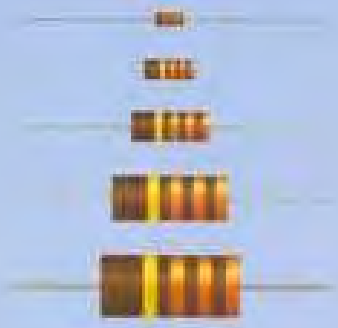
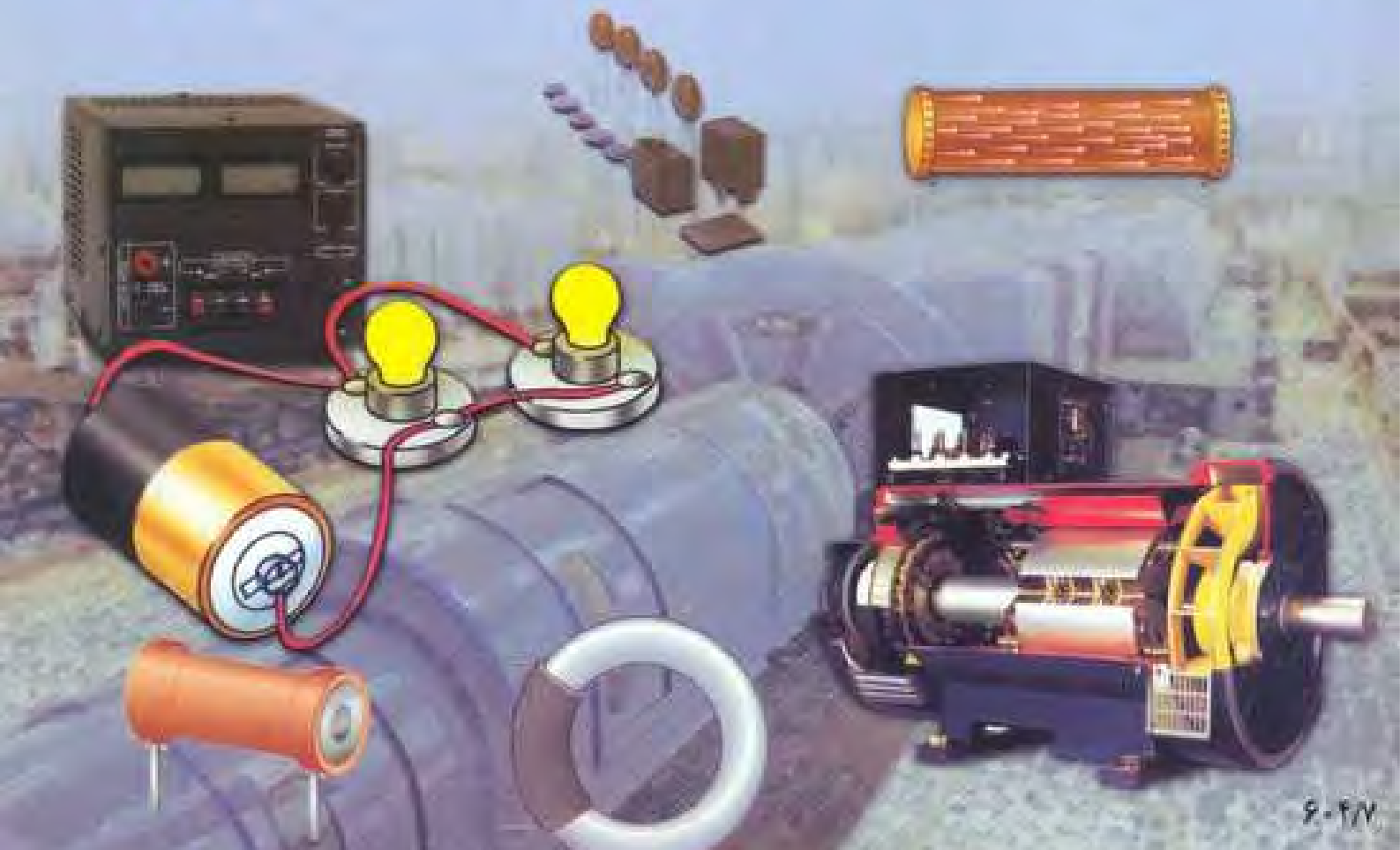
جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مبانی الکتریسیته

شاخه‌ی کاردانش (گرو، تحصیلی برق)

رشته مهارتی: برق صنعتی، تعمیر لوازم خانگی برقی،
برق ساختمان، ماشین های الکتریکی





۶۰۴۷

بسم الله الرحمن الرحیم

مبانی الکتریسیته

شاخه: کاردانش

زمینه: صنعت

گروه تحصیلی: برق

زیرگروه: الکتروتکنیک

رشته‌های مهارتی: برق ساختمان درجه (۱) ـ برق صنعتی درجه (۱) ـ برق صنعتی ـ ماشین‌های الکتریکی درجه (۱) ـ تعمیر لوازم خانگی برقی ـ ماشین‌های الکتریکی

شماره‌ی رشته‌های مهارتی: ۳۰۱-۱۰۱-۱۰-۱، ۳۰۲-۱۰۱-۱۰-۱، ۳۰۳-۱۰۱-۱۰-۱، ۳۰۴-۱۰۱-۱۰-۱، ۳۰۵-۱۰۱-۱۰-۱، ۳۰۶-۱۰۱-۱۰-۱

کد رایانه‌ای رشته‌های مهارتی ۹۳۷۱، ۹۳۷۲، ۹۳۷۳، ۹۳۷۴، ۹۳۷۵، ۹۳۷۶

نام استاندارد مهارتی مبنا: برق صنعتی درجه (۲)

کد استاندارد متولی: ۵۵/۱۴-۸ و ۷۵

شماره درس: ۸۳۱۸/۲ و ۸۳۱۹/۲

۵۲۷ / خدادادی، شهرام

م ۳۶۸ ج/ مبانی الکتریسیته/ مؤلف: شهرام خدادادی.

۱۳۸۲ تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، وابسته به وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۸۲.

۳۷۸ص.: مصور. ـ (شاخه‌ی کاردانش؛ شماره درس ۸۳۱۸/۲ و ۸۳۱۹/۲).

متون درسی شاخه‌ی کاردانش، زمینه صنعت، گروه برق، زیرگروه الکترونیک، رشته‌های مهارتی برق ساختمان درجه (۱)، برق صنعتی درجه (۱)، برق صنعتی، ماشین‌های الکتریکی درجه (۱)، ماشین‌های الکتریکی، تعمیر لوازم خانگی.

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۱. برق. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ب. عنوان.

۱۳۸۲

همکاران محترم و فراگیران عزیز!

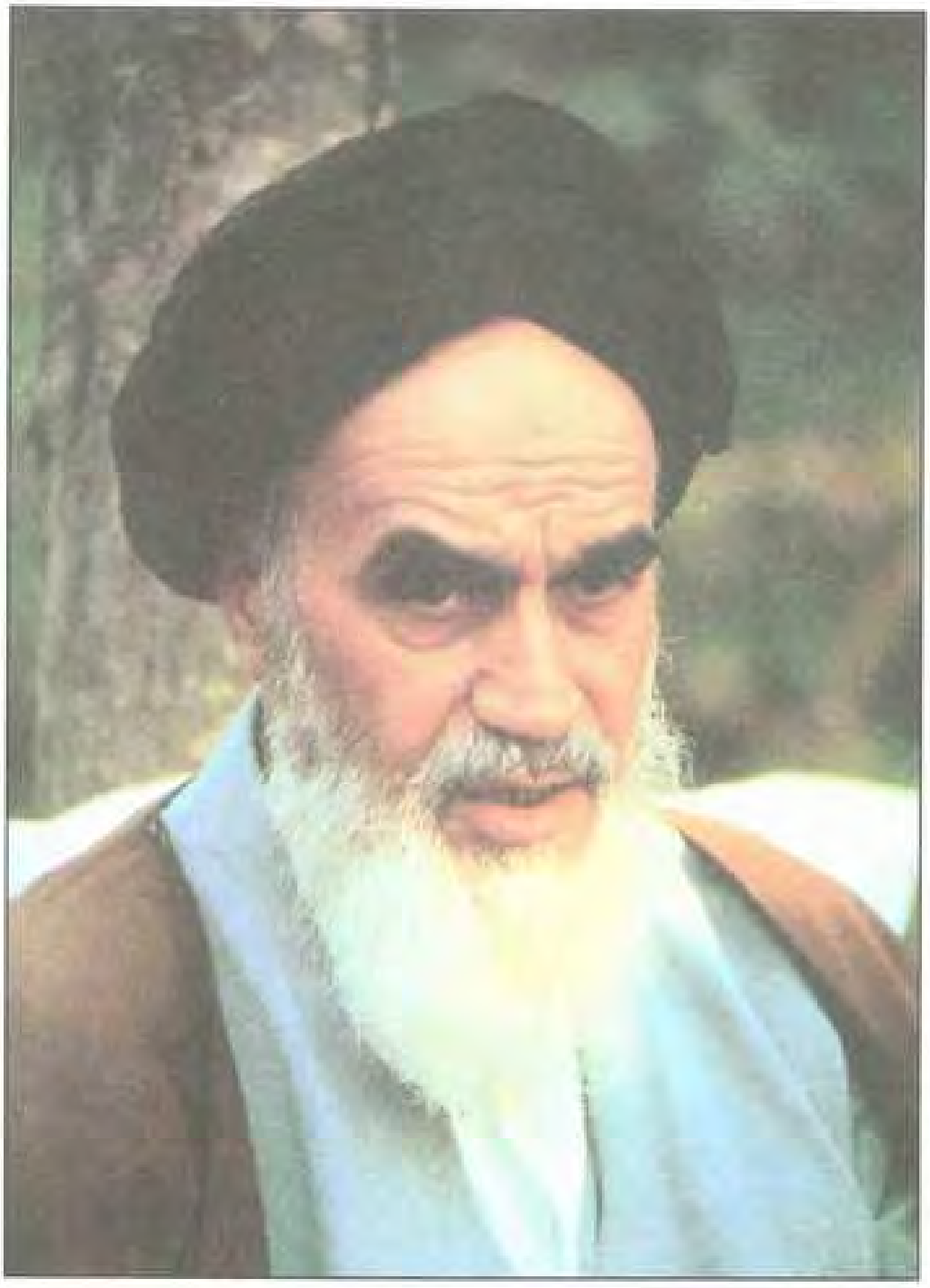
پیشنهادات و نظرات سازنده خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی: تهران ـ جاده مخصوص کرج ـ بعد از کیلومتر ۷ ـ ابتدای بزرگراه آزادگان به سمت جنوب ـ شرکت صنایع آموزشی ـ تلفن: ۴۵۲۲۴۲۲ صندوق پستی: ۳۷۹ـ۱۳۴۲۵ دورنگار: ۴۵۰۳۷۷۰ ارسال فرمایید.

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش های فنی و حرفه‌ای و کاردانش
نام کتاب: عیبیابی الکتریسیته
مؤلف: شهرام خدادادی
تألیف، آماده‌سازی و نظارت بر چاپ: دفتر تألیف و انتشارات شرکت صنایع آموزشی
ویراستار فنی: مهندس سید محمود صنوبری
ویراستار ادبی: معصومه سلطان رضوانلو
ناشر: شرکت صنایع آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش
چاپخانه: ارشاد اسلامی
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۸۲

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

شابک ۶-۱۲۰۳-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-1203-6



شما عزیزان کوشش کنیدکه ازاین وابستگی بیرون آیید واحتیاجات کشورخودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید واز اتکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرهٔ الشریف»

مقدمه‌ای بر چگونگی برنامه ریزی کتاب‌های پودمانی

برنامه ریزی تألیف «پودمان‌های مهارت» یا «کتاب‌های تخصصی شاخه کاردانش» بر مبنای استانداردهای کتاب «مجموعه برنامه‌های درسی رشته‌های مهارتی شاخه کاردانش، مجموعه ششم» صورت گرفته است. براین اساس ابتدا توانایی‌های هم خانواده (Harmonic Power) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. سپس مجموعه مهارت‌های هم خانواده به صورت واحدهای کار تحت عنوان (Unit) دسته بندی می‌شوند. در نهایت واحدهای کار هم خانواده با هم مجدداً دسته بندی شده و پودمان مهارتی (Module) را شکل می‌دهند.

دسته‌بندی «توانایی‌ها» و «واحدهای کار» توسط کمیسیون‌های تخصصی با یک نگرش علمی انجام شده است به گونه‌ای که یک سیستم پویا بر برنامه‌ریزی و تألیف پودمان‌های مهارت نظارت دائمی دارد.

به منظور آشنایی هرچه بیشتر مربیان، هنرآموزان و هنرجویان شاخه کاردانش و سایر علاقه‌مندان و دست اندرکاران آموزش‌های مهارتی با روش تدوین «پودمان‌های مهارت»، توصیه می‌شود الگوهای ارائه شده در نمون برگ‌های شماره (۱)، (۲) و (۳) مورد بررسی قرار گیرد. در ارائه دسته‌بندی‌ها، زمان مورد نیاز برای آموزش آنها نیز تعیین می‌گردد، با روش مذکور یک «پودمان» به عنوان کتاب درسی مورد تأیید وزارت آموزش و پرورش در «شاخه کاردانش» چاپ سازی می‌شود.

به طور کلی هر استاندارد مهارت به تعدادی پودمان مهارت (M۱ و M۲ و ...) و هر پودمان نیز به تعدادی واحد کار (U۱ و U۲ و ...) و هر واحد کار نیز به تعدادی توانایی ویژه (P۱ و P۲ و ...) تقسیم می‌شوند. نمون برگ شماره (۱) برای دسته‌بندی توانایی‌ها بکار میرود. در این نمون برگ مشاهده می‌کنیم که در هر واحدکار چه نوع توانایی‌هایی وجود دارد. در نمون برگ شماره (۲) واحدهای کار مرتبط با پودمان و در نمون برگ شماره (۳) اطلاعات کامل مربوط به هر پودمان درج شده است. بدیهی است هنرآموزان و هنرجویان ارجمند شاخه کاردانش و کلیه عزیزانی که در امر توسعه آموزش‌های مهارتی فعالیت دارند، می‌توانند ما را در غنای کیفی پودمان‌ها که برای توسعه آموزش‌های مهارتی تدوین شده است رهنمون و یاور باشند.

سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی
دفتر برنامه ریزی و تألیف آموزش‌های
فنی و حرفه‌ای و کاردانش

P=Power U=Unit M=Module

پیشگفتار

حمد و ستایش پروردگاری را که جای جای هستی را با آیات و جلوه‌های خویش بیاراست، تا صاحبان خرد در آن اندیشه کنند.

هنرآموزان گرامی و فراگیران عزیز:

کتابی که اینک پیش رو دارید، یکی از کتاب های درسی نظام جدید آموزشی در شاخه کار دانش، زمینه صنعت می‌باشد که به کوشش شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش) تألیف و چاپ شده است. این شرکت در سال ۱۳۵۲ با هدف طراحی، تولید وتأمین تجهیزات کمک آموزشی، آزمایشگاهی و کارگاهی برای تمام مقاطع تحصیلی (از پیش دبستانی تا دانشگاه) تأسیس شده است.

مهم‌ترین رسالت شرکت، حمایت و پشتیبانی همه جانبه از آموزش کشور در جهت تحقق اهداف آموزش و پرورش است در این راستا با بهره‌گیری از آخرین فناوری کشورهای پیشرفته صنعتی بسیاری ازتجهیزات آموزشی کلاس‌ها، آزمایشگاه‌ها وکارگاه‌ها را تولید نموده است.

یکی دیگر از خدمات شرکت صنایع آموزشی، همکاری با سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش برای تألیف کتاب های درسی است. در تألیف این کتاب‌ها پیشکسوتان و صاحب نظران آموزش های فنی و حرفه‌ای و مهارتی در نهایت صمیمیت، این شرکت را یاری داده‌اند تا کتابی آسان، روان و خودآموز تهیه و در اختیار فراگیران عزیز مهارت‌های صنعتی قرار دهند. شیوه نگارش این کتاب منطبق با شیوه آموزش مهارت پودمانی(Modular) یا بیمانه‌ای می‌باشد. این شیوه آموزش مهارت، هم اکنون در بسیاری از کشورهای پیشرفته صنعتی اجرا می‌شود.

امید است مدیران محترم مراکز آموزشی با تمام توان در جهت اجرای هرچه بهتر این شیوه نوین آموزش و مهارت همت گمارند تا بتوانیم به کلیه اهداف آموزشی کتاب جامه عمل بپوشانیم. با دست‌یابی به این اهداف آموزشی است که فراگیران عزیز در زمره صنعتگران خلاق و کارآفرین کشور عزیزمان قرارگیرند و نقش عمده‌ای در شکوفایی صنعت و اشتغال زایی ایفا نمایند.

شرکت صنایع آموزشی
واحد تحقیقات و طرح و برنامه

مقدمه

یک کتاب درسی هنگامی که به صورت خودآموز در اختیار فراگیر قرار می‌گیرد می‌بایستی علاوه بر یکنواخت نمودن سطح آموزش فراگیران موجب هماهنگی بین محتوای درس شود.

نظر به تقاضای مکرر هنرآموزان و هنرجویان سراسر کشور مبنی بر عدم وجود کتاب درسی خاصی در شاخه کاردانش دفتر برنامه ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش با همکاری شرکت صنایع آموزشی در صدد برآمد تا در زمینه استانداردهای مهارتی، کتاب‌های تخصصی تهیه و تألیف نماید. براساس این تصمیم موضوع به کمیسیون‌های برنامه‌ریزی رشته‌های مختلف ارجاع داده شد. در کمیسیون‌های مربوطه ابتدا استانداردهای مهارتی به واحدهای کوچک‌تری تقسیم‌بندی و سپس واحدهای هم خانواده مرتبط با هم در پیمانه‌های مهارتی (مودمان) دسته بندی شد به طوری که هر پیمانه مهارتی یک کتاب درسی کاردانش را تشکیل می‌دهد.

پیمانه مبانی الکتریسته از جمله پیمانه هایی است که در تمام مهارت‌های برق وجود دارد، اما از نظر سر فصل تعریف شده در استانداردها، با یکدیگر تفاوت‌هایی دارد.

جدول زیر ساعات این پیمانه در مهارت‌های گوناگون را نشان می‌دهد. به همین دلیل تصمیم بر این شد که کتابی با بیشترین زمان و سرفصل درسی مشترک تهیه شود تا پرگیرنده محتوای تمام کتاب را ارزیابی نمود و پس از تأمین نظرات، گروه آن‌را مورد تأیید قرار داد.

رشته مهارتی درجه ۲	ساعات تدریس		جمع
	تئوری	عملی	
برق صنعتی درجه ۲	۷۵	۲۵	۱۰۰
ماشین‌های الکتریکی درجه ۲	۷۵	۲۵	۱۰۰
برق ساختمان درجه ۲	۶۰	۱۵	۷۵
وسایل خانگی گرداننده و حرارتی برقی	۵۰	۳۰	۸۰

رشته‌های مهارتی برق دارند و آن مجموعه از مطالب که وجوه اشتراک ندارند نیز به صورت ضمیمه در کتاب قرار گرفت. روند کار نگارش این کتاب بدین صورت بود که پس از تهیه جداول پیمانه‌ها مؤلف موظف شد یک فصل را مطابق استاندارد مهارتی مبنا نوشته و تحویل کمیته هماهنگی نماید. این کار انجام شد و کمیته هماهنگی براساس چک لیست ۲۱ ماده‌ای کار تهیه و نگارش سایر فصل‌ها ادامه یافت تا اینکه مجموعه تکمیل و تحویل کمیسیون تخصصی دفتر تألیف شد و طی مراحل مختلف نسخه دست نویس کتاب مورد بررسی، اصلاحات و ویراستاری فنی و ادبی قرار گرفت و در نهایت مورد تصویب کمیسیون تخصصی نیز واقع شد.

همانگونه که اشاره شد چون مبنای تهیه کتاب‌ها از نظر کمیته هماهنگی تألیف کتاب‌های درسی شاخه کاردانش، استانداردهای مهارتی سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور و به روش پودمان تعیین شده بود، در این کتاب که مشتمل بر یازده فصل می‌باشد سعی شده تا این نکات رعایت شود. از آنجایی که هیچ اثری خالی از اشکال و ایراد نیست، امید است که صاحبنظران عزیز با ارائه پیشنهادها و انتقادهای خود برای رفع کتاب در چاپ‌های بعد، مؤلف را یاری فرمایند.

در خاتمه وظیفه خود می‌دانم از اعضای کمیسیون تخصصی برق و کمیته هماهنگی و کلیه کسانی که به طرق مختلف در شکل گیری این کتاب، مرا یاری و راهنمایی کرده‌اند تشکر و قدردانی نمایم.

مؤلف

فهرست عناوین

عنوان صفحه

فصل اول: آشنایی با الکتریسیته ۱
ـ پیش آزمون (۱) ۲
۱- تاریخچه ۴
۱-۱- ساختمان ماده ۵
۱-۱-۱- ویژگی‌های اتم و ذرات آن ۷
۱-۲- چگونگی ایجاد جریان الکتریکی ۸
ـ آزمون پایانی (۱) ۹

فصل دوم: هادی‌ها، عایق‌ها، نیمه‌هادی‌ها ۱۴
ـ پیش آزمون (۲) ۱۵
۲-۱- هادی‌ها ۱۷
۲-۲- عایق‌ها ۱۸
۲-۳- نیمه‌هادی‌ها ۱۸
ـ آزمون پایانی (۲) ۲۱

فصل سوم: آشنایی با قطعات و کمیت‌های الکتریکی ۲۵
ـ پیش آزمون (۳) ۲۶
۳-۱- شدت جریان ۲۷
۳-۲- اختلاف سطح الکتریکی و چگونگی ایجاد آن به وسیله انرژی‌های مختلف ۳۰
۳-۲-۱- هدایت و مقاومت مخصوص ۳۲
۳-۳- مقاومت الکتریکی ۳۳
۳-۳-۱- عوامل فیزیکی مؤثر در مقدار مقاومت الکتریکی ۳۴
۳-۳-۲- عوامل الکتریکی مؤثر در مقاومت ۳۶
۳-۳-۳- چگونگی تبدیل واحدها به یکدیگر ۳۶
۳-۴- انواع مقاومت‌ها ۳۸
۳-۴-۱- مقاومت‌های ثابت ۳۹
۳-۴-۲- مقاومت‌های متغیر ۳۹
ـ حالت‌های رئوستایی ۴۰

ـ حالت‌های پتانسیومتری ۴۱
۳-۴-۳- مقاومت وابسته به حرارت ۴۱
ـ مقاومت حرارتی NTC ۴۱
ـ مقاومت حرارتی PTC ۴۲
۴-۴-۳- مقاومت وابسته به نور ۴۲
۵-۴-۳- مقاومت وابسته به ولتاژ ۴۲
۵-۳- تکنیک ساخت مقاومت‌ها ۴۳
۱-۵-۳- مقاومت‌های توده کربنی ۴۳
۲-۵ -۳- مقاومت‌های لایه‌ای ۴۴
۳ـ ۵ ـ۳ـ مقاومت‌های سیمی ۴۴
۳-۶ـ نحوه خواندن مقدار مقاومت‌ها ۴۴
۱ـ۶ -۳- خواندن مقاومت‌ها با روش مستقیم ۴۵
۲-۶-۳- خواندن مقاومت‌ها به کمک نوارهای رنگی ۴۶
ـ روش چهار نواری ۴۶
ـ روش پنج نواری ۴۸
۷-۳- استاندارد مقاومت‌ها ۴۹
۸-۳- توان مجاز مقاومت‌ها ۵۱
ـ آزمون پایانی (۳) ۵۲

فصل چهارم: قوانین اساسی الکتریسیته ۵۷
ـ پیش آزمون (۴) ۵۸
ـ مدار الکتریکی ۶۰
۱-۴- قانون اهم ۶۴
۱-۱-۴- قوانین کیرشهف ۶۴
۱-۱-۴- تعریف گره ۶۶
۱-۱-۴- تعریف حلقه ۶۶
۲-۴- قانون ولتاژها (KVL) ۶۹
۳-۴- قانون جریان‌ها (KCL) ۷۰
ـ آزمون پایانی (۴) ۷۳

فصل پنجم: اصول محاسبات مدارهای ساده مقاومتی در جریان مستقیم ۷۸
ـ پیش آزمون (۵) ۷۹
۱-۵- اتصالات مقاومت‌ها ۸۱
۱-۱-۵- اتصال سری مقاومت‌ها ۸۲

ـ عامل مشترک در مدار سری ۸۳
ـ عامل غیرمشترک در مدارسری ۸۳
ـ مقاومت معادل در مدار سری ۸۴
ـ حالات خاص در مدارهای سری ۸۵
○ عملیات کارگاهی(کار عملی ۱) ۹۸
۲-۱-۵- اتصال موازی مقاومت‌ها ۱۰۴
ـ عامل مشترک در مدار موازی ۱۰۸
ـ عامل غیرمشترک در مدار موازی ۱۰۸
ـ مقاومت معادل در مدار موازی ۱۰۹
ـ حالات خاص در مدارهای موازی ۱۱۰
○ عملیات کارگاهی(کار عملی ۲) ۱۱۵
۳-۱-۵- اتصال ترکیبی (سری ـ موازی) مقاومت‌ها ۱۲۲
۲-۵- افت ولتاژ درهادی‌ها ۱۲۶
۳-۵- انواع پیل‌ها ۱۲۹
۱-۳-۵- پیل‌های اولیه ۱۳۰
ـ پیل روی ـ کربن ۱۳۰
ـ پیل اکسید نقره ۱۳۰
ـ پیل قلیایی ۱۳۱
ـ پیل لیتیوم ۱۳۱
۲-۳-۵- پیل‌های ثانویه ۱۳۱
ـ پیل سرب ـ اسید ۱۳۱
ـ پیل نیکل ـ کادمیوم ۱۳۲
۴-۵ـ اتصالات پیل‌ها ۱۳۲
۱-۴-۵- اتصال سری پیل‌ها ۱۳۲
۲-۴-۵ - اتصال متقابل پیل‌ها ۱۳۵
○ عملیات کارگاهی(کار عملی ۳) ۱۳۹
۳-۴-۵- اتصال موازی پیل‌ها ۱۳۶
○ عملیات کارگاهی(کار عملی ۴) ۱۴۳
۴-۴-۵- اتصال سری ـ موازی پیل‌ها ۱۴۹
○ عملیات کارگاهی(کار عملی ۵) ۱۵۲
۵-۵- شدت جریان در مدارهای ترکیبی (سری ـ موازی) ۱۵۶
۶-۵- ولتاژ در مدارهای ترکیبی (سری ـ موازی) ۱۵۸
○ عملیات کارگاهی(کار عملی ۶) ۱۵۹
ـ آزمون پایانی (۵) ۱۷۲

فصل ششم: کار و توان الکتریکی ۱۷۹
ـ پیش آزمون (۶) ۱۸۰
۶-۱- کار الکتریکی ۱۸۲
۶-۲- حرارت ایجاد شده توسط الکتریسیته ۱۸۳
۶-۳- توان الکتریکی ۱۸۵
۶-۳-۱- استاندارد توان در مقاومت‌های اهمی ۱۹۰
۶-۳-۲- محاسبه هزینه برق مصرفی ۱۹۱
۶-۴- ضریب بهره (راندمان) الکتریکی ۱۹۲
ـ آزمون پایانی (۶) ۱۹۵

فصل هفتم :مغناطیس و الکترو مغناطیس ۱۹۹
ـ پیش آزمون (۷) ۲۰۰
۷-۱- مغناطیس چیست؟ ۲۰۲
۷-۲- خطوط نیروی مغناطیسی و میدان مغناطیسی ۲۰۴
۷-۳- الکترو مغناطیس ۲۰۶
۷-۴- قانون دست راست برای یک هادی جریان دار ۲۰۶
۷-۵- نیروی وارد بر دو هادی جریان‌دار ۲۰۸
۷-۶- نیروی محرکه مغناطیسی ۲۰۹
۷-۷- شدت میدان مغناطیسی ۲۰۹
۷-۸- مقاومت مغناطیسی ۲۱۰
۷-۸-۱- مدارهای مغناطیسی ۲۱۱
ـ آزمون پایانی (۷) ۲۱۳

فصل هشتم: خازن ۲۲۱
ـ پیش آزمون (۸) ۲۲۲
۸-۱- میدان الکتریکی ۲۲۴
۸-۲-ساختمان خازن ۲۲۵
۸-۳-ظرفیت خازن ۲۲۵
۸-۴- شارژ و دشارژ خازن در جریان مستقیم ۲۲۷
۸-۵- عوامل موثر در ظرفیت خازن ۲۲۸
۸-۶- جریان الکتریکی DC در مدارهای خازنی ۲۲۹
۸-۷- ظرفیت نامی خازن ۲۳۲
۸-۸- انواع خازن‌ها و کدهای رنگی آنها ۲۳۲
۸-۸-۱- خازن‌های ثابت ۲۳۲

ـ خازن‌های کاغذی ۲۳۳
ـ خازن‌های سرامیکی ۲۳۳
ـ خازن‌های میکا ۲۳۴
ـ خازن‌های الکترولیتی ۲۳۴
۲-۸-۸- خازن‌های متغیر ۲۳۵
۳-۸-۸- روش مقدارنویسی ظرفیت روی بدنه خازن‌ها ۲۳۷
۴-۸-۸- روش نوارهای رنگی روی بدنه خازن‌ها ۲۳۷
ـ روش پنج نقطه‌ای ۲۳۸
ـ روش شش نقطه‌ای ۲۴۰
۹-۸- به هم بستن خازن‌ها ۲۴۲
۱-۹-۸- اتصال سری خازن‌ها ۲۴۲
ـ عامل مشترک مدار ۲۴۲
ـ عامل غیرمشترک مدار ۲۴۲
ـ ظرفیت خازن معادل مدار ۲۴۲
ـ حالات خاص ۲۴۳
○ عملیات کارگاهی(کار عملی ۷) ۲۴۷
۲-۹-۸- اتصال موازی خازن‌ها ۲۵۲
ـ عامل مشترک مدار ۲۵۲
ـ عامل غیرمشترک مدار ۲۵۲
ـ ظرفیت خازن معادل مدار ۲۵۲
ـ حالت خاص ۲۵۳
○ عملیات کارگاهی (کار عملی ۸) ۲۵۶
۳-۹-۸- اتصال ترکیبی خازن‌ها ۲۶۱
○ عملیات کارگاهی(کار عملی ۹) ۲۶۵
ـ آزمون پایانی (۸) ۲۶۹

فصل نهم: جریان متناوب ۲۷۶
ـ پیش آزمون (۹) ۲۷۷
۱-۹- جریان متناوب چیست؟ ۲۷۹
۲-۹- مقایسه جریان مستقیم و جریان متناوب در یک سیم ۲۷۹
۳-۹- شکل موج‌ها در جریان متناوب ۲۸۰
۴-۹- تولید جریان متناوب توسط ژنراتور ۲۸۰
۵-۹- قانون دست راست در مورد ژنراتورها ۲۸۳
۶-۹- مشخصات جریان متناوب ۲۸۳

۹-۶-۱- سیکل ۲۸۳
۹-۶-۲- فرکانس ۲۸۳
۹-۶-۳- مدت زمان تناوب ۲۸۴
۹-۶-۴- طول موج ۲۸۴
۹-۶-۵- سرعت زاویه‌ای ۲۸۵
۹-۶-۶- مقدار پیک یا ماکزیمم ۲۸۵
۹-۶-۷- دامنه ۲۸۶
۹-۶-۸- مقدار متوسط ۲۸۶
۹-۶-۹- مقدار مؤثر ۲۸۷
۹-۶-۱۰- فاز ۲۸۸
۹-۶-۱۱- اختلاف فاز ۲۸۸
۹-۷- مدارهای جریان متناوب ۲۸۹
۹-۷-۱- مدارهای اهمی خالص ۲۸۹
۹-۷-۲- مدارهای خازنی خالص ۲۹۰
۹-۷-۳- مدارهای سلفی خالص ۲۹۰
ـ اتصال سری سلف‌ها ۲۹۱
ـ اتصال موازی سلف‌ها ۲۹۲
۹-۷-۴- بردار ۲۹۲
۹-۷-۵- مدارهای ترکیبی جریان متناوب ۲۹۳
ـ مدار RL سری ۲۹۳
ـ مدار RL موازی ۲۹۷
ـ مدار RC سری ۲۹۹
ـ مدار RC موازی ۳۰۱
ـ مدار LC سری ۳۰۳
ـ مدار LC موازی ۳۰۶
ـ مدار RLC سری ۳۰۹
ـ مدار RLC موازی ۳۱۳
۹-۸- انواع توان در جریان متناوب تک فاز ۳۱۶
○ عملیات کارگاهی (کار عملی ۱۰) ۳۲۳
○ عملیات کارگاهی (کار عملی ۱۱) ۳۳۱
○ عملیات کارگاهی (کار عملی ۱۲) ۳۳۹
ـ آزمون پایانی (۹) ۳۴۵

فصل دهم: اصول کار مولدهای جریان مستقیم ۳۵۳
ـ پیش آزمون (۱۰) ۳۵۴
۱-۱۰- شناسایی اصول کار مولد جریان مستقیم ۳۵۶
ـ آزمون پایانی (۱۰) ۳۶۰

فصل یازدهم: اصول کار آلترناتورهای سه فاز ۳۶۳
ـ پیش آزمون (۱۱) ۳۶۴
۱-۱۱- اتصالات آلترناتور سه فاز ۳۶۵
۱-۱-۱۱- اتصال کلاف‌ها ۳۶۶
ـ اتصال ستاره ۳۶۶
ـ اتصال مثلث ۳۶۶
ـ ترمینال اتصال (تخته کلم) ۳۶۷
۲-۱۱- فرکانس خروجی آلترناتور ۳۶۸
۳-۱۱- جریان‌ها و ولتاژها در اتصالات ستاره و مثلث متعادل ۳۶۹
۱-۳-۱۱- مقدار ولتاژ و جریان در اتصال ستاره و مثلث ۳۷۰
۲-۳-۱۱- بار متعادل و نامتعادل ۳۷۲
ـ وضعیت متعادل ۳۷۲
ـ وضعیت نامتعادل ۳۷۳
۴-۱۱- انواع توان در مدارات سه فاز ۳۷۳
ـ آزمون پایانی (۱۱) ۳۷۴
ـ ضمیمه ۳۷۷
ـ منابع و مأخذ ۳۷۸

پودمان شماره (۱)

(M_1)

هدف کلی پودمان

پس از پایان این پودمان مهارتی فراگیرها:
اصول مقدماتی الکتریسیته آشنا شده، وتوانایی انجام محاسبات واجرای آزمایش های مربوطه را کسب می کند.

واحدکار	شماره توانایی	عنوان توانایی	ساعت		
			نظری	عملی	جمع
۸	۱۳	توانایی انجام محاسبات و آزمایش‌های مربوط به اصول مقدماتی الکتریسیته	۷۵	۲۵	۱۰۰
جمع کل			۷۵	۲۵	۱۰۰

کلیه نقشه‌ها و علائم اختصاری در کتاب‌های فنی رشته‌های الکترونیک و الکترونکنیک
می‌بایستی بر اساس IEC ترسیم شود که این امر در چاپ‌های بعد این کتاب اعمال خواهد شد.

واحد کارمبانی الکتریسیته

فصل اول: آشنایی با الکتریسیته

هدف کلی:

آشنایی با الکتریسیته و خصوصیات آن

هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل انتظار می رود که، فراگیر:

۱ـ ماده را تعریف کند و اجزای آن را نام ببرد.
۲ـ خصوصیات اجزای ماده را شرح دهد.
۳ـ نحوه ایجاد جریان الکتریکی را توضیح دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۲	ـــ	۲

پیش آزمون (۱)

۱ـ آیا پدیده رعد و برق آسمان تولید الکتریسته است؟

الف ـ بستگی به شدت روشنایی آن دارد.
ب ـ خیر
ج ـ بستگی به وضعیت جغرافیایی منطقه دارد.
د ـ بلی

۲ ـ چرا در اثر تماس شانه به مو تکه‌های کاغذ جذب آن می‌شود؟

الف ـ چون تکه‌های کاغذ سبک هستند.
ب ـ زیرا جنس شانه از پلاستیک است.
ج ـ شانه دارای بار الکتریکی می‌شود.
د ـ بین شانه و کاغذ الکتریسیته جاری می‌شود.

۳ ـ مفهوم بار الکتریکی چیست؟

الف ـ مقدار الکتریسیته موجود در یک جسم
ب ـ مقدار جریانی که باید انتقال یابد.
ج ـ انرژی که یک لامپ را روشن می‌کند.
د ـ انرژی که یک مولد را می‌چرخاند.

۴ ـ نام دیگر الکتریسیته مالشی چیست؟

الف ـ الکتریسیته جاری
ب ـ الکتریسیته مغناطیسی
ج ـ الکتریسیته ساکن
د ـ الکتریسیته متغیر

۵ ـ انرژی الکتریکی مورد نیاز برای روشنایی منازل از چه طریقی تأمین می‌شود؟

الف ـ باتری
ب ـ مالشی
ج ـ ژنراتور AC
د ـ ژنراتور DC

۶ ـ آیا تفاوتی بین الکتریسیته رعد و برق و الکتریسیته بکار رفته در یک لامپ وجود دارد؟

الف ـ بلی
ب ـ خیر
ج ـ در برخی موارد
د ـ به نوع لامپ بستگی دارد.

۷ ـ علت به وجود آمدن جرقه بین دست و دستگیره درب بر اثر تماس با با موکت یا فرش چیست؟

الف ـ بوجود آمدن الکتریسیته جاری
ب ـ بوجود آمدن الکتریسیته ساکن
ج ـ بالا بودن میزان فشار با روی موکت
د ـ زبر و ضخیم بودن کرک موکت

۸ ـ چرا در ساختمان‌های مرتفع از میله‌ای به‌نام برقگیر استفاده می‌شود؟

الف ـ دریافت و ذخیره‌سازی الکتریسیته ساکن ناشی از رعد و برق
ب ـ دریافت و انتقال الکتریسیته ساکن به زمین
ج ـ دریافت امواج مغناطیسی مزاحم و حذف آن
د ـ بکارگیری در ارتباطات مخابراتی ماهواره‌ای

۹ ـ چرا در پشت ماشین‌های تفت‌کش بزرگ از یک زنجیر که با زمین در ارتباط است، استفاده می‌شود؟

الف ـ برای ایجاد صدا و مشخص کردن نوع ماشین با توجه به بزرگی آن

ب ـ برای علامت دادن به اتومبیل‌های پشت سر به منظور دقت در رانندگی

ج ـ حذف جرقه ناشی از الکتریسیته ساکن و حفاظت تانکر از آتش‌سوزی

د ـ به منظور انتقال گرمای ایجاد شده در اثر سایش لاستیک‌ها با زمین

۱۰ـ کدام‌یک از موارد زیر درباره الکتریسیته غلط است؟

الف ـ برای تولید انرژی مکانیکی استفاده می‌شود.

ب ـ در اثر اصطکاک بین یک میله پلاستیکی و پارچه پشمی می‌توان نوعی از آن را به وجود آورد.

ج ـ از حرکت بارهای الکتریکی الکتریسیته به وجود می‌آید.

د ـ در صنعت، الکتریسیته جاری کاربرد کمی دارد.

۱ـ تاریخچه

الکتریسیته پدیده‌ای است که دیده نمی‌شود. ولی قادر است پدیده‌های فیزیکی بسیاری مانند: حرارت، روشنایی، حرکت، مغناطیس و... را بوجود آورد.

الکتریسیته دو هزار سال پیش توسط یونانی‌ها کشف شد. آنها در آن زمان پی بردند وقتی یک کهربا[1] به جسم دیگری مالش داده می‌شود، نیروی برمیوز و خاصی در آن به وجود می‌آید که قادر است اجسامی مانند: برگ خشک و یا پرادههای جوب و... را جذب کند. (شکل ۱-۱)

شکل ۱-۱: کهربا

در ابتدا تمام اجسامی که مانند کهربا عمل می‌کردند «الکتریک» نام گرفتند. بعدها دریافتند که تعدادی از اجسام پس از مالش، یکدیگر را جذب و برخی دیگر یکدیگر را دفع می‌کنند. (شکل ۲-۱)

شکل ۲-۱- اثر بارهای استاتیکی بر یکدیگر

فرانکلین در اواسط سال‌های ۱۷۰۰ میلادی این دو نوع الکتریسیته را که در دو جسم با جنس مختلف به وجود می‌آید، الکتریسیته «مثبت» و «منفی» نامگذاری کرد.

۱- کهربا ماده‌ای زرد مایل به قهوه‌ای است که به صورت تکه‌های سخت مانند سنگ است.

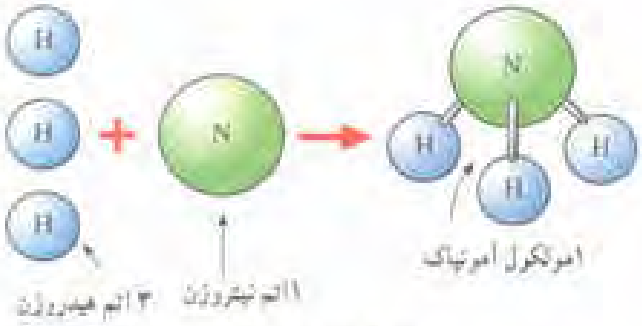
۱ـ۱ـ ساختمان ماده

به هر پدیده‌ای که فضا را اشغال نماید و جرم داشته باشد «ماده» گویند. در طبیعت ماده به سه شکل جامد، مایع و گاز وجود دارد. (شکل ۱-۳)

شکل ۱-۳- حالت‌های مختلف ماده

مواد به هر شکلی که باشند به صورت ساده یا مرکب هستند. موادی را که از یک عنصر تشکیل شده باشند، «مواد ساده» می‌نامند. مانند: هیدروژن و موادی را که از دو یا چند عنصر تشکیل شده‌اند، «مواد مرکب» گویند. مانند: آمونیاک

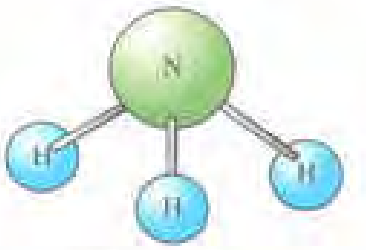
مواد مرکب با استفاده از عمل ترکیب ساخته می‌شوند. (شکل ۱-۴)



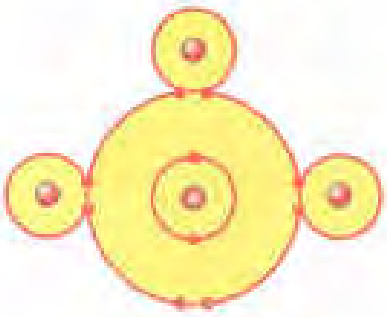
شکل ۱-۴- ترکیب عناصر

گوچک‌ترین جزء یک ماده را در اصطلاح «مولکول» می‌نامند. (شکل a-۵-۱)

بر همین اساس به کوچک‌ترین جزء یک مولکول نیز «اتم» گفته می‌شود. (شکل b-۵-۱)



a) تشکیل یک مولکول



b) اتم‌های عنصر

شکل ۱-۵- نحوه قرار گرفتن اتم‌ها در کنار یکدیگر

ساختمان اتم هر عنصر از دو قسمت تشکیل شده است:

الف ـ هسته

ب ـ مدارهای الکترونی

هسته هر اتم از دو ذره کوچک به نام‌های پروتون [1] (بار مثبت P^+) و نوترون [2] (بدون بار N^0) تشکیل شده است. (شکل ۱-۶)

شکل ۱-۶- ذرات پروتون و نوترون

بر روی مدارهای الکترونی ذراتی به نام الکترون [3] (با بار منفی e^-) قرار دارند. شکل (۱-۷) قسمتی از یک اتم را نشان می‌دهد.

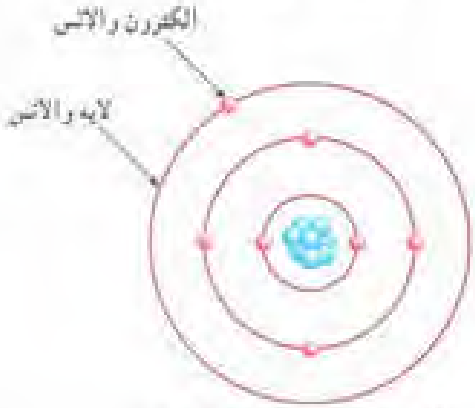
شکل ۱-۷- نحوه قرار گرفتن اتم‌ها روی مدارها و پروتون و نوترون در هسته

مدل اتمی عناصر مانند منظومه بسیار کوچک خورشیدی است که هسته اتم مانند خورشید و الکترون‌ها مانند سیارات بر روی مدارهایی حول هسته می‌چرخند. (شکل ۱-۸)

نوترون ○ پروتون ○ الکترون ○

شکل ۱-۸- مدل اتمی

مدار خارجی هر اتم را در اصطلاح «لایه والانس» و الکترون‌های روی این مدار را «الکترون‌های والانس» یا «الکترون‌های ظرفیت» می‌نامند. (شکل ۱-۹)



شکل ۱-۹- مدار والانس (ظرفیت)

1- Proton
2- Neutron
3- Electron

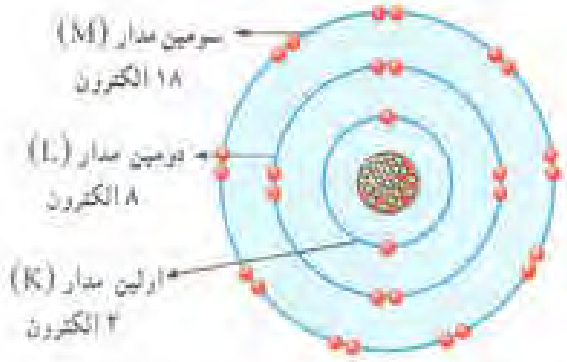
مدارهای الکترونی اتم‌ها را به ترتیب با حروف اختصاری K، L، M، N، O، ... مشخص می‌کنند.

تعداد الکترون‌های روی هر مدار اتم از رابطه ($2n^2$) محاسبه می‌شود. در این رابطه n نشان‌دهنده شماره مدار است.

مثلاً برای تعیین تعداد الکترون‌های مدار اول (K) می‌توان نوشت:

الکترون ۲ = $2 \times (1)^2 = 2n^2$

بنابراین در مدار اول تعداد دو الکترون وجود دارد. به همین ترتیب تعداد الکترون‌های مدارهای دیگر قابل محاسبه است. (شکل ۱۰-۱)



شکل ۱۰-۱- تعداد الکترون‌ها در هر مدار

تعداد الکترون‌های مدار والانس هر اتمی همیشه بین ۱ تا ۸ الکترون است. تعداد این الکترون‌ها نشان‌دهنده ظرفیت آن اتم است (شکل ۱۱-۱)

شکل ۱۱-۱- تعداد الکترون‌های مدار ظرفیت

۱-۱-۱- ویژگی‌های اتم و ذرات آن:

۱- جرم پروتون ۱۸۴۰ مرتبه بیشتر از جرم الکترون است.

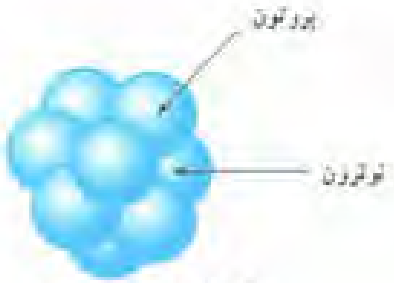
(جرم پروتون = $1/66 \times 10^{-27}$ Kg و جرم الکترون = $9/02 \times 10^{-31}$ Kg)

۲- قطر پروتون $\frac{1}{3}$ قطر الکترون است.

(قطر پروتون = $5/6 \times 10^{-13}$ و قطر الکترون = $1/9 \times 10^{-13}$)

۳- پروتون دارای بار مثبت و در هسته اتم قرار دارد. (شکل ۱۲-۱)

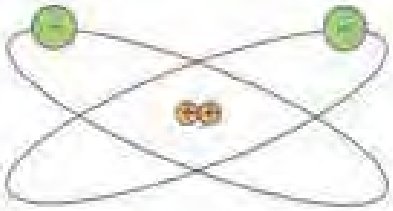
۴- نوترون بدون بار بوده و در هسته اتم قرار دارد. (شکل ۱۲-۱)



شکل ۱۲-۱- ساختمان هسته

۵ـ الکترون دارای بار منفی است و روی مدارهای اطراف هسته می‌چرخد. (شکل ۱۲-۱)

۶ـ مدارهای الکترونی اطراف هسته یعنی شکل هستند. (شکل ۱۳-۱)



شکل ۱۲-۱- مدارها در اتم

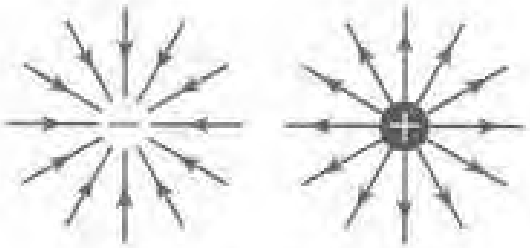
۷ـ در شرایط عادی تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های هر اتم با هم برابرند. (شکل ۱۴-۱)

۸ـ در طبیعت همه نیروهای مخالف مثبت و منفی موجود در اتم یکدیگر را خنثی می‌کنند و هیچ تأثیری روی هم ندارند. (شکل ۱۴-۱)

a) ۱۷ الکترون، ۱۷ پروتون b) ۱ الکترون، ۱ پروتون

شکل ۱۴-۱

۹ـ طبق قرارداد در ذرات باردار اتم جهت خطوط نیروی بارهای منفی به سمت داخل و در بارهای مثبت به سمت خارج است. (شکل ۱۵-۱)

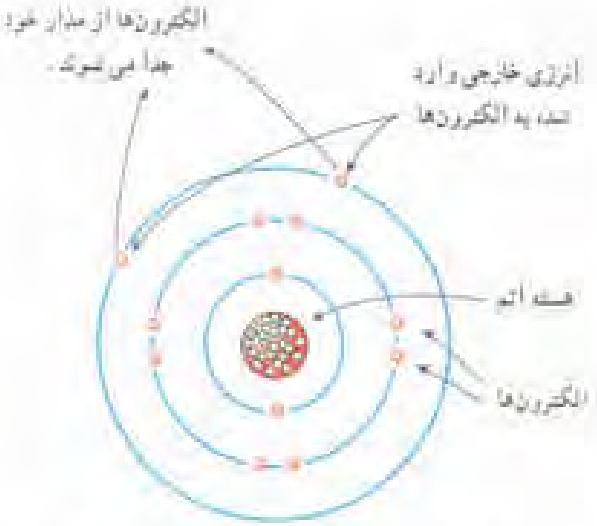


شکل ۱۵-۱- جهت خطوط نیرو

۲ـ۱ـ چگونگی ایجاد جریان الکتریکی

برای تولید جریان الکتریکی لازم است که الکترون‌های والانس از اتم جدا و آزاد شوند. چون الکترون‌های مدار آخر نسبت به هسته اتم دورتر است لذا نیروی جاذبه کمتری از طرف هسته روی آنها اثر می‌کند و بنابراین با وارد کردن مقدار کمی انرژی می‌توانند از مدار خود جدا شوند و به محل دیگری انتقال یابند.

شکل (۱۶-۱) نحوه وارد شدن انرژی به الکترون‌های والانس و جدا شدن آنها از مدار خود را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶-۱- وضعیت قرار گرفتن اتم‌ها روی مدارها و چگونگی وارد شدن انرژی خارجی

آزمون پایانی (۱)

۱ـ کوچک‌ترین جزء یک ملکول را ..... گویند.

الف ـ مرکب　　ب ـ ماده

ج ـ ترکیب　　د ـ اتم

۲ـ آمونیاک از ..... تشکیل شده و یک ..... است.

الف ـ هیدروژن و نیتروژن ـ ماده　　ب ـ اکسیژن ـ ترکیب

ج ـ نیتروژن ـ ماده　　د ـ هیدروژن و اکسیژن ـ ترکیب

۳ـ کدام‌یک از ذرات اتم به ترتیب از راست به چپ دارای بار منفی و مثبت هستند؟

الف ـ پروتون ـ الکترون　　ب ـ نوترون ـ الکترون

ج ـ نوترون ـ پروتون　　د ـ الکترون ـ پروتون

۴ـ مدار M چندمین مدار اتم است؟

الف ـ ۲　　ب ـ ۳

ج ـ ۴　　د ـ ۵

۵ـ در ذرات باردار اتم خطوط نیروی بارهای ..... در تمام جهت‌ها است و مستقیماً ..... می‌شوند.

الف ـ خنثی ـ به بار خارج　　ب ـ مثبت ـ از بار خارج

ج ـ مثبت ـ به بار وارد　　د ـ منفی ـ از بار خارج

۶ـ شرط تولید جریان الکتریکی آن است که :

الف ـ مدارهای اتم بسته شکل باشند.　　ب ـ الکترون‌ها به اولین مدار اتم اضافه نشوند.

ج ـ الکترون‌ها از اتم جدا شوند.　　د ـ پروتون دارای بار الکتریکی مثبت باشد.

۷ـ جرم پروتون ..... از جرم الکترون و قطر آن ..... از قطر الکترون است.

الف ـ بیشتر ـ کمتر　　ب ـ کمتر ـ کمتر

ج ـ بیشتر ـ بیشتر　　د ـ کمتر ـ بیشتر

۸ـ در مدار ششم یک اتم حداکثر چند الکترون جای می‌گیرد؟

الف ـ ۵　　ب ـ ۳۲

ج ـ ۱۸　　د ـ ۷۲

۹ـ جمله «اتم‌ها در طبیعت خنثی هستند» یعنی چه؟

الف ـ الکترون‌ها و پروتون‌ها بدون بار هستند.

ب ـ الکترون‌ها و نوترون‌ها بار خود را از دست داده‌اند.

ج ـ بارهای مثبت و منفی یکدیگر را خنثی می‌کنند.

د ـ در شرایط عادی تعداد الکترون‌ها بیشتر از تعداد پروتون‌ها است.

۱۰ـ اگر اتمی دارای ۳۲ الکترون باشد در مدار والانس آن چند الکترون قرار می‌گیرد؟

الف ـ ۴ ب ـ ۳

ج ـ ۲ د ـ ۱

۱۱ـ بر روی کدام‌یک از مدارهای زیر حداکثر هشت الکترون جای می‌گیرد؟

الف ـ K ب ـ L

ج ـ M د ـ N

۱۲ـ کدام‌یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟

الف ـ جرم پروتون بیشتر از الکترون و قطر آن کوچک‌تر از قطر الکترون است.

ب ـ مدارهای اطراف هسته بیضی شکل هستند و قطر الکترون بزرگ‌تر از قطر پروتون است.

ج ـ در شرایط عادی تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های هر اتم با هم برابرند.

د ـ پروتون دارای بار منفی است وروی مدارهای اطراف هسته می‌چرخد.

۱۳ـ تعداد الکترون‌های مدار والانس هر اتم نشان‌دهنده.....آن اتم است.

۱۴ـ هسته هر اتم از دو ذره کوچک به نام‌های پروتون و الکترون تشکیل شده است.

صحیح ☐ غلط ☐

۱۵ـ الکترون‌های هسته هر اتم را الکترون‌های والانس یا ظرفیت گویند.

صحیح ☐ غلط ☐

خود آزمایی عملی

۶۱ ـ یک میله (شانه) پلاستیکی را به پارچه پشمی (یا موهای سرخود) مالش دهید. سپس موارد خواسته شده زیر را به‌طور جداگانه انجام داده ونتایج آن را ثبت کنید. (شکل۱۷-۱ یا ۱۸-۱)

شکل ۱۷-۱

شکل ۱۸-۱

توجه:
پس از انجام هر قسمت، شانه یا میله را مجدداً به پارچه یا موی سر مالش دهید.

الف ـ شیء پلاستیکی را به ذرات نمک نزدیک کنید. (شکل ۱۹-۱)

نتیجه:

شکل ۱۹-۱

ب ـ شیء پلاستیکی را به توپ پینگ پنگ نزدیک کنید. (شکل ۲۰-۱)

نتیجه:

شکل ۲۰-۱

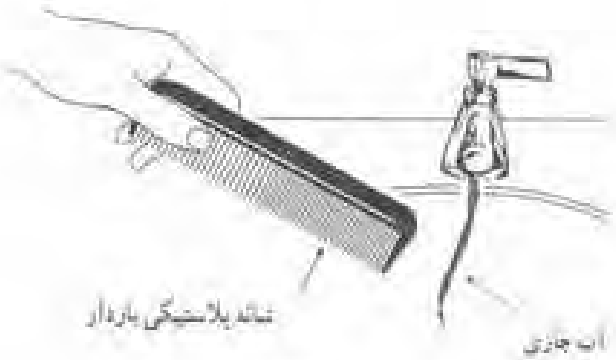
ج- شانه پلاستیکی را به یک رشته نخ نایلونی نزدیک کنید. (شکل ۲۱-۱)

نتیجه :

شکل ۲۱-۱

د- شانه پلاستیکی را به آب جاری که با فشار کم از شیر آب خارج می‌شود نزدیک کنید. (شکل ۲۲-۱)

نتیجه:



شکل ۲۲-۱

۱۷- از مجموعه آزمایش‌های فوق چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

توجه: مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

پاسخ سؤالات

پیش آزمون (۱)

۱ـ د
۲ـ ج
۳ـ الف
۴ـ ب
۵ـ ج
۶ـ الف
۷ـ ب
۸ـ ب
۹ـ ج
۱۰ـ د

آزمون پایانی (۱)

۱ـ د
۲ـ الف
۳ـ د
۴ـ ب
۵ـ ب
۶ـ ج
۷ـ الف
۸ـ د
۹ـ ج
۱۰ـ الف
۱۱ـ ب
۱۲ـ د
۱۳ـ ظرفیت
۱۴ـ غلط ☒
۱۵ـ غلط ☒

پاسخ خودآزمایی عملی

۱۶ـ

الف ـ شیء پلاستیکی باردار ذرات نمک را جذب می کند.
ب ـ شیء پلاستیکی باردار توپ پینگ پنگ را جذب می کند.
ج ـ شیء پلاستیکی باردار رشته نخ نایلونی را جذب می کند.
د ـ شیء پلاستیکی باردار آب جاری یا فشار کم را جذب می‌کند.

