانیکی است.

شکل۵۴- ۱ توان و تلفات در موتور الکتریکی



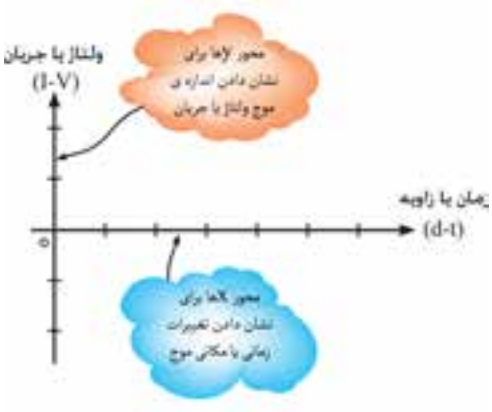
هم چنین در یک لامپ، توان ورودی(P۱) انرژی الکتریکی است و توان خروجی(P۲) از نوع انرژی نورانی است.

شکل۵۵- ۱ توان و تلفات در لامپ معمولی

جریان متناوب

در هر مدار بسته ای که ولتاژ وجود داشته باشد جریان الکتریکی نیز جاری خواهد شد. جریان متناوب به جریانی گفته می‌شود که در طی مدت زمان مشخص، اندازه و جهت آن تغییر می‌کند و این شرایط به صورت تناوبی ادامه می‌یابد. تغییرات ولتاژ با جریان در مدارهای الکتریکی را به صورت « شکل‌موج » نشان می‌دهند. برای رسم شکل‌موج محورهای مختصاتی مطابق شکل(۵۶- ۱) نیاز داریم. محور عمودی بیانگر اندازه‌ی ولتاژ یا جریان

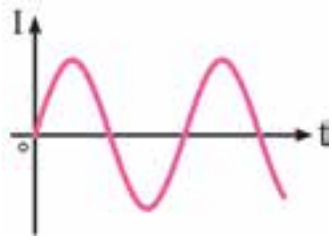
و محور افقی معرف زمان است. بالای محور افقی را قسمت مثبت موج و پائین محور افقی را قسمت منفی موج می‌گویند.



شکل۵۶- ۱ محورهای مختصاتی برای رسم شکل‌موج

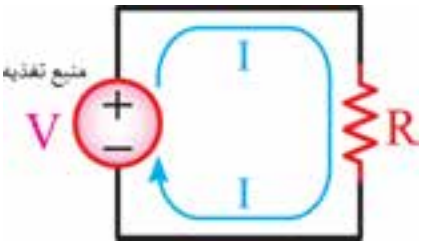
در جریان متناوب معمولاً شکل‌موج سینوسی از سایر انواع موج‌ها متداول‌تر است. شکل‌موج برق شهر متناوب است(شکل۵۷- ۱) .

شکل۵۷- ۱ موج سینوسی



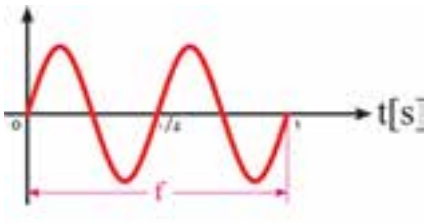
جریان الکتریکی متناوب همیشه در یک جهت نیست. توضیح این که ابتدا در یک جهت جریان می‌یابد، سپس جهت خود را عوض می‌کند و در خلاف جهت قبل جاری می‌شود(شکل۵۸- ۱) .

شکل۵۸- ۱ جریان متناوب در مدار الکتریکی



مشخصات جریان متناوب:

سیکل: به شکل‌موجی می‌گویندکه مقدار و جهت آن تغییر می‌کند، یعنی از صفر شروع می‌شود و به مقدار بیشینه(ماکزیمم) می‌رسد سپس مقدار آن صفر و به مقدار کمینه(مینیمم) می‌رسد بعد از آن به صفر بر می‌گردد.



