

تولید انرژی الکتریکی

در این فصل مطالب زیر را فراخواهید گرفت:

- ۱- نحوه تولید انرژی الکتریکی
- ۲- نیروگاه‌های جریان‌های متناوب و مستقیم
- ۳- انتقال، توزیع و مصرف‌کننده‌های انرژی الکتریکی
- ۴- برچسب انرژی
- ۵- الکتریسیته ساکن
- ۶- ساختمان اتم
- ۷- هادی، عایق و نیمه‌هادی
- ۸- قانون کولن
- ۹- میدان الکتریکی
- ۱۰- پتانسیل الکتریکی

مقدمه: هنرجویان عزیز، شغل مناسب براساس دانش، مهارت، تجربه، علاقه و خصوصیات و توان فردی در انجام یک وظیفه معین تعیین می‌شود. شما می‌توانید با یادگیری مفاهیم و عمق بخشی بیشتر به آنها به کمک این درس در زمینه شغلی خود به‌عنوان یک برق کار، مفید و مؤثر واقع شوید.



امروزه زمینه شغلی برق کاران نسبت به گذشته دارای دامنه وسیع تری است؛ به طوری که به دلیل تغییر نیاز بازار کار هوشمند سازی برق ساختمان (BMS) ^۱ نصب و سیم کشی دستگاه های حفاظتی شامل دوربین های مدار بسته، ضد سرقت، اعلام حریق، برق اضطراری و سیستم آنتن مرکزی، سیستم تلفن، دستگاه های صوتی-آیفون صوتی و تصویری و در باز کن جزء وظایف برقکاران شده است.



اتوماسیون صنعتی (هوشمندسازی فعالیت کارخانجات و صنعت)

در سال های بعد به شایستگی های بیشتری در زمینه های حرفه ای و شغلی برق خواهید رسید. ارتقای این شایستگی ها، توانایی برق کاران را در فعالیتهای مرتبط با تجهیزات هوشمندسازی برق ساختمان افزایش خواهد داد و راه را برای ایجاد زمینه های شغلی و خوداشتغالی و کسب درآمد به منظور زندگی بهتر آنها هموارتر می کند.

در ادامه با تعدادی از حرفه ها و مشاغل مرتبط با رشته الکتروتکنیک آشنا می شوید.

مشاغلی که در کشور در سطوح شغل و حرفه برق برای شما قابلیت دستیابی دارد.

گروه شغلی: برق کار عمومی، ساختمان و صنعتی

۳	۲	۱	ردیف
تعمیر کار و نصاب خطوط برق	برق کار امور صنعتی	برق کار امور ساختمانی	عنوان شغل
			تصویر مرتبط با شغل
انجام امور مربوط به تعمیر، نصب و نگهداری خطوط توزیع برق	نصب قطعات تابلوهای برق سه فاز (صنعتی، کشاورزی و تجاری)	انجام سیم کشی برق ساختمان مسکونی و نصب قطعات الکتریکی	شرح شغل
۶	۵	۴	ردیف
اپراتور نیروگاه برق	مریی آموزش حرفه ای متوسطه	تعمیر کار لوازم الکتریکی و الکترونیکی	عنوان شغل
			تصویر مرتبط با شغل
نگهداری، تست و گزارش عملکرد تأسیسات نیروگاهی یا اتاق کنترل	آموزش مهارت های برق کاری به هنرجویان و علاقه مندان	تعمیر لوازم گردنده و حرارتی برقی خانگی	شرح شغل
۹	۸	۷	ردیف
طراح برق و الکترونیک	تابلوساز و نصاب تابلوی برق	مسئول کنترل کیفیت	عنوان شغل
			تصویر مرتبط با شغل
طراح تأسیسات الکتریکی	نصاب قطعات و چیدمان داخل تابلوی برق	کنترل کیفی محصولات و خدمات الکتریکی	شرح شغل

۱۲	۱۱	۱۰	ردیف
مؤلف و نویسنده مرتبط	تحلیل‌گر سیستم	مدیر صنعت	عنوان شغل
			تصویر مرتبط با شغل
نویسندگان و مؤلفین کتب مرتبط با آموزش برق	مهندس تحلیل سیستم	مدیر پروژه‌های برقی	شرح شغل
۱۵	۱۴	۱۳	ردیف
نصب و تعمیرکار بالابر و نفربر	تعمیرکار لوازم خانگی	نصاب و سرویس‌کار سیستم‌های جریان ضعیف	عنوان شغل
			تصویر مرتبط با شغل
نصب و تعمیر بالابرهای تجاری	تعمیر و تعویض قطعات لوازم خانگی	نصاب سیستم‌های حفاظتی	شرح شغل

تاریخچه برق در ایران

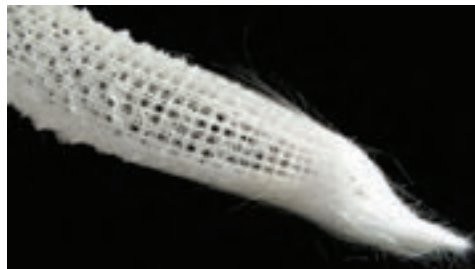
نخستین نیروگاه دولتی برق در سال ۱۲۶۴ شمسی یعنی ۶ سال پس از اینکه توماس ال‌وا ادیسون نخستین لامپ برق را اختراع کرد، به دستور ناصرالدین شاه قاجار توسط محمد حسین امین‌الضرب به ایران وارد شد. این نیروگاه، برق کاخ گلستان را تأمین می‌کرد. در سال ۱۲۸۴ نخستین نیروگاه خصوصی برق شهری توسط مرحوم حاج حسین مهدوی (امین‌الضرب) به قدرت ۴۰۰ کیلووات از نوع حرارتی در شهر تهران نصب و راه‌اندازی شد. امین‌الضرب نخستین کسی بود که با دریافت یک امتیازنامه معتبر اقدام به احداث نیروگاه برق شهری در ایران کرد. این نیروگاه در ۲۴ ساعت فقط ۶ ساعت برق ۲۲۰ ولت تک فاز، و ۳۸۰ ولت سه فاز متناوب مشترکین آن زمان را تأمین می‌کرد. چنانچه از امتیازنامه حاج حسین امین‌الضرب بر می‌آید در این امتیازنامه برپایی کارخانه‌های برق، آجرسازی و نجاری یک جا به وی واگذار شده بود.



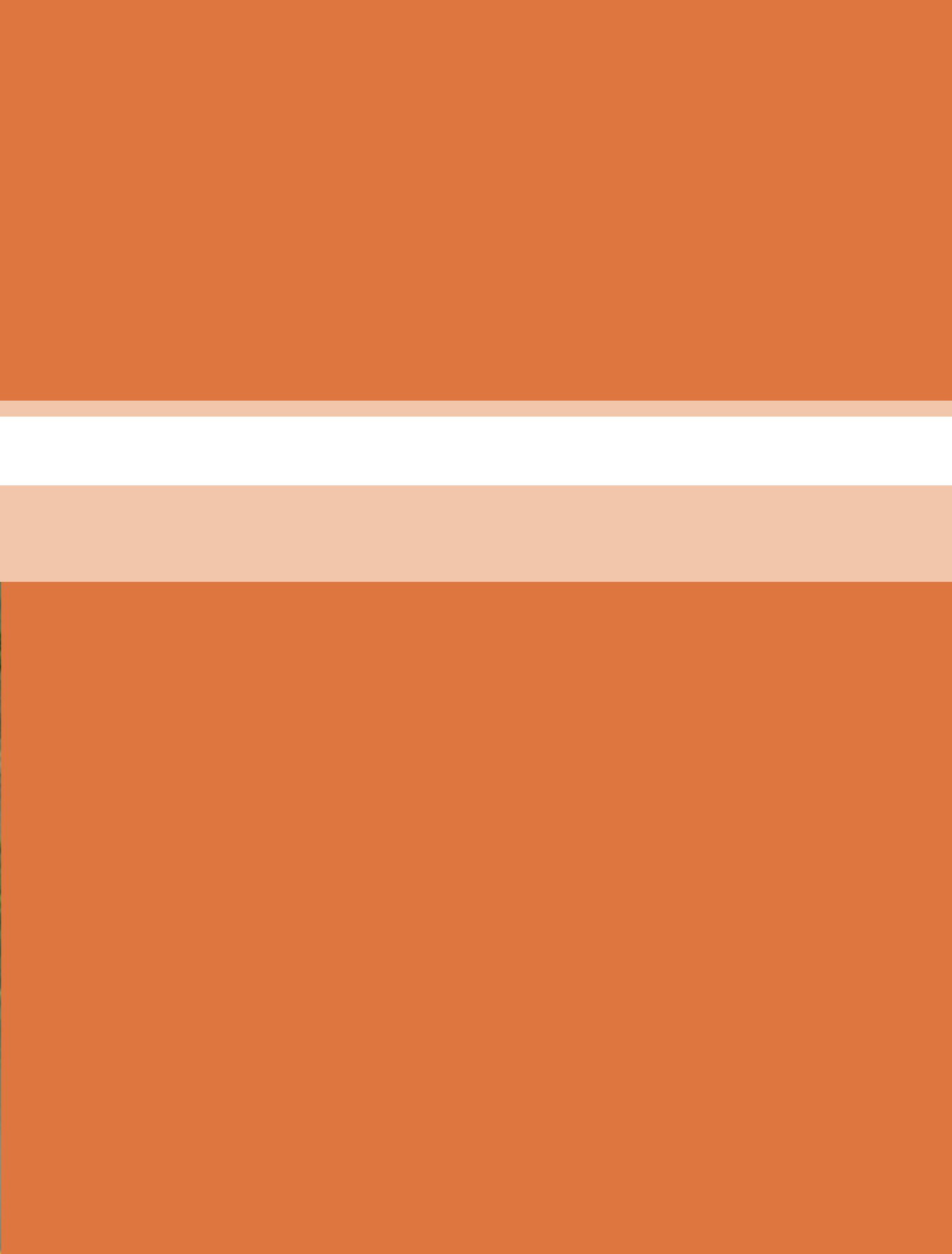
اولین نیروگاه بخاری (محل نگهداری موزه برق تهران)

همچنین از حدود سال ۱۳۰۳ بخش‌های خصوصی دیگری از جمله کارخانه‌های آرد، ریسندگی، نساجی و برخی شهرداری‌ها، در شهرهای مختلف ایران نسبت به راه‌اندازی نیروگاه‌های کوچک از نوع دیزل و حرارتی برای تأمین بخشی از برق روشنایی مناطق شهری اقدام کردند. در سال ۱۳۱۶ نخستین نیروگاه برق دولتی به قدرت ۶۴۰۰ کیلووات از نوع حرارتی، توسط بلدیة تهران (شهرداری) در شمال شرقی بیرون دروازه دوشان تپه (میدان شهدا) راه‌اندازی شد و بعدها نیروگاه‌های دیزلی و حرارتی به این نیروگاه اضافه شد. بعضی از این نیروگاه‌ها تا سال ۱۳۴۷ جهت تولید و عرضه نیروی برق مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت. با راه‌اندازی نیروگاه‌های آبی مربوط به سد امیرکبیر، سد دز، سد سفید رود، حرارتی آلستوم (نیروگاه طرشت) و فرح آباد (بعثت) در سال ۱۳۴۸ و در نتیجه تولید نیروی برق کافی، نیروگاه برق دوشان تپه از مدار خارج شد.

الهام از طبیعت



فیبرهای نوری با سرعت بسیار زیاد می‌توانند داده‌ها را منتقل کرده و انسان را در زمینه ارتباطات جلو ببرند و اسفنج‌های دریایی یک الهام خوب برای ساخت فیبرهای نوری هستند. جنس یکی از اسفنج‌های دریایی از نوعی شیشه ساخته شده که فیبرهای آن بسیار باریک (در حد تار موی انسان) هستند اما اگر در کنار هم جمع شوند، ساختاری بسیار مستحکم می‌سازند.



واحد یادگیری ۱

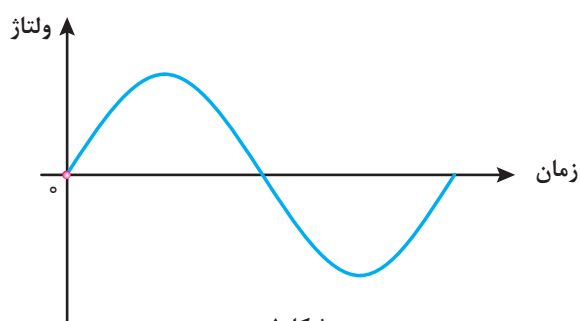
تولید انرژی الکتریکی



انرژی الکتریکی از تبدیل انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی (حرارت)، انرژی جنبشی باد، انرژی خورشیدی، انرژی پتانسیل گرانشی آب، انرژی حاصل از هوای فشرده (گاز) حاصل از جزر و مد آب دریا و سایر موارد به دست می‌آید. و برای این تبدیل انرژی از ژنراتور^۱ استفاده می‌شود. محل نصب ژنراتور و تجهیزات مربوط به آن را نیروگاه^۲ می‌نامند. نیروگاه‌های برق در دو نوع «جریان متناوب»^۳ و «جریان مستقیم»^۴ می‌باشند. جریان متناوب را به اختصار با حروف AC و جریان مستقیم را به اختصار با حروف DC نشان می‌دهند.

نیروگاه‌های جریان متناوب

نیروگاه‌های جریان متناوب شامل نیروگاه‌های حرارتی، آبی، گازی، دیزلی و سایر موارد می‌باشند. شکل موج ولتاژ و جریان خروجی ژنراتور این نیروگاه‌ها به صورت سینوسی می‌باشد که به آن متناوب گویند (شکل ۱).



شکل ۱

الف) نیروگاه حرارتی

نیروگاه حرارتی با انرژی حرارتی حاصل از سوخت‌های فسیلی یا سوخت‌های هسته‌ای، آب را به بخار تبدیل می‌کند توربین^۵ انرژی جنبشی بخار را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌نماید. ژنراتور انرژی مکانیکی توربین را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. بازده نیروگاه‌های حرارتی به دلیل اتلاف انرژی حرارتی کمتر از ۳۰ درصد می‌باشد.



شکل ۲

۱- Generator

۲- Power plant

۳- Alternating Current (Ac)

۴- Direct Current (Dc)

۵-Turbine



شکل ۳- سد و نیروگاه آبی کارون ۳ استان خوزستان

زمان احداث نیروگاه آبی چندین سال طول می کشد و در سرزمین‌هایی قابل استفاده می‌باشد که امکان احداث سد فراهم باشد و احداث آن باعث تخریب و تغییر در شرایط محیط زیست نشود.

ب) نیروگاه آبی

نیروگاه آبی، انرژی پتانسیل گرانشی حاصل از ذخیره سازی آب در پشت سد را توسط توربین به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند و ژنراتور انرژی مکانیکی توربین را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نماید (شکل ۳).

پ) نیروگاه گازی

نیروگاه گازی انرژی جنبشی حاصل از هوای فشرده و گرم‌شده را توسط توربین به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند و ژنراتور انرژی مکانیکی توربین را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نماید.

زمان احداث نیروگاه‌های گازی در مقایسه با نیروگاه‌های آبی و حرارتی کمتر می‌باشد اما بازه آنها به دلیل اتلاف انرژی حرارتی کمتر از ۳۰ درصد می‌باشد (شکل ۴).



شکل ۴- نیروگاه گازی



شکل ۵- نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند

ت) نیروگاه سیکل ترکیبی

نیروگاه سیکل ترکیبی از دو نیروگاه حرارتی و گازی که در مجاورت یکدیگر احداث شده‌اند، تشکیل شده است به این ترتیب که از انرژی حرارتی تلف شده در نیروگاه گازی برای گرم کردن آب نیروگاه حرارتی استفاده می‌شود. بنابراین بازده و خروجی نیروگاه سیکل ترکیبی در مقایسه با نیروگاه حرارتی و گازی بیشتر خواهد بود (شکل ۵).



شکل ۶- نیروگاه بادی

ث) نیروگاه بادی

نیروگاه بادی انرژی جنبشی حاصل از باد را توسط توربین به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند و ژنراتور انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نماید. نیروگاه بادی با توجه به شرایط اقلیمی، وزش باد در مدت زمان کمتر از یک سال قابل احداث و بهره برداری می‌باشد. رایگان بودن انرژی باد و عدم نیاز به انرژی فسیلی از مزایای مهم نیروگاه بادی می‌باشد (شکل ۶).

ج) نیروگاه دیزلی

نیروگاه دیزلی انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی نظیر گازوئیل را توسط ماشین‌های درون‌سوز به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند و ژنراتور انرژی مکانیکی ماشین درون‌سوز را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نماید.

نیروگاه دیزلی به صورت نصب ثابت و سیار قابل استفاده می‌باشند (شکل ۷).



شکل ۷- دیزل ژنراتور

نیروگاه‌های جریان مستقیم

یکی از نیروگاه‌های جریان مستقیم نیروگاه‌های خورشیدی است که شکل موج ولتاژ و جریان



شکل ۸- ولتاژ خروجی نیروگاه خورشیدی

خروجی ژنراتور این نیروگاه‌ها به صورت خط صاف است. یعنی با گذشت زمان مقدار ولتاژ یا جریان تغییر نمی‌کند و ثابت است (شکل ۸). روش‌های تولید انرژی الکتریکی با جریان مستقیم به شرح زیر است:

الف) روش فوتولتاییک

نور نوعی انرژی است که از ذرات حامل انرژی به نام فوتون به وجود می‌آید. هنگامی که فوتون‌های یک شعاع نوری با جسمی برخورد می‌کنند، انرژی خود را از دست می‌دهند. در بعضی اجسام، انرژی فوتون‌ها باعث آزادی الکترون‌ها می‌شود. انرژی نورانی تابیده شده به یکی از دو صفحه متصل به هم، باعث تخلیه الکترون از یکی به دیگری می‌شود. در نتیجه، مانند باتری در دو صفحه بارهای مخالف ایجاد می‌شود (شکل ۹). به این اثر فوتولتاییک می‌گویند.

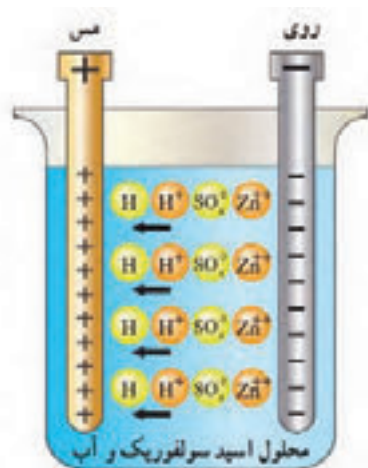


شکل ۹- فوتولتاییک



شکل ۱۰- کاربرد متفاوت انرژی الکتریکی تولید شده توسط نور خورشید

ب) روش شیمیایی



شکل ۱۱- الکتروشیمیایی

مواد شیمیایی با فلزات مخصوصی ترکیب می‌شوند و واکنش‌های شیمیایی را ایجاد می‌کنند که باعث انتقال الکترون‌ها و تولید بارهای الکتریکی می‌گردد. باتری معمولی از این راه الکتریسیته تولید می‌کند. این پدیده بر قوانین الکتروشیمی مبتنی است. برای مثال، می‌توان باتری تر را نام برد. اسید سولفوریک هنگامی که در یک ظرف شیشه‌ای با آب (به عنوان الکترولیت) مخلوط می‌شود، به دو ماده شیمیایی هیدروژن (H) و سولفات (SO₄) تجزیه می‌گردد. به علت طبیعت ترکیبات شیمیایی اتم‌های هیدروژن یون‌های مثبت (H⁺) و اتم‌های سولفات یون‌های منفی (SO₄⁻²) دارند. تعداد بارهای مثبت و منفی مساوی‌اند و در

نتیجه، کل محلول از نظر بار الکتریکی خنثی است. پس از آن، هنگامی که میله‌های مسی یا روی را به داخل محلول وارد می‌کنیم، با محلول ترکیب می‌شوند (شکل ۱۱).

فلز روی با یون‌های سولفات ترکیب می‌شود. چون این اتم‌ها منفی‌اند، یون‌های مثبت (Zn⁺⁺) از میله فلزی روی خارج می‌شوند. در اثر خارج شدن یون‌های مثبت از میله روی، میله دارای الکترون‌های اضافی می‌شود. پس به طور منفی باردار می‌گردد. یون‌های روی با یون‌های سولفات ترکیب می‌شوند، آنها را خنثی می‌کنند. در این حالت، محلول از نظر بارهای مثبت غنی‌تر است. یون‌های مثبت هیدروژن الکترون‌های آزاد میله مسی را جذب و محلول را دوباره خنثی می‌کنند ولی در این حالت، میله مسی کمبود الکترون خواهد داشت. در نتیجه، به طور مثبت باردار خواهد شد.

پ) روش پیزوالکتریک

هنگامی که به بعضی اجسام فشار وارد می‌کنیم، الکترون‌های آنها در جهت نیرو از مدار خارج می‌شوند. در نتیجه، الکترون‌ها یک طرف جسم را ترک می‌کنند و در طرف دیگر آن جمع می‌شوند. بنابراین، در دو جهت مخالف جسم بارهای مثبت و منفی به وجود می‌آیند (شکل ۱۲).

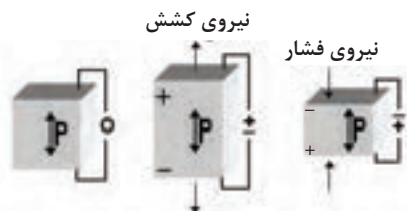
به اثر فشار برای تولید الکتریسیته، اثر پیزوالکتریک، می‌گویند. پیزو یک کلمه یونانی به معنای فشار است. این اثر بیشتر در مورد کریستال‌ها و بعضی سرامیک‌های مخصوص خود را نشان می‌دهد. کریستال‌های پیزوالکتریک در بعضی میکروفون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۱۲ (ج) - کاربرد پیزوالکتریک در فندک



شکل ۱۲ (ب) - کاربرد کریستال در میکروفون



شکل ۱۲ (الف) - فشار و کشش روی کریستال

ت) روش ترموالکتریک

بعضی از اجسام الکترون از دست می‌دهند و بعضی دیگر الکترون جذب می‌کنند. در نتیجه بین دو جسم غیرمشابه هنگام اتصال، انتقال الکترون صورت می‌گیرد. فلزات فعال در درجه حرارت معمولی اتاق نیز می‌توانند الکترون آزاد کنند.

بارهایی که در درجه حرارت اتاق تولید می‌شوند، کم هستند؛ ولی اگر محل اتصال دو فلز (مثلاً روی و مس) را حرارت دهیم، انرژی بیشتری آزاد می‌گردد. به روش تولید الکتریسیته به وسیله حرارت ترموالکتریک گفته می‌شود. هرچه حرارت داده شده بیشتر باشد، بار بیشتری تولید می‌شود. هنگامی که حرارت قطع شود، فلزها سرد می‌شوند و بارها از بین می‌روند. به اتصال این دو فلز ترموکوپل می‌گویند (شکل ۱۳). هنگامی که چندین ترموکوپل به یکدیگر متصل شوند، یک ترموپیل (باتری حرارتی) به وجود می‌آید. از ترموکوپل برای اندازه‌گیری درجه حرارت در کوره‌ها استفاده می‌شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۳



شکل ۱۴ - دو نمونه ترموکوپل

معرفی پایگاه اینترنتی:

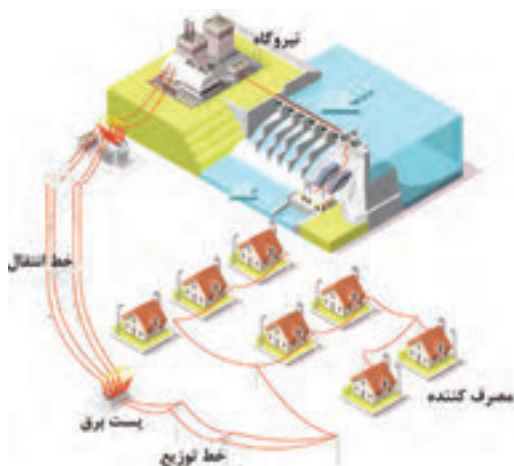
در پایگاه اینترنتی سازمان انرژی‌های نو ایران، «سانا» <http://www.suna.org.ir> می‌توانید مطالعات بیشتری در مورد انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق و منابع این انرژی‌ها در کشورمان ایران، داشته باشید (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- پایگاه اینترنتی سانا

انتقال انرژی الکتریکی

انتقال انرژی الکتریکی از محل تولید در نیروگاه‌های برق توسط «شبکه‌های انتقال نیرو» به سمت مصرف‌کننده انجام می‌شود.



شکل ۱۶- تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی



شکل ۱۷- پست انتقال برق

بخشی از انرژی الکتریکی به هنگام انتقال به حرارت تبدیل می‌شود که آن را «تلفات انرژی در شبکه انتقال نیرو» می‌گویند. به منظور کاهش تلفات انرژی ولتاژ شبکه‌های انتقال نیرو توسط «پست افزایشده» زیاد می‌شود و در انتهای شبکه انتقال نیرو توسط «پست کاهشده» کاهش می‌یابد. برای کاهش یا افزایش ولتاژ از ترانسفورمر استفاده می‌شود. در واقع ترانسفورمر یک مبدل ولتاژ است.

توزیع انرژی الکتریکی



شکل ۱۸- پست توزیع

توزیع انرژی الکتریکی توسط «شبکه‌های توزیع» بین مصرف‌کننده‌ها انجام می‌شود. شبکه توزیع، انرژی الکتریکی را از شبکه انتقال نیرو دریافت می‌کند و پس از آن با ولتاژ مناسب بین مصرف‌کننده‌ها توزیع می‌نماید. تغییر ولتاژ توسط «پست توزیع» در شبکه‌های توزیع انجام می‌شود (شکل ۱۸).

مصرف‌کننده‌های انرژی الکتریکی

مصرف‌کننده‌های انرژی الکتریکی در انتهای مسیر تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی قرار دارند. مصرف‌کننده‌های انرژی الکتریکی عبارت‌اند از:

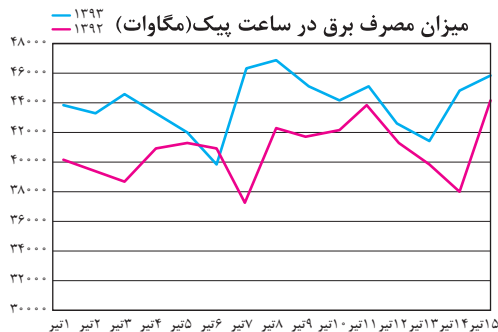
- بخش مصارف خانگی
 - بخش مصارف صنعتی و تجاری
 - بخش مصارف کشاورزی
 - بخش مصارف عمومی شامل مراکز فرهنگی، هنری و تفریحی
- انرژی الکتریکی در این بخش‌ها در تجهیزات زیر مصرف می‌شود:
- موتورهای الکتریکی مثل یخچال‌ها، کولرها، پمپ‌های صنعتی و آب
 - روشنایی مثل لامپ LED، لامپ CFL و فلورسنت
 - گرمازا مثل سماور برقی، پلوپز برقی و المنت‌ها و نظایر آن

زمان اوج مصرف انرژی الکتریکی



به ساعاتی که مصرف انرژی الکتریکی در کل کشور زیاد باشد، ساعت اوج^۱ مصرف انرژی الکتریکی گفته می‌شود. اوج مصرف روزانه شبکه سراسری انرژی الکتریکی به زمان غروب آفتاب، تاریک شدن هوا و وسایل مصرف‌کننده‌های روشنایی بستگی دارد. در این زمان در بخش تجاری و خانگی مصرف‌کننده دیگری نظیر یخچال و فریزر و تلویزیون هم‌زمان با مصرف‌کننده‌های روشنایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ساعات اوج مصرف روزانه انرژی الکتریکی در کشور ما در تابستان بین ساعات ۱۹ تا ۲۳ و در زمستان بین ساعات ۱۸ تا ۲۲ است. همچنین در بعضی

۱- Peak



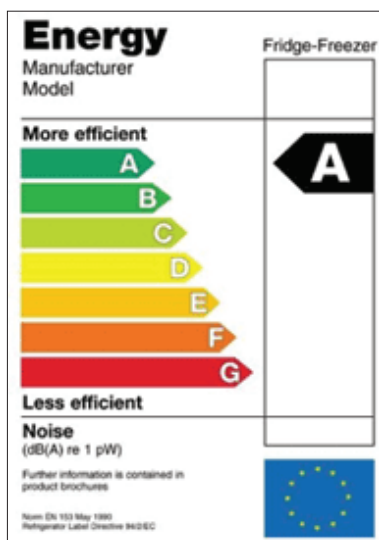
شکل ۱۹- اوج مصرف برق در تیرماه

از فصل‌های سال (تابستان) مصرف انرژی الکتریکی نسبت به سایر فصول سال به دلیل اضافه شدن وسایل سرمایشی نظیر کولر و .. بیشتر است که به آن اوج مصرف فصلی می‌گویند. در شکل ۱۹ پیک مصرف برق کشور (برحسب مگاوات) در تیرماه سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ نشان داده شده است.



آشنایی با برچسب انرژی

مختلفی تشکیل شده است که هر قسمت نمایانگر اطلاعاتی است (شکل ۲۰).



شکل ۲۰- برچسب انرژی بازده انرژی A

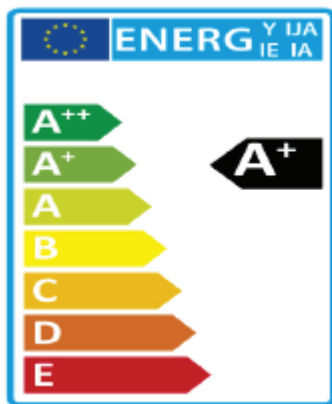
مردم به دنبال تهیه وسایل برقی با کمترین مصرف انرژی الکتریکی جهت استفاده در زندگی روزمره خود هستند. در عصر تکنولوژی، تنوع بسیاری در نوع و کیفیت محصولات برقی در بازار وجود دارد. انتخاب وسایل برقی و میزان مصرف انرژی برای مصرف‌کنندگان دارای اهمیت و ضرورت بسیاری است. ایجاد اطمینان از کیفیت محصول از طریق آزمایش لوازم برقی و تعیین رتبه کارایی آنها در آزمایشگاه ملی صرفه‌جویی انرژی انجام می‌شود و برچسب انرژی برای آنها تهیه خواهد شد.

برچسب انرژی امروزه در اغلب کشورهای جهان وجود دارد و مصرف‌کنندگان را با میزان مصرف انرژی هریک از وسایل خانگی آشنا می‌کند. همچنین اطلاعات مشترک در همه وسایل، اطلاعات اختصاصی مرتبط به هر وسیله انرژی‌بر را در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌دهد. مصرف‌کننده می‌تواند با توجه به این اطلاعات در هنگام خرید، دستگاهی را انتخاب کند که در مقایسه با سایر مدل‌های مشابه دارای مصرف انرژی کمتر و بازدهی بیشتری باشد. برچسب انرژی از قسمت‌های

بخش‌های مختلف برچسب انرژی

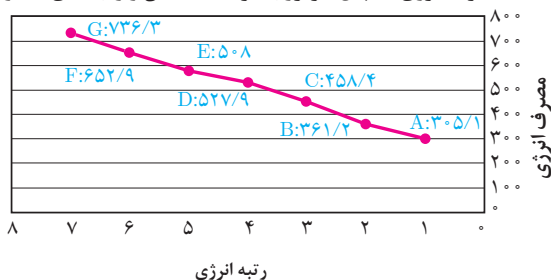
سه بخش اولیه برچسب که در تمامی وسایل انرژی‌بر خانگی مشترک است به ترتیب نمایانگر علامت تجاری، نام کارخانه سازنده و مدل دستگاه می‌باشد. بخش چهارم برچسب انرژی به وسیله هفت حرف لاتین از A تا G

در هفت طیف رنگی درجه‌بندی شده است که هر یک از حروف و یا رنگ‌ها معرف درجه‌ای از مصرف انرژی و کارایی دستگاه می‌باشد. حرف A نشانگر کمترین مصرف انرژی و بیشترین بازدهی دستگاه و حرف G نشانگر بیشترین مصرف انرژی و کمترین بازدهی دستگاه است. بنابراین هرچه رتبه برچسب دستگاه بیشتر باشد کارایی آن نسبت به میزان انرژی که مصرف می‌کند بیشتر است. بخش پنجم، نمایانگر مصرف انرژی دستگاه و سایر بخش‌ها بیانگر اطلاعات اختصاصی در مورد هریک از وسایل است. به طور مثال این بخش در ماشین لباسشویی نشانگر میزان قدرت پاک‌کنندگی، قدرت خشک‌کن، ظرفیت و میزان مصرف آب و در یخچال نیز نشانگر حجم قسمت یخچال و فریزر دستگاه می‌باشد و آخرین بخش برچسب انرژی در تمامی وسایل علامت مؤسسه استاندارد را نشان می‌دهد. استفاده از برچسب انرژی مزایای گوناگونی برای مصرف‌کنندگان این گونه وسایل دارد.