۱۷ـ برخی مواد تحت تأثیر نیروی میدان حاصل از بارهای الکتریکی قرار می‌گیرند و در نتیجه به طرف آنها جذب و یا از آنها دور می‌شوند و برخی از مواد دیگر نسبت به مواد باردار هیچ عکس‌العملی ندارند.

واحد کارمبانی الکتریسیته

فصل دوم: هادی‌ها، عایق‌ها، نیمه هادی‌ها

هدف کلی:

آشنایی با هادی‌ها، عایق‌ها و نیمه‌هادی‌های الکتریکی

هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل انتظار می رود که، فراگیر:

۱ـ هادی، عایق و نیمه هادی را با ذکر نمونه‌هایی تعریف کند.

۲ـ هادی، عایق و نیمه هادی را از نظر الکترون‌های والانس مقایسه کند.

۳ـ در صورت داشتن عدد اتمی عنصری، نوع ماده را تشخیص دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۲	ــ	۲

پیش آزمون (۲)

۱ـ چرا در مدارهای روشنایی از سیم استفاده می‌شود؟

الف ـ چون وسیله دیگری وجود ندارد.
ب ـ زیرا برق را خوب هدایت می‌کند.
ج ـ چون استفاده سیم زیاد است.
د ـ زیرا قدرت تحمل سیم زیاد است.

۲ـ جنس سیم‌های نصب شده بر روی تیرهای برق خیابان‌ها از چیست؟

الف ـ مس
ب ـ آهن
ج ـ فولاد
د ـ روی

۳ـ چرا هنگام کار با برق باید از کفش لاستیکی و دستکش استفاده کرد؟

الف ـ چون عایق هستند.
ب ـ می‌توانند جریان مدار را کنترل کنند.
ج ـ قدرت تحمل حرارتی زیادی دارند.
د ـ می‌توانند برق را به زمین منتقل کنند.

۴ـ در مدارهای الکتریکی اگر به جای سیم مسی از رشته پلاستیکی استفاده کنیم نور لامپ‌ها:

الف ـ کاهش می‌یابد.
ب ـ افزایش می‌یابد.
ج ـ تغییری نمی‌کند
د ـ قطع می‌شود.

۵ـ در مقایسه جریان الکتریکی با عبور جریان آب از لوله یک سیم خوب الکتریکی را مشابه کدام‌یک از موارد زیر می‌توان دانست؟

الف ـ لوله آب با قطر کم
ب ـ لوله آب با قطر زیاد
ج ـ نمی‌توان مقایسه کرد.
د ـ بستگی به ولتاژ دارد.

۶ ـ کدام‌یک از موارد زیر می‌تواند جریان برق را عبور دهد؟

الف ـ میله چوبی
ب ـ میله آلومینیومی
ج ـ میله کائوچویی
د ـ میله لاستیکی

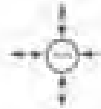
۷ـ چرا خاصیت هدایت الکتریکی مواد مختلف با هم تفاوت دارند؟

الف ـ وضعیت اتم‌های آنها تفاوت دارند.
ب ـ چون جریان تأمین کننده همه مواد باتری‌ها هستند.
ج ـ همه مواد در برابر جریان مقاومت نمی‌کنند.
د ـ چون تحت تأثیر انرژی قرار نگرفته‌اند.

۸ ـ به کوچک‌ترین جزء یک ماده ..... گفته می‌شود.

الف ـ یون
ب ـ والانس
ج ـ اتم
د ـ ملکول

۹ـ کدام‌یک از اشکال زیر صحیح است؟

الف ـ
ب ـ 
ج ـ
د ـ

۱ـ ذره نوترون ..... اتم قرار دارد و از نظر بار الکتریکی ..... است.

الف ـ روی مدارهای ـ منفی

ب ـ در هسته ـ مثبت

ج ـ در هسته ـ خنثی

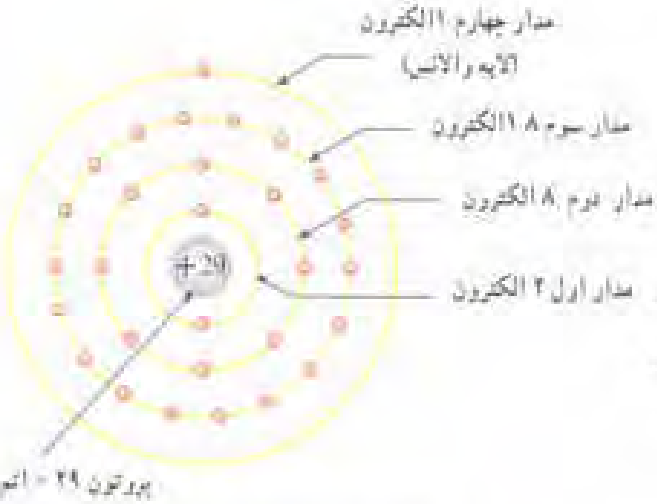
د ـ روی مدارهای ـ خنثی

۲ـ هادی‌ها، عایق‌ها و نیمه‌هادی‌ها

در مباحث الکتریسیته تعداد الکترون‌های مدار والانس اتم‌ها اهمیت دارد. زیرا بر اساس آنها مواد را از نظر هدایت الکتریکی به سه گروه تقسیم می‌کنند.

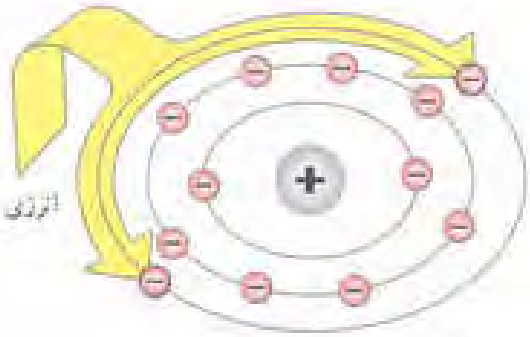
۱ـ۲ـ هادی‌ها

موادی را که الکترون‌های مدار والانس آنها براحتی آزاد می‌شود «هادی» یا «رسانا» می‌نامند. تعداد الکترون‌های والانس این مواد معمولاً ۱، ۲ یا ۳ الکترون است. (شکل ۱-۲)



شکل ۱-۲- ساختمان اتمی عنصر مس

هر گاه به اتم‌های یک هادی انرژی داده شود بین الکترون‌ها تقسیم می‌شود. شکل (۲-۲) در این حالت چون تعداد الکترون‌های والانس کم است مقدار انرژی بیشتری به هر الکترون می‌رسد (نسبت به حالتی که تعداد الکترون‌ها زیاد باشد).



شکل ۲-۲- تقسیم انرژی بین الکترون‌های والانس

در یک هادی، الکترون‌ها به راحتی از یک اتم به اتم دیگر منتقل می‌شود. این عبارت را می‌توان به عنوان تعریف دیگری برای هادی در نظر گرفت. در شکل (۳-۲) بر اثر انتقال الکترون‌ها لامپ روشن شده است.

شکل ۳-۲- برقراری جریان الکتریکی در هادی‌ها

از هادی‌های خوب می‌توان نقره، مس، طلا و آلومینیوم را نام برد. در صنعت برق از سیم‌های مسی و آلومینیومی استفاده می‌شود زیرا این عناصر فراوان و مقرون به صرفه هستند.

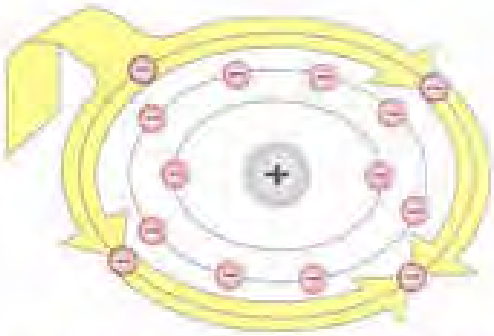
۲ـ۲ـ عایق‌ها

به موادی که الکترون‌های مدار والانس آنها تمایل به ماندن در مدار خود را دارند و به راحتی جدا نمی‌شوند «عایق» یا «دی الکتریک» می‌گویند.

این مواد در مدار والانس خود ۵، ۶، ۷، و یا ۸ الکترون دارند. (شکل ۲-۴)

شکل ۲-۴- ساختمان اتمی یک عنصر عایق

در صورتی که به الم یک دی‌الکتریک انرژی داده شود این انرژی بین الکترون‌های والانس تقسیم می‌شود. چون تعداد الکترون‌های والانس در عایق‌ها زیاد است، لذا مقدار انرژی که به هر الکترون می‌رسد، نسبت به هادی‌ها که تعداد الکترون والانس کمتری دارند کاهش می‌یابد. از عایق‌های خوب[1] می‌توان شیشه، کاغذ، پلاستیک، هوا و میکا را نام برد. (شکل ۲-۵)



شکل ۲-۵ - تقسیم انرژی بین الکترون‌های والانس هادی‌ها

شکل (۲-۶) تصویری را نشان می‌دهد که در آن چون میله پلاستیکی نمی‌تواند الکترون‌های لایه والانس خود را انتقال دهد، لامپ روشن نمی‌شود پس می‌توان نتیجه گرفت که ماده عایق نمی‌تواند جریان الکتریکی را عبور دهد.

شکل ۲-۶ - عدم انتقال الکترون‌ها در یک میله پلاستیکی

۲ـ۳ـ نیمه هادی‌ها

موادی که از نظر آزاد کردن الکترون والانس در حد فاصل عایق‌ها و هادی‌ها قرار دارند «نیمه هادی»[2] نامیده می‌شوند.

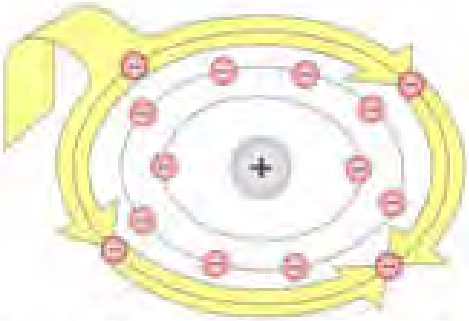
تعداد الکترون‌های والانس نیمه‌هادی‌ها معمولاً ۴ الکترون است. (شکل ۲-۷)

شکل ۲-۷- ساختمان اتمی نیمه هادی‌ها

۱- عایق‌هایی که در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند اغلب از ترکیب مواد مختلف بوجود می‌آیند.

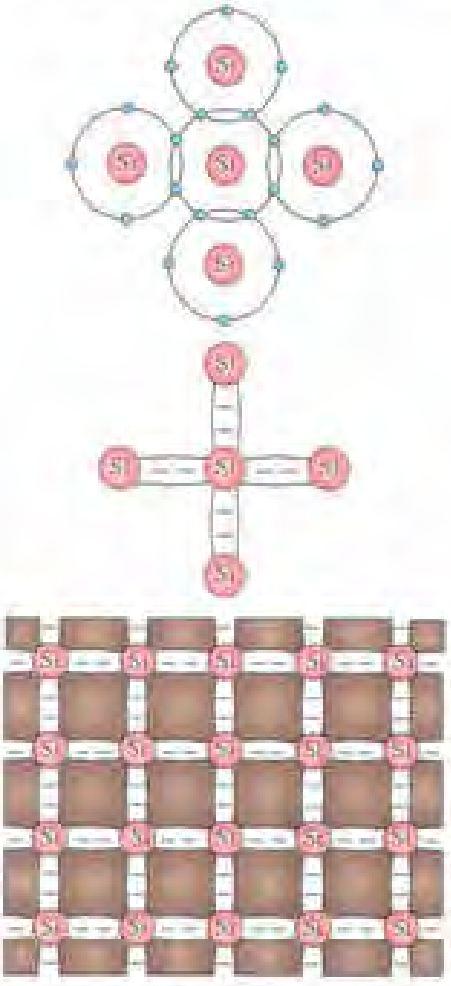
۲-Semi Conductor

در شرایط عادی نیمه‌هادی‌ها تمایلی به دریافت کردن و یا از دست دادن الکترون والانس ندارند. اما در صورتی که انرژی خارجی به آن داده شود، می‌توانند الکترون آزاد کنند. (شکل ۸-۲)



شکل ۸-۲ - تقسیم انرژی بین الکترون‌های والانس در نیمه هادی‌ها

از نیمه هادی‌ها که در الکترونیک کاربرد دارند می‌توان ژرمانیم (Ge) و سیلسیم (Si) را نام برد. نحوه قرار گرفتن اتم‌های نیمه هادی‌ها در کنار هم به‌صورت اشتراکی است. از اشتراک الکترون‌های والانس در نیمه‌هادی‌ها شبکه‌ای به وجود می‌آید که آن را در اصطلاح «شبکه کریستالی» گویند.



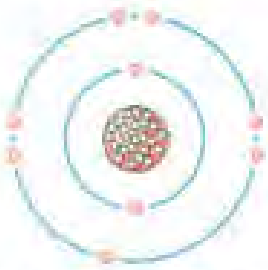
شکل ۹-۲- شبکه اشتراکی اتم‌های نیمه‌هادی

شکل (۹-۲) شبکه کریستالی و پیوند بین اتم‌های سیلسیم را نشان می‌دهد. نیمه هادی‌ها از نظر الکتریکی خنثی هستند. برای اینکه بتوانیم میزان هدایت نیمه‌هادی‌ها را افزایش دهیم باید آنها را با مواد دیگری ترکیب کنیم.

عمل ترکیب نیمه هادی با عنصری دیگر را «ناخالص کردن» نیمه هادی می‌نامیم.

توضیح: به تعداد الکترون‌ها یا پروتون‌های یک عنصر «عدد اتمی»[1] می‌گویند و آن را با حرف (Z) نمایش می دهند. (شکل ۱۰-۲)

با توجه به عدد اتمی می‌توان وضعیت هادی، عایق و نیمه هادی بودن جسم را تشخیص داد.



شکل ۱۰-۲- عدد اتمی این عنصر ۹ است
$Z=9$

۱- از مجموع تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها جرم اتمی بدست می‌آید.

مثال: عدد اتمی عنصری ۱۱ است، این عنصر از نظر هدایت الکتریکی چه وضعیتی دارد؟

حل: با استفاده از رابطه $2n^2$ می‌توان الکترون‌های این عنصر را بر روی مدارها توزیع کرد.

$K = 2n^2 = 2(1)^2 = 2$ (مدار اول)

$L = 2n^2 \Rightarrow L = 2(2)^2 = 8$ (مدار دوم)

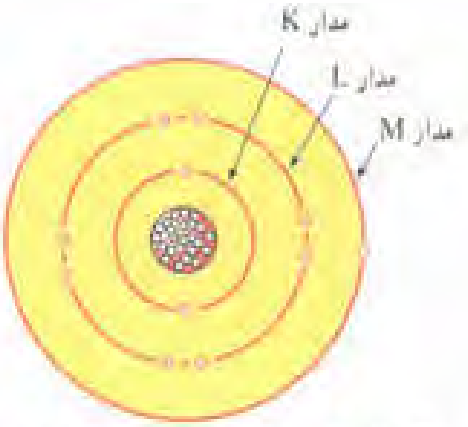
تعداد الکترون‌های باقیمانده = M (مدار سوم)

$M = Z - (K + L) = 11 - (2 + 8)$

الکترون $M = 1$

چون تعداد الکترون‌های مدار آخر این عنصر کمتر از ۴ الکترون است، لذا از نظر هدایت به گروه هادی‌ها تعلق دارد.

تعداد الکترون‌های هر مدار این اتم در شکل (۱۱-۲) نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۲ - ساختمان اتمی عنصر مورد نظر در مسأله

آزمون پایانی (۲)

۱ـ لایه والانس هر اتم با چند الکترون تکمیل می‌شود؟

الف ـ ۲ ب ـ ۸

ج ـ ۱۸ د ـ ۳۲

۲ـ جسمی که در آن الکترون‌های والانس به آسانی از یک اتم به اتم دیگر منتقل شوند ..... نامیده می‌شود.

الف ـ عایق ب ـ نیمه هادی

ج ـ ظرفیتی د ـ هادی

۳ـ سهم انرژی الکترون‌های والانس در هادی‌ها نسبت به عایق‌ها چگونه است؟

الف ـ زیاد ب ـ کم

ج ـ متوسط د ـ نمی‌توان تعیین کرد.

۴ـ علت استفاده از مس در صنعت برق چیست؟

الف ـ در طبیعت فراوان است. ج ـ الکترون والانس را راحت آزاد می‌کند.

ب ـ مقرون به‌صرفه است. د ـ همه موارد

۵ ـ کدام گزینه در مورد تعداد الکترون‌های مدار والانس عایق‌ها صحیح است؟

الف ـ ۴ > تعداد الکترون‌ها ج ـ ۴ < تعداد الکترون‌ها

ب ـ ۳ > تعداد الکترون‌ها د ـ ۸ < تعداد الکترون‌ها

۶ ـ الکترون‌های والانس در عایق‌ها ..... از مدار خود جدا می‌شوند.

الف ـ به آسانی ب ـ به سختی

ج ـ بدون انرژی د ـ با کمی انرژی

۷ ـ اصطلاح «دی الکتریک» برای کدام گروه از مواد به کار می‌رود؟

الف ـ هادی‌ها ب ـ عایق‌ها

ج ـ نیمه‌هادی‌ها د ـ فلزات

۸ ـ «میکا» از نظر هدایت الکتریکی در ردیف کدام‌یک از گروه‌ها قرار دارد؟

الف ـ عایق‌ها ب ـ هادی‌ها

ج ـ نیمه هادی‌ها د ـ کریستال‌ها

۹ـ تعداد الکترون‌های والانس نیمه هادی‌ها چند الکترون است؟

الف ـ ۲ ب ـ ۳

ج ـ ۴ د ـ ۸

۱۰ـ نحوه اتصال اتم‌ها در نیمه هادی‌ها ..... است؟

الف ـ به‌شکل دایره ب ـ به‌صورت شبکه کریستالی

ج ـ به‌شکل بیضی د ـ به‌صورت خطوط نیم دایره

۱۱ـ کدام گزینه در مورد نیمه هادی‌ها صدق می کند؟

الف ـ با ناخالص کردن نیمه‌هادی‌ها میزان تمایل آنها به آزاد کردن الکترون کاهش می‌یابد.

ب ـ آزاد کردن الکترون به تعداد مدارهای اتم مورد نظر بستگی دارند.

ج ـ نیمه هادی‌ها در شرایط عادی تمایلی به گرفتن یا دادن الکترون ندارند.

د ـ آزادسازی الکترون به مقدار انرژی داده شده به لایه والانس بستگی ندارد.

۱۲ـ عدد اتمی عناصر را با حروف اختصاری ..... نشان می‌دهند.

الف ـ P ب ـ N

ج ـ X د ـ Z

۱۳ـ عدد اتمی عنصری برابر با ۳۰ است. تعداد مدارهای این عنصر چند مدار می‌باشد؟

الف ـ ۴ ب ـ ۵

ج ـ ۶ د ـ ۷

۱۴ـ عنصری با عدد اتمی ۶۱ از نظر هدایت الکتریکی در کدام گروه قرار دارد؟

الف ـ عایق‌ها ب ـ هادی‌ها

ج ـ نیمه هادی‌ها د ـ نمک‌ها

۱۵ـ اگر عدد اتمی عنصری برابر با ۳۴ باشد، لایه والانس آن دارای چند الکترون است؟

الف ـ ۳ ب ـ ۴

ج ـ ۵ د ـ ۶

۱۶ـ اگر تعداد الکترون‌های مدار آخر عنصری برابر ۵ باشد این عنصر از نظر هدایت الکتریکی به کدام گروه تعلق دارد؟

الف ـ هادی‌ها ب ـ نیمه هادی‌ها

ج ـ عایق ها د ـ به عدد اتمی عنصر وابسته است.

۱۷ـ کدام‌یک از عناصر زیر دارای ۴ الکترون والانس است؟

الف ـ شیشه ب ـ مس

ج ـ ژرمانیم د ـ نقره

۱۸ـ نحوه قرار گرفتن اتم‌های نیمه هادی‌ها در کنار هم به‌صورت ..... است؟

۱۹ـ در اجسام رسانا الکترون‌های لایه والانس اتم‌ها به راحتی آزاد می‌شوند.

صحیح ☐ غلط ☐

۲۰ـ در شرایط عادی نیمه هادی‌ها تمایلی به دریافت یا از دست دادن الکترون ندارند.

صحیح ☐ غلط ☐

خود آزمایی عملی

۲۱ـ مداری را مطابق شکل (۱۲-۲) در نظر بگیرید و در صورت امکان عملاً ببندید. در مراحل مختلف بین دو نقطه B،A قطعات زیر را قرار دهید و وضعیت روشنایی لامپ را مشاهده و ثبت کنید.

الف ـ گیره کاغذ (مشابه شکل ۱۲-۲)

ب ـ مداد پاک کن

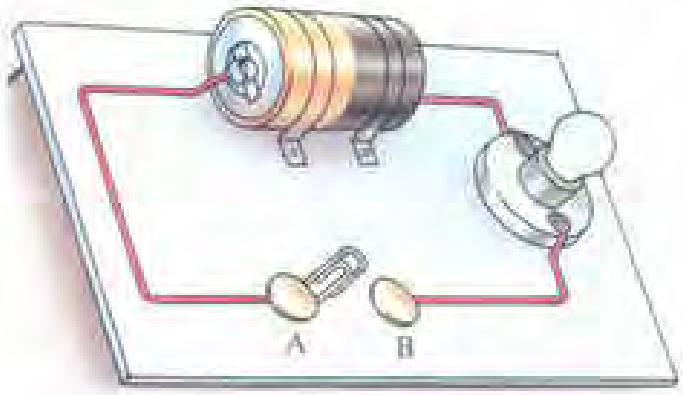
پ ـ بدنه پلاستیکی خودکار

ت ـ یک قطعه سیم مسی

ث ـ یک قطعه میله برنجی

ج ـ یک تکه چوب

چ ـ یک قطعه لاستیک



شکل ۱۲-۲- مدار ساده الکتریکی

۲۲ـ از مجموعه مشاهدات خود چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

توجه: مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

پاسخ سؤالات

پیش آزمون (۲)

۱ـ ب
۲ـ الف
۳ـ الف
۴ـ د
۵ـ ب
۶ـ ب
۷ـ الف
۸ـ د
۹ـ ج
۱۰ـ ج

آزمون پایانی (۲)

۱ـ ب
۲ـ د
۳ـ الف
۴ـ د
۵ـ ج
۶ـ ب
۷ـ ب
۸ـ الف
۹ـ ج
۱۰ـ ب
۱۱ـ ج
۱۲ـ د
۱۳ـ الف
۱۴ـ ب
۱۵ـ د
۱۶ـ ج
۱۷ـ ج
۱۸ـ اشتراکی
۱۹ـ صحیح ☒
۲۰ـ صحیح ☒

پاسخ خودآزمایی عملی

۲۱ـ

الف ـ چون هادی است لامپ روشن می‌شود.

ب ـ چون عایق است لامپ روشن نمی‌شود.

پ ـ چون عایق است لامپ روشن نمی‌شود.

ت ـ چون هادی است لامپ روشن می‌شود.

ث ـ چون هادی است لامپ روشن می‌شود.

ج ـ چون عایق است لامپ روشن نمی‌شود.

چ ـ چون عایق است لامپ روشن نمی‌شود.

واحد کارمبانی الکتریسیته

فصل سوم: آشنایی با قطعات و کمیت‌های الکتریکی

هدف کلی:
آشنایی با مقاومت ها و کمیت‌های الکتریکی

هدف‌های رفتاری:
در پایان این فصل انتظار می رود که، فراگیر:

۱ـ کمیت‌های الکتریکی ولتاژ، جریان و مقاومت را با ذکر روابط و واحد توضیح دهد.
۲ـ انواع مقاومت‌های الکتریکی را نام برده و طرز کار هر یک را توضیح دهد.
۳ـ مقدار مقاومت‌های اهمی چهار رنگ، پنج رنگ را با کمک کدهای رنگ تعیین کند.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۶	ــ	۶

پیش آزمون (۳)

۱ـ با زدن کلید اصلی برق نیروگاه، چه مدت زمانی طول می‌کشد تا جریان برق به مصرف کننده برسد؟

الف ـ یک دقیقه
ب ـ کمتر از چند صدم ثانیه
ج ـ به طول مسیر بستگی دارد.
د ـ رابطه‌ای بین این دوتاست

۲ـ آیا جریان برق قابل رؤیت است؟

الف ـ بله
ب ـ خیر
ج ـ به نوع سیم بستگی دارد.
د ـ به نوع جریان بستگی دارد.

۳ـ منظور از پتانسیل الکتریکی چیست؟

الف ـ مقدار جریان عبوری از مدار
ب ـ سرعت انتقال جریان
ج ـ مقدار بار الکتریکی که کار را انجام می‌دهد.
د ـ کاری که بر روی ذره باردار انجام می‌شود.

۴ـ رشته حرارتی یک سماور برقی برای ایجاد گرما چه خاصیتی را از خود نشان می‌دهد؟

الف ـ مقاومتی
ب ـ لوله مارپیچ
ج ـ سیم پیچی
د ـ عایقی

۵ـ ولوم یک رادیو چیست؟

الف ـ مقاومت متغیر
ب ـ کلید گردان
ج ـ کلید مرحله‌ای
د ـ تبدیل گردان

۶ـ عامل کنترل کننده خودکار روشن و خاموش کردن چراغ‌های خیابان‌ها و معابرعمومی چیست؟

الف ـ مدارهای صنعتی
ب ـ مقاومت تابع نور
ج ـ کلیدهای قطع و وصل
د ـ دیود نور دهنده

۷ـ چرا در صورت وصل کردن بعضی از مصرف کننده‌ها به پریز برق و راه‌اندازی آنها سیم‌های برق گرم می‌شود؟

الف ـ دمای محیط زیادتر از حد استاندارد است.
ب ـ طول سیم کمتر از حد استاندارد است.
ج ـ ولتاژ اعمال شده کمتر از حد نیاز است.
د ـ جریان عبوری از سیم مورد نظر زیاد است.

۸ـ کدام‌یک از مواد زیر هادی خوبی نیست؟

الف ـ مس
ب ـ نقره
ج ـ طلا
د ـ میکا

۹ـ برای افزایش میزان هدایت نیمه‌هادی‌ها باید آنها را ..... کرد.

الف ـ خالص
ب ـ ناخالص
ج ـ از هسته جدا
د ـ مشترک

۱۰ـ انرژی داده شده به ..... یک ماده دی‌الکتریک بین الکترون‌های ..... آن تقسیم می‌شود.

الف ـ اتم ـ مدار والانس
ب ـ الکترون‌های ـ مدار والانس
ج ـ الکترون‌های ـ مدار M
د ـ اتم ـ مدار M

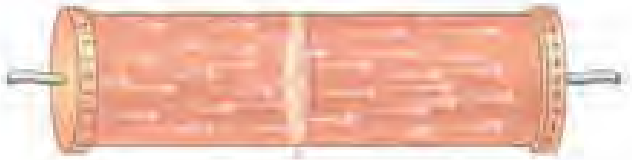
۳ـ کمیت‌های الکتریکی

۱ـ۳ـ شدت جریان [۱]

شکل ۳-۱- میزان جریان الکتریکی از مجموعه انرژی الکترون‌هایی که انرژی آنها در یک جهت است، بوجود می‌آید.

چنانچه بخواهیم از انرژی الکتریکی برای انجام کاری استفاده کنیم می‌بایست الکتریسیته تولید شده را به حرکت درآوریم و در مدار جاری کنیم. به عبارت دیگر اگر بتوانیم با دادن انرژی به مدار والانس یک اتم، الکترون‌های آنرا آزاد کنیم و در یک مسیر حرکت دهیم «جریان الکتریکی» به وجود می‌آید.

انرژی الکترون‌های آزادی که در یک جهت هستند با هم جمع می‌شوند و انرژی آزاد شده بیشتری را برای انجام کار در اختیار ما قرار می‌دهند. تعداد الکترون‌هایی که انرژی هم جهت دارند میزان شدت جریان الکتریکی را تعیین می‌کنند. (شکل ۳-۱)



شکل ۳-۲- عبور بار الکتریکی از یک نقطه سیم در طی زمان معین را جریان الکتریکی می‌نامند.

شدت جریان الکتریکی را با حرف (I) نشان می‌دهند. بنابه تعریف مقدار بار الکتریکی (الکترون‌های آزاد) که از یک نقطه سیم در طی مدت زمانی معین عبور می‌کند «شدت جریان الکتریکی» می‌نامند. (شکل ۳-۲)

اگر بار الکتریکی را با q (بر حسب کولن C)، زمان را با t (برحسب ثانیه S) نشان دهیم، شدت جریان I (بر حسب آمپر A) از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow \text{آمپر (A)} = \frac{\text{کولن (C)}}{\text{ثانیه (S)}}$$

چون عامل بوجود آمدن جریان الکتریکی، حرکت الکترون‌هاست و این ذرات دارای بار منفی هستند، لذا جهت حرکت واقعی الکترون‌ها از قطب منفی به سمت قطب مثبت است ولی بر اساس قرارداد، جهت جریان الکتریکی را در مدارها از قطب مثبت به سمت قطب منفی در نظر می‌گیرند.

۱- Electric current

شکل (۳-۳) این مطلب را نشان می‌دهد. بنا به تعریف مثبت بودن بارها را به عنوان زیاد بودن و منفی بودن بار را به عنوان کم بودن بار در نظر می‌گیرند. در رابطه (۱) اگر به جای پارامترهای (q و t) مقدار واحد را قرار دهیم تعریف یک آمپر به دست می‌آید.

$$I(A)=\frac{1(C)}{1(s)}$$

یعنی یک آمپر عبارت است از عبور یک کولن بار الکتریکی در مدت زمان یک ثانیه از یک نقطه در مدار. شکل (۳-۴) یک کولن بار الکتریکی موجود در یک جسم برابر است با:

الکترون $6/28\times10^{18}$ = ۱ کولن

مثال: اگر باری برابر با ۶ کولن در طی مدت ۳ ثانیه از سیمی مطابق شکل (۳-۵) عبور کند، چند آمپر جریان در مدار جاری شده است؟

حل:

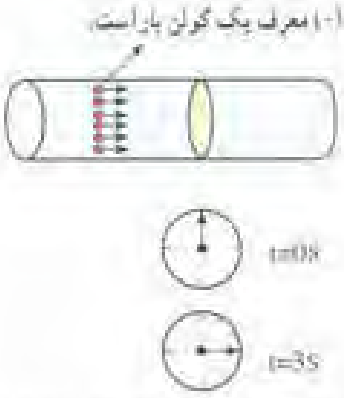
$$I=\frac{q}{t}=\frac{6}{3}=2(A)$$

حرکت الکترون‌های آزاد در درون سیم به صورت «ضربه‌ای»[1] صورت می‌گیرد. یعنی در مدارهای واقعی، الکترون‌ها با یکدیگر برخورد می‌کنند و از اتمی به اتم دیگر منتقل می‌شوند. سرعت این ضربه‌ها در حدود سرعت میکرو (۳۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه) است. (شکل ۳-۶)

الکترون‌ها از منفی به مثبت انتقال می‌یابند.

شکل ۳-۳- جهت حرکت اصلی و قراردادی جریان

شکل ۳-۴- حرکت الکترون از سطح مورد نظر در یک ثانیه



شکل ۳-۵- تعداد الکترون‌هایی که از سطحی مشخص در طی سه ثانیه می‌گذرد.

شکل ۳-۶- حرکت الکترون‌ها از سمت پتانسیل مثبت به سمت پتانسیل منفی است.

1- Impalls

شکل ۳-۷- جابجایی الکترون در اثر انرژی

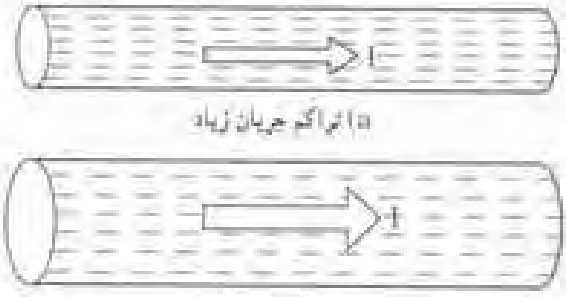
جون اتم ها خیلی به‌هم نزدیک هستند به محض وارد شدن الکترون آزاد جدید آن الکترون انرژی خود را به الکترون دیگر می‌دهد و آن‌را دفع می‌کند و به سمت دیگر می‌راند. (شکل ۳-۷)

شکل ۳-۸- نمایشی از ضربه‌های انرژی به الکترون‌ها

ضربه‌های انرژی که از یک الکترون به الکترون دیگر برخورد می‌کند و باعث جابجایی آن می‌شود را در اصطلاح جریان الکتریکی می‌نامند. در شکل (۳-۸) ضربه‌های انرژی وارد شده به الکترون‌ها را مشاهده می‌کنید.

شکل ۳-۹- شکل ظاهری یک نمونه آمپرمتر

در مدارهای الکتریکی برای اندازه‌گیری جریان از وسیله‌ای به‌نام آمپرمتر که علامت اختصاری آن —(A)— است، استفاده می‌شود. شکل (۳-۹) یک نمونه آن را نشان می‌دهد.



a) تراکم جریان زیاد

b) تراکم جریان کم

شکل ۳-۱۰- شدت جریان عبوری در هر دو سیم با هم مساوی است ولی سطح مقطع سیم (b) بزرگ‌تر از سیم (a) است.

یکی از مشخصه‌هایی که در بحث جریان مطرح می‌شود «تراکم» یا «چگالی» جریان است.

طبق تعریف، مقدار معینی جریان الکتریکی که از واحد سطح مقطع سیم می‌تواند عبور کند را تراکم جریان می‌گویند.

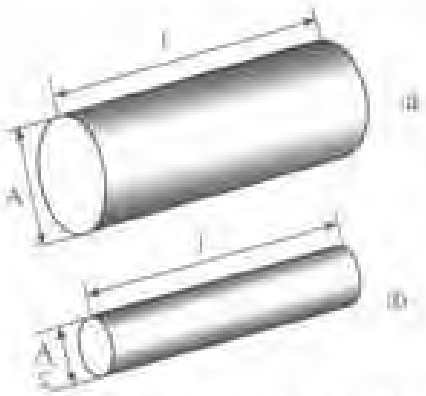
تراکم جریان از رابطه: $J = \frac{I}{A}$

و بر حسب $\frac{A}{mm^2}$ آمپر بر میلی‌متر مربع محاسبه می‌شود. (شکل ۳-۱۰)

I = جریان عبوری از سیم

A = سطح مقطع سیم بر حسب میلی‌متر مربع

از جگالی جریان در تعیین ماکزیمم جریان قابل تحمل در سیم‌ها استفاده می‌شود. به عنوان مثال اگر بخواهیم جریانی معادل ۵ آمپر را از دو سیم طبق شکل (۱۱-۳) عبور دهیم، مشاهده می‌شود که تراکم و فشردگی الکترون‌های جاری در سیم شکل (b) از سیم (a) بیشتر است. زیرا سطح مقطع سیم(b) از سیم (a) کوچک‌تر است.



شکل ۱۱-۳- تصویر دو سیم با سطح مقطع‌های مختلف

۲-۳- اختلاف سطح الکتریکی و چگونگی ایجاد آن به‌وسیله انرژی‌های مختلف

همانطوری‌که می‌دانید برای انجام کار باید انرژی الکتریکی در حال حرکت باشد. نیرویی را که باعث به وجود آمدن جریان الکتریکی در مدار می‌شود «نیروی محرکه الکتریکی یا EMF[1]» می‌نامند. بنا به تعریف هر بار الکتریکی که بتواند بار الکتریکی دیگری را با عمل جذب یا دفع به‌حرکت درآورد کاری انجام می‌شود. لذا به آن نیروی محرکه‌ای‌که بتواند بار الکتریکی را به حرکت درآورد «پتانسیل الکتریکی» می‌گویند. شکل (۱۲-۳) «پتانسیل» یا «ولتاژ» به اختصار، توانایی انجام کار نیز نامیده می‌شود.

a) الکترون‌های آزاد در حال حرکت نامنظم

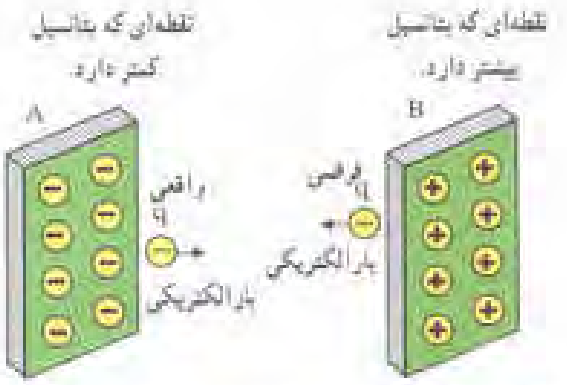
b) الکترون‌های آزاد تحت تأثیر ولتاژ

شکل ۱۲-۳

وقتی دو بار غیرهمنام مورد بررسی قرار می‌گیرند، در حقیقت اختلاف پتانسیل بین آن دو مورد توجه است. به همین دلیل درمدارهای الکتریکی اغلب ولتاژ را تحت عنوان اختلاف پتانسیل بیان می‌کنند. زیرا میزان کاری که روی دو ذره باردار انجام می‌شود به پتانسیل اولیه آنها بستگی دارد. (شکل ۱۳-۳)

پتانسیل الکتریکی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{(ولتاژ)}\quad V = \frac{W}{q} = \frac{\text{(کار انجام شده)}}{\text{(بار الکتریکی)}}$$



شکل ۱۳-۳- ذره باردار q که دارای بار منفی کمتر است جذب نقطه‌ای که دارای بار مثبت زیادتر است، می‌شود.

1-Emf- Elsdon Motive Force

هرگاه کار بر حسب ژول و مقدار بار الکتریکی بر حسب کولن باشد پتانسیل الکتریکی بر حسب ولت بدست می‌آید.

تعریف واحد ولت:

$$1(V)=\frac{1(J)}{1(C)}$$

به همین ترتیب برای اختلاف پتانسیل بین دو نقطه B ,A در شکل (۱۴-۳) می‌توانیم بنویسیم:

اختلاف پتانسیل $V = V_A - V_B = V_{AB}$

$$\Rightarrow V_{AB}=\frac{W_{AB}}{q}$$

کار انجام شده $W = W_A - W_B = W_{AB}$

شکل ۱۴-۳- چگونگی حرکت الکترون‌ها از مخزن‌بار بیشتر به مخزن کمتر

ولتاژهایی که در کارهای روزمره با آن سر و کار داریم عبارتند از:

۱/۵ ولت - ولتاژ پیل‌های خشک (قلمی)

۹ ولت - ولتاژ پیل‌های کتابی

۱۲ ولت - ولتاژ باتری‌های ماشین

۲۲۰ ولت - ولتاژ منازل مسکونی

۳۸۰ ولت - ولتاژ مراکز صنعتی

در رسم مدارها پیل‌ها (باتری‌ها) را با علامت: ⊣|⊢ نشان می‌دهیم. در شکل (۱۵-۳) تصویر چند نوع پیل نشان داده شده است.

شکل ۱۵-۳- انواع منابع ولتاژ در دسترس

برای اندازه‌گیری ولتاژ از وسیله‌ای به نام ولت‌متر که علامت اختصاری آن به صورت —(V)— است استفاده می‌شود. (شکل ۱۶-۳)

نیروی محرکه الکتریکی (ولتاژ) را می‌توان با استفاده از انرژی‌های مختلف تولید کرد که در اینجا فقط به ذکر اسامی این انرژی‌ها می‌پردازیم:

شکل ۱۶-۳- یک نمونه ولت‌متر

۱- V_{AB} :B ,A اختلاف پتانسیل بین دو نقطه (مخزن)

۲- W_{AB} :B ,A اختلاف کار انجام شده روی ذره باردار(q) بین دو نقطه (مخزن)

زیرا در مباحث بعد با چگونگی تولید آنها آشنا خواهید شد.

- انرژی حرارتی (ترموکوپل‌ها)
- انرژی فشاری (گیرنده‌های صوتی)
- انرژی حاصل از اصطکاک (مالش دو جسم)
- انرژی مغناطیسی (ژنراتورها)
- انرژی شیمیایی (باتری‌ها)
- انرژی نورانی (فتوسل‌ها)

۱ـ۲ـ۳ هدایت و مقاومت مخصوص:

همانطور که قبلاً نیز ذکر شد:

اجسامی که در طبیعت وجود دارند نمی‌توانند جریان الکتریکی را به یک اندازه از خود عبور دهند، تعداد الکترون‌های لایه آخر مواد مختلف با هم متفاوت است. میزان هدایت اجسام را با ضریبی تحت عنوان «ضریب هدایت مخصوص» بیان می‌کنند. این ضریب نشان می‌دهد که یک جسم تا چه اندازه جریان الکتریکی را از خود عبور می‌دهد. ضریب هدایت را با حرف یونانی χ (کایا) نشان می‌دهند.

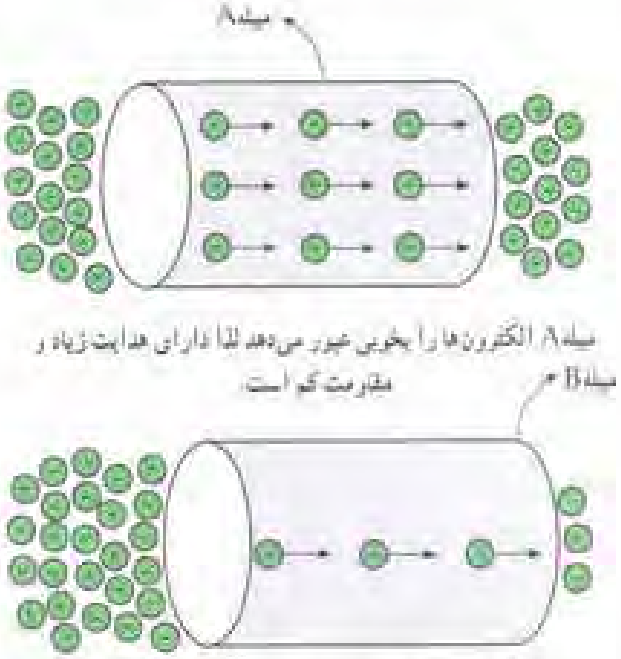
ضریب دیگری که در مقاومت‌های الکتریکی مطرح می‌شود «ضریب مقاومت مخصوص» نام دارد. این ضریب میزان مخالفت جسم را نسبت به عبور جریان الکتریکی بیان می‌کند. ضریب مقاومت مخصوص را با حرف یونانی ρ (رو) نشان می‌دهند.

با کمی دقت در توضیحات فوق می‌توان نتیجه گرفت که این دو ضریب عکس یکدیگرند و روابط زیر را برای این دو ضریب می‌توان نوشت:

$$\rho = \frac{1}{\chi} \quad \text{یا} \quad \chi = \frac{1}{\rho}$$

در واقع هر جسمی که قابلیت هدایت آن زیاد است مقاومت الکتریکی آن کم و هر جسمی که مقاومت الکتریکی آن زیاد باشد دارای هدایت الکتریکی کم است. در شکل‌های (۱۷-۳ و ۱۸-۳) این مورد نشان داده شده است.

این دو ضریب بدون واحد بوده و واحد آنها بر حسب عوامل دیگر بیان می‌شود.



میله A الکترون‌ها را بخوبی عبور می‌دهد لذا دارای هدایت زیاد و مقاومت کم است.

میله B الکترون‌ها را بخوبی عبور نمی‌دهد لذا دارای هدایت کم و مقاومت زیاد است.

شکل ۱۷-۳- میله B الکترون‌ها را بخوبی عبور نمی‌دهد لذا دارای هدایت کم و مقاومت زیاد است.

a) ضریب هدایت گیره کاغذ زیاد است در نتیجه با وصل به پیچ لامپ روشن می‌شود.

b) ضریب مقاومت پاک کن زیاد است در نتیجه با وصل به پیچ لامپ روشن نمی‌شود.

شکل ۱۸-۳

مقدار مقاومت و هدایت مخصوص سیم‌های مسی و آلومینیومی که در صنعت برق کاربرد دارند عبارتند از:

$\chi_{Cu} = ۵۶$ (هدایت مخصوص مس)

$\rho_{Cu} = \frac{۱}{\chi} = \frac{۱}{۵۶} = ۰/۰۱۷۸۵$ (مقاومت مخصوص مس)

$\chi_{Al} = ۳۷$ (هدایت مخصوص آلومینیوم)

$\rho_{Al} = \frac{۱}{\chi} = \frac{۱}{۳۷} = ۰/۰۲۷$ (مقاومت مخصوص آلومینیوم)

معمولاً میزان مقاومت یا هدایت مواد مختلف نسبت به مس سنجیده می‌شود. مثلاً اگر گفته شود نسبت مقاومت کربن ۲۰۳۰ می‌باشد، یعنی میزان مقاومت کربن ۲۰۳۰ مرتبه بیشتر از مس است.

شکل ۱۹-۳- سیم‌های رابط خطوط انتقال باید دارای مقاومت کمی باشند. مقاومت این سیم‌ها از نوع مقاومت‌های مزاحم است.

۳-۳- مقاومت الکتریکی

«مقاومت الکتریکی» خاصیتی است که درمقابل عبور جریان الکتریکی از خود مخالفت نشان می‌دهد. این مخالفت گاهی مانند مقاومت الکتریکی سیم‌های رابط به صورت ناخواسته و مزاحم در مدارهای الکتریکی وجود دارد. این مقاومت باعث ایجاد تلفات الکتریکی می‌شود. (شکل ۱۹-۳)

مقاومت می‌تواند به عنوان عاملی از پیش تعیین شده به صورت یک مصرف کننده در مدارهای الکتریکی قرار گیرد. رشته حرارتی (المنت) انوی خشک برقی به عنوان یک مقاومت، نه تنها مزاحم نیست بلکه علاوه بر کنترل جریان الکتریکی حرارت نیز تولید می‌کند. (شکل ۲۰-۳)

شکل ۲۰-۳- رشته حرارتی انوی برقی به عنوان مقاومت الکتریکی تلفی تولید حرارت و کنترل جریان را به عهده دارد.

مقدار مقاومت الکتریکی را بر حسب اهم (Ω) می‌سنجند.

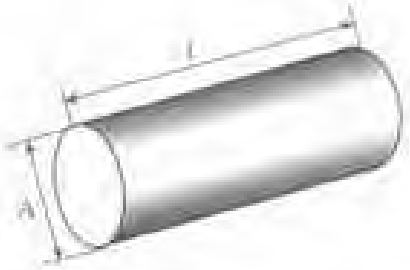
مقدار مقاومت الکتریکی به عوامل فیزیکی و الکتریکی گوناگونی بستگی دارد.

۱ـ۳ـ۳ـ عوامل فیزیکی مؤثر در مقدار مقاومت الکتریکی: هرگاه سه قطعه سیم با مشخصات داده شده درشکل (۲۱-۳) را در اختیار داشته باشیم و به طور جداگانه مقدار مقاومت‌های هر یک از آنها را اندازه بگیریم به نتایجی می‌رسیم که نشانگر ارتباط بین عوامل مؤثر در مقاومت الکتریکی یک هادی است. برای بررسی عوامل، موارد زیر را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

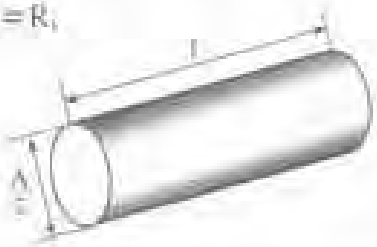
۱ـ مقاومت سیم(Ω) را اندازه می‌گیریم و به‌عنوان مقاومت مبنا یادداشت می‌کنیم.

۲ـ سپس مقاومت سیم (b) را اندازه می‌گیریم. در این حالت مشاهده می‌شود با وجودی که سطح مقطع سیم نصف شده است مقدارمقاومت آن دو برابر افزایش می‌یابد.

۳ـ با اندازه‌گیری مقاومت سیم در مرحله (C) مشاهده می‌کنیم که با توجه به اینکه طول سیم در حالت (C) نسبت به حالت (a) نصف شده ، مقدار مقاومت آن نیز به نصف مقدار در حالت (a) کاهش یافته است. با مقایسه مراحل a و b و c در می‌یابیم که مقاومت یک سیم با طول آن رابطه مستقیم و با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد. مقدار مقاومت سیم را می‌توان از روابط زیر بدست آورد.



a) مقاومت سیم = R_1



b) مقاومت سیم = $2R_1$

c) مقاومت سیم = $\frac{R_1}{2}$

شکل ۲۱-۳ـمقایسه مقاومت چند قطعه سیم با ابعاد مختلف

$$R=\rho\frac{l}{A} \quad \text{یا} \quad R=\frac{l}{\chi\cdot A}$$

R ـ مقاومت سیم بر حسب اهم (Ω)

l ـ طول سیم بر حسب متر (m)

A ـ سطح مقطع سیم بر حسب میلیمتر مربع (mm^2)

ρـ مقاومت مخصوص سیم بر حسب $\left(\frac{\Omega mm^2}{m}\right)$

χ ـ هدایت مخصوص سیم بر حسب $\left(\frac{m}{\Omega.mm^2}\right)$

مقدار $\frac{\Omega.mm^2}{m}$ که واحد مقاومت مخصوص سیم می‌باشد بیانگر آن است که مقاومت سیمی به طول یک‌متر و سطح مقطع یک میلیمتر مربع برابر با یک اهم است. شکل (۳-۲۴) این مطلب را بصورت ریاضی می‌توان چنین نوشت:

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

$$\text{واحد } \rho = \frac{1[\Omega] \times 1[mm^2]}{1[m]}$$

در شکل(۳-۲۳) تعدادی سیم با سطح مقطع‌های مختلف را مشاهده می‌کنید. در انتخاب سطح مقطع سیم برای سیم‌کشی مدارهای روشنایی یا صنعتی باید به طول و سطح مقطع سیم توجه داشت زیرا در صورت عدم دقت در انتخاب سطح مقطع مناسب، مقاومت سیم افزایش می‌یابد و میزان تلفات حرارتی را در سیم بالا می‌برد.

مثال: مقاومت سیم مسی با مشخصات داده شده در شکل(۳-۲۴) را به دست آورید. ($\chi = 56$)

$$R = \frac{1}{\chi . A}$$

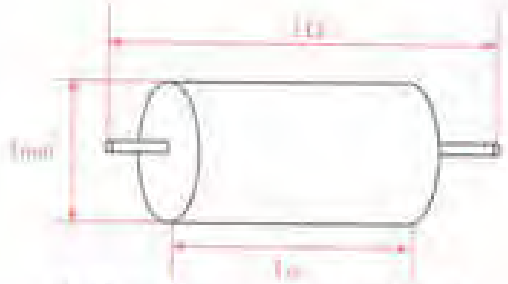
$$R = \frac{50}{56 \times 20} \Rightarrow R = 0/044\Omega$$

عکس مقاومت الکتریکی را هدایت الکتریکی می‌نامند و آن را با حرف (G) نمایش می‌دهند. واحد هدایت الکتریکی را بر حسب مو(mho) بیان می‌کنند. تصاویر(a-۳-۲۵)و (b-۳-۲۵) نشان می‌دهند که زیاد یا کم بودن مقدار ضریب هدایت یک سیم چقدر در میزان روشنایی لامپ مؤثر است.

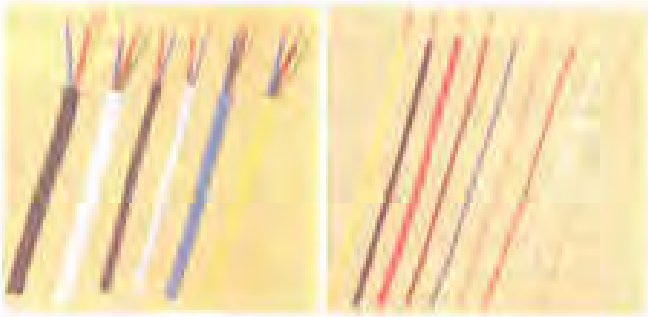
در تصویر(a) چون سیم بکار رفته در محل اتصال مسی است مقاومت آن کم و به عبارت دیگر میزان هدایت آن زیاد است در این حالت نور لامپ زیاد می‌باشد. در شکل (b) سیمی از جنس تنگستن استفاده شده است. چون مقدار هدایت سیم تنگستن کم است به همین خاطر نور لامپ کم می‌شود.

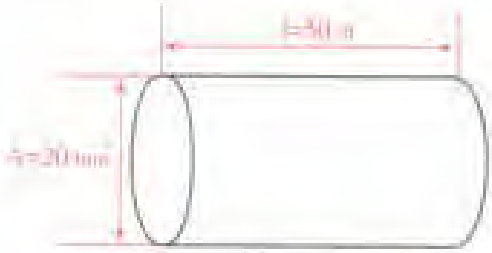
هدایت الکتریکی را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$G = \frac{1}{R}$$

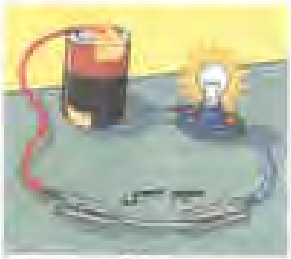


شکل ۳-۲۲- مشخصات سیمی با مقاومت یک اهم

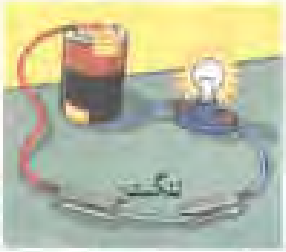

شکل ۳-۲۳- تصاویری از سیم‌های مسی یک و چند رشته با سطح مقطع $1/5\ mm^2$ و طول $20\ cm$



شکل ۳-۲۴- سیم مسی به همراه مشخصات



(a) سیم مسی در بین دو گیره سوسماری



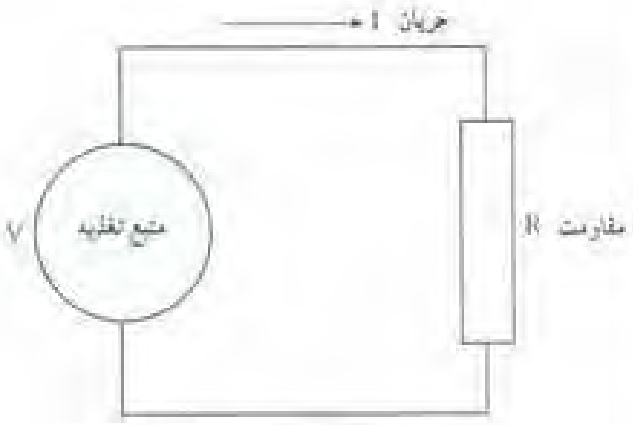
(b) سیم تنگستن در بین دو گیره سوسماری

شکل ۳-۲۵

عوامل فیزیکی دیگری مانند دمای محیط ، درصد مواد تشکیل دهنده و ... در مقدار مقاومت‌ها مؤثر هستند که از طرح چنین مواردی خودداری می‌شود.

۲-۳-۳- عوامل الکتریکی مؤثر در مقاومت:

هرگاه مقاومت الکتریکی در مدار به عنوان مصرف کننده مطرح باشد عوامل الکتریکی مختلفی در تعیین مقدار آن مؤثر است. از جمله می‌توان ولتاژ مدار و جریان قابل تحمل مقاومت را نام برد. برای مشخص نمودن مقدار مقاومت از روابط خاصی استفاده می‌شود که در بحث قوانین اساسی برق با آن آشنا خواهید شد. علامت اختصاری مقاومت در مدارهای الکتریکی به صورت مستطیل است. (شکل ۲۶-۳)



شکل ۲۶-۳

۲-۳-۴- چگونگی تبدیل واحدها به یکدیگر:

همانگونه که اشاره شد کمیت‌های الکتریکی جریان (I) و ولتاژ (V) و مقاومت (R) به ترتیب دارای واحدهای آمپر (A) ، ولت (V) و اهم (Ω) هستند. در مدارهای الکتریکی این واحدها در مقیاس‌های کوچک‌تر یا بزرگ‌تر از واحد اصلی خود نیز بکار می‌روند. جدول (۱-۳) نحوه تبدیل این واحدها را به یکدیگر نشان می‌دهد.

توضیح: ضرایبی که با رنگ قرمز مشخص شده‌اند در مباحث الکتریسیته کاربرد دارند.