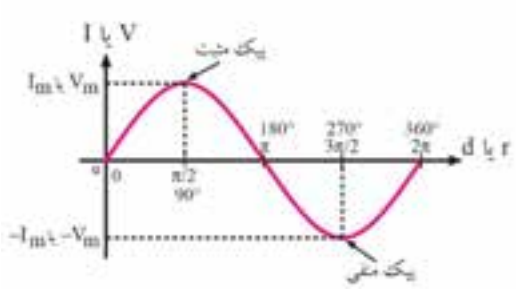
فرکانس: به تعداد سیکل‌ها(نوسانات) در مدت زمان یک ثانیه « فرکانس » می‌گویند. واحد فرکانس هرتز(Hz) است. فرکانس برق ایران ۵۰ هرتز است. برای مثال در شکل(۵۹- ۱) مقدار فرکانس ۲ هرتز است.

شکل۵۹- ۱ فرکانس

برای اندازه‌گیری فرکانس از فرکانس متر استفاده می‌شود(شکل۶۰- ۱) . فرکانس متر به صورت موازی به مدار اتصال داده می‌شود.

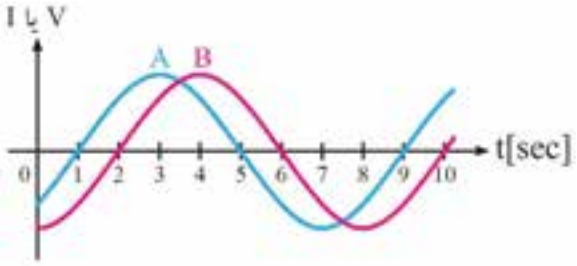
شکل۶۰- ۱ فرکانس متر

مقدار ماکزیمم(پیک) : به حداکثرِ مقداری که ولتاژ و جریان سینوسی در هر سیکل دارد مقدار ماکزیمم گویند. (شکل(۶۱- ۱)



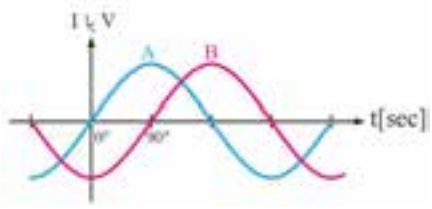
شکل۶۱- ۱ مقدار ماکزیمم موج

اختلاف فاز: فاز اصطلاحی است که ارتباط زمانی یا مکانی دو یا چند موج را بیان می‌کند. برای تعیین میزان اختلاف بین دو یا چند موج از اصطلاح اختلاف فاز استفاده می‌کنند. در شکل۶۲ - ۱ موج A و B به اندازه‌ی یک ثانیه با هم اختلاف زمانی دارند. موج A یک ثانیه نسبت به موج B جلوتر است.



شکل۶۲-۱ اختلاف فاز یک ثانیه

در شکل(۶۳- ۱) موج A به اندازه‌ی ۹۰ درجه از موج B جلوتر است یا به عبارتی دیگر، دو موج A وB به اندازه‌ی ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند.



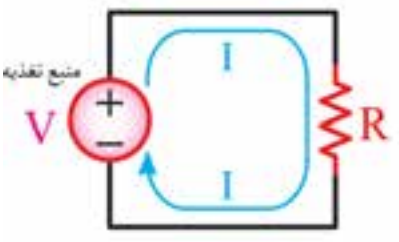
شکل۶۳- ۱ اختلاف فاز ۹۰ درجه

در شکل(۶۴- ۱) دو موج با هم هم فازند و هیچ اختلاف فازی ندارند. چون نقطه‌ی شروع هر دو موج یکسان است.

شکل۶۴- ۱ دو موج هم فاز

جریان مستقیم

اگر قطب‌های منبع ولتاژ مدار هرگز تغییر نکند جهت جریان ثابت می‌ماند و به آن « جریان مستقیم یا DC » می‌گویند(شکل۶۵- ۱) .