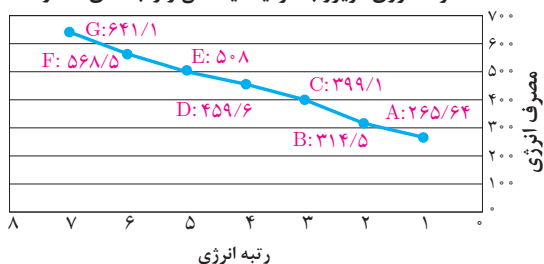


- ۱- انتخاب درست و آگاهانه مردم در هنگام خرید وسایل برقی خانگی
 - ۲- آشنا ساختن مصرف‌کنندگان یا میزان کارایی و بازدهی وسایل برقی خانگی
 - ۳- بهینه‌سازی و کاهش مصرف انرژی
 - ۴- کاهش هزینه انرژی مصرفی در خانواده‌ها
 - ۵- کاهش آلودگی محیط‌زیست
 - ۶- ارائه اطلاعات اختصاصی ویژه هر وسیله برقی
- با توجه به اهمیت و ارزش انرژی، از سال ۲۰۱۰ میلادی درجه‌بندی برچسب انرژی از A به A+++ ارتقا داده شده است (شکل ۲۱).


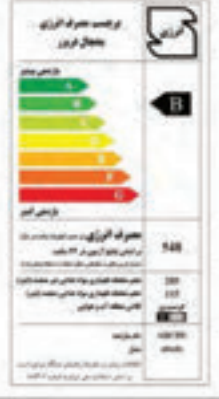

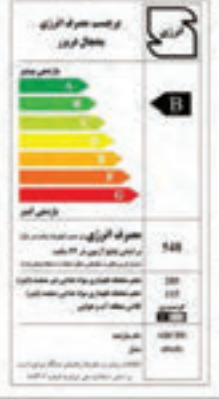

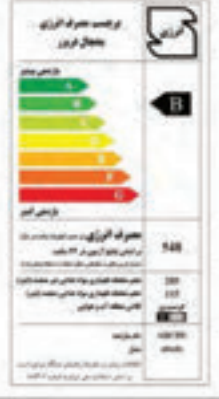

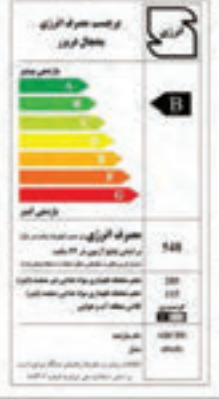

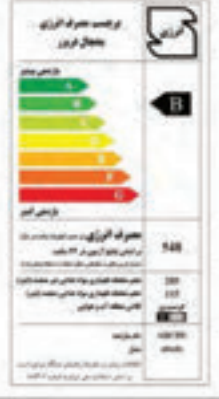

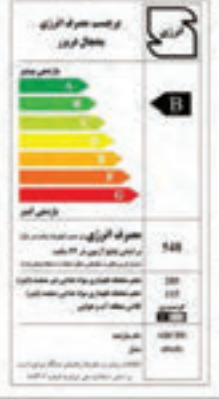
مصرف انرژی یخچال فریزر با ظرفیت یکسان و رتبه‌های متفاوت



مصرف انرژی فریزر با ظرفیت یکسان و رتبه‌های متفاوت



شکل ۲۱- مقایسه برچسب انرژی

برچسب انرژی جدید بر اساس دستورالعمل اروپا و استاندارد ملی	برچسب انرژی قدیمی اروپا و استاندارد ملی	متغیرها																																		
$EEI = \frac{AEC}{SAEC} \times 100$ <p>AEC مصرف انرژی سالیانه وسیله برودتی SAEC مصرف انرژی سالیانه استاندارد وسیله برودتی</p>	<p>شاخص بازده انرژی I (درصد) = $\frac{\text{مصرف سالانه دستگاه}}{\text{مصرف انرژی استاندارد سالانه}}$</p>	شاخص بازده																																		
<table border="1"> <tr> <td>A⁺⁺⁺</td> <td>EEI < 22</td> <td>A</td> <td>I < 55</td> <td rowspan="7">بازه‌های رتبه مصرف انرژی</td> </tr> <tr> <td>A⁺⁺</td> <td>22 ≤ EEI < 33</td> <td>B</td> <td>55 ≤ I < 75</td> </tr> <tr> <td>A⁺</td> <td>33 ≤ EEI < 44</td> <td>C</td> <td>75 ≤ I < 90</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>44 ≤ EEI < 55</td> <td>D</td> <td>90 ≤ I < 100</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>55 ≤ EEI < 75</td> <td>E</td> <td>100 ≤ I < 110</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>75 ≤ EEI < 90</td> <td>F</td> <td>110 ≤ I < 125</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>90 ≤ EEI < 100</td> <td>G</td> <td>125 ≤ I < 140</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td rowspan="2">برچسب مصرف انرژی</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>		A ⁺⁺⁺	EEI < 22	A	I < 55	بازه‌های رتبه مصرف انرژی	A ⁺⁺	22 ≤ EEI < 33	B	55 ≤ I < 75	A ⁺	33 ≤ EEI < 44	C	75 ≤ I < 90	A	44 ≤ EEI < 55	D	90 ≤ I < 100	B	55 ≤ EEI < 75	E	100 ≤ I < 110	C	75 ≤ EEI < 90	F	110 ≤ I < 125	D	90 ≤ EEI < 100	G	125 ≤ I < 140			برچسب مصرف انرژی			بازه‌های رتبه مصرف
A ⁺⁺⁺	EEI < 22	A	I < 55	بازه‌های رتبه مصرف انرژی																																
A ⁺⁺	22 ≤ EEI < 33	B	55 ≤ I < 75																																	
A ⁺	33 ≤ EEI < 44	C	75 ≤ I < 90																																	
A	44 ≤ EEI < 55	D	90 ≤ I < 100																																	
B	55 ≤ EEI < 75	E	100 ≤ I < 110																																	
C	75 ≤ EEI < 90	F	110 ≤ I < 125																																	
D	90 ≤ EEI < 100	G	125 ≤ I < 140																																	
		برچسب مصرف انرژی																																		
																																				

معرفی پایگاه اینترنتی:

در پایگاه اینترنتی سازمان بهره‌وری انرژی ایران، «سابا» <http://www.saba.org.ir> می‌توانید مطالعات بیشتری در مورد مصرف‌کننده‌های الکتریکی و لوازم خانگی برقی و برچسب انرژی داشته باشید.

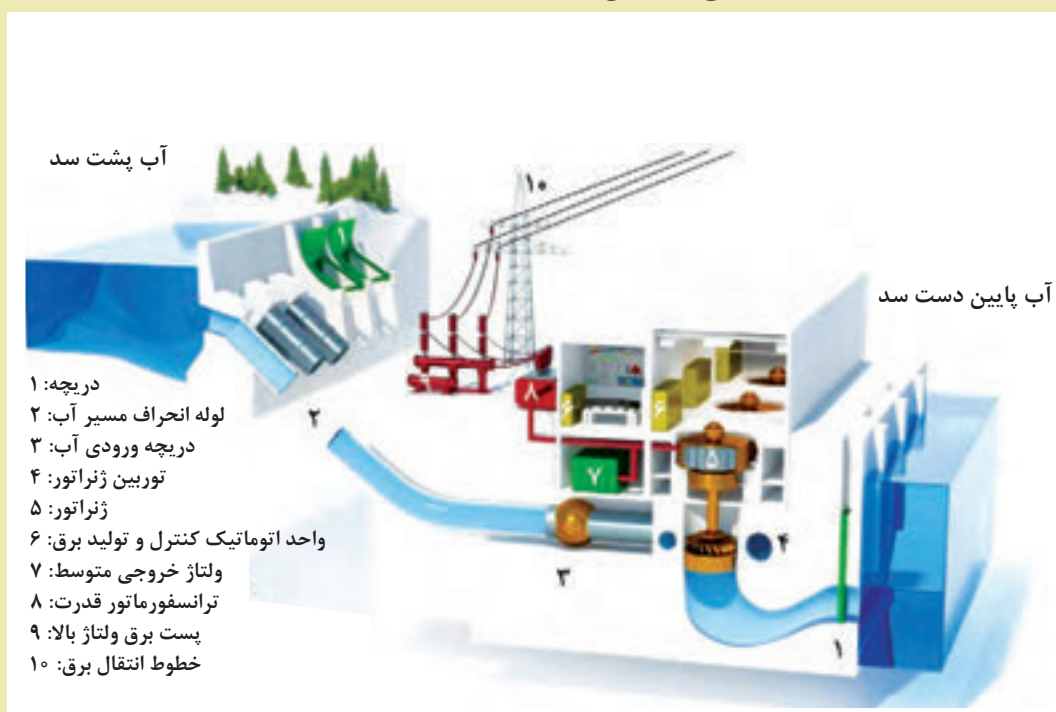
تحقیق کنید




پایگاه اینترنتی سابا



- ۱- انواع نیروگاه‌های جریان متناوب را نام ببرید.
- ۲- نیروگاه حرارتی را تعریف کنید.
- ۳- وظیفه توربین و ژنراتور را تعریف کنید.
- ۴- انواع نیروگاه‌های جریان مستقیم را نام ببرید.
- ۵- چگونه از اتلاف انرژی الکتریکی هنگام انتقال آن جلوگیری می‌کنند؟
- ۶- برچسب انرژی چه اطلاعاتی در اختیار مصرف‌کنندگان می‌گذارد؟
- ۷- استفاده از برچسب انرژی روی وسایل برقی چه مزایایی برای مصرف‌کنندگان این وسایل دارد؟
- ۸- در شکل زیر عملکرد نیروگاه آبی را تشریح کنید.



سد و نیروگاه آبی



واحد یادگیری ۲

الکتریسیته



امروزه انرژی الکتریکی بیش از انواع دیگر انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدون انرژی الکتریکی کاربرد وسایل روشنایی، تلویزیون، تلفن و اغلب وسایل خانگی غیرممکن است. به علاوه، در بیشتر وسایل نقلیه انرژی الکتریکی نقش مهمی بازی می‌کند. به این ترتیب، می‌توان گفت انرژی الکتریکی تقریباً در همه جا به کار می‌رود.

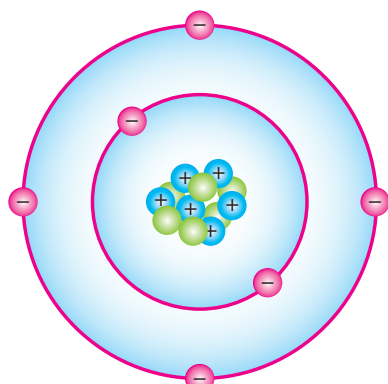
اگرچه الکتریسیته در قرون اخیر مورد استفاده قرار گرفته است ولی یونانی‌ها در حدود ۲۰۰۰ سال پیش آن را کشف کردند. آنها پی بردند که وقتی ماده‌ای به نام کهربا را به ماده دیگری مالش دهند، باردار می‌شود و می‌تواند اجسامی مانند برگ خشک و براده‌های چوب را جذب کند. یونانی‌ها این کهربا را الکترون نام نهادند که کلمه الکتریسیته نیز از آن گرفته شده است. در سال ۱۷۳۳ یک دانشجوی فرانسوی به نام شارل دوفه^۱ به این نکته پی برد که یک تکه شیشه باردار بعضی از اجسام باردار را جذب و اجسام باردار دیگر را دفع می‌کند (شکل ۲۲). بنابراین، او چنین نتیجه گرفت که دو نوع بار الکتریکی وجود دارد.



شکل ۲۲

در اواسط دهه ۱۷۰۰، بنجامین فرانکلین این دو نوع را بارهای الکتریکی مثبت و منفی نام‌گذاری کرد.

ساختمان اتم



شکل ۲۳

- ⊖ الکترون
- ⊕ پروتون
- نوترون

اتم از دو بخش هسته و اطراف هسته تشکیل شده است. درون هسته ذرات پروتون و نوترون قرار دارند و الکترون‌ها بر روی مسیرهایی در اطراف هسته می‌گردند. پروتون‌ها دارای بار الکتریکی مثبت و الکترون‌ها دارای بار الکتریکی منفی می‌باشند و نوترون‌ها از نظر بار الکتریکی خنثی هستند. تعداد پروتون‌های داخل هسته را عدد اتمی می‌گویند. در حالت‌های عادی تعداد پروتون‌ها و الکترون‌های اتم مساوی هستند لذا اتم از نظر بار الکتریکی خنثی است (شکل ۲۳).

۱-Charles Dufay

بار الکتریکی هر پروتون برابر بار الکتریکی الکترون است و مقدار بار الکتریکی الکترون برابر با 1.6×10^{-19} کولن می باشد و به صورت زیر نوشته می شود:

$$e = 1.6 \times 10^{-19}$$

مقدار بار الکتریکی الکترون را «بار پایه» در نظر می گیرند. مضرب صحیحی از بار پایه را «بار الکتریکی» می نامند و آن را با q نشان می دهند و از رابطه زیر به دست می آید:

$$q = n.e$$

که در این رابطه:

q بار الکتریکی بر حسب کولن (C)

n تعداد الکترون

e بار الکتریکی الکترون است.

مثال: عدد اتمی مس برابر ۲۹ می باشد. بار الکتریکی هسته آن چند کولن است؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19}$)
حل: از رابطه $q = n.e$ می توان نوشت:

$$q = 29 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

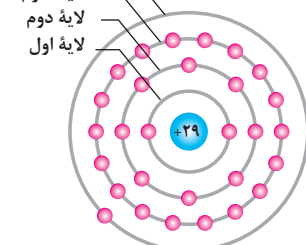
$$q = 46.4 \times 10^{-19}$$

$$q = 4.64 \times 10^{-18} \text{ (C)}$$

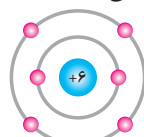
لایه ها

لایه مسیری است که الکترون ها تحت تأثیر نیروی جاذبه پروتون ها به دور هسته می گردند. تعداد لایه های هر اتم متناسب با تعداد الکترون های آن می باشد. اتم های تمام عناصر می توانند تا هفت لایه داشته باشند.

در شکل ۲۴ لایه های عناصر مس، کربن و هیدروژن نشان داده شده است.



مس ۴ لایه دارد



کربن ۲ لایه دارد



هیدروژن ۱ لایه دارد

شکل ۲۴

ظرفیت لایه

ظرفیت لایه نشان دهنده حداکثر الکترون های موجود در هر لایه می باشد. ظرفیت هر لایه از رابطه زیر به دست می آید:

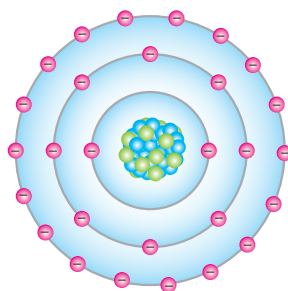
$$2n^2 = \text{ظرفیت هر لایه}$$

در این رابطه n شماره هر لایه می باشد. برای لایه های اول و دوم و سوم داریم:

$$2(1)^2 = 2 = \text{ظرفیت لایه اول}$$

$$2(2)^2 = 8 = \text{ظرفیت لایه دوم}$$

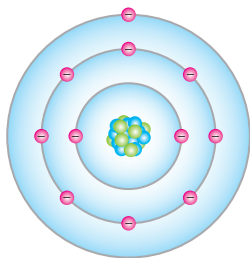
$$2(3)^2 = 18 = \text{ظرفیت لایه سوم}$$



شکل ۲۵

ظرفیت دیگر لایه ها نیز قابل محاسبه می باشد.

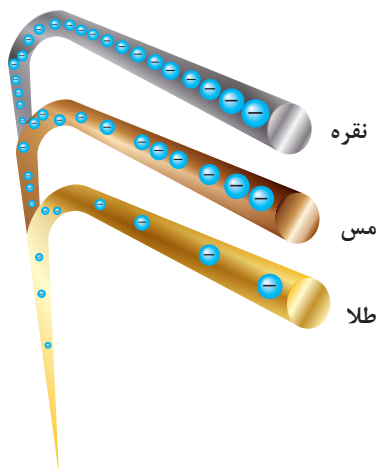
لایه خارجی (طبقه والانس)



شکل ۲۶

لایه خارجی آخرین لایه هر اتم است و آن را لایه والانس گویند. الکترون‌های لایه والانس را «الکترون والانس» می‌نامند (شکل ۲۶).

هدایت الکتریکی



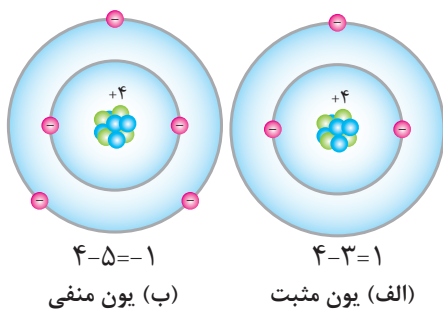
شکل ۲۷

هدایت الکتریکی عناصر به تعداد الکترون‌های لایه والانس بستگی دارد. هرچه تعداد الکترون‌های لایه والانس کمتر باشد هدایت الکتریکی بیشتر خواهد شد. هدایت الکتریکی در فلزات بیشتر از سایر عناصر می‌باشد. عناصری که اتم‌هایشان یک الکترون والانس دارند هدایت الکتریکی بهتری خواهند داشت؛ به طور مثال اتم‌های مس، نقره و طلا دارای یک الکترون در لایه والانس هستند. بهترین هادی الکتریکی نقره و پس از آن مس و طلا می‌باشد (شکل ۲۷). نقره در حجم معینی نسبت به مس دارای اتم‌های بیشتر است و به همین دلیل هدایت الکتریکی نقره بهتر از مس می‌باشد. اما به دلیل گرانی نقره نسبت به مس، سیم‌های برق را از مس می‌سازند البته به دلیل مشابه امروزه آلومینیوم در برخی موارد جایگزین مس شده است.

نیمه هادی

عناصری که در لایه والانس چهار الکترون دارند «نیمه‌هادی» نامیده می‌شوند. عناصری نظیر ژرمانیوم و سیلیسیم در لایه والانس خود چهار الکترون دارند و جزو نیمه‌هادی‌های معروف هستند.

یون



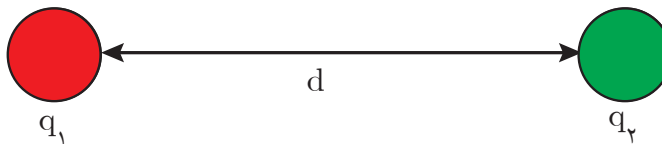
شکل ۲۸

اتم دارای بار الکتریکی را «یون» گویند. اگر تعداد الکترون‌های اتم بیش از پروتون‌های آن باشد اتم را «یون منفی» گویند. شکل (۲۸-ب) و اگر تعداد الکترون‌های اتم کمتر از پروتون‌های آن باشد، اتم را «یون مثبت» گویند (شکل ۲۸-الف).

قانون کولن

قانون کولن نیروی میان بارهای الکتریکی را بیان می‌کند. بنا به تعریف نیروی کولنی بین دو بار الکتریکی با حاصل ضرب مقدار دو بار الکتریکی رابطه مستقیم و با مجذور فاصله میان دو بار نسبت عکس دارد و از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$F = K \frac{q_1 q_2}{d^2}$$



در این رابطه:

F نیروی کولنی میان دو بار الکتریکی بر حسب نیوتن (N)

q_1 بار الکتریکی اول بر حسب کولن (C)

q_2 بار الکتریکی دوم بر حسب کولن (C)

d فاصله میان دو بار بر حسب متر (m) است.

$$K = 9 \times 10^9 \text{ (ضریب ثابت } \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}\text{)}$$

نیروی کولنی میان بارهای همنام دافعه و میان بارهای ناهمنام جاذبه می‌باشد.

مثال: دو بار الکتریکی $3\mu\text{C}$ و $4\mu\text{C}$ در فاصله 30cm از یکدیگر قرار دارند. نیروی کولنی بین آنها چه نوع و چه مقدار است؟

حل: طبق رابطه $F = K \frac{q_1 q_2}{d^2}$ می‌توان نوشت:

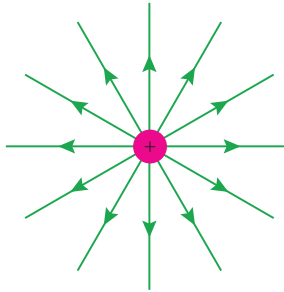
$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(30 \times 10^{-2})^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-12}}{900 \times 10^{-4}} = 12 \times 10^{-1} = 1/2 \text{ (N)}$$

بارها همنام هستند پس نیروی کولنی بین آنها دافعه است.

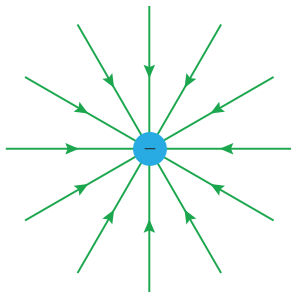
میدان الکتریکی

در فضای اطراف هر بار الکتریکی خاصیتی وجود دارد که به بارهای الکتریکی دیگر نیرو وارد می‌کند، به این خاصیت «میدان الکتریکی» گویند.



شکل ۲۹

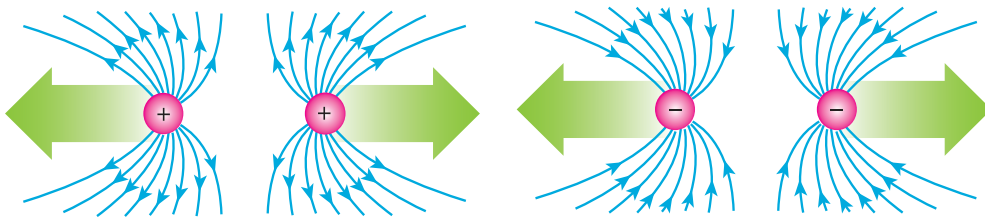
برای نمایش میدان الکتریکی هر بار الکتریکی از خطوط شعاعی استفاده می‌شود و آن را خطوط میدان الکتریکی می‌نامند. طبق قرارداد خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت خارج و به بارهای منفی وارد می‌شود. خطوط میدان الکتریکی بار مثبت در شکل ۲۹ نشان داده شده است.



شکل ۳۰

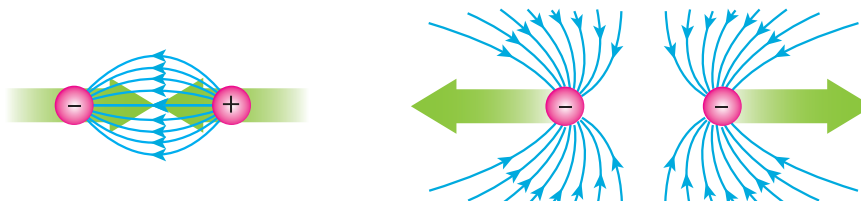
و خطوط میدان الکتریکی بار منفی در شکل ۳۰ نشان داده شده است.

خطوط میدان الکتریکی دوبار همنام و هم‌اندازه با نیروی دافعه کولنی در شکل ۳۱ نشان داده شده است.



شکل ۳۱

و خطوط میدان الکتریکی دوبار ناهمنام و هم‌اندازه با نیروی جاذبه کولنی در شکل ۳۲ نشان داده شده است.



شکل ۳۲

شدت میدان الکتریکی

شدت میدان الکتریکی مقدار نیروی کولنی وارد بر واحد بار الکتریکی در هر نقطه می‌باشد و آن را با E نمایش می‌دهند و از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$E = \frac{F}{q}$$

که در این رابطه:

E شدت میدان الکتریکی بر حسب نیوتن بر کولن ($\frac{N}{C}$)

F نیروی کولنی بر حسب نیوتن (N)

q بار الکتریکی بر حسب کولن (C) است.

مثال: بر بار الکتریکی $4\mu C$ در نقطه‌ای نیروی کولنی $2N$ وارد می‌شود. شدت میدان الکتریکی در آن نقطه

چند $\frac{N}{C}$ است؟

حل: از رابطه $E = \frac{F}{q}$ می‌توان نوشت:

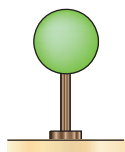
$$E = \frac{2}{4 \times 10^{-6}}$$

$$E = \frac{1}{2} \times 10^6$$

$$E = 5 \times 10^5 \left[\frac{N}{C} \right]$$

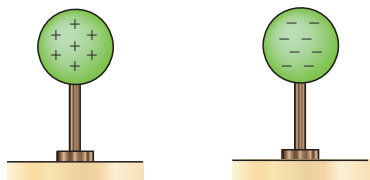
پتانسیل الکتریکی

یک کره فلزی بر روی پایه عایق مطابق شکل ۳۳ در نظر گرفته شده است.



شکل ۳۳

مقدار کاری که انجام می‌شود تا بار الکتریکی q بر روی کره فلزی انباشته شود به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی U بر روی کره ذخیره شده است (شکل ۳۴).



ب

الف

بار ذخیره شده منفی بار ذخیره شده مثبت

شکل ۳۴

نسبت انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شده به مقدار بار الکتریکی را «پتانسیل الکتریکی» می‌گویند و از رابطه زیر به دست می‌آید.

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

که در این رابطه:

U انرژی پتانسیل الکتریکی بر حسب ژول (J)

V پتانسیل الکتریکی بر حسب ولت (V)

q بار الکتریکی بر حسب کولن (C)

اگر بار الکتریکی انباشته شده در کره مثبت باشد «پتانسیل الکتریکی مثبت» و اگر منفی باشد «پتانسیل الکتریکی منفی» است.

مثال: بار الکتریکی $5\mu\text{C}$ روی یک کره رسانا با پایه عایق انباشته شده است. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شده 2 mJ باشد، پتانسیل الکتریکی آن را بیابید:

حل: از رابطه $V = \frac{U}{q}$ می توان نوشت:

$$V = \frac{20 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-6}}$$

$$V = 4 \times 10^3$$

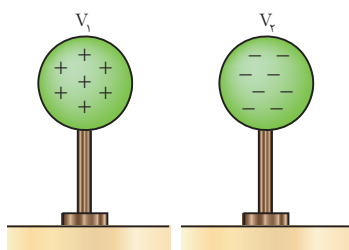
$$V = 4000 [\text{V}] \text{ یا } 4 [\text{KV}]$$

پتانسیل الکتریکی زمین

پتانسیل الکتریکی زمین صفر است زیرا مقدار بارهای الکتریکی مثبت و منفی آن برابر است. زمین به عنوان منبعی سرشار از بار الکتریکی مثبت و منفی می باشد که می توان به آن بار الکتریکی داد یا از آن دریافت کرد.

ولتاژ

اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو نقطه را «ولتاژ» می نامند و از رابطه زیر به دست می آید (شکل ۳۵).



شکل ۳۵

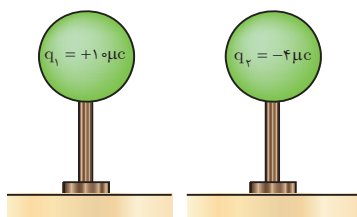
که در این رابطه: $V = V_1 - V_2$

V_1 پتانسیل الکتریکی نقطه اول بر حسب ولت (V)

V_2 پتانسیل الکتریکی نقطه دوم بر حسب ولت (V)

V ولتاژ بین نقاط اول و دوم بر حسب ولت (V) است.

مثال: دو کره مشابه رسانا مطابق شکل، روی پایه عایق قرار دارند مطلوب است:



شکل ۳۶

الف) پتانسیل الکتریکی کره ها

ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو کره ($V_1 - V_2$)

حل:

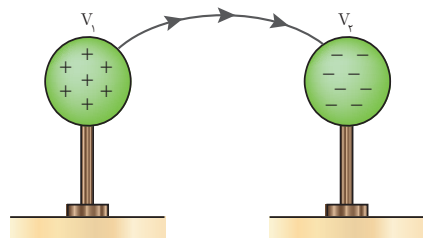
$$\text{الف) } V_1 = \frac{U_1}{q_1} = \frac{5 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-6}} = 0.5 \times 10^3 = 500 [\text{V}]$$

$$V_2 = \frac{U_2}{q_2} = \frac{5 \times 10^{-3}}{-4 \times 10^{-6}} = -\frac{1}{25} \times 10^3 = -1250 [\text{V}]$$

$$\text{ب) } V_1 - V_2 = 500 - (-1250) = 1750 [\text{V}]$$

جریان الکتریکی

شارش بارهای الکتریکی بین دو نقطه را «جریان الکتریکی» گویند. عامل جاری شدن جریان الکتریکی اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو نقطه است (شکل ۳۷).



شکل ۳۷

جریان الکتریکی ناشی از حرکت الکترون‌های آزاد می‌باشد. الکترون آزاد الکترونی است که از لایه والانس جدا شده است و به هیچ اتمی وابسته نیست.

صاعقه یک نمونه از شارش بارهای الکتریکی در اثر اختلاف پتانسیل الکتریکی میان ابر باردار و زمین است، همچنین صاعقه میان دو ابر باردار که دارای اختلاف پتانسیل الکتریکی هستند نیز نمونه‌ای از شارش بارهای الکتریکی است (شکل ۳۸). صاعقه را تخلیه الکتریکی نیز می‌گویند. تخلیه الکتریکی (صاعقه) ممکن است به ساختمان‌های بلند برخورد نماید و خسارت به بار آورد.



شکل ۳۸

در بیمارستان‌ها برای بیهوش کردن بیماران از ماده‌ای به نام اتر استفاده می‌شود. اتر ماده‌ای فرّار است و بخار آن در فضای اتاق پخش می‌شود. اگر چرخ‌های تخت حامل بیمار لاستیکی باشد، بر اثر مالش این چرخ‌ها با پتو و روکش بیمار ممکن است در آنها الکتریسیته ساکن تولید شود و جرقه بزند. همین جرقه باعث انفجار خواهد شد. امروزه برای جلوگیری از این خطر احتمالی زنجیر فلزی کوتاهی به بدنه فلزی تخت حامل بیمار آویزان می‌کنند که با سطح زمین تماس دارد. بارهای الکتریکی تولید شده از راه این زنجیر به زمین منتقل می‌شود و در نتیجه، از تولید جرقه و بروز پیشامد ناگوار جلوگیری می‌شود.

شدت جریان الکتریکی

مقدار بار الکتریکی شارش یافته در واحد زمان را «شدت جریان الکتریکی» می‌گویند و از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$I = \frac{q}{t}$$

که در این رابطه:

q بار الکتریکی شارش یافته بر حسب کولن [C]

t زمان شارش بار الکتریکی بر حسب ثانیه [S]
 I شدت جریان الکتریکی بر حسب آمپر [A] است.
 واحد اندازه‌گیری شدت جریان الکتریکی آمپر است و با [A] نشان می‌دهند. شارش یک کولن بار الکتریکی در مدت یک ثانیه را «یک آمپر» گویند.



شکل ۳۹

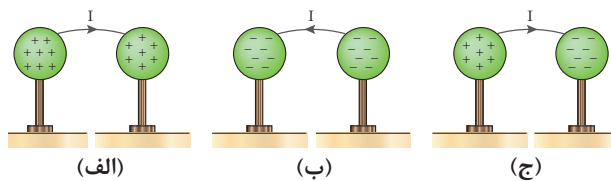
آندره آمپر در سال ۱۷۷۵ میلادی در لیون فرانسه به دنیا آمد (شکل ۳۹).
 به پاس تلاش‌های وی در فیزیک یکای اندازه‌گیری شدت جریان آمپر [A]
 نام‌گذاری شده است

مثال: بار الکتریکی $4\mu\text{C}$ در مدت 0.02 s میان دو نقطه شارش می‌کند. شدت جریان الکتریکی چند آمپر است؟

حل: از رابطه $I = \frac{q}{t}$ داریم:

$$I = \frac{4 \times 10^{-6}}{0.02} = 2 \times 10^{-4} [\text{A}] = 0.2 \text{ mA}$$

جهت جریان الکتریکی



(الف)

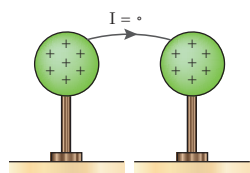
(ب)

(ج)

جهت جریان الکتریکی از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر می‌باشد و مادامی که اختلاف پتانسیل وجود داشته باشد جریان الکتریکی برقرار است (شکل ۴۰).

در شکل (الف) بارهای + در کره سمت چپ بیشتر می‌باشد.
 در شکل (ب) بارهای - در کره سمت چپ بیشتر می‌باشد.

شکل ۴۰



شکل ۴۱

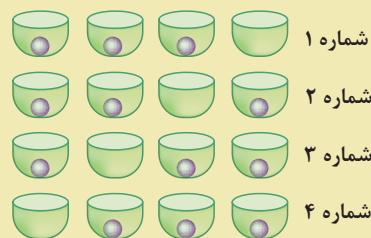
در شکل (الف) جریان از کره پتانسیل بیشتر به کره با پتانسیل کمتر جاری می‌شود تا پتانسیل الکتریکی دو کره برابر شود (شکل ۴۱).

شکل‌های ب و ج را پس از اینکه پتانسیل دو کره برابر شد رسم نمایید.

فعالیت



فکر کنید



شکل ۴۲

به شکل ۴۲ به ترتیب از شماره‌های ۱ الی ۴ نگاه کنید. به نظر شما گلوله به سمت راست حرکت کرده است یا ظرف خالی به سمت چپ حرکت کرده است؟

جهت جریان الکتریکی را می‌توان جهت حرکت بارهای مثبت از پتانسیل الکتریکی بیشتر به پتانسیل الکتریکی کمتر و یا جهت حرکت بارهای منفی از پتانسیل الکتریکی کمتر به پتانسیل الکتریکی بیشتر در نظر گرفت. توجه داشته باشید مقدار جریان الکتریکی اهمیت دارد نه جهت جریان الکتریکی.