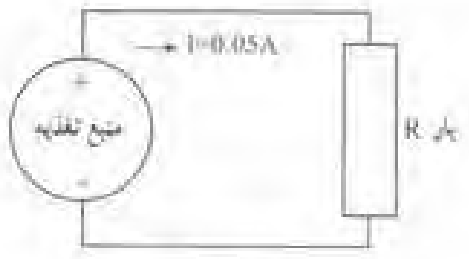
جدول (۱-۳)ـ اجزاء و اضعاف واحدهای اصلی الکتریکی

چگونگی تبدیل ضرایب		حرف اختصاری	نام ضریب	شکل نمایی ضریب	مقدار ضریب
از پایین به بالا در ضرایب دارای توان مثبت تقسیم می‌کنیم	از بالا به پایین در ضرایب دارای توان مثبت ضرب و در ضرایب دارای توان منفی تقسیم می‌کنیم	T	ترا	10^{12}	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰
		G	گیگا	10^{9}	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰
		M	مگا	10^{6}	۱۰۰۰۰۰۰
		k	کیلو	10^{3}	۱۰۰۰
		h	هکتو	10^{2}	۱۰۰
		da	دکا	10	۱۰
			واحد اصلی	1	۱
		d	دسی	10^{-1}	۰/۱
		c	سانتی	10^{-2}	۰/۰۱
		m	میلی	10^{-3}	۰/۰۰۱
		μ	میکرو	10^{-6}	۰/۰۰۰۰۰۱
		n	نانو	10^{-9}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱
		p	پیکو	10^{-12}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱

مثال: شدت جریان عبوری از مدار شکل (۳-۲۷) معادل چند میلی‌آمپر است؟

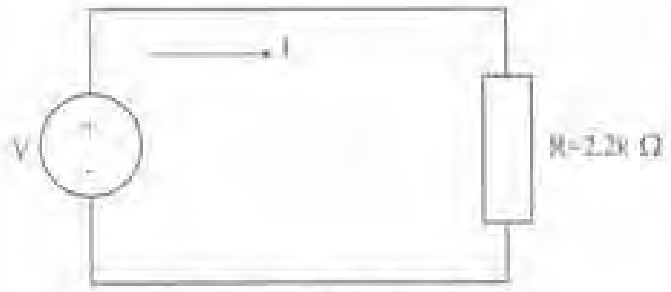
$$I = ۰/۰۵ \times ۱۰^{-۳} = ۵ \times ۱۰^{-۲} \times ۱۰^{-۳}$$

$$I = ۵۰\,mA$$



شکل ۳-۲۷

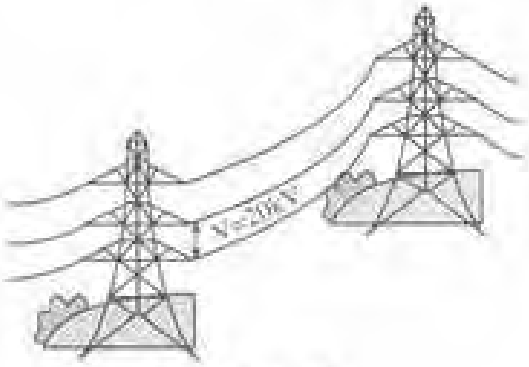
مثال: مقاومت R مدار شکل (۲۸-۳) معادل چند اهم است؟



شکل ۲۸-۳ منبع تغذیه

$$R = ۲/۲ \times ۱۰^{۳} = ۲۲۰۰\Omega$$

مثال: ولتاژ نشان داده شده در بین دو سیم شکل(۲۹-۳) معادل چند میلی‌ولت است؟



شکل ۲۹-۳

$$V = ۲ \times ۱۰^{۴} = ۲۰۰۰۰V$$

$$V = ۲۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۳} = ۲۰۰۰۰ \times ۱۰^{۳}$$

$$= ۲ \times ۱۰^{۴} \times ۱۰^{۳} = ۲ \times ۱۰^{۷}$$

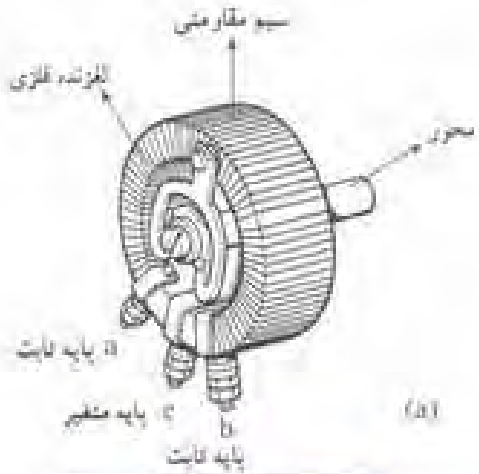
$$V = ۲۰۰۰۰۰۰۰mV$$

۴-۳- انواع مقاومت‌ها

مقاومت‌های الکتریکی به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

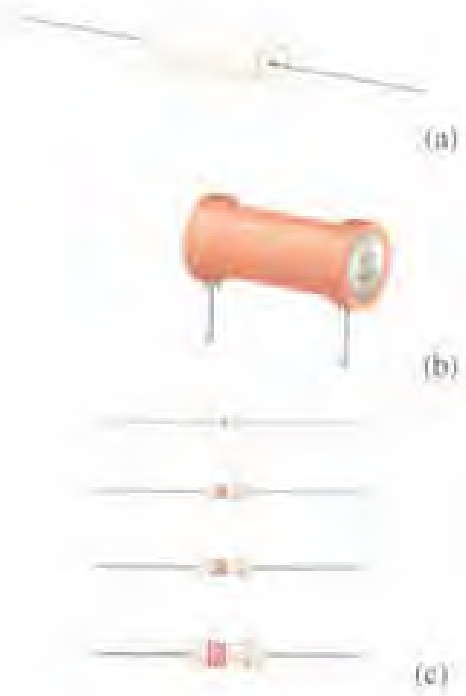
انواع مقاومت‌ها
- ۱- مقاومت‌های ثابت
- ۲- مقاومت‌های متغیر
  - الف - با تنظیم دستی
  - ب - تابع عوامل فیزیکی

در شکل (۳۰-۳) نمونه‌هایی از مقاومت‌های ثابت و متغیر را مشاهده می‌کنید.



(b)

شکل ۳۰-۳- مقاومت‌های ثابت و متغیر



شکل ۳۱-۳- مقاومت‌های ثابت

۱ـ۴ـ۳ـ مقاومت‌های ثابت: به آن گروه از مقاومت‌ها که مقدار آن‌ها را با دست نمی‌توان تغییر داد «مقاومت‌های ثابت» می‌گویند. این مقاومت‌ها در انواع مختلف ساخته می‌شوند که شکل (۳۱-۳) نمونه‌هایی از آن را نشان می‌دهد.

a) مقدار مقاومت با چرخاندن دلوم بوسیله پیچ گوشتی تغییر می کند.

b) مقدار مقاومت با چرخاندن دلوم به کمک دست تغییر می کند.

شکل ۳۲-۳- انواع مقاومت‌های متغیر با تنظیم دستی

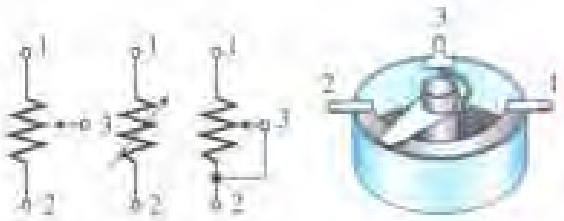
۲ـ۴ـ۳ـ مقاومت‌های متغیر: گروهی از مقاومت‌ها هستند که امکان تغییر مقدار در آنها به کمک دست و عوامل فیزیکی وجود دارد. این مقاومت‌ها را «مقاومت‌های متغیر» می‌گویند.

مقاومت‌های متغیر دارای دو پایه ثابت و یک پایه متغیر هستند مقاومت‌های متغیر به دو صورت «تنظیم دستی» و «تابع عوامل فیزیکی» ساخته می‌شوند.

در نوع دستی، مقدار مقاومت را می‌توان با یک اهرم (لغزنده) و با چرخاندن پیچ گوشتی به کمک دست تغییر داد. در شکل (۳۲-۳) تصویر ظاهری انواع مقاومت‌های متغیر با تنظیم دستی را مشاهده می‌کنید.

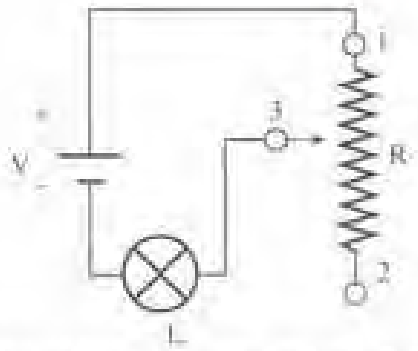
مقاومت‌های متغیر با تنظیم دستی به دو صورت در مدارها به کار می‌روند.

ـ **حالت‌های رئوستایی:** هرگاه از یک پایه ثابت و پایه متغیر استفاده شود در اصطلاح گفته می‌شود که مقاومت متغیر در حالت رئوستایی قرار گرفته است. شکل (۳۳-۳) پایه‌های ثابت و متغیر مقاومت را به‌همراه علامت اختصاری آن نشان می‌دهد.



شکل ۳۳-۳

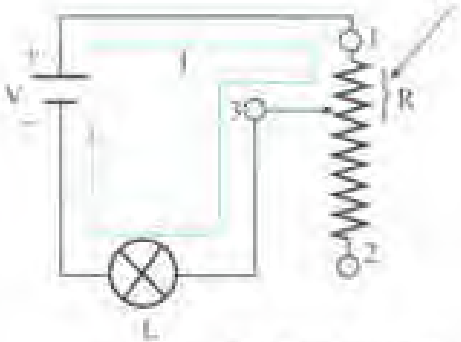
از مقاومت متغیر در حالت رئوستایی برای کنترل جریان مصرف‌کننده استفاده می‌شود. یعنی به واسطه تغییر در مقدار مقاومت می‌توانیم جریان مدار را کم یا زیاد کنیم. شکل (۳۴-۳) نحوه اتصال مقاومت متغیر به حالت رئوستایی در مدار را نشان می‌دهد.



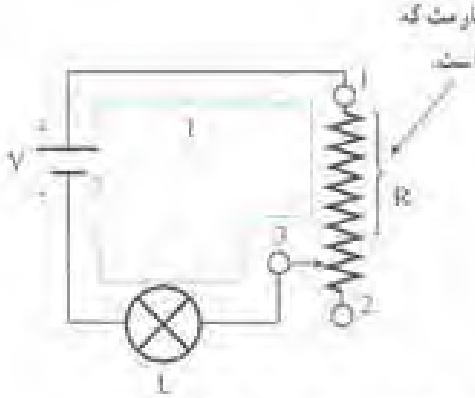
شکل ۳۴-۳- نحوه اتصال مقاومت متغیر در حالت رئوستایی

همانگونه که در شکل (a-۳۵-۳) مشاهده می‌کنید با حرکت دادن پایه متحرک (۳) به سمت پایه ثابت (۱) مقدار مقاومت موجود در مسیر لامپ کاهش می‌یابد و جریان عبوری زیاد می‌شود و لامپ را پر نورتر می‌کند.

در صورت حرکت دادن پایه متحرک (۳) به طرف پایه ثابت (۲) مقدار مقاومتی که در مسیر لامپ قرار می‌گیرد افزایش یافته و جریان عبوری از لامپ را کاهش می‌دهد و لامپ را کم‌نور می‌کند.



a) مقاومت رئوستا کم و لامپ پرنور است.

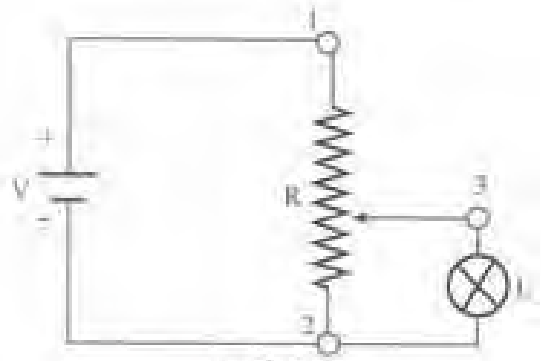


b) مقاومت رئوستا زیاد و لامپ کم نور است.

شکل ۳۵-۳

ـ **حالت‌های پتانسیومتری:** اگر از هر سه پایه (دوپایه ثابت و یک پایه متغیر) یک مقاومت متغیر استفاده کنیم در اصطلاح گفته می‌شود که مقاومت متغیر در حالت پتانسیومتری بسته شده است.

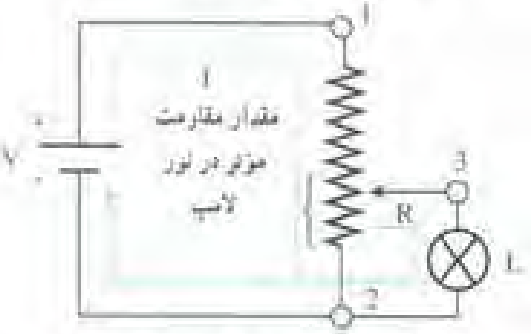
از این حالت اتصال مقاومت‌های متغیر در مدارها برای کنترل ولتاژ مصرف‌کننده استفاده می‌شود. یعنی با تغییر در مقدار مقاومت می‌توان ولتاژ مصرف‌کننده را کم و زیاد کرد. شکل (۳-۳۶) نحوه اتصال مقاومت متغیر در حالت پتانسیومتری را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۶

در مدار شکل (a-۳-۳۷) هرگاه پایه متحرک (۳) را به پایه ثابت (۱) نزدیک کنیم مقدار مقاومت پتانسیومتر که به دو سر لامپ اتصال دارد، افزایش می‌یابد و نور لامپ زیاد می‌شود. در صورتی که پایه متحرک (۳) را به پایه ثابت (۲) نزدیک کنیم مقدار مقاومت متصل شده به دو سر لامپ کاهش می‌یابد و نور لامپ کم می‌شود. (شکل b-۳-۳۷)

a) مقاومت پتانسیومتر زیاد و نور لامپ زیاد



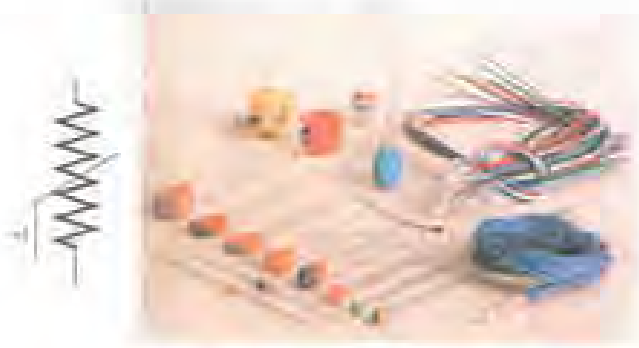
b) مقاومت پتانسیومتر کم و نور لامپ کم

شکل ۳-۳۷

۳ـ۴ـ۳ـ مقاومت وابسته به حرارت (ترمیستور[1]):

این مقاومت‌ها تابع حرارت هستند و تغییرات دما روی مقدار مقاومت آنها اثر می‌گذارد. این نوع مقاومت‌ها در دو نوع NTC و PTC وجود دارند.

ـ **مقاومت حرارتی NTC[2]:** ترمیستورهایی هستند که در اثر افزایش دما مقدار مقاومت آنها کاهش می‌یابد. (شکل ۳-۳۸)



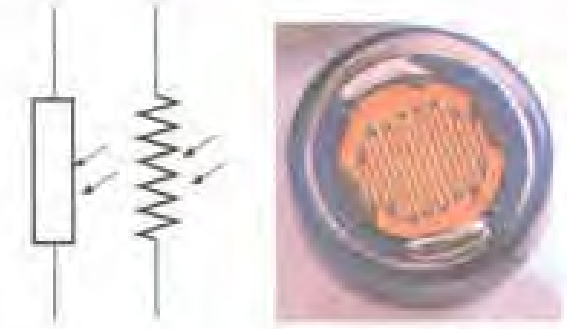
شکل ۳-۳۸- انواع مقاومت‌های NTC و علامت اختصاری آن

۱- Thermistor-Thermally Sensitive Resistor

۲- NTC-Negative Temperature Coefficient

شکل ۳۹-۳- انواع مقاومت‌های PTC همراه علامت اختصاری

ـ **مقاومت حرارتی PTC** [1]: ترمیستورهایی هستند که در اثر افزایش دما مقدار مقاومتشان افزایش می‌یابد. (شکل ۳۹-۳)



شکل ۴۰-۳- تصویر ظاهری و علامت اختصاری مقاومت LDR

۴ـ۴ـ۳ـ مقاومت وابسته به نور (فتورزیستور [2]): مقدار مقاومت تابع نور (LDR) [3] وابسته به شدت نور تابیده شده به آن می‌باشد. هر قدر شدت نور بیشتر شود مقدار مقاومت فتورزیستور کاهش می‌یابد. (شکل ۴۰-۳)

شکل ۴۱-۳- تصویر مقاومت وابسته به ولتاژ علامت اختصاری آن

۵ـ۴ـ۳ـ مقاومت وابسته به ولتاژ (واریستور) [4]: مقاومت‌های متغیری هستند که مقدار مقاومت آنها به ازای ولتاژهای مختلف ثابت نیست و تغییر می‌کند. در این نوع مقاومت‌ها که به (VDR) [5] معروف هستند، هر قدر ولتاژ داده شده بیشتر شود، مقدار مقاومت کاهش می‌یابد. (شکل ۱۳-۴)

۱- PTC-Positive Temperature Coefficient
۲- Photo Resistor
۳- LDR-Light Dependent Resistor
۴- Varistor
۵-VDR-Voltage Dependent Resistor

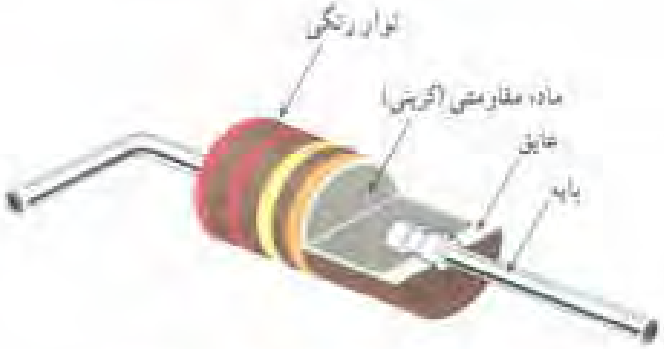
۵ـ۳ـ تکنیک ساخت مقاومت‌ها

مقاومت‌های الکتریکی را از نظر تکنولوژی ساخت به سه گروه می‌توان تقسیم کرد.

۱ـ۵ ـ۳ـ مقاومت‌های توده کربنی(ترکیب کربن[1]): مقاومت‌های توده کربنی از مخلوط کردن پودر نرم کربن یا گرافیت با پودر عایق ساخته می‌شوند. به مخلوط فوق یک نوع چسب اضافه شده تا به صورت خمیر درمی‌آید و درون یک قالب استوانه‌ای یا اهداف فشرده می‌شود. سپس سیم‌های اتصال را در درون خمیر فرو می‌برند و مجموعه را درون کوره می‌پزند تا سخت شود. در انتها برای محافظت درمقابل رطوبت و عایق کردن مقاومت، روی آن را یک لایه لاک محکم می‌کشند. (شکل ۲۲-۳)

شکل ۲۲-۳- مراحل ساخت مقاومت توده کربنی

شکل (۲۳- ۳) نمونه برش خورده‌ای از این مقاومت‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳-۳ - نمونه برش خورده مقاومت توده کربنی

1 / Carbon Composition Resistor

۲ـ۵ـ۳ـ مقاومت‌های لایه‌ای[1]: مقاومت لایه‌ای را معمولاً بوسیله رسوب دادن (لعاب دادن) نوار نازکی از ماده مقاومتی بر روی یک لوله سرامیکی یا شیشه‌ای می‌سازند. دو دربوش کوچک و دو سیم رابط را به انتهای بوشش (لعاب) مقاومتی وصل می‌کنند. سپس آن را با یک نوع ماده عایق روکش می‌کنند. شکل (۴۴-۳) مراحل ساخت این نوع مقاومت‌ها را نشان می‌دهد.

(ا) مراحل ساخت مقاومت لایه‌ای

(ا) اجزای برش خورده مقاومت لایه‌ای

شکل ۴۴-۳

لایه مقاومتی را که روی میله سرامیکی لعاب داده می‌شود از ترکیبات متفاوتی می‌سازند. نام مقاومت لایه‌ای متناسب با نوع ماده استفاده شده انتخاب می‌شود.

مقاومت‌های لایه‌ای در سه نوع:

«مقاومت لایه کربنی[2]»، «مقاومت لایه فلز[3]» و «مقاومت لایه اکسید فلز[4]» ساخته می‌شوند. (شکل ۴۵-۳)

(ا) مقاومت لایه فلز (ا) مقاومت لایه کربن

شکل ۴۵-۳ - مقاومت‌های لایه‌ای

۳ـ۵ـ۳ـ مقاومت‌های سیمی[5]: در این نوع مقاومت یک سیم مقاومت‌دار، که معمولاً از جنس کرم - نیکل است با طول و سطح مقطع معین به دور یک هسته عایق (سرامیکی) می‌پیچند و سپس سرسیم‌ها به گلاهک‌های مخصوصی متصل می‌شوند. درخانمه نیز سطح مقاومت را با یک روکش سرامیکی، پلاستیکی یا سیلیکونی می‌پوشانند. (شکل ۴۶-۳)

شکل ۴۶-۳- یک نوع مقاومت سیمی

۱- Film Resistor
۲- Carbon Film Resistor
۳- Metal Film Resistor
۴- Metal Film Resistor
۵- Wire-Wound Resistor

۶ـ۳ـ نحوه خواندن مقدار مقاومت‌ها

مقدار مقاومت‌ها را روی بدنه آنها می‌نویسند (مانند مقاومت‌های سیمی) و یا به کمک نوارهای رنگی مشخص می‌کنند (مانند مقاومت‌های کربنی و لایه‌ای) شکل (۴۷-۳) نمونه‌هایی از این مقاومت‌ها را نشان می‌دهد.

از مشخصات مهم مقاومت‌ها می‌توان به سه عامل زیر اشاره کرد:

۱ـ **مقدار مقاومت:** میزان خاصیت اهمی مقاومت را مقدار مقاومت می‌نامند و آن را با اهم مشخص می‌کنند.

۲ـ **میزان خطا (تلرانس):** مقدار حداقل و حداکثر خطایی که ممکن است در حین ساخت بر روی مقدار مقاومت به وجود می‌آید، «خطا یا تلرانس» مقاومت می‌نامند. مقدار خطا را به صورت درصد (٪ ±) می‌نویسند.

۳ـ **توان مجاز مقاومت:** حداکثر قدرت تحمل مقاومت در مقابل عبور جریان الکتریکی را «توان مجاز» می‌نامند.

(a)

(b)

شکل ۴۷-۳- نحوه مشخص کردن مقدار مقاومت‌های سیمی و کربنی

۱ـ۶ـ۳ـ خواندن مقاومت‌ها با روش مستقیم:

در این روش مقدار مقاومت همراه با میزان تلرانس روی بدنه آن نوشته می‌شود. شکل (۴۸-۳) و یا از حروف اختصاری برای مشخص کردن مقدار تلرانس مقاومت استفاده می‌کنند. در این شرایط اگر مقدار مقاومت عدد صحیح باشد آن عدد عیناً نوشته می‌شود و در این حالت واحد مقاومت را با حروف R برای اهم، k برای کیلو اهم و M برای مگا اهم مشخص می‌کنند. در صورتی که مقدار مقاومت عدد اعشاری باشد از حروف مربوط به واحدها به عنوان ممیز استفاده می‌کنند. در این روش تلرانس طبق جدول (۲-۳) بیان می‌شود.

شکل ۴۸-۳

حروف اختصاری	J	k	M
مقدار تلرانس	(±٪۵)	(±٪۱۰)	(±٪۲۰)

جدول ۲-۳- حروف اختصاری تلرانس مقاومت‌های سیمی

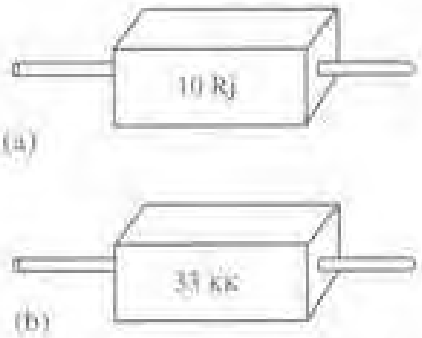
برای آشنایی بیشتر با این روش به ذکر چند مثال می‌پردازیم :

مثال : مقدار اهم و تلرانس مقاومت‌های نشان داده شده درشکل (۳-۴۹) چقدر است؟

حل: با توجه به جدول حروف رمز داریم که :

a) $10\ Rj = 10\ \Omega \pm 5\%$

b) $33\ KK = 33\ K\Omega \pm 10\%$



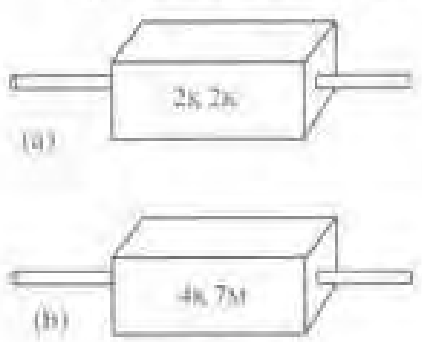
شکل ۳-۴۹- دو نمونه مقاومت سیمی

مثال: روی بدنه مقاومت‌هایی با مقدار اهم و تلرانس زیر از چه حروفی استفاده می‌شود؟

a) $R = 2/2\ K\Omega \pm 10\%$

b) $R = 4/7\ K\Omega \pm 20\%$

حل: براساس جدول حروف رمز به صورت شکل (۳-۵۰) است.



شکل ۳-۵۰

۲ـ۶ـ۳ـ خواندن مقاومت‌ها به کمک نوارهای رنگی:

در این روش برای تعیین مقدار اهم و تلرانس مقاومت‌های اهمی از چهار و یا پنج حلقه (نوار) رنگی بر روی بدنه مقاومت‌ها استفاده می‌شود.

ـ روش چهار نواری: در مقاومت‌هایی که با چهار نوار رنگی مشخص می‌شوند مفهوم نوارهای رنگی مطابق (شکل ۳-۵۱) است.

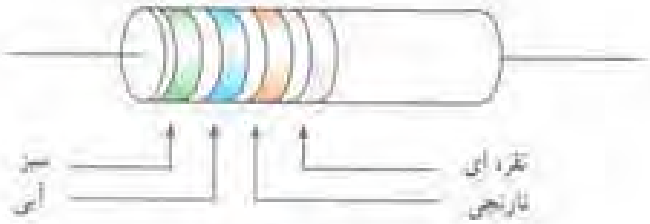
در این روش حلقه‌های رنگی اول و دوم معرف ارقام اول و دوم مقدار مقاومت، حلقه سوم نشان‌دهنده ضریب مقاومت و حلقه چهارم بیان کننده تلرانس مقاومت است.

توضیح: اگر حلقه رنگی چهارم وجود نداشته باشد (بدون رنگ) مقدار تلرانس درصد خطا را ۲۰٪ در نظر می‌گیریم.

شکل ۳-۵۱

توجه : هیچگاه نوار رنگی طلا به عنوان حلقه اول و حلقه سوم بکار نمی‌رود.

برای آشنایی بیشتر با این روش به ذکر چند مثال می‌پردازیم :



شکل ۳-۵۲

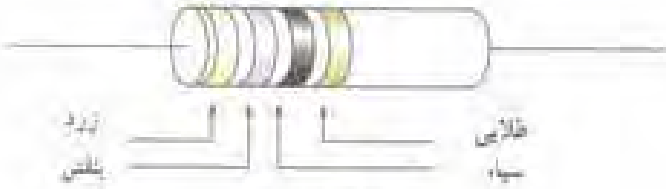
مثال: نوارهای رنگی مقاومتی مطابق شکل (۳-۵۲) است مقدار مقاومت وتلرانس آن چقدر است؟

حل:

نقره‌ای - نارنجی - آبی - سبز

٪۱۰ --- ۶ ۵

$۵۶ \times ۱۰^{۵} \Omega \pm ٪۱۰ = ۵۶ \times ۱۰۰۰۰ \Omega$



شکل ۳-۵۳

مثال : مقدار مقاومت و تلرانس شکل (۳-۵۳) را مشخص کنید.

حل: با توجه به جدول نوارهای رنگی می‌توان نوشت :

طلایی - سیاه - بنفش - زرد

٪۵ - ۷ ۴

$۲۷ \Omega \pm ٪۵$

شکل ۳-۵۴

مثال: مقدار اهم و میزان تلرانس مقاومت شکل (۳-۵۴) چقدر است؟

طلایی - نقره‌ای - خاکستری - آبی

٪۵ ٪۱ ۸ ۶

$۶۸ \times ۰/۰۱ = ۰/۶۸ \pm ٪۵$

شکل ۳-۵۵

مثال: نوارهای رنگی مقاومت $۳/۳ k\Omega \pm ٪۱۰$ را تعیین کنید.

حل: با کمک جدول برای حلقه‌های اول تا چهارم رنگ آنها را مشخص می‌کنیم.

ـ روش پنج نواری: در این روش سه نوار اول، دوم و سوم نشان‌دهنده ارقام اول، دوم و سوم مقدار مقاومت، نوار چهارم معرف ضریب و حلقه پنجم تعیین کننده میزان تلرانس مقاومت است.

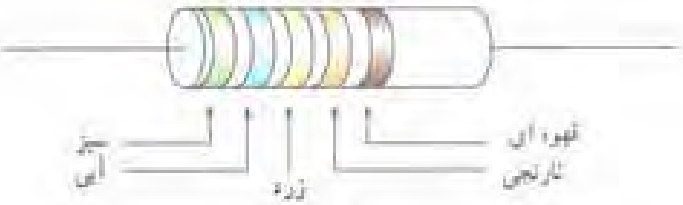
شکل (۵۶-۳) مفهوم نوارهای رنگی در مقاومت‌هایی را که دارای پنج نوار رنگی هستند، نشان می‌دهد.

توضیح: در صورتی که حلقه رنگی پنجم وجود نداشته باشد (بی‌رنگ باشد) مقدار تلرانس ۲۰٪ است.

توجه: هیچگاه نوار رنگی نقره‌ای نباید نوار حلقه اول یا چهارم به کار می‌رود.

شکل ۵۶-۳

مثال: نوارهای رنگی مقاومتی مطابق شکل (۵۷-۳) است، مقدار مقاومت تلرانس آن چقدر است؟



شکل ۵۷-۳

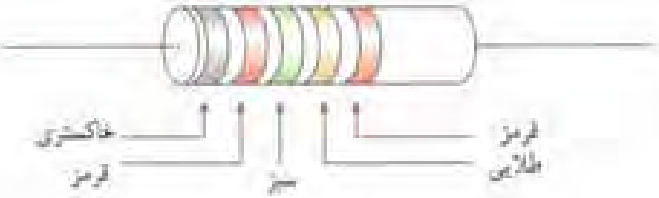
حل: با توجه به جدول نوارهای رنگی می‌توان نوشت:

قهوه‌ای ـ نارنجی ـ زرد ـ آبی ـ سبز

۱ ۳ ۴ ۶ ۵

$۵۶۴۰۰۰ = ۵۶۴ \times ۱۰^{۳}$ Ω ±٪۱

مثال: مقدار مقاومت و تلرانس شکل (۵۸-۳) را مشخص کنید.



شکل ۵۸-۳

حل: قرمز ـ طلایی ـ سبز ـ قرمز ـ خاکستری

۸ ۲ ۵ ٪۵ ٪۲

$۸۲۵ \times ۰/۱ = ۸۲/۵$ Ω ±٪۲

مثال: مقدار اهم و میزان تلرانس مقاومت شکل (۵۹-۳) چقدر است؟

شکل ۵۹-۳

حل: سبز ـ سیاه ـ سیاه ـ سیاه ـ قهوه‌ای

۱ ۰ ۰ ۰ ٪۰/۵

۱۰۰ Ω ±٪۰/۵

مثال: نوارهای رنگی مقاومت ٪±۲/۲۲kΩ را تعیین کنید.

حل: با کمک جدول برای حلقه‌های اول تا پنجم رنگ آنها را مشخص می‌کنیم.

شکل ۳-۶۰

۳-۷- استاندارد مقاومت‌ها

شکل ۳-۶۱- مقاومت لوله گرمی

از آنجایی که مقاومت‌های الکتریکی دارای مقداری ثابت و درصد معینی تلرانس است، بنابراین هر مقاومت اهمی محدوده مشخصی را می‌پوشاند.

مثال: محدوده اهمی مقاومت شکل (۳-۶۲) را محاسبه کنید.

$$\text{مقدار تلرانس} = (\pm)(10)\times(100) = \left(\pm\frac{10}{100}\right)\times(100) = \pm 10\,\Omega$$
مقاومت

$R_1 = 100 - 10 = 90$ حد اهمی کم

$R_2 = 100 + 10 = 110$ حد اهمی زیاد

بنابراین مقاومت بین ۹۰ و ۱۱۰ اهم قرار دارد.

شکل ۳-۶۲- یک نمونه مقاومت گرمی

و همین اساس در ساخت مقاومت‌ها سعی شده است که مقادیر مقاومتی طوری انتخاب شوند که محدوده مقاومت‌ها روی یکدیگر هم پوشی نداشته باشند. بنابراین برای تولید مقاومت‌های اهمی اعداد پایه‌ای را تحت عناوین سری مقاومت‌های استاندارد تعریف می‌کنند.

این سری‌ها را E6 ، E12 ، E24 ، E48 ، E192 می‌نامند. در جدول (۳-۳) سه سری از استانداردهای مقاومت‌ها نشان داده شده است.

IEC-SERIE	E6	$\sqrt[6]{10}$	1,0				1,5				2,2				3,3				4,7				6,8			
	E12	$\sqrt[12]{10}$	1,0		1,2		1,5		1,8		2,2		2,7		3,3		3,9		4,7		5,6		6,8		8,2	
	E24	$\sqrt[24]{10}$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1

جدول (۳-۳) جدول سری‌های استانداردی مقاومت

با داشتن اعداد پایه داخل جدول و ضرب آنها در اعداد ۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۱۰، ۱۰۰، 10^3، 10^4، 10^5 و 10^6 می‌توان مقدار اهم مقاومت‌های موجود و استاندارد را به دست آورد.

به عنوان مثال با انتخاب عدد ۱/۶ از سری E 24 و ضرب آن در ضرایب نام برده شده فوق می‌توان مقاومت‌های اهمی استاندارد موجود را با روش مقابل بدست آورد.

$1/6 \times 0/1 = 0/16\Omega$
$1/6 \times 0/1 = 0/16\Omega$
$1/6 \times 1 = 1/6\Omega$
$1/6 \times 10 = 16\Omega$
$1/6 \times 10^2 = 160\Omega$
$1/6 \times 10^3 = 1600\Omega = 1/6\ k\Omega$
$1/6 \times 10^4 = 16000\Omega = 16\ k\Omega$
$1/6 \times 10^5 = 160000\Omega = 160\ k\Omega$
$1/6 \times 10^6 = 1600000\Omega = 1/6\ M\Omega$

میزان تلرانس برای مقاومت‌های تولیدی در سری‌های استاندارد E6 ، E12 و E24 مطابق جدول (۴-۳) است. با کمی دقت در جدول سری‌های استاندارد مقاومتی مشاهده می‌کنیم برخی از اعداد پایه سری E12 مانند:

۱/۲ ، ۱/۸ ، ۲/۷ ، ۳/۹ ، ۵/۶ ، ۸/۲ در سری E6 وجود ندارند. همچنین اعداد پایه:

۱/۱ ، ۱/۳ ، ۱/۶ ، ۲/۲ ، ۲/۴ ، ۳ ، ۳/۶ ، ۴/۳ ، ۵/۱ ، ۶/۲ ، ۷/۵ و ۹/۱ از سری E24 در سری E12 وجود ندارند.

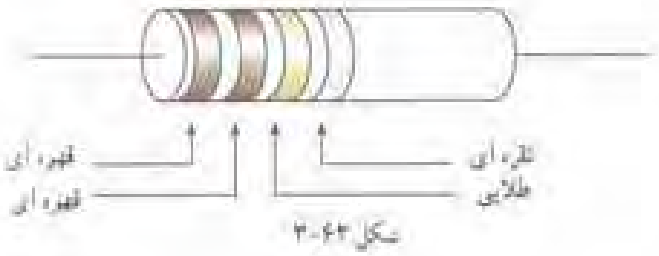
جدول ۴-۳- سری استاندارد درصد خطا

سری استاندارد	درصد خطا
E6	±٪۲۰
E12	±٪۱۰
E24	±٪۵

با در نظر گرفتن جدول (۴-۳) متوجه می‌شویم که اگر ما مقاومتی با عدد پایه ۱/۱ و تلرانس ۱۰٪ و یا ۲۰٪ بخواهیم در عمل وجود ندارد. (شکل ۴۳-۳)

این مقاومت‌ها استاندارد نبوده و تولید نمی‌شوند

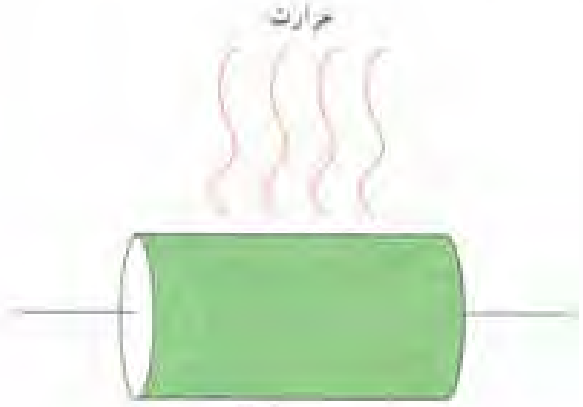
۱/۱Ω ± ٪۱۰ = (ضرب در) ۱/۱۰۱ (عدد پایه)
یا
۱/۱Ω ± ٪۲۰ =



شکل ۴۳-۳

۸ـ۳ـ توان مجاز مقاومت‌ها

همانگونه که اشاره شد یکی دیگر از عوامل مهم انتخاب مقاومت‌های اهمی «توان مجاز» است. این توان اغلب به صورت حرارت در اطراف مقاومت اهمی هدر می‌رود. شکل (۶۴-۳) در اصطلاح به ماکزیمم قدرت تحمل مقاومت‌ها در برابر عبور جریان الکتریکی «توان مجاز» می‌گوییم.



شکل ۶۴-۳- مقاومت اهمی (R)

ماکزیمم مقدار توان مجاز به عوامل گوناگونی مانند ولتاژ، جریان و دمای محیط بستگی دارد. در فصل ششم با چگونگی محاسبه این توان و همچنین مقادیر استانداردی آن در مقاومت‌های اهمی آشنا خواهید شد.

آزمون پایانی (۳)

۱ـ کدام گزینه تعریف جریان الکتریکی است؟

الف ـ تعداد الکترون‌های والانس در لایه خارجی یک هادی

ب ـ مقدار انرژی که به مدار والانس وارد می‌شود.

ج ـ کاری که روی اتم‌ها انجام می‌شود.

د ـ الکترون‌های آزاد که در یک مسیر حرکت می کنند.

۲ـ چند کولن بار می‌تواند در مدت ۲ میلی ثانیه جریانی برابر با ۵ آمپر را به وجود آورد؟

الف ـ ۰/۰۱ ب ـ ۲/۵

ج ـ ۱۰ د ـ ۰/۰۰۰۴

۳ـ سرعت جریان الکتریکی برابر با کدام گزینه است؟

الف ـ سرعت صوت ب ـ سرعت نور

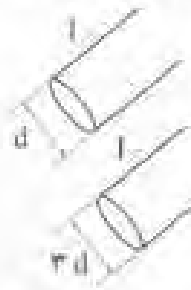
ج ـ $۶/۲۸ \times ۱۰^{۶}\ km/s$ د ـ $۱\frac{m}{s}$

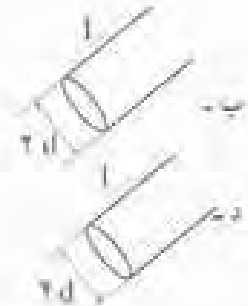
۴ـ کدام‌یک از موارد زیر واحد چگالی جریان است؟

الف ـ $\frac{mm^2}{A}$ ب ـ J

ج ـ $\frac{A}{c}$ د ـ $\frac{A}{mm^2}$

۵ـ تراکم جریان در کدام سیم بیشتر است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ

د ـ

۶ـ توانایی انجام کار را ..... گویند.

الف ـ جریان ب ـ پتانسیل

ج ـ جگالی د ـ ضریب هدایت مخصوص

۷ـ کدام گزینه رابطه صحیح ولتاژ را نشان می‌دهد؟

الف ـ $V = \frac{q}{w}$ ب ـ $V = \frac{I}{q}$

ج ـ $V = \frac{q}{t}$ د ـ $V = \frac{w}{q}$

۸ـ ولتاژ باتری‌های کتابی کوچک برابر با چند ولت است؟

الف ـ ۱/۵ ب ـ ۶

ج ـ ۹ د ـ ۱۲

۹ـ جسمی که ضریب مقاومت مخصوص آن زیاد باشد مقدار هدایت الکتریکی آن ..... است؟

الف ـ کم ب ـ زیاد

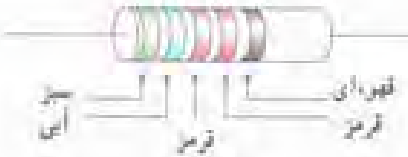
ج ـ با توجه به مدار والانس کم د ـ با توجه به مدار والانس زیاد

۱۰ـ مقدار هدایت مخصوص سیم‌های آلومینیومی چند مو(mho)است؟

الف ـ ٪۲۸۶ ب ـ ۵۶

ج ـ ٪۱۷۸۵ د ـ ۳۷

۱۱ـ کدام گزینه مقدار اهم و تلرانس مقاومت شکل (۶۵-۳) را نشان می‌دهد؟



شکل ۶۵-۳

الف ـ ۵۶/۲Ω±٪۲ ب ـ ۶/۸۲Ω±٪۱۰

ج ـ ۵۶/۲kΩ±٪۱ د ـ ۶/۸۲kΩ±٪۵

۱۲ـ اگر روی بدنه مقاومتی «۳ M۹j» نوشته شده باشد مقدار مقاومت و تلرانس آن چقدر است؟

الف ـ ۳۹MΩ±٪۱۰ ب ـ ۳/۹MΩ±٪۵

ج ـ ۳/۹MΩ±٪۱۰ د ـ ۳۹MΩ±٪۵

۱۳ـ مقدار اهم و تلرانس مقاومت‌های شکل (۶۶-۳) را بنویسید.

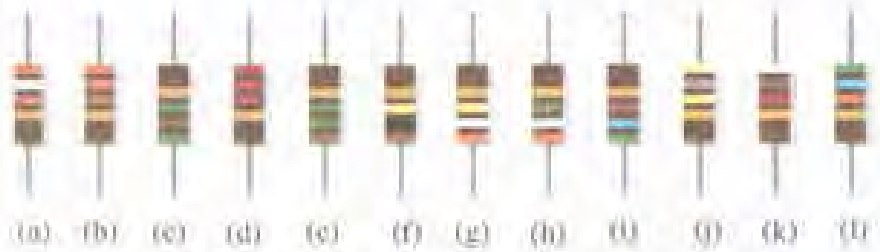
شکل ۶۶-۳

۱۴ـ از بین مقاومت‌های نشان داده شده در شکل (۶۷-۳) مقاومت‌های زیر را مشخص کنید.

الف ـ ۳۳Ω ب ـ ۴kΩ

ج ـ ۵۶kΩ د ـ ۱۰۰kΩ

هـ ـ ۳۹kΩ



شکل ۶۷-۳

۱۵ـ حرکت الکترون‌های آزاد برای برقراری جریان در درون سیم به چه صورت است؟

الف ـ متوالی　　ب ـ ضربه‌ای

ج ـ دورانی　　د ـ بیضی

۱۶ـ کدام‌یک از روابط زیر رابطه صحیح مقاومت است؟

الف ـ $R = \frac{l}{\rho . A}$　　ب ـ $R = \frac{\rho . l}{A}$

ج ـ $R = A \frac{l}{\rho}$　　د ـ $R = \rho \frac{l}{A}$

۱۷ـ کدام‌یک از موارد زیر صحیح است؟

الف ـ مقاومت با سطح مقطع رابطه مستقیم دارد.

ب ـ مقاومت با طول رابطه معکوس دارد.

ج ـ هدایت مخصوص با سطح مقطع رابطه معکوس دارد.

د ـ مقاومت با طول رابطه مستقیم دارد.

۱۸ـ در یک مدار فقط از دو پایه مقاومت متغیری (یک پایه ثابت و دیگری متغیر) استفاده می‌شود، در این صورت مقاومت در حالت ..... قرار می‌گیرد.

۱۹ـ ترمیستوری را که با افزایش دما نسبت مستقیم دارد، ..... گویند.

۲۰ـ در صورتی که مقدار اهم مقاومتی با افزایش ولتاژ کاهش یابد آن مقاومت را ..... نامند.

۲۱ـ در ساخت مقاومت‌های سیمی معمولاً از یک سیم مقاومت دار از جنس ..... استفاده می‌شود.

۲۲ـ نوارهای رنگی یک مقاومت ۵/۶ kΩ ± ۵ به‌ترتیب از راست به چپ ..... است.

۲۳ـ مقاومت‌های لایه‌ای معمولاً از ترکیبات اکسید فلزی ..... و ..... ساخته می‌شود.

۲۴ـ از چگالی جریان در تعیین حداقل جریان قابل تحمل سیم‌ها استفاده می‌شود.

صحیح ☐　　غلط ☐

۲۵ـ نیرویی که باعث انجام کار روی ذره باردار می‌شود EMF نام دارد.

صحیح ☐　　غلط ☐

۲۶ـ ضریب هدایت مخصوص نشان می‌دهد که میزان مخالفت جسم در برابر عبور جریان چه اندازه است.

صحیح ☐　　غلط ☐

۲۷ـ مقاومت مخصوص سیم‌های آلومینیومی بیشتر از سیم‌های مسی است.

صحیح ☐　　غلط ☐

۲۸ـ مقاومت‌هایی که در اثر افزایش دما مقدار مقاومتشان کاهش می‌یابد NTC نام دارد.

صحیح ☐　　غلط ☐

۲۹ـ واحد بار الکتریکی کولن بر ثانیه است.

صحیح ☐　　غلط ☐

۳۰ـ تلرانس مقاومت‌های سری E12 برابر ± ۵٪ است.

صحیح ☐　　غلط ☐

خود آزمایی عملی

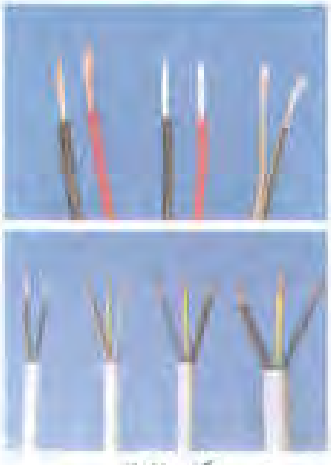
۳۱ ـ ده مقاومت با نوارهای رنگی را انتخاب کرده و مقادیر آنها را قرائت کنید.

شکل ۶۸-۳

۳۲ ـ پنج مقاومت سیمی را که مشخصات روی بدنه آن نوشته شده است انتخاب کنید و مقادیر آنها را بنویسید. (شکل ۶۹-۳)

شکل ۶۹-۳

۳۳ ـ دو متر از سیم یا کابل موجود در منزل را که مشخصات سطح مقطع روی آن نوشته شده است، انتخاب کنید و مقدار مقاومت آن را به دست آورید. (شکل ۷۰-۳)



شکل ۷۰-۳

توجه: مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

پاسخ سؤالات

پیش آزمون (۳)

۱ـ ب
۲ـ ب
۳ـ د
۴ـ الف
۵ـ الف
۶ـ ب
۷ـ د
۸ـ د
۹ـ ب
۱۰ـ الف

آزمون پایانی (۳)

۱ـ د
۲ـ الف
۳ـ ب
۴ـ د
۵ـ الف
۶ـ ب
۷ـ د
۸ـ ج
۹ـ الف
۱۰ـ د
۱۱ـ ج
۱۲ـ ب

سؤال تشریحی

۱۳

a-
b-
c-
d-
e-
f-

۱۴ـ

۱۵ـ ب
۱۶ـ د
۱۷ـ د
۱۸ـ ترموستا
۱۹ـ PTC
۲۰ـ واریستور(VDR)
۲۱ـ کرم نیکل
۲۲ـ سبز، آبی، قرمز، طلایی
۲۳ـ کربن، لایه فلز
۲۴ـ غلط ☒
۲۵ـ غلط ☒
۲۶ـ غلط ☒
۲۷ـ صحیح ☒
۲۸ـ صحیح ☒
۲۹ـ غلط ☒
۳۰ـ صحیح ☒

واحد کارمبانی الکتریسیته

فصل چهارم: قوانین اساسی الکتریسیته

هدف کلی:

شناسایی قوانین اهم و کیرشهف

هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل انتظار می رود که، فراگیر بتواند:

۱ـ مدار الکتریکی را تعریف کند و اجزای آن را نام ببرد.
۲ـ مفاهیم مدار بسته، مدار باز، اتصال کوتاه و اتصال زمین را در یک مدار الکتریکی توضیح دهد.
۳ـ قوانین اهم و کیرشهف (kVL و kCL) را توضیح دهد.
۴ـ مسائل ساده مربوط به قوانین اهم و کیرشهف (kVL و kCL) را حل کند.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۶	ــ	۶

پیش آزمون (۴)

۱ـ وقتی یک باتری، لامپی را روشن می‌کند در لامپ کدام یک از موارد زیر رخ می‌دهد؟

الف ـ تبدیل انرژی الکتریکی به شیمیایی　　ب ـ تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی

ج ـ تبدیل انرژی الکتریکی به نورانی　　د ـ تبدیل انرژی شیمیایی به حرارتی

۲ـ فیوزی که در مسیر کنتورمنزل شما قرار دارد در چه زمانی مدار را قطع می‌کند؟

الف ـ در صورت قطع برق از محل تولید　　ب ـ وقتی جریان از شبکه کشیده نشود.

ج ـ سیم‌های حامل جریان به هم وصل شوند.　　د ـ سیم در داخل ساختمان قطع شود.

۳ـ کدام عامل در یک مدار الکتریکی عامل خاموش بودن لامپ است؟

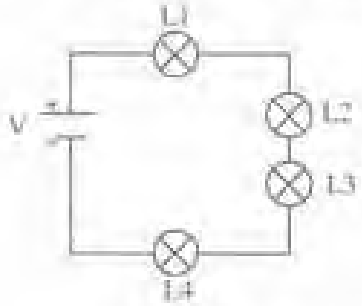
الف ـ وصل بودن کلید　　ب ـ قطع شدن قسمتی از مدار جایی

ج ـ سوختن لامپ　　د ـ قطع شدن فیوز

۴ـ در مدار شکل (۱-۴) اگر دو سر لامپ L۱ را توسط سیمی اتصال کوتاه کنیم نور سایر لامپ‌ها چه تغییری می‌کند؟ (مشخصات لامپ‌ها با هم مساوی است)

الف ـ کمی کاهش می‌یابد.　　ب ـ افزایش می‌یابد.

ج ـ تغییر نمی‌کند.　　د ـ به شدت کاهش می‌یابد.

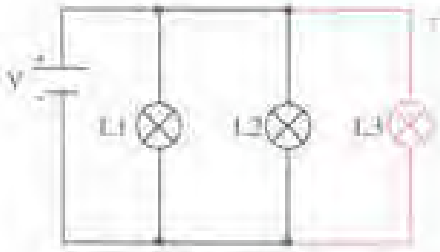


شکل ۱-۴

۵ـ در مدار شکل(۲-۴) اگر لامپ L۳ به مدار اضافه شود نور سایر لامپ‌ها چه تغییری می‌کند؟

الف ـ افزایش می‌یابد.　　ب ـ کمی کاهش می‌یابد.

ج ـ تغییری نمی‌کند.　　د ـ بسیار کم می‌شود.



شکل ۲-۴

۶ـ کدام‌یک از موارد زیرنشان دهنده واحد جریان الکتریکی است؟

الف ـ $\frac{S}{C}$　　ب ـ $\frac{q}{t}$

ج ـ $\frac{A}{S}$　　د ـ $\frac{C}{S}$

۷ـ کدام‌یک از روابط زیر غلط است؟

الف ـ $\rho = \frac{1}{X}$ ب ـ $q = 1.1$

ج ـ $R = \frac{A}{1.\chi}$ د ـ $j = \frac{I}{A}$

۸ ـ چهار میلی‌آمپر معادل چند آمپر است؟

الف ـ ۴۰۰۰ ب ـ ۰/۰۰۴

ج ـ ۰/۰۴ د ـ ۰/۴

۹ـ در مقاومت LDR هر قدر شدت نور بیشتر شود مقدار مقاومت.....

الف ـ افزایش می‌یابد. ب ـ منفی می‌شود.

ج ـ تغییر نمی‌کند. د ـ کاهش می‌یابد.

۱۰ـ مقدار اهم و تلرانس مقاومت نشان داده شده در شکل (۳-۲) کدام گزینه است؟

الف ـ ۵/۶ kΩ±٪۱۰ ب ـ ۵۶۲ kΩ±٪۲۰

ج ـ ۶۵/۲ kΩ±٪۱۰ د ـ ۵۶/۲ kΩ±٪۱۰

شکل ۲-۳

۱۱ـ تلرانس مقاومتی با مشخصات ۲۸kΩ کدام‌یک از گزینه‌های زیر است؟

الف ـ ٪۵± ب ـ ٪۱۰±

ج ـ ٪۲± د ـ ٪۲۰±

۱۲ـ مقاومت‌های VDR با تغییرات ولتاژ رابطه..... دارند.

الف ـ مستقیم ب ـ معکوس

ج ـ مجذوری د ـ رادیکالی

مقدمه

قبل از اینکه به بررسی قوانین اساسی برق بپردازیم لازم است به بررسی برخی از تعاریف پایه‌ای و تعدادی از اجزای مدارهای الکتریکی آشنا شویم.

شکل ۴-۴- چند نمونه باتری

۴ـ مدار الکتریکی

مسیری را که شامل اجزای زیر باشد «مدار الکتریکی ساده» گویند.

الف ـ منبع تغذیه (مولد)

ب ـ سیم‌های رابط

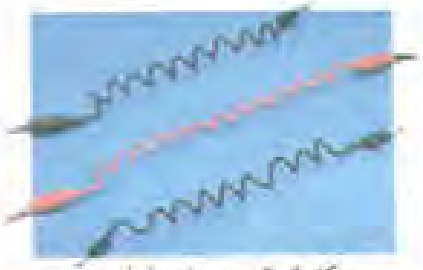
ج ـ مصرف کننده (بار)

منبع تغذیه در یک مدار نقش تولید کننده انرژی الکتریکی را دارد و می‌تواند باتری یا ژنراتور باشد. شکل (۴-۴)

مصرف کننده (بار)، وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به انرژی مورد نیاز تبدیل می‌کند. (شکل ۵-۴)

شکل ۴-۵- چند مصرف کننده

وظیفه سیم‌های رابط، انتقال انرژی الکتریکی از منبع تغذیه به مصرف کننده است. (شکل ۶-۴)



شکل ۴-۶- سیم‌های رابط

در شکل (۴-۷) تصویر یک مدار الکتریکی را ملاحظه می‌کنید.

a) مدار ساده الکتریکی b) شکل مداری تصویر مقابل

شکل ۴-۷

در مدارهای الکتریکی علاوه بر سه عامل اصلی فوق باید از اجزای دیگری نیز استفاده شود. از جمله این اجزا می‌توان کلید، فیوز و وسایل اندازه‌گیری را نام برد. اگر اجزای فوق در مدار الکتریکی وجود نداشته باشد ایرادی در کار مدار پیش نمی‌آید ولی اصولاً مدار فاقد کنترل و حفاظت خواهد بود. عدم وجود یکی از اجزای اصلی کار طبیعی مدار را دچار مشکل می‌کند.

فیوز وسیله‌ای است که مدارهای الکتریکی را در مقابل اتصال کوتاه[1] حفاظت می‌کند. نمونه‌هایی از انواع فیوزها را در شکل (۸-۴) مشاهده می‌کنید. فیوز را در مدارها با علامت اختصاری ⊣⊢ یا ⌇ نشان می‌دهند.

شکل ۸-۴

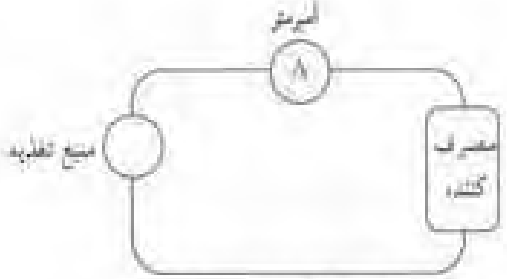
دستگاه‌های اندازه‌گیری برای سنجش کمیت‌های گوناگون الکتریکی مانند جریان، ولتاژ و مقاومت به کار می‌روند. برای اندازه‌گیری جریان از آمپرمتر، ولتاژ از ولت‌متر و مقاومت از اهم‌متر استفاده می‌شود. در شکل (۹-۴) چند نمونه از دستگاه‌های اندازه‌گیری نشان داده شده است.

شکل ۹-۴

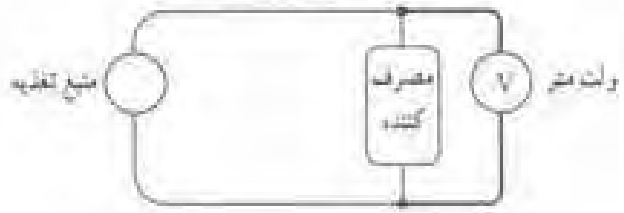
1-Short Circuit

برای اندازه‌گیری جریان هر جزء مدار باید آمپرمتر را طبق شکل (a-۱۰-۴) در مسیر آن جزء قرار داد. در اصطلاح به این نوع اتصال «سری» گفته می‌شود.

برای اندازه‌گیری ولتاژ هر یک از اجزای مدار باید ولت‌متر را به دو سر آن جز مدار وصل کرد. در اصطلاح این نوع اتصال را «موازی» می‌نامیم. شکل (b-۱۰-۴) نحوه اتصال ولت‌متر را نشان می‌دهد.



a) نحوه اتصال آمپرمتر در مدار



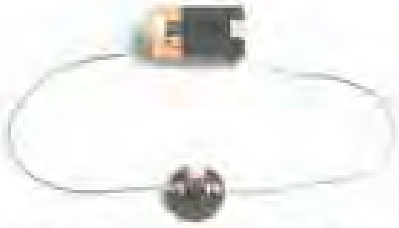
b) نحوه اتصال ولت‌متر در مدار

شکل ۱۰-۴- نحوه اتصال آمپرمتر و ولتمتر

کلید در مدارهای الکتریکی به عنوان قطع و وصل کننده جریان به کار می‌رود. در شکل (۱۱-۴) چند نمونه از کلیدها نشان داده شده است.

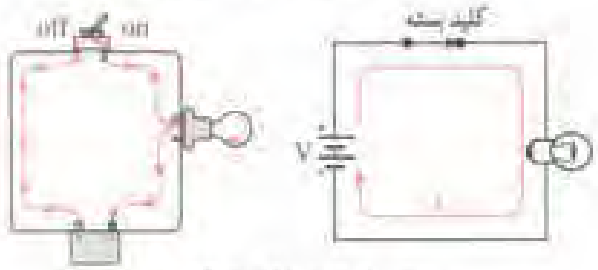
شکل ۱۱-۴

اگر برای عبور جریان الکتریکی مسیر کاملی از طریق قطب مثبت باتری، سیم‌های رابط و مصرف‌کننده به قطب منفی وجود داشته باشد آن مدار را «مدار بسته» یا «مدار کامل» می‌گویند.



a) مدار کامل بدون کلید (مدار واقعی)

در شکل (۱۲-۴) نمونه‌ای از یک مدار الکتریکی بسته (کامل) را مشاهده می‌کنید.