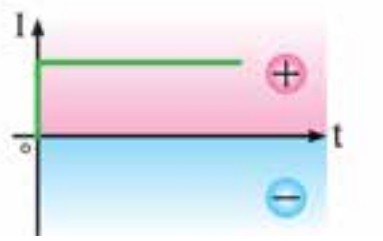


شکل۶۵- ۱ مدار با جریان مستقیم

اگر جریان دی سی(DC) از قطعه سیمی‌عبور کند، جریان از قطب مثبت شروع و به قطب منفی ختم می‌شود. در این حالت تعدادی الکترون از قطب مثبت به قطب منفی منتقل می‌شوند(شکل۶۶- ۱) .

شکل۶۶- ۱

موج‌هایی که دارای قسمت منفی نیستند موج مستقیم نامیده می‌شوند. برق باتری‌ها دارای موج مستقیم است(شکل۶۷- ۱) .



شکل۶۷- ۱ موج جریان مستقیم

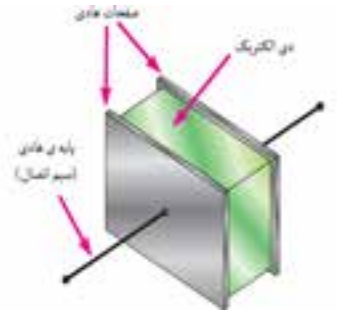
خازن

خازن از وسایلی است که می‌تواند مقداری الکتریسیته را در خود ذخیره کند، همان گونه که یک مخزن آب برای ذخیره کردن آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۶۸- ۱، تصویر ظاهری تعدادی از انواع خازن‌ها، که در موتورهای الکتریکی کاربرد زیادی دارند، نشان داده شده است.

شکل ۶۸- ۱ نمونه‌های مختلف خازن

ساختمان خازن

خازن از دو صفحه‌ی هادی، که بین آن‌ها عایق(دی الکتریک) قرار دارد، تشکیل می شود. شکل(۶۹- ۱) طرح ساده یک خازن مسطح و علامت اختصاری آن را نشان می‌دهد.



شکل ۶۹- ۱ ساختمان داخلی و علامت اختصاری خازن

خازن از دو قسمت اصلی تشکیل شده است.

الف) صفحات خازن: صفحات خازن‌هادی هستند و معمولاً از ورقه‌های نازک از جنس آلومینیوم روی یا نقره ساخته می شوند.

شکل ۷۰- ۱ صفحات خازن

ب) ماده‌ی عایق(دی‌الکتریک): ماده‌ی عایق به کار رفته بین صفحات خازن را دی الکتریک گویند. این ماده‌ی عایق می‌تواند هوا، خلأ، کاغذ، شیشه، میکا، روغن و. . . باشد.

مشخصات خازن

برخی از مشخصات فنی خازن عبارت‌اند از:

الف) ظرفیت: مقدار توانایی یک خازن در ذخیره کردن الکتریسیته را « **ظرفیت خازن** » می‌گویند. به عبارت دیگر ظرفیت خازن برابر است با مقدار باری که باید روی یکی از صفحات خازن ذخیره شود تا پتانسیل آن نسبت به صفحه‌ی دیگر به اندازه‌ی یک ولت افزایش یابد. ظرفیت خازن را با حرف C نمایش می‌دهند و آن را با واحد فاراد می‌سنجند. مقدار ظرفیت خازن را روی بدنه‌ی آن یا در برگه‌ی مشخصات(کالانما) آن مشخص می‌کنند. ظرفیت خازن را می‌توان از رابطه‌ی زیر به دست آورد:

$$C = \frac{Q}{V}$$

که در آن:

C – ظرفیت خازن(بر حسب فاراد)

Q- بار الکتریکی ذخیره شده در صفحات(بر حسب کولن)

V- ولتاژ دو سر خازن(بر حسب ولت) است.