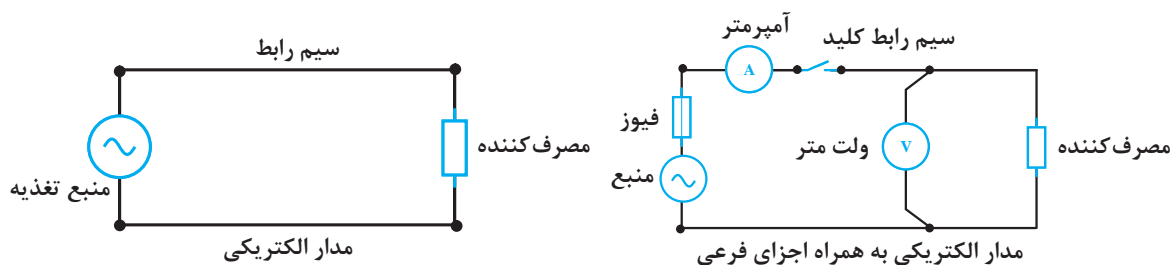
شکل ۴۳

مدار الکتریکی

مسیری که در آن جریان الکتریکی برقرار می‌شود را «مدار الکتریکی» گویند. اجزای اصلی هر مدار الکتریکی^۱ عبارت است از:

- ۱- منبع تغذیه
- ۲- مصرف‌کننده
- ۳- سیم رابط

همچنین هر مدار الکتریکی می‌تواند شامل وسایل کنترلی نظیر کلید و یا تجهیزات حفاظتی نظیر فیوز و یا وسایل اندازه‌گیری الکتریکی نظیر آمپر متر نیز باشد که آنها را به عنوان اجزای فرعی مدار الکتریکی می‌شناسند (شکل ۴۴).



شکل ۴۴

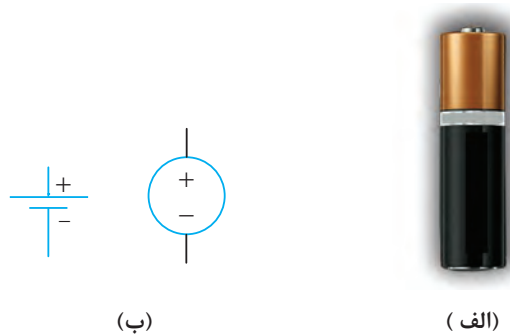
۱- Electrical Circuit

منبع تغذیه

منبع تغذیه^۱ وظیفه تولید انرژی الکتریکی را برعهده دارد. نیروگاه‌های تولید برق و باتری‌ها منابع تغذیه‌ای هستند که در آنها سایر انرژی‌ها به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. منابع تغذیه به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف - منبع تغذیه جریان مستقیم

منبع تغذیه جریان مستقیم، منبعی است که جهت جریان آن تغییر نمی‌کند و آن را با حرف اختصاری DC نشان می‌دهند. ژنراتورهای جریان مستقیم، باتری‌ها و نیروگاه‌های خورشیدی از منابع تغذیه جریان مستقیم هستند. علامت اختصاری منبع تغذیه جریان مستقیم مطابق شکل ۴۵ است.



شکل ۴۵

ب - منبع تغذیه جریان متناوب

منبع تغذیه جریان متناوب منبعی است که جهت جریان آن تغییر می‌کند و دارای فرکانس است و آن را با حرف اختصاری AC نشان می‌دهند. انرژی الکتریکی غالباً توسط ژنراتورها در نیروگاه‌های برق به صورت جریان متناوب تولید می‌شود. علامت اختصاری منبع تغذیه جریان متناوب مطابق شکل ۴۶ است.



شکل ۴۶

^۱ -Power Source

مصرف کننده الکتریکی

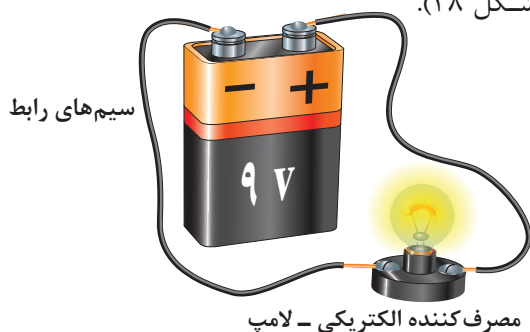


شکل ۴۷

مصرف کننده الکتریکی^۱، انرژی الکتریکی را تبدیل یا ذخیره می‌سازد. موتورهای الکتریکی، لامپ‌ها، بخاری برقی و... جزء بارهایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی، نور یا حرارتی تبدیل می‌کنند اما بارهای خازنی و یا سلفی که در فصل‌های بعد با آنها آشنا خواهید شد انرژی الکتریکی را در خود ذخیره می‌سازند (شکل ۴۷).

سیم رابط

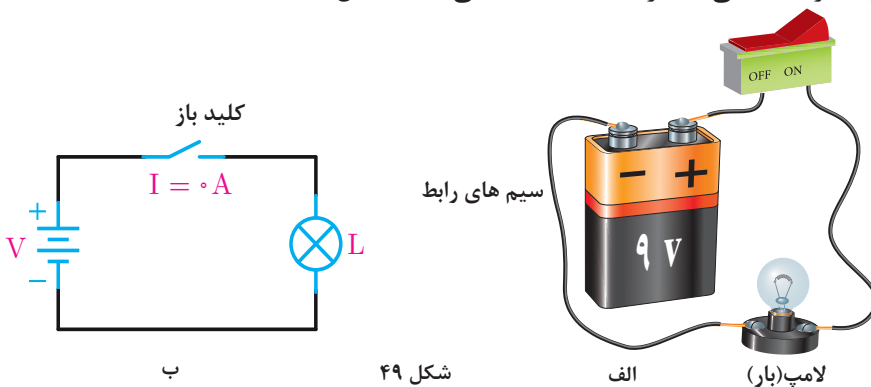
سیم رابط، ارتباط بین منبع تغذیه و مصرف کننده الکتریکی را به منظور انتقال انرژی الکتریکی از منبع تغذیه به مصرف کننده فراهم می‌سازد (شکل ۴۸).



شکل ۴۸

کلید

در صورتی که قصد قطع و وصل مدار (کنترل مصرف کننده) الکتریکی را داشته باشیم، لازم است تا مسیر عبور جریان الکتریکی را قطع یا وصل کنیم که معمولاً این کار توسط کلید انجام می‌گیرد. کلید از اجزای اصلی مدار به حساب نمی‌آید (شکل ۴۹).



شکل ۴۹

^۱-Electrical Load



۱- کمیت‌های زیر را تعریف کنید:

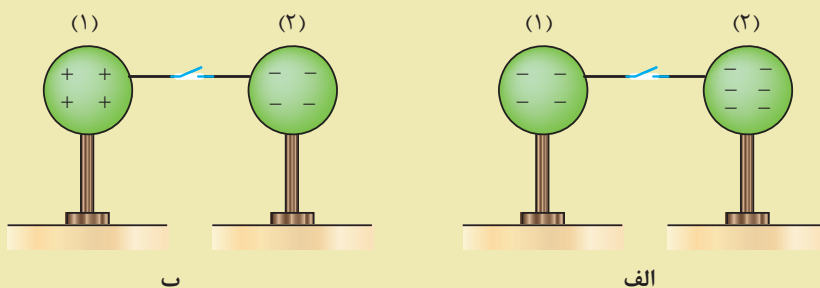
الف) عدد اتمی (ب) بار الکتریکی (ج) لایه والانس (د) نیمه هادی

۲- مس و نقره هر کدام یک الکترون در لایه والانس خود دارند. چرا نقره هادی بهتری است؟

۳- قانون کولن را تعریف کنید و رابطه آن را بنویسید.

۴- میدان الکتریکی را تعریف کنید و رابطه آن را بنویسید.

۵- در هر شکل زیر پس از وصل کلید، جهت حرکت بارهای مثبت را مشخص کنید.

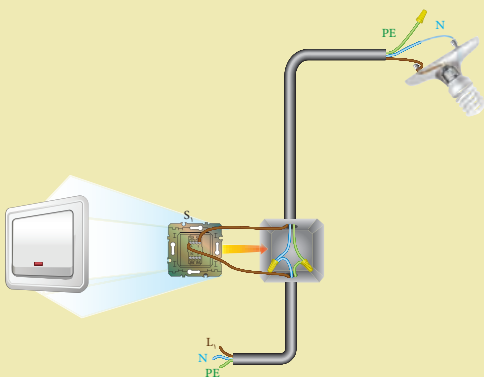


۶- پتانسیل الکتریکی را تعریف کنید.

۷- شدت جریان الکتریکی را تعریف کنید و رابطه آن را بنویسید.

۸- مدار الکتریکی را تعریف کنید و اجزای اصلی آن را نام ببرید.

۹- در مدار شکل روبه‌رو کدام اجزای مدار آورده شده است؟ نوع تغذیه این مدار از نظر جریان متناوب یا مستقیم، کدام است؟



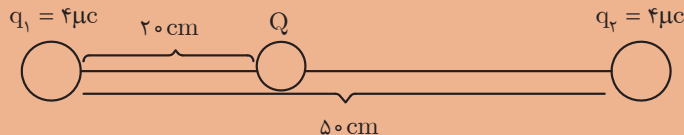
۱- عدد اتمی مس برابر ۲۹ می‌باشد. بار الکتریکی اطراف هسته چند کولن و چه نوعی می‌باشد؟

۲- اگر بار الکتریکی اتم مس $3/2 \times 10^{-19} \text{ C}$ باشد تعداد الکترون‌های اطراف هسته را مشخص کنید.

۳- بیشترین الکترون که می‌تواند در لایه چهارم یک اتم در اطراف هسته وجود داشته باشد چه تعدادی است؟

۴- دو بار الکتریکی مشابه $q = 5 \mu\text{C}$ در فاصله 10 cm از هم قرار دارند. نیروی کولنی بین آنها چه نوع و چه مقدار است؟

۵- در شکل زیر از طرف بار $q_1 = 4\mu\text{C}$ و $q_2 = 9\mu\text{C}$ چه نیرویی بر بار $Q = 2\mu\text{C}$ وارد می‌شود؟ آیا می‌توان نیروی کولنی کل را به دست آورد؟



۶- دو بار نقطه‌ای مثبت و مساوی، هر یک برابر 10^{-4} کولن به فاصله دو متر از یکدیگر قرار دارند. نیروی بین آنها چند نیوتن است؟

۷- اندازه و نوع نیروی بین یک بار منفی ۵ میکروکولنی و یک بار مثبت ۲ میکروکولنی را که به فاصله ۹ سانتی‌متر از یکدیگر قرار دارند، تعیین کنید.

۸- دو بار همنام وقتی به فاصله d از یکدیگر واقع شوند، نیروی معین F را به هم وارد می‌کنند.

(الف) اگر فاصله دو بار را نصف، دو برابر یا سه برابر کنیم، F به چه نسبتی تغییر خواهد کرد؟

(ب) اگر در فاصله ثابت d اندازه یکی از بارهای الکتریکی را نصف یا دو برابر یا سه برابر کنیم، F به چه نسبتی تغییر می‌کند؟

۹- بار مثبت 5×10^{-7} کولنی وقتی در نقطه‌ای از یک میدان الکتریکی قرار گیرد، نیرویی برابر 0.4 N بر آن وارد می‌شود. شدت میدان الکتریکی را در این نقطه حساب کنید.

۱۰- شدت میدان الکتریکی در یک میدان یکنواخت (یعنی میدانی که شدت آن ثابت و خطوط نیروی آن موازی و هم جهت است) برابر $1000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ است. اندازه نیروی وارد بر یک الکترون را وقتی که در این میدان قرار می‌گیرد، حساب کنید. بار الکتریکی الکترون را $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ بگیرید.

۱۱- بار الکتریکی q در میدان الکتریکی یکنواخت به شدت $20 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ قرار گرفته و نیرویی برابر 3×10^{-4} بر آن وارد شده است، مقدار بار q چند کولن است؟

۱۲- در نقطه‌ای بر بار $q = 4\mu\text{C}$ نیروی کولنی 5 N وارد می‌شود. شدت میدان الکتریکی در آن نقطه را به دست آورید.

۱۳- انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شده در یک کره رسانا 50 mJ و پتانسیل الکتریکی آن 250 V می‌باشد. بار انباشته شده روی آن چند کولن است؟

۱۴- بار الکتریکی عبوری از مداری با جریان الکتریکی ۳ آمپر در مدت ۱۰ میلی ثانیه چند کولن است؟

۱۵- در اثر رعد و برق در مدت 2 ms تعداد 5×10^{21} الکترون از تنه یک درخت عبور می‌کند. حساب کنید شدت جریان عبوری از آن چند آمپر است؟ جریان حاصل از این رعد و برق چند برابر جریان مصرفی یک خانه مسکونی است در صورتی که جریان مصرفی یک خانه مسکونی ۳۲ آمپر فرض شود؟

واحد یادگیری ۳

آثار جریان الکتریکی



تولید گرما به وسیله جریان الکتریکی



شکل ۵۰

جریان الکتریکی هنگام عبور از سیم، در آن مقداری گرما تولید می‌کند. این بدان علت است که مقداری انرژی مصرف می‌شود تا جریان از سیم عبور کند و این انرژی به صورت گرما ظاهر می‌شود. چون عبور جریان از یک هادی خوب آسان‌تر است، نتیجه می‌گیریم که در آن حرارت کمتری تولید می‌شود. شکل ۵۰ موارد استفاده اثر حرارتی الکتریسیته را نمایش می‌دهد.

تولید نور به وسیله جریان الکتریکی

وقتی که از هادی‌های ضعیف‌جریانی عبور می‌کند، داغ می‌شوند و این گرما را به صورت نور قرمز یا سفید ظاهر می‌کند. در نتیجه، به علت گرما و التهاب، درخشش و روشنایی تولید می‌شود که اساس کار لامپ رشته‌ای است (شکل ۵۱).



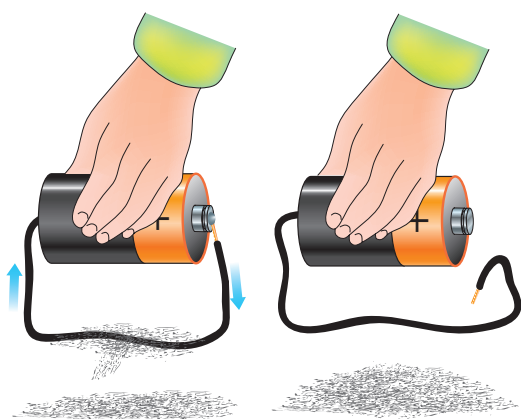
شکل ۵۱

نور را می‌توان بدون حرارت زیاد نیز توسط جریان الکتریکی تولید کرد. بسیاری از گازها به هنگام هدایت جریان یونیزه می‌شوند و تابش‌های نوری تولید می‌کنند. نئون، آرگون و بخار جیوه را می‌توان به عنوان مثال نام برد. موارد استفاده آن را نیز در چراغ‌های معابر و لامپ‌های نئون تبلیغاتی فروشگاه‌ها دیده‌اید. گازی مانند بخار جیوه هنگام حمل جریان الکتریکی یونیزه می‌شود و اشعهٔ ماورای بنفش از خود متصاعد می‌کند. این اشعه با لایه فسفرسانس (پودر سفیدرنگ چسبیده به جداره داخلی لامپ فلورسنت یا مهتابی) برخورد می‌کنند و نور سفید می‌دهند (شکل ۵۲).



شکل ۵۲

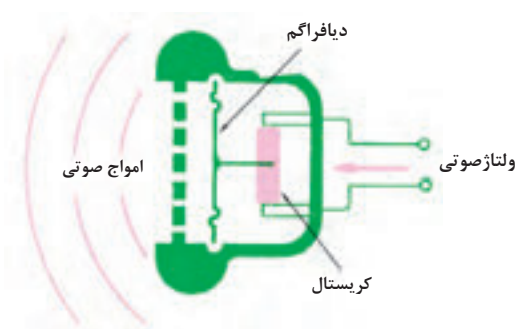
تولید مغناطیس به وسیلهٔ جریان الکتریکی



شکل ۵۳

هر هادی که جریان الکتریکی از آن بگذرد، مانند یک مغناطیس عمل می‌کند. به این خاصیت، خاصیت مغناطیسی می‌گویند. در شکل ۵۳ هنگامی که جریان الکتریکی از سیم عبور کند، سیم مانند مغناطیس عمل می‌کند و براده‌های آهن را جذب می‌نماید، در صورت قطع شدن سیم، خاصیت مغناطیسی سیم از بین می‌رود و براده‌ها می‌افتند.

تولید فشار به وسیله جریان الکتریکی



شکل ۵۴

همان‌طور که نیرو یا فشار در بعضی از کریستال‌ها خمش یا چرخش ایجاد می‌کند، اختلاف پتانسیل الکتریکی نیز باعث خمش یا چرخش در کریستال می‌شود و نیرو تولید می‌گردد. در شکل ۵۴ وقتی ولتاژ صوتی به کریستال‌های گوشه‌ای داده می‌شود، کریستال‌ها ارتعاش می‌کنند و دیافراگم را می‌لرزانند. در نتیجه این امر، صدا از طریق گوشه شنیده می‌شود.

تولید واکنش‌های شیمیایی از طریق جریان الکتریکی

بار الکتریکی نیروی اصلی است که باعث پیوند شیمیایی ترکیبات می‌شود؛ به همین دلیل، برای ایجاد اثرات شیمیایی می‌توان از جریان الکتریکی یا اختلاف پتانسیل الکتریکی استفاده کرد. در الکتروشیمی به این پدیده الکترولیز می‌گویند. یک نمونه از کاربرد الکترولیز، آبکاری برقی است. اگر آب با سولفات مس (SO_4Cu) همراه باشد، سولفات مس به یون‌های مثبت مس (Cu^{++}) و یون‌های منفی سولفات (SO_4^{2-}) تجزیه می‌شود.



شکل ۵۵

یون‌های مس به سمت الکتروود منفی می‌روند و الکترون جذب می‌کنند ولی چون مس فلز است، به الکتروود خواهد چسبید (شکل ۵۵). پس از مدتی، الکتروود به طور کامل در لایه‌ای از مس پوشیده خواهد شد. از این طریق می‌توان با نقره و طلا نیز آبکاری کرد.

پرسش



- ۱- پنج اثر جریان الکتریکی را نام ببرید.
- ۲- آبکاری برقی چیست؟
- ۳- لامپ معمولی چگونه نور تولید می‌کند؟
- ۴- در لامپ‌های نئون از یک به عنوان هادی استفاده شده است.
- ۵- گوشی کریستالی بر اساس چه قانونی کار می‌کند؟ کدام وسایل دیگر نیز بر مبنای این قانون کار می‌کنند؟
- ۶- خاصیت مغناطیس تولید شده توسط الکتریسیته چیست؟

پروفسور لطفی زاده (لطفعلی عسگرزاده)، مبدع منطق نوین فازی



پروفسور لطفی زاده در سال ۱۲۹۹ شمسی متولد شد. دوران متوسطه را در مدرسه البرز تهران از دانش آموزان ممتاز بود، پس از آن در دانشگاه تهران پذیرفته شد و در امتحانات سراسری ورود به دانشگاه، مقام دوم را کسب نمود. او جزء اولین گروه دانشجویانی بود که در رشته فنی دانشگاه تهران فارغ التحصیل شد و برای ادامه تحصیل به آمریکا و به دانشگاه MIT رفت. او درجه فوق لیسانس را در مهندسی برق دریافت کرد و در سال ۱۳۳۵ درجه دکتری خود را در رشته مهندسی برق از دانشگاه برکلی کلمبیا دریافت نمود و به استادان دانشگاه کلمبیا ملحق شد. در سال ۱۳۴۲ ریاست دپارتمان مهندسی برق دانشگاه برکلی را که بالاترین عنوان در رشته مهندسی است به عهده گرفت. به اعتقاد بسیاری لطفی زاده یکی از باهوش ترین و برجسته ترین مردانی است که رشته مهندسی برق به خود دیده است. پروفسور «لطفی زاده» در جهان علم به «زاده» مشهور است، او مخترع منطق علمی نوین «فازی» است، که جهان صنعت را دگرگون کرد.

منطق فازی در یک نگاه :

برخلاف آموزش سنتی در ریاضی، او منطق انسانی و زبان طبیعت را وارد ریاضی کرد. اگر در ریاضی، دو رنگ سفید و سیاه را صفر و یک تصور کنیم، منطق ریاضی، طیفی به جز این دو رنگ سیاه و سفید نمی شناسد. ولی در مجموعه های نامعین منطق فازی، بین سیاه و سفید مجموعه ای از طیف های خاکستری هم لحاظ می شود و به این طریق فصل مشترک ساده ای بین انسان و رایانه به وجود می آید.

این منطق حدود چهل سال پیش در امریکا توسط لطفی زاده پایه ریزی شد و برای اولین بار در سال ۱۳۵۳ در اروپا برای تنظیم دستگاه تولید بخار، در یک نیروگاه کاربرد علمی پیدا کرد. تحول واقعی در کاربرد منطق فازی در سال ۱۳۵۹ در ژاپن اتفاق افتاد و در سال ۱۳۶۹ در ژاپن کلمه فازی، به عنوان کلمه سال انتخاب شد.

کاربرد منطق فازی در طبیعت:

دستگاه ها و لوازم خانگی کنترل فازی که کنترل پذیری بهتری دارند عبارتند از ماشین لباسشویی و دوربین های دیجیتال و ویدئو، یخچال، سیستم های تهویه مطبوع، جارو برقی، کنترل خودکار ترافیک، سیستم ترمز اتومبیل ها، ماشین های صنعتی هوشمند، سیستم های تشخیصی هویت از روی اثر انگشت یا تصویر مردمک چشم و حتی غلط یاب تایپی در نرم افزارهای نگارشی مانند word و... امروزه هیچ دستگاه الکترونیکی ای، مخصوصاً لوازم خانگی بدون این منطق در ساختار خود تولید نمی شوند.

استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی مبتنی بر شایستگی درس دانش فنی پایه

رشته تحصیلی: الکتروتکنیک

پایه: دهم

سال تحصیلی:

کد رشته: ۰۷۱۳۱۰

کد درس:

کد کتاب: ۲۱۰۲۶۳

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	عنوان پودمان
۳	۱- تحلیل تولید و انتقال انرژی از نیروگاه تا مصرف در حالت‌های مختلف ۲- محاسبه نیروی بین دو بار الکتریکی در موقعیت‌های مختلف حقیقی ۳- تحلیل شدت میدان الکتریکی بین چندبار مختلف	بالاتر از حد انتظار	تحلیل انتقال انرژی الکتریکی از تولید تا مصرف از دیدگاه افت توان با استفاده از نقشه، نوع مصرف و توزیع بار موقعیتی	۱- بررسی روش‌های تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی ۲- کاربرد قانون کولن در موقعیت‌های مختلف عملکردی	پودمان ۱: تولید انرژی الکتریکی
۲	۱- تحلیل تولید و انتقال انرژی از نیروگاه تا مصرف در حالت‌های مختلف ۲- محاسبه نیروی بین دو بار الکتریکی در موقعیت‌های مختلف حقیقی	در حد انتظار	با استفاده از قانون کولن مقدار و نوع نیروی بین بارهای الکتریکی را تشخیص دهد.		
۱	تعیین وضعیت انتقال انرژی	پایین تر از حد انتظار			
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان	
				نمره پودمان از ۲۰	

کار و توان الکتریکی

در این فصل مطالب زیر را فراخواهید گرفت:

۱- مقاومت الکتریکی

۲- قانون اهم

۳- کار الکتریکی

۴- توان الکتریکی

۵- بازده

واحد یادگیری ۴

مقاومت الکتریکی



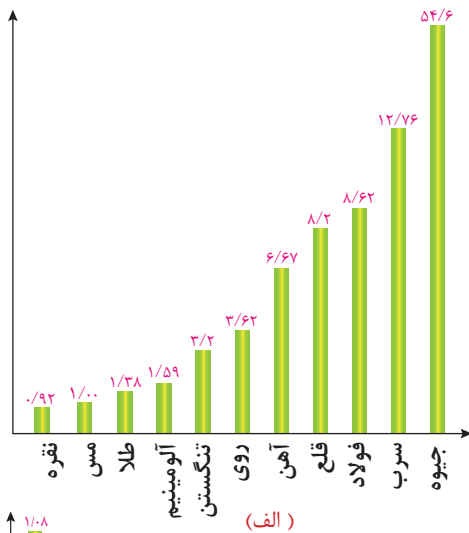
مقاومت الکتریکی



شکل ۱- سیمون اهم

مقاومت الکتریکی عبارت است از مخالفتی که اجسام در مقابل عبور جریان الکتریکی از خود نشان می‌دهند. هادی‌ها نسبت به عایق‌ها جریان الکتریکی را به راحتی از خود عبور می‌دهند و مقاومت زیادی از خود نشان نمی‌دهند. در حدود سال‌های ۱۸۰۰ یک دانشمند آلمانی به نام گئورگ سیمون اهم آزمایش‌هایی در مورد مدارها و هادی‌ها انجام داد و نکات مهمی را در مورد ماهیت مقاومت الکتریکی کشف کرد. برای قدردانی از این شخص، واحد مقاومت به نام اهم نامیده شده است (شکل ۱).

مقاومت الکتریکی مخصوص



مقاومت الکتریکی مخصوص، مقاومت الکتریکی جسمی به طول یک متر با سطح مقطع یک میلی‌متر مربع است. آن را با حرف ρ نشان می‌دهند. مقاومت الکتریکی مخصوص چند فلز در مقایسه با مس در (شکل ۲- الف) نشان داده شده است.

عکس مقاومت الکتریکی مخصوص را هدایت الکتریکی مخصوص گویند و با κ نشان می‌دهند، هدایت الکتریکی مخصوص چند فلز در مقایسه با مس در (شکل ۲- ب) نشان داده شده است.

بین مقاومت الکتریکی مخصوص با هدایت الکتریکی مخصوص رابطه زیر برقرار است.

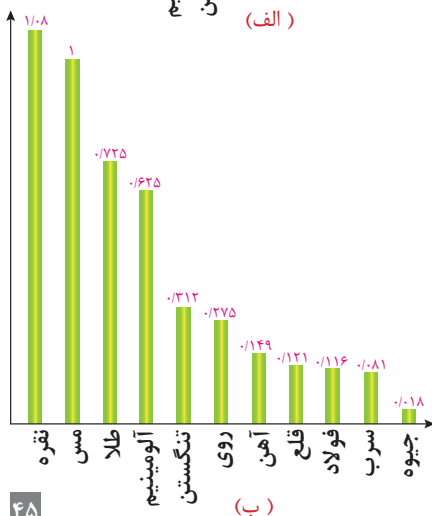
$$\rho = \frac{1}{\kappa}$$

که در این رابطه :

$$\left[\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \right] \quad \rho \text{ مقاومت الکتریکی مخصوص}$$

$$\left[\frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2} \right] \quad \kappa \text{ هدایت الکتریکی مخصوص}$$

شکل ۲



عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی

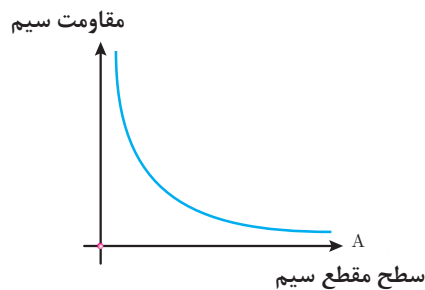
عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی هادی‌ها عبارت‌اند از :

- سطح مقطع هادی
- طول هادی
- جنس هادی

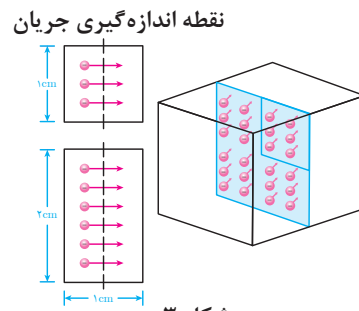
تأثیر سطح مقطع هادی بر مقاومت الکتریکی :

مقدار جریان الکتریکی به تعداد الکترون‌های آزاد موجود در سیم بستگی دارد؛ بنابراین با افزایش سطح مقطع هادی تعداد الکترون‌های آزاد بیشتر می‌شود. تا مقدار بیشتری جریان الکتریکی بتواند از آن عبور کند.

یک قطعه مس به ارتفاع ۲ و عرض ۱ سانتی‌متر در محل اندازه‌گیری جریان الکتریکی دو برابر قطعه مسی به ارتفاع ۱ و عرض ۱ سانتی‌متر الکترون آزاد قابل دسترسی دارد. پس مس به ارتفاع دو برابر، دو بار بیشتر جریان را هدایت می‌کند. چنانچه پهنای قطعه مسی که به کار می‌برید دو برابر باشد، قابلیت هدایت آن دو برابر و مقاومت آن نصف می‌شود (شکل ۳). (شکل ۴) تغییرات مقاومت نسبت به سطح مقطع هادی را نمایش می‌دهد. طبق این نمودار هر قدر سطح مقطع افزایش پیدا می‌کند، مقاومت الکتریکی کمتر می‌شود.



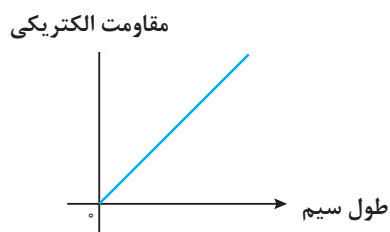
شکل ۴



شکل ۳

تأثیر طول هادی بر مقاومت الکتریکی :

در یک قطعه هادی بلند، تعداد بیشتری الکترون آزاد وجود دارد ولی الکترون‌های آزاد اضافی در طول سیم، در اندازه‌گیری جریان الکتریکی داخل نمی‌شوند. در واقع هر طول معین از هادی، مقدار معینی مقاومت الکتریکی دارد و هرچه سیم طولی‌تر باشد، مقاومت الکتریکی آن نیز بیشتر است.

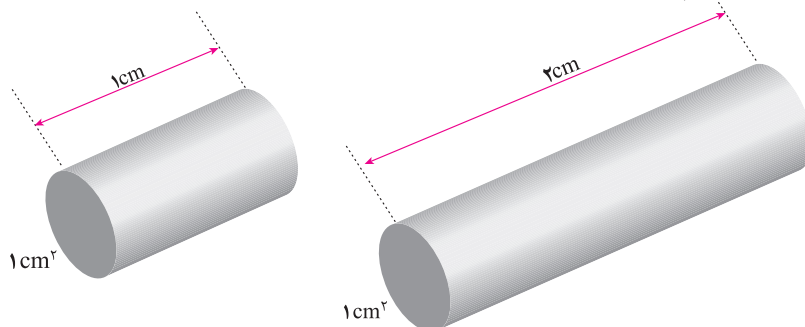


شکل ۵

(شکل ۵) تغییرات مقاومت برحسب طول هادی را نشان می‌دهد. طبق این نمودار هر قدر طول هادی زیاد شود، مقاومت الکتریکی افزایش می‌یابد.

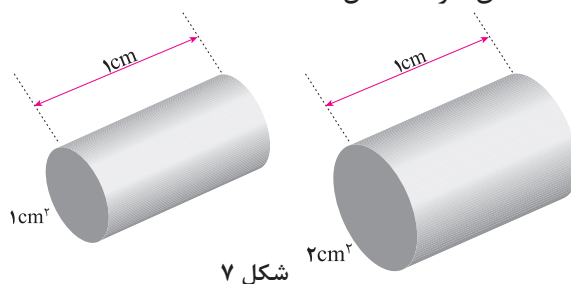
رابطه مقاومت الکتریکی هادی :

اگر طول یک سیم (L) را زیاد کنیم، مقاومت آن زیاد می‌شود و برعکس، اگر طول سیم را کم کنیم، مقاومت آن کم می‌شود.
اگر طول سیم را مثلاً دو برابر کنیم، مقاومت آن را دو برابر کرده‌ایم، پس مقاومت یک سیم با طول آن نسبت مستقیم دارد (شکل ۶).



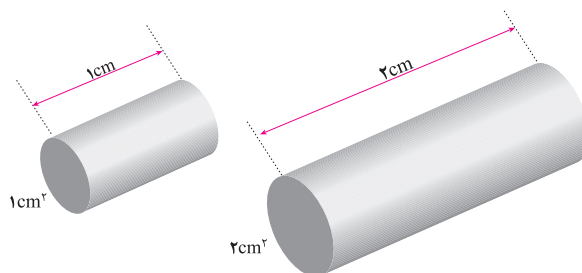
شکل ۶

همچنین می‌توان با اضافه کردن سطح مقطع (A) مقاومت را کم کرد و با کم کردن سطح مقطع بر مقاومت افزود.
اگر سطح مقطع سیم را دو برابر کنیم، مقاومت آن نصف می‌شود. در نتیجه می‌گوییم مقاومت با سطح مقطع عکس دارد (شکل ۷).



شکل ۷

اگر طول سیم دو برابر و سطح مقطع آن دو برابر شود، مقاومت الکتریکی نسبت به وضعیت قبلی تغییر نخواهد کرد (شکل ۸).



شکل ۸

مقاومت الکتریکی مخصوص و هدایت الکتریکی مخصوص به جنس هادی بستگی دارد؛ از رابطه زیر مقاومت الکتریکی رسانا به دست می آید.

$$R = \frac{L}{\kappa \cdot A} \quad \text{یا} \quad R = \rho \frac{L}{A}$$

در این رابطه: R مقاومت الکتریکی سیم بر حسب اهم $[\Omega]$

L طول سیم بر حسب متر $[m]$

A سطح مقطع سیم بر حسب میلی متر مربع $[mm^2]$

ρ مقاومت الکتریکی مخصوص بر حسب $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$

κ هدایت الکتریکی مخصوص بر حسب $\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$ است.