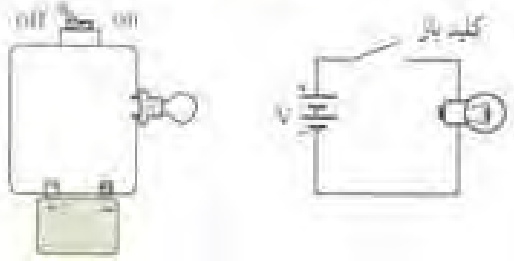


b) مدار کامل با کلید (شکل مداری)

شکل ۱۲-۴- نمونه‌هایی از مدار کامل

در صورتی که مسیر عبور جریان به دلایلی از قبیل قطع شدن سیم‌های رابط، سوختن فیوز، قطع مصرف کننده یا قطع بودن کلید کامل نباشد مدار را «مدار باز» یا «مدار ناقص» می‌گویند. شکل (۴-۱۳) نمونه‌هایی از مدار باز را نشان می‌دهد.

a) مدار باز بدون کلید (شکل واقعی)



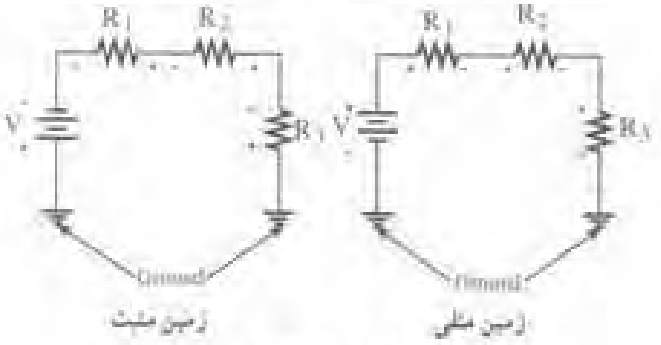
b) مدار باز با کلید (شکل مداری)

شکل ۴-۱۳

توضیح: در برخی موارد برای ساده‌تر رسم کردن مدارهای الکتریکی یکی از قطب‌های منبع تغذیه (+ یا -) مشترک در نظر می‌گیرند و آن را زمین می‌نامند و از سیم زمین به عنوان یکی از سیم‌های رابط مدار استفاده می‌شود. به این ترتیب معمولاً یک طرف مصرف کننده‌ها نیز به زمین وصل می‌شود. در این حالت جریان از طریق اتصال زمین (مشترک) صورت می‌گیرد. علامت اختصاری زمین به صورت $\perp$ یا $\perp$ یا $\perp$ است.

a) شکل پرد مدار چاپی و نقشه فنی آن

شکل (۴-۱۴) تصویر مدارهایی را نشان می‌دهد که در آن سیم زمین یا مشترک در نظر گرفته شده است. در قسمت a صفحه مدار چاپی[1] و نقشه فنی آن را ملاحظه می‌کنید. در شکل b اتصال زمین مثبت و منفی نشان داده شده است.



b) شکل مدار الکتریکی با اتصال زمین مثبت و منفی

شکل ۴-۱۴

۱- Printed Circuit Board

۱ـ۴ـ قانون اهم

جرج سیمون اهم در سال ۱۸۲۸ بر اساس تجربیات و آزمایش‌های فراوان توانست ارتباط بین ولتاژ(V) ، جریان (I) و مقاومت (R) را در یک مدار به دست آورد.

اهم به این نتیجه رسید که اگر مقاومت یک مدار را ثابت نگهداریم و ولتاژ منبع تغذیه را افزایش دهیم شدت جریان افزایش می‌یابد. (شکل ۱۵-۴)

a) ولتاژ کم ، جریان کم b) ولتاژ زیاد، جریان زیاد

شکل ۱۵-۴- تغییرات ولتاژ و جریان به ازای مقاومت ثابت در یک مدار الکتریکی

و همچنین دریافت که اگر ولتاژ منبع تغذیه را ثابت نگهداریم و مقدار مقاومت مدار را افزایش دهیم جریان مدار کاهش می‌یابد. (شکل ۱۶-۴)

a) مقاومت کم ، جریان زیاد b) مقاومت زیاد، جریان کم

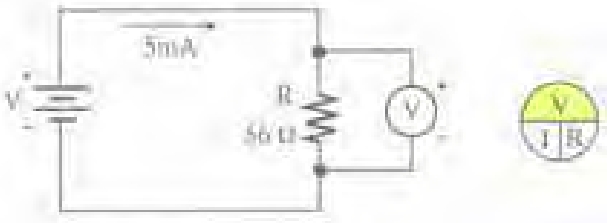
شکل ۱۶-۴- تغییرات جریان و مقاومت به ازای ولتاژ ثابت در یک مدار الکتریکی

نتایج آزمایش‌های اهم به نام قانون اهم شناخت شد که رابطه قانونی اهم را به سه صورت شکل(۱۷-۴) می‌توانیم بنویسیم.

همانگونه که مشاهده می‌شود اگر دو جزء از معادله معلوم باشد می‌توان به آسانی جزء سوم را بدست آورد.

شکل ۱۷-۴ نمودار دایره‌ای قانون اهم در حالت‌های مختلف

مثال: در مدار شکل (۱۸-۴) ولت‌متری که در دوسر مقاومت قرار دارد چه ولتاژی را نشان می‌دهد؟



شکل ۱۸-۴

حل:

(قانون اهم)

$V = RI$

$V = (5\,mA)(56\,\Omega)$

$V = (5 \times 10^{-3}\,A)(56\,\Omega) = 280 \times 10^{-3}$

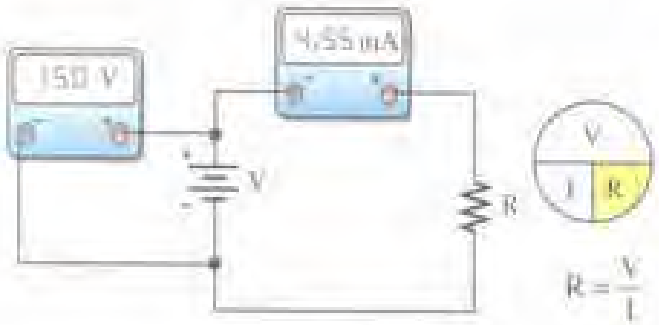
$V = 280\,mV$

مثال: در مدار شکل (۱۹-۴) مقدار مقاومت چند کیلو اهم است؟

حل:

$$R=\frac{V}{I}=\frac{۱۵۰V}{۲/۵۵mA} \qquad \text{(قانون اهم)}$$

$$R=\frac{۱۵۰V}{۲/۵۵\times۱۰^{-۳}A}=۳۳\times۱۰^{۳}\Omega=۳۳\,k\Omega$$



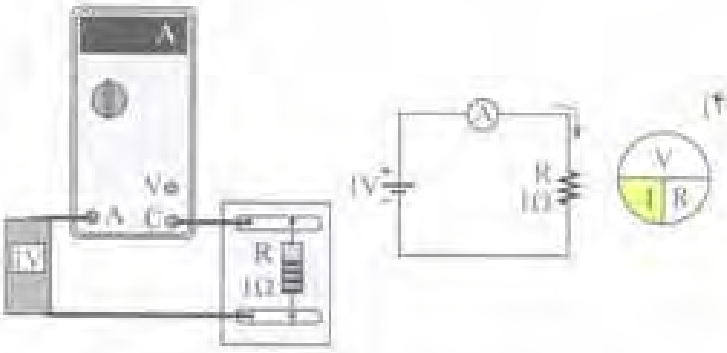
شکل ۱۹-۴

مثال: جریان عبوری از مقاومت مدار شکل (۲۰-۴) چند میلی آمپر است؟

حل:

$$I=\frac{V}{R}=\frac{۱V}{۱\Omega}=۱A$$

$$I=۱\times۱۰^{۳}=۱۰۰۰mA$$



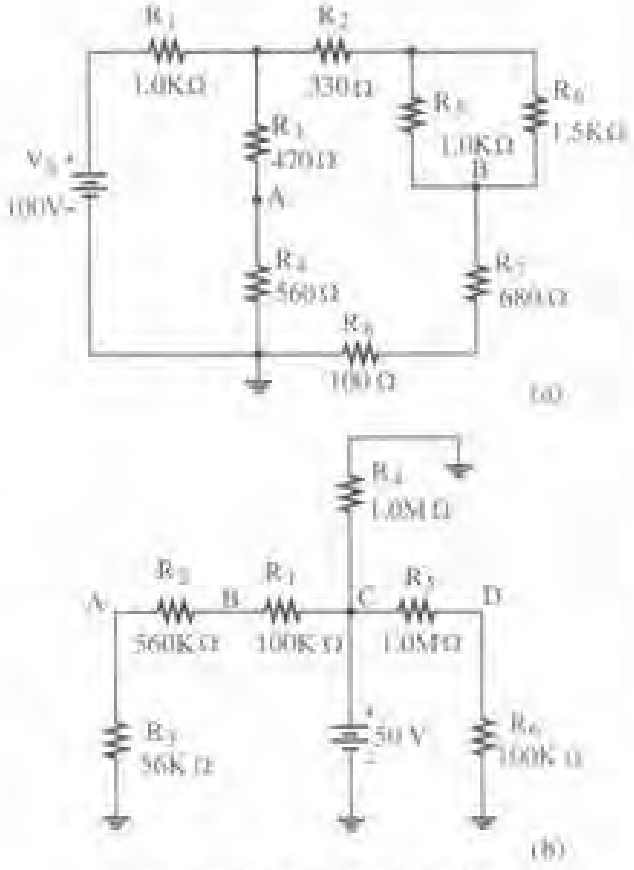
شکل ۲۰-۴

نکته مهم: یکی از حالات خطرناکی که ممکن است در مدار الکتریکی به وجود آید حالت «اتصال کوتاه» است. حالت اتصال کوتاه در مدار به شرایطی گفته می‌شود که مقاومت مصرف کننده (بار) به صفر برسد. در صورت وقوع چنین حالتی جریان بسیار زیادی از مدار خواهد گذشت. (شکل b-۲۱-۴)

(a) مدار در حالت عادی (لامپ روشن)

(b) مدار در حالت اتصال کوتاه (لامپ خاموش)
عبور جریان بسیار زیاد است.

شکل ۲۱-۴

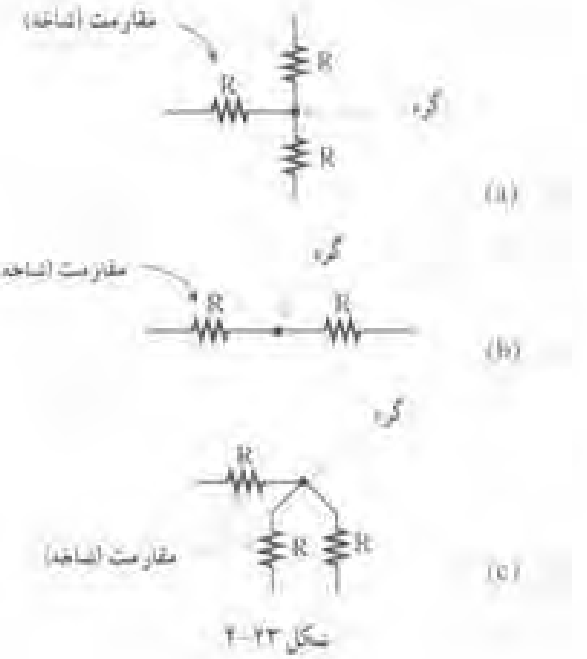


(۴-۲۲) نمونه‌هایی از مدارهای پیچیده

۱ـ۱ـ۴ـ قوانین کیرشهف[1]: در برخی موارد برای حل مدارهای الکتریکی پیچیده‌ای مانند شکل(۴-۲۲) استفاده از قانون اهم به تنهایی کافی نیست و بکارگیری روش‌ها و قوانین دیگری نیز لازم است.

در سال ۱۸۵۷ میلادی کیرشهف بر اساس آزمایش‌ها و تحقیقاتی که انجام داد نظریات خود را در قالب دو قانون بیان داشت.

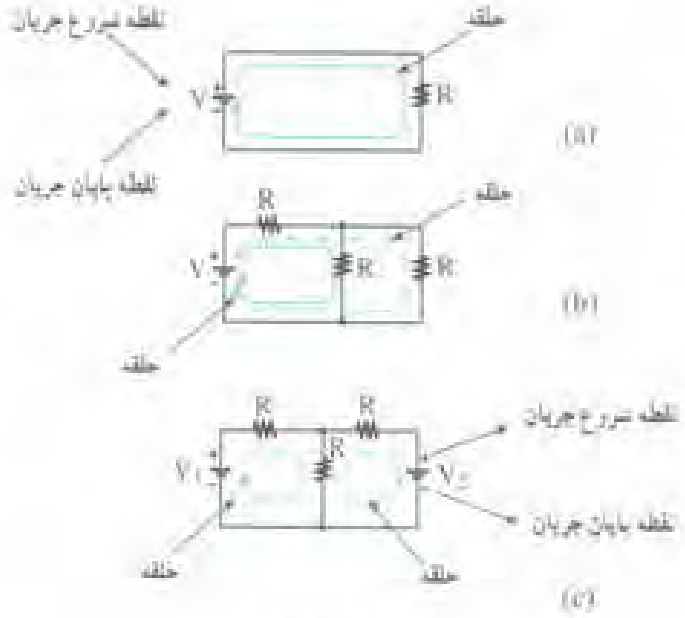
پیش از بررسی قوانین کیرشهف باید با تعاریف گره و حلقه آشنا شویم:



شکل ۴-۲۳

۲ـ۱ـ۴ـ تعریف گره: محل اتصال دو یا چند مقاومت (شاخه) در یک مدار الکتریکی را «گره» می‌نامند. شکل(۴-۲۳) نمونه‌هایی از گره‌های مختلف را نشان می‌دهد.

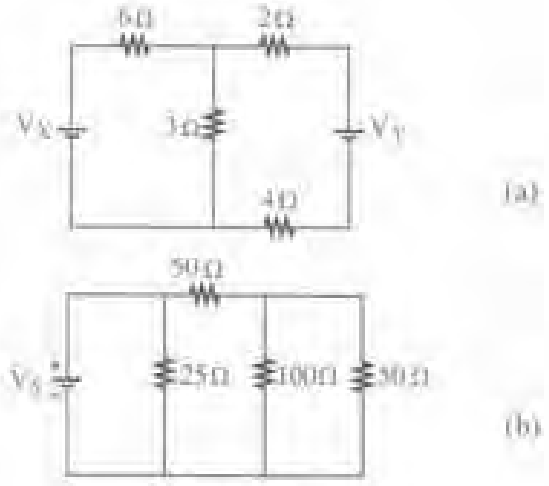
1- Kirchhoff Laws



شکل ۴-۲۴

۴ـ۱ـ۴ـ تعریف حلقه: هرگاه در مدار نقطه‌ای که محل شروع حرکت جریان است نقطه پایان جریان نیز باشد آن را «مدار کامل» یا «حلقه» می‌نامند. در شکل (۲۴ - ۴) نمونه‌هایی از حلقه‌های مختلف را مشاهده می‌کنید.

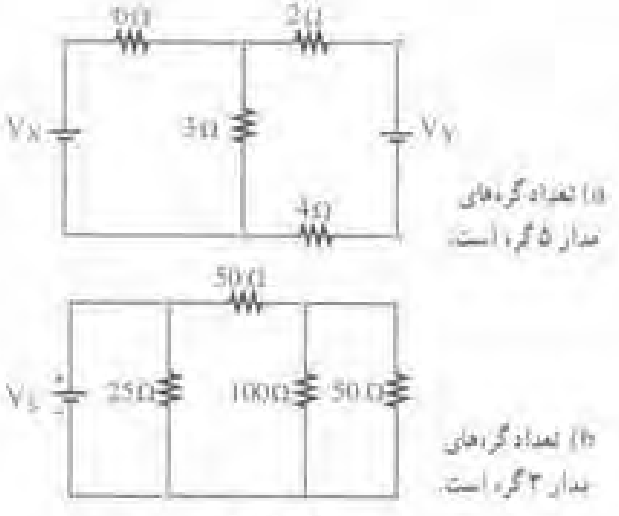
مثال: تعداد گره‌های موجود در تصاویر شکل (۲۵-۴) را مشخص کنید.



شکل ۴-۲۵

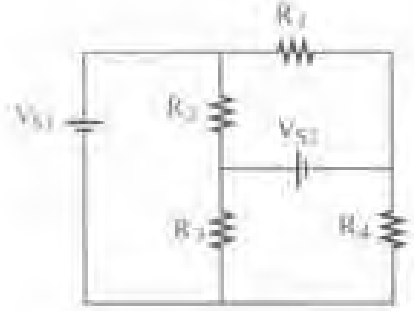
حل: با توجه به تعریف گره می‌توان گره‌های موجود در مدارهای a و b را مطابق شکل (۲۶-۴) مشخص کرد.

تعداد گره‌های مدار a برابر ۵ گره و مدار b برابر ۳ گره است.

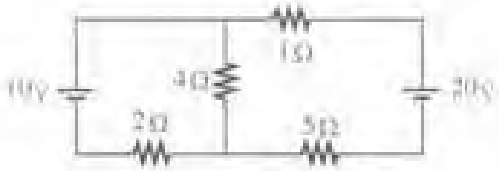


شکل ۴-۲۶

مثال: تعداد (حلقه) مسیرهای عبور جریان در تصاویر شکل (۲۷-۴) را مشخص کنید.



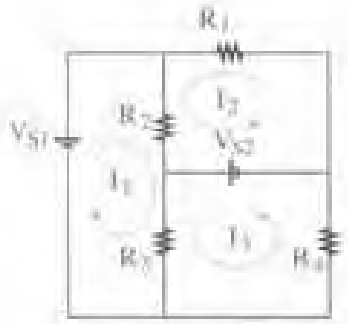
(a)



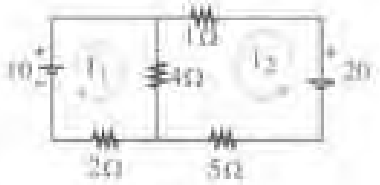
(b)

شکل ۲۷-۴

حل: برای مشخص کردن تعداد حلقه های هر مداری باید از تعریف حلقه متوجه شویم که در این‌صورت و مطابق شکل (۲۸-۴) تعداد حلقه‌های مدار a برابر۳ و مدار b معادل۲ می‌باشد.



(a)



(b)

شکل ۲۸-۴

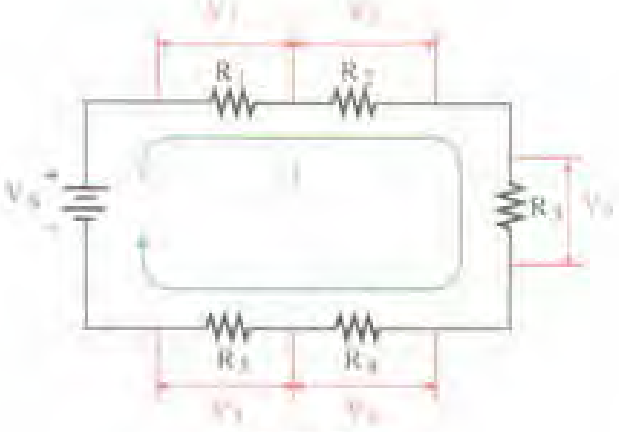
۲ـ۴ـ قانون ولتاژها (KVL)[1]

بر اساس این قانون در یک حلقه بسته مجموع افت ولتاژها برابر با مجموع نیروهای محرکه (ولتاژها) موجود در حلقه است.

$$\Sigma V = \Sigma R.I$$

به عبارت دیگر مجموع جبری نیروهای محرکه و افت ولتاژهای موجود در هر حلقه بسته مساوی با صفر است.

$$\Sigma V = 0$$



شکل ۴-۲۹

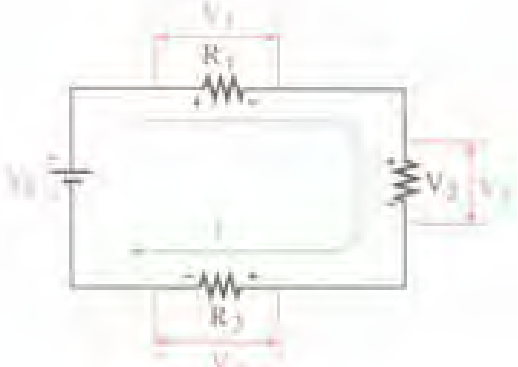
توجه: در مدارهای الکتریکی منابع تغذیه (باتری ها) را نیروی محرکه و ولتاژ دوسر مقاومت ها و سایر مصرف کننده‌ها را افت ولتاژ در نظر می‌گیرند.

شکل(۴-۳۰) یک مدار را با سه مقاومت نشان می‌دهد. در این مدار معادله KVL را می‌نویسیم:

$$\Sigma V = \Sigma R.I$$

$$V = R_1 I + R_2 I + R_3 I$$

$$+R_1 I + R_2 I + R_3 I - V = 0$$



شکل ۴-۳۰

مثال: مقدار ولتاژ V_4 شکل(۴-۳۱) چند ولت است؟

حل:

معادله KVL

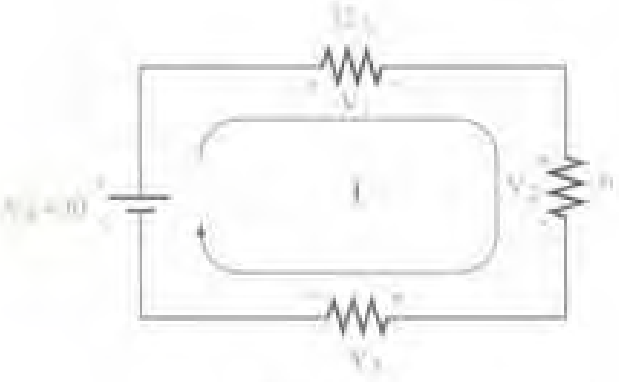
$$-V_S + V_1 + V_2 + V_3 = 0$$

$$V_1 + V_2 + V_3 = V_S$$

$$V_3 = V_S - (V_1 + V_2)$$

$$V_3 = 30 - (12 + 6)$$

$$V_3 = 12\,V$$


شکل ۴-۳۱

۱- KVL: Kirchhoff's Voltage Law

۲- علامت Σ (سگما) حرف یونانی است که به معنی مجموع است.

۳ـ۴ـ قانون جریان ها(KCL)[1]

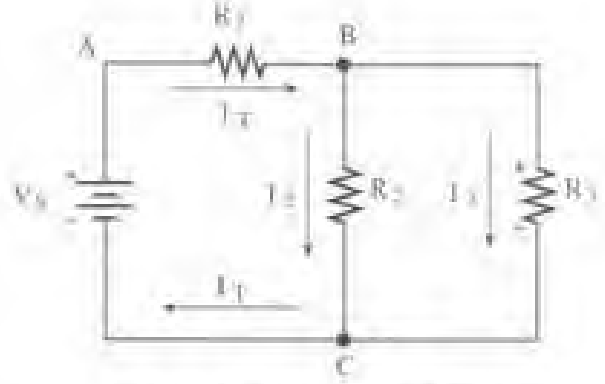
بر اساس قانون جریان‌ها در هر گره یک مدار الکتریکی مجموع جریان های وارد شده به گره برابر با مجموع جریان های خارج شده از گره است. (شکل ۳۴-۴)

در گره (B) و (C)

$$\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$$

به عبارت دیگر مجموع جبری جریان‌های وارد شده به گره و جریان‌های خارج شده از آن برابر با صفر است.

$$\Sigma I = 0$$



شکل ۳۴-۴- قانون جریان‌ها برای گره‌های B و C

در شکل (۳۳-۴) وضعیت گره A از نظر جریان های ورودی و خروجی مشخص شده است. معادله KCL را برای گره A چنین می‌توان نوشت:

$$\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$$

یا

$$I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5$$

$$I_1 + I_2 + I_4 - I_3 - I_5 = 0$$

شکل ۳۳-۴-قانون جریان ها برای گره‌ها

توجه : انتخاب علامت مثبت یا منفی برای جریان‌های وارد شد و خارج شده به یک گره قراردادی است و هیچگونه محدودیتی ندارد. اما باید توجه داشته باشید برای یک گره جریان باید از یک قانون تبعیت کنند. شکل (۳۴-۴) یعنی همه جریان های ورودی مثبت یا منفی باشد. نمی‌توانید یکی از جریان‌های ورودی به گره را مثبت و دیگری را منفی بگیرید.

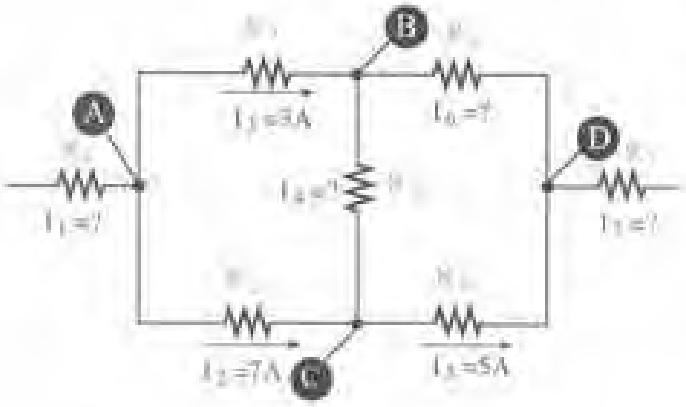
(b) جریان‌های ورودی منفی و جریان های خروجی مثبت

(a) جریان‌های ورودی مثبت جریان های خروجی منفی

شکل ۳۴-۴

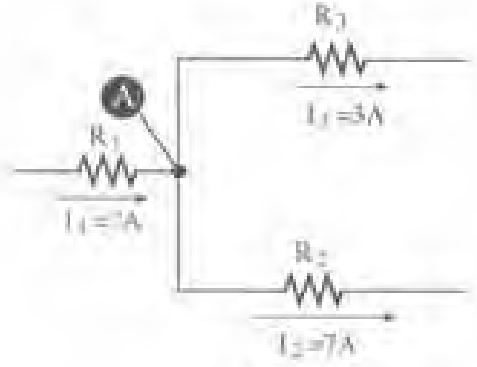
۱- KCL: Kirchhoff's Current Law

مثال: مقدار و جهت جریان در هر یک از مقاومت های شکل (۳۵-۴) را بدست آورید.



شکل ۳۵-۴

حل: برای مشخص شدن مقدار و جهت جریان ها باید معادله KCL را برای هر یک از گره‌های D، C، B، A بنویسیم.

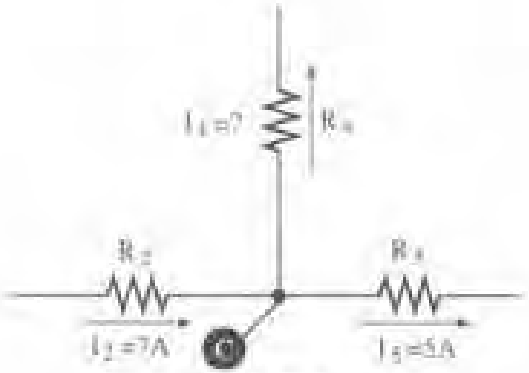


شکل ۳۶-۴

در گره A دو جریان I_2 و I_3 خارج می‌شود،[1] لذا جریان I_1 بر آن وارد می‌شود در (شکل ۳۶-۴) با نوشتن معادله KCL، جریان I_1 قابل محاسبه است.

$$I_1=I_2+I_3=7+3$$

$$\boxed{I_1=10A}$$



شکل ۳۷-۴

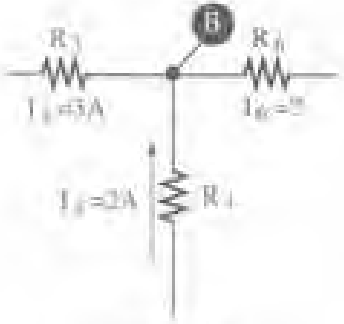
در گره (C) چون جریان I_5 کوچک‌تر از I_2 است لذا جریان I_4 باید از گره خارج شود تا تعادل جریان برقرار شود شکل (۳۷-۴) پس معادله KCL را فقط برای حالتی می‌توان نوشت که جریان I_4 از گره خارج می‌شود:

$$I_2=I_4+I_5 \Rightarrow I_4=I_2-I_5=7-5$$

$$\boxed{I_4=5A}$$

---

۱. به یک گره جریان می‌تواند همه جریان ها وارد و یا همه جریان ها از آن خارج شود.

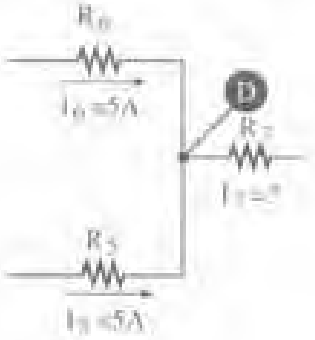


شکل ۴-۳۸

در گره B (شکل ۴-۳۸) جون جریان های I_4 و I_5 وارد می‌شوند. بنابر قاعده KCL جریان I_6 باید از نقطه B خارج شود. مقدار I_6 برابر خواهد شد با: شکل (۴-۴۰)

$$I_6 = I_4 + I_5 = 3 + 2 = 5A$$

$$\boxed{I_6 = 5A}$$

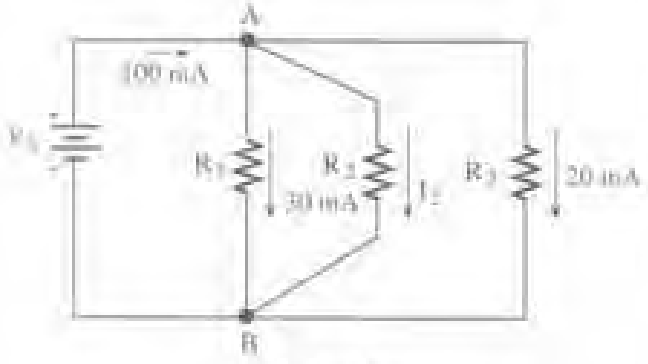


شکل ۴-۳۹

همانطوریکه در شکل (۴-۳۹) مشاهده می‌شود جریان های I_6 و I_8 به گره D وارد می‌شوند بنابراین با نوشتن KCL برای گره D معلوم می‌شود که جهت جریان I_7 باید به گونه‌ای باشد که از گره خارج شود بنابراین داریم:

$$I_6 = I_7 + I_8 = 5 + 5 = 10A$$

$$\boxed{I_7 = 10A}$$



شکل ۴-۴۰

مثال: جریان مقاومت R_2 در شکل (۴-۴۰) چند میلی آمپر بدست می‌آید؟

با نوشتن معادله KCL گره A مقدار جریان I_2 به دست می‌آید.

$$\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$$

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_2 = I_1 - (I_3 + I_4)$$

$$I_2 = 100 - (30 + 20)$$

$$\boxed{I_2 = 50\,mA}$$

آزمون پایانی (۴)

۱ـ کدام گزینه اجزای اصلی یک مدار را بیان می‌کند؟

الف ـ منبع تغذیه، فیوز، سیم‌های رابط　　ب ـ منبع تغذیه، کلید، فیوز

ج ـ سیم‌های رابط، بار، منبع تغذیه　　د ـ سیم‌های رابط، کلید، بار

۲ـ نقش اصلی فیوز در مدارهای الکتریکی ..... است.

الف ـ حفاظت مدار در مقابل قطع برق　　ب ـ حفاظت مدار در مقابل اتصال کوتاه

ج ـ هدایت جریان الکتریکی　　د ـ برقراری تعادل بین اجزای مدار

۳ـ نقش اتصال زمین (مشترک) در مدارهای الکتریکی چیست؟

الف ـ ایجاد حفاظت در مدار　　ب ـ برقراری مسیر اتصال کوتاه

ج ـ کنترل و محدود کردن جریان در مدار　　د ـ ساده‌تر رسم کردن مدار

۴ـ با توجه به قانون اهم ولتاژ یک مدار با جریان مدار رابطه ..... دارد.

الف ـ معکوس　　ب ـ مجذوری

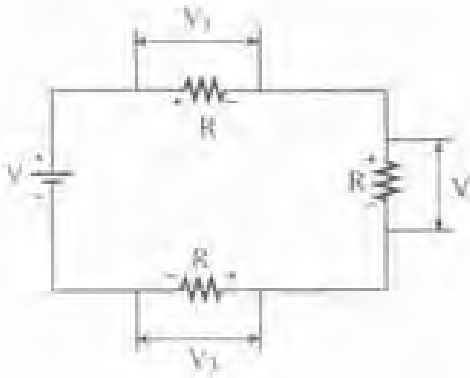
ج ـ مستقیم　　د ـ تمامی

۵ـ اگر ولتاژ ۵۰ ولت به دو سر یک مقاومت ۵ kΩ اتصال داده شود، چه جریانی از آن می‌گذرد؟

الف ـ ۷۵ mA　　ب ـ ۱۵ A

ج ـ ۴ A　　د ـ ۱۰ mA

۶ ـ کدام‌یک از معادلات زیر برای شکل (۴-۴۱) صحیح است؟



شکل ۴-۴۱

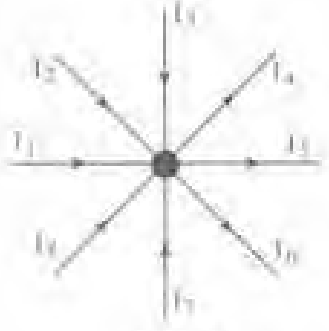
الف ـ $V - V_1 - V_2 - V = 0$

ب ـ $-V + V_1 + V_2 + V_3 = 0$

ج ـ $V_1 + V_2 = V + V_3$

د ـ $-V_1 - V_2 + V_3 + V = 0$

۷ـ کدام معادله برای شکل(۴-۴۲) صحیح است؟



شکل ۴-۴۲

الف ـ $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I_5 + I_6 + I_7 + I_8$

ب ـ $I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 - I_6 + I_7 - I_8 = 0$

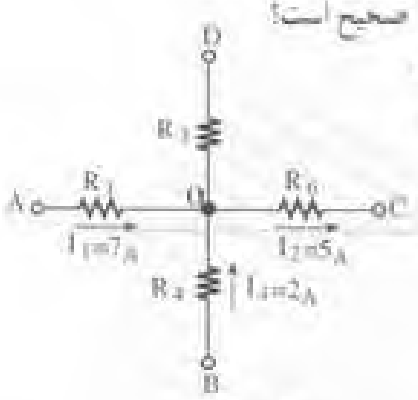
ج ـ $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = I_6 + I_7 + I_8$

د ـ $-I_1 - I_2 - I_3 - I_4 - I_5 + I_6 + I_7 + I_8 = 0$

۸ـ کدام گزینه در مورد مقدار و جهت جریان در مقاومت R_4 شکل (۴۳-۴) صحیح است؟

الف ـ ۴A از O به D　　ب ـ ۱۰A از D به O

ج ـ ۴A از D به O　　د ـ ۱۰A از O به D

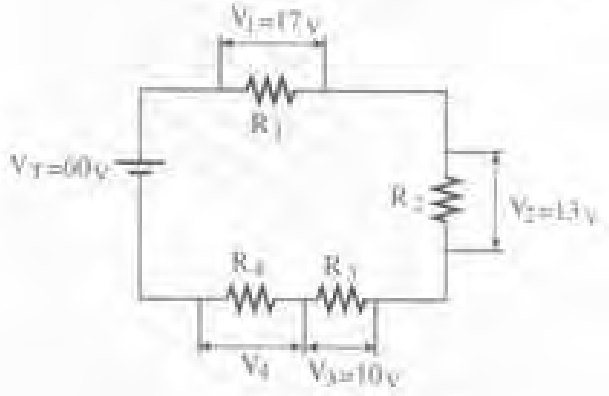


شکل ۴۳-۴

۹ـ با توجه به شکل (۴۴-۴) ولتاژ دو سر مقاومت R_4 چند ولت است؟

الف ـ ۵۰　　ب ـ ۴۰

ج ـ ۳۰　　د ـ ۲۰



شکل ۴۴-۴

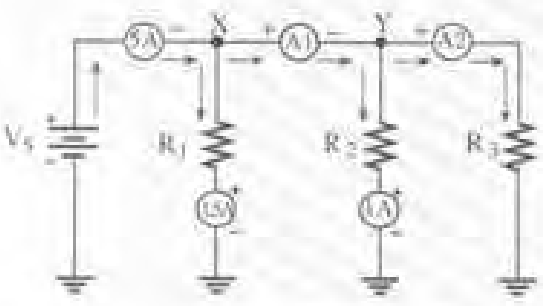
۱۰ـ در مدار شکل (۴۵-۴) به ترتیب آمپرمترهای A_1 و A_2 به ترتیب از راست به چپ چند آمپر را نشان می‌دهد؟

الف ـ ۳/۵ ـ ۲/۵

ب ـ ۶/۵ ـ ۳/۵

ج ـ ۳/۵ ـ ۴/۵

د ـ ۷/۵ ـ ۳/۵



شکل ۴۵-۴

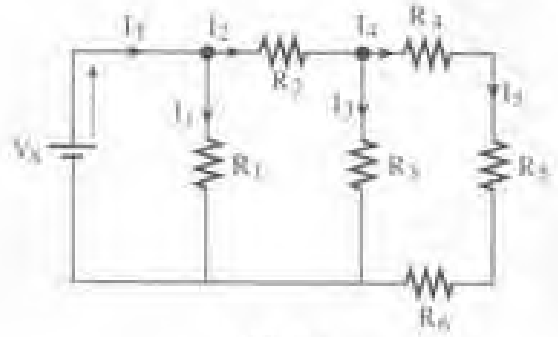
۱۱ـ با توجه به شکل (۴۶-۴) کدامیک از روابط زیر صحیح است؟

الف ـ $I_1+I_2+I_5=I_3+I_4$

ب ـ $I_1+I_4=I_2$

ج ـ $I_3+I_2=I_4+I_5$

د ـ $I_1-I_2=I_4$

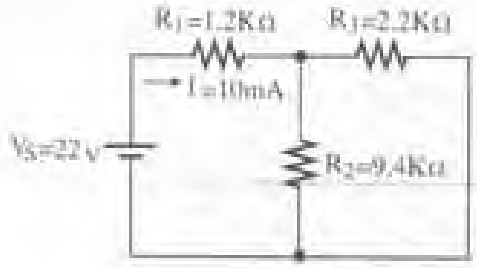


شکل ۴۶-۴

۱۲ـ افت ولتاژ دو سر مقاومت R_2 در شکل(۴-۲۷) چند ولت است؟

الف ـ ۱۰ V　　ب ـ ۷/۸ V

ج ـ ۹/۴ V　　د ـ ۲۲ V

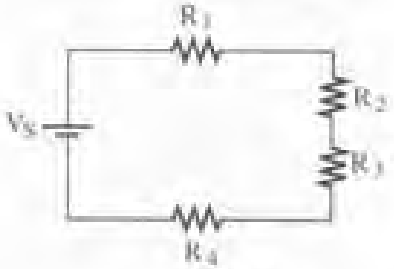


شکل ۴-۲۷

۱۳ـ در مدارهای الکتریکی نیروی محرکه لازم توسط ..... تأمین می‌شود.

۱۴ـ طرف دوم معادله نوشته شده برای شکل (۴-۲۸) برابر است با:

$V_S - R_1 I - R_2 I = ...$



شکل ۴-۲۸

۱۵ـ بر اساس قانون ..... مجموع جبری افت ولتاژها و نیروهای محرکه موجود در هر حلقه بسته مساوی صفر است.

۱۶ـ برای حفاظت مدارها در مقابل اتصال کوتاه از وسیله‌ای به‌نام ..... استفاده می‌شود.

۱۷ـ اگر مقاومت یک مدار ثابت باشد، تغییرات جریان با تغییرات ولتاژ منبع رابطه ..... دارد.

صحیح ☐　　غلط ☐

۱۸ـ درحالت اتصال کوتاه مقاومت با دو جریان در مدار الکتریکی افزایش پیدا می‌کند.

صحیح ☐　　غلط ☐

۱۹ـ انتقال جریان الکتریکی از منبع تغذیه به مصرف‌کننده وظیفه بار الکتریکی است.

صحیح ☐　　غلط ☐

۲۰ـ در یک مدار الکتریکی ساده برای محاسبه جریان از رابطه $I = \frac{V}{R}$ استفاده می‌شود.

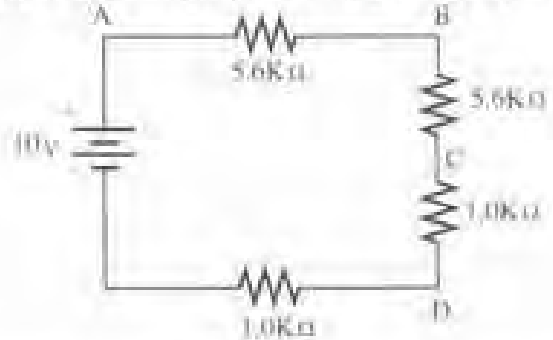
صحیح ☐　　غلط ☐

خود آزمایی عملی

۲۱ـ نمای فنی یک مدار الکتریکی ساده را که مصرف کننده آن لامپ باشد، رسم کنید.

۲۲ـ نمای فنی مداری را که از سه مقاومت ۱kΩ که به صورت متوالی به یکدیگر متصل شده‌اند، در حالت اتصال زمین منفی رسم کنید و سپس بلاریته (علامت‌های مثبت و منفی) دوسر مقاومت ها را تعیین کنید.

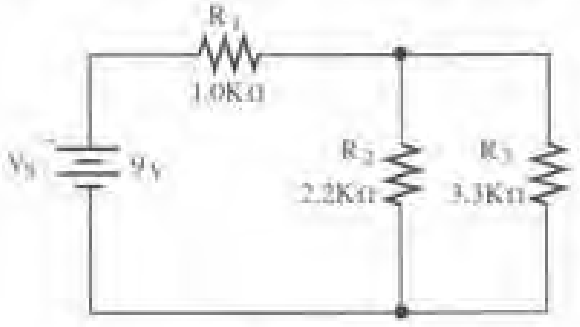
۲۳ـ اگر در مداری مطابق شکل (۴۹-۴) بخواهیم ولتاژ دو سر هریک از مقاومت ها را بدست آوریم نحوه اتصال ولت متر برای هر مقاومت را رسم کنید.



شکل ۴۹-۴

۲۴ـ مدار ساده الکتریکی را رسم کنید که با نایت در نظر گرفتن مقدار مقاومت بتوان ارتباط بین ولتاژ و جریان را مشاهده و اندازه‌گیری کرد.

۲۵ـ اگر در مدار شکل (۵۰-۴) جریان عبوری در هریک از مقاومت ها را بخواهیم اندازه‌گیری کنیم محل قرار گرفتن آمپرمترها را رسم کنید.



شکل ۵۰-۴

توجه: مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

پاسخ سوالات

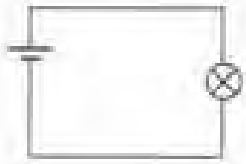
پیش آزمون (۴)

۱ـ ج
۲ـ ج
۳ـ الف
۴ـ ب
۵ـ ج
۶ـ د
۷ـ ج
۸ـ ب
۹ـ د
۱۰ـ ب
۱۱ـ الف
۱۲ـ ب
۱۳ـ ب
۱۴ـ د
۱۵ـ ج

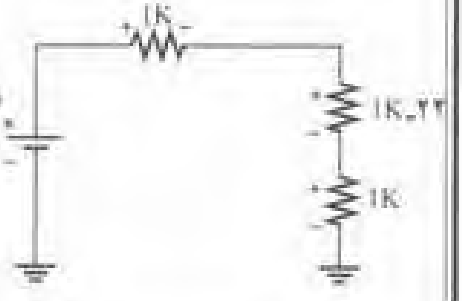
آزمون پایانی (۴)

۱ـ ج
۲ـ ب
۳ـ د
۴ـ ج
۵ـ د
۶ـ ب
۷ـ ج
۸ـ الف
۹ـ د
۱۰ـ الف
۱۱ـ د
۱۲ـ منبع تغذیه
۱۳ـ منبع تغذیه
۱۴ـ $R_1 I + R_2 I$ یا $I(R_1 + R_2)$
۱۵ـ KVL یا ولتاژهای کیرشهف
۱۶ـ فیوز
۱۷ـ مستقیم
۱۸ـ غلط ☒
۱۹ـ غلط ☒
۲۰ـ صحیح ☒

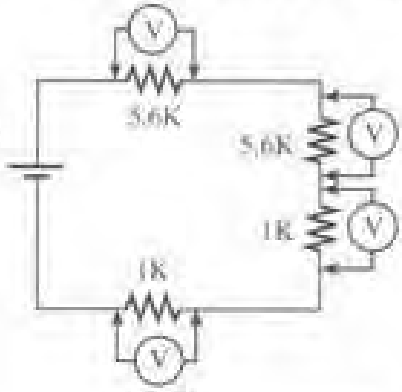
۲۱ـ



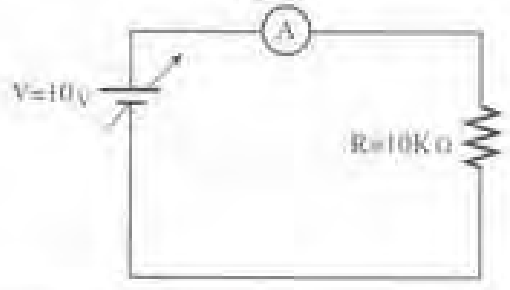
۲۲ـ



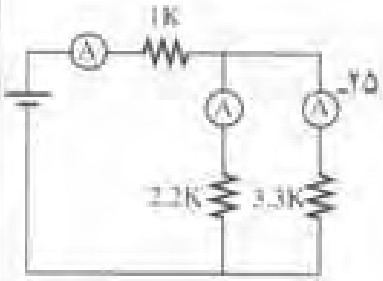
۲۳ـ



۲۴ـ



۲۵ـ



واحد کارمبانی الکتریسیته

فصل پنجم: اصول محاسبات مدارهای ساده مقاومتی در جریان مستقیم

هدف کلی:

توانایی انجام محاسبات و تحلیل مدارهای الکتریکی ساده مقاومتی

هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل انتظار می رود که، فراگیر:

۱ـ مدارهای مقاومتی، سری، موازی و ترکیبی را تعریف کند.
۲ـ مدارهای ساده سری، موازی و ترکیبی را از نظر جریان، ولتاژ و مقاومت معادل توضیح دهد.
۳ـ مسائل مربوط به مدارهای سری، موازی و ترکیبی را حل کند.
۴ـ آزمایش‌های مربوط به مدارهای سری، موازی و ترکیبی را انجام دهد.
۵ـ انواع پیل‌های الکتریکی و مفهوم افت ولتاژ در هادی‌های یک مولد را توضیح دهد.
۶ـ اتصال‌های سری، متقابل، موازی و ترکیبی باتری‌ها را با رسم شکل و ذکر روابط مربوطه توضیح دهد.
۷ـ آزمایش‌های مربوط به اتصال سری، متقابل، موازی و ترکیبی باتری‌ها را انجام دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۶	—	۶

پیش آزمون (۵)

۱ـ از یک مداری که در آن چند لامپ به صورت سری بسته شده‌اند، چه زمانی استفاده می‌شود؟

الف ـ به‌دست آوردن نور بیشتر و مصرف کمتر
ب ـ کسب توان زیادتر و بازدهی بیشتر
ج ـ ایجاد ولتاژ ثابت و توزیع آن
د ـ روشن کردن لامپ‌ها با ولتاژ کار کم

۲ـ در کدام‌یک از مدارهای الکتریکی هر دو قانون کیرشهف استفاده می‌شود؟

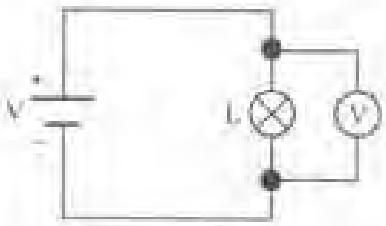
الف ـ سری
ب ـ موازی
ج ـ سری ـ موازی
د ـ تک‌حلقه‌ای

۳ـ اتصال لامپ‌های ریسه‌ای شلنگی که در مراسم مختلف استفاده می‌شود، بصورت ..... است.

الف ـ سری
ب ـ موازی
ج ـ سری ـ موازی
د ـ یک‌حلقه‌ای

۴ـ ولت‌متر متصل شده به دو سر لامپ شکل (۱-۵) ولتاژی کمتر از ولتاژ باتری را نشان می‌دهد، علت چیست؟

الف ـ ولت‌متر خراب است.
ب ـ افت ولتاژ لامپ به ولتاژ باتری اضافه می‌شود.
ج ـ بخاطر مقاومت سیم‌های رابط و باتری
د ـ بستگی به لامپ بکاررفته دارد و ممکن است صفر باشد.



شکل ۱-۵

۵ ـ آیا بر اساس مشخصات مصرف‌کننده‌ها می‌توان مشخصات مولد مورد نیاز را تعیین کرد؟

الف ـ بلی
ب ـ خیر
ج ـ در صورت داشتن موقعیت محل
د ـ اگر فاصله مصرف‌کننده کم باشد.

۶ ـ باتری‌های ساعت از چه نوع هستند؟

الف ـ اسیدی
ب ـ قلیایی
ج ـ لیتیوم
د ـ نیکل کادمیوم

۷ـ معمولاً باتری‌های یک چراغ قوه به چه صورت به یکدیگر اتصال دارند؟

الف ـ دنبال هم
ب ـ در کنار هم
ج ـ ترکیبی
د ـ مقابل هم

۸ ـ در یک مدار الکتریکی در صورتی که مقاومت ثابت نگه‌داشته شود و ولتاژ افزایش یابد جریان مدار ..... می‌یابد.

الف ـ افزایش
ب ـ کاهش
ج ـ اول کاهش سپس افزایش
د ـ اول افزایش سپس کاهش

۹ـ کدام‌یک از موارد زیر غلط است؟

الف ـ $I = \frac{R}{V}$ ب ـ $R = \frac{V}{I}$

ج ـ $V = R.I$ د ـ $I = \frac{V}{R}$

۱۰ـ در حالت اتصال کوتاه، مقاومت مدار به ..... می‌رسد.

الف ـ بی‌نهایت ب ـ نصف

ج ـ حداکثر د ـ صفر

۱۱ـ در یک حلقه (مدار بسته) اگر افت ولتاژهای دو سرعناصر به ترتیب ۸، ۱۲ و۵ ولت باشد منبع تغذیه این مدار چند ولت است؟

الف ـ ۹ ب ـ ۱

ج ـ ۲۵ د ـ ۱۵

۱۲ـ علت استفاده از اتصال زمین مشترک در رسم مدارهای الکتریکی عبارت است از :

الف ـ ساده‌تر رسم کردن مدارها ب ـ مسیر برگشت جریان از طریق اتصال زمین

ج ـ هر دو مورد الف و ب د ـ صرفه‌جویی در قطعات اصلی مدار

۱۳ـ شدت جریان عبوری از مقاومت $1k\Omega$ در یک مدار با منبع تغذیه ۱۰۰V چند آمپر است؟

الف ـ ۱ ب ـ ۰/۱

ج ـ ۱۰ د ـ ۰/۰۱

۱۴ـ از قانون جریان‌های کیرشهف برای بررسی مجموع ..... در یک ..... استفاده می‌شود؟

الف ـ جریان‌ها ـ حلقه ب ـ ولتاژها ـ حلقه

ب ـ ولتاژها ـ گره د ـ جریان‌ها ـ گره

۱۵ ـ ولت‌متر در مدار به صورت ..... و آمپرمتر به صورت ..... اتصال داده می‌شود.

الف ـ موازی ـ موازی ب ـ سری ـ سری

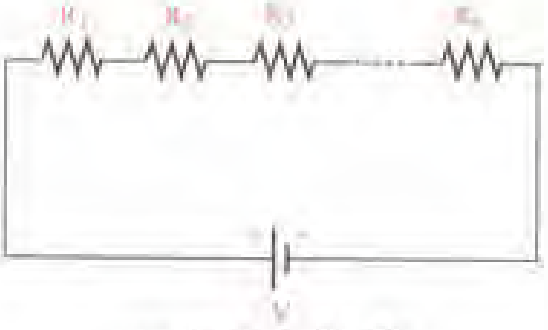
ج ـ موازی ـ سری د ـ سری ـ موازی

۱ـ ۵ ـ اتصالات مقاومت‌ها

۱ـ۱ـ۵ ـ اتصال سری مقاومت‌ها: هرگاه دو یا چند (n) مقاومت به صورت متوالی (دنبال هم - پشت سرهم) به یکدیگر اتصال داده شوند، مدار را «سری» گویند.

در این مدار مقاومت‌ها طوری به هم متصل می‌شوند که انتهای عنصر اول به ابتدای عنصر دوم و انتهای عنصر دوم به ابتدای عنصر سوم وصل شده باشد اگر به همین ترتیب تا آخرین عنصر ادامه یابد می‌گوییم مدار به صورت سری[1] بسته شده است.

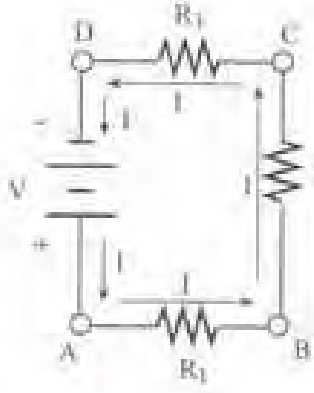
شکل (۲-۵) نقشه فنی مدارهای سری وشکل (۳-۵) یک نمونه واقعی مدار سری را که در آن دو لامپ اتصال دارد، نشان می‌دهد.



شکل ۲-۵- نقشه فنی مدار سری

شکل ۳-۵- مدار واقعی دو لامپ به صورت سری

در مدار سری همواره فقط یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد. (شکل ۴-۵)



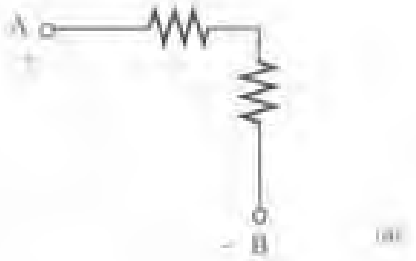
ب) شکل مداری

ا) شکل واقعی

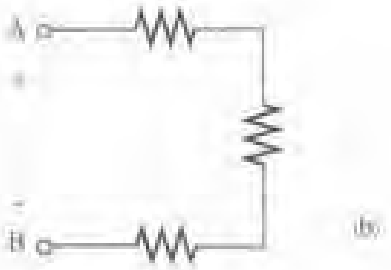
شکل ۴-۵- اتصالات سه مقاومت به صورت سری

1 -Series

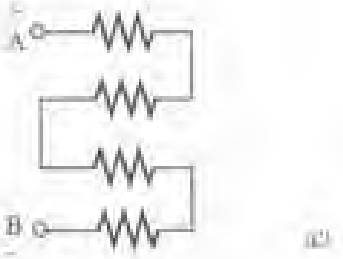
در مدارهای سری نحوه قرار گرفتن عناصر به صورت عمودی یا افقی و ترتیب اتصال آن از نظر اول یا آخر بودن اهمیتی ندارد و تأثیری روی رفتار مدار نمی گذارد. شکل (۵- ۵) حالت‌های مختلف اتصال مقاومت‌ها را به‌صورت سری نشان می‌دهد.



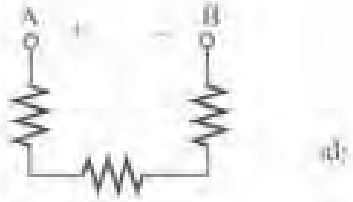
ـ سه مقاومت به صورت سری، جریان در یک مسیر



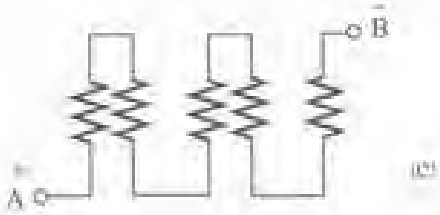
ـ چهارمقاومت به صورت سری، جریان در یک مسیر



ـ سه مقاومت به صورت سری، جریان در یک مسیر



ـ پنج مقاومت به صورت سری، جریان در یک مسیر



شکل ۵-۵- حالت‌های مختلف اتصال سری مقاومت‌ها

ـ عامل مشترک در مدار سری: چنانچه مداری را مطابق شکل (۶-۵) اتصال دهید مشاهده می‌کنید که هر یک از آمپرمترها جریان‌های مساوی (یک آمپر) نشان می‌دهند.

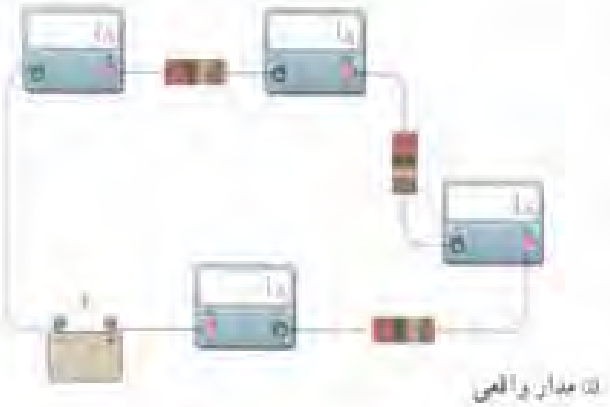
چون در مدار سری یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد در نتیجه جریان در تمام مقاومت‌ها مساوی و ثابت است؛ به همین دلیل در مدارهای سری جریان را می‌توان به عنوان یک عامل مشترک برای تمام عناصر موجود در مدار دانست.