چون فاراد واحد بسیار بزرگی است. لذا از واحدهای کوچک‌تر مانند میکروفاراد یا $\frac{1}{1000000}$ فاراد استفاده می‌شود. که آن را با μF نشان می‌دهند. $1F = 10^6 \mu F$

اولین موضوعی که در انتخاب یک خازن باید به آن توجه کرد ظرفیت آن است. در شکل(۷۱- ۱) مقدار ظرفیت خازن ۱۲ μF توسط کارخانه سازنده بر روی بدنه آن حک شده است. بسیار اتفاق می افتد که مقدار ظرفیت خازن مورد نیاز ما در حوزه خازن‌های استاندارد موجود در بازار نیست. به همین دلیل باید به کمک چند خازن، مقدار ظرفیت خازن معادل را بسازیم. توجه به ظرفیت خازن در انتخاب و ساختن خازن معادل بسیار مهم است.

شکل ۷۱- ۱

ب) ولتاژ کار: به حداکثر ولتاژی که می‌توان به خازن اعمال کرد، به طوری که عایق دی الکتریک آن آسیب نبیند، ولتاژ کار خازن می گویند. توجه به مقدار این ولتاژ بسیار مهم است. مقدار ولتاژ اعمال شده به خازن باید مساوی یا کم‌تر از مقدار ولتاژ کار خازن باشد. مقدار ولتاژ کار را روی خازن می‌نویسند یا توسط کارخانه سازنده در برگه‌ی مشحصات(کاتالوگ) آن آورده می‌شود.

شکل ۷۲- ۱

ج) تُلِرانس: به حداکثر انحراف مجازمقدار ظرفیت خازن نسبت به ظرفیت اسمی آن گویند. همان طور که در شکل- ۱ نشان داده شده است، تُلِرانس ظرفیت خازن ده درصد است. یعنی ظرفیت خازن ده درصد بیش‌تر یا ده در صد کم‌تراز مقدار ظرفیت درج شده روی آن می‌تواند باشد.

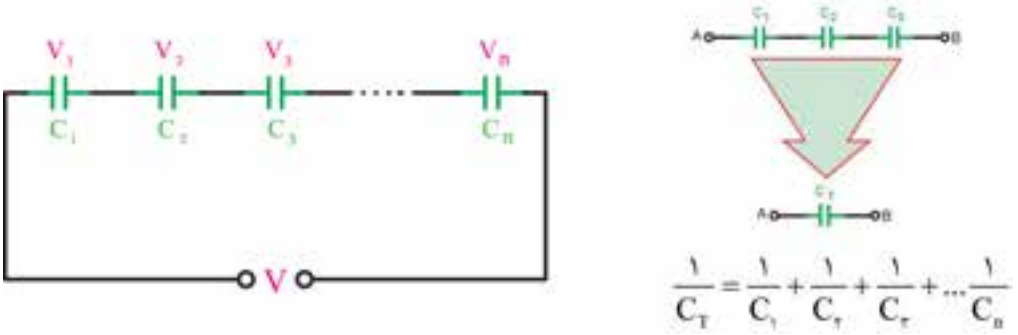
شکل ۷۳- ۱

د) ضریب حرارتی: به حداکثر میزان تغییر ظرفیت خازن به ازای تغییر یک درجه‌ی حرارت آن ضریب حرارتی می‌گویند.

مطالعه آزاد- اتصال خازن‌ها

اگر خازنی مورد نیاز باشد که در محدوده‌ی ظرفیت‌های استاندارد نباشد، می‌توان با متصل کردن چند خازن به صورت سری، موازی یا ترکیبی، خازن مورد نظر را به دست آورد. اصطلاحاً به خازنی که می‌تواند جای‌گزین تمام خازن‌های مدار شود **خازن معادل** گویند.