مثال: سیم مسی به طول ۱۱۲ متر با سطح مقطع 4 mm^2 و هدایت مخصوص $\kappa = 56 \left(\frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \right)$ مفروض است. مقاومت الکتریکی سیم چند اهم است؟

$$R = \frac{L}{\kappa \cdot A} = \frac{112}{56 \times 4} = 0.5 \Omega \rightarrow R = 0.5 \Omega$$

مثال: برای ساختن یک مقاومت الکتریکی 10 اهمی، چند متر سیم آلومینیومی با سطح مقطع $1/5 \text{ mm}^2$ مورد نیاز است؟ $\kappa_{AL} = 35 \left(\frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \right)$

$$R = \frac{L}{\kappa \cdot A} \Rightarrow 10 = \frac{L}{35 \times 1/5} \rightarrow L = 10 \times 35 \times 1/5 = 525 \text{ m}$$

- اثر حرارت بر مقاومت الکتریکی :

آنچه در مورد مقاومت گفته شد، همه در دمای اتاق صادق است. در دماهای کمتر یا بیشتر، مقدار مقاومت کلیه فلزات تغییر می کند. تغییر مقاومت بر اثر حرارت در فلزات مختلف متفاوت است، تغییرات واحد مقاومت الکتریکی به ازای یک درجه سانتی گراد را ضریب حرارتی می گویند و آن را با (α) نمایش می دهند؛ برای مثال اگر $\alpha = 0.004$ باشد یعنی اینکه واحد مقاومت آن جسم به ازای یک درجه سانتی گراد 0.004 اهم افزایش یا کاهش می یابد. اگر مقاومت الکتریکی جسمی بر اثر حرارت افزایش یابد، ضریب حرارتی (α) مثبت و در صورت کاهش مقاومت، ضریب حرارتی (α) منفی خواهد بود. در مورد اول، فلز را PTC^۱ و در مورد دوم NTC^۲ می نامند.

۱-Positive Temperature Coefficient

۲-Negative Temperature Coefficient



شکل ۹

مقاومت الکتریکی رسانا در اثر تغییر دما از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R = R_0(1 + a\Delta\theta)$$

که در این رابطه:

R_0 مقاومت اولیه رسانا بر حسب اهم $[\Omega]$

R مقاومت الکتریکی رسانا پس از تغییر دما بر حسب اهم $[\Omega]$

α ضریب حرارتی بر حسب $\left[\frac{1}{^\circ C}\right]$

$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ تغییرات دمایی رسانا بر حسب درجه سانتی‌گراد $[^\circ C]$ است.

مثال: مقاومت الکتریکی سیمی در صفر درجه سانتی‌گراد 2Ω اهم است. اگر دمایی سیم

به 100 درجه سانتی‌گراد برسد، مقاومت الکتریکی آن چند اهم می‌شود؟ $\left(a = 0.004 \frac{1}{^\circ C}\right)$

حل:

$$R_0 = 2\Omega$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 100 - 0 = 100^\circ C$$

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta\theta)$$

$$R = 2(1 + 0.004 \times 100)$$

$$R = 2.8[\Omega]$$

قانون اهم

قانون اهم بیان می‌کند نسبت اختلاف پتانسیل دو سرهادی به شدت جریان آن در دمایی معین مقداری ثابت است که این مقدار ثابت را «مقاومت الکتریکی» هادی گویند و با R نشان می‌دهند و از رابطه $R = \frac{V}{I}$ به دست می‌آید.

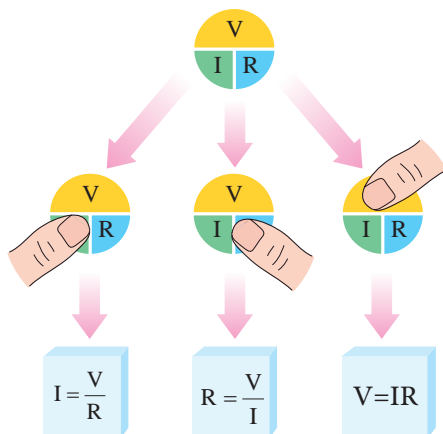
که در این رابطه :

V اختلاف پتانسیل دو سر هادی [v]

I شدت جریان هادی [A]

R مقاومت الکتریکی [Ω]

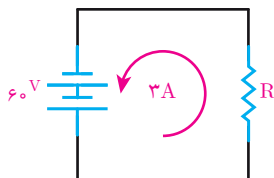
است. نحوه استفاده از قانون اهم در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۰

(شکل ۱۰) برای یادآوری سه شکل قانون اهم قابل استفاده است. در این شکل هر کدام از علامت‌ها را با انگشت بیوشانید، علائم دیگر رابطه کمیت اشاره شده را نشان می‌دهد و مقدار مجهول به راحتی به دست می‌آید.

مثال: اگر در مدار (شکل ۱۱) شدت جریان ۳ آمپر از مقاومت عبور کند، مقاومت مدار چقدر است؟



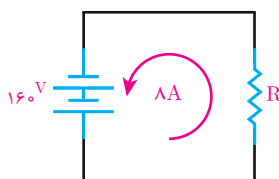
شکل ۱۱



$$R = \frac{V}{I} = \frac{60}{3}$$

$$R = 20 \Omega$$

مثال: اگر در مدار (شکل ۱۲) بخواهیم شدت جریان مدار ۸ آمپر شود، چه مقاومتی باید در مدار قرار گیرد؟

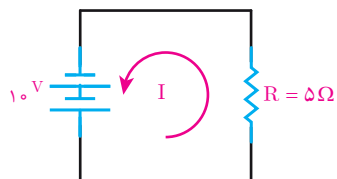


شکل ۱۲



$$R = \frac{V}{I} = \frac{160}{8} \quad R = 20 \Omega$$

مثال: اگر در مدار (شکل ۱۳) ولتاژی برابر با ۱۰ ولت به دو سر مقاومتی برابر ۵ اهم اعمال شود، شدت جریان مدار چقدر است؟



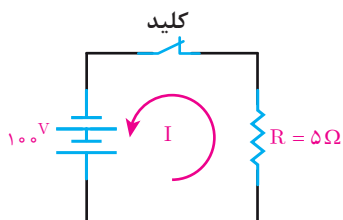
شکل ۱۳



$$I = \frac{V}{R} = \frac{10}{5}$$

$$I = 2A$$

مثال: شدت جریان الکتریکی در مدار (شکل ۱۴) چند آمپر است؟

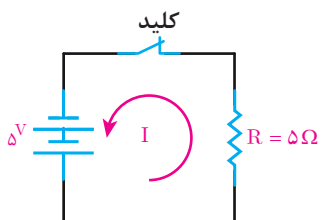


شکل ۱۴

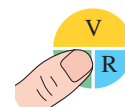


$$I = \frac{V}{R} = \frac{100}{5} = 20A$$

مثال: شدت جریان الکتریکی مدار (شکل ۱۵) را به دست آورید.



شکل ۱۵



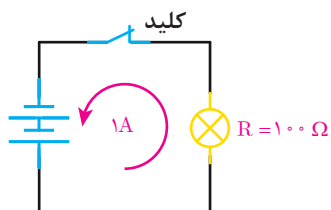
$$I = \frac{V}{R} = \frac{5}{5} = 1A$$

با مقایسه نتایج دو مثال قبل چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

فعالیت کلاسی



مثال: اگر از لامپی به مقاومت ۱۰۰ اهم جریانی به شدت ۱ آمپر عبور کند، با توجه به (شکل ۱۶) ولتاژ منبع چند ولت است؟



شکل ۱۶



$$V = I.R = 1 \times 100$$

$$V = 100V$$

مثال: چنانچه باتری مثال بالا در اثر فرسودگی، جریان ۰/۵ آمپر را در مدار جاری کند، ولتاژ منبع به چه میزان کاهش یافته است؟



$$V = I.R = 0.5 \times 100$$

$$V = 50V$$

$$100 - 50 = 50V$$

ابرسانا

اگر دمای فلزات مختلف را تا دمای معینی (دمای بحرانی) پایین آوریم، پدیده شگرفی در آنها اتفاق می‌افتد که طی آن مقدار مقاومت فلزات در برابر عبور جریان برق به طور ناگهانی تا حد صفر کاهش می‌یابد. در این شرایط است که فلزها تبدیل به ابر رسانا خواهند شد. تبدیل به حالت ابرسانایی، فقط مربوط به فلزات نمی‌شود بلکه این حالت در جیوه ناخالص نیز اتفاق می‌افتد. تاکنون مشخص شده است که تقریباً نیمی از عناصر فلزی و همچنین برخی آلیاژها و سرامیک‌ها در درجه حرارت‌های پایین ابر رسانا می‌شوند.

کاربرد ابرسانا

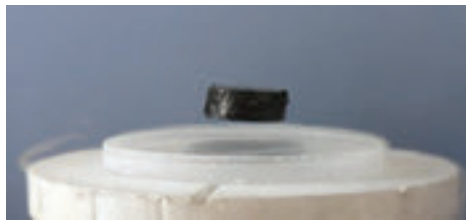
هر ماده اگر قبل از ابر رسانا شدن در میدان مغناطیسی قرار گیرد از آن خطوط میدان مغناطیسی عبور می‌کند؛ چنانچه در حضور میدان مغناطیسی به دمای بحرانی برسد و ابرسانا شود دیگر هیچ‌گونه خطوط میدان مغناطیسی از آن عبور نمی‌کند.

در (شکل ۱۷- الف) یک قطعه آهنربا روی یک قطعه ابرسانا شناور است طبق خاصیتی که در بالا گفتیم ابر رساناها می‌توانند خطوط میدان مغناطیس را به خارج پرتاب کنند و همان‌طور که می‌بینیم قرص مغناطیسی را شناور نگه داشته است.

کاربرد جالب این مطلب در ساخت قطارهای سریع‌السیر یا قطارهای شناور است. نمونه‌هایی از این‌گونه قطارها که در سال ۲۰۰۰ میلادی در ژاپن ساخته شد، با سرعت 581 km/h حرکت می‌کند. در این قطارها به جای استفاده از چرخ از میدان مغناطیسی استفاده شده است. در این حالت قطارهای سریع‌السیر در حال حرکت معمولاً چند سانتی‌متر با ریل فاصله دارد و تماسی با ریل پیدا نمی‌کنند. به این نوع قطارها ماگلو (Maglev) گفته می‌شود (شکل ۱۷- ب).



ب



الف

شکل ۱۷



- ۱- مقاومت الکتریکی مخصوص و هدایت الکتریکی مخصوص را تعریف کنید.
- ۲- مقاومت الکتریکی مخصوص فلز روی چند برابر مقاومت الکتریکی مخصوص نقره است؟
- ۳- عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی هادی‌ها را نام ببرید.
- ۴- از مقایسه نمودار تغییرات مقاومت الکتریکی رسانا برحسب سطح مقطع سیم و طول سیم چه نتیجه‌ای می‌گیریم؟
- ۵- قانون اهم را تعریف کنید.
- ۶- ضریب حرارتی را تعریف کنید و واحد آن را بنویسید.
- ۷- ابرسانا را تعریف کنید و کاربرد آن را بنویسید.
- ۸- اگر دانش‌آموزی هنگام خاموش بودن لامپ رشته‌ای مقاومت آن را اندازه‌گیری کند و بار دیگر وقتی لامپ روشن است مقاومت الکتریکی آن را محاسبه کند آیا مقادیر به دست آمده یکسان است؟ چرا؟



- ۱- مقاومت الکتریکی مخصوص آلومینیوم نسبت به مس برابر $1/59$ می‌باشد، هدایت الکتریکی آن نسبت به مس را حساب کنید.
 - ۲- برای ساختن یک مقاومت 5Ω چند متر سیم مسی با سطح مقطع $1/5\text{mm}^2$ مورد نیاز است؟ ($K_{cu}=56$)
 - ۳- روی یک هسته 500 دور سیم مسی با سطح مقطع 5mm^2 پیچیده‌ایم اگر شعاع هسته $2/5\text{cm}$ باشد مقاومت الکتریکی سیم پیچ را حساب کنید.
 - ۴- درون یک وسیله برقی 80m سیم آلومینیومی با قطر $1/5\text{mm}$ استفاده شده است: الف) مقاومت الکتریکی آن را بیابید.
ب) در صورتی که بخواهیم سیم مسی با قطر $1/5\text{mm}$ جایگزین آن کنیم در صورتی که مقاومت الکتریکی تغییر نکند طول سیم مسی را بیابید.
 - ۵- دمای سیم پیچ یک وسیله برقی بر اثر کار کردن از 25°C به 75°C افزایش می‌یابد. اگر مقاومت الکتریکی آن در 25°C برابر $1/8\Omega$ باشد مقاومت آن چند اهم افزایش می‌یابد؟
- $$\alpha = 0/004 \left[\frac{1}{^\circ\text{C}} \right]$$
- ۶- جریان الکتریکی عبوری از لامپی که مقاومت الکتریکی آن 50Ω و ولتاژ تغذیه آن 200V است را حساب کنید. در صورتی که در اثر روشن بودن دمای لامپ 40°C افزایش یابد جریان الکتریکی چقدر تغییر می‌کند؟

۷- به یک مقاومت $60\ \Omega$ اهمی ولتاژی برابر $36\ \text{V}$ ولت داده شده است. چه جریانی از این مقاومت عبور می‌کند؟

۸- ولتاژ لازم برای عبور جریانی برابر $1/2$ آمپر از یک مقاومت $5\ \Omega$ اهمی چقدر است؟

۹- مقاومت الکتریکی یک لامپ $150\ \Omega$ است. ولتاژی برابر $120\ \text{V}$ ولت به آن داده می‌شود. مقدار جریان عبوری را حساب کنید.

۱۰- با یک لامپ و یک منبع ولتاژ و یک آمپر متر مداری تشکیل داده ایم. اگر منبع ولتاژ را $24\ \text{V}$ ولت اختیار کنیم، آمپر متر مقدار $1/5$ آمپر را نشان خواهد داد. مقاومت الکتریکی مدار را تعیین کنید. اگر به جای منبع $24\ \text{V}$ ولتی، منبع ولتاژ $36\ \text{V}$ ولتی قرار دهیم، آمپر متر چه مقداری را نشان خواهد داد؟

۱۱- چه ولتاژی در مقاومت $40\ \Omega$ اهمی، جریانی برابر با $100\ \text{mA}$ میلی آمپر ایجاد می‌کند؟

۱۲- حداکثر ولتاژی که یک مقاومت $22/5\ \Omega$ اهمی می‌تواند تحمل کند $120\ \text{V}$ ولت است. اگر جریانی به شدت $10\ \text{A}$ آمپر از آن بگذرد آیا این مقاومت تحمل این جریان را خواهد داشت؟ چرا؟

پروفسور کارو لوکاس (لوکس) پدر علم رباتیک



در شهریور ماه ۱۳۲۸ در شهر اصفهان متولد شد. تحصیلات متوسطه خود را در دبیرستان ارامنه تهران (کوشش) گذراند و در سال ۱۳۵۲ با شایستگی، موفق به اخذ کارشناسی ارشد در رشته مهندسی کنترل از دانشگاه تهران شد.

نبوغ ذاتی او چنان عیان شده بود که در توصیه نامه علمی ایشان، استاد وی خطاب به دانشگاه‌های پراوازه آمریکا نوشت: اگر کارو را در دانشگاه خود نپذیرید، دیوانه‌اید.

دکترای خود را در رشته کنترل سیستم‌ها با گرایش اقتصاد مالی

در سال ۱۳۵۵ از دانشگاه برکلی آمریکا به دست آورد. پس از آن، وی برای خدمت میهن، فعالیت در دانشگاه تهران را برگزید.

در تدریسش تنها انتقال معلومات مدّ نظر نبود بلکه انجام پژوهش علمی و فنی اشتراکی را هدف خود قرار داده بود. وی جهت حرکت علم را به خوبی تشخیص و خود را در پیشاپیش این حرکت قرار می‌داد تا دانشگاه تهران را در زمره دانشگاه‌های پیشرفته جهان معرفی نماید. تدریس حسابداری زیستی را می‌توان به عنوان مصداق ذکر کرد.

ادامه پژوهش‌های وی به سیستم‌های هوشمند و رباتیک متمایل گردید و به حق و شایستگی پدر علم رباتیک ایران لقب گرفت. اگرچه عشق و علاقه پروفسور کارلوکس به ایران و دانشگاه تهران مثال زدنی بود اما نگاه نافذش از لزوم همکاری‌های علمی و پژوهشی بین‌المللی هرگز غافل نماند. ایشان به عنوان استاد مدعو ایرانی در دانشگاه‌های آمریکا، کانادا، ایتالیا، چین، ارمنستان و آلمان تدریس نمود و در پژوهش‌های مشترک تأثیرگذار بود، پروفسور کارلوکس استاد نمونه، چهره ماندگار مهندسی برق، برنده جشنواره‌های خوارزمی، ابن سینا و استاد برگزیده ایرانی توسط Elsevier-Scopus معرفی گردید. اما هیچ‌یک از این القاب و عناوین در برابر صفات و فضایل انسانی استاد ارزش چندانی ندارد. چهره مردانه او همیشه بشاش، متبسم، نگاهش جذاب اما مصمم و مهربان به خصوص با دانشجویانش بود.

واحد یادگیری ۵

کار و توان الکتریکی



کار الکتریکی

کار الکتریکی عبارت است از مقدار انرژی که در مصرف کننده الکتریکی به سایر انرژی‌ها تبدیل می‌شود. کار الکتریکی را با W نشان می‌دهند و واحد آن ژول (J) است. یک ژول مقدار کاری است که اختلاف پتانسیل یک ولت برای جابه جایی یک کولن الکتریسیته انجام می‌دهد. انرژی در مقاومت الکتریکی به حرارت تبدیل می‌شود و از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$W = RI^2t$$

که در این رابطه :

W کار الکتریکی [J]

R مقاومت الکتریکی [Ω]

I شدت جریان الکتریکی [A]

t زمان [s] است.

مثال: از یک اتوی برقی که مقاومت الکتریکی قسمت گرماده آن ۵۵ اهم است جریان ۴ آمپر می‌گذرد. در مدت ۲ دقیقه چه مقدار انرژی الکتریکی به حرارت تبدیل می‌شود؟ با استفاده از رابطه مقابل داریم:

$$W = RI^2t$$

$$W = 55(4)^2 \times (2 \times 60) = 105600 \text{ [J]}$$

انرژی الکتریکی مصرفی علاوه بر یکای اندازه گیری ژول برحسب کیلووات ساعت و مگاوات ساعت نیز بیان می‌شود.

هر کیلو وات ساعت (kwh) برابر چند ژول (J) می باشد؟

فعالیت



محاسبه هزینه انرژی الکتریکی مصرفی

هزینه انرژی الکتریکی مصرفی به ازای هر کیلو وات ساعت محاسبه می‌شود. برای محاسبه هزینه الکتریکی مصرفی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

بهای هر kwh انرژی الکتریکی \times مقدار انرژی الکتریکی مصرفی (kwh) = بهای برق مصرفی

مثال: یک مصرف کننده برقی ۸۰۰ وات روزی ۵ ساعت روشن است. در صورتی که بهای هر کیلو وات ساعت ۸۰۰ ریال باشد هزینه انرژی الکتریکی مصرفی آن چقدر است؟
حل:

بهای هر kwh \times انرژی الکتریکی مصرفی [kwh] = قیمت انرژی الکتریکی مصرفی

ریال $800 \times 4 = 3200$ = قیمت انرژی الکتریکی مصرفی

توان الکتریکی

توان الکتریکی، مقدار کار الکتریکی انجام شده در واحد زمان می‌باشد. توان الکتریکی را با P نشان می‌دهند و واحد آن وات (W) است. یک وات تبدیل یک ژول انرژی در مدت یک ثانیه می‌باشد. توان در مقاومت الکتریکی از رابطه زیر به دست می‌آید.

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

که در این رابطه :

P توان الکتریکی [W]

W کار الکتریکی [J]

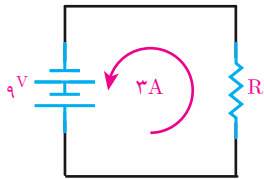
t زمان [s] است.

رابطه توان به شکل‌های زیر نیز اثبات می‌شود.

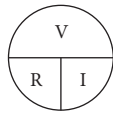
$$P = \frac{W}{t} = \frac{RI^2 t}{t} = RI^2$$

$$P = RI^2 = RI \cdot I = VI$$

مثال: در مدار (شکل ۱۸) مقدار مقاومت الکتریکی و توان مصرفی آن را محاسبه کنید.



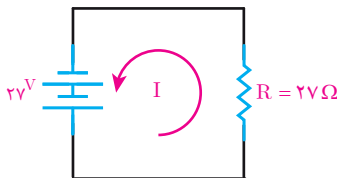
شکل ۱۸



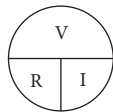
$$R = \frac{V}{I} = \frac{9}{3} = 3\Omega$$

$$P = VI = 9 \times 3 = 27W$$

مثال: در مدار (شکل ۱۹) مقدار شدت جریان و توان مصرفی مقاومت را محاسبه کنید.



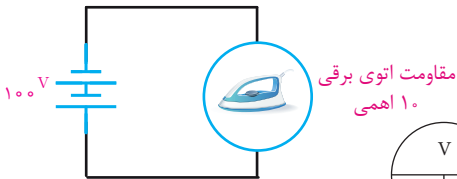
شکل ۱۹



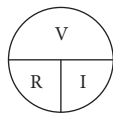
$$I = \frac{V}{R} = \frac{27}{27} = 1A$$

$$P = RI^2 = 27 \times 1^2 = 27W$$

مثال: شدت جریان و توان مصرفی اتوی برقی (شکل ۲۰) را محاسبه کنید.



شکل ۲۰

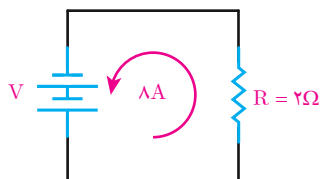


$$I = \frac{V}{R} = \frac{100}{10} = 10A$$

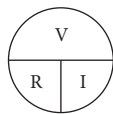
$$P = RI^2$$

$$P = 10 \times 10^2 = 1000W$$

مثال: ولتاژ منبع و توان مصرفی مقاومت ۲ اهمی مدار (شکل ۲۱) را محاسبه کنید.



شکل ۲۱



$$V = R \cdot I = 2 \times 8 = 16V$$

$$P = RI^2$$

$$P = 2 \times 8^2 = 128W$$

مثال: سماور برقی V و W و ۲۲۰ و ۲۰۰۰ مفروض است. شدت جریان و مقاومت الکتریکی قسمت گرماده آن را محاسبه کنید.

$$P = V.I \Rightarrow ۲۰۰۰ = ۲۲۰ \times I \Rightarrow I = \frac{۲۰۰۰}{۲۲۰} = ۹A$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{۲۲۰}{۹} = ۲۴/۴\Omega$$

در صورت کاهش ولتاژ به میزان ۱۸۰ ولت، شدت جریان و توان سماور چقدر می شود؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{۱۸۰}{۲۴/۴} = ۷/۳A$$

$$P = R.I^2 = ۲۴/۴ \times ۷/۳^2 = ۱۳۰۰w$$

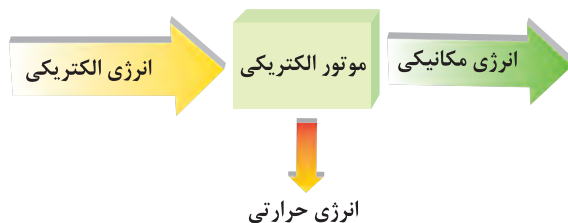


بازده

بازده یا راندمان، نسبت توان خروجی به توان ورودی وسایل الکتریکی می باشد. بازده یا راندمان را با حرف یونانی اتا η نشان می دهند. و چون از نسبت دو توان ورودی و خروجی به دست می آید بدون واحد می باشد. و معمولاً آن را برحسب درصد نشان می دهند و از رابطه زیر به دست می آید.

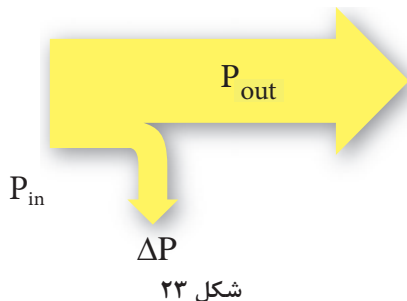
$$\eta \% = \frac{\text{توان خروجی}}{\text{توان ورودی}} \times ۱۰۰$$

موتورهای الکتریکی از وسایل الکتریکی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند اما در این فرایند بخشی از انرژی الکتریکی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود. (شکل ۲۲)



شکل ۲۲

در موتور مقداری از انرژی الکتریکی که در واحد زمان به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود، توان خروجی گویند و با P_{out} نشان می‌دهند و واحد آن وات [W] است و مقداری از انرژی الکتریکی که در واحد زمان به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود، تلفات توان گویند و با ΔP نشان می‌دهند و واحد آن نیز وات [W] است. همچنین مقدار انرژی الکتریکی که در واحد زمان از شبکه الکتریکی دریافت می‌شود توان ورودی است و با P_{in} نشان داده می‌شود و واحد آن وات [W] است. ارتباط بین توان ورودی، خروجی و تلفات توان در دیاگرام توازن توان (شکل ۲۳) نشان داده شده است. با توجه به دیاگرام توازن توان رابطه به صورت مقابل است:



شکل ۲۳

$$P_{in} = P_{out} + \Delta P$$

مثال: یک موتور الکتریکی 75° واتی از شبکه الکتریکی 1000 وات توان الکتریکی دریافت می‌کند راندمان آن چند درصد است؟ تلفات توان موتور چند وات است؟

حل:

$$\eta \% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$\eta \% = \frac{750}{1000} \times 100 = 75\%$$

با توجه به دیاگرام توازن توان می‌توان نوشت:

$$\Delta P = P_{in} - P_{out}$$

$$\Delta P = 1000 - 750 = 250 [W]$$

معمولاً توان موتورهای الکتریکی بر روی پلاک مشخصات برحسب اسب بخار [HP] نیز یادداشت می‌شود. یک اسب بخار برابر 746 وات است یعنی: $1 [Hp] = 746 [W]$

روی پلاک یک موتور الکتریکی HP ۵/۵ نوشته شده است، مقدار آن برحسب وات [W] چقدر است؟

فعالیت



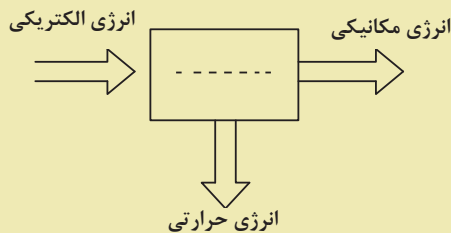


۱- کمیت‌های زیر را تعریف کنید:

الف) کار الکتریکی ب) توان الکتریکی ج) راندمان یا بازده

۲- توان خروجی و تلفات توان را در موتور الکتریکی تعریف کنید.

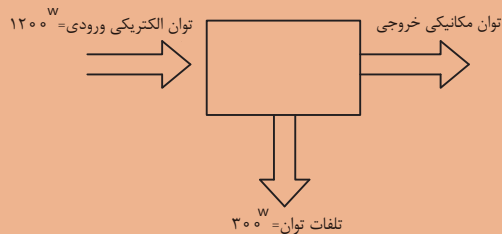
۳- بلوک دیاگرام زیر مربوط به چه وسیله برقی است؟



۴- روی پلاک موتوری $\frac{3}{4}$ HP نوشته شده است. توان الکتریکی آن چند وات می‌باشد؟



۱- راندمان وسیله الکتریکی را که بلوک دیاگرام توان آن به صورت زیر می‌باشد را حساب کنید



۲- راندمان یک موتور الکتریکی ۸۵٪ می‌باشد اگر تلفات توان ۱۵۰ W باشد، توان ورودی و خروجی چند وات است؟

۳- راندمان یک موتور الکتریکی $\frac{1}{2}$ HP برابر ۷۰٪ می‌باشد توان ورودی و تلفات آن چند وات است؟

۴- در ویتترین مغازه‌ای ۴ لامپ رشته‌ای ۵۰۰ وات و ۲ لامپ رشته‌ای ۱۰۰۰ وات روزی ۸ ساعت روشن است. حساب کنید انرژی الکتریکی مصرفی در ۳۰ روز چقدر است؟

۵- مقاومت الکتریکی قسمت گرماده یک وسیله حرارتی 80Ω می‌باشد، حساب کنید اگر جریان الکتریکی عبوری از آن ۴ A باشد، در مدت زمان ۵ دقیقه انرژی الکتریکی مصرفی آن چند ژول و چند کیلو ژول می‌باشد؟

۶- یک وسیله برقی ۲۲۰ V و ۵۰۰ W در نظر بگیرید:

الف) شدت جریان این وسیله در اتصال به شبکه ۲۲۰ V چند آمپر است؟

ب) در صورت کاهش ولتاژ به ۲۰۰ ولت جریان چقدر تغییر می‌کند؟

۷- اگر لامپ‌های تمرین ۴ را با لامپ‌های کم مصرف LED با توان ۱۸ و ۲۵ وات را به ترتیب جایگزین لامپ‌های ۵۰۰ واتی و ۱۰۰۰ واتی کنیم، در هزینه برق چقدر صرفه جویی می‌شود؟ در صورتی که بدانیم میزان نوردهی لامپ‌های جایگزین به همان مقدار لامپ‌های رشته‌ای باشد.

استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی مبتنی بر شایستگی درس دانش فنی پایه

رشته تحصیلی: الکتروتکنیک

پایه: دهم

سال تحصیلی:

کد رشته: ۰۷۱۳۱۰

کد درس:

کد کتاب: ۲۱۰۲۶۳

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	عنوان پودمان
۳	۱- حل مدارهای مقاومتی و محاسبه مقدار توان الکتریکی ۲- تحلیل توان الکتریکی و مقدار مصرف	بالتر از حد انتظار	با استفاده از قانون اهم مدارهای مقاومتی و توان الکتریکی را تحلیل کند.	۱- کاربرد قانون اهم ۲- محاسبه کار و توان الکتریکی	پودمان ۲: کار و توان الکتریکی
۲	حل مدارهای مقاومتی و محاسبه مقدار توان الکتریکی	در حد انتظار			
۱	به کارگیری قوانین اهم در مدارهای ساده	پایین تر از حد انتظار			
نمره مستمر از ۵					
نمره شایستگی پودمان					
نمره پودمان از ۲۰					



اتصالات سری و موازی الکتریکی

در این فصل مطالب زیر را فراخواهید گرفت:

- ۱- اتصال سری مقاومت‌های الکتریکی
- ۲- اتصال موازی مقاومت‌های الکتریکی
- ۳- اتصال سری - موازی مقاومت‌های الکتریکی
- ۴- اتصال پیل‌ها

واحد یادگیری ۶

اتصال مقاومتهای اهمی



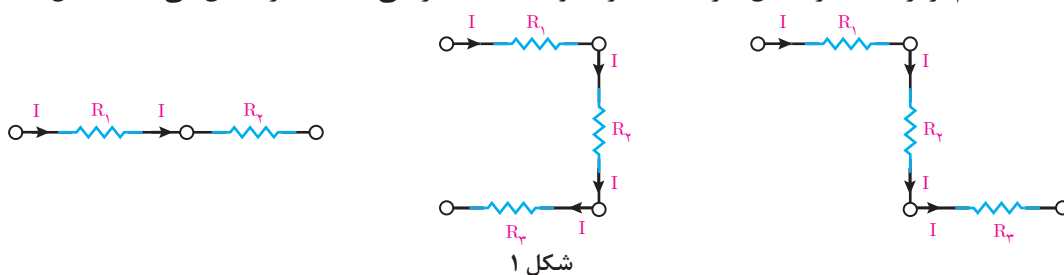
اتصال مقاومت‌های الکتریکی

اتصال مقاومت‌های الکتریکی بین مقاومت‌هایی که در مدار الکتریکی قرار می‌گیرند، برقرار می‌شود. اتصال بین مقاومت‌های الکتریکی مدار به سه شکل امکان‌پذیر است:

- اتصال سری مقاومت‌های الکتریکی
 - اتصال موازی مقاومت‌های الکتریکی
 - اتصال سری و موازی مقاومت‌های الکتریکی
- که در ادامه به هریک از آنها پرداخته می‌شود.

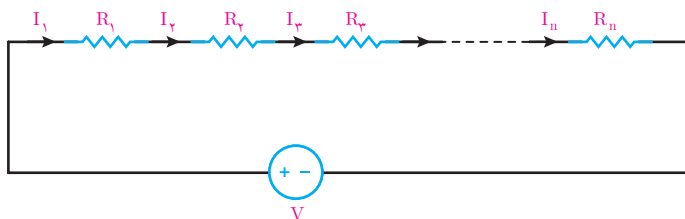
اتصال سری مقاومت‌های الکتریکی

اتصال سری مقاومت‌های الکتریکی بین دو یا چند مقاومت به شرطی ایجاد می‌شود که جریان عبوری هریک از مقاومت‌ها با هم برابر باشد. در اتصال سری یک سر مقاومت‌های الکتریکی به یکدیگر اتصال می‌یابد. (شکل ۱)



هنگامی که دو یا چند مقاومت با یکدیگر اتصال سری پیدا می‌کنند تشکیل یک مدار الکتریکی می‌دهند که اصطلاحاً آن را «مدار سری» گویند.