برای جریان در مدار سری می‌توان رابطه زیر را نوشت:

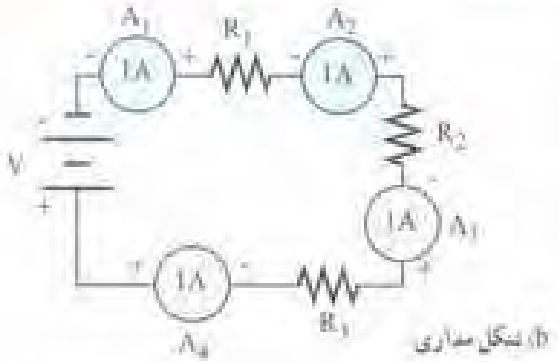
$$I_A = I_{A_1} = I_{A_2} = I_{A_3} = I_T$$

یعنی:

$$I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = I_T$$



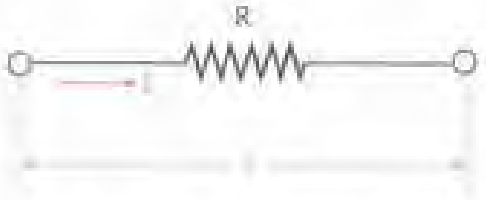
a) مدار واقعی



b) شکل مداری

شکل ۶-۵- جریان در مدار سری همواره ثابت است.

ـ عامل غیر مشترک در مدار سری: بر اثر عبور جریان الکتریکی از هر مقاومت الکتریکی دردو سر آن افت ولتاژی به وجود می‌آید. شکل (۷-۵) که مقدار آن را بر اساس قانون اهم از رابطه $V = I.R$ می‌توان محاسبه کرد، همانگونه که در رابطه (۷) مشاهده می‌شود، چون جریان در مدار سری ثابت است لذا مقدار افت ولتاژ در دو سر مقاومت با مقدار اهم آن رابطه مستقیم دارد. یعنی در صورت افزایش مقاومت (R) مقدار ولتاژ (V) نیز افزایش می‌یابد.



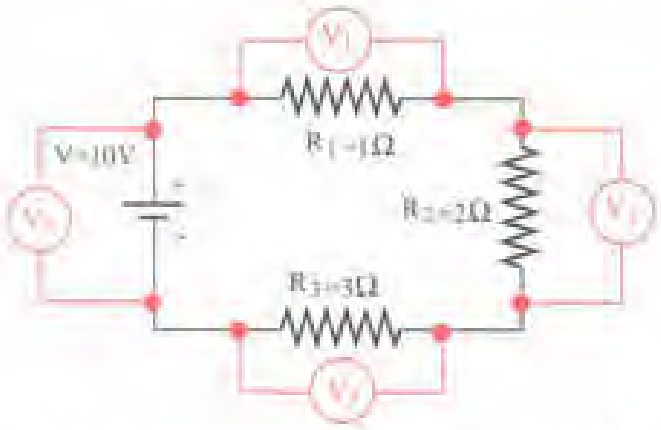
شکل ۷-۵- افت ولتاژ در سر مقاومت در یک مدار سری

به عنوان مثال اگر مداری را مطابق شکل (۸-۵) ببندیم ولت‌مترها مقادیر ولتاژی متفاوتی را در دوسر مقاومت‌ها نشان می‌دهند ولت‌مترهای V_1، V_2 و V_3 مقادیر ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 و ولت‌متر V_T مقدار ولتاژ کل مدار را نشان می‌دهد.

طبق قانون KVL در حلقه بسته شکل (۸-۵) ولتاژ کل منبع تغذیه به نسبت مقدار مقاومت‌ها بین مقاومت‌های مدار تقسیم می‌شود بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_{R_T} = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3}$$



شکل ۸-۵- بررسی ولتاژها در مدار سری (توجه داشته باشید که ولتاژ در دو سر هر مقاومت متناسب با مقدار مقاومت تغییر می‌کند.)

شکل ۹-۵- مقاومت معادل در مدار سری

با توجه به موارد فوق می‌توانیم نتیجه بگیریم که چون مقدار افت ولتاژ در سر همه مقاومت‌های مدار سری ثابت و مساوی نیست پس ولتاژ را به عنوان یک عامل غیر مشترک در مدار می‌شناسیم.

ـ مقاومت معادل در مدار سری[1]: مقاومت کل[2] یا «معادل» به مقاومتی گفته می‌شود که بتواند به تنهایی اثر همه مقاومت‌های موجود در مدار را داشته باشد و جایگزین آنها شود.

در شکل (۹-۵) مقاومت R_T می‌تواند معادل تمام مقاومت‌های موجود در مدار باشد و جایگزین آنها شود.

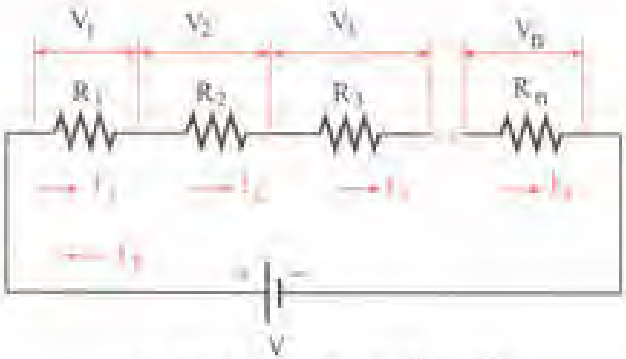
با توجه به خصوصیات مطرح شده در مورد مدارهای سری رابطه نهایی مقاومت معادل R_T به صورت زیر بدست می‌آید.

خصوصیات مدار سری

$$\begin{cases} I_T = I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = I_{R_n} & (1) \\ V = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3} + \ldots + V_{R_n} & (2) \end{cases}$$

ولتاژ دو سر مقاومت R_1	$V_1 = R_1 I_1$
ولتاژ دو سر مقاومت R_2	$V_2 = R_2 I_2$
ولتاژ دوسر مقاومت R_3	$V_3 = R_3 I_3$
ولتاژ دو سر مقاومت R_n	$V_n = R_n I_n$
ولتاژ کل مدار	$V_T = R_T I_T$

براساس قانون اهم برای هرمقاومت و ولتاژکل می‌توانیم روابط مقابل را بنویسیم:



شکل ۱۰-۵- جریان‌ها و ولتاژها در مدار سری

مقادیر فوق را در معادله (۲) قرار می‌دهیم:

$$R_T I_T = R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 + \ldots + R_n I_n$$

چون جریان در مدار سری شکل (۱۰-۵) ثابت است. بنابراین داریم:

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_n = I_T$$

1-Total Resistor -R_T

2-Equivalem Resistor Req

بجای I_1 و I_2 و I_3 و I_n مقدار I_T را قرار می‌دهیم:

$$R_T I_T = R_1 I_T + R_2 I_T + R_3 I_T + \dots + R_n I_T$$

از مقدار I_T در طرف دوم معادله فاکتور می‌گیریم و سپس آن را ساده می‌کنیم (مقدار I_T در طرفین حذف می‌شود.)

$$R_T I_T = I_T (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

مقاومت معادل مدار شکل فوق را در شکل (۱۱-۵) مشاهده می‌کنید.

مثال: مقاومت معادل در شکل (۱۲-۵) چند اهم است؟

حل:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$
$$R_T = ۳۳ + ۶۸ + ۱۰۰ + ۴۷ + ۱۰$$
$$R_T = ۲۵۸\ \Omega$$

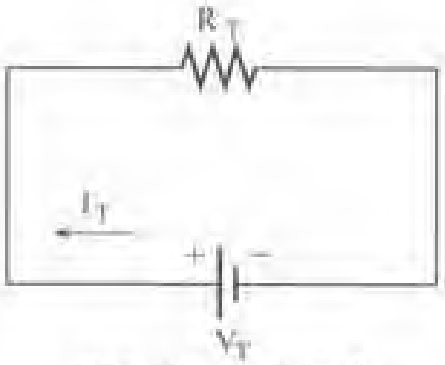
ـ حالات خاص در مدارهای سری: منظور از حالات خاص مواردی است که به لحاظ شباهت‌های گوناگون می‌توان روابط اصلی را در شکل ساده‌تر و با سرعت عمل بیشتری مورد استفاده قرار داد. دو حالت عمده از حالات خاص در مدار سری به‌شرح زیر است:

■ هرگاه چند مقاومت مساوی بصورت سری به یکدیگر اتصال یابند مقدار مقاومت معادل از حاصل‌ضرب تعداد مقاومت‌ها در مقدار یک مقاومت بدست می‌آید. (شکل ۱۳-۵)

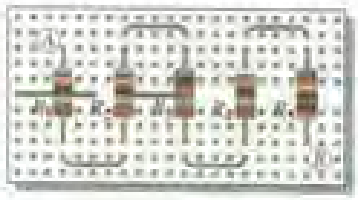
R- مقدار اهم یک مقاومت

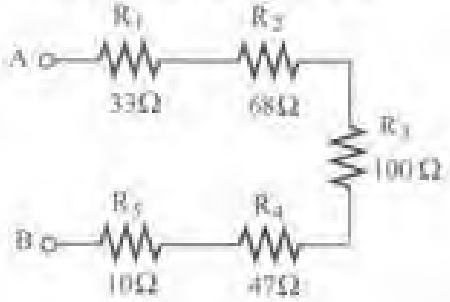
n- تعداد مقاومت‌ها

$$R_T = n.R$$



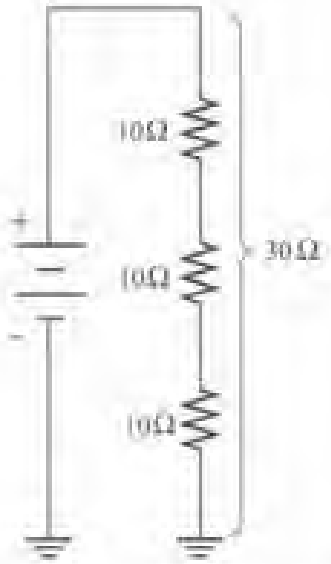
شکل ۱۱-۵- مدار معادل شکل قبل


a) مقاومت های نصب شده روی برد برد



b) نقشه فنی

شکل ۱۲-۵- بنج مقاومت سری



شکل ۱۳-۵- اتصال سه مقاومت سری مساوی به یکدیگر

مثال: در صورتی که چهار مقاومت ۳۳ اهمی مطابق شکل (۱۴-۵) به هم اتصال یابند مقدار مقاومت معادل چند اهم خواهد شد؟

حل: مدار به صورت سری است و مقاومت‌ها نیز مساوی هستند پس :

$$R_T = n.R = ۴ \times ۳۳ = ۱۳۲\,\Omega$$

■ اگر دو مقاومت طبق شکل(۱۵-۵) به صورت سری بسته شوند ، مقدار ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت‌ها را از روابط زیر می‌توان محاسبه کرد :

$$V_1 = R_1 . I$$

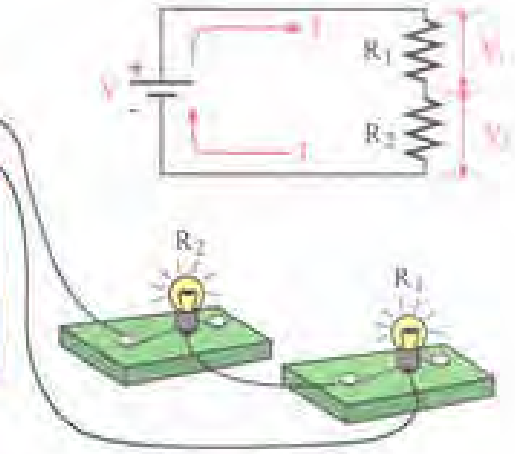
می‌دانیم : $$I = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

با جایگذاری معادل I در معادله فوق داریم :

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

برهمین اساس برای محاسبه ولتاژ V_2 می‌توانیم بنویسیم :

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



شکل ۱۵-۵ : محاسبه ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در مدار سری شامل دو مقاومت

مثال: در صورتی که دو لامپ با مقاومت داخلی ۴Ω مطابق شکل (۱۶-۵) به صورت سری و به باتری ۱/۵ ولت اتصال یابند افت ولتاژ در سر هر لامپ چند ولت است :

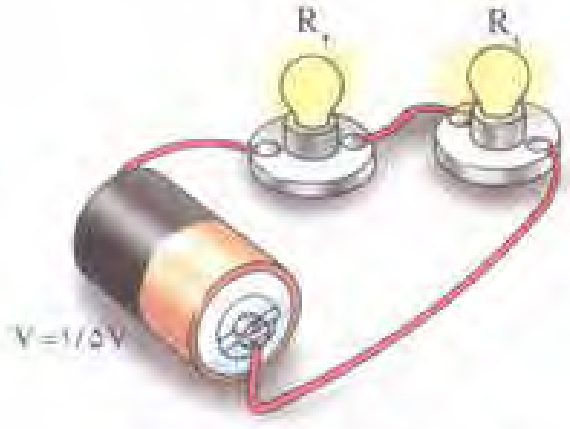
حل:

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

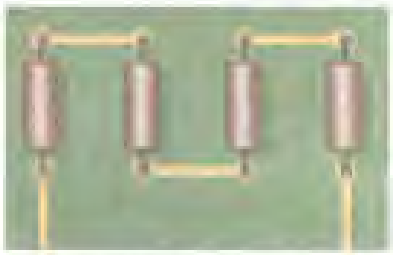
$$V_1 = ۱/۵ \times \frac{۴}{۴+۴} \Rightarrow V_1 = \frac{۶}{۸} = ۰/۷۵\,V$$

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

$$V_2 = ۱/۵ \times \frac{۴}{۴+۴} \Rightarrow V_2 = \frac{۶}{۸} = ۰/۷۵\,V$$



شکل ۱۶-۵-اتصال دو لامپ سری به یک باتری



شکل ۱۴-۵- اتصال چهار مقاومت مساوی به صورت سری روی برد مدار چاپی

تذکر مهم: مقدار مقاومت معادل هر مدار سری از بزرگ‌ترین مقاومت موجود در مدار بیشتر است.

مثال: با توجه به شکل (۱۷-۵) مقدار اهم هر یک از مقاومت‌ها را حساب کنید.

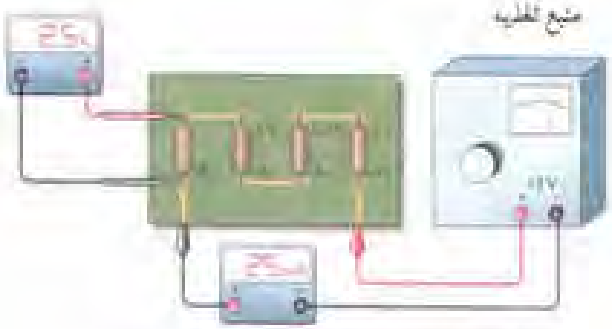
حل: چون جریان در کل مدار ثابت است پس طبق قانون اهم داریم:

$$R_1 = \frac{V_1}{I} = \frac{۲/۵v}{۲۵mA} = ۱۰۰\Omega$$

$$R_2 = \frac{V_2}{I} = \frac{۳v}{۲۵mA} = ۱۲۰\Omega$$

$$R_3 = \frac{V_3}{I} = \frac{۴/۵v}{۲۵mA} = ۱۸۰\Omega$$

$$R_4 = \frac{V_4}{I} = \frac{۲v}{۲۵mA} = ۸۰\Omega$$



شکل ۱۷-۵- محاسبه مقادیر مقاومت ها در مدار سری

مثال: در مدار شکل (۱۸-۵) مطلوب است محاسبه:

الف ـ جریان مدار

ب ـ ولتاژ در دو سر هر مقاومت

ج ـ تحقیق درباره قانون KVL

حل:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = ۳ + ۴ + ۸ = ۱۵\Omega$$

شکل (۱۹-۵) مدار ساده شده را نشان می‌دهد.

الف:

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{۳۰}{۱۵} = ۲A$$

ب:

$$V_{R_1} = R_1 I = ۳ \times ۲ = ۶v$$

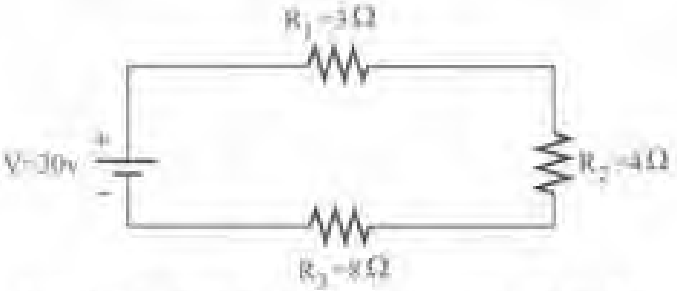
$$V_{R_2} = R_2 I = ۴ \times ۲ = ۸v$$

$$V_{R_3} = R_3 I = ۸ \times ۲ = ۱۶v$$

ج: براساس قانون KVL داریم:

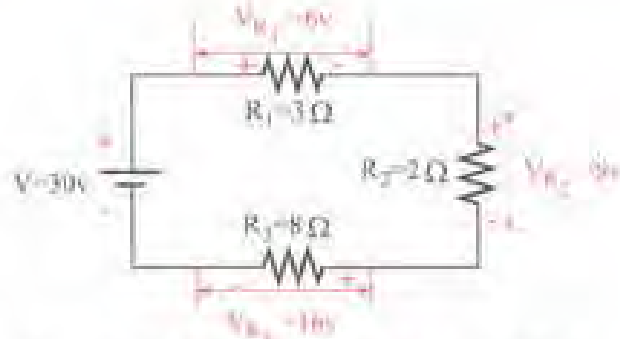
$$\sum V = \sum R.I$$

$$۳۰ = ۶ + ۸ + ۱۶ \Rightarrow ۳۰ = ۳۰$$



شکل ۱۸-۵-محاسبه مقادیر مجهول در مدار سری و تحقیق قانون KVL

شکل ۱۹-۵



شکل ۲۰-۵- محاسبه افت ولتاژ دو سر هریک از مقاومت‌های مدار

شکل ۲۱-۵- قطع لامپ موجب قطع شدن مدار سری می‌شود.

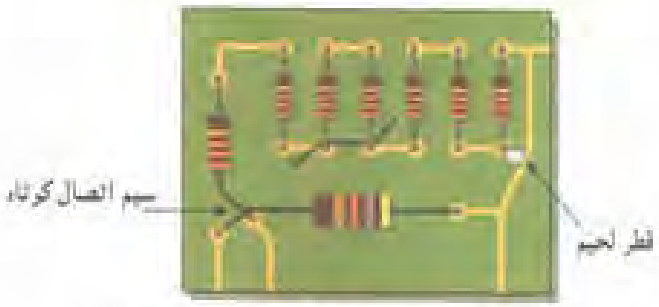
توضیح ۱: در صورتی که در مدار سری به خاطر هریک از دلایل زیر مسیر عبور جریان قطع شود جریان مدار صفر خواهد شد.

۱ـ قطع منبع تغذیه (خالی شدن باتری)

۲ـ قطع شدن سیم‌های رابط (پارگی سیم)

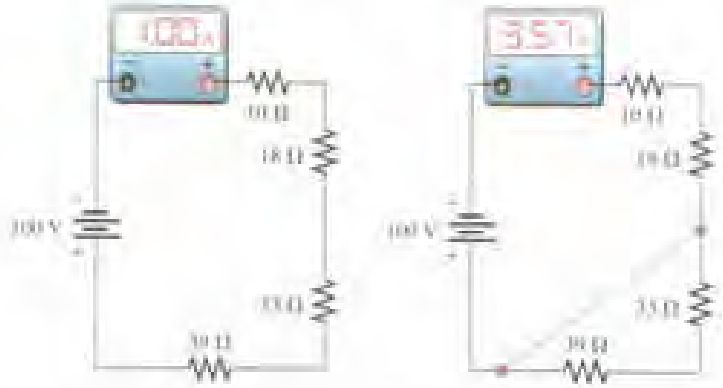
۳ـ قطع شدن مقاومت مصرف کننده از داخل مقاومت

شکل (۲۱-۵) یک نمونه از حالات فوق را نشان می‌دهد.



a) حالت‌های مختلف اتصال کوتاه روی برد مدار چاپی

توضیح ۲: در صورتی که در یک مدار سری اتصال کوتاه رخ دهد جریان مدار متناسب با تعداد (مقدار) مقاومت‌های اتصال کوتاه شده افزایش می‌یابد. شکل (۲۲-۵) این نکته را نشان می‌دهد.



b) جریان مدار در حالت عادی

c) جریان مدار در حالت اتصال کوتاه

شکل ۲۲-۵- وضعیت مدار در حالت عادی و اتصال کوتاه

عملیات کارگاهی

هدف: آشنایی با وسایل و تجهیزات آزمایشگاهی

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱دستگاه
۲ ـ باتری قلمی وکتابی	ازهرکدام یک عدد
۳ـ اسیلوسکوپ دوکاناله	۱دستگاه
۴ ـ آومتر عقربه‌ای و دیجیتالی	از هرکدام یک دستگاه
۵ ـ برد برد	یک قطعه
۶ ـ LC متر	۱دستگاه
۷ ـ میز آزمایشگاهی	۱دستگاه
۸ ـ سیم چین	۱عدد
۹ ـ سیم لخت کن	۱عدد
۱۰ ـ سیم تلفنی	۲متر
۱۱ ـ سیگنال ژنراتور	۱دستگاه
۱۱ ـ آمپرمتر، ولت‌متر، اهم‌متر آزمایشگاهی	ازهرکدام یک عدد

مدت زمان لازم :۱ ساعت

نکات ایمنی :

۱ـ مدارهای کامل شده را فقط با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

۲ـ قبل از وصل کردن برق مدار مجدداً یکبار دیگر آن را بررسی کنید.

۳ـ در زمان وصل کردن مدارها روی برد بورد[1] مسیرها را بررسی کنید تا پایه‌ها و سیم‌های رابط درست متصل شده باشند.

۴ـ هنگام اتصال منابع تغذیه (باتری‌ها) به بلاریته آنها دقت کنید.

۵ـ اگر از منابع تغذیه الکترونیکی dc استفاده می‌کنید توجه داشته باشید که سیم‌های خروجی دستگاه هیچ وقت به هم وصل نشوند زیرا ممکن است منبع تغذیه شما در مقابل اتصال کوتاه شدن حفاظت نداشته باشد و صدمه ببیند.

۶ـ هنگام استفاده از منابع تغذیه الکترونیکی به میزان جریان دهی آنها توجه کنید.

۷ـ هنگام خارج کردن قطعات از مدار یا اتصال کوتاه کردن آنها منبع تغذیه را حتماً قطع کنید.

۸ـ هنگام انتخاب مقاومت‌های اهمی مورد نیاز به توان مجاز و کد رنگی یا حروف رمزی آنها دقت کنید.

۹ـ هنگام استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری به مقادیر مجاز و نحوه استفاده از آنها دقت کنید.

---

۱ Bread Board

اطلاعات اولیه

ـ منبع تغذیه

در مدارهای الکتریکی جهت تأمین ولتاژ dc مورد نیاز از منابع تغذیه الکترونیکی مشابه شکل (۲۳-۵) استفاده می‌شود.

شکل ۲۳-۵- یک نمونه منبع تغذیه

ـ آمپرمتر

در مدارها از آمپرمتر برای اندازه‌گیری جریان استفاده می‌شود. آمپرمتر سری در مدار قرار می‌گیرد. شکل (۲۴-۵) یک نمونه آمپرمتر آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.

شکل ۲۴-۵- یک نمونه آمپرمتر آزمایشگاهی

ـ ولت‌متر

در مدارها از ولت‌متر برای اندازه‌گیری ولتاژ استفاده می‌شود. ولت‌متر به صورت موازی در مدار قرار می‌گیرد. شکل (۲۵-۵) یک نمونه ولت‌متر آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.

شکل ۲۵-۵- یک نمونه ولت‌متر آزمایشگاهی

ـ اهم‌متر

در مدارها از اهم‌متر برای اندازه‌گیری مقاومت استفاده می‌شود. اهم‌متر سری در مدار قرار می‌گیرد. شکل (۲۶-۵) یک نمونه اهم‌متر آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.

شکل ۲۶-۵- یک نمونه اهم‌متر آزمایشگاهی

- مولتی متر

در اغلب آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها از وسیله‌ای به نام «مولتی‌متر[1]» یا «آومتر» استفاده می‌شود. این وسیله قادر به اندازه‌گیری کمیت‌های ولتاژ، جریان، مقاومت و ... است.

شکل (۵-۲۷) دو نمونه مولتی‌متر عقربه‌ای و دیجیتالی را نشان می‌دهد.

دیجیتالی　　آزمایشگاهی

شکل ۵-۲۷

- برد برد

از جمله وسایل مورد نیاز برای انجام آزمایش‌ها استفاده از صفحات مشبک است. این صفحات «بردبرد» نام دارد. در شکل (۵-۲۸) تصویر یک نمونه برد برد را مشاهده می‌کنید. سوراخ‌های تعبیه شده روی بردبرد برای نصب قطعات مدار روی آن است. سوراخ‌های هر ستون طبق شکل (۵-۲۸-a) با یکدیگر ارتباط دارند. این شرایط برای سوراخ‌هایی که در یک سطر قرار دارند نیز وجود دارد. شکل (۵-۲۸-b) نمایی از پشت بردبرد را نشان می‌دهد که در آن اتصالات سوراخ‌ها به هم نشان داده شده است.

(a)　　(b)

هر ردیف پنج تایی سوراخ‌ها به‌وسیله یک نوار[3] مشترک از پشت به‌هم وصل شده‌اند.

شکل ۵-۲۸- صفحه آزمایش یا بردبرد

امروزه از وسایل دیجیتالی به نام L.C متر جهت سنجش اندوکتانس و ظرفیت خازنی[2] استفاده می‌شود. (شکل ۵-۲۹)

شکل ۵-۲۹- یک نمونه L.C متر

در برخی از آومترهای دیجیتالی و عقربه‌ای نیز قسمتی برای اندازه‌گیری ظرفیت خازن وجود دارد. شکل (۵-۳۰) تصویر یک نمونه از این آومترها را نشان می‌دهد.

شکل ۵-۳۰- یک نمونه آومتر دیجیتالی با رنج ظرفیت سنج

۱- به معنی چند اندازه گیر است و به دستگاه‌هایی اطلاق می‌شود که چند کمیت را می‌توانند اندازه بگیرند.

۲- درباره ابعاد ظرفیت خازنی و اندوکتانس بوبین‌ها بعداً درباره آن صحبت خواهید کرد.

۳- شکل بزرگ شدهٔ بردبرد در صفحه ۳۷۷ ضمیمه آخر کتاب آمده است.

1. Multimeter

ـ پیل الکتریکی

شکل (۳۱-۵) تصویر دو نمونه پیل قلمی - کتابی را نشان می‌دهد. این پیل‌ها در مدارها بعنوان منابع تغذیه تک بکار می‌روند.

شکل ۳۱-۵

ـ سیگنال ژنراتور

شکل (۳۲-۵) دو نمونه سیگنال ژنراتور را نشان می‌دهد. سیگنال ژنراتور- دستگاهی است که قادر است شکل موج‌های مختلف سینوسی ،مربعی ،مثلثی و... را با دامنه‌ها و فرکانس‌های مختلف تولید کند.

(a)

(b)

شکل ۳۲-۵

ـ اسیلوسکوپ

وسیله‌ای که در آزمایشگاه برای مشاهده شکل موج بکار می‌رود، اسیلوسکوپ است در شکل (۳۳-۵) یک نمونه اسیلوسکوپ را مشاهده می کنید.

شکل ۳۳-۵

ـ میز آزمایشگاهی

در اختیار داشتن یک میز آزمایشگاهی مناسب برای انجام آزمایش‌ها سرعت و دقت انجام کار را افزایش می‌دهد. در شکل (۳۴-۵)یک نمونه میز آزمایشگاهی نشان داده شده است.

شکل ۳۴-۵- یک نمونه میز آزمایشگاهی

ـ جعبه ابزار

در هر میز آزمایشگاهی لازم است یکسری وسایل از قبیل سیم‌چین، انبردست، سیم لخت‌کن، هویه ، سیم لحیم و... نیز وجود داشته باشد. زیرا در برخی‌مواقع به آنها نیاز داریم. در شکل (۳۵-۵)دو نمونه جعبه ابزار نشان داده شده است.

(a)

(b)

شکل ۳۵-۵- دو نمونه جعبه ابزار

نکات ایمنی

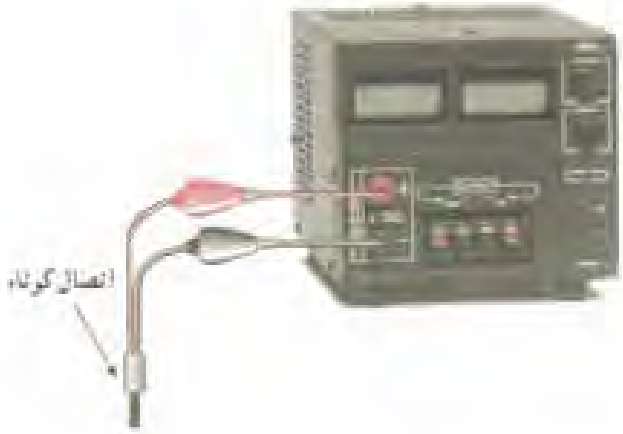
۱ـ مدارهای کامل نشده را فقط با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

۲ـ قبل از وصل کردن برق مدار، یکبار دیگر آن را بررسی کنید.

۳ـ در زمان وصل کردن مدارها روی بردبرد مسیرها را بررسی کنید تا پایه‌ها و سیم‌های رابط درست متصل شده باشند.

۴ـ هنگام خارج کردن قطعات از مدار یا اتصال کوتاه کردن آنها منبع تغذیه را حتماً قطع کنید.

۵ـ هنگام اتصال منابع تغذیه (باتری‌ها) به پلاریته آنها دقت کنید.



۶ـ اگر از منابع تغذیه الکترونیکی dc استفاده می‌کنید توجه داشته باشید که سیم‌های خروجی دستگاه هیچ وقت به هم متصل نشوند. زیرا ممکن است منبع تغذیه شما در مقابل اتصال کوتاه شدن حفاظت نشده باشد و صدمه ببیند.

۷ـ هنگام استفاده از منابع تغذیه الکترونیکی به میزان جریان‌دهی آنها توجه کنید.

۸ـ هنگام انتخاب مقاومت‌های اهمی مورد نیاز به توان مجاز و کد رنگی یا حروف رمزی آنها دقت کنید.

۹ـ هنگام استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری به مقادیر مجاز و نحوه استفاده از آنها دقت کنید.

توضیح :

برای انجام آزمایش‌های پیش‌بینی شده، عملیات کارگاهی توصیه می‌شود در صورت عدم دسترسی به قطعات، وسایل یا میز آزمایشگاهی الکترونیکی مناسب می‌توانید به‌جای مقاومت‌های لازم برای مدارهای سری، موازی و سری ـ موازی از لامپ‌های رشته‌ای ۲۲۰ ولت با مشخصات زیر استفاده کنید.

مقاومت $R_1 = 1\,k\Omega$	معادل لامپی آن ⟵	وات $P_{L_1} = 100\,W$
مقاومت $R_2 = 3/3\,k\Omega$	معادل لامپی آن ⟵	وات $P_{L_2} = 60\,W$
مقاومت $R_3 = 2/7\,k\Omega$	معادل لامپی آن ⟵	وات $P_{L_3} = 40\,W$
مقاومت $R_4 = 5/6\,k\Omega$	معادل لامپی آن ⟵	وات $P_{L_4} = 200\,W$

تذکر خیلی مهم:

خطر برق‌گرفتگی

در مراحل مختلف آزمایش‌های مربوط به مدارهای مقاومتی اگر لامپ‌های رشته‌ای را جایگزین کرده‌اید آزمایش اتصال کوتاه را انجام ندهید. زیرا به‌خاطر بالا بودن مقدار ولتاژ جرقه‌های شدید بوجود می‌آید و احتمال برق‌گرفتگی و آتش سوزی وجود دارد.

عملیات کارگاهی

کارعملی ۱

هدف: بررسی مدارهای مقاومتی سری در جریان مستقیم

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲ ـ پیل ۱/۵ ولتی	۲ عدد
۳ـ بردبرد	۱ عدد
۴ ـ آوومتر دیجیتالی	۱ عدد
۵ ـ آوومتر عقربه‌ای	۱ عدد
۶ـ میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۷ ـ مقاومت‌های اهمی	
۱ وات $R_1 = 1\,k\Omega$	۵ عدد
۱وات $R_2 = 3/3\,k\Omega$	۱ عدد
۱ وات $R_3 = 2/7\,k\Omega$	۱ عدد
۱ وات $R_4 = 5/6\,k\Omega$	۱ عدد
۸ ـ سیم تلفنی	۱/۵ متر
۹ ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱ ـ گیره سوسماری	۶ عدد

مدت زمان لازم : ۳ ساعت

مراحل اجرای آزمایش:

انـدازه‌گیری و محاسبه مقاومـت درمـدار سری

۱ـ مقدار اهم و درصد خطای مقاومت‌های R_1 تا R_4 را با توجه به نوارهای رنگی بخوانید و مقادیر آن‌ها را در جدول (۱-۵) بنویسید.

۲ـ به کمک آوومتر مقدار اهم هر یک از مقاومت‌ها را اندازه بگیرید و در جدول (۱-۵) بنویسید.

۳ـ مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 را مطابق شکل (۳۶-۵) روی بردبرد به‌صورت سری اتصال دهید.

تذکر۱: در اتصال مقاومت‌ها روی بردبرد توجه داشته باشید تا از ردیف‌های مرتبط با هم به شکل صحیح استفاده کنید تا مقاومت‌ها اتصال کوتاه نشوند.

تذکر۲: سیم‌های رابطی را که جهت اتصال مقاومت‌ها به یکدیگر استفاده می‌کنید به اندازه لازم به کاربرید. (شکل ۳۶-۵)

۴ـ کلید رنج اهم‌متر را روی ضریب $R\times1k$ قرار دهید و مقاومت بین دو نقطه A و B را در شکل (۳۶-۵) اندازه‌گیری کنید.

$$R_{AB_1}=$$ ☐

۵ ـ مقاومت R_4 را مطابق شکل (۳۷-۵) به مدار اضافه کنید. و سپس به‌کمک یک اهم‌متر (کلید روی ضریب $R\times1k$) مقاومت مدار را بین نقطه A و B اندازه‌گیری کنید.

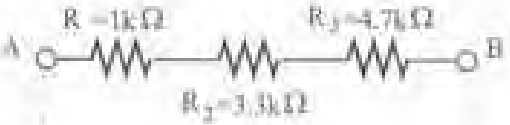
$$R_{AB_2}=$$ ☐

۶ ـ مطابق شکل (۳۸-۵) دو مقاومت R_1 و R_4 را از مدار خارج کنید و سپس با استفاده از اهم‌متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

$$R_{AB_3}=$$ ☐

جدول ۱-۵

مقاومت	نوارهای رنگی	مقدار اهم و تلرانس خوانده شده	مقدار اندازه‌گیری شده
R_1			
R_2			
R_3			
R_4			



a) شکل مدار

b) تصویر واقعی مدار

(شکل ۳۶-۵)

(شکل ۳۷-۵)

(شکل ۳۸-۵)

۷ـ مداری را مطابق شکل (۳۹-۵) تشکیل دهید. سپس با استفاده از یک قطعه سیم دو طرف مقاومت R_4 را به یکدیگر وصل کنید. (اتصال کوتاه) در این حالت مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

R_{AB_4} = [ ]

شکل ۳۹-۵

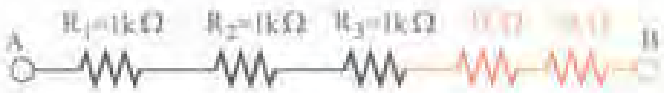
۸ـ سه مقاومت ۱kΩ مطابق شکل (۴۰-۵) به‌صورت سری اتصال دهید و توسط اهم‌متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه‌گیری کنید.

R_{AB_5} = [ ]

شکل ۴۰-۵

۹ـ به مدار شکل (۴۰- ۵) مطابق شکل (۴۱- ۵) دو مقاومت ۱kΩ را به صورت سری اضافه کنید و مجدداً با استفاده از اهم‌متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

R_{AB_6} = [ ]



شکل ۴۱-۵

۱۰ـ مقادیر بدست آمده در مدارهای شکل (۴۰-۵) و شکل (۴۱-۵) را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

۱۱ـ با اضافه کردن مقاومت R_4 به شکل (۳۷-۵) یا برداشتن مقاومت‌های R_1 و R_4 در شکل (۳۸-۵) مقاومت معادل بین دو نقطه A و B در حالات مختلف چه تغییری کرده‌اند؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۲ـ در صورت اتصال کوتاه شدن یکی از مصرف‌کننده‌های مدار سری، مقاومت معادل مدار چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال‌های

۱۰ .....

.....

.....

.....

۱۱ .....

.....

.....

.....

۱۲ .....

.....

.....

.....

۱۳ـ آیا نتایج بدست آمده از مراحل مختلف آزمایش با مطالب تئوری و روابط مطابقت دارد؟ با ذکر نمونه شرح دهید.

۱۳:.....

.....

توجه: درصورتیکه پس از انجام آزمایش نتیجه مورد نظر بدست نیامد یا پاسخ‌ها صحیح نبودند، قطعات، وسایل اندازه‌گیری و مدار اتصال داده شده را بررسی کنید و مراحل آزمایش را مجدداً تکرار کنید.

□ اندازه‌گیری و محاسبه شدت جریان در مدار سری

۱ـ مدار شکل (۴۲-۵) را روی برد بیندید.

تذکر: دقت کنید که آمپرمتر به صورت سری در مدار قرار گیرد و حداقل رنج انتخاب شده برای ۱ mA باشد.

۲ـ منبع تغذیه dc را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت R_1 را اندازه بگیرید.

$I_{R_1} =$ ☐

۳ـ منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن آمپرمتر را مطابق شکل (۴۳-۵) تغییر دهید.

۴ـ کلید منبع تغذیه را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت R_2 را اندازه بگیرید.

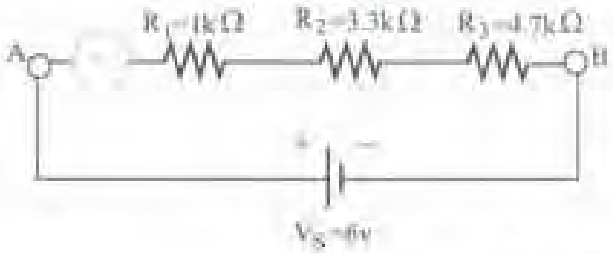
$I_{R_2} =$ ☐

۵ـ منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن آمپرمتر را مطابق شکل (۴۴-۵) تغییر دهید.

۶ـ کلید منبع تغذیه را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت R_3 را اندازه بگیرید.

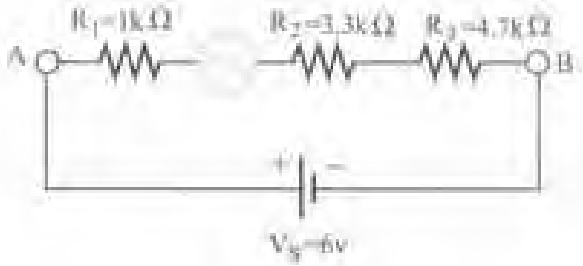
$I_{R_3} =$ ☐

a) تصویر واقعی مدار

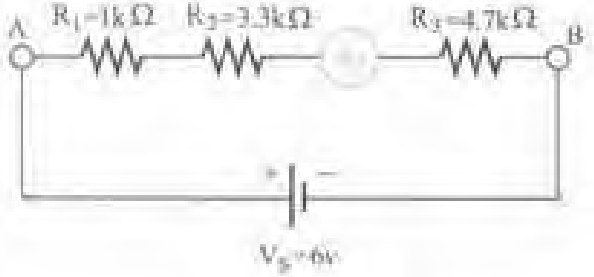


b) تصویر مدار

شکل ۴۲-۵



شکل ۴۳-۵



شکل ۴۴-۵

۷ـ در آخرین مرحله آمپرمتر را در مسیر ورودی جریان به مدار قرار دهید و جریان کل مدار را اندازه بگیرید. (شکل ۵-۴۵)

$I_T =$ ☐

۸ـ از مقایسه جریان‌های بدست آمده با یکدیگر چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

۹ـ آیا نتایج بدست آمده در این آزمایش با مطالب تئوری و روابط توضیح داده شده، مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۱۰ـ آیا بر اساس نتایج بدست آمده در این آزمایش می‌توان مقاومت کل مدار را به دست آورد؟ در صورتی که امکان دارد محاسبه کنید.

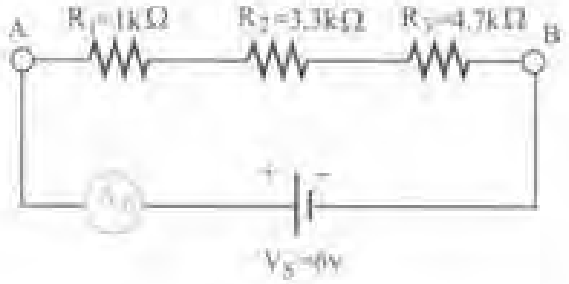
۱۱ـ مدار شکل (۵-۴۶) را اتصال دهید. در شرایطی که منبع تغذیه خاموش است با تکه سیمی دو سر مقاومت R_1 را اتصال کوتاه کنید. حداقل رنج آمپرمتر باید روی عدد ۲mA باشد.

۱۲ـ منبع تغذیه را وصل نموده و جریان مدار را در این حالت اندازه بگیرید. (جریان درحالتی که R_1 اتصال کوتاه است)

$I_{TSC} =$ ☐

۱۳ـ از مقدار بدست آمده I_{TSC} (جریان اتصال کوتاه مدار در حالتی که R_1 اتصال کوتاه است) چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۱۴ـ برای حفاظت مدار (۵-۴۶) در مقابل اتصال کوتاه چه قطعه‌ای را پیشنهاد می‌کنید؟



شکل ۵-۴۵

پاسخ سؤال‌های

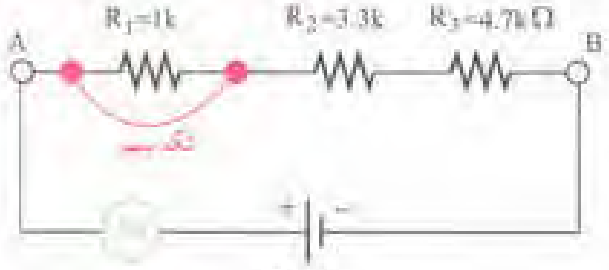
۸.....

.....

۹.....

.....

۱۰.....



شکل ۵-۴۶

پاسخ سؤال‌های

۱۲.....

.....

۱۳.....

.....

۱۴.....

.....

☐ اندازه‌گیری ومحاسبه ولتاژ درمدارسری

۱ـ مدار شکل (۴۷-۵) را روی بردبُرد ببندید.

تذکر: دقت کنید که ولت‌متر در سر مصرف گشنده به صورت موازی قرار گیرد و حداقل رنج انتخاب شده برای آن ۵V باشد.

۲ـ با وصل منبع تغذیه افت ولتاژ دو سر مقاومت R_1 را اندازه بگیرید.

V_{R_1} = ☐

۳ـ منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن ولت‌متر را مطابق شکل (۴۸-۵) تغییر دهید و ولتاژ دو سر مقاومت R_2 را اندازه بگیرید.

V_{R_2} = ☐

بار دیگر مطابق شکل (۴۹-۵) برای بدست آوردن ولتاژ دوسر مقاومت ولت‌متر را در مدار قرار دهید.

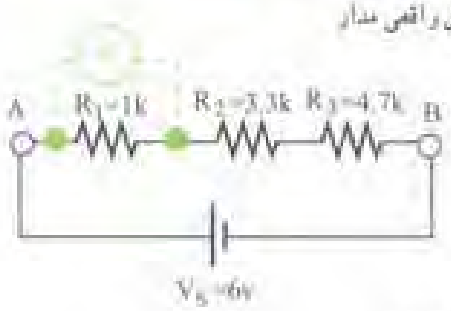
V_{R_3} = ☐

۴ـ ولت‌متر را به دو سر منبع تغذیه اتصال داده وولتاژ خروجی آن را اندازه‌گیری کنید.

V_S = ☐

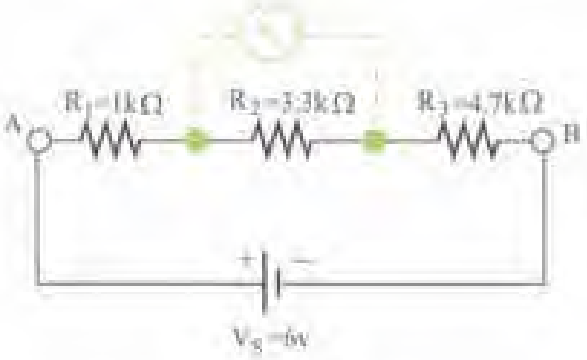
۵ـ از مقایسه مقادیر ولتاژهای بدست آمده در مراحل ۲ تا ۴ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

a) شکل واقعی مدار

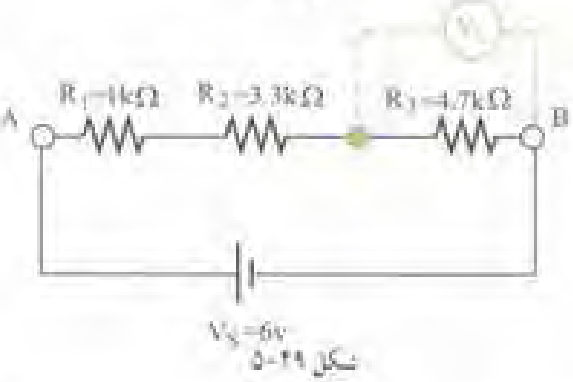


b) شکل مدار

شکل ۴۷-۵



شکل ۴۸-۵



شکل ۴۹-۵

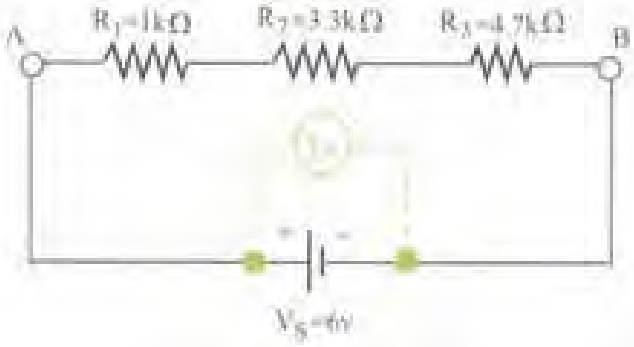
پاسخ سؤال

۵ .....

.....

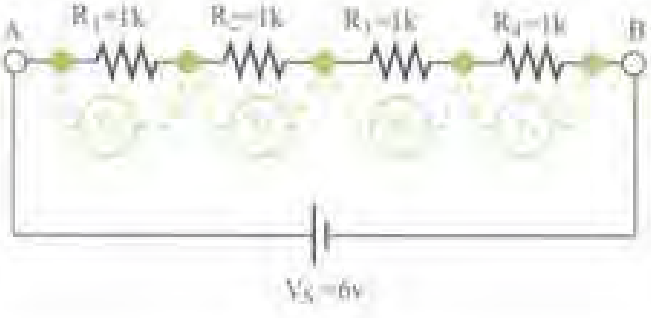
۶ـ آیا نتایج بدست آمده با مطالب تئوری و روابط مربوط به آن مطابقت دارد؟ با ذکر دلیل شرح دهید.

۷ـ آیا بر اساس نتایج آزمایش‌ها می‌توان جریان کل مدار و جریان هر یک از مقاومت‌ها را بدست آورد؟



شکل ۵-۵۰

۸ـ مدار شکل مقابل را روی بردبُرد اتصال دهید و طی مراحل مختلف و با انتقال ولت‌متر ولتاژ دو سر هریک از مقاومت‌ها را اندازه‌گیری کنید. توجه داشته باشید که کلید رنج ولت‌متر حداقل روی ۵ ولت باشد.



شکل ۵-۵۱

V_{R_1} = ☐

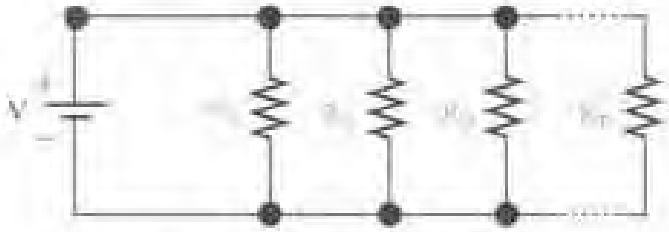
V_{R_2} = ☐

V_{R_3} = ☐

V_{R_4} = ☐

پاسخ سؤال

۹ـ از مقادیر بدست آمده در مدار شکل (۵-۵۱) چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.



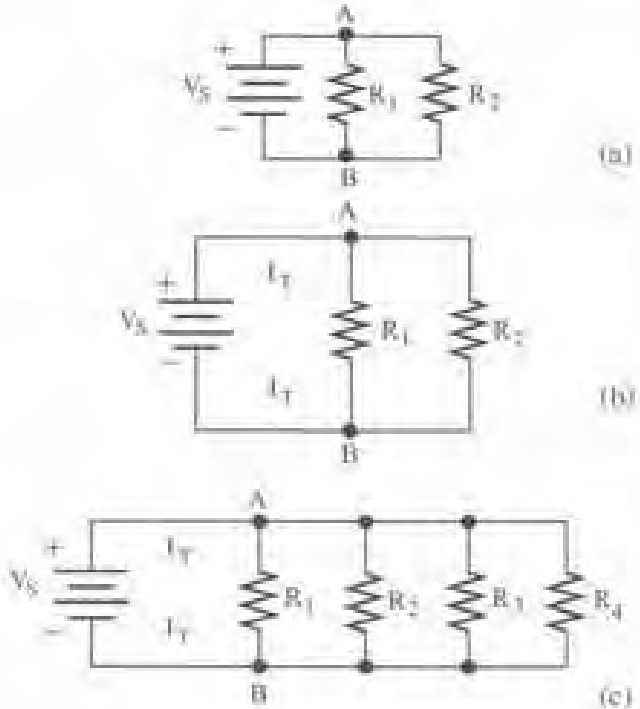
شکل ۵۲-۵-اتصال چهار مقاومت موازی

۲-۱-۵ - اتصال موازی مقاومت‌ها :اگر دو یا (n) مقاومت به ترتیبی اتصال داده شوند که یک طرف هریک از آنها به یکدیگر و طرف دیگر آنها نیز به یکدیگر متصل شوند این اتصال را «اتصال موازی»[1] می‌گویند.

شکل (۵۲-۵) تصویر چهار مقاومت را که به صورت موازی اتصال دارند نشان می‌دهد.

شکل ۵۳-۵-اتصال سه لامپ به صورت موازی

در شکل (۵۳-۵) سه لامپ را که به صورت موازی بسته شده‌اند مشاهده می‌کنید.



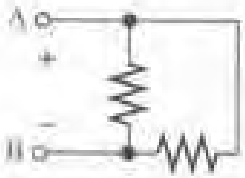
شکل ۵۴-۵- چند نمونه از مدارهای موازی

در شکل (۵۴-۵) نمونه‌های دیگری از مدارهای موازی را مشاهده می‌کنید. در این مدارها یک طرف مقاومت‌ها در نقطه A و طرف دیگر مقاومت‌ها در نقطه B به هم وصل شده‌اند.

بین دو نقطه A و B قطب‌های (+) و (-) باتری اتصال داده شده است.

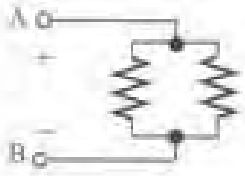
1-Parallel

آرایش مقاومت‌های موازی می‌تواند به شکل‌های گوناگون باشد. برای تشخیص موازی بودن مقاومت‌ها باید به نقاط ابتدا و انتهای آنها توجه کنید. (شکل ۵۵-۵)



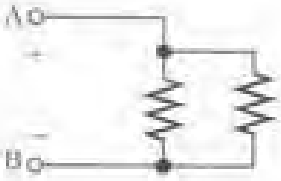
(a)

ـ دو مقاومت به صورت موازی، دو مسیر جریان



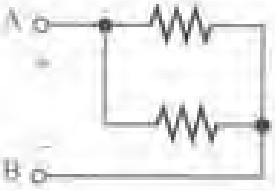
(b)

ـ دو مقاومت به صورت موازی، دو مسیر جریان



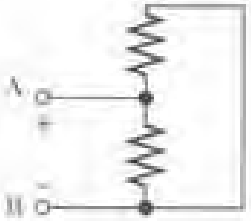
(c)

ـ دو مقاومت به صورت موازی، دو مسیر جریان



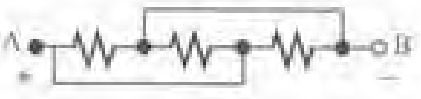
(d)

ـ دو مقاومت به صورت موازی، دو مسیر جریان



(e)

ـ دو مقاومت به صورت موازی، دو مسیر جریان



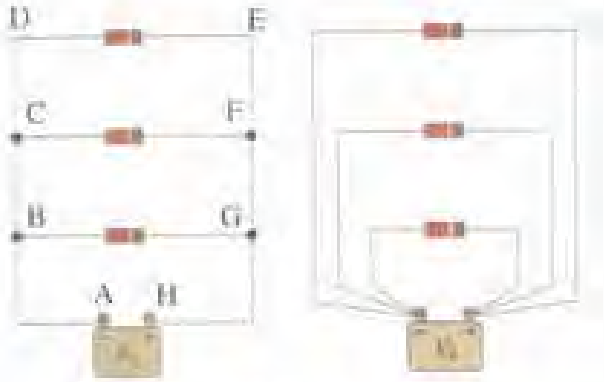
(f)

ـ سه مقاومت به صورت موازی، سه مسیر جریان

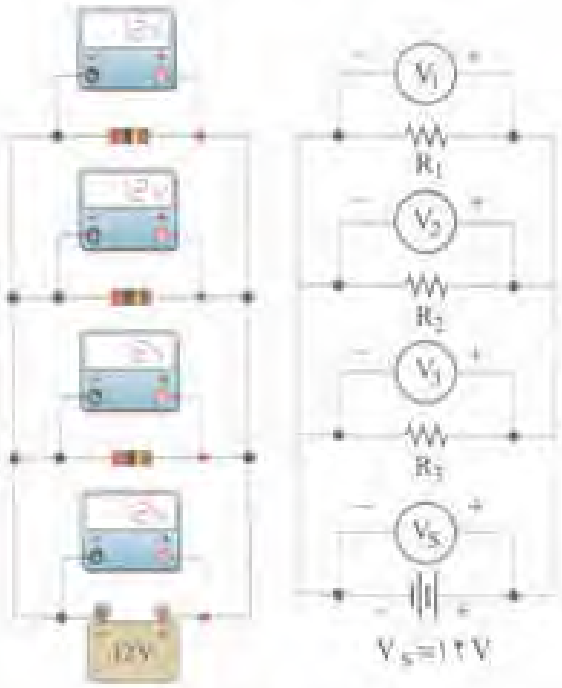
شکل ۵۵-۵ - آرایش‌های مختلف مدارهای موازی

برای تحلیل مدارهای موازی می‌توانیم به ترتیب زیر عمل کنیم:

ـ **عامل مشترک در مدار موازی:** در مدارهای موازی چون دو سر هر مقاومت مستقیماً به دو سر باتری متصل است بنابراین ولتاژ دو سر همه مقاومت‌ها با هم مساوی است. مساوی بودن ولتاژ در مدار موازی به عنوان عامل مشترک مدار در نظر گرفته می‌شود. با اتصال مداری طبق شکل(۵۶-۵) مطلب فوق تأیید می‌شود.



a) شکل واقعی اتصال مقاومت ها



b) شکل مداری با وسایل اندازه‌گیری

شکل ۵۶-۵- مدار با چهار مقاومت موازی و وسایل اندازه‌گیری

پس برای مدارهای موازی می‌توان رابطه زیر را نوشت:

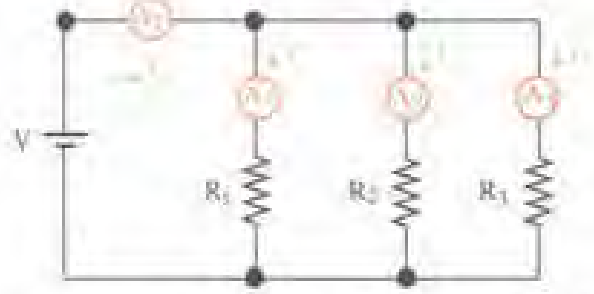
$$V_1 = V_2 = V_3 = \ldots\ldots = V_5$$

یعنی:

$$V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = \ldots\ldots = V_5$$

ـ **عامل غیر مشترک در مدار موازی:** عاملی که در مدارهای موازی دارای مقدار ثابتی برای تمام عناصر مدار نیست را «عامل غیرمشترک» می‌نامیم. جریان در هر شاخه یک مدار موازی به نسبت عکس مقدار مقاومت‌های هر شاخه تقسیم می‌شود، زیرا طبق قانون اهم $I = \frac{V}{R}$ است.

با اتصال مداری مطابق شکل (۵۷-۵) هر یک از آمپرمترهای A_1 و A_2 و A_3 و A_4 جریانی مشخص را نشان می‌دهند.



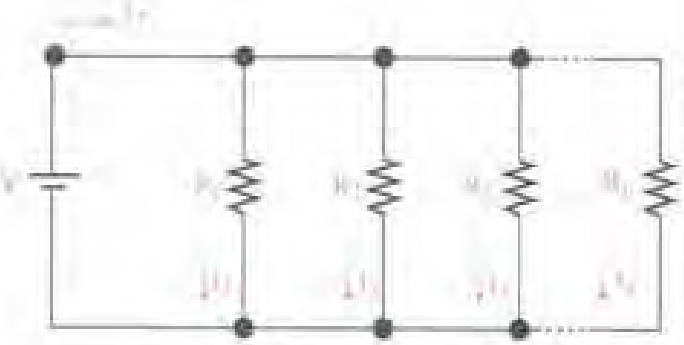
شکل ۵۷-۵- بررسی جریان‌های هر شاخه و جریان کل در مدار موازی

جریان کل (I_T) که توسط آمپرمتر A نشان داده می‌شود از قانون KCL پیروی می‌کند. رابطه جریان کل را می‌توان بر اساس این قانون به‌صورت مقابل نوشت.

$$I_{A_1} = I_{A_2} + I_{A_3} + I_{A_4}$$ یعنی: $$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

ـ **مقاومت معادل در مدار موازی:** برای محاسبه مقاومت معادل در مدار موازی شکل (۵-۵۸) می‌توان از رابطه نهایی R_T زیر استفاده کرد.