الف) **اتصال سری خازن‌ها:** اتصال دو(یا n) خازن مانند شکل(۷۴- ۱) اتصال سری است. ظرفیت خازن معادل در مدار سری را می‌توان از رابطه‌ی زیر به دست آورد:



شکل۷۴- ۱ اتصال سری خازن‌ها

همانگونه از رابطه‌ی نهایی مشخص است ظرفیت خازن معادل در مدارهای سری مانند رابطه‌ی مربوط به مقاومت‌های موازی است.

مثال: ظرفیت خازن معادل از دو نقطه‌ی A و B در شکل(۷۵- ۱) چند میکروفاراد است؟

شکل ۷۵- ۱

پاسخ:

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{12}+\frac{1}{6}+\frac{1}{4}=\frac{1+2+3}{12}=\frac{6}{12}$$

$$C_T=\frac{2}{1}=1\ \mu F$$

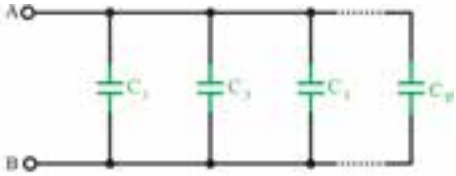
اگر دو خازن به طور سری بسته شوند می‌توانیم از رابطه‌ی ساده شده‌ی نهایی به صورت زیر استفاده کنیم.

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}\Rightarrow\frac{1}{C_T}=\frac{C_1+C_2}{C_1\times C_2}\Rightarrow C_T=\frac{C_1\times C_2}{C_1+C_2}$$

نکته

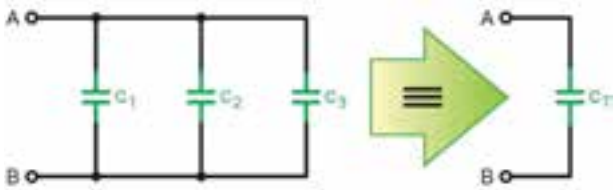
خازن‌ها را پیش از اتصال در مدار، ابتدا دِشارژ (تخلیه) کنید. برای دِشارژ خازن لازم است دو سر آن را با یک مقاومت به یکدیگر متصل کرد.

ب) اتصال موازی خازن‌ها: هرگاه دو(یا n) خازن مطابق شکل(۷۶- ۱) به یکدیگر وصل شوند این اتصال را « موازی » گویند.



شکل ۷۶- ۱ اتصال موازی خازن‌ها

رابطه‌ی ظرفیت خازن معادل در مدارموازی را از رابطه‌ی زیر می توان به دست آورد:

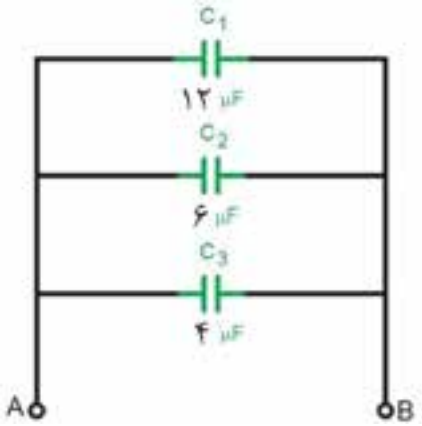


$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + ...C_n$$

شکل۷۷- ۱ خازن معادل

همان گونه از رابطه‌ی نهایی مشخص است ظرفیت خازن معادل در مدارهای موازی مانند رابطه مربوط به مقاومت‌های سری است.

مثال: ظرفیت خازن معادل از دو نقطه‌ی A و B در شکل(۷۸- ۱) چند میکروفاراد است؟



شکل ۷۸- ۱

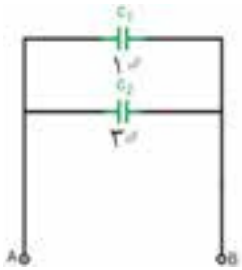
پاسخ:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 = ۱۲ + ۶ + ۴ = ۲۲ \ \mu F$$

مثال : خازن‌های۱، ۳، ۶ و۱۲ میکرو فارادی موجود است، اما خازن مورد نظر ما با ظرفیت چهار میکروفاراد در دسترس نیست چگونه از میان این خازن‌ها، خازن معادل را می سازید.