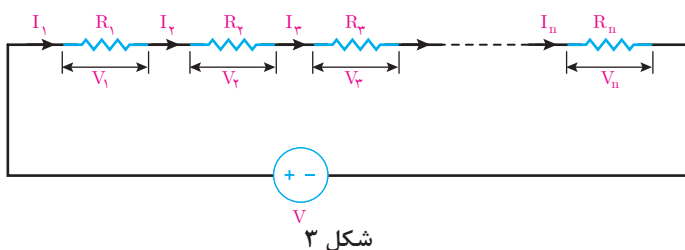
جریان عبوری از مقاومت‌هایی که با یکدیگر اتصال سری دارند برابر است و این یک شرط اساسی در مدارهای سری می‌باشد. در شکل ۲ تا n تا مقاومت که با یکدیگر اتصال سری دارند و تشکیل یک مدار سری داده‌اند نشان داده شده است.



$$I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$

همانطور که از شکل برمی‌آید می‌توان نوشت:

با عبور جریان از مقاومت‌های (شکل ۳)، در دو سر هر یک از مقاومت‌ها ولتاژ ایجاد می‌شود.



به ولتاژی که در دو سر هر مقاومت قرار می‌گیرد اصطلاحاً «افت ولتاژ» گویند و با استفاده از قانون اهم به دست می‌آیند.

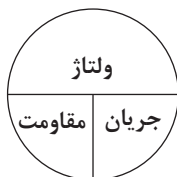
جریان \times مقاومت = ولتاژ

$$V_1 = R_1 I_1$$

$$V_2 = R_2 I_2$$

⋮

$$V_n = R_n I_n$$



با توجه به شرط اساسی مدارهای سری جریان مقاومت‌های با اتصال سری با هم برابرند لذا می‌توان نوشت:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$

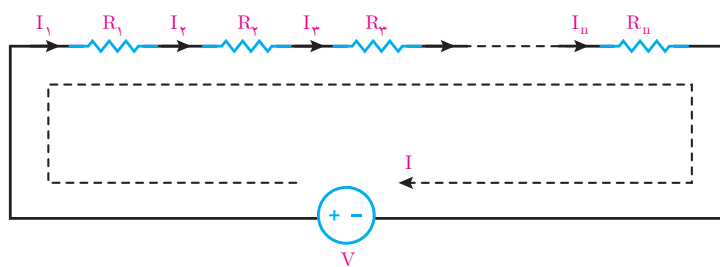
و روابط افت ولتاژ دو سر هر مقاومت را با جایگزینی I به صورت زیر می‌توان نوشت:

$$V_1 = R_1 I$$

$$V_2 = R_2 I$$

⋮

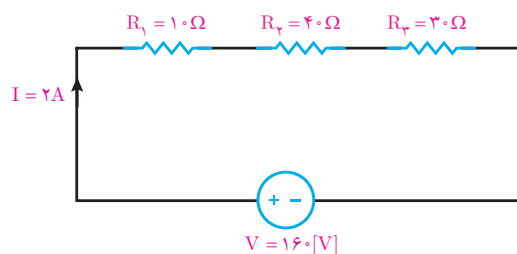
$$V_n = R_n I$$



شکل ۴

مسیر عبور جریان از مقاومت‌های سری و منبع (شکل ۴) با حلقه جریان I نشان داده شده است. در مدارهای الکتریکی با حرکت در حلقه به جای اول خواهیم رسید لذا این حلقه را «مسیر بسته» گویند.

مثال: افت ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت‌های مدار شکل زیر را به دست آورید:



شکل ۵

حل: مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 با یکدیگر اتصال سری دارند لذا جریان آنها با هم برابر است یعنی:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = 2[A]$$

با استفاده از قانون اهم افت ولتاژها محاسبه می‌شود.

جریان \times مقاومت = ولتاژ

$$V_1 = R_1 I = 10 \times 2 = 20 [V]$$

$$V_2 = R_2 I = 40 \times 2 = 80 [V]$$

$$V_3 = R_3 I = 30 \times 2 = 60 [V]$$



قانون ولتاژ کیرشهف KVL

قانون ولتاژ کیرشهف KVL بیان می‌کند «حاصل جمع جبری ولتاژها در هر مسیر بسته صفر است» و با رابطه ریاضی زیر بیان می‌شود:

$$\Sigma V + \Sigma RI = 0$$

برای نوشتن رابطه ریاضی قانون ولتاژ کیرشهف یا KVL به صورت زیر عمل می‌شود:

۱- برای مسیر بسته یک حلقه جریان I در جهت حرکت عقربه ساعت‌ها اختیار می‌شود.

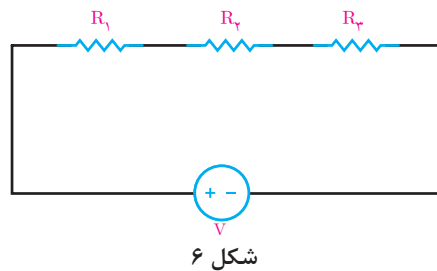
۲- افت ولتاژهای دو سر هر مقاومت با علامت (+) لحاظ می‌شود و مجموع آنها را با ΣRI نشان می‌دهند.

۳- اگر جریان حلقه I به پلاریته (+) منبع وارد شود ولتاژ منبع V با علامت مثبت نوشته می‌شود و اگر جریان حلقه I به پلاریته (-) منبع وارد شود ولتاژ منبع V را با علامت منفی می‌نویسند و حاصل را با ΣV نشان می‌دهند.

۴- ΣV و ΣRI در رابطه ریاضی قانون ولتاژ کیرشهف قرار داده می‌شود.

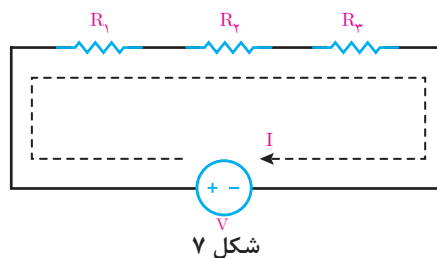
$$\Sigma V + \Sigma RI = 0$$

اکنون در مدار (شکل ۶) قانون ولتاژ کیرشهف اعمال می‌شود.



شکل ۶

۱- جریان حلقه I در جهت حرکت عقربه ساعت‌ها برای آن ترسیم می‌شود (شکل ۷).



شکل ۷

۲- ΣRI به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\Sigma RI = + R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3$$

۳- ΣV به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\Sigma V = -V$$

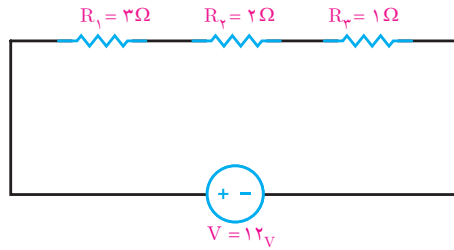
جریان حلقه I به پلاریته منفی منبع ولتاژ وارد می‌شود لذا علامت (-) برای V لحاظ شده است.

۴- رابطه ریاضی قانون ولتاژ کیرشهف نوشته می‌شود.

$$\text{KVL) } \Sigma V + \Sigma RI = 0$$

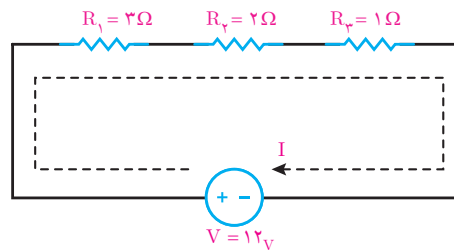
$$\text{KVL) } -V + R_1 I + R_2 I + R_3 I = 0$$

مثال: قانون ولتاژ کیرشهف را برای مدار شکل زیر بنویسید و به کمک آن جریان مدار را به دست آورید.



شکل ۸

حل: جریان حلقه I در جهت حرکت عقربه ساعت ترسیم می شود.



شکل ۹

اکنون رابطه ریاضی قانون ولتاژ کیرشهف نوشته می شود.

$$\text{KVL) } \Sigma V + \Sigma RI = 0$$

$$\text{KVL) } -V + R_1 I + R_2 I + R_3 I = 0$$

$$-12 + 3I + 2I + 1I = 0$$

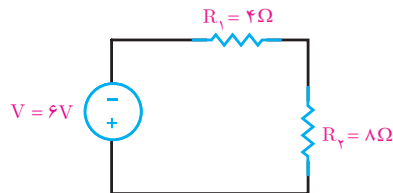
$$-12 + 6I = 0$$

$$6I = 12$$

$$I = \frac{12}{6} = +2A$$

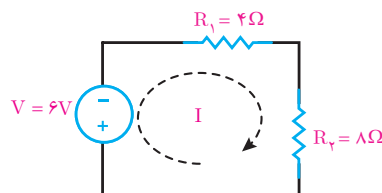
جریان حلقه I برابر ۲ آمپر می باشد. علامت (+) بیانگر این است که جهت جریان حلقه I موافق جهت جریان مسیر بسته می باشد.

مثال: قانون ولتاژ کیرشهف را برای مدار شکل زیر بنویسید و به کمک آن جریان مدار را به دست آورید.



شکل ۱۰

حل: جریان حلقه I در جهت حرکت عقربه ساعت ترسیم می شود.



شکل ۱۱

اکنون رابطه ریاضی قانون کیرشهف نوشته می‌شود.

$$\text{KVL}) \sum V + \sum RI = 0$$

$$\text{KVL}) +V + R_1 I + R_2 I = 0$$

$$+6 + 4I + 8I = 0$$

$$+6 + 12I = 0$$

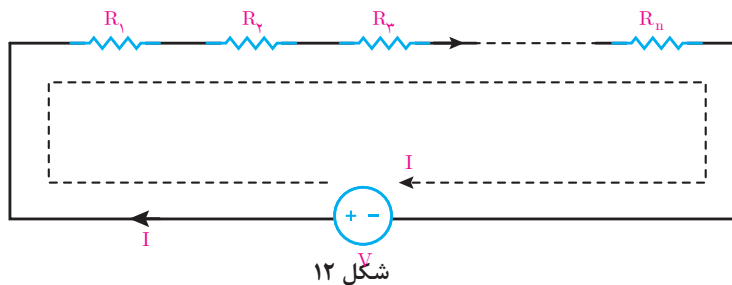
$$12I = -6$$

$$I = \frac{-6}{12} = -0.5 \text{ A}$$

جریان حلقه I برابر 0.5 آمپر می‌باشد. علامت (-) بیانگر این است که جهت جریان حلقه I خلاف جهت جریان مسیر بسته می‌باشد.

مقاومت معادل

مقاومت معادل عبارت است از مقاومتی که جای چند مقاومت در مدار قرار می‌گیرد به طوری که در جریان و ولتاژ مدار تغییر ایجاد نمی‌شود، مقاومت معادل را با R_{eq} نشان می‌دهند. برای به دست آوردن مقاومت معادل در مدارهای سری از KVL استفاده می‌شود. برای این منظور n تا مقاومت سری مدار شکل زیر در نظر گرفته می‌شود (شکل ۱۲).



برای مدار KVL نوشته می‌شود

$$\text{KVL}) -V + R_1 I + R_2 I + R_3 I + \dots + R_n I = 0$$

$$V = R_1 I + R_2 I + R_3 I + \dots + R_n I$$

از I فاکتور گرفته می‌شود:

$$V = I (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)$$

طرفین رابطه بر I تقسیم می‌شود.

$$\frac{V}{I} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

نسبت $\frac{V}{I}$ همان R_{eq} است:

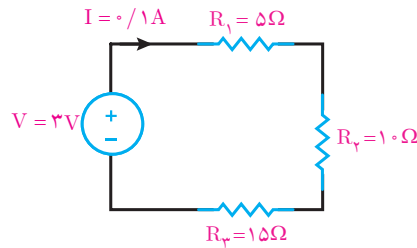
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

از این رابطه برای محاسبه مقاومت معادل بین n تا مقاومت با اتصال سری استفاده می‌شود.

مثال: مقاومت معادل مدار (شکل ۱۳) را به دست آورید.

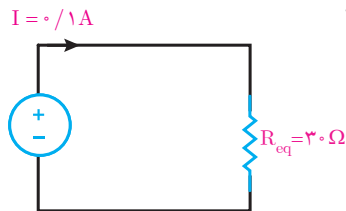
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{eq} = 5 + 10 + 15 = 30 \Omega$$



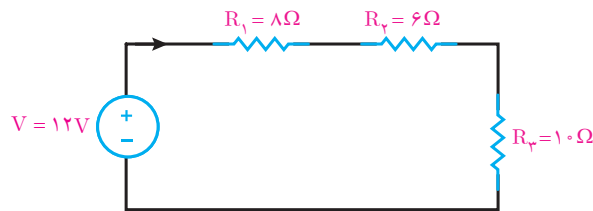
شکل ۱۳

مقاومت معادل Req جایگزین مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 خواهد شد به طوری که در شدت جریان مدار تغییری ایجاد نمی‌شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴

مثال: در مدار (شکل ۱۵) مطلوب است:



شکل ۱۵

الف) مقاومت معادل

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

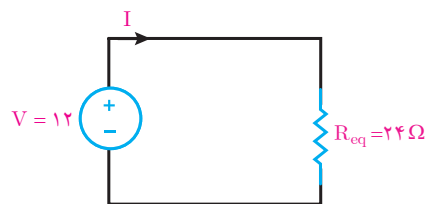
$$R_{eq} = 8 + 6 + 10 = 24 \Omega$$

ب) شدت جریان مدار.

مقاومت معادل Req در (شکل ۱۶) جایگزین مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 شده است اکنون به کمک قانون اهم جریان مدار محاسبه می‌شود.

$$\text{ولتاژ} = \text{جریان} \times \text{مقاومت}$$

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{12}{24} = 0.5 \text{ [A]}$$



شکل ۱۶

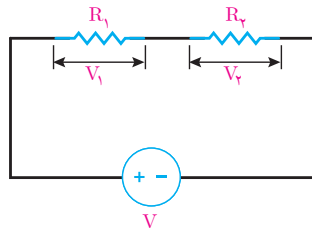


تقسیم ولتاژ بین دو مقاومت سری

افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها بخشی از ولتاژ منبع مدار است. افت ولتاژ دو سر مقاومت را می‌شود بدون استفاده از جریان با رابطه تقسیم ولتاژ محاسبه کرد. رابطه تقسیم ولتاژ بین دو مقاومت سری به صورت زیر است (شکل ۱۷).

$$V_1 = V \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_2 = V \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



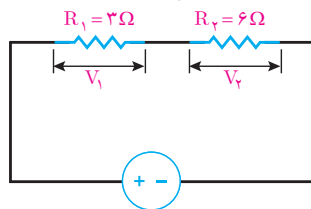
شکل ۱۷

رابطه تقسیم ولتاژ بین دو مقاومت سری را اثبات کنید.

فعالیت کلاسی



مثال: در مدار شکل زیر با استفاده از رابطه تقسیم ولتاژ مقدار V_1 و V_2 را به دست آورید (شکل ۱۸)



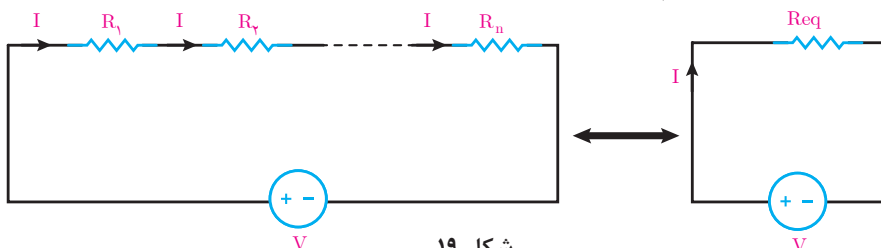
شکل ۱۸
 $V = 12[V]$

$$V_1 = V \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 12 \times \frac{3}{3 + 6} = \frac{36}{9} = 4[V]$$

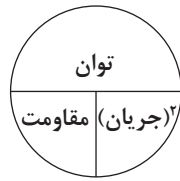
$$V_2 = V \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12 \times \frac{6}{3 + 6} = \frac{72}{9} = 8[V]$$

توان مدار سری

توان مدار سری از حاصل جمع توان همه مقاومت‌های مدار به دست می‌آید. در مدار الکتریکی (شکل ۱۹) که شامل n مقاومت سری است داریم:



شکل ۱۹



توان = مقاومت × (جریان)^۲
 $P = RI^2$

توان مدار الکتریکی (شکل ۱۹) از مجموع توان هر مقاومت به دست می آید و آن را با P_{eq} نشان می دهند.
 $P_{eq} = R_1 I^2 + R_2 I^2 + \dots + R_n I^2$

از فاکتور گرفته می شود.

$$P_{eq} = (R_1 + R_2 + \dots + R_n) I^2$$

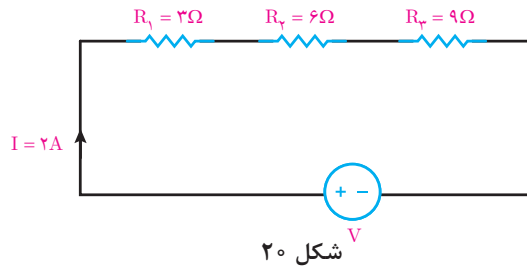
حاصل پرانتز همان مقاومت معادل مدار سری است لذا:

$$P_{eq} = R_{eq} I^2$$

این رابطه نشان می دهد توان مدار سری با توان مقاومت معادل سری نیز برابر است یعنی:

$$P_{eq} = (R_1 + R_2 + \dots + R_n) I^2 = R_{eq} I^2$$

مثال: توان مدار الکتریکی (شکل ۲۰) را به دست آورید.



شکل ۲۰

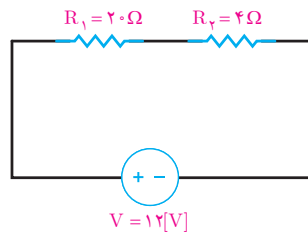
حل: توان مدار از مجموع توان مقاومت های R_1 ، R_2 و R_3 به دست می آید.

$$P_{eq} = R_1 I^2 + R_2 I^2 + R_3 I^2$$

$$P_{eq} = 3(2)^2 + 6(2)^2 + 9(2)^2$$

$$P_{eq} = 12 + 24 + 36 = 72 [W]$$

مثال: توان مدار الکتریکی (شکل ۲۱) را به دست آورید.



شکل ۲۱

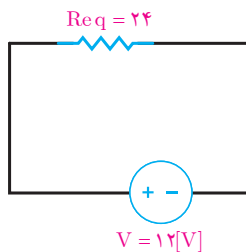
حل: مقاومت معادل مدار به دست می آید.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 = 20 + 4 = 24 \Omega$$

از قانون اهم جریان مدار به دست می آید (شکل ۲۲).

$$\text{ولتاژ} = \frac{\text{ولتاژ}}{\text{مقاومت}} \times \text{جریان}$$

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{12}{24} = 0.5 [A]$$



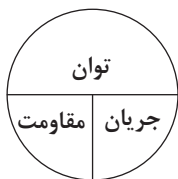
شکل ۲۲

توان مقاومت معادل R_{eq} برابر مجموع توان R_1 و R_2 است لذا:

$$\text{توان} = (\text{جریان})^2 \times \text{مقاومت}$$

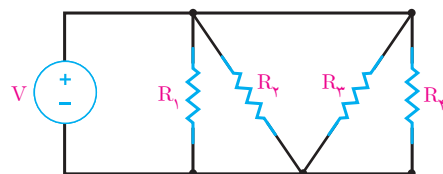
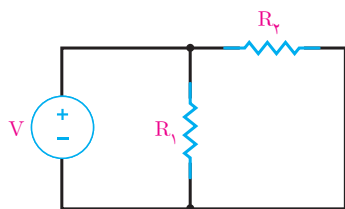
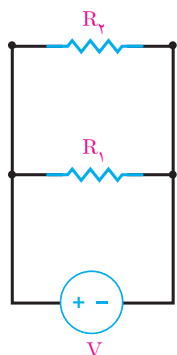
$$P_{eq} = R_{eq} I^2$$

$$P_{eq} = 24 \times 0.5^2 = 6 [W]$$



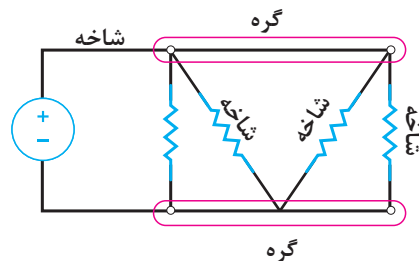
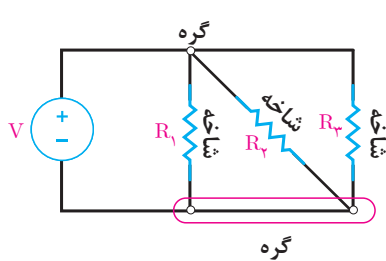
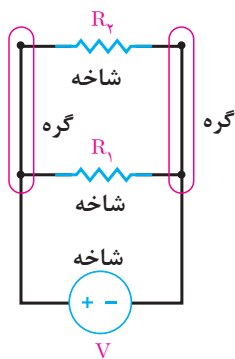
اتصال موازی مقاومت های الکتریکی

اتصال موازی مقاومت های الکتریکی بین دو یا چند مقاومت به شرطی ایجاد می شود که ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت ها با هم برابر باشند. در اتصال موازی دو سر مقاومت های الکتریکی به یکدیگر اتصال می یابد (شکل ۲۳).



شکل ۲۳

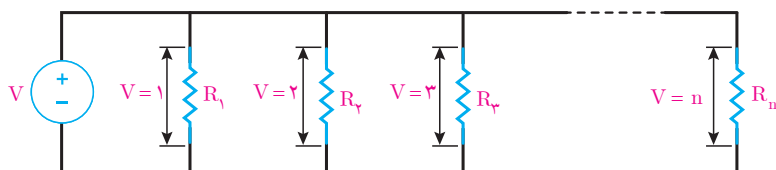
مسیر عبور جریان از هر مقاومت موازی و منبع را (شاخه) گویند و نقطه ای از مدار را که بیش از دو شاخه به آن متصل باشد، «گره» گویند (شکل ۲۴).



شکل ۲۴

هنگامی که دو یا چند مقاومت با یکدیگر اتصال موازی پیدا می‌کنند تشکیل یک مدار الکتریکی می‌دهند که اصطلاحاً آن را «مدار موازی» گویند.

ولتاژ دو سر مقاومت‌هایی که با یکدیگر اتصال موازی دارند برابر است و این یک شرط اساسی در مدارهای موازی می‌باشد. در (شکل ۲۵)، n تا مقاومت که با یکدیگر اتصال موازی دارند و تشکیل یک مدار موازی داده‌اند نشان داده شده است.

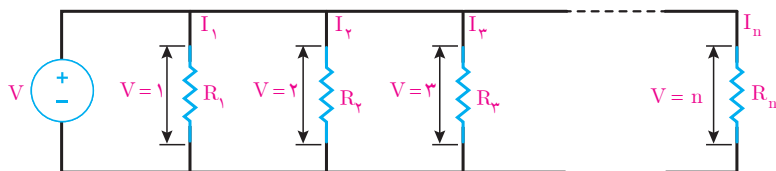


شکل ۲۵

همانطور که از شکل برمی‌آید می‌توان نوشت:

$$V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت‌های (شکل ۲۶) در هر یک از مقاومت‌ها جریان جاری می‌کند (شکل ۲۶).



شکل ۲۶

جریان هر یک از مقاومت‌ها با استفاده از قانون اهم به دست می‌آیند.

$$\text{ولتاژ} \\ \text{جریان} = \frac{\text{مقاومت}}$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3}$$

⋮

$$I_n = \frac{V_n}{R_n}$$



با توجه به شرط اساسی مدارهای موازی ولتاژ مقاومت‌های با اتصال موازی با هم برابرند لذا می‌توان نوشت:

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

و روابط جریان هر مقاومت را با جایگزینی V به صورت زیر می توان نوشت:

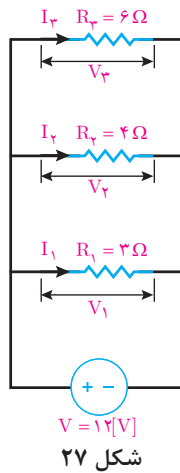
$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

⋮

$$I_n = \frac{V}{R_n}$$

مثال: جریان شاخه های هر یک از مقاومت های مدار (شکل ۲۷) را به دست آورید.



حل: مقاومت های R_1 ، R_2 و R_3 با یکدیگر اتصال موازی دارند لذا ولتاژ آنها با هم برابر است، یعنی:

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = 12[V]$$

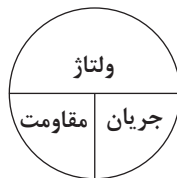
با استفاده از قانون اهم جریان هر یک از شاخه های مقاومت ها محاسبه می شود.

$$\text{ولتاژ} \\ \text{جریان} = \frac{\text{مقاومت}}$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{12}{3} = 4[A]$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{12}{4} = 3[A]$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{12}{6} = 2[A]$$



قانون جریان کیرشهف KCL

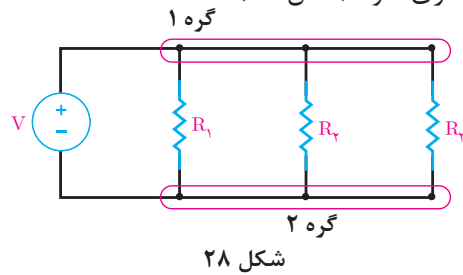
قانون جریان کیرشهف KCL بیان می کند «حاصل جمع جبری جریان هایی که به یک گره می رسد صفر است» و با رابطه ریاضی زیر بیان می شود:

$$\text{KCL) } I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0$$

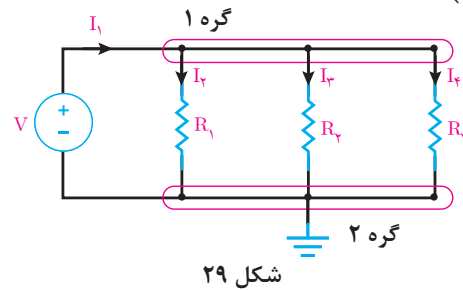
که می توان آن را به صورت زیر نیز نوشت:

$$\text{KCL) } \sum_{i=1}^n I_i = 0$$

برای نوشتن رابطه ریاضی قانون جریان کیرشهف یا KCL به صورت زیر عمل می‌شود.
 ۱- گره‌های مدار مشخص و نام‌گذاری شود (شکل ۲۸).



۲- یکی از گره‌ها زمین شود و برای شاخه‌های متصل به گره‌های دیگر جهت جریان مشخص می‌شود. در اینجا گره ۲ زمین شده است (شکل ۲۹).

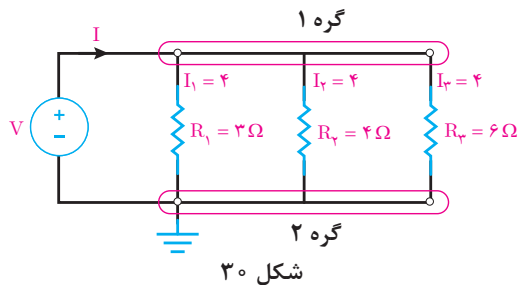


۳- برای نوشتن KCL برای گره ۱ جریان‌هایی که به گره وارد می‌شوند با علامت (+) و جریان‌هایی که از گره خارج می‌شوند با علامت (-) اختیار می‌شود و سپس رابطه ریاضی قانون جریان کیرشهف نوشته می‌شود.

$$KCL) \sum_{i=1}^n I_i = 0$$

$$KCL) + I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

مثال: قانون جریان کیرشهف را برای مدار شکل زیر بنویسید و به کمک آن جریان منبع را به دست آورید (شکل ۳۰).



حل: جهت جریان شاخه‌ها در شکل مشخص شده است لذا رابطه ریاضی قانون جریان کیرشهف نوشته می‌شود.

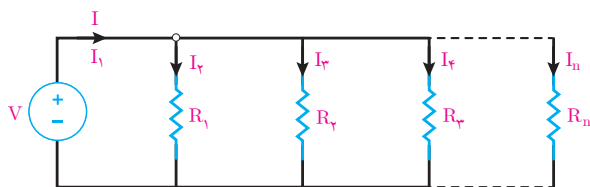
$$KCL) + I - I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$KCL) + I - 4 - 3 - 2 = 0$$

$$I = 9 [A]$$

مقاومت معادل

مقاومت معادل عبارت است از مقاومتی که جای چند مقاومت در مدار قرار می‌گیرد به طوری که در جریان و ولتاژ مدار تغییر ایجاد نمی‌شود. مقاومت معادل را با R_{eq} نشان می‌دهند. برای به دست آوردن مقاومت معادل در مدارهای موازی از KCL استفاده می‌شود. برای این منظور n تا مقاومت موازی مدار (شکل ۳۱) در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۳۱

- برای مدار (شکل ۳۱) KCL نوشته می‌شود.

$$KCL) + I - I_1 - I_2 - I_3 - \dots - I_n = 0$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1}, I_2 = \frac{V}{R_2}, I_3 = \frac{V}{R_3}, \dots, I_n = \frac{V}{R_n}$$

- از قانون اهم مقادیر I_1 تا I_n محاسبه می‌شود.

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \dots + \frac{V}{R_n}$$

- مقادیر I_1 تا I_n را در رابطه KCL قرار می‌دهند.

$$I = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)$$

- از V فاکتور گرفته می‌شود.

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

طرفین به V تقسیم می‌شود.

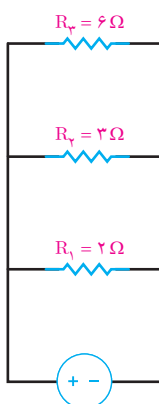
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

- نسبت $\frac{I}{V}$ همان $\frac{1}{R_{eq}}$ است.

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

تعیین رابطه برای محاسبه مقاومت معادل بین n تا مقاومت با اتصال موازی استفاده می‌شود.

مثال: مقاومت معادل مدار شکل زیر را به دست آورید (شکل ۳۲)

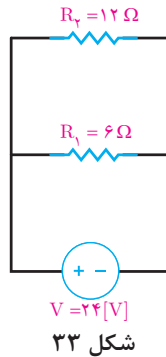


شکل ۳۲

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6}} = 1 \Omega$$

مثال: در مدار (شکل ۳۳) مطلوب است:



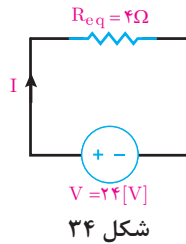
شکل ۳۳

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{1}{12}} = 4\Omega$$

الف) مقاومت معادل

ب) شدت جریان مدار

مقاومت معادل Req جایگزین R1 و R2 می شود (شکل ۳۴) و با استفاده از قانون اهم جریان مدار محاسبه خواهد شد.



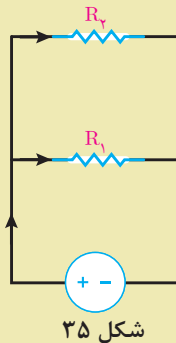
شکل ۳۴

$$\text{جریان} = \frac{\text{ولتاژ}}{\text{مقاومت}}$$

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{24}{4} = 6[A]$$

نشان دهید برای دو مقاومت موازی R1 و R2 (شکل ۳۵) می توان از رابطه زیر مقاومت معادل را به دست آورد.

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



شکل ۳۵

فعالیت کلاسی

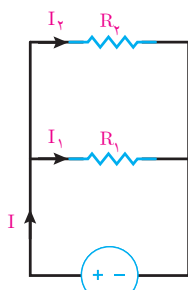


تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی

جریان مقاومت‌های هر شاخه بخشی از جریان منبع مدار است. جریان مقاومت هر شاخه را می‌شود بدون استفاده از ولتاژ با رابطه تقسیم جریان محاسبه کرد. رابطه تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی (شکل ۳۶) به صورت زیر است.

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



شکل ۳۶

رابطه تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی را اثبات کنید.

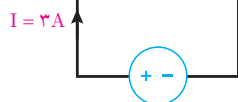
فعالیت کلاسی



مثال: در مدار (شکل ۳۷) با استفاده از رابطه تقسیم جریان، جریان‌های I_1 و I_2 را به دست آورید.

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 3 \times \frac{6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2 \text{ [A]}$$

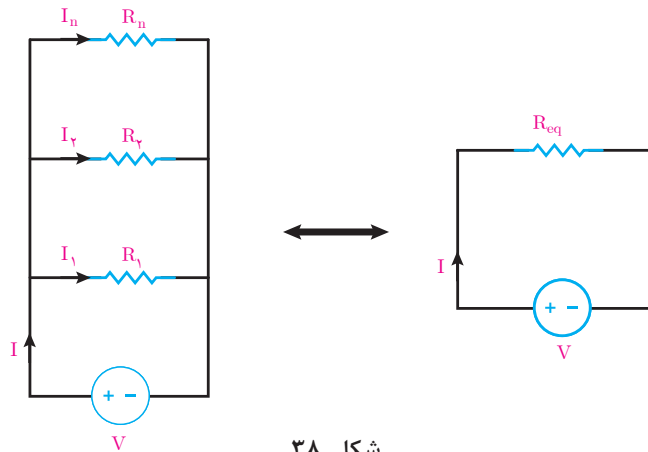
$$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 3 \times \frac{3}{3 + 6} = \frac{9}{9} = 1 \text{ [A]}$$



شکل ۳۷

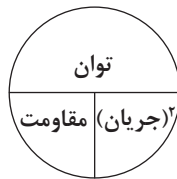
توان مدار موازی

توان مدار موازی از حاصل جمع توان همه مقاومت‌های مدار به دست می‌آید. در مدار الکتریکی (شکل ۳۸) که شامل n مقاومت موازی است داریم:



شکل ۳۸

توان هر مقاومت برابر خواهد بود:



توان = (جریان) × مقاومت

$$P = RI^2$$

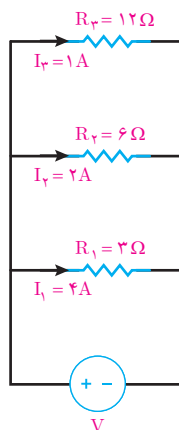
توان مدار الکتریکی (شکل ۳۸) از مجموع توان هر مقاومت به دست می‌آید و آن را با P_{eq} نشان می‌دهند.

$$P_{eq} = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + \dots + R_n I_n^2$$

توان مدار موازی نیز با توان مقاومت معادل مدار موازی برابر است یعنی:

$$P_{eq} = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + \dots + R_n I_n^2 = R_{eq} I^2$$

مثال: توان مدار الکتریکی (شکل ۳۹) را به دست آورید.