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



شکل ۵۸-۵- بررسی مقاومت معادل در مدار موازی

نحوه بدست آوردن رابطه مزبور به شرح زیر است.

خصوصیات مدار موازی

$$\begin{cases} V = V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = \dots = V_{R_n} & (1) \\ I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n & (2) \end{cases}$$

با توجه به قانون اهم برای هر مقاومت مطابق ستون مقابل می‌توان نوشت:

جریان عبوری از مقاومت R_1	$I_1 = \frac{V}{R_1}$
جریان عبوری از مقاومت R_2	$I_2 = \frac{V}{R_2}$
جریان عبوری از مقاومت R_3	$I_3 = \frac{V}{R_3}$
جریان عبوری از مقاومت R_n	$I_n = \frac{V_n}{R_n}$
جریان عبوری از کل مدار	$I_T = \frac{V}{R_T}$

حال مقادیر جریان‌ها را در معادله (۲) قرار می‌دهیم و از V در طرف دوم معادله فاکتور می‌گیریم.

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

از V در طرف دوم فاکتور می‌گیریم.

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

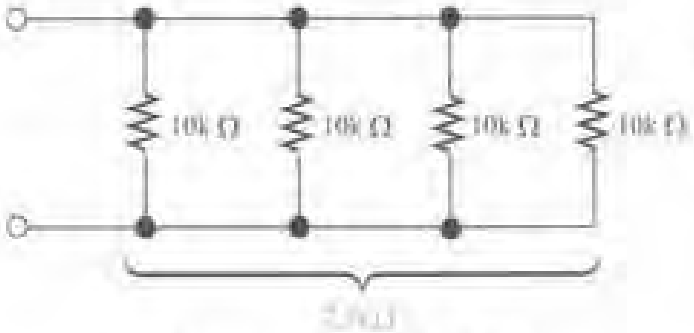
مقدار V از دو طرف معادله حذف می‌شود و معادله نهایی به صورت مقابل خواهد شد

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

ـ حالات خاص در مدارهای موازی:

■ اگر چند مقاومت مساوی طبق شکل(۵۹-۵) بطور موازی به یکدیگر اتصال داده شوند مقدار مقاومت معادل از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$R_T = \frac{R}{n}$$

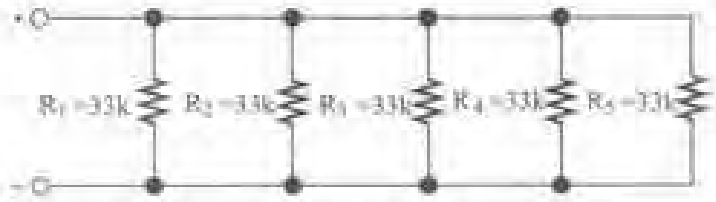


شکل ۵۹-۵- چهار مقاومت مساوی موازی

که در این رابطه R - مقدار یک مقاومت و n - تعداد مقاومت‌ها می‌باشد.

$$R_T = \frac{10}{4} = 2/5\,k\Omega$$

مثال: مقدار مقاومت معادل مدار شکل (۶۰-۵) چند کیلو اهم است؟



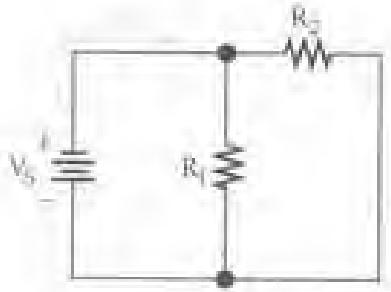
شکل ۶۰-۵

$$R_T = \frac{33}{5} = 6/6\,k\Omega$$

نکته مهم: مقدار مقاومت معادل هر مدار موازی از کوچکترین مقاومت موجود در مدار نیز کمتر است.

■ اگر دو مقاومت را به صورت موازی متصل دهیم مقدار مقاومت معادل یا استفاده از رابطه اصلی (R_T) به صورت زیر خلاصه می‌شد.

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

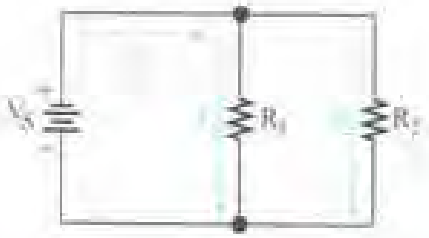


شکل ۶۱-۵

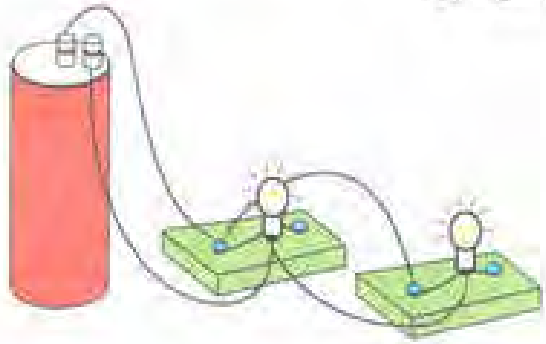
■ جریان‌های هر شاخه را در دو مقاومت موازی شکل (۶۲-۵) با استفاده از جریان کل (I_T) می‌توان محاسبه کرد.

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

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



a) شکل مداری



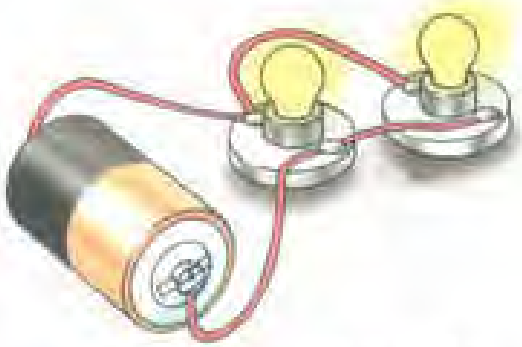
b) شکل واقعی

شکل ۶۲-۵- دو مقاومت موازی

مثال: دو لامپ با مقاومت داخلی ۴Ω مطابق شکل (۶۳-۵) با هم موازی می‌شوند و به باتری ۱/۵ ولتی اتصال می‌یابند و در صورتی که جریان کل عبوری از مدار ۱/۵ A باشد جریان هریک از لامپ‌ها چقدر است؟

$$I_1 = I\frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow I_1 = 1/5 \times \frac{4}{4+4} = 0/75\ A$$

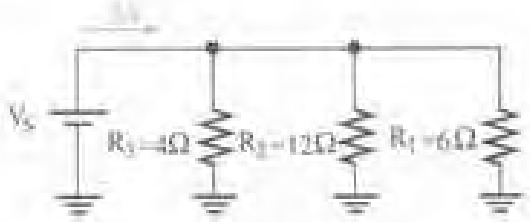
$$I_2 = I\frac{R_1}{R_1 + R_2} \Rightarrow I_2 = 1/5 \times \frac{4}{4+4} = 0/75\ A$$



شکل ۶۳-۵- اتصال دو لامپ به صورت موازی

نکته مهم: در دو شاخه موازی، جریان هر شاخه از حاصل‌ضرب جریان کل در مقدار مقاومت شاخه‌ای که جریان آن مورد نظر است تقسیم بر مجموع دو مقاومت به دست می‌آید.

مثال: مقاومت معادل و ولتاژ کل را در شکل (۶۴-۵) به دست آورید.



شکل ۶۴-۵

حل:

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

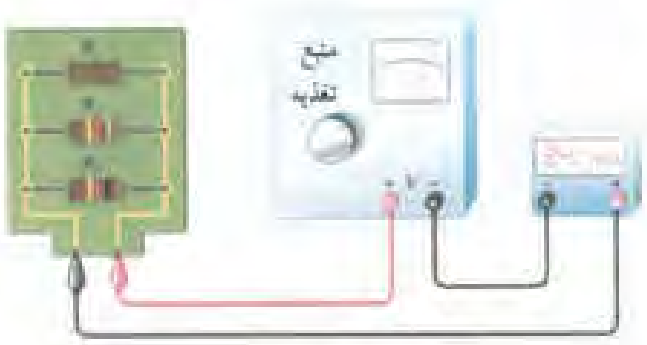
$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{6}+\frac{1}{12}+\frac{1}{4}\Rightarrow\frac{1}{R_T}=\frac{2+1+3}{12}=\frac{6}{12}$$

$$R_T=\frac{12}{6}=2\,\Omega$$

$$V_S=R_T.I_T\Rightarrow V_S=5\times 2$$

$$V_S=10\,V$$

مثال: مقدار مقاومت R_1 شکل (۶۵-۵) را بدست آورید.



شکل ۶۵-۵

حل:

$$(R_2=1k\Omega\quad ,R_3=1/8k\Omega)$$

$$R_T=\frac{V}{I_T}=\frac{12\,V}{22/1\,mA}=548\,\Omega$$

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\Rightarrow\frac{1}{R_1}=\frac{1}{R_T}-\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)$$

$$\frac{1}{R_1}=\frac{1}{548\,\Omega}-\left(\frac{1}{1/8k\Omega}+\frac{1}{1k\Omega}\right)$$

$$R_1=2/31\,k\Omega$$

نکات ایمنی

۱ـ مدارهای کامل شده را فقط با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

۲ـ قبل از وصل کردن برق مدار، یکبار دیگر آن را بررسی کنید.

۳ـ در زمان وصل کردن مدارها روی بردبُرد مسیرها را بررسی کنید تا پایه‌ها و سیم‌های رابط درست متصل شده باشند.

۴ـ هنگام خارج کردن قطعات از مدار یا اتصال کوتاه کردن آنها منبع تغذیه را حتماً قطع کنید.

۵ـ هنگام اتصال منابع تغذیه (باتری‌ها) به بلاریته آنها دقت کنید.

۶ ـ اگر از منابع تغذیه الکترونیکی dc استفاده می‌کنید توجه داشته باشید که سیم‌های خروجی دستگاه هیچ وقت به هم متصل نشوند. زیرا ممکن است منبع تغذیه شما در مقابل اتصال کوتاه شدن حفاظت نشده باشد و صدمه ببیند.

۷ـ هنگام استفاده از منابع تغذیه الکترونیکی به میزان جریان‌دهی آنها توجه کنید.

۸ ـ هنگام انتخاب مقاومت‌های اهمی مورد نیاز به توان مجاز و کد رنگی یا حروف رمزی آنها دقت کنید.

۹ـ هنگام استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری به مقادیر مجاز و نحوه استفاده از آنها دقت کنید.

عملیات کارگاهی

کارعملی ۲

هدف: بررسی مدارهای مقاومتی موازی در جریان مستقیم

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱دستگاه
۲ـ پیل ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۳ـ بردبرد	۱عدد
۴ـ آوومتردیجیتالی	۱عدد
۵ـ آوومتر عقربه‌ای	۱عدد
۶ـ میز آزمایشگاهی	۱دستگاه
۷ـ مقاومت‌های اهمی	
۱ وات $R_1 = 1\,k\Omega$	
۱وات $R_2 = 3/3\,k\Omega$	
۱ وات $R_3 = 4/7\,k\Omega$	
۱ وات $R_4 = 5/6\,k\Omega$	
۸ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۹ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱ـ گیره سوسماری	۶ عدد

مدت زمان لازم : ۲/۵ ساعت

موضوع الف ـ اندازه‌گیری و محاسبه مقاومت در مدار موازی:

۱ـ مقدار اهم و درصد خطای مقاومت‌های R_1 تا R_4 را با توجه به نوارهای رنگی به دست آورید و در جدول (۵-۱) یادداشت کنید.

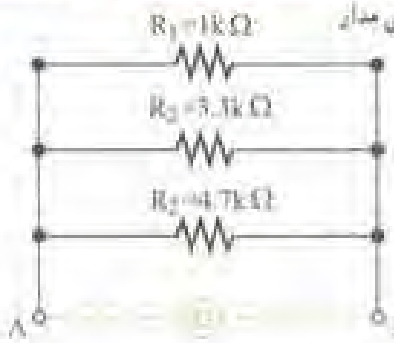
جدول ۵-۱

مقاومت	نوارهای رنگی	مقدار اهم و تلرانس طراحی شده	مقدار اندازه‌گیری شده
R_1			
R_2			
R_3			
R_4			

۲ـ حوزه کار اهم متر را روی $R \times 1k$ قرار دهید و اهم هر یک از مقاومت‌ها را اندازه بگیرید و در جدول مقابل ثبت کنید.

a) شکل واقعی مدار

۳ـ مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 را مطابق شکل (۵-۶۶) روی بردبرد به‌صورت موازی اتصال دهید.



b) شکل مداری

شکل ۵-۶۶

۴ـ کلید رنج اهم‌متر را روی ضریب $R \times 1k$ قرار دهید و مقاومت بین دو نقطه A و B را در شکل (۵-۶۶) اندازه‌گیری کنید.

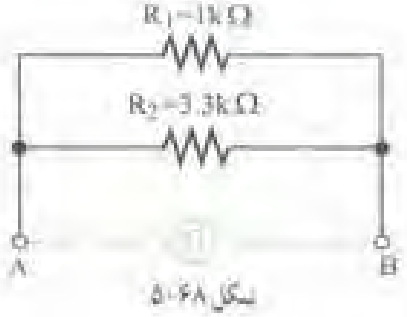
$$R_{AB_1} = \square$$

۵ـ مقاومت R_4 را مطابق شکل (۵-۶۷) به مدار اضافه کنید. و کلید اهم‌متر را روی ضریب $R \times 1k$ قرار دهید. مقاومت مدار را بین نقطه A و B اندازه‌گیری کنید.

شکل ۵-۶۷

$$R_{AB_2} = \square$$

۶ـ مطابق شکل (۵-۶۸) دو مقاومت R_3 و R_4 را از مدار خارج کنید به وسیله اهم‌متر مقاومت معادل مدار را بین دو نقطه A و B اندازه‌گیری کنید.

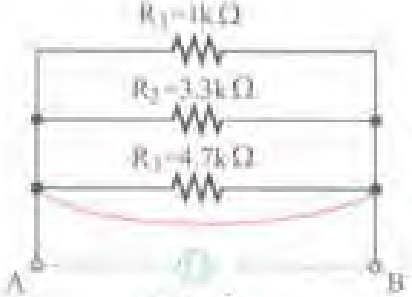


شکل ۵-۶۸

$$R_{AB_3} = \square$$

۷ـ مداری را مطابق شکل (۶۹-۵) اتصال دهید و با یک قطعه سیم دو طرف مقاومت R_4 را به یکدیگر وصل کنید. (اتصال کوتاه) مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

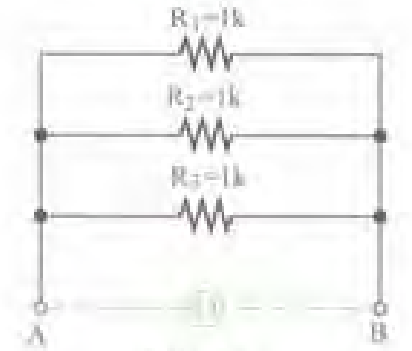
$R_{AB_4} =$ ☐



شکل ۶۹-۵

۸ـ سه مقاومت ۱kΩ را مطابق شکل (۷۰-۵) به صورت موازی اتصال دهید و با اهم‌متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه‌گیری کنید.

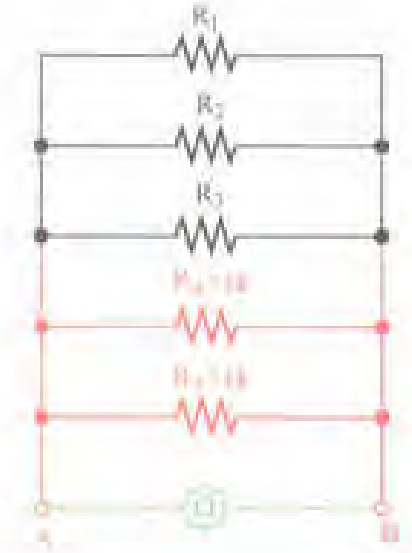
$R_{AB_5} =$ ☐



شکل ۷۰-۵

۹ـ به مدار شکل (۷۱-۵) دو مقاومت ۱kΩ را به صورت موازی طبق شکل (۷۰-۵) اضافه کنید. با اهم‌متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

$R_{AB_6} =$ ☐



a) شکل مداری

b) شکل واقعی مدار

شکل ۷۱-۵

۱۰ـ از مقادیر بدست آمده R_{AB_5} در مرحله ۸ و R_{AB_6} در مرحله ۹ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ:
.....
.....

۱۱ـ با اضافه کردن مقاومت R_4 به شکل (۶۶-۵) یا کم کردن مقاومت‌های R_3 و R_4 طبق شکل (۶۸-۵) مقاومت معادل مدار بین دو نقطه A و B چگونه تغییر کرده است؟ چرا؟ شرح دهید.

پاسخ:
.....
.....

۱۲ـ در صورت اتصال کوتاه شدن یکی از مصرف‌کننده‌های مدار موازی، مقاومت معادل مدار چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۳ـ آیا نتایج بدست آمده از مراحل مختلف آزمایش با مطالب تئوری و روابط مربوط به مدار موازی مطابقت دارد؟ شرح دهید. (با ذکر دلیل)

۱۴ـ در صورتی که پس از انجام آزمایش نتیجه‌ای قابل قبول بدست نیامد، یا پاسخ‌ها صحیح نبود، قطعات، وسایل اندازه‌گیری و مدار را بررسی کنید و مراحل آزمایش را مجدداً انجام دهید.

موضوع ب ـ اندازه‌گیری و محاسبه شدت جریان در مدار موازی

۱ـ مدار شکل (۵-۷۲) را روی برد بیندید.

تذکر: دقت کنید که آمپرمتر در مدار سری بسته شود و حداقل رنج انتخاب شده برای آن ۱۰۰mA باشد.

۲ـ منبع تغذیه dc را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت R_1 را اندازه بگیرید.

$I_{R_1} =$ ☐

۳ـ منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن آمپرمتر را مطابق شکل (۵-۷۳) تغییر دهید.

۴ـ کلید منبع تغذیه را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت R_2 را اندازه بگیرید.

$I_{R_2} =$ ☐

۵ـ منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن آمپرمتر را مطابق شکل (۵-۷۴) تغییر دهید.

۶ـ کلید منبع تغذیه را وصل کنید و جریان مقاومت R_3 را اندازه بگیرید.

$I_{R_3} =$ ☐

پاسخ سؤال‌های

۱۲ .....

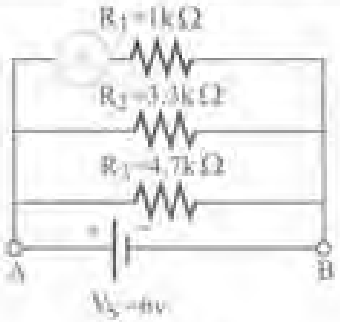
.....

۱۳ .....

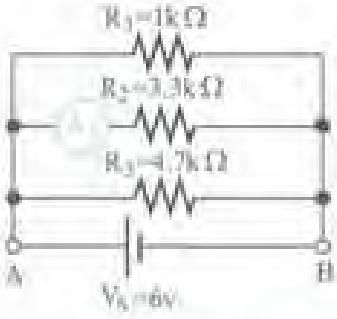
.....

۱۴ .....

.....



شکل ۵-۷۴



شکل ۵-۷۳

a) شکل واقعی مدار

b) شکل مداری

شکل ۵-۷۴

موضوع پ - اندازه‌گیری و محاسبه ولتاژ در مدار موازی

۱ـ مدار شکل (۵-۷۵) را روی برد بیندید.

تذکر: دقت کنید که ولت‌متر باید به صورت موازی در دو سر مصرف‌کننده قرار گیرد و حداقل رنج را برای ولت‌متر ۱۰V انتخاب کنید.

۲ـ کلید منبع تغذیه را وصل کنید و افت ولتاژ دو سر مقاومت R_1 را قرائت نمائید.

$V_{R_1} =$ ☐

۳ـ منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن ولت‌متر را مطابق شکل (۵-۷۶) برای بدست آوردن ولتاژ مقاومت R_2 تغییر دهید.

۴ـ منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ دو سر مقاومت R_2 را اندازه بگیرید.

$V_{R_2} =$ ☐

۵ـ منبع تغذیه را خاموش کنید و ولت‌متر را برای بدست آوردن ولتاژ دو سرمقاومت R_3 وصل کنید.

۶ـ منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ دو سر مقاومت R_3 را اندازه بگیرید.

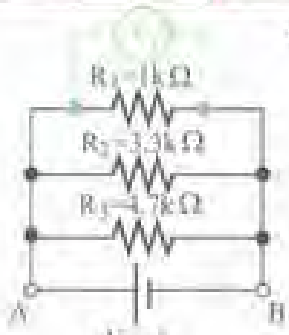
$V_{R_3} =$ ☐

۷ـ ولت‌متر را به دو سرمنبع تغذیه اتصال داده و ولتاژ باتری را اندازه بگیرید.

$V_S =$ ☐

۸ـ از مقایسه مقادیر ولتاژهای بدست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

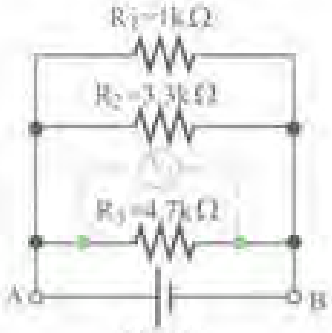
a) شکل واقعی مدار



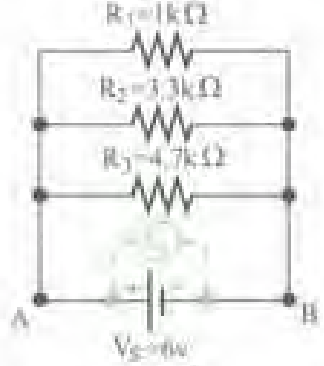
b) شکل مداری

شکل ۵-۷۵

شکل ۵-۷۶



شکل ۵-۷۷



شکل ۵-۷۸

۹ـ آیا نتایج بدست آمده با مطالب تئوری و روابط مربوط به آن مطابقت دارد؟

۱۰ـ آیا بر اساس نتایج بدست آمده از آزمایش‌ها جریان کل و جریان هر یک از مقاومت‌ها را می‌توان بدست آورد؟

۱۱ـ در آخرین مرحله، آمپرمتر را در مسیر ورودی جریان به مدار قرار دهید و طبق شکل (۷۹-۵) جریان کل مدار را اندازه بگیرید. در این حالت باید کلید رنج آمپرمتر حداقل ۱۰۰ mA باشد.

$I_T =$ ☐

۱۲ـ از مقایسه جریان‌های اندازه‌گیری شده با یکدیگر چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۱۳ـ آیا نتایج بدست آمده از آزمایش با مطالب تئوری و روابط مربوط به آن مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۱۴ـ آیا براساس نتایج بدست آمده از آزمایش مرحله ۱۰ می‌توان مقاومت کل مدار را بدست آورد؟ محاسبه کنید.

۱۵ـ در شرایطی که منبع تغذیه خاموش است مدار شکل (۸۰-۵) را اتصال دهید و با یک قطعه سیم دو سر مقاومت R_1 را اتصال کوتاه کنید.

توجه:
۱۶ـ هیچگاه منبع تغذیه را در این حالت وصل نکنید.

۱۷ـ چرا در حالت اتصال کوتاه مدار موازی، منبع تغذیه را نباید وصل کرد؟ شرح دهید.

۱۸ـ برای حفاظت مدار شکل (۸۰-۵) در مقابل اتصال کوتاه، چه قطعه‌ای را پیشنهاد می‌کنید؟

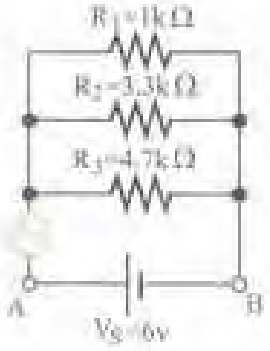
پاسخ سؤال‌های

۹.....

.....

۱۰.....

.....



شکل ۷۹-۵

پاسخ سؤال‌های

۱۲.....

.....

۱۳.....

.....

۱۴.....

.....

۱۷.....

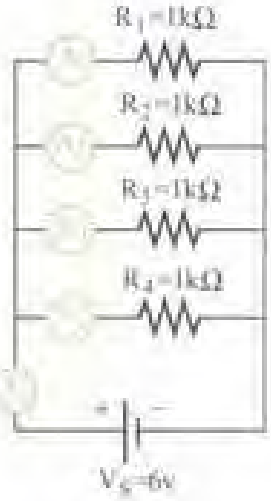
.....

۱۸.....

.....

شکل ۸۰-۵

۱۹ـ مدار شکل (۸۱-۵) را روی بردبورد متصل دهید و در مراحل جداگانه جریان هریک از مقاومت‌ها را اندازه‌گیری کنید. (کلید رنج آمپرمتر حداقل روی ۱۰ mA باشد.)



شکل ۸۱-۵

I_{R_1} = ☐

I_{R_2} = ☐

I_{R_3} = ☐

I_{R_4} = ☐

I_T = ☐

۲۰ـ از مقادیر بدست آمده در مدار شکل (۸۱-۵) چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

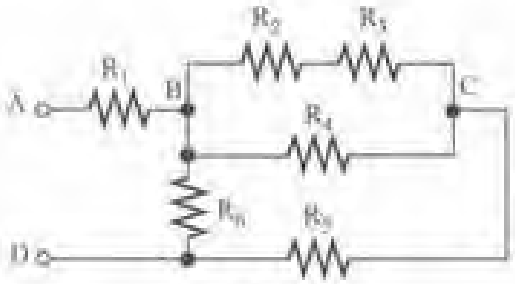
پاسخ سؤال

۲۰:.....

.....

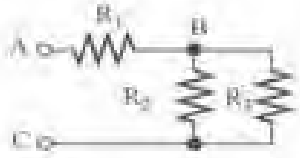
۳ـ۱ـ۵ ـ اتصال ترکیبی «سری- موازی»

مقاومت‌ها: مدارهای «سری- موازی» به مدارهایی گفته می‌شود که برخی از عناصر موجود در آن به صورت سری و تعدادی دیگر بصورت موازی قرار گیرند. شکل (۸۲-۵) نمونه‌ای از این نوع مدارها را نشان می‌دهد.



شکل ۸۲-۵

در محاسبه مقاومت معادل این‌گونه مدارها باید به نکات زیر توجه کنید.



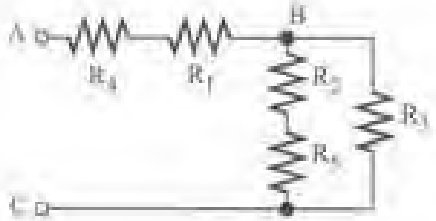
مقاومت‌های R_2 R_3 موازی و با R_1 آنها سری است.

(a)

(b)

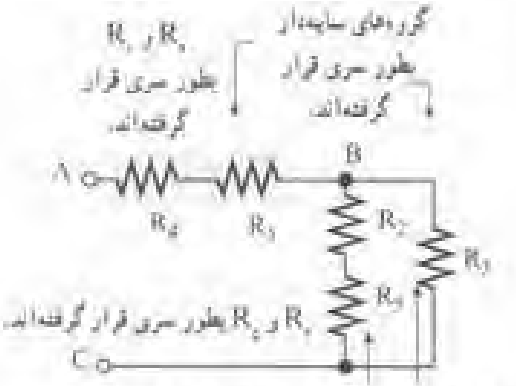
شکل ۸۳-۵

۱ـ برای ساده کردن مدار باید از انتهای مدار، یعنی نقاطی که منبع تغذیه وجود ندارد یا نقاط باز مشخص شده در مدار هستند آغاز کنیم.



(a)

۲ـ برای محاسبه R_T در هر قسمت مدار، لازم است از روابط مقاومت معادل در مدارهای سری و مدارهای موازی استفاده کنیم. (شکل‌های ۸۳-۵ و ۸۴-۵)



گروه‌های این رنگ بطور موازی قرار گرفته‌اند.

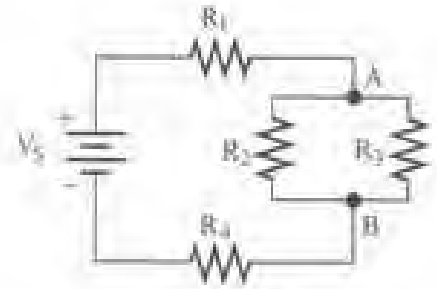
(b)

شکل ۸۴-۵

نمونه‌هایی از مدارهای ترکیبی سری موازی به همراه نحوه قرار گرفتن مقاومت‌ها را در کنار هم نشان می‌دهند.

برای آشنایی بیشتر با این مدارها به ذکر مثال‌هایی می‌پردازیم:

مثال: رابطه کلی محاسبه R_T را برای شکل (۸۵-۵) بنویسید.

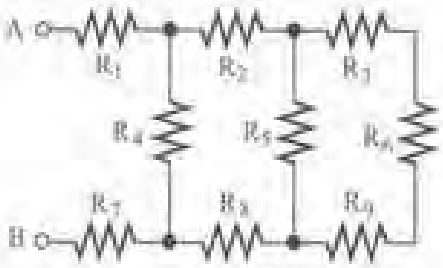


شکل ۸۵-۵

حل: همان‌گونه که مشاهده می‌شود مقاومت‌های R_2 و R_3 به صورت موازی بسته شده‌اند. مقاومت معادل این دو مقاومت با دو مقاومت R_1 و R_4 به صورت سری قرار دارد. پس می‌توان نوشت:

$$R_T = R_1 + (R_2 \,||\, R_3) + R_4 \quad (1)$$

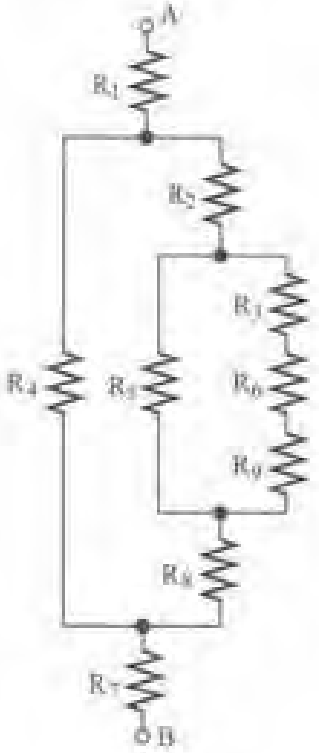
مثال: نحوه محاسبه مقاومت معادل مدار شکل (۸۶-۵) را به‌ترتیب بنویسید و مدار در هریک از حالات رسم کنید.



شکل ۸۶-۵

حل:

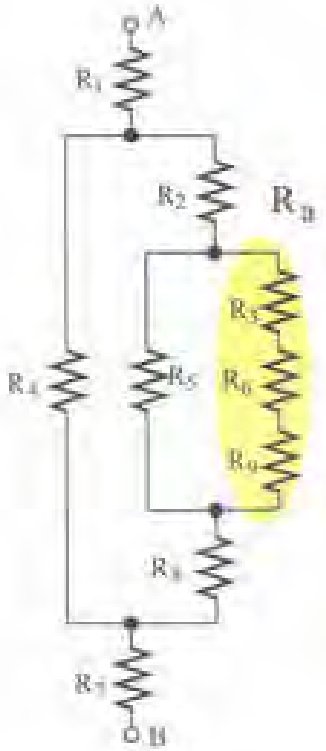
مرحله ۱: شکل (۸۷-۵) را بصورت ساده‌تر رسم می‌کنیم تا مفهوم سری - موازی در مدار مورد نظر بهتر مشخص شود.



شکل ۸۷-۵

---

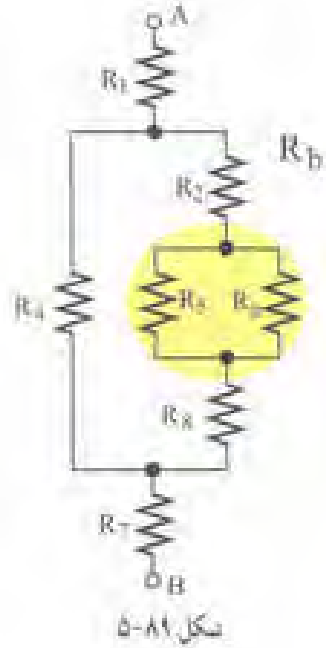
۱. در برخی موارد برای خلاصه نویسی از علامت | | برای مشخص کردن مقاومت‌های موازی و از علامت (*) برای مشخص کردن مقاومت‌های سری استفاده می‌شود.



شکل ۸۸-۵

مرحله ۲: مقاومت معادل سه مقاومت R_4 و R_5 و R_6 را که به‌صورت سری قرار گرفته‌اند R_a می‌نامیم و مقدار مقاومت معادل آن را چنین بدست می‌آوریم. (شکل ۸۸-۵)

$$R_a = R_4 + R_5 + R_6$$



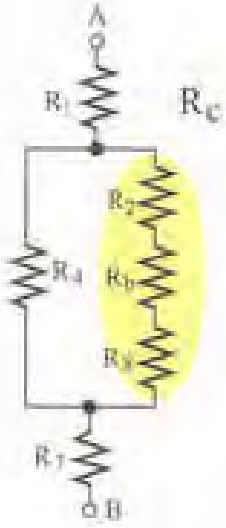
شکل ۸۹-۵

مرحله ۳: مقاومت معادل دو مقاومت R_5 و R_6 که به صورت موازی قرار گرفته‌اند را R_b می‌نامیم و معادل آن را بدست می‌آوریم. (شکل ۸۹-۵)

$$R_b = \frac{R_5 \times R_6}{R_5 + R_6}$$

مرحله ۴: در این مرحله مقاومت معادل بدست آمده در مرحله قبل را که به صورت سری با مقاومت‌های $R_۴$ و $R_۸$ دارد محاسبه می‌کنیم. (شکل ۹۰-۵)

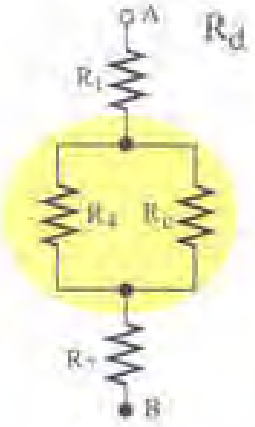
$$R_c = R_a + R_b + R_c$$



شکل ۹۰-۵

مرحله ۵: مقاومت معادل R_c در این مرحله با مقاومت $R_۴$ به صورت موازی قرار می‌گیرد. مقاومت معادل آنها را R_d می‌نامیم و مقدار آن را محاسبه می‌کنیم. (شکل ۹۱-۵)

$$R_d = \frac{R_۴ \times R_c}{R_۴ + R_c}$$



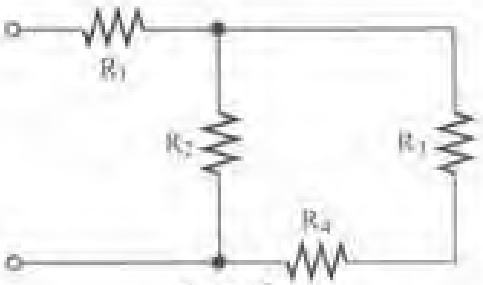
شکل ۹۱-۵

مرحله ۶: در این مرحله مقاومت R_d با دو مقاومت $R_۱$ و $R_۷$ به صورت سری قرار می‌گیرد. با محاسبه مقاومت معادل این دو مقاومت مقدار مقاومت معادل کل مدار بدست می‌آید. (شکل ۹۲-۵)

$$R_{AB} = R_t = R_۱ + R_d + R_۷$$

شکل ۹۲-۵

مثال : مقدار مقاومت معادل شکل (۹۳-۵) را در صورتی که $R_1=12\Omega, R_2=4\Omega, R_3=2\Omega, R_4=10\Omega$ است را حساب کنید.



شکل ۹۳-۵

حل: ابتدا مدار را به‌صورت شکل ساده شده (a-۹۴-۵) در می‌آوریم و معادل دو مقاومت سری R_3 و R_4 را محاسبه می‌کنیم.

$$R_a = R_3 + R_4 = 10 + 2 = 12\Omega$$

مقاومت معادل مقاومت‌های R_2 و R_a را که به‌صورت موازی هستند و مقدار آنها نیز مساوی است حساب می‌کنیم.

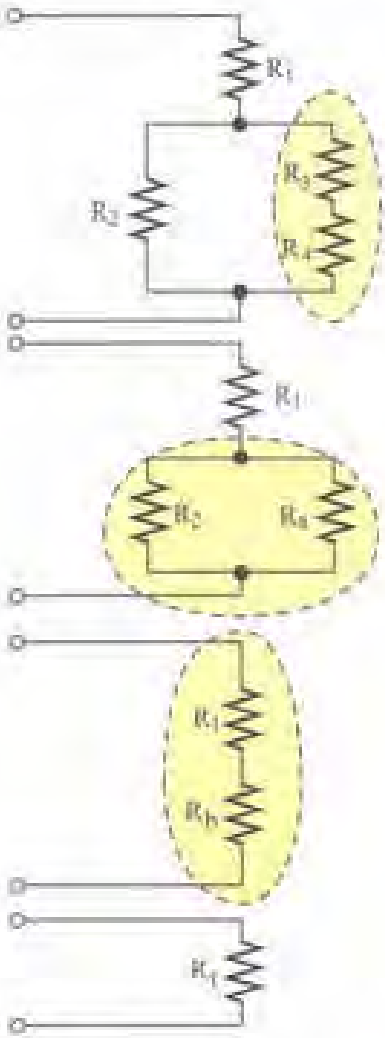
$$R_b = \frac{R_a}{2} = \frac{4 \times 12}{4+12} = 3\Omega$$

مقاومت معادل بدست آمده مرحله قبل (R_b) را با مقاومت R_1 صورت سری در نظر می‌گیریم و مقاومت معادل آن برابر خواهد شد با:

$$R_c = R_1 + R_b = 3 + 12 = 15\Omega$$

مقاومت بدست آمده برابر با مقاومت معادل کل مدار است. (شکل d-۹۴-۵)

$$R_t = R_c = 15\Omega$$



شکل ۹۴-۵

۲-۵- افت ولتاژ در هادی‌ها

همانطوری که می‌دانید سیم‌های رابط دارای مقاومت الکتریکی هستند. همچنین طبق قانون اهم با عبور جریان الکتریکی از یک مقاومت ولتاژی در دوسر آن بوجود می‌آید.

هر قدر فاصله بین منبع تغذیه (مولد) و مصرف‌کننده بیشتر باشد، مقدار مقاومت سیم‌های رابط بیشتر می‌شود و افت ولتاژ در دوسر سیم نیز زیادتر خواهد شد.

شکل (۹۵-۵) شبکه‌ای را نشان می‌دهد که بین تولید کننده (نیروگاه) و مصرف‌کننده فاصله زیاد است.

شکل ۹۵-۵

چون این ولتاژ به صورت ناخواسته در مدار بوجود می‌آید لذا باعث کاهش ولتاژ منبع تغذیه اصلی (V_S) می‌شود و ولتاژ کمتری برای مصرف برای انجام کار فرستاده می‌شود(V_L) . لذا ولتاژ تلف شده در مسیر بین مولد و مصرف‌کننده را افت ولتاژ می‌نامند و آن را با (ΔV) نشان می‌دهند.

شکل (۹۶-۵) نمونه‌ای از تلف شدن ولتاژ در سیم را نشان می‌دهد.

شکل ۹۶-۵- افت ولتاژ بین مولد و مصرف کننده

طبق شکل (۹۶-۵) اگر فاصله بین منبع تغذیه و مصرف‌کننده l متر باشد، افت ولتاژ مسیر به ترتیب از رابطه مقابل بدست می‌آید.

ولتاژ مصرف کننده - ولتاژ تولید کننده = افت ولتاژ مسیر

$$\Delta V = V_S - V_L$$

مقدار ΔV با استفاده از مقدار مقاومت سیم‌های رابط نیز قابل محاسبه است. چون هر مسیر از دو سیم تشکیل می‌شود لذا رابطه دقیق برای ΔV به صورت زیر درمی‌آید.

$$\Delta V = 2RI$$

که در این رابطه :

R- مقاومت یک رشته سیم در طول مسیر

I- جریان عبوری از سیم

جدول ۳-۵

محل مورد نظر	استاندارد	شرح
مصارف روشنایی (لامپ‌ها)	٪۱/۵	$\Delta V = \frac{1/5}{100} \times VS$
مصارف صنعتی (موتورها)	٪۳	$\Delta V = \frac{3}{100} \times VS$

افت ولتاژ مجاز معمولاً بر حسب درصدی از ولتاژ منبع تغذیه بیان می‌شود. برای اینکه مقدار افت ولتاژ در مدارهای روشنایی و صنعتی بیش از حد قابل قبول نشود آن را به صورت استانداردی طبق جدول (۳-۵) تعریف می‌کنند. برای محاسبه ΔV بر حسب درصد از رابطه مقابل می‌توان استفاده کرد. در این رابطه ΔV مقدار افت ولتاژ،و V مقدار ولتاژ نامی است.

$$\%\Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100$$

برای کاهش افت ولتاژ ΔV در طول مسیر باید متناسب با نوع مصرف‌کننده و مقدار جریان عبوری، سیمی با سطح مقطع مناسب انتخاب کرد. (سطح مقطع کوچک برای جریان کم و سطح مقطع بزرگ برای جریان زیاد)

مقطع کوچک
برای جریان کم

مقطع بزرگ
برای جریان زیاد

مثال: یک موتور الکتریکی با جریان مصرفی ۱۰ A در فاصله ۲۰۰ متری از منبع تغذیه ۲۰۰ ولتی قرار دارد. اگر بخواهیم با استفاده از سیم مسی ($\chi_{Cu}=56$) به آن برق‌رسانی کنیم، سطح مقطع سیم مناسب را حساب کنید.

حل: چون مصرف‌کننده موتور است با توجه به جدول (۳-۵) درصد ΔV را برابر با ۳٪ در نظر می‌گیریم و مقدار آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta V = \frac{3}{100} \times 200 = 6\,V$$

پس از بدست آوردن ΔV مقدار R را تعیین می‌کنیم:

$$\Delta V = 2RI$$

$$R = \frac{\Delta V}{2I} = \frac{6}{2 \times 10} = \frac{6}{20} = 0/3\,\Omega$$

با استفاده از رابطه $R = \frac{l}{\chi A}$ مقدار A را بدست می‌آوریم:

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

$$A = \frac{20}{56 \times 0/3} = 1/19\,mm^2$$

شکل ۹۷-۵- محاسبه افت ولتاژ در خط

مثال: برای یک بخاری برقی با جریان نامی ۱۰ آمپر که در فاصله ۲۰ متری از کنتور قرار گرفته و با ولتاژ ۲۲۰ ولت کار می‌کند سطح مقطع سیم مناسب از جنس مس چقدر است؟

حل: چون مصرف‌کننده موتوری نیست و محل قرارگرفتن آن بعد از کنتور می‌باشد لذا طبق جدول (۳-۵) برای مقدار ΔV داریم:

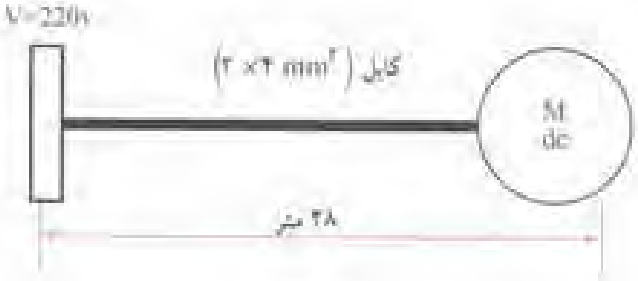
$$\%\Delta V = \%1/5$$

$$\%\Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100 \Rightarrow \Delta V = \frac{\%\Delta V \times V}{100} = \frac{1/5 \times 220}{100} = 3/3\,V$$

شکل ۹۸-۵- بخاری برقی

$$\Delta V = ۲RI = ۲\frac{l}{\chi A}I$$

$$A = \frac{۲ll}{\chi \Delta V} = \frac{۲ \times ۲۳ \times ۱۰}{۵۶ \times ۳/۳} = \frac{۴۰۰}{۱۸۴/۸} = ۲/۱۶ mm^۲$$



شکل ۹۹-۵

مثال : یک موتور جریان dc به‌وسیله کابل مسی دو رشته به سطح مقطع $۴mm^۲$ در فاصله ۲۸ متری از شبکه ۲۲۰ ولت نصب شده، و جریان مصرفی آن ۲۳ آمپر می‌باشد حساب کنید :

الف ـ افت ولتاژ

ب ـ درصد افت ولتاژ

ج ـ بررسی کنید که آیا سطح مقطع انتخاب شده مناسب است و درصد افت ولتاژ در حد مجاز می‌باشد؟

حل:

الف ـ

$$\Delta v = ۲RI = \frac{۲ll}{X.A}$$

$$\Delta V = \frac{۲ \times ۲۸ \times ۲۳}{۵۶ \times ۲} = ۵/۷۵ V$$

$$\%\Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times ۱۰۰$$

$$\%\Delta V = \frac{۵/۷۵}{۲۲۰} \times ۱۰۰ = \%۲/۶$$ ب ـ

ج ـ چون افت ولتاژ بدست آمده کمتر از حد مجاز برای موتورها (۳٪) است لذا می‌توان سطح مقطع کابل انتخاب شده را مناسب دانست.

۳ـ۵ـانواع پیل‌ها

قبل از معرفی انواع پیل‌ها لازم است با دو مفهوم زیر آشنا شویم :

الف ـ پیل الکتروشیمیایی[۱]:

مجموعه‌ای است که می‌تواند انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل کند. مانند :باتری اتومبیل

۱. Electrochemical Cell

ب ـ باتری:

از کنار هم قرار گرفتن چند سل الکتروشیمیایی یک باتری تشکیل می‌شود. در بین عامه به اشتباه از اصطلاح باتری به جای سل استفاده می‌شود.

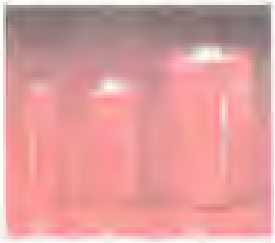
سل‌ها به دو دسته «سل‌های اولیه[1]» و «سل های ثانویه[2]» تقسیم می‌شوند.

۱ـ۳ـ ۵ ـ سل‌های اولیه: سل‌هایی هستند که پس از تخلیه نمی‌توان آنها را مجدداً استفاده کرد زیرا قابل برگردن (شارژ) نیستند. این سل‌ها در صنعت اصطلاحاً تحت عنوان «سل‌های خشک» معروف هستند.

مهم‌ترین آنها به شرح زیر است:

ـ سل روی ـ کربن: پایه مثبت این سل از یک میله کربنی و پایه منفی آن از یک ظرف استوانه‌ای از جنس روی تشکیل می‌شود. پایه مثبت در درون ظرف قرار دارد و فضای بین آنها توسط محلولی (الکترولیت) ازجنس پودر کربن و موادی دیگر که به صورت خمیر است پر می‌شود. ولتاژ این سل‌ها در حدود ۱/۵ ولت است و دارای عمر نسبتاً طولانی هستند ساختمان داخلی و شکل ظاهری یک نمونه از این سل را در شکل (۱۰۰-۵) مشاهده می‌کنید.

(a) ساختمان داخلی


(b) شکل ظاهری

شکل ۵-۱۰۰

ـ سل اکسید نقره: الکترود مثبت این نوع سل از جنس روی و الکترود منفی آن از جنس اکسید نقره و محلول الکترولیت آن هیدروکسید پتاسیم یا هیدروکسید سدیم است.

ابعاد سل اکسید نقره کوچک است و ولتاژی درحدود ۱/۵ ولت دارد. این سل در انواع ماشین حساب‌ها، ساعت‌های مچی و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل (۱۰۱-۵) این نوع باتری‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۵-۱-۱

۱. Primary Cell
۲. Secondry Cell

ـ **پیل قلیایی:** این نوع پیل از نظر ساختمان و طرز کار شبیه پیل روی- کربن است. الکترود مثبت آن از جنس دی اکسید منگنز و الکترود منفی آن از جنس روی است. الکترولیت پیل قلیایی از جنس هیدروکسید پتاسیم است. ولتاژ کار این نوع پیل در حدود ۱/۵ ولت می‌باشد. داشتن قابلیت جریان دهی بالا و عمر زیاد را می‌توان از خصوصیات این قبیل پیل‌ها ذکر کرد. این پیل را در شکل (۱۰۲-۵) مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۰۲-۵

ـ **پیل لیتیوم:** این پیل‌ها دارای ولتاژی درحدود ۱/۵ ولت هستند. داشتن طول عمر زیاد و تنوع ساخت در شکل‌های مختلف ازجمله خصوصیات آنها است. (شکل ۱۰۳-۵)

شکل ۱۰۳-۵

۲ـ۳ـ ۵ـ پیل‌های ثانویه: پیل‌هایی هستند که قابلیت پر شدن (شارژ) و خالی شدن (دشارژ) مکرر را دارند.

از انواع این نوع پیل‌ها می‌توان پیل‌های سرب - اسید و نیکل کادمیوم را نام برد.

ـ **پیل سرب - اسید:** از این نوع پیل‌ها در باتری‌های اتومبیل استفاده می‌شود. الکترود مثبت پیل سرب - اسید از جنس سرب اسفنجی و الکترود منفی آن از جنس سرب است. محلول آب و اسید سولفوریک به عنوان الکترولیت در این پیل بکار می‌رود. ولتاژ هر پیل سرب - اسید حدود ۲ ولت است. چون باتری اتومبیل معمولاً ۶ خانه دارد لذا ولتاژ این باتری‌ها برابر با ۱۲ ولت خواهد شد. تصویر ظاهری و اجزای تشکیل دهنده پیل سرب - اسید در شکل (۱۰۴-۵) نشان داده شده است.

شکل ۱۰۴-۵ ساختمان باتری سرب - اسید

ـ پیل نیکل ـ کادمیوم: در این پیل الکترود مثبت از جنس هیدروکسید نیکل و الکترود منفی از جنس کادمیوم است. در پیل نیکل کادمیوم از ترکیب هیدروکسید پتاسیم به عنوان الکترولیت استفاده می‌شود. ولتاژ پیل نیکل کادمیوم درحدود ۱/۲ تا ۱/۳ ولت است. شکل (۵ـ۱۰۵) این پیل‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۵ـ۱۰۵- پیل نیکل کادمیوم

۵ـ۴ـ اتصالات پیل‌ها

شکل ۵ـ۱۰۶- اتصال سری پیل‌ها

۵ـ۴ـ۱ ـ اتصال سری پیل ها: اگر (n) پیل را طوری اتصال دهیم که قطب منفی پیل اول به قطب مثبت پیل دوم اتصال داشته باشد و این تا آخرین پیل (پیل n ام) ادامه یابد این نوع اتصال را «سری» گویند. (شکل ۵ـ۱۰۶)

از این نوع اتصال باتری‌ها زمانی استفاده می‌شود که ولتاژ مورد نیاز بیشتر از مقدار ولتاژ یک پیل باشد.

شکل ۵ـ۱۰۷

درشکل (۵ـ۱۰۷) مشاهده می‌شود با اضافه شدن تعداد پیل‌ها نور لامپ افزایش می‌یابد.

در اتصال سری مساوی بودن ولتاژ باتری‌ها ضرورتی ندارد و می‌توانند با هم متفاوت باشند.

جریان عبوری از مدار چند پیل که با هم به طور سری قرار گرفته‌اند برای همه پیل‌ها یکسان است. (شکل ۵ـ۱۰۸)

ولتاژ کل (ولتاژ ابتدا نسبت به انتها) در این نوع اتصال به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$V_{AB} = V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

در صورتی که ولتاژ پیل‌ها مساوی باشند ولتاژ کل برابر است با:

$$V_{AB} = V_T = n.V$$

که در آن n تعداد پیل‌ها و V ولتاژ هر پیل است.

شکل ۵ـ۱۰۸- جریان عبوری از اتصال سری پیل‌ها

اگر پیل‌های سری شده را به صورت واقعی در نظر بگیریم یعنی دارای مقاومت داخلی (r) باشند. اثر مقاومت پیل‌ها در مدار مانند چند مقاومت سری ظاهر می‌شود. مقدار این مقاومت‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$r_{AB} = r_T = r_1 + r_2 + r_3 + \ldots + r_n$$

در صورتی که مقدار مقاومت باتری‌ها مساوی باشند، می‌توانیم بنویسیم:

$$r_{AB} = r_T = n.r$$

در شکل (۵-۱۱۰) اگر بخواهیم جریان مقاومت R_L را طبق قانون اهم و توضیحات فوق محاسبه کنیم، می‌توانیم بنویسیم:

$$V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3 = n.V$$

$$r_{AB} = r_1 + r_2 + r_3 = n.r$$

$$V_{R_L} = V_{AB}$$

$$nV = I(nr + R_L)$$

$$I = \left(\frac{nV}{nr + R_L}\right)$$

مثال : هرگاه چهار پیل مطابق شکل (۵-۱۱۱) به‌صورت سری داده شوند ولتاژ کل مدار چند ولت خواهد شد؟

حل: برای محاسبه ولتاژ کل باید ولتاژ همه باتری‌ها را با یکدیگر جمع کنیم.

$$V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_{AB} = ۱/۵ + ۳ + ۶ + ۴/۵$$

$$V_{AB} = V_T = ۱۵V$$

مثال : اگر پنج پیل ۱/۵ ولتی مطابق شکل (۵-۱۱۲) به هم متصل شوند ولتاژ کل مدار چند ولت است؟

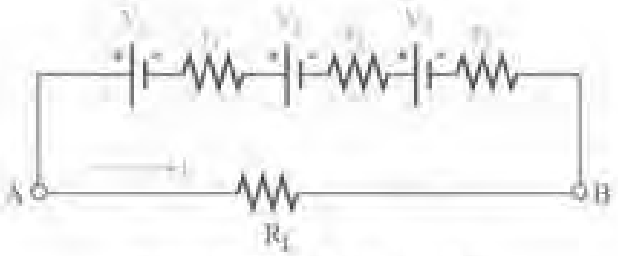
حل: چون ولتاژ باتری‌ها برابر هستند، لذا می‌توان نوشت.

$$V_T = n.V$$

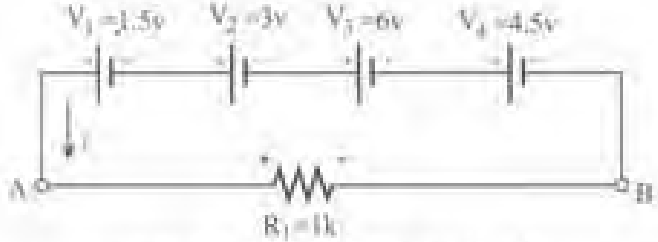
$$V_T = ۵ \times ۱/۵$$

$$V_T = ۷/۵V$$

شکل ۵-۱۰۹- اتصال چند پیل به‌صورت سری با در نظر گرفتن مقاومت داخلی



شکل ۵-۱۱۰- اتصال مقاومت بار به چند پیل که به صورت سری بسته شده‌اند.



شکل ۵-۱۱۱- اتصال چهار باتری به‌صورت سری

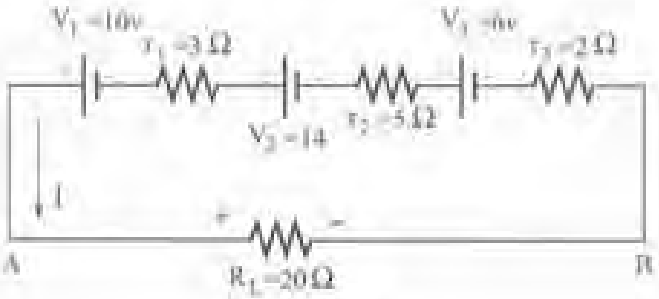
شکل ۵-۱۱۲

مثال: در مدار شکل (۵-۱۱۳) مطلوب است:

الف ـ ولتاژ کل مدار

ب ـ مقاومت داخلی کل پیل ها

ج ـ جریان عبوری از مقاومت R_L



شکل ۵-۱۱۳

حل: برای محاسبه ولتاژ و مقاومت داخلی کل باید هریک را مستقل حساب کنیم.

$$V_T = V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_T = ۱۰ + ۱۴ + ۶ \Rightarrow \boxed{V_T = ۳۰V}$$

$$r_T = r_1 + r_2 + r_3$$

$$r_T = ۳ + ۵ + ۲ \Rightarrow \boxed{r_T = ۱۰\Omega}$$

$$I_1 = \frac{V_{AB}}{r_1 + R_L}$$

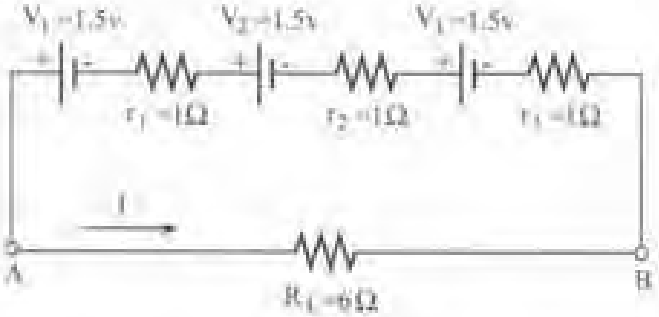
$$I_1 = \frac{۳۰}{۱۱ + ۲۰} \Rightarrow \boxed{I_1 = ۱A}$$

مثال: با توجه به مدار شکل (۵-۱۱۴) مطلوب است:

الف ـ ولتاژ کل مدار

ب ـ مقاومت داخلی کل باتری‌ها

ج ـ جریان عبوری از مقاومت R_L



شکل ۵-۱۱۴

حل: چون مقدار ولتاژ مقاومت داخلی هر سه باتری مشابه یکدیگر است، لذا می‌توان طبق روابط مقابل نوشت:

$$V_T = n.V$$

$$V_T = ۳ \times ۱/۵ \Rightarrow \boxed{V_T = ۴/۵V}$$

$$r_T = n.r$$

$$V_T = ۳ \times ۱ \Rightarrow \boxed{r_T = ۳\Omega}$$

$$I = \frac{nV}{nr + R_L} = \frac{V_T}{r_T + R_L}$$

$$I = \frac{۴/۵}{۳ + ۶} = \frac{۴/۵}{۹}$$

$$\boxed{I = ۰/۵A}$$

۲ـ۴ـ۵ـ اتصال متقابل پیل‌ها:

یکی دیگر از روش‌هایی که می‌توان پیل‌ها را به صورت سری به هم اتصال داد، حالت اتصال متقابل است. در این روش نحوه اتصال بلاریته‌های مثبت و منفی پیل‌ها ترتیب خاصی ندارد و ممکن است قطب‌های هم‌نام موافق یا قطب‌های غیر هم‌نام به یکدیگر اتصال داده شوند.