پاسخ: $C_T = C_1 + C_2 = ۱ + ۳ = ۴ \ \mu F$

روش اول: می‌توانیم طبق شکل مقابل دو خازن ۱ و ۳ میکروفارادی را با هم موازی کنیم در نتیجه داریم:



شکل ۷۹- ۱

روش دوم: می‌توانیم طبق شکل مقابل دو خازن ۱۲ و ۶ میکروفارادی را با هم سری کنیم، در نتیجه داریم:

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{۱۲ \times ۶}{۱۲ + ۶} = ۴ \text{ MF}$$

شکل ۸۰- ۱

همانگونه که از حل دو روش ملاحظه می‌کنید، نتیجه دو روش یکسان است.

بوبین(سیم پیچ)

اگر مقداری سیم به دور محور یا هسته‌ای پیچیده شود بوبین یا سیم‌پیچ به وجود می‌آید. این سیم پیچ می‌تواند انرژی الکتریکی را به صورت میدان مغناطیسی در خود ذخیره کند. به « سیم‌پیچ »، « سلف » نیز می‌گویند. در شکل۸۱- ۱ یک نمونه بوبین به همراه علامت اختصاری آن نشان داده شده است. از سیم‌پیچ‌ها یا سلف‌ها در ساخت انواع رله‌های مغناطیسی و موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود.

شکل ۸۱- ۱ سیم‌پیچ

ساختمان بوبین:

یک بوبین از دو قسمت اصلی تشکیل می‌شود.

الف) سیم‌پیچ: مقداری سیم با روکش عایق لاکی که روی یک قرقره پیچیده شده است.

شکل ۸۲- ۱ سیم‌پیچ روی قرقره پیچیده شده

ب) هسته: جنس هسته از مواد مغناطیسی مانند آهن، ساخته شودکه تمام خطوط میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط سیم پیچ را به راحتی از خود عبور دهد. نقش هسته تقویت میدان مغناطیسی تولید شده توسط سیم‌پیچ است. در شکل۸۳- ۱ یک نمونه هسته نشان داده شده است.

شکل ۸۳- ۱ هسته‌ی آهنی

پرسش‌ها

۱. نحوه‌ی توزیع برق به مناطق شهری و روستای را از نظر سطح ولتاژ توضیح دهید؟

۲.کمیّت‌های الکتریکی جریان، اختلاف پتانسیل، مقاومت، توان، راندمان، فرکانس، اختلاف فاز را تعریف کنید؟

۳. یک مدار الکتریکی را به همراه تمام اجزای آن ترسیم کنید؟

۴. عناصر مدار الکتریکی و مشخصات آن‌ها را توضیح دهید؟

۵. قانون اُهم را شرح دهید؟

۶. انواع اتصالات مقاومت‌ها را نام ببرید و خصوصیات هر یک را توضیح دهید؟

۷. انواع مولتی‌متر را از نظر ساختمان نام ببرید و نحوه‌ی اندازه‌گیری کمیّت‌های الکتریکی را با آن‌ها توضیح دهید؟

۸. نکاتی را که در اندازه‌گیری کمیّت‌های الکتریکی با مولتی‌متر باید مورد توجه قرار داد، بنویسید؟

۹. جریان متناوب و جریان مستقیم را با رسم شکل‌موج‌های هر یک توضیح دهید؟

۱۰.خازن را تعریف کنید و ساختمان و مشخصات خازن‌ها را توضیح دهید؟

۱۱.سیم پیچ و ساختمان آن را توضیح دهید؟