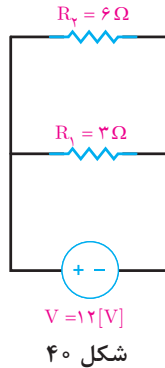
شکل ۳۹

حل: توان مدار از مجموع توان مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 به دست می‌آید.

$$P_{eq} = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2$$

$$P_{eq} = 3(4)^2 + 6(2)^2 + 12(1)^2 = 84 [W]$$

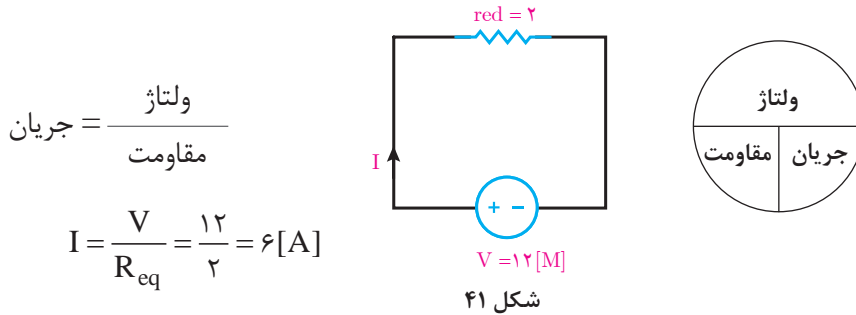
مثال: توان مدار الکتریکی (شکل ۴۰) را به دست آورید.



حل: مقاومت معادل مدار به دست می‌آید.

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1}{6}} = 2 \Omega$$

مقاومت R_{eq} جایگزین R_1 و R_2 خواهد شد و جریان مدار از قانون اهم به دست می‌آید (شکل ۴۱)



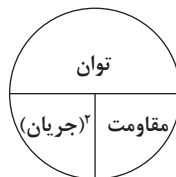
$$\text{جریان} = \frac{\text{ولتاژ}}{\text{مقاومت}}$$

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{12}{2} = 6 [A]$$

- توان مقاومت معادل R_{eq} با مجموع توان مقاومت‌های R_1 و R_2 برابر است.

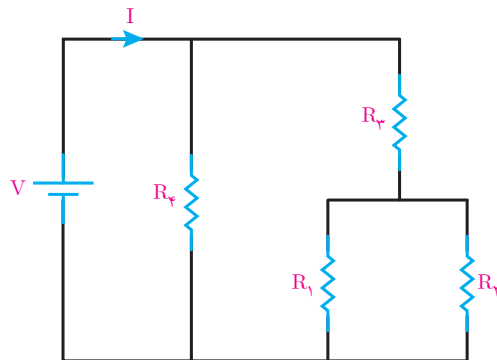
$$\text{توان} = (\text{جریان})^2 \times \text{مقاومت}$$

$$P_{eq} = R_{eq} I^2 = 2 \times 6^2 = 72 [W]$$



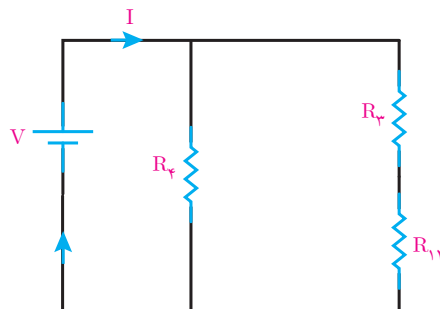
مدارهای سری - موازی

مدارهای سری - موازی مدارهایی هستند که در آنها ترکیبی از مقاومت‌های سری و موازی شده وجود دارد (شکل ۴۲).



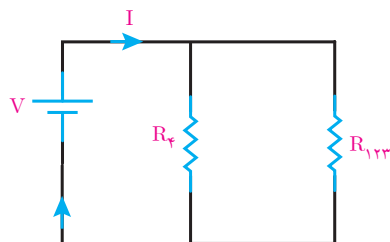
شکل ۴۲

در مدار (شکل ۴۳) مقاومت R_3 و R_f با هم موازی هستند و معادل آنها با R_{12} نشان داده شده است (شکل ۴۳).



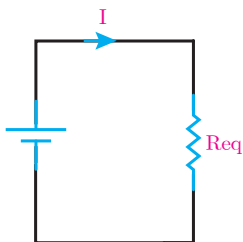
شکل ۴۳

مقاومت R_{12} با R_3 سری شده است و مقاومت معادل آنها فقط با R_{123} نشان داده شده است (شکل ۴۴).



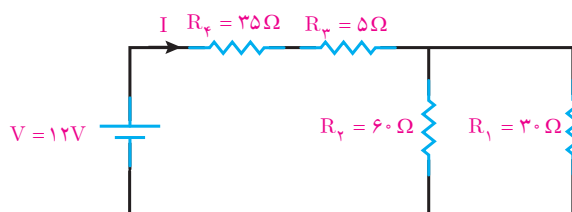
شکل ۴۴

مقاومت $R_{1,2,3}$ با R_f موازی شده است و مقاومت معادل آنها با R_{eq} نشان داده شده است (شکل ۴۵).



شکل ۴۵

مثال: مقاومت معادل مدار (شکل ۴۶) زیر را به دست آورید و سپس جریان مدار را محاسبه کنید.

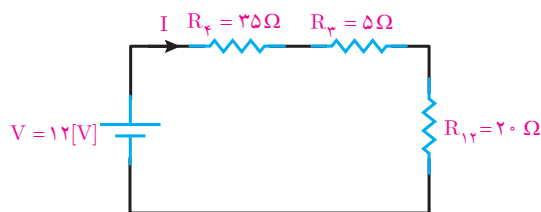


شکل ۴۶

حل: مقاومت‌های R_1 و R_2 با هم موازی هستند و معادل آنها $R_{1,2}$ به دست می‌آید.

$$R_{1,2} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{30 \times 60}{30 + 60} = 20 \Omega$$

با جایگزینی $R_{1,2}$ به جای R_1 و R_2 شکل ۴۷ به دست می‌آید.



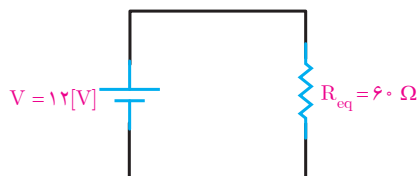
شکل ۴۷

مقاومت $R_{1,2}$ ، R_f و R_p با هم سری هستند و معادل آنها R_{eq} به دست می‌آید.

$$R_{eq} = R_f + R_p + R_{1,2}$$

$$R_{eq} = 35 + 5 + 20 = 60 \Omega$$

با جایگزینی R_{eq} به جای R_f ، R_p و $R_{1,2}$ (شکل ۴۸) به دست می‌آید.

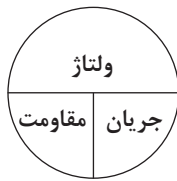


شکل ۴۸

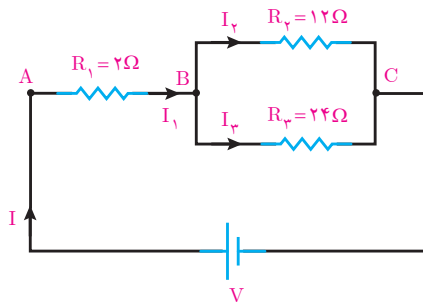
با قانون اهم جریان مدار به دست می آید.

$$\text{ولتاژ} = \frac{\text{مقاومت}}{\text{جریان}}$$

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{12}{60} = 0.2 [A]$$



مثال: در مدار (شکل ۴۹) اگر $V_{BC} = 48V$ باشد جریان منبع را به دست آورید.



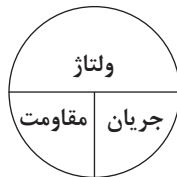
شکل ۴۹

حل: V_{BC} ولتاژ دو سر مقاومت های R_2 و R_3 می باشد. R_2 و R_3 با هم موازی هستند و با قانون اهم جریان شاخه های آنها به دست می آید.

$$\text{ولتاژ} = \frac{\text{مقاومت}}{\text{جریان}}$$

$$I_2 = \frac{V_{BC}}{R_2} = \frac{48}{12} = 4 [A]$$

$$I_3 = \frac{V_{BC}}{R_3} = \frac{48}{24} = 2 [A]$$



با نوشتن KCL برای گره B جریان I_1 به دست می آید.

$$KCL) + I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$+ I_1 - 4 - 2 = 0$$

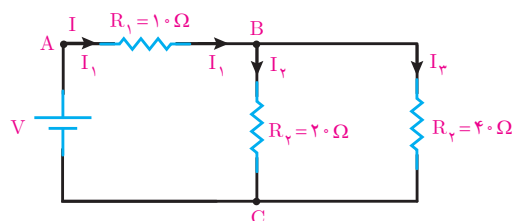
$$I_1 = 6 [A]$$

با توجه به (شکل ۴۹) جریان منبع I با جریان عبوری از مقاومت سری R_1 برابر است لذا:

$$I = I_1$$

$$I = 6 [A]$$

مثال: در مدار (شکل ۵۰)، $V_{AB} = 30V$ می باشد. ولتاژ منبع چند ولت است؟

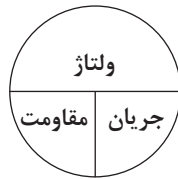


شکل ۵۰

حل: از قانون اهم جریان مقاومت R_1 به دست می آید.

$$\text{ولتاژ} = \frac{\text{ولتاژ}}{\text{مقاومت}} = \text{جریان}$$

$$I_1 = \frac{V_{AB}}{R_1} = \frac{30}{10} = 3 [A]$$



از رابطه تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی I_2 و I_3 به دست می آید.

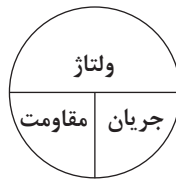
$$I_2 = I_1 \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 3 \times \frac{40}{20 + 40} = \frac{120}{60} = 2 [A]$$

$$I_3 = I_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 3 \times \frac{20}{20 + 40} = \frac{60}{60} = 1 [A]$$

از قانون اهم ولتاژ دو سر مقاومت R_2 که V_{BC} نشان داده می شود به دست می آید.

جریان \times مقاومت = ولتاژ

$$V_{BC} = R_2 I_2 = 20 \times 2 = 40 [V]$$



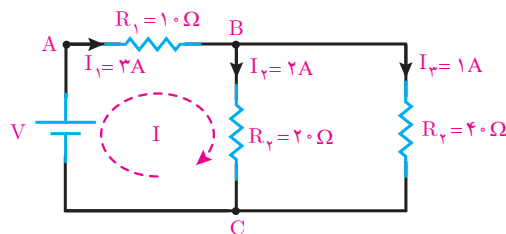
از قانون ولتاژهای کیرشهف KVL ولتاژ منبع به دست می آید (شکل ۵۱).

$$\text{KVL) } - V + R_1 I_1 + R_2 I_2 = 0$$

$$\text{KVL) } - V + 10(3) + 20(2) = 0$$

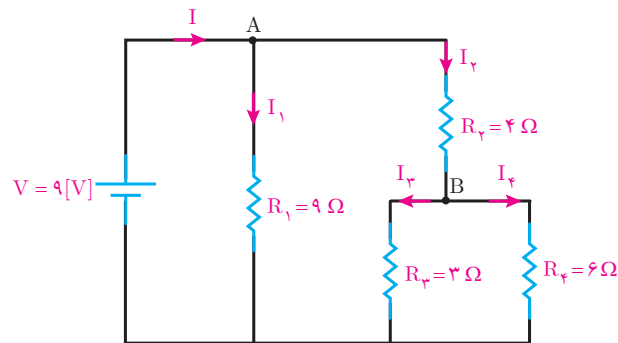
$$\text{KVL) } - V + 30 + 40 = 0$$

$$V = 70 [V]$$



شکل ۵۱

مثال: جریان هر یک از شاخه های مدار (شکل ۵۲) را به دست آورید.

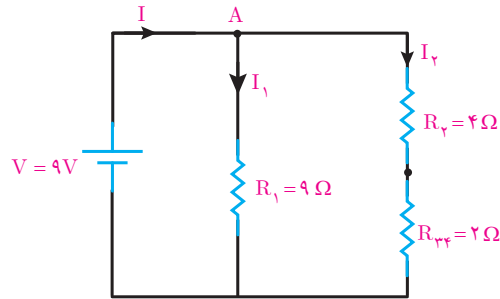


شکل ۵۲

حل: مقاومت‌های R_3 و R_4 با هم موازی هستند. مقاومت معادل آنها R_{34} به دست می‌آید.

$$R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2[\Omega]$$

با جایگزینی R_{34} به جای R_3 و R_4 (شکل ۵۳) به دست می‌آید.

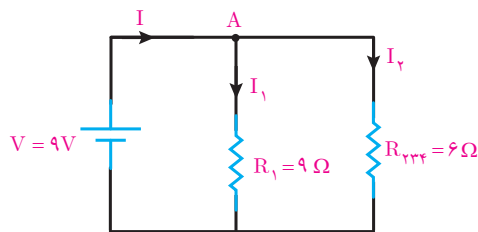


شکل ۵۳

مقاومت‌های R_2 و R_{34} با هم سری هستند مقاومت معادل آنها R_{234} به دست می‌آید.

$$R_{234} = R_2 + R_{34} = 4 + 2 = 6[\Omega]$$

با جایگزینی R_{234} به جای R_2 و R_{34} (شکل ۵۴) به دست می‌آید.



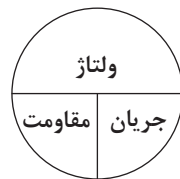
شکل ۵۴

از قانون اهم جریان‌های I_1 و I_2 به دست می‌آید.

$$\text{ولتاژ} \\ \text{مقاومت} = \text{جریان}$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{9}{9} = 1[A]$$

$$I_2 = \frac{V}{R_{234}} = \frac{9}{6} = 1.5[A]$$



بانوشتن KCL برای گره A جریان منبع I به دست می‌آید.

$$KCLA) + I - I_1 - I_2 = 0$$

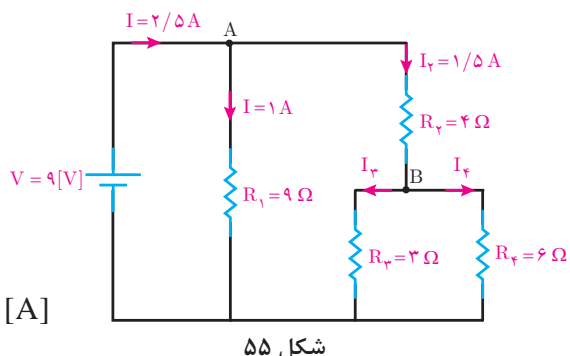
$$+ I - 1 - 1.5 = 0$$

$$I = 2.5[A]$$

اکنون با به دست آمدن I و I_1 و I_2 و با توجه به (شکل ۵۵) و استفاده از روابط تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی R_3 و R_4 جریان I_3 و I_4 به دست می آید.

$$I_3 = I_2 \frac{R_4}{R_3 + R_4} = 1/5 \times \frac{6}{3+6} = \frac{9}{9} = 1 \text{ [A]}$$

$$I_4 = I_2 \frac{R_3}{R_3 + R_4} = 1/5 \times \frac{3}{3+6} = \frac{4}{9} = 0/5 \text{ [A]}$$



شکل ۵۵

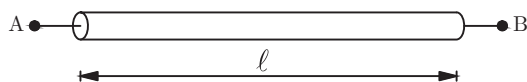
مقاومت الکتریکی متغیر

مقاومت الکتریکی متغیر مقاومتی است که مقدار آن قابل تنظیم می باشد (شکل ۵۶).



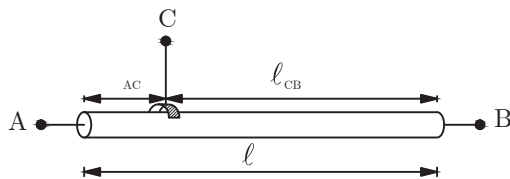
شکل ۵۶

مقاومت الکتریکی متغیر تشکیل شده از سیم با جنس کروم نیکل که یک لغزنده به روی آن حرکت می کند. مقاومت سیم با طول سیم متناسب است لذا می توان با تغییر طول سیم به یک مقاومت متغیر رسید. سیمی به طول l مطابق (شکل ۵۷) در نظر است.



شکل ۵۷

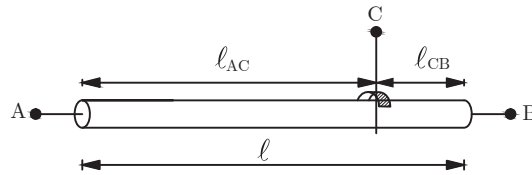
مقاومت الکتریکی بین سری های A و B متناسب با طول، سطح مقطع و جنس سیم مقدار مشخصی دارد. یک لغزنده مطابق (شکل ۵۸) با سیم تماس داده شده است.



شکل ۵۸

مقاومت الکتریکی بین سری های A و C متناسب با طول l_{AC} و مقاومت بین سری های C و B متناسب با طول l_{CB} می باشد.

با جابه‌جایی لغزنده طول‌های l_{AC} و l_{CB} تغییر کرده و متناسب با آن مقاومت الکتریکی سری‌های A و C و مقاومت الکتریکی سری‌های B و C تغییر می‌نماید (شکل ۵۹).



شکل ۵۹

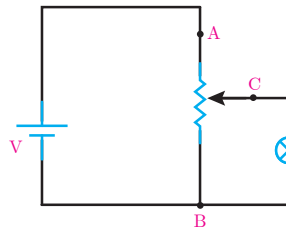
بنابراین مقاومت الکتریکی R_{AB} ثابت و مقاومت‌های الکتریکی R_{AC} و R_{CB} متغیر می‌باشد که با جابه‌جایی لغزنده مقدار آنها تغییر می‌کند. مقاومت الکتریکی متغیر در مدارهای الکتریکی مطابق (شکل ۶۰) نشان داده می‌شود.



شکل ۶۰

پتانسیومتر

پتانسیومتر، مقاومت الکتریکی متغیری است که سری‌های A، B و C آن در مدار الکتریکی قرار می‌گیرند (شکل ۶۱).

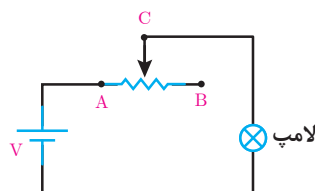


شکل ۶۱

از پتانسیومتر برای تغییر ولتاژ بین سری‌های C و B بر اساس تقسیم ولتاژ بین سری‌های AC و CB استفاده می‌کنند. در (شکل ۶۱) با جابه‌جایی لغزنده ولتاژ لامپ تغییر و متناسب آن نور تغییر می‌کند.

رئوستا

رئوستا، مقاومت الکتریکی متغیری است که سری‌های A و C آن در مدار الکتریکی قرار می‌گیرند (شکل ۶۲).

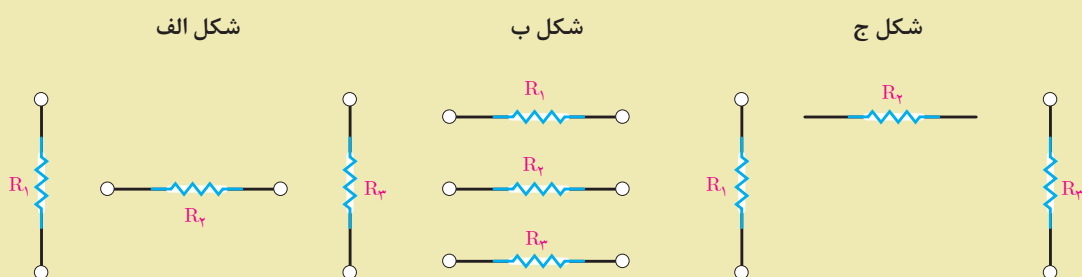


شکل ۶۲

از رئوستا برای تغییر جریان استفاده می‌شود. در (شکل ۶۲) با جابه‌جایی لغزنده جریان لامپ تغییر می‌نماید و متناسب آن افت ولتاژ دو سر لامپ و نور لامپ تغییر می‌کند.



- ۱- مدار سری را تعریف کنید و ویژگی‌های آن را با رسم شکل شامل سه مقاومت بنویسید.
- ۲- مدار موازی را تعریف کنید و ویژگی‌های آن را با رسم شکل شامل سه مقاومت بنویسید.
- ۳- قانون ولتاژهای کیرشهف (KVL) را تعریف کنید و رابطه ریاضی آن را بنویسید.
- ۴- قانون جریان‌های کیرشهف (KCL) را تعریف کنید و رابطه ریاضی آن را بنویسید.
- ۵- مفاهیم زیر را تعریف کنید.
الف) گره ب) شاخه ج) مسیر بسته د) مدار سری - موازی
- ۶- مقاومت متغیر را تعریف کنید و ساختمان آن را تشریح کنید.
- ۷- پتانسیومتر را تعریف کنید و نحوه اتصال آن را در یک مدار الکتریکی نشان دهید.
- ۸- رئوس را تعریف کنید و نحوه اتصال آن را در یک مدار الکتریکی نشان دهید.
- ۹- مقاومت‌های الکتریکی شکل‌های زیر را به صورت سری به یکدیگر اتصال دهید.



- ۱۰- مقاومت‌های الکتریکی پرسش ۹ را مجدداً رسم کنید و آنها را به صورت موازی به یکدیگر متصل کنید.
- ۱۱- مدار الکتریکی رسم کنید که در آن مقاومت‌های R_1 و R_2 به صورت موازی اتصال دارند و با مقاومت R_3 سری شده‌اند.
- ۱۲- مدار الکتریکی رسم کنید که در آن مقاومت‌های R_1 و R_2 به صورت سری اتصال دارند و با مقاومت R_3 موازی شده‌اند.
- ۱۳- لوازم الکتریکی منزل مسکونی با کدام اتصال الکتریکی به شبکه وصل شده‌اند؟

مسائل

۱- جریان مدار روبه‌رو را به‌دست آورید. $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = 15\Omega$, $V = 12[V]$

۲- آمپر مدار شکل مقابل $5/0$ آمپر را نشان می‌دهد. ولتاژ منبع را به‌دست آورید.

۳- ولت‌متر شکل روبه‌رو عدد ۱۵ ولت را نشان می‌دهد. مطلوب است محاسبه:

(الف) ولتاژ منبع

(ب) افت ولتاژ مقاومت R_3

۴- توان مصرفی مقاومت R_3 در شکل زیر برابر ۲۴ وات می‌باشد. مطلوب است محاسبه:

(الف) ولتاژ منبع

(ب) توان تولیدی منبع

۵- ولتاژ اندازه‌گیری شده توسط ولت‌متر در شکل زیر $21V$ می‌باشد. مطلوب است محاسبه:

(الف) مقاومت R_1

(ب) توان مصرفی مقاومت R_3

۶- در شکل روبه‌رو مطلوب است محاسبه:

(الف) مقاومت R_{eq}

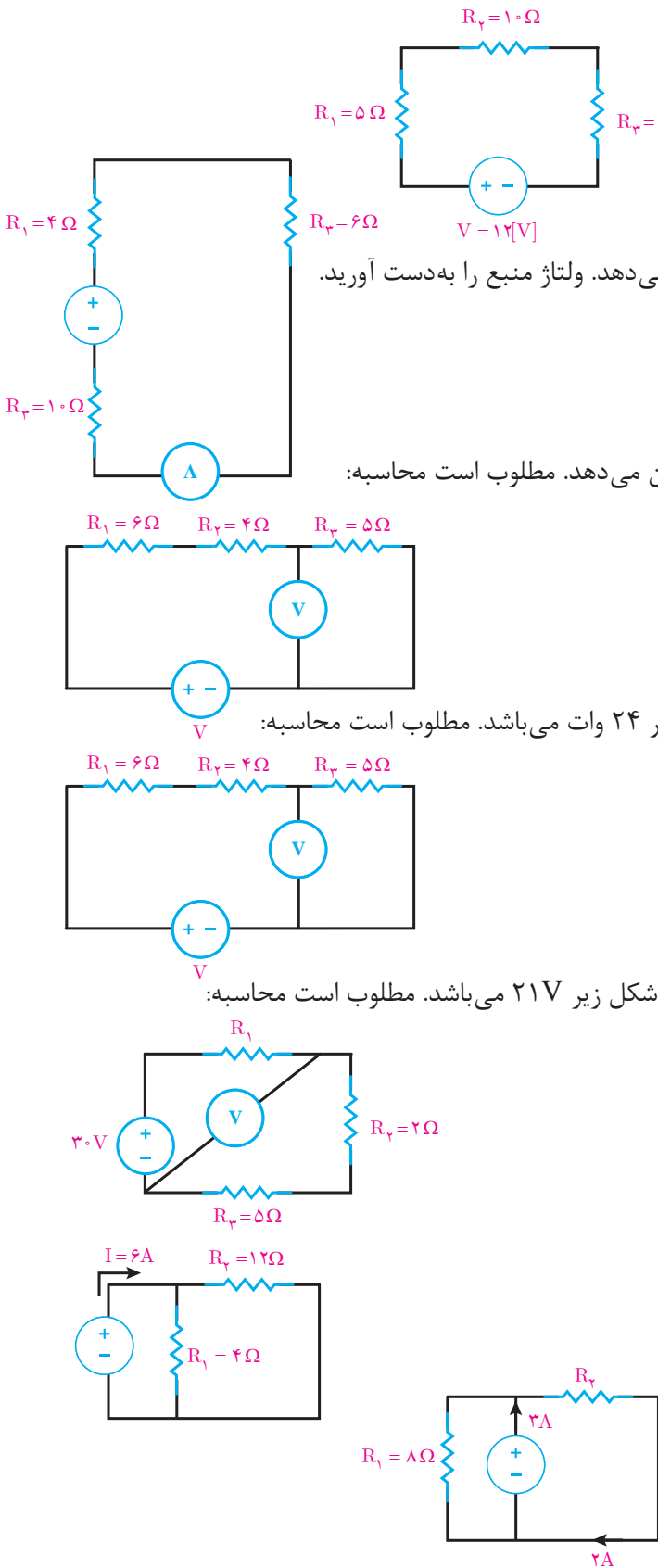
(ب) ولتاژ منبع

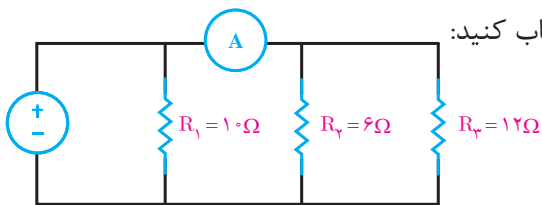
(پ) جریان هر شاخه

۷- در شکل روبه‌رو مطلوب است محاسبه:

(الف) ولتاژ منبع

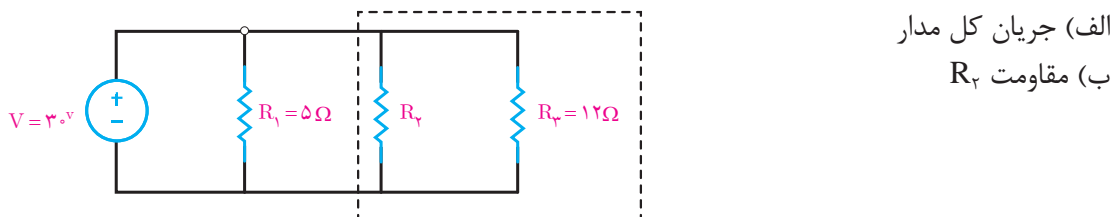
(ب) مقاومت R_3





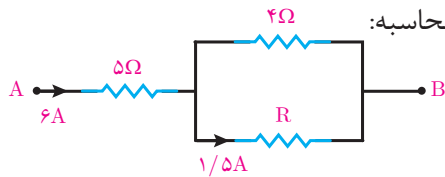
۸- آمپر متر در شکل روبه‌رو ۲ آمپر را نشان می‌دهد. حساب کنید:
 الف) ولتاژ منبع چقدر است؟
 ب) جریان کل مدار را بیابید.

۹- در شکل زیر توان مصرفی قسمت مشخص شده 100 W می‌باشد. حساب کنید:



الف) جریان کل مدار
 ب) مقاومت R_2

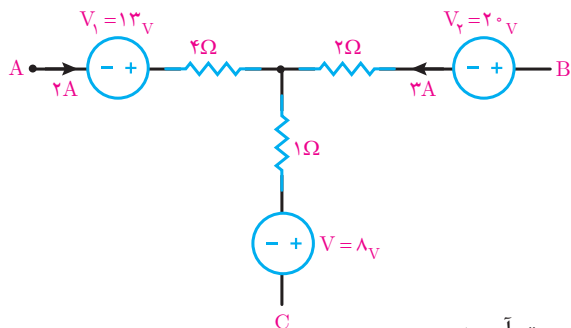
۱۰- شکل روبه‌رو بخشی از مدار الکتریکی است، مطلوب است محاسبه:



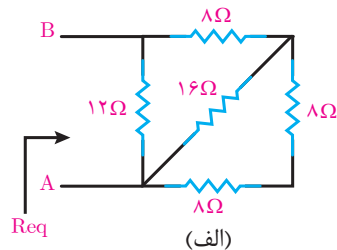
الف) V_{AB}

ب) مقدار R

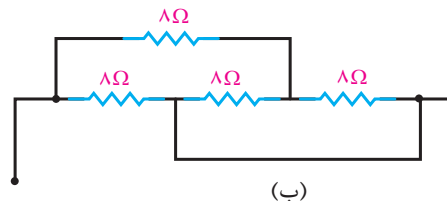
۱۱- شکل زیر بخشی از یک مدار الکتریکی است. توان هر یک از مقاومت‌های مدار را به دست آورید.



۱۲- مقاومت معادل را در هر یک از شکل‌های زیر به دست آورید:

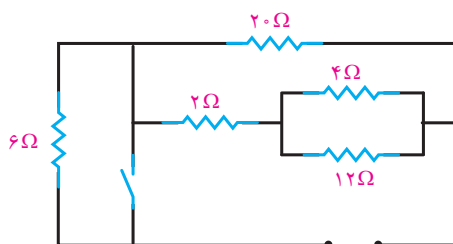


(الف)

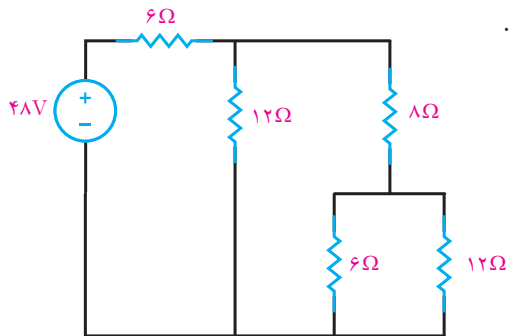


(ب)

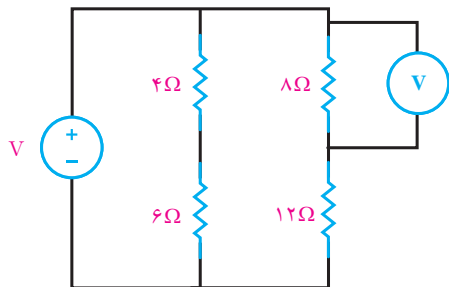
۱۳- در شکل زیر مقاومت معادل را در دو حالت کلید باز و بسته محاسبه کنید.



۱۴- در شکل زیر جریان، ولتاژ و توان هر مقاومت را بیابید.