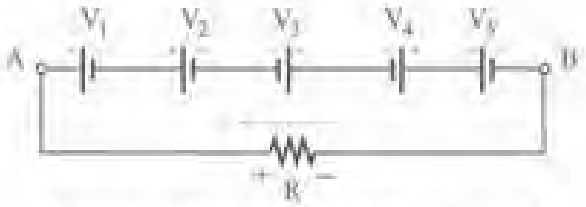
شکل ۱۱۵-۵

در این نوع اتصال مساوی بودن ولتاژ پیل‌ها ضرورتی ندارد. برای محاسبه ولتاژ کل مدار ابتدا بلاریته‌های مثبت و منفی پیل‌ها و دو سر مقاومت بار را مشخص می‌کنیم و سپس یک جهت فرضی را برای جریان مدار در نظر می‌گیریم و طبق آن در حلقه بسته حرکت می‌کنیم.

شکل ۱۱۶-۵

اگر جهت فلش جریان به قطب مثبت پیل وارد شود آن را مثبت و اگر به قطب منفی پیل وارد شود آن‌را منفی در نظر می‌گیریم.

هرگاه مداری مطابق شکل (۱۱۷-۵) داشته باشیم و بخواهیم جریان مدار را بدست آوریم با در نظر گرفتن مطلب فوق و نوشتن معادله K.V.L مدار به‌صورت $\Sigma V - \Sigma RI = 0$ می‌توانیم جریان عبوری از مدار شکل (۱۱۷-۵) را چنین بدست آوریم.



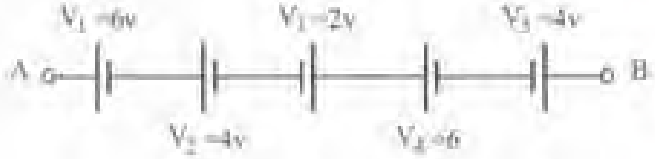
شکل ۱۱۷ - ۵- پنج باتری که به‌صورت متقابل وصل شده‌اند.

معادله K.V.L

$$V_1 + V_2 - V_3 - V_4 + V_5 - RI = 0$$

جریان مدار

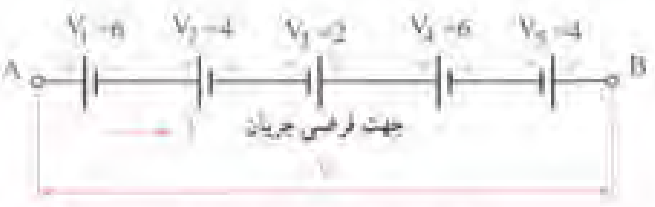
$$I = \frac{V_1 + V_2 - V_3 - V_4 + V_5}{R}$$



شکل ۱۱۸-۵- اتصال پنج پیل به‌صورت متقابل

مثال: ولتاژ خروجی (ولتاژ کل) شکل (۱۱۸-۵) چند ولت است؟

حل: ابتدا مطابق شکل (۱۱۹-۵) بلاریته پیل‌ها را تعیین می‌کنیم. سپس یک جهت فرضی برای عبور جریان در نظر می‌گیریم (مثلاً از نقطه A به B) و بعد در جهت حرکت فلش پیش می‌رویم و به هر بلاریته که رسیدیم مقدار ولتاژ آن پیل را با همان علامت می‌نویسیم، یعنی:



شکل ۱۱۹-۵-جهت فرضی جریان I

$$V_{AB} = +V_1 + V_2 - V_3 + V_4 - V_5$$

$$V_{AB} = V_T = 6 + 4 - 2 + 6 - 4$$

$$\boxed{V = V_T = 10\,V}$$

مثال: جریان عبوری از مقاومت R_L شکل (۱۲۰-۵) چند آمپر است؟

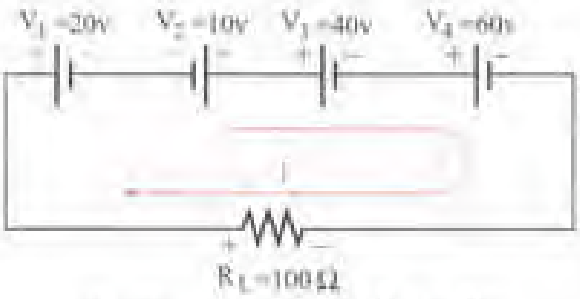
حل: برای محاسبه جریان مدار ابتدا معادله KVL حلقه را می‌نویسیم و سپس بر اساس آن جریان را بدست می‌آوریم:

$$+V_1 - V_2 + V_3 + V_4 - R_L I = 0$$

$$I = \frac{+V_1 - V_2 + V_3 + V_4}{R_L}$$

$$I = \frac{۲۰ - ۱۰ + ۴۰ + ۶۰}{۱۰۰} = \frac{۱۲۰ - ۱۰}{۱۰۰}$$

$$\boxed{I = ۱/۸ A}$$



شکل ۱۲۰-۵-اتصال چهار پیل به‌صورت متقابل

نکات ایمنی

۱ـ مدارهای کامل شده را فقط با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

۲ـ قبل از وصل کردن برق مدار، یکبار دیگر آن را بررسی کنید.

۳ـ در زمان وصل کردن مدارها روی برد، مسیرها را بررسی کنید تا پایه‌ها و سیم‌های رابط درست متصل شده باشند.

۴ـ هنگام خارج کردن قطعات از مدار یا اتصال کوتاه کردن آنها منبع تغذیه را حتماً قطع کنید.

۵ـ هنگام اتصال منابع تغذیه (باتری‌ها) به بلاریته آنها دقت کنید.

۶ـ اگر از منابع تغذیه الکترونیکی dc استفاده می‌کنید توجه داشته باشید که سیم‌های خروجی دستگاه هیچ وقت به هم متصل نشوند. زیرا ممکن است منبع تغذیه شما در مقابل اتصال کوتاه شدن حفاظت نشده باشد و صدمه ببیند.

۷ـ هنگام استفاده از منابع تغذیه الکترونیکی به میزان جریان‌دهی آنها توجه کنید.

۸ـ هنگام انتخاب مقاومت‌های اهمی مورد نیاز به توان مجاز و کد رنگی یا حروف رمزی آنها دقت کنید.

۹ـ هنگام استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری به مقادیر مجاز و نحوه استفاده از آنها دقت کنید.

عملیات کارگاهی

کارعملی ۳

هدف: بررسی اتصال منابع به‌صورت سری

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱دستگاه
۲ ـ پیل ۱/۵ ولتی	۵ عدد
۳ـ آوومتردیجیتالی	۱عدد
۴ ـ بردبرد	۱عدد
۵ ـ مقاومت اهمی R_L=۱kΩ ۱w	۱عدد
۶ـ میز آزمایشگاهی	۱دستگاه
۷ ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۸ ـ سیم چین	۱ عدد
۹ ـ سیم لخت‌کن	۱ عدد
۱۰ ـ گیره سوسماری	۶ عدد

مدت زمان لازم : ۱/۵ ساعت

مراحل اجرای آزمایش:

اتصال سری پیل‌ها

توجه: برای سری کردن چند منبع dc می‌توانید از خروجی‌های مختلف یک منبع تغذیه الکترونیکی dc، ویا از پیل‌های ۱/۵ ولتی استفاده کنید. اتصال پیل‌ها به یکدیگر و یا اتصال به مقاومت‌ها را با کمک گیره‌های پوسماری انجام دهید.

۱ـ با ولت‌متر دیجیتالی ولتاژ دو سر منبع تغذیه را اندازه‌گیری کنید. (شکل ۱۲۱-۵)

$V =$ [ ] V

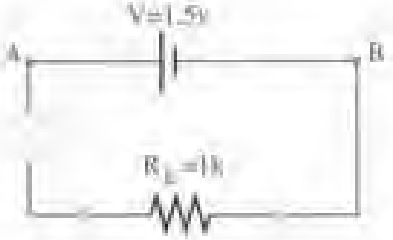
باطری قلمی

شکل ۱۲۱-۵

۲ـ مدار شکل (۱۲۲-۵) را تشکیل دهید و به کمک آمپرمتر و ولت‌متر جریان و ولتاژ دوسر مقاومت را اندازه‌گیری کنید.

$I_{R_L} =$ [ ] A

$V_{R_L} =$ [ ] V



شکل ۱۲۲-۵

۳ـ در صورتی که مقادیر ولتاژهای اندازه‌گیری شده در مراحل ۲ و ۳ با یکدیگر مساوی بودند نشان می‌دهد که مقاومت داخلی منبع تغذیه صفر است و جریان عبوری از مقاومت R_L را طبق قانون اهم و به صورت:

$$I_L = \frac{V_{R_L}}{R_L} = \frac{V}{R_L}$$

می‌توانید محاسبه کنید که می‌بایست با مقدار اندازه‌گیری شده I_{R_L} برابر باشد.

۴ـ اگر مقادیر ولتاژهای اندازه‌گیری شده در مراحل ۲ و ۳ با یکدیگر مساوی نبودند نشان می‌دهد که منبع تغذیه، دارای مقاومت داخلی است که مقدار آن‌را طبق قانون اهم و بحث مقاومت‌های اهمی سری به‌صورت مقابل محاسبه می‌کنیم.

مقاومت کل مدار

$$R_T = \frac{V - V_{R_L}}{I_{R_L}}$$

$$R_T = R_L + r \Rightarrow r = R_T - R_L$$

۵ ـ آیا مقادیر اندازه‌گیری شده در مراحل آزمایشگاهی با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۶ ـ سه منبع ولتاژ dc،۷،۱۲،۶ ۷ را مطابق شکل (۱۲۳-۵) به‌صورت سری به هم اتصال دهید. با ولت‌متر dc ولتاژ دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

V_{AB} = [ ] V

۷ ـ از مقادیر بدست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۸ ـ یک مقاومت ۱kΩ را طبق شکل (۱۲۴-۵) در مدار اضافه کنید و جریان عبوری از مدار را اندازه بگیرید؟

I = [ ] A

۹ ـ سه منبع ولتاژ را مطابق شکل (۱۲۵-۵) اتصال دهید ولتاژ مدار را اندازه بگیرید.

V_{AB} = [ ] V

۱۰ ـ یک مقاومت ۱kΩ را مطابق شکل (۱۲۶-۵) به مدار اضافه کنید و جریان مدار را اندازه بگیرید.

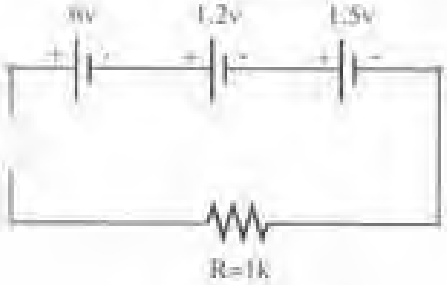
I = [ ] A

۱۱ ـ از مقادیر آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید

۱۲ ـ آیا مقادیر بدست آمده با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

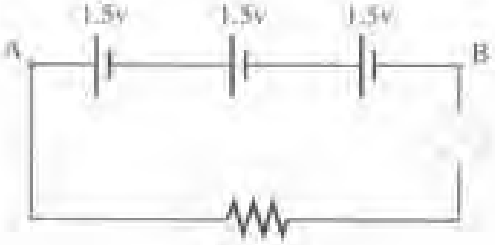
توجه: برای انجام این آزمایش از پیل‌های ۱/۵ ولتی استفاده کنید.

شکل ۱۲۳-۵



شکل ۱۲۴-۵

شکل ۱۲۵-۵



شکل ۱۲۶-۵

پاسخ سؤال‌های

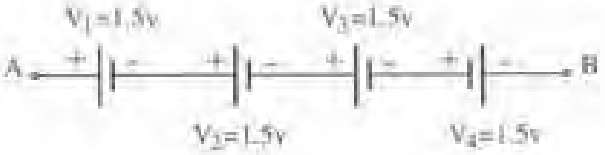
۱۱ .....

.....

۱۲ .....

.....

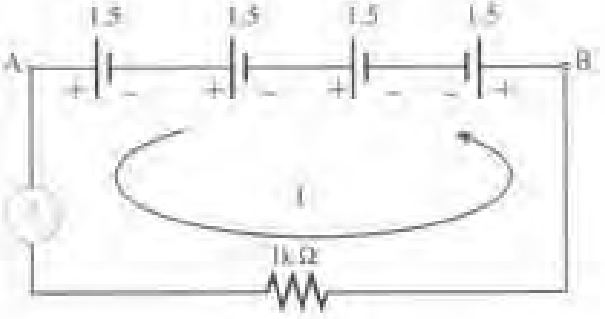
۱۳ـ مدار شکل (۵-۱۲۷) را اتصال دهید و با ولت‌متر دیجیتالی ولتاژ بین دو نقطه A و B را اندازه‌گیری نمایید.



شکل ۵-۱۲۷

V_{AB} = ☐ V

۱۴ـ یک مقاومت ۱kΩ را بین دو نقطه A و B قرار دهید و جریان مدار را طبق شکل (۵-۱۲۸) اندازه بگیرید.



شکل ۵-۱۲۸

I = ☐ A

۱۵ـ از مقادیر بدست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ آیا این نتایج با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۱۶ـ آیا در عمل از اتصال چند پیل به‌صورت سری استفاده می‌شود؟ چرا؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال‌های

۱۵.....

.....

۱۶.....

.....

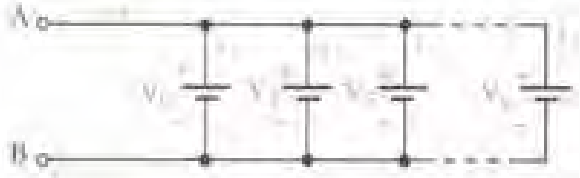
۳ـ۴ـ۵ ـ اتصال موازی پیل‌ها: هرگاه n پیل را طوری اتصال دهیم که قطب مثبت همه پیل‌ها به یکدیگر وقطب منفی آنها نیز به هم متصل شوند و این روش تا آخرین پیل (پیل n ام) ادامه یابد این نوع اتصال را «اتصال موازی» گویند. (شکل ۱۲۹-۵)

شکل ۱۲۹-۵

از اتصال موازی پیل‌ها زمانی استفاده می‌شود که جریان مورد نیاز بیشتر از میزان جریان دهی یک پیل باشد. در اتصال موازی پیل‌ها ولتاژ دو سرمدار همواره ثابت است. شکل (a-۱۳۰-۵) اتصال موازی سه پیل و یک لامپ را نشان می‌دهد. در این حالت نور لامپ زیاد است. در شکل (b-۱۳۰-۵) یک پیل از مدار خارج شده است. با خارج شدن یک پیل از مدار و با وجود ثابت ماندن ولتاژ، نور لامپ کاهش می‌یابد. در واقع میزان جریانی که لامپ برای تولید نور کامل نیاز دارد بیشتر از مقدار جریان دهی دو پیل به صورت موازی است. در اتصال موازی پیل‌ها مساوی بودن ولتاژ برای همه پیل‌ها ضروری است. (شکل ۱۳۱-۵)

(a) (b)

شکل ۱۳۰-۵



شکل ۱۳۱-۵

روابط مقابل را برای این نوع اتصال می‌توانیم بنویسیم :

ولتاژ مدار $V_{AB} = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$

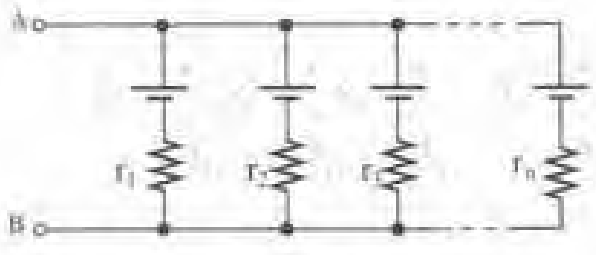
جریان دهی کل پیل‌ها $I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$

از طرفی چون پیل‌ها یکسان هستند پس می‌توانیم بنویسیم :

$I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \Rightarrow I_T = I.n$

که در آن n تعداد پیل‌ها و I جریان دهی هر پیل است.

اگر هر پیل را به صورت واقعی در نظر بگیریم دارای مقاومت داخلی خواهد بود. در این حالت مقاومت معادل پیل‌ها با هم مشابه حالت مقاومت‌ها به‌صورت موازی است. (شکل ۱۳۲-۵)



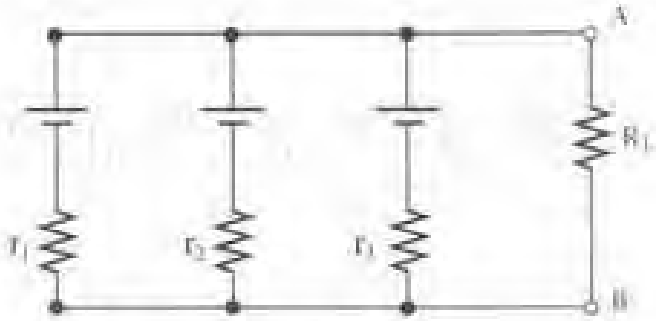
شکل ۱۳۲-۵

$$\frac{1}{r_T}=\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+\frac{1}{r_3}+\ldots+\frac{1}{r_n}$$

چون پیل‌ها مساوی هستند پس برای محاسبه مقاومت معادل مدار می‌توانیم بنویسیم:

$$r_{AB}=r_T=\frac{r}{n}$$

که در آن n تعداد پیل‌ها و r مقدار مقاومت داخلی هر پیل است.



شکل ۱۳۳-۵

جریان مقاومت برای (R_L) در شکل (۱۳۳-۵) را به‌صورت زیر می‌توان محاسبه کرد.

$$I_{R_L}=I=I_1+I_2+I_3=nI$$

$$r_{AB}=\frac{1}{\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+\frac{1}{r_3}}=\frac{r}{n}$$

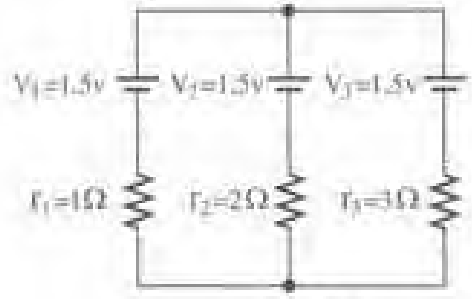
$$V_{R_L}=V_{AB}=V$$

$$I_{R_L}=\frac{V_{R_L}}{R_T}\Rightarrow I=\frac{V}{\frac{r}{n}+R_L}$$

مثال: در مدار شکل (۱۳۴-۵) مطلوب است:

الف ـ ولتاژ کل

ب ـ مقاومت داخلی کل پیل‌ها



شکل ۱۳۴-۵

حل: در اتصال موازی ولتاژ کل پیل‌ها برابر ولتاژ یک پیل است یعنی:

$$V_T=1/5V$$

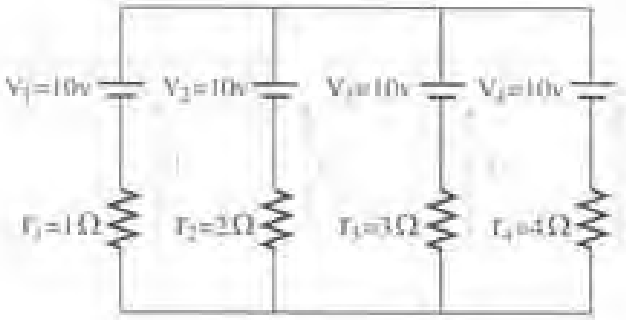
مقاومت معادل پیل‌ها را نیز به‌صورت مقابل محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{1}{r_T}=\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+\frac{1}{r_3}+\frac{1}{r_4}$$

$$\frac{1}{r_T}=\frac{1}{1}+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}=\frac{6+3+2}{6}=\frac{11}{6}$$

$$r_T=\frac{6}{11}=0/54\,\Omega$$

مثال: مقدار جریان دهی هر پیل و مقاومت معادل پیل‌ها در شکل (۵-۱۳۵) چقدر است؟



شکل ۵-۱۳۵

حل: مقدار جریان دهی هر پیل را متناسب با مقاومت داخلی آن به صورت مقابل محاسبه می‌کنیم:

$$I_1=\frac{V_1}{r_1}=\frac{10}{1}=10A$$

$$I_2=\frac{V_2}{r_2}=\frac{10}{2}=5A$$

$$I_3=\frac{V_3}{r_3}=\frac{10}{3}=3/3\,A$$

$$I_4=\frac{V_4}{r_4}=\frac{10}{4}=2/5A$$

چون مقدار مقاومت داخلی پیل‌ها با یکدیگر مساوی نیست، لذا برای محاسبه مقاومت معادل پیل‌ها به صورت مقابل عمل می‌کنیم:

$$\frac{1}{r_T}=\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+\frac{1}{r_3}+\frac{1}{r_4}$$

$$\frac{1}{r_T}=\frac{1}{1}+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}$$

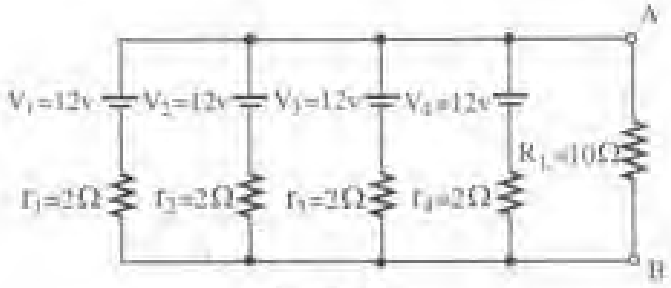
$$\frac{1}{r_T}=\frac{12+6+4+3}{12}=\frac{25}{12}$$

$$r_T=0/48\Omega$$

مثال: با توجه به مدار شکل (۵-۱۳۶) مطلوب است:

الف ـ مقاومت معادل پیل‌ها

ب ـ جریان مصرف کننده (بار)



شکل ۵-۱۳۶

حل: چون تمام مشخصات پیل‌ها با یکدیگر مساوی است لذا به صورت مقابل محاسبه می‌کنیم.

$$r_T = \frac{r}{n} = \frac{۲}{۴}$$

$$r_T = ۰/۵\Omega$$

برای محاسبه جریان نیز از رابطه مقابل استفاده می‌کنیم.

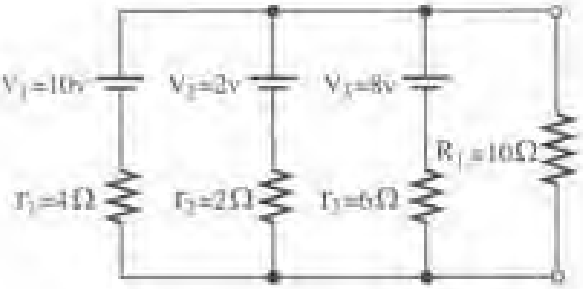
$$I_L = \frac{\Sigma V}{\Sigma R} = \frac{V_{AB}}{\frac{r}{n} + R_L}$$

$$V_{AB} = V = ۱۲\,V$$

$$I_L = \frac{۱۲}{۰/۵ + ۱۰} = \frac{۱۲}{۱۰/۵} = ۱/۱۴\,A$$

مثال: در مدار شکل (۵-۱۳۷) ولتاژ و جریان بار چقدر است؟

حل: در مدار شکل (۵-۱۳۷) چون ولتاژ پیل‌ها مساوی نمی‌باشند، لذا اتصال چنین مداری اشتباه است به همین خاطر مقادیر ولتاژ و جریان بار را نمی‌توان محاسبه کرد.



شکل ۵-۱۳۷

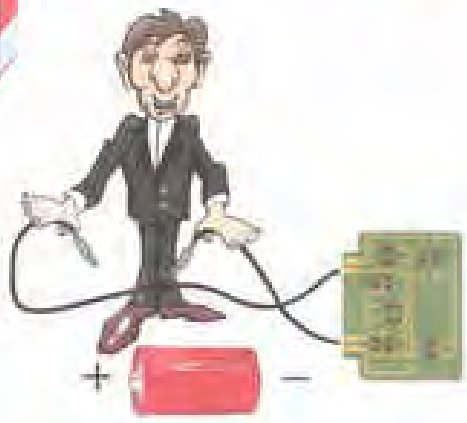
نکات ایمنی

۱ـ مدارهای کامل شده را فقط با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

۲ـ قبل از وصل کردن برق مدار، یکبار دیگر آن را بررسی کنید.

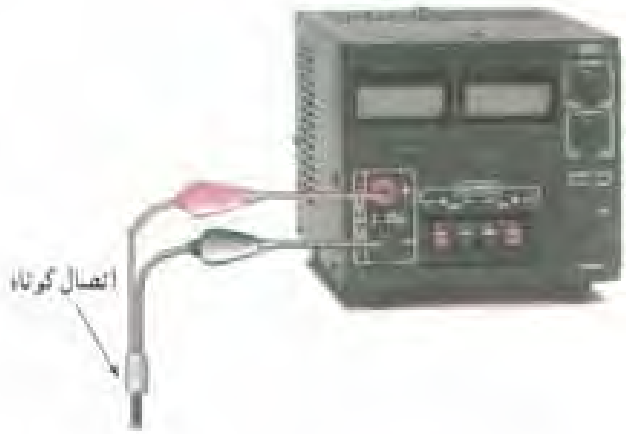
۳ـ در زمان وصل کردن مدارها روی بردبُرد سیم‌ها را بررسی کنید تا پایه‌ها و سیم‌های رابط درست متصل شده باشند.

۴ـ هنگام خارج کردن قطعات از مدار یا اتصال کوتاه کردن آنها منبع تغذیه را حتماً قطع کنید.



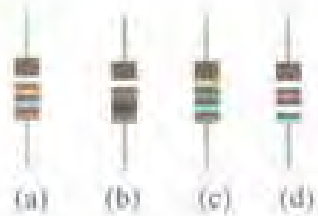
۵ـ هنگام اتصال منابع تغذیه (باتری‌ها) به بلاریته آنها دقت کنید.

۶ ـ اگر از منابع تغذیه الکترونیکی dc استفاده می‌کنید توجه داشته باشید که سیم‌های خروجی دستگاه هیچ وقت به هم متصل نشوند. زیرا ممکن است منبع تغذیه شما در مقابل اتصال کوتاه شدن حفاظت نشده باشد و صدمه ببیند.



۷ـ هنگام استفاده از منابع تغذیه الکترونیکی به میزان جریان‌دهی آنها توجه کنید.

۸ ـ هنگام انتخاب مقاومت‌های اهمی مورد نیاز به توان مجاز و کد رنگی یا حروف رمزی آنها دقت کنید.



۹ـ هنگام استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری به مقادیر مجاز و نحوه استفاده از آنها دقت کنید.

عملیات کارگاهی

کارعملی ۴

هدف: بررسی اتصال منابع به‌صورت موازی

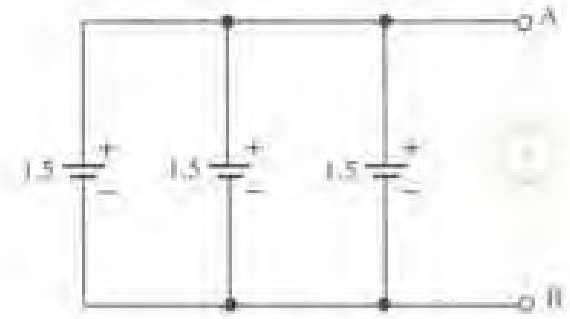
وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱دستگاه
۲ـ پیل ۱/۵ ولتی	۵ عدد
۳ـ آوومتردیجیتالی	۱عدد
۴ـ پریز	۱عدد
۵ـ مقاومت اهمی R_L=۱kΩ ۱w	۱عدد
۶ـ میز آزمایشگاهی	۱دستگاه
۷ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۸ـ سیم چین	۱ عدد
۹ـ سیم لخت‌کن	۱ عدد
۱۰ـ گیره سوسماری	۶ عدد

مدت زمان لازم : ۱/۵ ساعت

مراحل اجرای آزمایش

□ اتصال موازی پیل‌ها



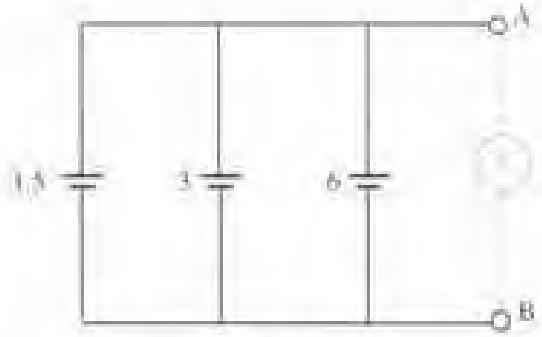
شکل ۵-۱۳۸

۱ـ مدار شکل (۵-۱۳۸) را اتصال دهید و توسط ولت‌متر دیجیتالی ولتاژ بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید و یادداشت نمایید.

$V_{AB} =$ [ ] V

۲ـ مدار شکل (۵-۱۳۹) را اتصال دهید و توسط ولت‌متر دیجیتالی ولتاژ دو نقطه B،A را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{AB} =$ [ ] V

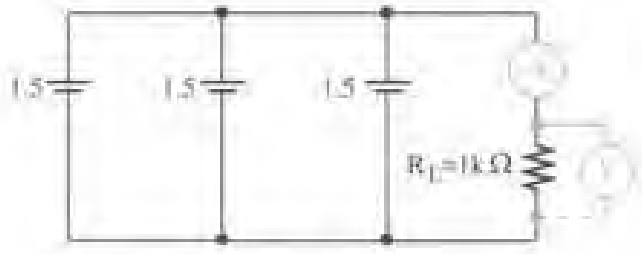


شکل ۵-۱۳۹

۳ـ از مقایسه مقادیر بدست‌آمده در مراحل ۱ و۲ در این آزمایش چه نتیجه‌ای حاصل می‌شود؟ توضیح دهید.

۴ـ آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۵ـ مدار شکل (۵-۱۴۰) را اتصال دهید و با قرار دادن یک آمپرمتر و یک ولت‌متر در مدار مقدار ولتاژ و جریان عبوری از مقاومت را اندازه بگیرید.



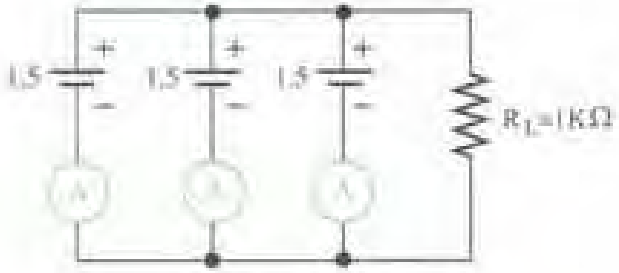
شکل ۵-۱۴۰

$I_L =$ [ ] A
$V_L =$ [ ] V

۶ـ آمپرمتر را به تفکیک در مسیر منابع قرار دهید و جریان هر یک از پیل‌ها را اندازه‌گیری کنید.

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

۷ـ در صورت وجود اختلاف بین جریان‌های وارد شده به مدار و جریان‌های خارج شده از مدار را با استفاده از مقدار ولتاژ دو سر بار و ولتاژ منابع در حالت بی‌باری مقدار مقاومت داخلی هریک از پیل‌ها را بدست آورید. (شکل ۱۴۱-۵)



شکل ۱۴۱-۵

پاسخ سؤال

۸ .....

.....

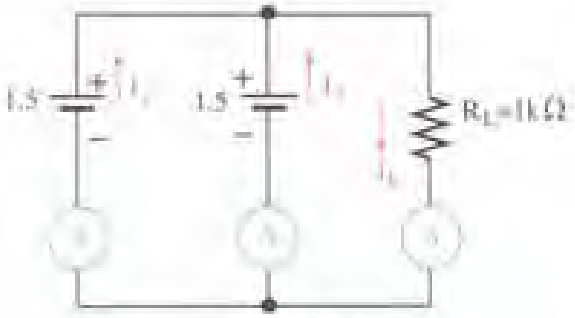
۸ـ آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ توضیح دهید.

۹ـ مدار شکل (۱۴۲-۵) را اتصال دهید و جریان هر یک ازمنابع و جریان بار را اندازه‌گیری کنید.

I_1 = ☐ A

I_2 = ☐ A

I_3 = ☐ A



شکل ۱۴۲ - ۵

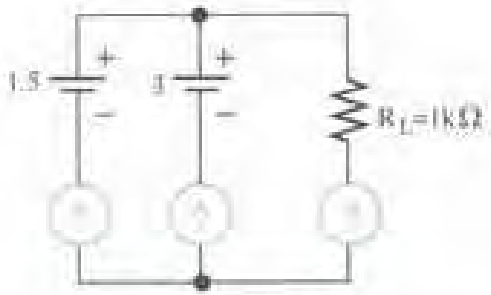
۱۰ـ ازمقایسه نتایج این آزمایش وآزمایش شکل(۱۳۹-۵) چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۱۱ـ با اتصال مدار شکل (۱۴۳-۵) جریان بار و جریان هر یک از پیل‌ها را اندازه‌گیری کنید.

I_1 = ☐ A

I_2 = ☐ A

I_3 = ☐ A



شکل ۱۴۳ - ۵

۱۲ـ آیا نتایج بدست آمده قابل قبول و تأمین کننده جریان بار است؟

۱۳ـ آیا اتصال موازی منابع با ولتاژهای نامساوی کاربردی دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۴ـ آیا پیل‌ها را می‌توان به صورت موازی متقابل اتصال داد؟ چرا؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال‌های

۱۲ .....

.....

۱۳ .....

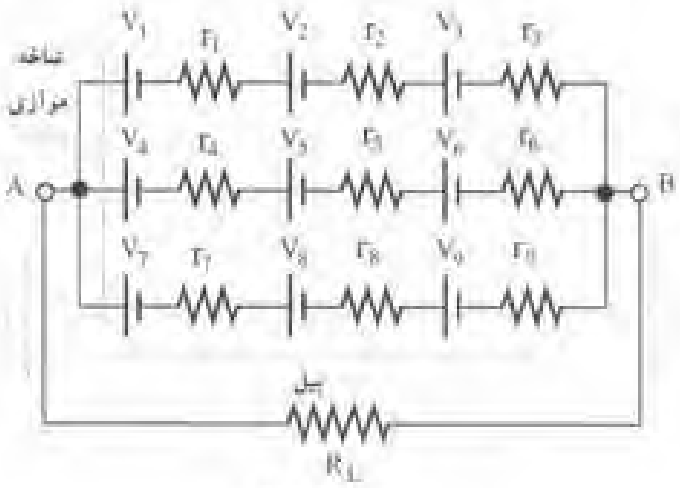
.....

۱۴ .....

.....

۵-۴-۴ ـ اتصال سری ـ موازی پیل‌ها

هرگاه n پیل مطابق شکل (۵-۱۲۴) با هم سری شوند و در m شاخه به‌طور موازی قرار گیرند در این حالت مدار دارای هر دو خاصیت سری و موازی پیل‌ها خواهد بود.



شکل ۵-۱۲۴

$$V_1 = V_2 = \ldots = V_n = V$$

$$r_1 = r_2 = \ldots = r_n = r$$

جریان عبوری از بار R_L در این حالت برابر است با:

$$I = \frac{n.V}{\frac{n.r}{m} + R_L}$$

توجه : از اتصال سری - موازی پیل‌ها فقط در شرایطی که کلیه مشخصات پیل‌ها با یکدیگر مساوی هستند باید استفاده کرد، چرا که در غیر این‌صورت میزان جریان دهی و ولتاژ مدار کاهش می‌یابد.

مثال: جریان عبوری از مقاومت R_L (شکل ۵-۱۲۵) چقدر است؟

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 10V$$

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = 2\Omega$$

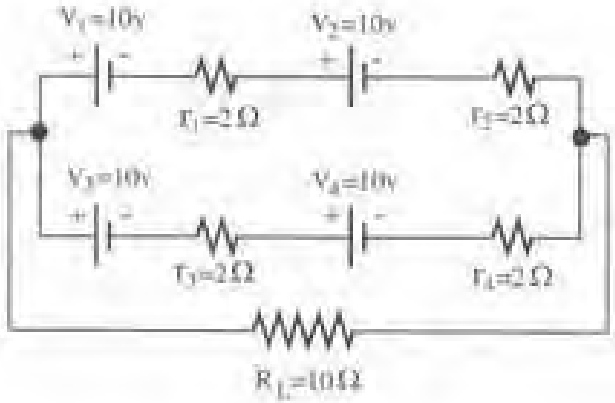
تعداد شاخه های موازی $m = 2$

تعداد پیل‌های سری $n = 2$

$$I_L = \frac{nV}{\frac{nr}{m} + R_L}$$

$$I_L = \frac{2 \times 10}{\frac{2 \times 2}{2} + 10} = \frac{20}{12}$$

$$I_L = 1/6A$$



شکل ۵-۱۲۵

مثال: هرگاه شش پیل ۹ ولتی با مقاومت داخلی ۳Ω را بکبار به‌صورت:

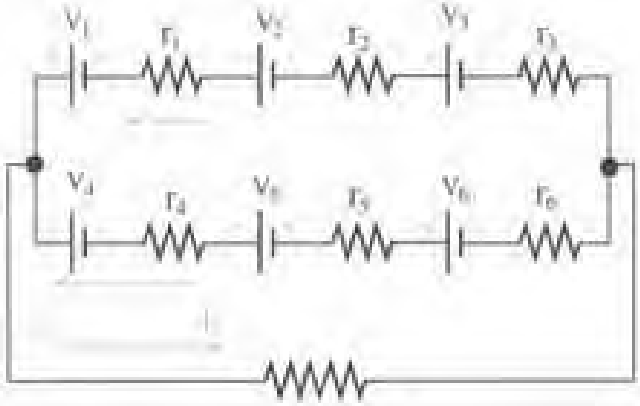
الف ـ سه پیل سری در دو شاخه موازی

و باردیگر به صورت:

ب ـ دو پیل سری در سه شاخه موازی

در نظر بگیریم جریان مقاومت بار در هر حالت چند آمپر است؟

حل: ابتدا شکل مدار حالت (الف) را رسم می‌کنیم شکل (۵-۱۴۶) سپس جریان بار را در این شرایط بدست می‌آوریم.



شکل ۵-۱۴۶

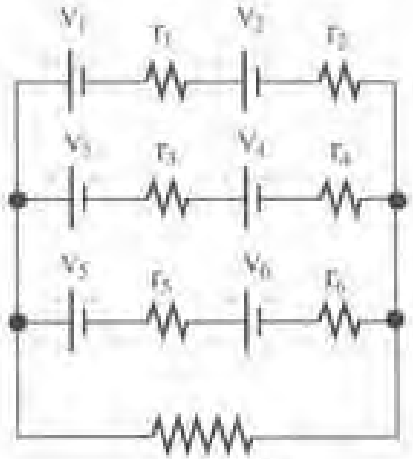
$n=۳$ تعداد باتری‌های سری

$m=۲$ تعداد شاخه‌های موازی

$$I=\frac{n.V}{\frac{n.r}{m}+R_L}=\frac{۳\times۹}{\frac{۳\times۳}{۲}+۱۲۰}$$

$$I=\frac{۲۷}{۴/۵+۱۲۰}$$

$$\boxed{I=۰/۲۱۸A}$$



شکل ۵-۱۴۷

مدار حالت (ب) مطابق شکل (۵-۱۴۷) است.

$n=۲$ تعداد باتری‌های سری

$m=۳$ تعداد شاخه‌های موازی

$$I=\frac{n.V}{\frac{n.r}{m}+R_L}=\frac{۲\times۹}{\frac{۲\times۳}{۳}+۱۲۰}$$

$$I=\frac{۱۸}{\frac{۶}{۳}+۱۲۰}$$

$$\boxed{I=۰/۱۴۸A}$$

نکات ایمنی

۱ـ مدارهای کامل شده را فقط با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

۲ـ قبل از وصل کردن برق مدار، یکبار دیگر آن را بررسی کنید.

۳ـ در زمان وصل کردن مدارها روی بردبُرد مسیرها را بررسی کنید تا پایه‌ها و سیم‌های رابط درست متصل شده باشند.

۴ـ هنگام خارج کردن قطعات از مدار یا اتصال کوتاه کردن آنها منبع تغذیه را حتماً قطع کنید.

۵ـ هنگام اتصال منابع تغذیه (باتری‌ها) به بلاریته آنها دقت کنید.

۶ـ اگر از منابع تغذیه الکترونیکی dc استفاده می‌کنید توجه داشته باشید که سیم‌های خروجی دستگاه هیچ وقت به هم متصل نشوند. زیرا ممکن است منبع تغذیه شما در مقابل اتصال کوتاه شدن حفاظت نشده باشد و صدمه ببیند.

۷ـ هنگام استفاده از منابع تغذیه الکترونیکی به میزان جریان‌دهی آنها توجه کنید.

۸ـ هنگام انتخاب مقاومت‌های اهمی مورد نیاز به توان مجاز و کد رنگی یا حروف رمزی آنها دقت کنید.

۹ـ هنگام استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری به مقادیر مجاز و نحوه استفاده از آنها دقت کنید.

عملیات کارگاهی

کارعملی ۵

هدف: بررسی اتصال منابع به‌صورت سری - موازی

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱دستگاه
۲ـ پیل ۱/۵ ولتی	۵ عدد
۳ـ آوومتردیجیتالی	۱عدد
۴ـ پرده‌برد	۱عدد
۵ـ مقاومت اهمی ۱W R_1=۱kΩ	۱عدد
۶ـ میز آزمایشگاهی	۱دستگاه
۷ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۸ـ سیم چین	۱ عدد
۹ـ سیم لخت‌کن	۱ عدد
۱۰ـ گیره سوسماری	۴ عدد

مدت زمان لازم : ۱/۵ ساعت

مراحل اجرای آزمایش

۱ـ مدار شکل (۵-۱۴۸) را اتصال دهید و جریان مقاومت بار و جریان باتری‌ها را اندازه‌گیری کنید.

$I_1 =$ ☐ A

$I_L =$ ☐ A

۲ـ سه عدد باتری ۱/۵ ولتی دیگر را به‌صورت سری به مدار شکل (۵-۱۴۸) بین دونقطه A و B اتصال دهید. (شکل ۵-۱۴۹)

۳ـ جریان هر یک از مسیر باتری‌ها و جریان مقاومت بار را اندازه بگیرید.

$I_1 =$ ☐ A

$I_2 =$ ☐ A

$I_L =$ ☐ A

جریان بار و جریان مسیر (۱) نسبت به حالت دوم در مرحله ۲ شکل (۵-۱۴۶) آیا تغییری داشته است؟ چرا؟ توضیح دهید.

۵ ـ آیا مقادیر بدست آمده با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید؟

۶ـ به‌نظر شما با اضافه کردن یک مسیر دیگر (مسیر سوم) به مدار شکل (۵-۱۴۹) جریان بار و جریان هر یک از مسیرهای پیل‌ها چه تغییری می‌کند؟

۷ـ مدارشکل (۵-۱۵۰) را اتصال دهد و جریان هر سه مسیر را اندازه‌گیری کنید.

$I_1 =$ ☐ A

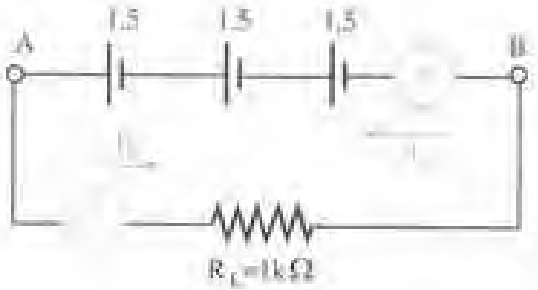
$I_2 =$ ☐ A

$I_3 =$ ☐ A

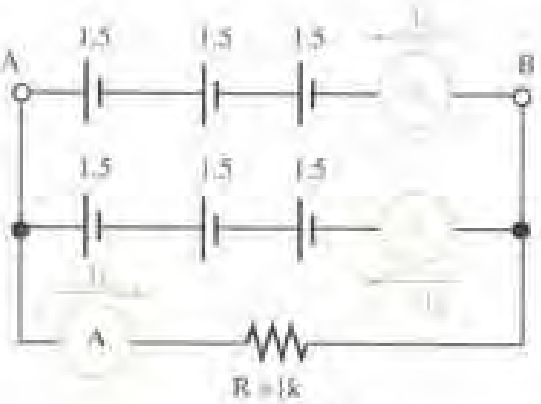
$I_L =$ ☐ A

۸ ـ از مجموعه جواب‌های بدست آمده آزمایش‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

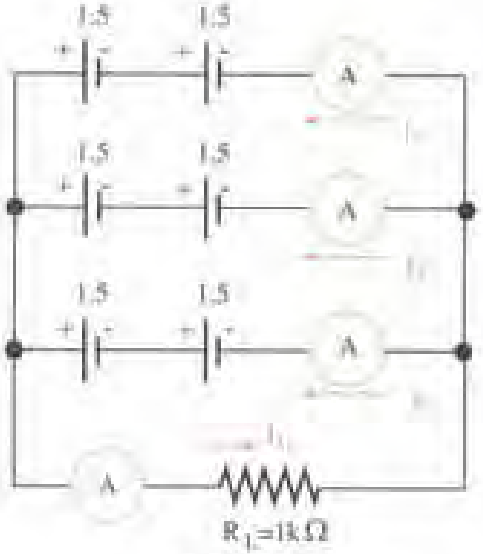
۹ـ آیا مقادیر بدست آمده با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.



شکل ۵-۱۴۸



شکل ۵-۱۴۹



شکل ۵-۱۵۰

پاسخ سؤال‌های

۸.....

.....

۹.....

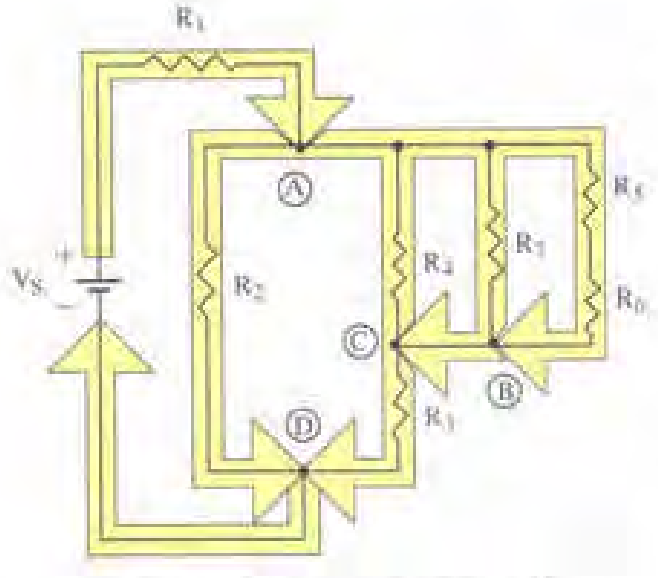
.....

۵ـ ۵ ـ شدت جریان در مدارهای ترکیبی «سری ـ موازی»

در مدارهای ترکیبی سری - موازی شدت جریان متناسب با شکل مدار و مقادیر مقاومت‌های هر قسمت از مدار عبور می‌کند به عبارت دیگر در مسیرهایی که دارای مقاومت‌های موازی می‌باشند جریان کل در بین شاخه‌های موازی به نسبت مقاومت‌ها تقسیم می‌شود و در مسیرهایی که مقاومت‌ها سری هستند جریان عبوری از آن مقاومت‌ها یکسان است.

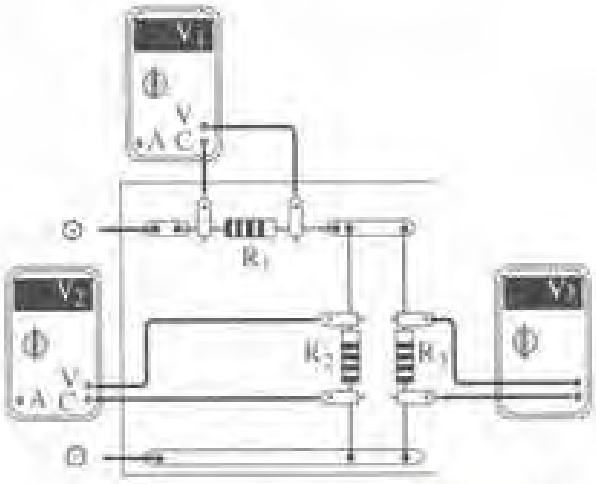
طبق شکل (۱۵۱ـ ۵) برای محاسبه جریان در هر یک ازمقاومت‌های ترکیبی مدار (سری - موازی) لازم است مقدار ولتاژ و مقدار اهم هر یک از مقاومت‌ها را بدانیم.

در شکل (۱۵۲–۵) این شرایط نشان داده شده است.



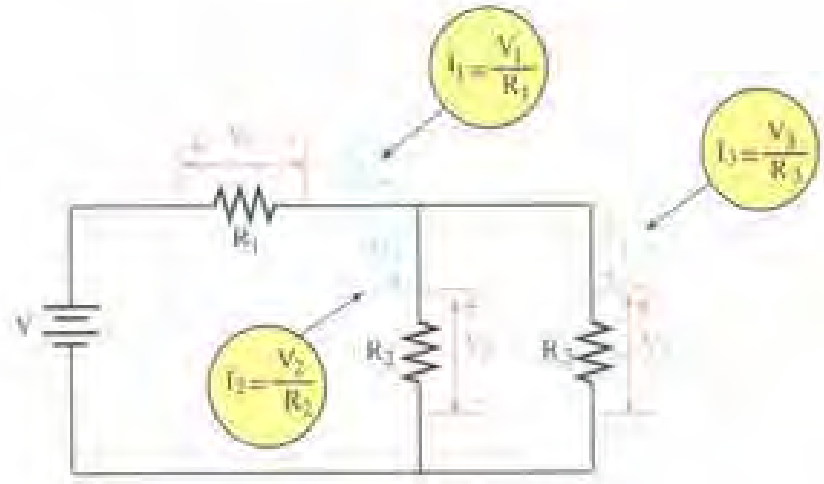
شکل ۱۵۱-۵ جریان در مدارهای ترکیبی سری - موازی

ـ مدار عملی (واقعی)



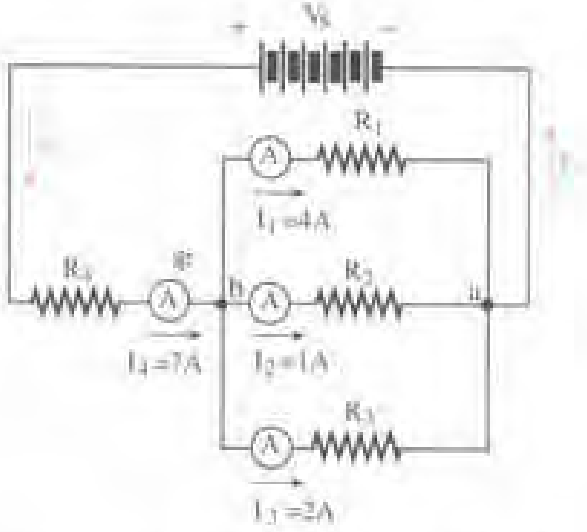
(a)

ـ نقشه فنی



(b)

شکل ۱۵۲-۵



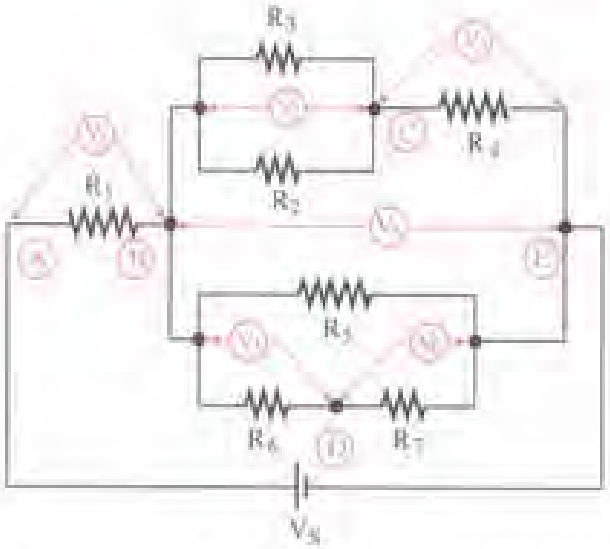
شکل ۱۵۳-۵- تقسیم جریان در مدارهای ترکیبی سری - موازی

شکل (۱۵۳-۵) را مورد بررسی قرار دهید. در این شکل جریان کل مدار (I_4) در گره (b) به سه شاخه تقسیم شده است و در سمت دیگر در گره (a) جریان‌ها مجدداً با هم جمع می‌شوند و به صورت I_4 به منبع تغذیه باز می‌گردند.

۵-۶- ولتاژ در مدارهای ترکیبی «سری - موازی»

در مدارهای ترکیبی «سری - موازی» ولتاژ به نسبت مقاومت‌های سری تقسیم می‌شود و نحوه تقسیم ولتاژ بستگی به حالت مدار دارد.

زیرا در قسمت‌هایی که مدار موازی است ولتاژ مقاومت‌ها مساوی و در بخش‌هایی که مقاومت‌ها سری هستند ولتاژ ورودی به نسبت مقاومت‌ها بین آنها تقسیم می‌شود. شکل (۱۵۴-۵) یک نمونه مدار ترکیبی سری موازی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵۴-۵- بررسی ولتاژها در مدار ترکیبی سری - موازی

با توجه به توضیحات فوق روابط زیر را می‌توانیم بنویسیم:

$$V_{BF} = V_{BC} + V_{CF}$$
$$V_{BE} = V_{BD} + V_{DE}$$
$$V_s = V_{AB} + V_{BE}$$

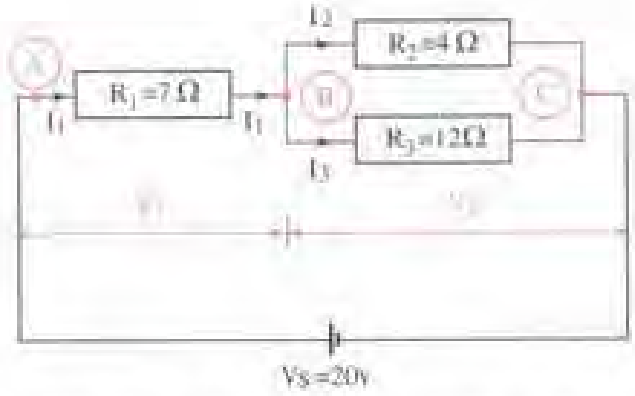
* برای اندازه‌گیری جریان آمپرمتر در مسیر مصرف‌کننده و به صورت سری بسته می‌شود.

جدول ۵-۴

ولت متر	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
ولتاژ گره	V_{AB}	V_{BC}	V_{CE}	V_{BE}	V_{BD}	V_{DE}
ولتاژ مقاومت	V_{R_1}	V_{R_2} V_{R_3}	V_{R_4}	V_{R_5}	V_{R_6}	V_{R_7}

همچنین برای این مدار می‌توان جدول (۴- ۵) را نیز تشکیل داد.

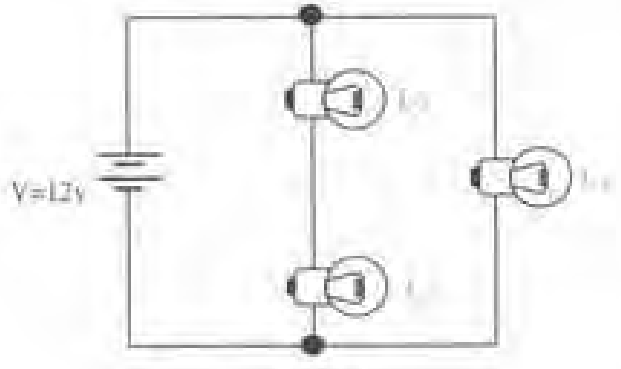
در شکل (۱۵۵-۵) مثال دیگری از مدارهای ترکیبی سری- موازی با مقادیر مقاومت‌ها آمده است که با توجه به قواعد سری وموازی می‌توانیم روابط زیر را بنویسیم:



شکل ۱۵۵-۵-تقسیم ولتاژ در مدارهای ترکیبی سری - موازی

$$V_S = V_1 + V_2$$
$$V_1 = V_{AB} = V_{R_1} = I_1 . R_1$$
$$V_2 = V_{BC} = V_{R_2} = I_2 R_2$$
$$V_3 = V_{BC} = V_{R_3} = I_3 R_3$$

مثال: سه لامپ با مقاومت داخلی ۶Ω مانند شکل (۵-۱۵۶) به یکدیگر اتصال یافته‌اند. مطلوب است جریان و ولتاژ در سر هر یک از لامپ‌ها را بدست آورید.



شکل ۵-۱۵۶

حل: با دقت در شکل (۵-۱۵۶) مشاهده می‌شود که دو لامپ L_2 و L_3 با هم به صورت سری و لامپ L_1 با مجموع آنها به صورت موازی قرار می‌گیرد.

برای محاسبه مقادیر مجهول ابتدا مقاومت معادل و جریان کل را بدست می‌آوریم و سپس بر اساس مقادیر بدست آمده جریان هر شاخه و افت ولتاژ دو سر هر مقاومت را محاسبه می‌کنیم.