۱۵- در شکل زیر ولت متر ۳۲ ولت را نشان می دهد مطلوب است:



الف) جریان هر مقاومت

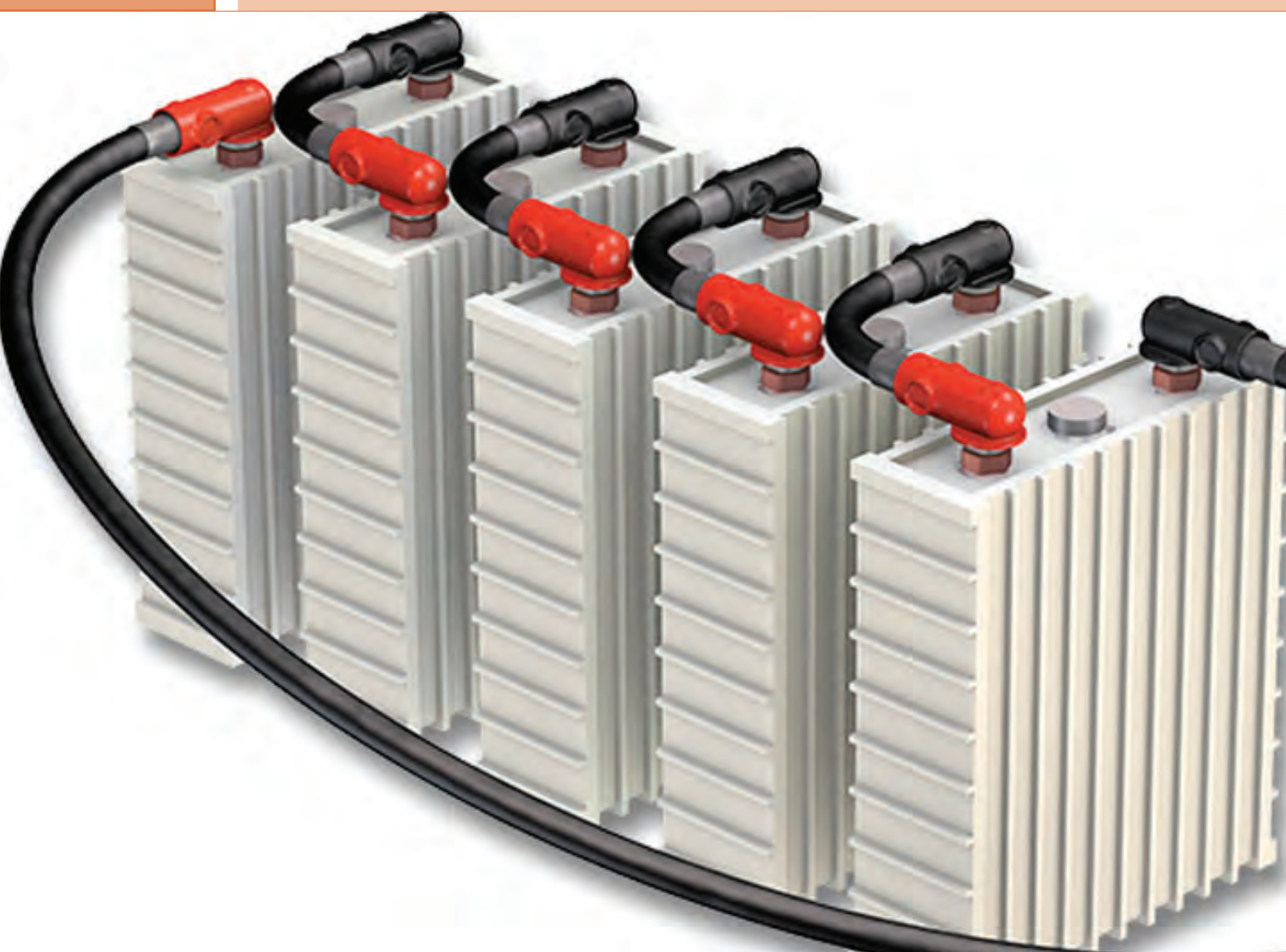
ب) ولتاژ دو سر هر مقاومت

ج) توان کل مدار

۱۶- در یک مدار با فیوز ۱۶ آمپری چند لامپ رشته ای ۱۰۰ وات، ۲۳۰ ولت می تواند روشن باشد؟ اگر در این مدار از یک اتوی ۱۲۰۰ وات استفاده شود چند لامپ می توان روشن کرد؟

واحد یادگیری ۷

باتری



باتری

باتری یکی از منابع تأمین انرژی الکتریکی جریان مستقیم می‌باشد. در باتری انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. (شکل ۶۳)



باتری موبایل

باتری کتابی

باتری قلمی

شکل ۶۳

علامت اختصاری باتری در (شکل ۶۴) نشان داده شده است.



شکل ۶۴- شمای فنی باتری

باتری‌ها در دو نوع قابل شارژ^۱ و غیرقابل شارژ ساخته می‌شوند. (شکل ۶۵)



شارژ نشدنی

شارژ شدنی

شکل ۶۵- باتری قابل شارژ و غیرقابل شارژ

باتری‌های قابل شارژ امکان چندین بار شارژ مجدد را دارند و پس از هر بار شارژ قابل استفاده خواهند شد. در صورتی که باتری‌های غیرقابل شارژ امکان شارژ مجدد را ندارند و پس از دشارژ قابل استفاده نخواهند بود.

۱- Rechargeable

افت ولتاژ درونی باتری

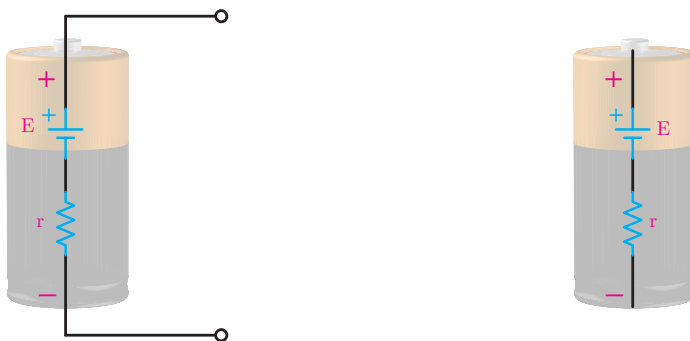
اختلاف پتانسیل دو سر باتری هنگامی که به هیچ مصرف کننده متصل نمی باشد را «ولتاژ بی باری» باتری گویند، ولتاژ بی باری بیشترین مقدار اختلاف پتانسیل باتری را دارد. بیشترین اختلاف پتانسیل باتری را «نیروی محرکه الکتریکی» باتری گویند و آن را با E نشان می دهند.

اختلاف پتانسیل دو سر باتری در اتصال به مصرف کننده کاهش می یابد. اختلاف پتانسیل دو سر باتری هنگامی که به مصرف کننده متصل باشد را «ولتاژ بارداری» باتری گویند و آن را با V نشان می دهند. اختلاف نیروی محرکه الکتریکی باتری E با ولتاژ بارداری V را «افت ولتاژ درونی باتری» می گویند. افت ولتاژ درونی باتری را با ΔV نشان می دهند و از رابطه زیر به دست می آید.

$$\Delta V = E - V$$

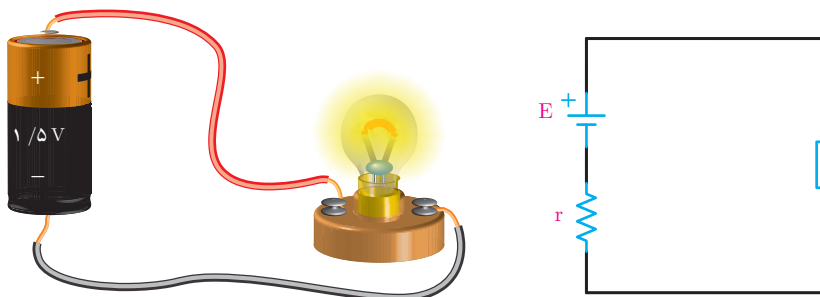
افت ولتاژ درونی باتری تابع جریان باتری است. با افزایش جریان باتری افت ولتاژ درونی باتری افزایش می یابد. برای معادل سازی افت ولتاژ درونی باتری آن را با افت ولتاژ دو سر یک مقاومت معادل می کنند.

مقاومتی که برای معادل سازی افت ولتاژ درونی باتری در نظر گرفته می شود را «مقاومت درونی» باتری گویند. مقاومت درونی باتری را با r نشان می دهند و با مدار الکتریکی باتری به صورت سری قرار می گیرد. (شکل ۶۶)



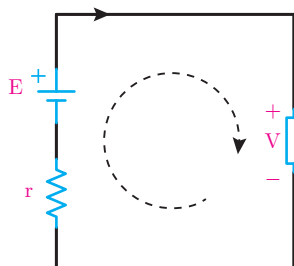
شکل ۶۶- مدار الکتریکی باتری

اتصال یک مصرف کننده به باتری و مدار الکتریکی آن در شکل ۶۷ نشان داده شده است.



شکل ۶۷

با اتصال مصرف کننده به باتری در مدار الکتریکی باتری مسیر بسته ایجاد می شود و جریان I در مدار جاری خواهد شد. با جاری شدن جریان در دو سر مصرف کننده اختلاف پتانسیل V که با اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر است ایجاد می شود (شکل ۶۸).



شکل ۶۸

با نوشتن KVL مسیر بسته مدار الکتریکی باتری خواهیم داشت:

$$\text{KVL)} +V +rI -E = 0$$

با مرتب کردن رابطه KVL، رابطه زیر به دست می آید

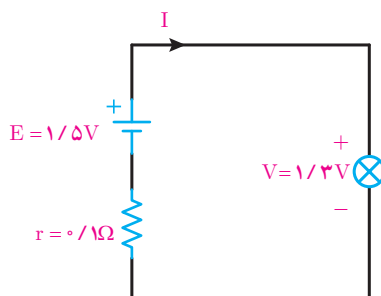
$$E - V = rI$$

از آنجایی که $\Delta V = E - V$ است افت ولتاژ درونی باتری به صورت زیر محاسبه خواهد شد

$$\Delta V = rI$$

مثال: اختلاف پتانسیل یک باتری قلمی $1/5$ ولتی با مقاومت درونی 1 اهم در اتصال به یک لامپ $1/3$ ولت کاهش می یابد مطلوب است:

الف) مدار الکتریکی



ب) جریان باتری

$$\text{KVL)} +V +rI -E = 0$$

$$1/3 + 1I - 1/5 = 0$$

$$1I = 0/2$$

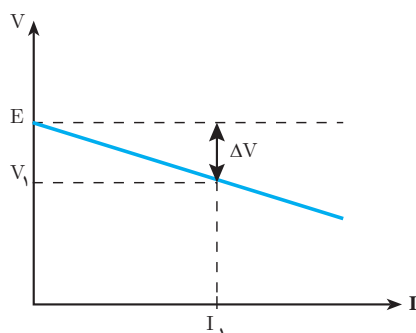
$$I = \frac{0/2}{1} = 0/2 \text{ [A]}$$

ج) افت ولتاژ درونی باتری

$$\Delta V = rI$$

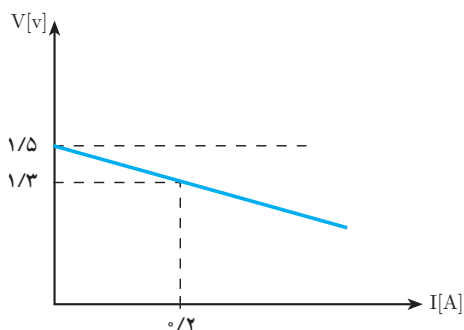
$$\Delta V = 1 \times 0/2 = 0/2 \text{ [V]}$$

نیروی محرکه باتری تابع واکنش‌های شیمیایی درون باتری است و جریان باتری تأثیری بر مقدار نیروی محرکه باتری E ندارد. تغییر جریان باتری بر افت ولتاژ درونی باتری تأثیر می‌گذارد و با افزایش جریان، افت ولتاژ درونی باتری افزایش می‌یابد و باعث کاهش اختلاف پتانسیل دو سر باتری خواهد شد. تأثیر جریان باتری بر اختلاف پتانسیل دو سر باتری در نمودار (شکل ۶۹) نشان داده شده است.



شکل ۶۹

مثال: نمودار تأثیر جریان بر اختلاف پتانسیل یک باتری در شکل زیر نشان داده شده است.



مطلوب است:

الف) مقاومت درونی باتری

$$E - V = rI$$

$$1/5 - 1/3 = r(0/2)$$

$$r = \frac{0/2}{0/2} = 1 \text{ } [\Omega]$$

ب) افت ولتاژ درونی باتری به ازای جریان ۰/۲ آمپر

$$\Delta V = E - V$$

$$\Delta V = 1/5 - 1/3 = 0/2 \text{ } [V]$$

ج) اگر جریان باتری به ۰/۵ آمپر افزایش یابد اختلاف پتانسیل باتری چقدر خواهد شد.

$$E - V = rI$$

$$1/5 - V = 1 \times 0/5$$

$$V = 1 \text{ } [V]$$

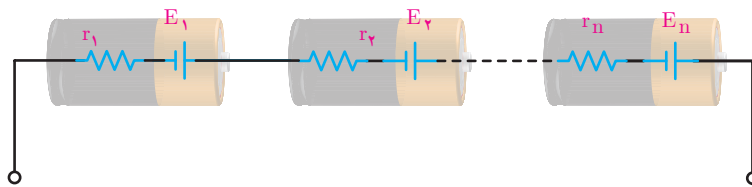
اتصال باتری‌ها

اتصال باتری‌ها به یکدیگر به منظور افزایش ولتاژ یا جریان انجام می‌شود. برای افزایش ولتاژ، باتری‌ها را با یکدیگر به صورت سری متصل می‌کنند. همچنین برای افزایش جریان، باتری‌ها را با یکدیگر به صورت موازی متصل می‌کنند.

در صورتی که ضمن افزایش ولتاژ نیاز به افزایش جریان نیز باشد باتری‌ها را به صورت ترکیبی از اتصال سری و موازی به کار می‌گیرند.

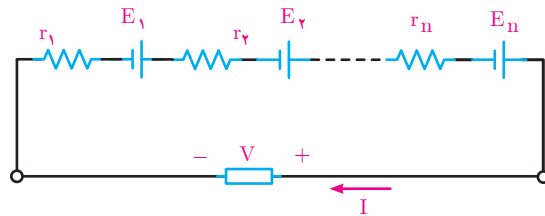
اتصال سری باتری‌ها

اتصال سری باتری‌ها به منظور افزایش ولتاژ به کار می‌رود. برای ایجاد اتصال سری، مثبت هر باتری به منفی باتری بعد متصل می‌شود. مدار الکتریکی اتصال سری باتری‌ها در (شکل ۷۰) نشان داده شده است.



شکل ۷۰

با اتصال چند باتری سری به مصرف‌کننده جریان در مدار جاری خواهد شد. (شکل ۷۱)



شکل ۷۱

در اتصال سری باتری‌ها جریان همه باتری‌ها با یکدیگر برابر است و مساوی جریان مصرف‌کننده می‌باشد. با نوشتن KVL خواهیم داشت:

$$\text{KVL) } r_1 I - E_1 + r_2 I - E_2 + \dots + r_n I - E_n + V = 0$$

$$(r_1 + r_2 + \dots + r_n) I - (E_1 + E_2 + \dots + E_n) + V = 0$$

با سری شدن باتری‌ها نیروی محرکه الکتریکی آنها با یکدیگر جمع می‌شود و نیروی محرکه الکتریکی E ایجاد می‌شود.

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n$$

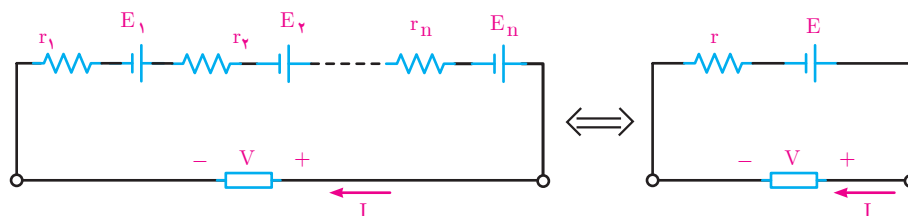
همچنین مقاومت درونی باتری‌ها نیز با یکدیگر جمع می‌شود و معادل آنها مقاومت درونی r ایجاد می‌شود.

$$r = r_1 + r_2 + \dots + r_n$$

و می توان نوشت:

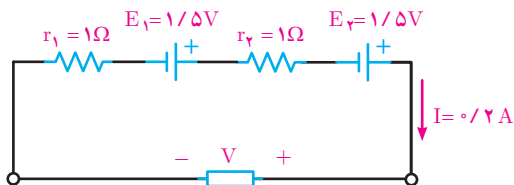
$$rI - E + V = 0$$

مدار الکتریکی معادل n باتری سری در (شکل ۷۲) نشان داده شده است.



شکل ۷۲- مدار معادل

مثال: دو باتری مشابه $1/5$ ولتی با مقاومت درونی 1 اهم به صورت سری به یک مصرف کننده متصل شده اند. اگر جریان مصرف کننده $0/2$ آمپر باشد مطلوب است محاسبه: الف) مدار الکتریکی



ب) اختلاف پتانسیل دو سر مصرف کننده

$$r = r_1 + r_2$$

$$r = 1 + 1 = 2 \Omega$$

$$E = E_1 + E_2$$

$$E = 1/5 + 1/5 = 2/5 \text{ [V]}$$

$$rI - E + V = 0$$

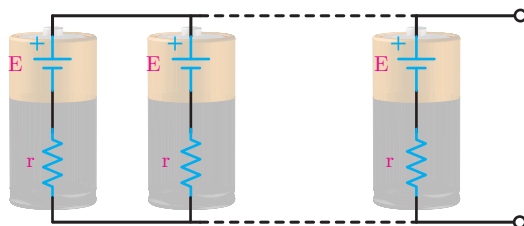
$$2 \times 0/2 - 2/5 + V = 0$$

$$V = 2/5 \text{ [V]}$$

در اتصال سری باتری ها با متصل کردن مثبت هر باتری به منفی باتری بعد اختلاف پتانسیل مصرف کننده افزایش می یابد. اگر در اتصال سری باتری ها مثبت هر باتری به مثبت باتری بعد متصل شود اختلاف پتانسیل مصرف کننده کاهش پیدا می کند و خرابی باتری ها را در پی خواهد داشت.

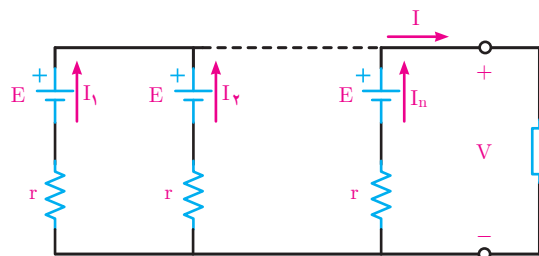
اتصال موازی باتری‌ها

اتصال موازی باتری‌ها به منظور افزایش جریان به کار می‌رود. برای ایجاد اتصال موازی حتماً از باتری‌های مشابه استفاده می‌شود و مثبت باتری‌ها به یکدیگر و منفی آنها نیز به یکدیگر متصل خواهد شد. مدار الکتریکی اتصال موازی باتری‌ها در (شکل ۷۳) نشان داده شده است.



شکل ۷۳

با اتصال چند باتری موازی به مصرف‌کننده جریان در آن جاری خواهد شد. (شکل ۷۴)



شکل ۷۴

با استفاده از رابطه $rI = E - V$ مقدار جریان هر باتری به دست می‌آید

$$I = \frac{E - V}{r}$$

در اتصال موازی باتری‌ها جریان مصرف‌کننده برابر مجموع جریان هر باتری می‌باشد. با نوشتن KCL خواهیم داشت:

$$\text{KCL) } I_1 + I_2 + \dots + I_n = I$$

با جایگزینی مقدار جریان هر باتری در رابطه KCL به دست می‌آید:

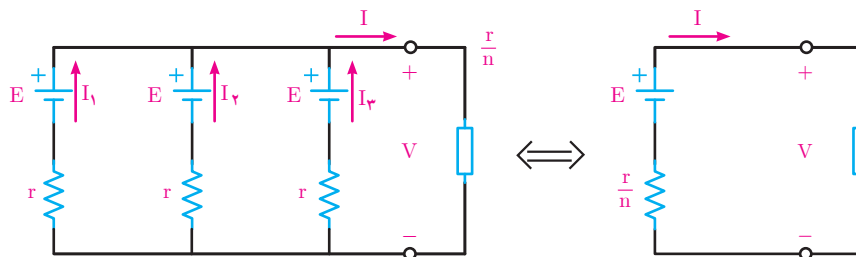
$$\text{KCL) } \frac{E - V}{r} + \frac{E - V}{r} + \dots + \frac{E - V}{r} = I$$

در KCL رابطه $\frac{E - V}{r}$ به تعداد n باتری تکرار شده است لذا:

$$n \left(\frac{E - V}{r} \right) = I$$

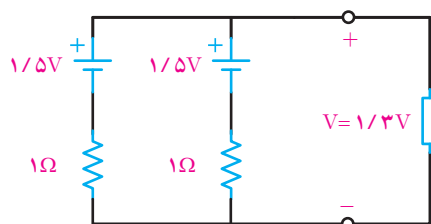
$$E - V = \frac{r}{n} I$$

مدار الکتریکی معادل n باتری موازی در (شکل ۷۵) نشان داده شده است



شکل ۷۵

مثال: دو باتری مشابه $1/5$ ولتی با مقاومت درونی 1 اهم به صورت موازی به یک مصرف کننده متصل شده‌اند. اگر اختلاف پتانسیل مصرف کننده $1/3$ ولت باشد مطلوب است:
الف) مدار الکتریکی



ب) جریان مصرف کننده

$$E - V = \frac{r}{n} I$$

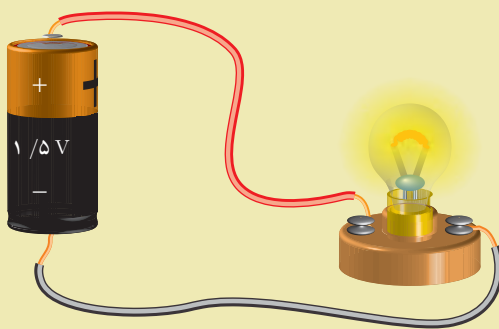
$$1/5 - 1/3 = \frac{1}{2} I$$

$$I = 0.4 \text{ [A]}$$

در اتصال موازی باتری‌های مشابه جریان مصرف کننده برابر حاصل جمع جریان باتری‌های موازی خواهد شد. اگر باتری‌های موازی مشابه نباشند جریان مصرف کننده کمتر از حاصل جمع جریان باتری‌های موازی خواهد شد.



- ۱- باتری را تعریف کنید.
- ۲- انواع باتری را نام ببرید.
- ۳- مفاهیم زیر را تعریف کنید.
 - الف) ولتاژ بی‌باری باتری
 - ب) ولتاژ باردار باتری
 - پ) نیروی محرکه الکتریکی باتری
 - ت) افت ولتاژ درونی باتری
- ۴- مدار معادل الکتریکی شکل زیر را رسم کنید.

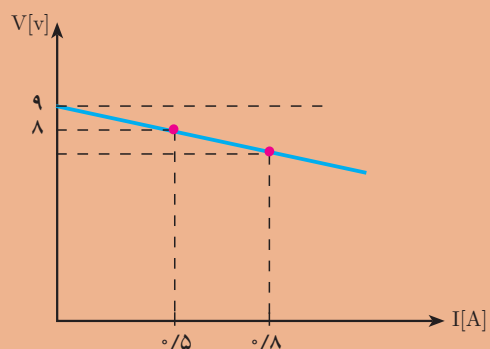


- ۵- با افزایش جریان، افت ولتاژ درونی باتری می‌یابد و اختلاف پتانسیل در سر باتری می‌یابد.
- ۶- تأثیر جریان باتری بر اختلاف پتانسیل دو سر باتری را با نمودار توضیح دهید.
- ۷- علت موازی بستن باتری‌ها با یکدیگر را توضیح دهید.
- ۸- برای ایجاد اتصال سری هر باتری به باتری بعد متصل می‌شود.
- ۹- در صورتی که باتری‌های موازی مشابه نباشند چه تأثیری بر جریان مصرف کننده دارد.



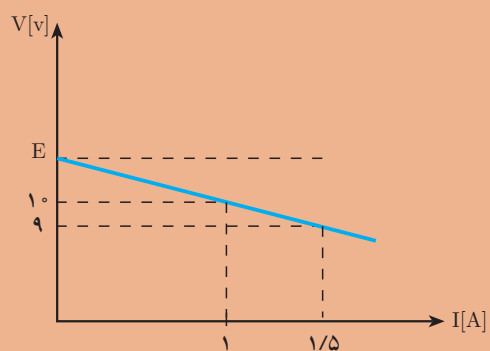
- ۱- اختلاف پتانسیل یک باتری ۹ ولتی در اتصال به مصرف کننده ۸ ولت می‌باشد اگر جریان مصرف کننده ۰/۵ آمپر باشد مطلوب است:
 - الف) افت ولتاژ درونی باتری
 - ب) مقاومت درونی باتری
- ۲- نمودار تأثیر جریان باتری بر اختلاف پتانسیل دو سر باتری در شکل صفحه بعد نشان داده شده است. مطلوب است محاسبه:
 - الف) افت ولتاژ در جریان ۰/۵ آمپر
 - ب) اختلاف پتانسیل دو سر باتری در جریان ۰/۸ آمپر

$E=9$



۳- نمودار تأثیر جریان باتری بر اختلاف پتانسیل دو سر باتری در شکل زیر نشان داده شده است. مطلوب است محاسبه:

- الف) نیروی محرکه باتری
ب) مقاومت درونی باتری



- ۴- دو باتری مشابه ۱۲ ولتی با اتصال سری به یک مصرف کننده متصل شده اند. اگر ولتاژ و جریان مصرف کننده به ترتیب ۲۲ ولت و ۲ آمپر باشد مقاومت درونی هر باتری را بیابید.
۵- دو باتری مشابه ۱۲ ولتی با اتصال موازی به یکدیگر متصل شده اند اگر جریان و ولتاژ مصرف کننده به ترتیب ۲ آمپر و ۱۱/۵ ولت باشد مقاومت درونی هر باتری را بیابید.
۶- چند باتری ۹ ولتی با مقاومت درونی ۱ اهم به طور موازی متصل شوند تا جریان و ولتاژ مصرف کننده به ترتیب ۴ آمپر و ۸ ولت شود؟

استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی مبتنی بر شایستگی درس دانش فنی پایه

رشته تحصیلی: الکتروتکنیک

پایه: دهم

سال تحصیلی:

کد رشته: ۰۷۱۳۱۰

کد درس:

کد کتاب: ۲۱۰۲۶۳

نمره	شاخص تحقیق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	عنوان پودمان
۳	حل مدار الکتریکی مقاومتی مختلط و محاسبه ولتاژ و جریان نقطه‌ای مدار	بالاتر از حد انتظار	با استفاده از قانون کیرشهف (K.C.L و K.V.L) مدارهای سری و موازی باتری‌ها را تحلیل کند	۱- تحلیل مدارهای سری و موازی باتری‌های الکتریکی ۲- تحلیل مدارهای سری و موازی مقاومتی	پودمان ۳: اتصالات سری و موازی الکتریکی
۲	حل مدارهای مقاومتی سری و موازی و چند حلقه‌ای	در حد انتظار			
۱	حل مدارهای مقاومتی ساده	پایین تر از حد انتظار			
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان	
				نمره پودمان از ۲۰	



مدارهای جریان متناوب

در این پودمان مطالب زیر را فراخواهید گرفت:

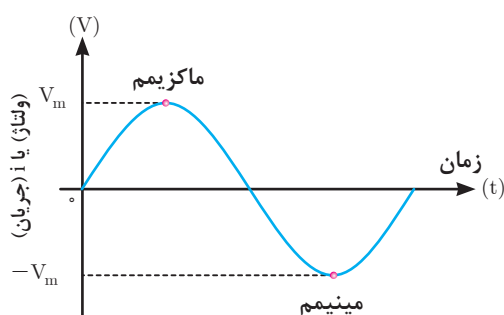
- ۱- جریان متناوب
- ۲- الکترومغناطیس
- ۳- قانون القای الکترومغناطیسی فاراده
- ۴- قانون لنز
- ۵- خودالقایی
- ۶- سلف
- ۷- خازن

واحد یادگیری ۸

جریان متناوب



جریان متناوب



شکل ۱

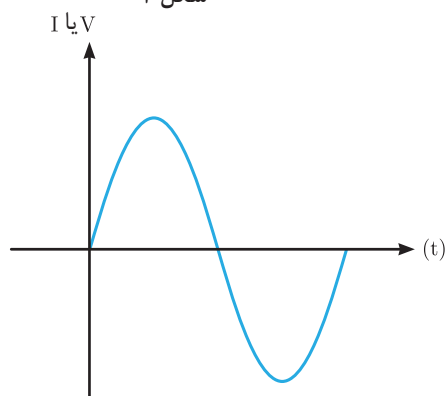
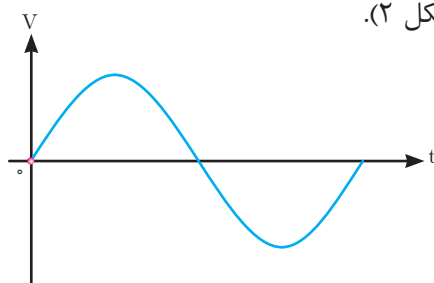
جریان متناوب جریانی است که جهت و مقدار آن در هر لحظه از زمان تغییر می‌کند و دامنه آن نیز نسبت به زمان از صفر تا حداکثر مثبت و از حداکثر مثبت تا صفر و از صفر تا حداکثر منفی و از حداکثر منفی تا صفر تغییر می‌کند. شکل موج متداول جریان متناوب، سینوسی است. در موج سینوسی حداکثر مثبت را ماکزیمم و حداکثر منفی را مینیمم گویند (شکل ۱).

تولید جریان متناوب

تولید جریان متناوب توسط ژنراتورهای جریان متناوب انجام می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲



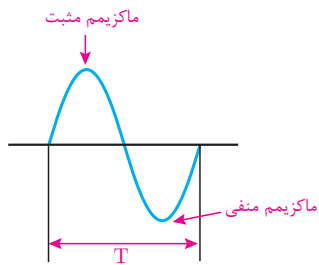
شکل ۳

ژنراتور جریان متناوب از دو قسمت ساکن و متحرک تشکیل شده است. قسمت ساکن را استاتور^۱ و قسمت متحرک را رتور^۲ می‌گویند. انرژی مکانیکی توربین، رتور ژنراتور را می‌گرداند تا ژنراتور انرژی الکتریکی تولید کند. انرژی الکتریکی دارای سه مشخصه ولتاژ، جریان و زمان است (شکل ۳).

مقدار و جهت ولتاژ یا جریان متناوب سینوسی با زمان تغییر می‌کند؛ یعنی از صفر شروع می‌شود و به مقدار پیک یا ماکزیمم مثبت می‌رسد. آنگاه دوباره صفر می‌شود و سپس به

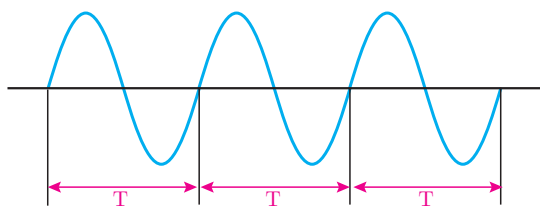
۱ - Stator

۲ - Rotor



شکل ۴

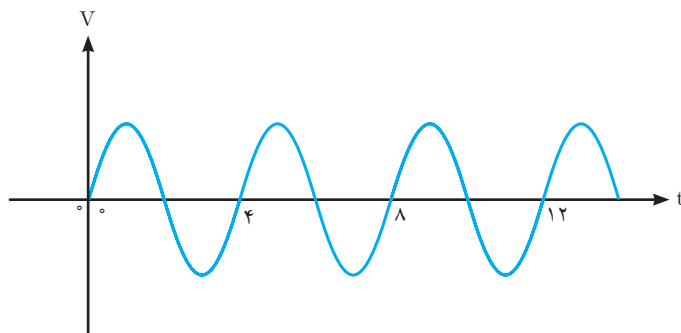
پیک یا ماکزیمم منفی می‌رسد و باز صفر می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، هنگامی که موج سینوسی از صفر می‌گذرد، پلاریته خود را عوض می‌کند. به عبارت ساده‌تر، موج سینوسی بین مقادیر مثبت و منفی تناوب می‌کند. مجموعه‌ای یک تناوب مثبت و منفی را یک سیکل کامل گویند. (شکل ۴).



شکل ۵

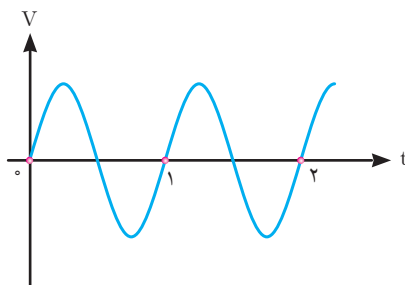
زمان تناوب مدت زمان انجام یک سیکل کامل می‌باشد و آن را با حرف T نشان می‌دهند. واحد زمان تناوب ثانیه است (شکل ۵).

مثال: زمان تناوب موج سینوسی (شکل ۶) را به دست آورید.
حل: یک سیکل کامل را مشخص می‌کنیم زمان انجام آن را از روی محور زمان $T=4s$ به دست می‌آوریم.



شکل ۶-الف

مثال: در (شکل ۶) سه روش برای اندازه‌گیری زمان تناوب پیدا کنید.



شکل ۶-ب

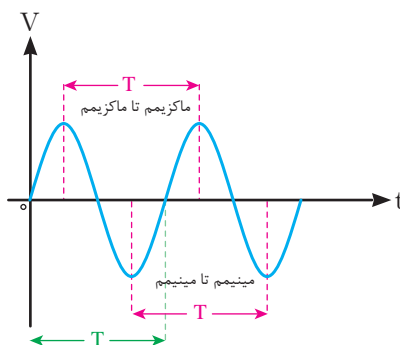
حل :

روش اول : زمان تناوب را می توان از یکی از صفرها در سیکل اول تا صفر مشابه در سیکل دوم اندازه گرفت.

روش دوم: زمان تناوب را می توان بین دو پیک (ماکزیمم) مثبت متوالی اندازه گرفت.

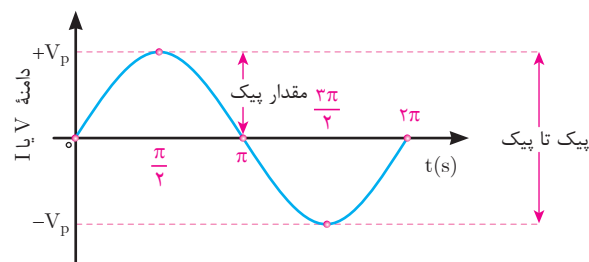
روش سوم : زمان تناوب را می توان بین دو پیک (ماکزیمم) منفی متوالی اندازه گرفت.

(شکل ۷) سه روش اندازه گیری را نشان می دهد.



شکل ۷

زاویه طی شده بین ابتدا تا انتهای یک سیکل کامل برابر 360° است. (شکل ۸)



شکل ۸

واحد اندازه گیری زاویه علاوه بر درجه، رادیان نیز می باشد به طوری که هر 360° درجه معادل 2π رادیان است یعنی :

$$360^\circ = 2\pi$$

زاویه طی شده بین ابتدا تا انتهای یک سیکل کامل برابر 2π رادیان است (شکل ۸).

برای تبدیل رادیان و درجه به یکدیگر از رابطه زیر استفاده می شود.

$$\frac{D}{360^\circ} = \frac{R}{2\pi}$$

مثال: زاویه 18° معادل چند رادیان است؟

حل:

$$\frac{D}{36^\circ} = \frac{R}{2\pi}$$

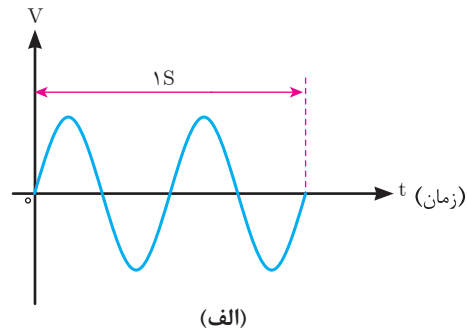
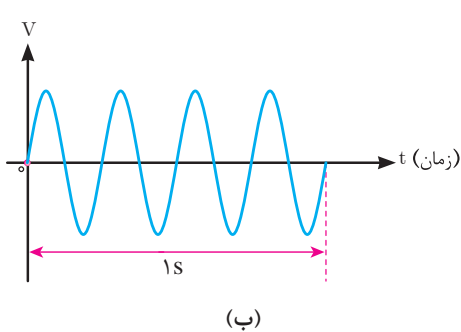
$$\frac{18^\circ}{36^\circ} = \frac{R}{2\pi}$$

$$R = \frac{2\pi \times 18^\circ}{36^\circ} = \pi [\text{Rad}]$$

فرکانس

فرکانس به تعداد سیکل‌هایی که در یک ثانیه انجام می‌گیرد گفته می‌شود و آن را با حرف f نشان می‌دهند.

واحد فرکانس سیکل بر ثانیه است و با [CPS] نشان می‌دهند و به احترام آقای هرتز آن را با هرتز [HZ] نشان می‌دهند. هرچه تعداد سیکل‌ها در ثانیه بیشتر باشد، فرکانس بیشتر است. (شکل ۹) دو موج سینوسی را نشان می‌دهد که موج (الف) دو سیکل و موج (ب) چهار سیکل را در ثانیه طی می‌کنند؛ یعنی، فرکانس موج (الف) ۲ هرتز و فرکانس موج (ب) چهار هرتز است.



شکل ۹

فرکانس برق در ایران 50 هرتز یا 50 CPS است. یعنی 50 سیکل کامل در یک ثانیه انجام می‌شود. فرکانس برق بعضی از کشورها 60 هرتز (60 CPS) است. فرکانس جریان یا ولتاژ را می‌توان، با فرکانس متر (دستگاه اندازه‌گیری فرکانس) اندازه گرفت و با اسیلوسکوپ (شکل ۱۰) (دستگاه نمایش شکل موج) پس از نمایش محاسبه کرد. با توجه به مطالب گفته شده، رابطه بین فرکانس و زمان تناوب را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$f = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{f}$$



شکل ۱۰

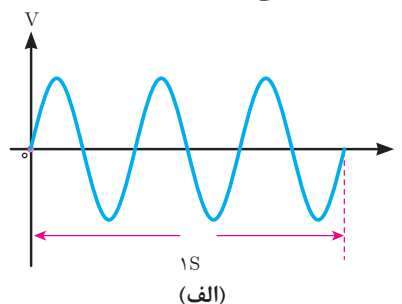
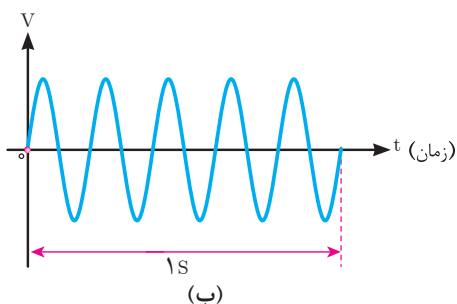
با توجه به این روابط، هر قدر فرکانس زیادتر شود، به همان اندازه زمان تناوب کاهش پیدا می‌کند؛ مثلاً اگر زمان تناوب یک موج، یک ثانیه باشد فرکانس آن یک هرتز و اگر زمان تناوب، ۲ ثانیه شود، فرکانس آن نصف خواهد شد.

مثال: با توجه به (شکل ۱۱) به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف) فرکانس کدام موج بیشتر است؟

ب) مقادیر زمان تناوب و فرکانس را حساب کنید.

ج) مقدار زاویه طی شده در مدت ۱ ثانیه در هر موج چند رادیان است.



شکل ۱۱

حل: موج (الف) ۳ سیکل و موج (ب) ۵ سیکل را در ثانیه طی کرده‌اند. پس فرکانس موج (ب) بیشتر است.

$$\text{موج ب: } f = 5 \text{ Hz}$$

$$T = \frac{1}{5} = 0.2$$

$$\text{زاویه} = 10\pi \text{ [Rad]}$$

$$\text{موج الف: } f = 3 \text{ Hz}$$

$$T = \frac{1}{3} = 0.33$$

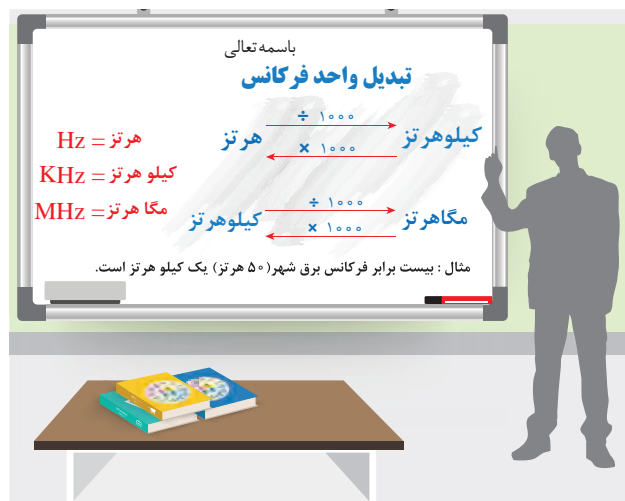
$$\text{زاویه} = 6\pi \text{ [Rad]}$$

در صنایع مخابراتی برای زمان تناوب از واحدهای کوچک‌تر و برای فرکانس از واحدهای بزرگ‌تر استفاده می‌کنند. این واحدها به صورت زیر نوشته می‌شوند.

$$1 \text{ KHz} = 10^3 \text{ Hz} \text{ یک کیلوهرتز}$$

$$1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz} \text{ یک مگاهرتز}$$

$$1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz} \text{ یک گیگاهرتز}$$





با دستگاه اسیلوسکوپ می‌توانید شکل موج فرکانس برق شهر را مشاهده کنید (شکل ۱۲).

شکل ۱۲

مثال: اگر زمان تناوب یک موج سینوسی 10 میلی ثانیه باشد، فرکانس آن چقدر است؟

حل:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10 \times 10^{-3} \text{ (s)}} = 100 \text{ Hz}$$

مثال: فرکانس یک موج سینوسی 60 هرتز است. زمان تناوب آن چقدر است؟

حل:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60 \text{ Hz}} = 16.67 \text{ (ms)}$$

سرعت زاویه‌ای

موج متناوب در هر سیکل 2π رادیان را طی می‌کند، لذا مقدار زاویه طی شده در مدت یک ثانیه برابر $2\pi f$ می‌باشد که آن را سرعت زاویه‌ای گویند و با رابطه زیر نشان می‌دهند:

$$\omega = 2\pi f$$

که در این رابطه:

ω : سرعت زاویه بر حسب [Rad/s]

f : فرکانس بر حسب [HZ] است.

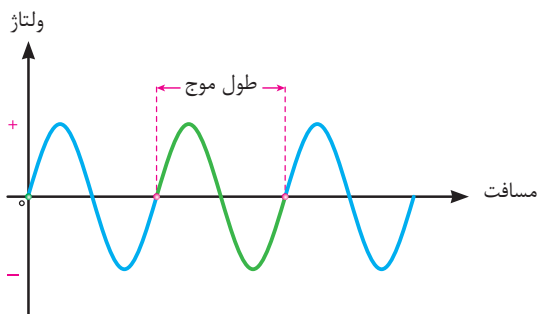
مثال: فرکانس یک موج متناوب سینوسی 50 HZ می‌باشد سرعت زاویه‌ای آن را به دست آورید:

حل: با توجه به رابطه $\omega = 2\pi f$ داریم:

$$\omega = 2\pi \times 50 = 100\pi = 100 \times 3.14 = 314 \text{ [Rad/s]}$$

طول موج

طول موج عبارت است از مسافتی که در یک سیکل کامل طی می‌شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳

طول موج با سرعت انتشار موج، نسبت مستقیم و با تغییرات فرکانس، نسبت عکس دارد. طول موج را که با حرف λ (لاندا) نمایش می‌دهند و از رابطه زیر به دست می‌آید. در این رابطه :

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

λ : طول موج [m]

V: سرعت موج $\left[\frac{m}{s}\right]$

f: فرکانس موج [HZ] است.

مثال: طول موج یک صدا با فرکانس 100 Hz که به وسیله بلندگویی پخش می‌شود، چقدر است؟ (سرعت صوت $340 \frac{m}{s}$ فرض شود)

$$V = 340 \frac{m}{s}$$

$$f = 100 \text{ HZ}$$

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{340}{100} = 3.4 \text{ m}$$

مثال: طول موج یک موج رادیویی با فرکانس 3 گیگا هرتز چقدر است؟

$$V = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^9} = 0.1 \text{ m}$$

مقدار متوسط موج متناوب سینوسی

مقدار متوسط یک ولتاژ یا جریان متناوب سینوسی، میانگین مقادیر لحظه‌ای آن موج در یک دوره تناوب است.

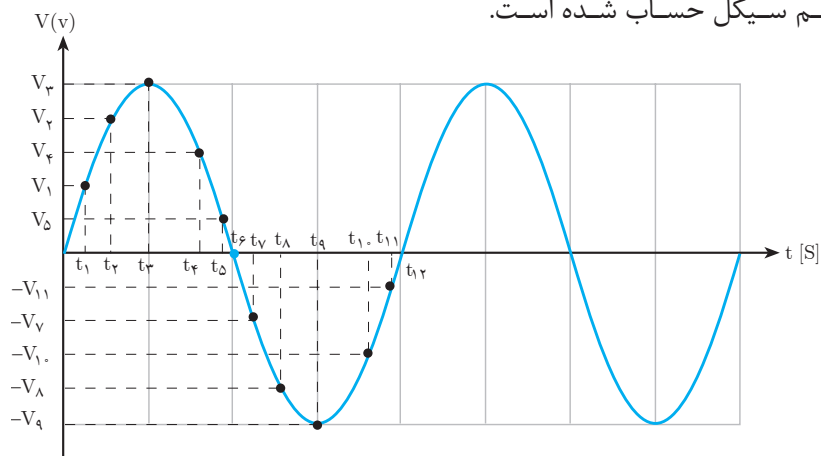
برای محاسبه میانگین هر کمیتی باید حاصل جمع مقادیر نقاط مختلف را بر تعداد نقاط آن تقسیم کرد.

به‌طورمثال برای محاسبه میانگین حداقل و حداکثر دمای یک اتاق باید حاصل جمع حداقل دما با حداکثر دمای محیط را جمع و بر 2 تقسیم کرد و یا برای محاسبه میانگین بین سه عدد 10 ، 18 و 17 به صورت زیر عمل کرد.

$$\text{میانگین سه عدد} = \frac{10+18+17}{3}$$

بر همین اساس برای محاسبه دقیق مقدار متوسط یک موج باید مقادیر موج در هر لحظه را با هم جمع و بر تعداد نمونه‌های برداشته شده تقسیم کرد. (شکل ۱۴) یک موج سینوسی ولتاژ

متناوب را نشان می‌دهد که در هر نیم سیکل به ۶ قسمت تقسیم شده است و مقدار متوسط آن در هر نیم سیکل حساب شده است.



شکل ۱۴

هر قدر تعداد قسمت‌ها بیشتر باشد، مقدار میانگین محاسبه شده دقیق‌تر است.

نکته



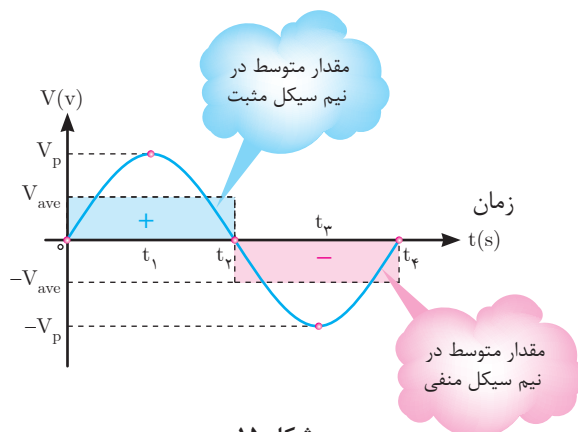
میانگین مقادیر لحظه‌ای نیم سیکل مثبت

$$V_{ave}^+ = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5}{\Delta}$$

میانگین مقادیر لحظه‌ای نیم سیکل منفی

$$V_{ave}^- = \frac{-V_6 - V_5 - V_4 - V_3 - V_2}{\Delta}$$

مقدار متوسط هر یک از نیم سیکل‌های یک موج سینوسی در (شکل ۱۵) نشان داده شده است. مساحت زیر هر نیم سیکل با مساحت مقدار متوسط در همان نیم سیکل برابر است.

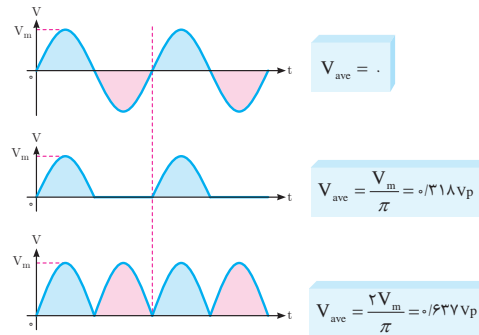


شکل ۱۵

همان طوری که از (شکل ۱۶) مشخص است مقدار متوسط در یک سیکل کامل سینوسی از جمع دو نیم سیکل مثبت و منفی به دست می‌آید مقدار آن مساوی صفر می‌شود.

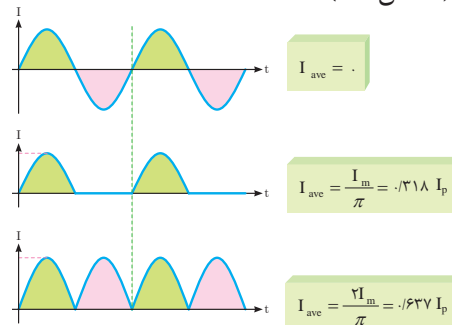
$$V_{av} = V_{av}^+ + V_{av}^- = 0$$

هرگاه موج‌هایی به صورت (شکل ۱۶) داشته باشیم و بخواهیم مقدار متوسط هر یک از آنها را حساب کنیم می‌توان از روابط نوشته شده در مقابل آنها استفاده کرد.



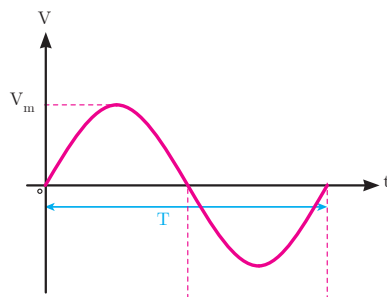
شکل ۱۶

لازم به ذکر است برای محاسبه مقدار متوسط شکل موج جریان نیز به همین ترتیب و بر پایه این روابط می‌توان عمل کرد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷

مقدار مؤثر موج متناوب سینوسی

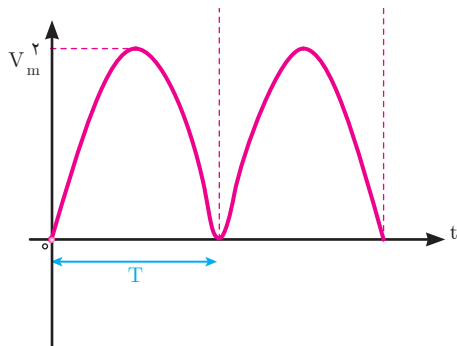


شکل ۱۸

مقدار مؤثر موج متناوب عبارت از «جذر میانگین مربعات» می‌باشد و آن را با rms^1 یا eff^2 نشان می‌دهد. برای تعیین مقدار مؤثر موج متناوب سینوسی (شکل ۱۸) ابتدا مقادیر لحظه‌ای موج را به دو می‌رسانند تا مقادیر نیم سیکل منفی به مثبت تبدیل شود. (شکل ۱۹) سپس میانگین موج محاسبه می‌شود.

۱- root mean square

۲- effective



شکل ۱۹

چون در ابتدا مقادیر لحظه‌ای موج به توان دو رسیده است از میانگین آن جذر گرفته می‌شود. مقدار مؤثر ولتاژ با شکل موج متناوب سینوسی از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید.

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

که در این رابطه :

V_m مقدار ماکزیمم ولتاژ متناوب و

V_{rms} مقدار مؤثر ولتاژ متناوب است.

برای محاسبه مقدار مؤثر جریان با شکل موج متناوب سینوسی نیز از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$I_{\text{rms}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

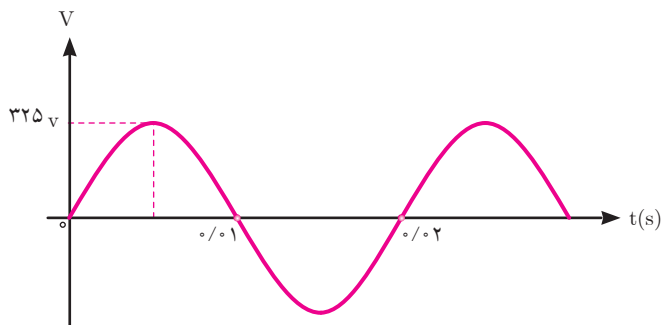
که در این رابطه :

I_m مقدار ماکزیمم جریان متناوب

I_{rms} مقدار مؤثر جریان متناوب می‌باشد.

مقدار مؤثر ولتاژ یا جریان متناوب برابر مقدار ولتاژ یا جریان مستقیمی است که در یک مقاومت مشخص در مدت زمان معینی به یک اندازه گرما تولید کند.

مثال: مقدار مؤثر (شکل ۲۰) موج متناوب سینوسی زیر را به دست آورید؟



شکل ۲۰

حل: مقدار ماکزیمم با توجه به شکل موج سینوسی برابر است با:

$$V_m = 325 \text{ V}$$

با استفاده از رابطه مقدار مؤثر ولتاژ محاسبه می‌شود:

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{325}{\sqrt{2}} = 230 \text{ V}$$

مثال: یک جریان متناوب با شکل موج سینوسی دارای مقدار مؤثر ۵ آمپر می‌باشد مقدار ماکزیمم جریان چند آمپر است؟

حل: از رابطه مقدار ماکزیمم جریان محاسبه می‌شود:

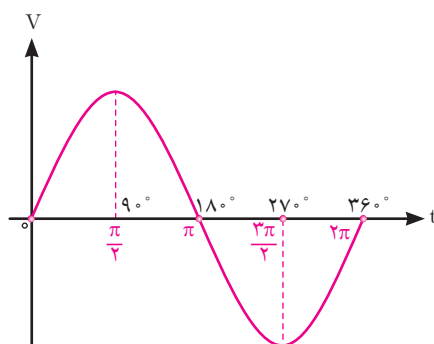
$$I_{\text{rms}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$5 = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_m = 5 \times \sqrt{2} = 7.07 \text{ A}$$

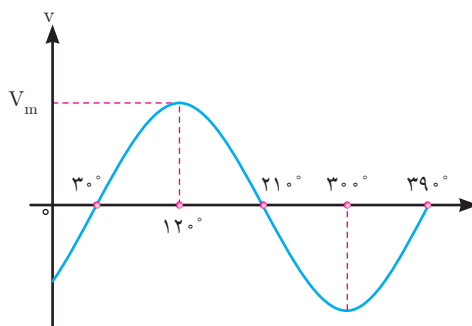
فاز

فاز^۱ در لغت به معنی موقعیت می‌باشد. برای یک موج متناوب سینوسی شروع موج، موقعیت یا فاز موج را نسبت به مبدأ دستگاه مختصات نشان می‌دهد. فاز موج سینوسی را با θ نشان می‌دهند. در (شکل ۲۱) فاز موج سینوسی صفر است و آن را به صورت $\theta_v = 0^\circ$ نشان می‌دهند.



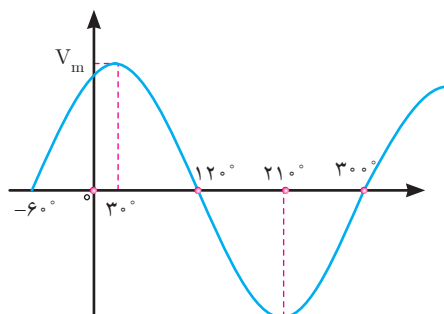
شکل ۲۱

در (شکل ۲۲) فاز موج سینوسی -3° درجه است. یعنی $\theta_v = -3^\circ$ می‌باشد.



شکل ۲۲

و در (شکل ۲۳) فاز موج سینوسی $+6^\circ$ درجه است یعنی $\theta_V = +6^\circ$ می‌باشد.



شکل ۲۳

در مدارهای الکتریکی اختلاف بین فاز موج سینوسی ولتاژ با فاز موج سینوسی جریان که هم فرکانس هستند را (اختلاف فاز) گویند و با (φ) نشان می‌دهند و به صورت زیر محاسبه می‌شود.

فاز جریان - فاز ولتاژ = اختلاف فاز

$$\varphi = \theta_V - \theta_i$$

که در این رابطه :

φ زاویه اختلاف فاز بین فاز موج سینوسی ولتاژ با فاز موج سینوسی جریان

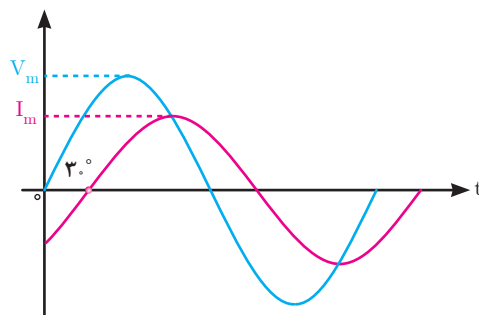
θ_V فاز موج سینوسی ولتاژ

θ_i فاز موج سینوسی جریان است.

در (شکل ۲۴) فاز موج سینوسی ولتاژ $\theta_V = 0^\circ$ می‌باشد و فاز موج سینوسی جریان $\theta_i = -30^\circ$ است. اختلاف فاز آنها $\varphi = +30^\circ$ است، زیرا :

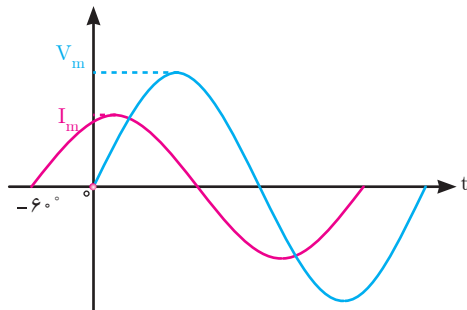
$$\varphi = \theta_V - \theta_i$$

$$\varphi = -(-30) = +30^\circ$$



شکل ۲۴

این مدار الکتریکی را پس فاز گویند زیرا جریان مدار 30° از ولتاژ مدار عقب تر است. در مدارهای پس فاز ϕ مثبت خواهد شد.



شکل ۲۵

مثال: اختلاف فاز موج‌های سینوسی (شکل ۲۵) را محاسبه کنید.

حل: فاز موج سینوسی ولتاژ صفر است یعنی $\theta_V = 0^\circ$ می‌باشد. فاز موج سینوسی جریان $60^\circ +$ است یعنی $\theta_i = +60^\circ$ می‌باشد. از رابطه اختلاف فاز به دست می‌آید:

$$\phi = \theta_V - \theta_i$$

$$\theta_V = 0^\circ$$

$$\theta_i = +60^\circ$$

$$\phi = 0^\circ - (+60^\circ) = -60^\circ$$

این مدار الکتریکی را «پیش‌فاز» گویند زیرا جریان مدار 60° از ولتاژ مدار جلوتر است. در مدارهای پیش فاز ϕ منفی خواهد شد.

معادله زمانی موج

معادله زمانی موج سینوسی رابطه بین کمیت‌های «مقدار ماکزیمم»، «سرعت زاویه‌ای»، «فاز» موج سینوسی را نشان می‌دهد. معادله زمانی موج سینوسی ولتاژ متناوب به صورت زیر است.

$$v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta_V)$$

که در این رابطه:

$v(t)$ مقدار لحظه‌ای ولتاژ در لحظه t بر حسب ولت

V_m مقدار ماکزیمم ولتاژ بر حسب ولت

ω سرعت زاویه‌ای بر حسب رادیان بر ثانیه $\left[\frac{\text{Rad}}{\text{s}}\right]$

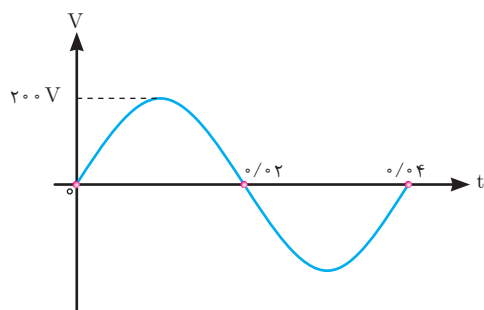
θ_V فاز موج سینوسی ولتاژ بر حسب درجه یا رادیان است.

کمیت‌های معادله زمانی $v(t) = 100 \sin(100\pi t + 0^\circ)$ برابر است با:

$$V_m = 100 \text{ [V]}$$

$$\omega = 100\pi \left[\frac{\text{Rad}}{\text{s}}\right]$$

$$\theta_V = 0^\circ$$



شکل ۲۶

مثال: معادله زمانی موج سینوسی (شکل ۲۶) را بنویسید.

حل:

با توجه به شکل می توان نوشت:

$$\theta_V = 0^\circ$$

$$T = 0.04 \text{ [s]}$$

$$V_m = 200 \text{ [V]}$$

از رابطه سرعت زاویه‌ای ω حساب می شود:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.04} = 50\pi \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

معادله زمانی موج سینوسی به صورت زیر است :

$$v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta_v)$$

با جایگذاری کمیت‌های آن معادله زمانی موج سینوسی به دست می آید:

$$v(t) = 200 \sin(50\pi t + 0)$$

معادله زمانی موج سینوسی جریان نیز مشابه معادله زمانی موج سینوسی ولتاژ به صورت زیر نوشته می شود.

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \theta_i)$$

که در این رابطه:

$i(t)$ مقدار لحظه‌ای جریان در لحظه t بر حسب آمپر

I_m مقدار ماکزیمم جریان بر حسب آمپر

ω سرعت زاویه‌ای بر حسب رادیان بر ثانیه

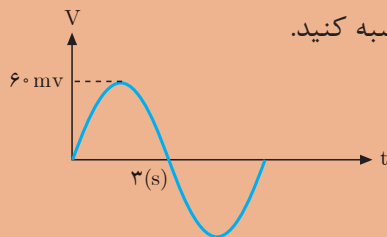
θ_i فاز موج سینوسی جریان بر حسب درجه یا رادیان است.



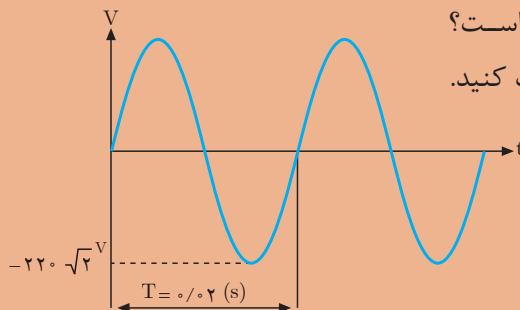
- ۱- هر یک از مفاهیم زیر را تعریف کنید.
ولتاژ متناوب، فرکانس، زمان تناوب، مقدار مؤثر و متوسط یک موج سینوسی.
- ۲- مقدار ولتاژ ماکزیمم یک موج سینوسی برابر با یک ولت است مقدار مؤثر ولتاژ را به دست آورید.
- ۳- بار رسم سه موج سینوسی، اختلاف زاویه آنها را که اولی نسبت به دومی 30° درجه جلوتر و دومی نسبت به سومی 45° درجه جلوتر است، نشان دهید.
- ۴- زاویه فاز 90° درجه برابر با چند رادیان است؟



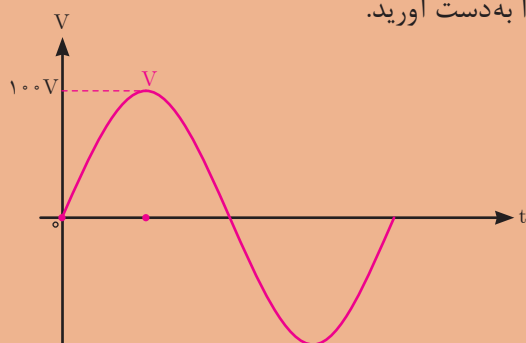
- ۱- منبع ولتاژ 220 ولت AC را به یک مقاومت 20 اهمی اتصال داده ایم:
الف) مقدار جریان rms در مقاومت را محاسبه کنید.
ب) اگر $\omega = 100$ رادیان بر ثانیه باشد، فرکانس جریان برق چقدر است؟
پ) چه مقدار ولتاژ (dc) مورد نیاز است تا معادل ولتاژ مؤثر در این مقاومت حرارت تولید شود؟
- ۲- فرکانس امواج متناوب سینوسی زیر چقدر است؟
الف) ده سیکل در ثانیه
ب) یک سیکل در ثانیه
پ) 50 سیکل در یک ثانیه
ت) 50 سیکل در 5 ثانیه
- ۳- زمان تناوب را برای فرکانس‌های زیر محاسبه کنید.
الف) 500 هرتز (HZ) ب) 5 مگا هرتز (MHZ) پ) 5 گیگاهرتز (GHZ)
- ۴- در شکل زیر مقادیر V_{rms} ، زمان تناوب و فرکانس را محاسبه کنید.



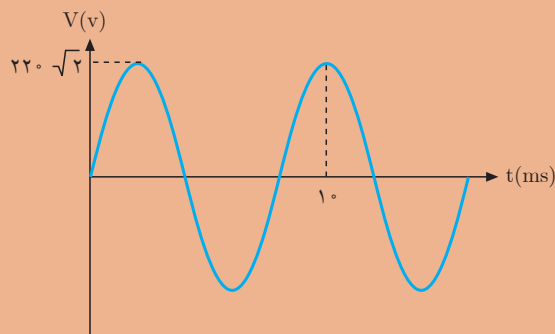
- ۵- جریانی به معادله $i(t) = 10 \sin(100\pi t + 0^\circ)$ از یک مقاومت 10 اهمی عبور می‌کند. ولتاژ دو سر مقاومت چند ولت است؟
- ۶- مقدار ولتاژ منحنی شکل زیر را در $\frac{T}{4}$ حساب کنید.
فرکانس و مقدار مؤثر آن چقدر است؟



۷- مقدار مؤثر ولتاژ موج متناوب شکل مقابل را به دست آورید.



۸- ولتاژ متناوب سینوسی شکل زیر یک مقاومت الکتریکی 5Ω را تغذیه می کند. مطلوب است محاسبه:



الف) سرعت زاویه ای، فرکانس، زمان تناوب.

ب) ولتاژ rms.

ج) جریان عبوری از مقاومت الکتریکی.

۹- در یک مصرف کننده الکتریکی فاز موج سینوسی ولتاژ $\theta_v = 0^\circ$ و فاز موج سینوسی جریان $\theta_i = -60^\circ$ می باشد. مطلوب است محاسبه:

الف) اختلاف فاز ولتاژ و جریان

ب) مدار پس فاز است یا پیش فاز؟ چرا؟

ج) شکل موج سینوسی جریان و ولتاژ را رسم کنید.

۱۰- معادله زمانی موج سینوسی ولتاژ و جریان مصرف کننده ای به صورت

$v(t) = 220\sqrt{2} \sin(100\pi t + 0)$ و $i(t) = 5\sqrt{2} \sin(100\pi t + 0)$ می باشد. مطلوب است

محاسبه:

الف) اختلاف فاز ولتاژ و جریان.

ب) سرعت زاویه ای، فرکانس و زمان تناوب موج ولتاژ.