$R_{T_1} = R_{L_2} + R_{L_3}$ به صورت سری

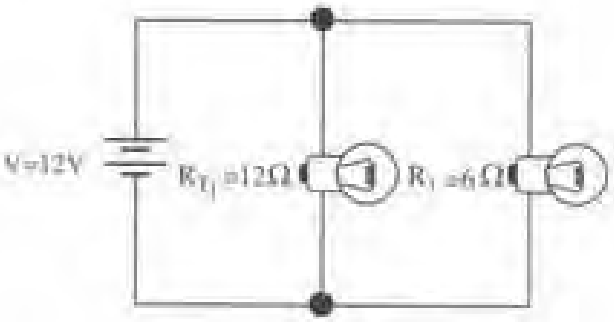
یا

$$R_{T_2} = n . R$$
$$R_{T_2} = 2 \times 6 = 12\ \Omega$$

مقاومت معادل در شکل (۵-۱۵۷) نشان داده شده است.

$$R_T = \frac{R_{T_1} \cdot R_{L_2}}{R_{T_1} + R_{L_2}} = \frac{۱۲ \times ۶}{۱۲ + ۶}$$

$$\boxed{R_T = ۴\,\Omega}$$



شکل ۵-۱۵۷

مقاومت معادل در شکل (۵-۱۵۸) نشان داده شده است.

$$I_T = \frac{V_T}{R_T}$$

$$I_T = \frac{۱۲}{۴} \Rightarrow \boxed{I_T = ۳\,A}$$

شکل ۵-۱۵۸

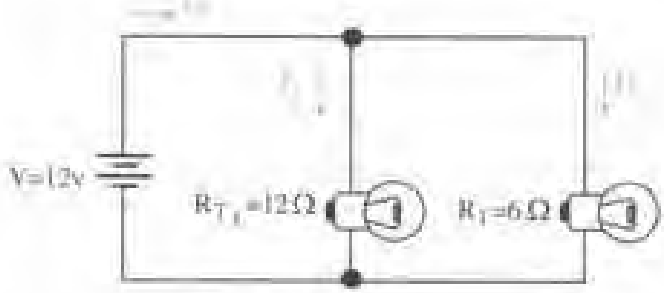
برای محاسبه جریان هر شاخه از رابطه تقسیم جریان دو مقاومت موازی و یا رابطه قانون اهم می‌توانیم استفاده کنیم.

$$I_1 = \frac{V}{R_{L_2}} = \frac{۱۲}{۶}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{۱۲}{۱۲}$$

$$\boxed{I_1 = ۲\,A}$$

$$\boxed{I_2 = ۱\,A}$$



شکل ۵-۱۵۹

چون دو مقاومت R_2 و R_3 با هم سری هستند لذا جریان I_2 که مربوط به آن شاخه است برای هر دو یکی است. (شکل ۵-۱۵۹)

ولتاژ دو سر هریک از مقاومت‌ها را بر اساس جریان عبوری هر یک و به کمک رابطه $V = R.I$ (قانون اهم) چنین بدست می‌آوریم.

$$V_{R_1} = R_1 . I_1$$

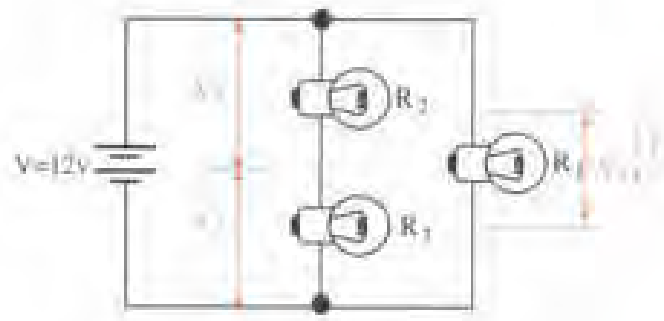
$$V_{R_1} = ۶ \times ۲ \Rightarrow \boxed{V_{R_1} = ۱۲\,V}$$

$$V_{R_2} = R_2 . I_2$$

$$V_{R_2} = ۶ \times ۱ \Rightarrow \boxed{V_{R_2} = ۶\,V}$$

$$V_{R_3} = R_3 . I_3$$

$$V_{R_3} = ۶ \times ۱ \Rightarrow \boxed{V_{R_3} = ۶\,V}$$



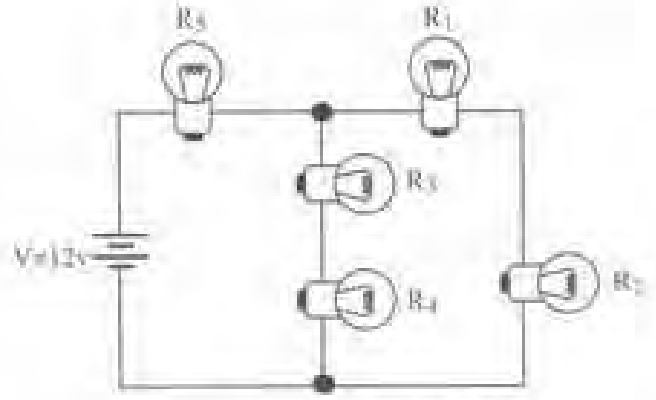
شکل ۵-۱۶۰

مثال: در مدار شکل (۱۶۱-۵) مطلوب است:

الف- جریان کل مدار

ب- جریان هر یک از لامپ‌ها

ج- ولتاژ دو سر هر کدام از لامپ‌ها



مقاومت هر لامپ ۳ اهم

شکل ۱۶۱-۵

حل: برای بدست آوردن مقادیر مجهول مشابه روش به کار رفته در مثال قبل عمل می‌کنیم:

$$R_{T_1} = R_{1,2} + R_{3,4} \quad \text{(مقاومت معادل تا مرحله اول)} \quad \text{یا}$$

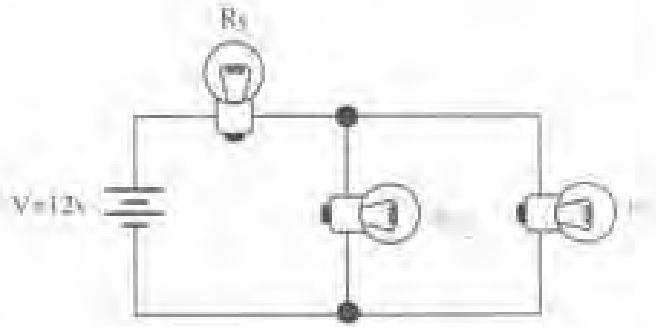
$$R_{T_1} = R_{12}$$

$$R_{T_1} = ۳ \times ۲ \Rightarrow \boxed{R_{T_1} = ۶\Omega}$$

$$R_{T_2} = R_{T_1,5} + R_{5,6} \quad \text{(مقاومت معادل تا مرحله دوم)}$$

$$R_{T_2} = R_{56} \quad \text{یا}$$

$$R_{T_2} = ۳ \times ۲ \Rightarrow \boxed{R_{T_2} = ۶\Omega}$$



شکل ۱۶۲-۵

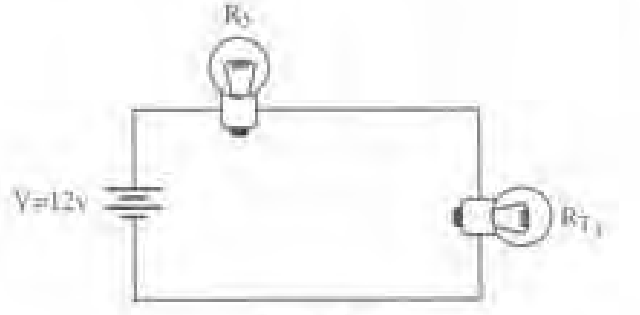
مقاومت معادل تا این مرحله را در شکل (۱۶۲-۵) نشان داده شده است.

چون دو مقاومت موازی مساوی هستند پس می‌توان از تقسیم مقدار یکی بر تعداد معادل آن را بدست آورد.

$$R_{T_3} = R_{T_1} \| R_{T_2} \quad \text{(مقاومت معادل تا مرحله سوم)}$$

$$R_{T_3} = \frac{R}{n}$$

$$R_{T_3} = \frac{۶}{۲} \Rightarrow \boxed{R_{T_3} = ۳\Omega}$$

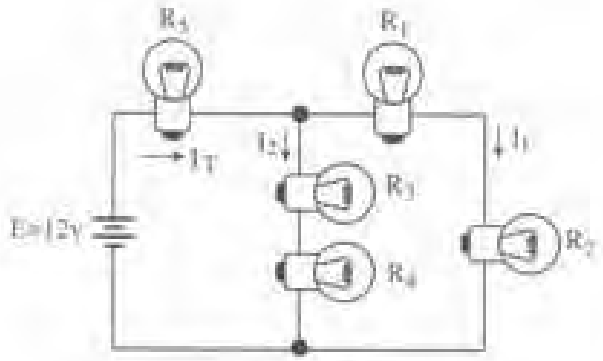


شکل ۱۶۳-۵

مقدار مقاومت کل مدار برابر است با:

$$R_T = R_{T_3} + R_{7,8}$$

$$R_T = ۳ + ۳ \quad \boxed{R_T = ۶\Omega}$$



شکل ۵-۱۶۴

طبق قانون اهم جریان کل را بدین صورت محاسبه می‌کنیم:

$$I_T = \frac{V_T}{R_T}$$

$$I_T = \frac{۱۲}{۶} \Rightarrow \boxed{I_T = ۲A}$$

$$I_{L_۳} = I_T$$

$I_{L_۳} = I_{L_۴}$ چون دولامپ سری هستند.

$I_{L_۱} = I_{L_۲}$ چون دولامپ سری هستند.

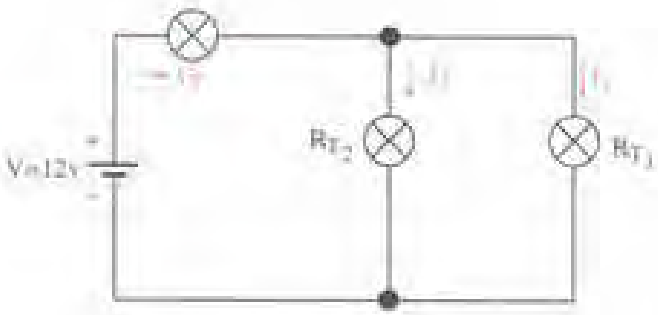
جریان هر شاخه را از تقسیم جریان بدست می‌آوریم:

$$I_{L_۳} = I_T \frac{R_{T_۲}}{R_{T_۱} + R_{T_۲}}$$

$$I_{L_۳} = ۲ \frac{۶}{۶+۶} = \frac{۱۲}{۱۲} \Rightarrow \boxed{I_{L_۳} = ۱A}$$

$$I_{L_۱} = I_T \frac{R_{T_۱}}{R_{T_۱} + R_{T_۲}}$$

$$I_{L_۲} = ۲ \frac{۶}{۶+۶} = \frac{۱۲}{۱۲} \Rightarrow \boxed{I_{L_۴} = ۱A}$$



شکل ۵-۱۶۵

برای محاسبه افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها نیز باید مقدار اهم هر مقاومت را در جریان عبوری از آن ضرب کرد.

$$V_{R_۵} = R_۵ . I_T$$

$$V_{R_۵} = ۳ \times ۲ \Rightarrow \boxed{V_{R_۵} = ۶V}$$

$$V_{R_۲} = R_۲ . I_۲$$

$$V_{R_۳} = ۳ \times ۱ \Rightarrow \boxed{V_{R_۳} = ۳V}$$

$$V_{R_۴} = R_۴ . I_۲$$

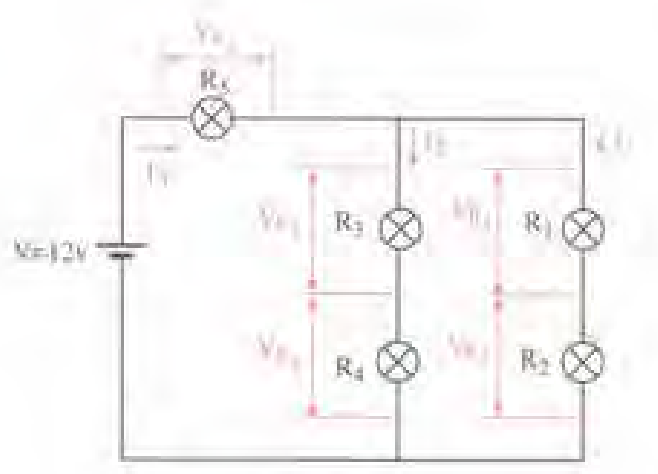
$$V_{R_۴} = ۳ \times ۱ \Rightarrow \boxed{V_{R_۴} = ۳V}$$

$$V_{R_۱} = R_۱ . I_۱$$

$$V_{R_۱} = ۳ \times ۱ \Rightarrow \boxed{V_{R_۱} = ۳V}$$

$$V_{R_۲} = R_۲ . I_۱$$

$$V_{R_۲} = ۳ \times ۱ \Rightarrow \boxed{V_{R_۲} = ۳V}$$



شکل ۵-۱۶۶

نکات ایمنی

۱ـ مدارهای کامل شده را فقط با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

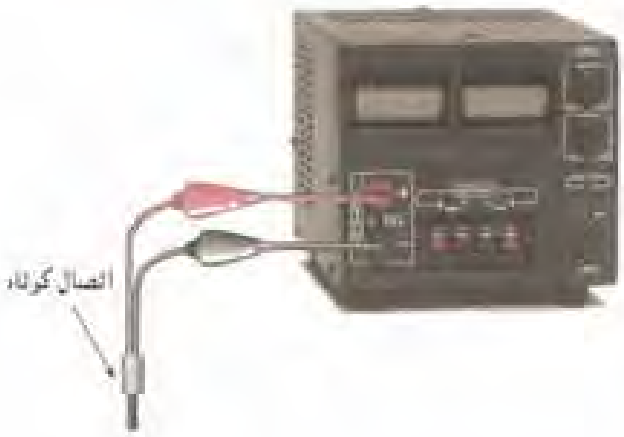
۲ـ قبل از وصل کردن برق مدار، یکبار دیگر آن را بررسی کنید.

۳ـ در زمان وصل کردن مدارها روی بردبُرد مسیرها را بررسی کنید تا پایه‌ها و سیم‌های رابط درست متصل شده باشند.

۴ـ هنگام خارج کردن قطعات از مدار یا اتصال کوتاه کردن آنها منبع تغذیه را حتماً قطع کنید.

۵ـ هنگام اتصال منابع تغذیه (باتری‌ها) به بلاریته آنها دقت کنید.

۶ ـ اگر از منابع تغذیه الکترونیکی dc استفاده می‌کنید توجه داشته باشید که سیم‌های خروجی دستگاه هیچ وقت به هم متصل نشوند. زیرا ممکن است منبع تغذیه شما در مقابل اتصال کوتاه شدن حفاظت نشده باشد و صدمه ببیند.



۷ـ هنگام استفاده از منابع تغذیه الکترونیکی به میزان جریان‌دهی آنها توجه کنید.

۸ ـ هنگام انتخاب مقاومت‌های اهمی مورد نیاز به توان مجاز و کد رنگی یا حروف رمزی آنها دقت کنید.

۹ـ هنگام استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری به مقادیر مجاز و نحوه استفاده از آنها دقت کنید.

عملیات کارگاهی

کارعملی ۶

هدف: بررسی مدارهای مقاومتی سری - موازی در جریان مستقیم

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)		۱ دستگاه
۲ـ پیل ۱/۵ ولتی		۶ عدد
۳ـ پریبرد		۱ عدد
۴ـ آوومتر دیجیتالی		۱ عدد
۵ـ آوومتر عقربه‌ای		۱ عدد
۶ـ میز آزمایشگاهی		۱ دستگاه
۷ـ مقاومت‌های اهمی		
۱ وات	$R_1 = 1/2\,k\Omega$	۵ عدد
۱ وات	$R_2 = 1/5\,k\Omega$	۱ عدد
۱ وات	$R_3 = 3/9\,k\Omega$	۱ عدد
۱ وات	$R_4 = 5/6\,k\Omega$	۱ عدد
۸ـ سیم تلفنی		۱ متر
۹ـ سیم چین		۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت کن		۱ عدد
۱۱ـ گیره سوسماری		۶ عدد

مدت زمان لازم: ۲ ساعت

موضوع الف ـ اندازه گیری و محاسبه مقاومت در مدارهای ترکیبی «سری-موازی»

۱ـ مقدار اهم و درصد خطای مقاومت‌های R_1 تا R_4 را با توجه به نوارهای رنگی به دست آورید و در جدول مقابل یادداشت کنید.

۲ـ به کمک مولتی‌متر مقدار اهم هر یک از مقاومت‌ها را اندازه بگیرید (رنج اهم‌متر را روی $R \times 1k$ قرار دهید.) و در جدول (۵-۵) ثبت کنید.

۳ـ مدار شکل (۵-۱۶۷) را روی برد بورد متصل دهید و با استفاده از اهم‌متر مقاومت معادل مدار را از دو نقطه A و D اندازه بگیرید.

$$R_{AD_1} = \square$$

۴ـ طبق شکل (۵-۱۶۸) یک مقاومت ۵/۶ kΩ را بین دو نقطه C و D قرار دهید و مقاومت معادل مدار را با استفاده از اهم‌متر اندازه بگیرید.

$$R_{AD_2} = \square$$

۵ـ مقاومت ۵/۶ kΩ را بین دو نقطه B و C طبق شکل (۵-۱۶۹) قرار دهید و مقاومت معادل بین دو نقطه A و D را مجدداً اندازه‌گیری کنید.

$$R_{AD_3} = \square$$

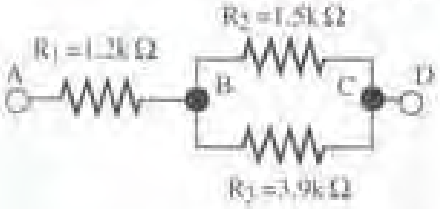
۶ـ با توجه به نتایج بدست آمده در مراحل ۴ و ۵ اضافه شدن مقاومت ۵/۶ kΩ به مدارهای شکل (۵-۱۶۸ و ۵-۱۶۹) چه تأثیری روی مقاومت معادل بین دو نقطه A و D می‌گذارد؟ چرا؟ شرح دهید.

۷ـ آیا مقادیر بدست آمده در مراحل عملی با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

جدول ۵-۵

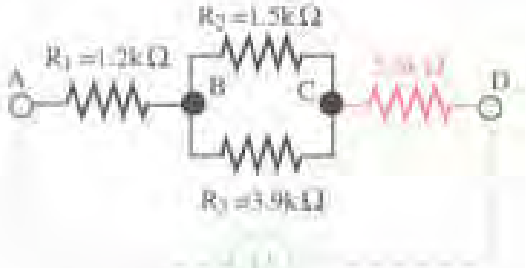
مقاومت	نوارهای رنگی	مقدار اهم و تلرانس خوانده شده	مقدار اندازه‌گیری شده
R_1			
R_2			
R_3			
R_4			

a) شکل واقعی مدار

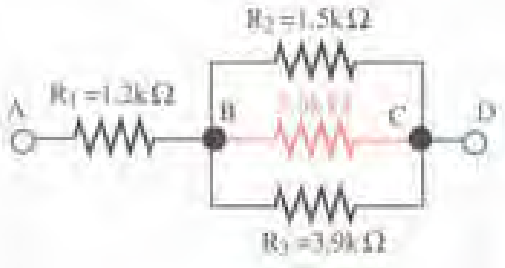


b) شکل مداری

شکل ۵-۱۶۷



شکل ۵-۱۶۸

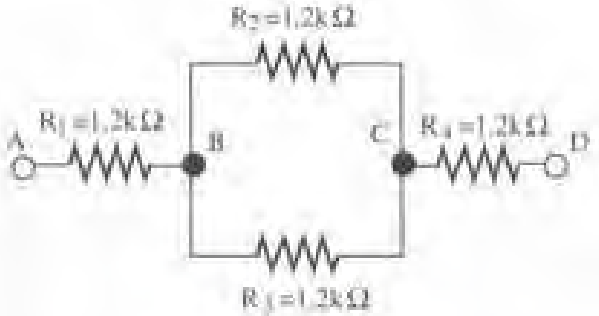


شکل ۵-۱۶۹

۸ ـ چهار مقاومت ۱/۲ kΩ طبق شکل (۵-۱۷۰) اتصال دهید و سپس با اهم‌متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و D را اندازه‌گیری کنید.

$R_{AD_{\text{تجربی}}} =$ ☐

۹ـ با توجه به مقدار اندازه‌گیری شده آیا می‌توان با استفاده از نتیجه‌گیری‌های بدست آمده رابطه کلی را نوشت؟ چرا؟



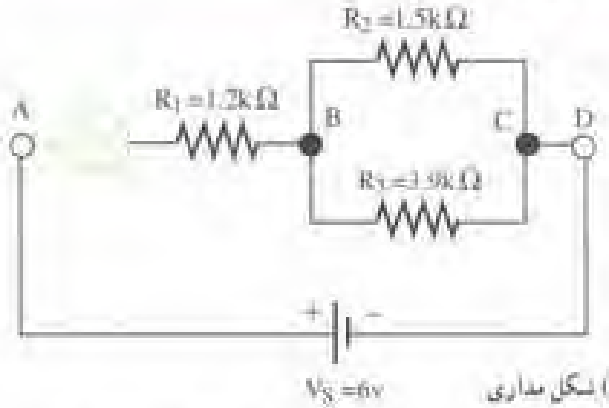
شکل ۵-۱۷۰ اندازه‌گیری مقاومت در مدار ترکیبی

موضوع ب ـ اندازه‌گیری و محاسبه شدت جریان درمدارهای ترکیبی «سری- موازی»

۱ـ مدار شکل (۵-۱۷۱) را روی بردبُرد اتصال دهید.

تذکر: دقت کنید که آمپرمتر در مدار مربوط به هر مقاومت به‌صورت سری قرار گیرد و حداقل حوزه کاری که انتخاب می‌شود، برابر ۱۰ mA باشد.

a) شکل واقعی مدار



b) شکل مداری

شکل ۵-۱۷۱-اندازه گیری جریان در مدار ترکیبی (قسمت سری)

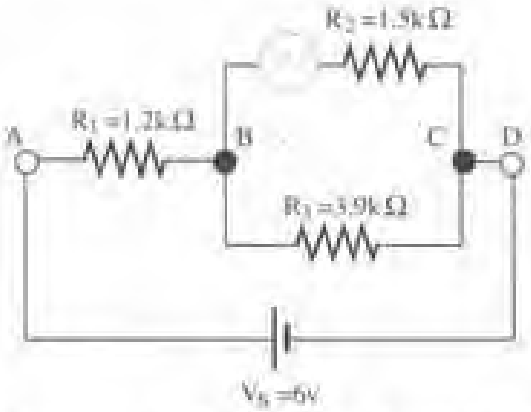
۲ـ منبع تغذیه dc را وصل کنید و جریان تئوری از مقاومت R_1 را اندازه بگیرید.

$I_{R_{1\text{تئوری}}} =$ ☐ A

۳ـ منبع تغذیه را خاموش کرده و آمپرمتر را یکبار در مسیر مقاومت R_2 مانند شکل (۵-۱۷۲) و بار دیگر در مسیر مقاومت R_3 قرار داده و جریان هر یک را قرائت کنید.

$I_{R_{2\text{تجربی}}} =$ ☐ A

$I_{R_{3\text{تجربی}}} =$ ☐ A



شکل ۵-۱۷۲- اندازه‌گیری جریان در شاخه‌های مختلف مدارهای ترکیبی «سری - موازی»

۴ـ از مقایسه جریان‌های اندازه‌گیری شده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۵ ـ مداری را مطابق شکل (۵-۱۷۳) اتصال دهید و جریان عبوری از هریک ازمقاومت‌ها را به تفکیک اندازه بگیرید.

$I_{R_1} =$ ☐ A
$I_{R_2} =$ ☐ A
$I_{R_3} =$ ☐ A

۶ـ یک مقاومت ۵/۶kΩ در بین دو نقطه B و C طبق شکل (۵-۱۷۴) اضافه کنید و جریان عبوری ازمقاومت‌های R_1 و R_2 را اندازه بگیرید.

$I_{R_1} =$ ☐ A
$I_{R_2} =$ ☐ A

۷ـ یک مقاومت ۱/۲kΩ بین دو نقطه B و C اضافه کنید و جریان کل مدار را اندازه بگیرید. جریان کل مدار چه تغییر داشته است؟ چرا؟ شرح دهید.

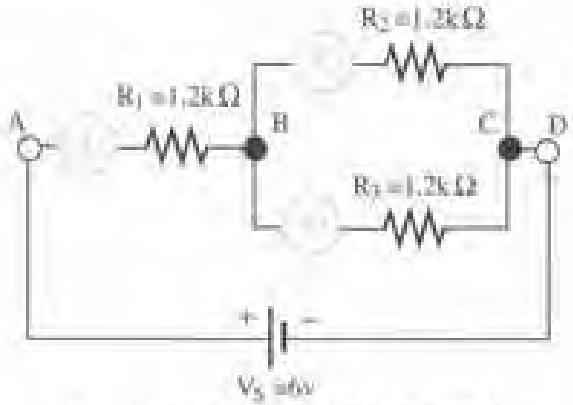
$I_T =$ ☐ A

۸ ـ مدار شکل (۵-۱۷۵) را روی بردبورد اتصال دهید و جریان عبوری از مقاومت‌های R_1 و R_2 و جریان کل مدار را اندازه‌گیری بگیرید.

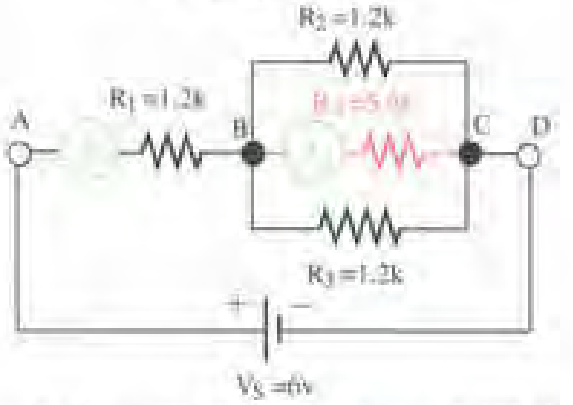
$I_{R_1} =$ ☐ A
$I_{R_2} =$ ☐ A
$I_T =$ ☐ A

۹ ـ وقتی مقاومت R_2را بین دو نقطه A و D قرار می‌دهید جریان کل مدار چه تغییری می کند؟ چرا؟ شرح دهید.

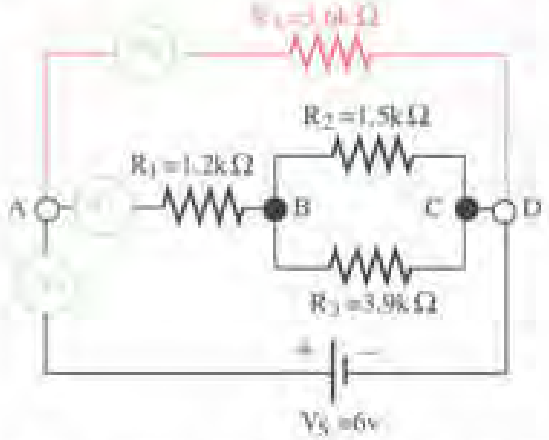
۱۰ـ از مقایسه جریان‌های بدست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.



شکل ۵-۱۷۳- اندازه‌گیری جریان از شاخه‌های مختلف مدار ترکیبی سری - موازی



شکل ۵-۱۷۴- بررسی اثر تغییر مکان مقاومت روی مدار ترکیبی



شکل ۵-۱۷۵- بررسی اثر اضافه کردن مقاومت به صورت موازی در مدار ترکیبی سری- موازی

پاسخ سؤال‌های

۹.....

.....

۱۰.....

.....

۱۱ـ آیا رابطه‌ای بین مقدار جریان کل مدار و محل قرار گرفتن مقاومت جدید R_4 وجود دارد؟ شرح دهید.

موضوع ج ـ اندازه‌گیری و محاسبه ولتاژ در مدارهای ترکیبی «سری ـ موازی»

۱ـ مدار شکل (۱۷۶-۵) را روی بردبورد اتصال دهید.

تذکر: دقت کنید که ولت‌متر در دو سر هر مقاومت به صورت موازی قرار گیرد و دارای حداقل رنج ۶V باشد.

۲ـ منبع تغذیه dc را وصل کنید و ولتاژ دو سر مقاومت R_1 را اندازه بگیرید.

$V_{R_1} =$ ☐ V

۳ـ ولت‌متر را یکبار در دو سر مقاومت R_2 و بار دیگر در دو سر مقاومت R_3 قرار دهید و ولتاژ هریک از مقاومت‌ها را اندازه بگیرید.

$V_{R_2} =$ ☐ V

$V_{R_3} =$ ☐ V

۴ـ از مقایسه ولتاژهای اندازه‌گیری شده با ولتاژ منبع تغذیه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال ۴: .....

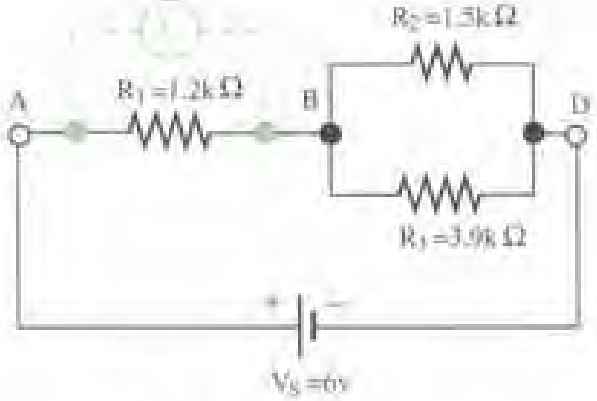
.....

۵ـ مداری را مطابق شکل (۱۷۸-۵) اتصال دهید و ولتاژ دو سر هریک از مقاومت‌ها را به تفکیک اندازه بگیرید.

$V_{R_1} =$ ☐ V

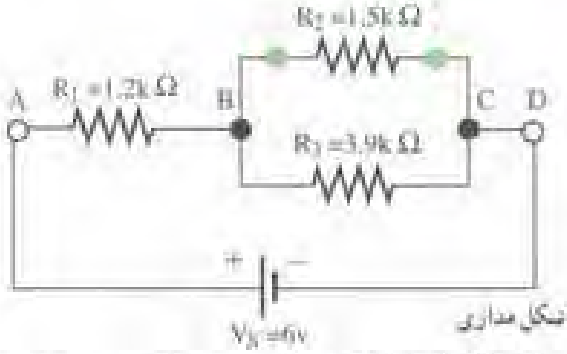
$V_{R_2} =$ ☐ V

$V_{R_3} =$ ☐ V



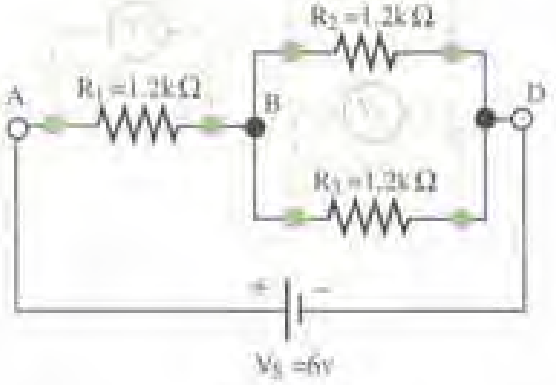
شکل ۱۷۶-۵- اتصال مدار ترکیبی سری - موازی

a) شکل واقعی



b) شکل مداری

شکل ۱۷۷-۵- اندازه‌گیری ولتاژ در مدار ترکیبی سری- موازی



شکل ۱۷۸-۵

۶ـ از مقایسه ولتاژهای بدست آمده با یکدیگر چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۷ـ یک مقاومت ۵/۶kΩ را طبق شکل(۵-۱۷۹) بین دو نقطه B و C اضافه کنید و ولتاژهای دو سر هر مقاومت را مجدداً اندازه‌گیری کنید.

V_{R_1} = ☐ V

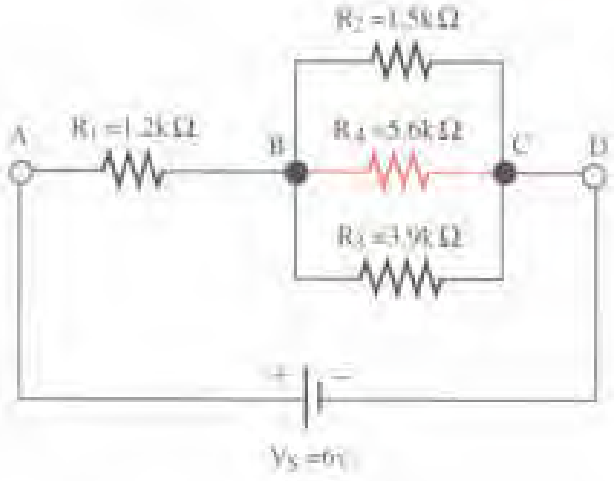
V_{R_2} = ☐ V

V_{R_3} = ☐ V

V_{R_4} = ☐ V

۸ـ از نتایج بدست آمده در این مرحله آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۹ـ آیا مقادیر بدست آمده با مطالب تئوری و رابطه آن مطابقت دارد؟ شرح دهید.



شکل ۵-۱۷۹

پاسخ سؤال‌های

۸.....

.....

۹.....

.....

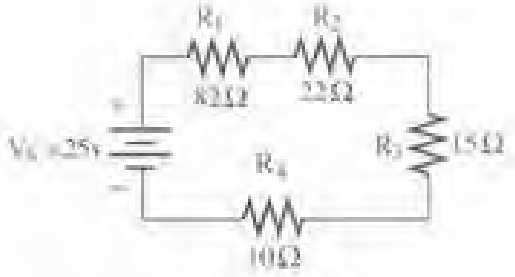
آزمون پایانی (۵)

۱ـ یک آمپرمتر در مداری به‌صورت سری قرار گرفته است. این آمپرمتر پس از وصل منبع تغذیه عدد صفر را نشان می‌دهد. کدام‌یک از موارد زیر را باید مورد بررسی قرار داد؟

الف ـ بازرسی سیم‌های رابط مدار
ب ـ بررسی اتصال کوتاه شدن مقاومت‌ها
ج ـ بررسی مقاومت‌ها از نظر قطع شدن
د ـ گزینه‌های الف و ج

۲ـ جریان عبوری از مدار شکل (۱۸۰-۵) چند میلی‌آمپر است؟

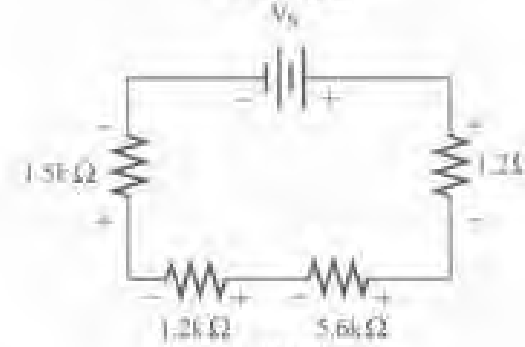
الف ـ ۱۹۲
ب ـ ۴/۸
ج ـ ۶/۲
د ـ ۵/۴



شکل ۱۸۰-۵

۳ـ در مدار شکل (۱۸۱-۵) ولتاژ Vs چند ولت است؟

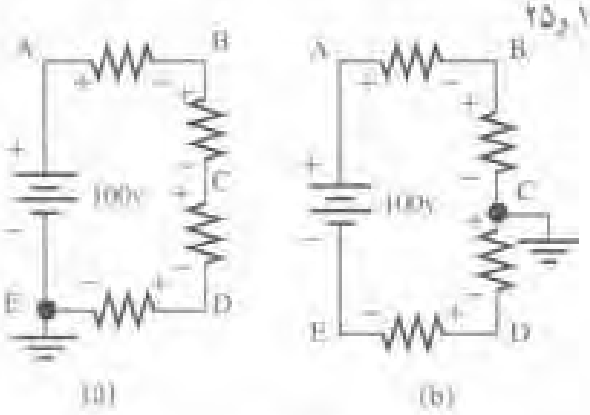
الف ـ ۹/۵
ب ـ ۰/۹۵
ج ـ ۹۵
د ـ ۰/۰۹۵



شکل ۱۸۱-۵

۴ـ در شکل (۱۸۲-۵) اگر افت ولتاژ در دو سر هر مقاومت برابر ۲۵ ولت باشد در شکل‌های (a) و (b) ولتاژ نقطه B نسبت به زمین به‌ترتیب از راست به چپ چند ولت است؟

الف ـ ۷۵ و ۵۰
ب ـ ۷۵ و ۲۵
ج ـ ۵۰ و ۲۵
د ـ ۱۰۰ و ۲۵

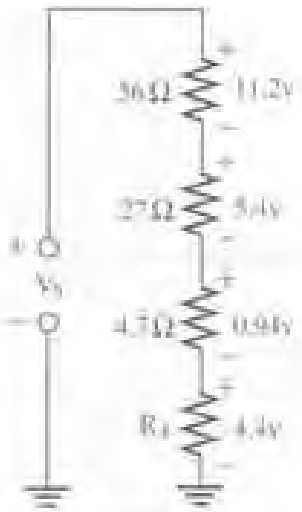


شکل ۱۸۲-۵

۵ـ مقدار مقاومت R_x در شکل (۱۸۳-۵) چند اهم است؟

الف ـ ۰/۸۸ ب ـ ۲/۲

ج ـ ۲۲۰ د ـ ۲۲



شکل ۱۸۳-۵

۶ـ مقدار مقاومت معادل سه مقاومت ۳۳۰Ω، ۲۷۰Ω و ۶۸Ω که به صورت موازی بسته شده‌اند چند اهم است؟

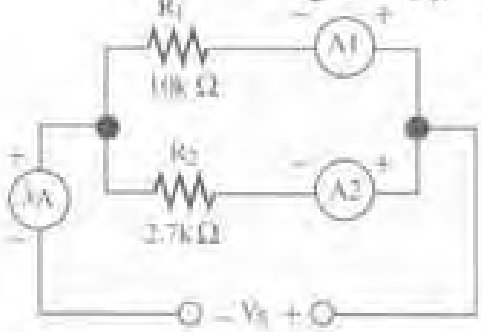
الف ـ ۶۶۸ ب ـ ۴۷

ج ـ ۶۸ د ـ ۲۲

۷ـ در شکل (۱۸۴-۵) آمپرمترهای A_1 و A_2 به‌ترتیب از راست به چپ چند آمپر را نشان می‌دهند؟

الف ـ ۲/۱۹ و ۰/۸۱ ب ـ ۰/۵۶ و ۲/۱۹

ج ـ ۰/۸۵ و ۱/۷۷ د ـ ۰/۸۱ و ۲/۱۹

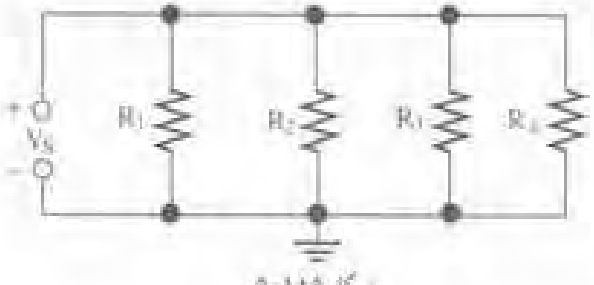


شکل ۱۸۴-۵

۸ ـ در شکل (۱۸۵-۵) و در صورتی که مقدار مقاومت R_2=۲kΩ باشد مقدار مقاومت R_x چند کیلو اهم است؟

الف ـ ۱۲ ب ـ ۲

ج ـ ۹ د ـ ۱

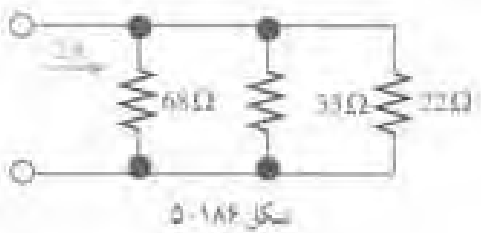


شکل ۱۸۵-۵

۹ـ در مدار شکل (۱۸۶-۵) ولتاژ کل چند ولت است؟

الف ـ ۱۲/۹ ب ـ ۷/۲۵

ج ـ ۲۲/۱ د ـ ۲۲/۶



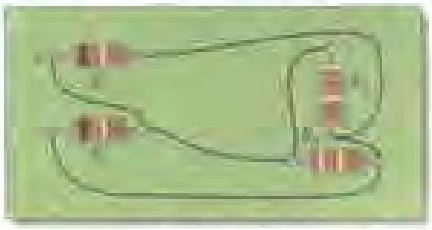
شکل ۱۸۶-۵

۱۰ـ خروجی یک تقویت کننده استریو به چهار بلندگو طبق شکل (۱۸۷-۵) اتصال دارد. مقاومت معادل خروجی بلندگوها چند اهم است؟

شکل ۱۸۷-۵

الف ـ ۸Ω　　ب ـ ۲Ω
ج ـ ۶۴Ω　　د ـ ۳۲Ω

۱۱ـ با توجه به شکل (۱۸۸-۵) بررسی کنید نحوه اتصال مقاومت‌ها نسبت به یکدیگر چگونه است؟


شکل ۱۸۸-۵

الف ـ سری　　ب ـ موازی
ج ـ سری ـ موازی　　د ـ مختلط

۱۲ـ اگر فاصله کنتور تا داخل یک ساختمان مسکونی ۲۵ متر، جریان مصرفی ۱۶ آمپر و ولتاژ کار ۲۲۰ ولت باشد، به‌ترتیب از راست به چپ افت ولتاژ مسیر و سطح مقطع سیم مسی مورد نیاز را برای دوسیمی حساب کنید. $(\chi_{cu}=56)$

الف ـ ۳/۳ و ۴/۳　　ب ـ ۴/۳ و ۳
ج ـ ۳ و ۵　　د ـ ۳/۳ و ۵/۲

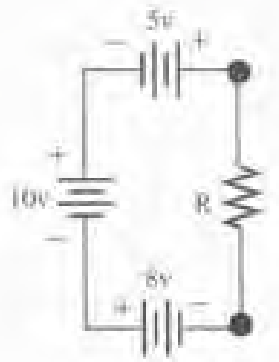
۱۳ـ الکترود مثبت کدام‌یک از باتری‌های زیر از جنس اکسید منگنز است؟

الف ـ سرب ـ اسید　　ب ـ روی کربن
ج ـ قلیایی　　د ـ جیوه‌ای

۱۴ـ ولتاژ هر سل نیکل ـ کادمیوم حدود چند ولت است؟

الف ـ ۱/۵　　ب ـ ۱/۳
ج ـ ۲　　د ـ ۱/۳۵

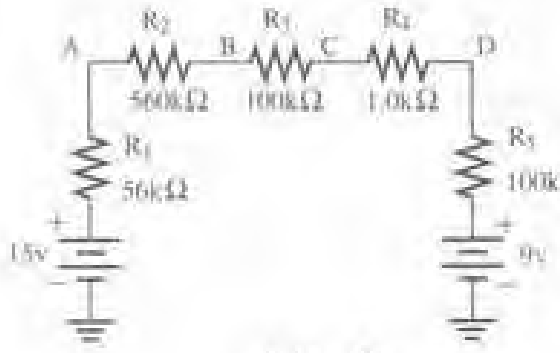
۱۵ـ ولتاژ دو سر مقاومت در مدار شکل (۱۸۹-۵) چند ولت است؟



شکل ۱۸۹-۵

الف ـ ۷　　ب ـ ۱۲
ج ـ ۱۸　　د ـ ۲۳

۱۶ـ جریان در مدار شکل (۱۹۰-۵) چند میکروآمپر است؟



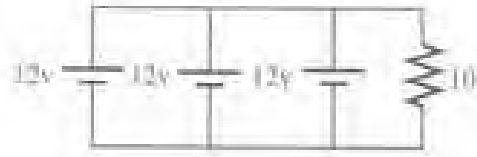
شکل ۱۹۰-۵

الف ـ ۳/۳　　ب ـ ۰/۰۲
ج ـ ۰/۴۵　　د ـ ۱۰

۱۷- توان مصرفی در مدار شکل (۱۹۱-۵) چقدر است؟

الف- ۱/۴۴ mW　　ب- ۱۴/۴ mW

ج- ۱/۴۴ W　　د- ۱۴/۴ W

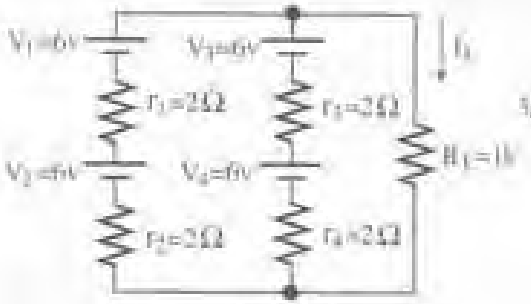


شکل ۱۹۱- ۵

۱۸- جریان عبوری از مقاومت بار شکل (۱۹۲-۵) چند میلی‌آمپر است؟

الف- ۱۱/۹　　ب- ۴

ج- ۳　　د- ۱۲/۴

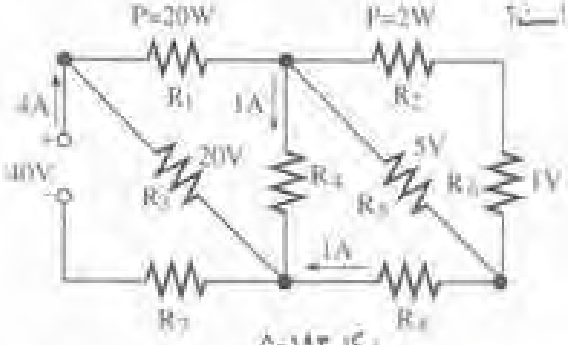


شکل ۱۹۲- ۵

۱۹- در مدار شکل (۱۹۳-۵) توان مصرفی در مقاومت R_2 چند وات است؟

الف- ۱　　ب- ۵/

ج- ۲۰　　د- ۲۵/

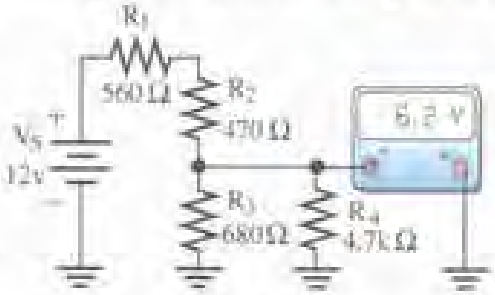


شکل ۱۹۳- ۵

۲۰- درشکل (۱۹۴-۵) آیا مقدار نشان داده شده توسط دستگاه اندازه‌گیری صحیح است؟ درصورتی که صحیح نیست، چه عددی را باید نشان دهد.

الف- بلی　　ب- ۴/۳

ج- ۶/۸　　د- ۸/۴

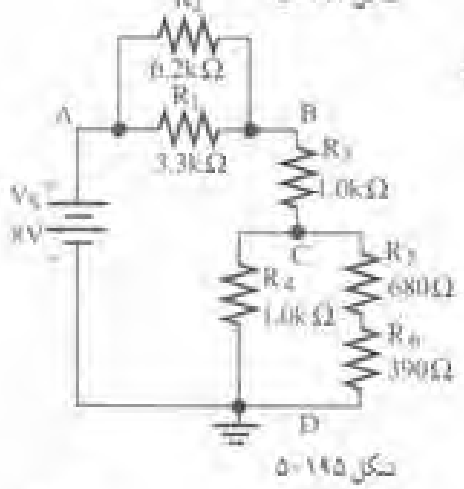


شکل ۱۹۴- ۵

۲۱- در مدار شکل (۱۹۵-۵) ولتاژ بین دو نقطه C و D (V_{CD}) چند ولت است؟

الف- ۴/۶۹　　ب- ۴/۱۸

ج- ۳/۶۷　　د- ۱/۱۳

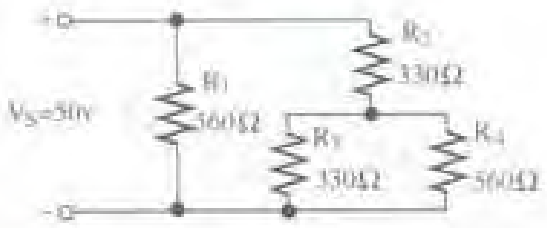


شکل ۱۹۵- ۵

۲۲ـ در شکل (۱۹۶-۵) جریان I چند میلی‌آمپر است؟

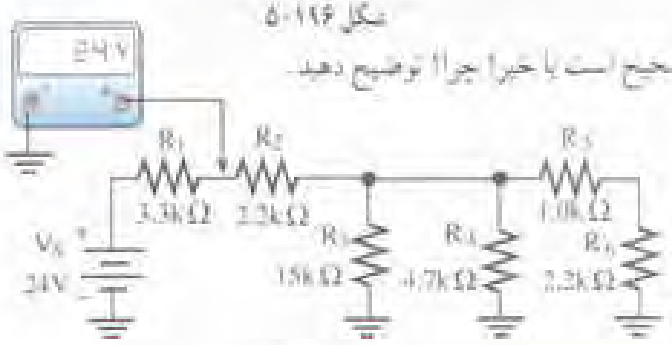
الف ـ ۹۳ ب ـ ۲۰

ج ـ ۳۲/۵ د ـ ۵۳۸



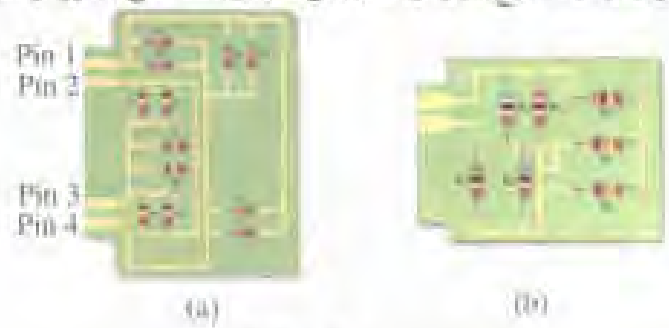
شکل ۱۹۶-۵

۲۳ـ عددی که ولت‌متر در شکل (۱۹۹-۵) نشان می‌دهد صحیح است یا خیر؟ چرا؟ توضیح دهید.



شکل ۱۹۹-۵

۲۴ـ با توجه به تصاویر شکل (۲۰۰-۵) وضعیت قرار گرفتن مقاومت‌ها (نوع مدار) را تشخیص دهید و نقشه فنی مدار را رسم کنید.



شکل ۲۰۰-۵

۲۵ـ اگر مقاومت داخلی مصرف کننده در مدار قطع شود مقدار جریان در مدار الکتریکی ..... خواهد شد.

۲۶ـ در مدار سری از تقسیم ولتاژ کل مدار بر جریان مقدار ..... بدست می‌آید.

۲۷ـ برای سنجش اندوکتانس در مدار الکتریکی از وسیله‌ای به‌نام ..... استفاده می‌شود.

۲۸ـ در یک مدار سری جریان عبوری از آمپرمتر اول (در ابتدای مدار) با جریان عبوری از آمپرمتر آخر (در انتهای مدار) یکسان است.

صحیح ☐ غلط ☐

۲۹ـ در یک مدار موازی در صورت ثابت بودن ولتاژ جریان هر شاخه با مقاومت آن رابطه مستقیم دارد.

صحیح ☐ غلط ☐

۳۰ـ با توجه به روابط مدارهای سری، جمع جبری جریان‌های وارد شده و خارج شده در یک گره برابر صفر است.

صحیح ☐ غلط ☐

توجه: مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

پاسخ سؤالات

پیش آزمون (۵)

۱ـ د
۲ـ ج
۳ـ ب
۴ـ ج
۵ـ الف
۶ـ الف
۷ـ الف
۸ـ الف
۹ـ الف
۱۰ـ د
۱۱ـ ج
۱۲ـ ج
۱۳ـ ب
۱۴ـ د
۱۵ـ ج

آزمون پایانی (۵)

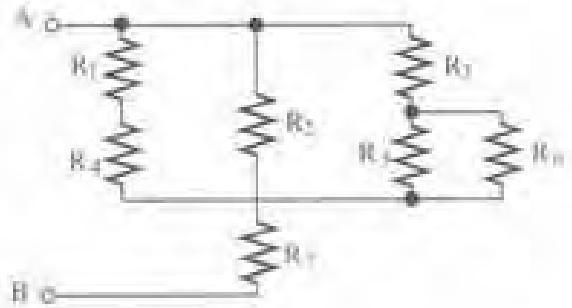
۱ـ ج
۲ـ ب
۳ـ د
۴ـ ج
۵ـ د
۶ـ ب
۷ـ الف
۸ـ الف
۹ـ ج
۱۰ـ ب
۱۱ـ ب
۱۲ـ الف
۱۳ـ ج
۱۴ـ ب
۱۵ـ د
۱۶ـ الف
۱۷ـ ب
۱۸ـ الف
۱۹ـ ب
۲۰ـ ب
۲۱ـ ب
۲۲ـ ج

پاسخ خودآزمایی عملی

۲۳ـ خیر چون ولتاژ کل برابر ۲۴ ولت است پس در این شرایط می‌بایست مقاومت R_2 قطع و یا مقاومت R_1 اتصال کوتاه شده باشد تا ولت‌متر بتواند این مقدار را نشان دهد.

۲۴ـ الف) دو شاخه مدار موازی $Pin_1 || Pin_4$ (شامل مقاومت‌های $R_1, R_2, R_3, R_8, R_{11}, R_{12}$)
$Pin_7 || Pin_6$ (شامل مقاومت‌های $R_3, R_5, R_7, R_9, R_{10}, R_{13}$)

ب: شکل مدار به‌صورت سری موازی است.



۲۵ ـ صفر

۲۶ـ مقاومت کل (مقاومت معادل)

۲۷ـ $1.C^{\circ}$ متر

۲۸ـ صحیح ☒

۲۹ ـ غلط ☒

۳۰ ـ غلط ☒

واحد کارمبانی الکتریسیته

فصل ششم: کار و توان الکتریکی

هدف کلی:

توانایی محاسبه کار و توان مصرف کننده‌های الکتریکی و شناسایی توان مقاومت‌ها

هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل انتظار می رود که، فراگیر:

۱ـ کار، توان و راندمان الکتریکی را با ذکر رابطه آنها تعریف کند.
۲ـ حرارت ایجاد شده توسط الکتریسیته در یک مقاومت را محاسبه کند.
۳ـ توان مصرفی مدار و هزینه برق مصرفی را محاسبه کند.
۴ـ استاندارد مقاومتی را از نظر مقدار مقاومت و مقدار توان بیان کند.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۴	ــ	۴

پیش آزمون (۶)

۱ـ زمانی که به یک چرخ دستی نیرو وارد کنیم و آن را به حرکت درآوریم چه اتفاقی می‌افتد؟

الف ـ انرژی هدر رفته است. ب ـ کار انجام شده است.

ج ـ حرکت مثبتی صورت گرفته است. د ـ نیروی عمودی وارد کرده‌ایم.

۲ ـ میزان گرمایی که توسط سماور برقی ایجاد می‌شود به چه عاملی بستگی دارد؟

الف ـ میزان آب داخل سماور ب ـ نوع سیم رابط

ج ـ مقاومت الکتریکی سماور د ـ دمای محیط

۳ـ کوچک و بزرگ بودن ابعاد مقاومت‌ها روی چه عاملی اثر می‌گذارد؟

الف ـ مقدار مقاومت ب ـ توان مقاومت

ج ـ ولتاژ کار مقاومت د ـ خطای ساخت مقاومت

۴ ـ نقش کنتور ..... در یک مدار الکتریکی چیست؟

الف ـ اندازه‌گیری توان ب ـ محاسبه پول برق

ج ـ اندازه‌گیری انرژی د ـ تعیین نوع مصرف کننده

۵ ـ در نیروگاه‌ها تمام انرژی ورودی تولید شده توسط آب به انرژی برق تبدیل ..... چرا که در این فرآیند بخشی از انرژی ..... می‌شود.

الف ـ می‌شود ـ تبدیل ب ـ نمی‌شود ـ تلف

ج ـ نمی‌شود ـ تبدیل د ـ می‌شود ـ تلف

۶ ـ میزان انرژی مصرفی در یک منزل مسکونی را می‌توان از ..... انرژی‌ها بدست آورد.

الف ـ حاصل جمع ب ـ حاصل تقسیم

ج ـ حاصل تفریق ج ـ حاصل ضرب

۷ ـ در یک آسیاب آبی چه عاملی باعث گردش چرخ می‌شود؟

الف ـ حرکت محور ب ـ گردش موتور

ج ـ جریان آب د ـ حرکت چرخ اصلی

۸ ـ با کدام‌یک از روش‌های اتصال پل‌ها به یکدیگر می‌توان میزان جریان‌دهی منبع را افزایش داد؟

الف ـ سری ب ـ متقابل

ج ـ موازی د ـ ترکیبی متقابل

۹ ـ در یک اتوی برقی چه عاملی باعث گرم شدن اتو می‌شود؟

الف ـ عبور جریان از داخل المنت ب ـ سطح تماس

ج ـ حرکت روی پارچه د ـ جنس پارچه

۱۰ـ برای محدود کردن جریان الکتریکی در یک مدار مناسب‌ترین راه کدام است؟

الف ـ قرار دادن کلید　　ب ـ افزایش سطح مقطع سیم

ج ـ استفاده از ماده عایق　　د ـ سری کردن مقاومت مناسب

۱۱ـ مقدار مقاومت‌های الکتریکی با جنس آنها رابطه ..... .

الف ـ ندارد.　　ب ـ مستقیم دارد.

ج ـ معکوس دارد.　　د ـ بایدار دارد.

۱۲ـ کدام‌یک از روابط زیر شکل صحیح مقاومت معادل بین دو مقاومت موازی است؟

الف ـ $R_T = R_1 + R_2$　　ب ـ $R_T = R_1 . R_2$

ج ـ $R_T = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$　　د ـ $R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

۱۳ـ در یک شبکه ۲۲۰ ولتی حداکثر افت ولتاژ مجاز برای مصارف روشنایی چند ولت است؟

الف ـ ۶/۶　　ب ـ ۳/۳

ج ـ ۱/۵　　د ـ ۳

۱۴ـ آیا می‌توان در یک کارگاه صنعتی میزان انرژی الکتریکی مصرفی را اندازه‌گیری کرد؟

الف ـ بستگی به قدرت دارد.　　ب ـ خیر

ج ـ بله　　د ـ در برخی از موارد امکان دارد.

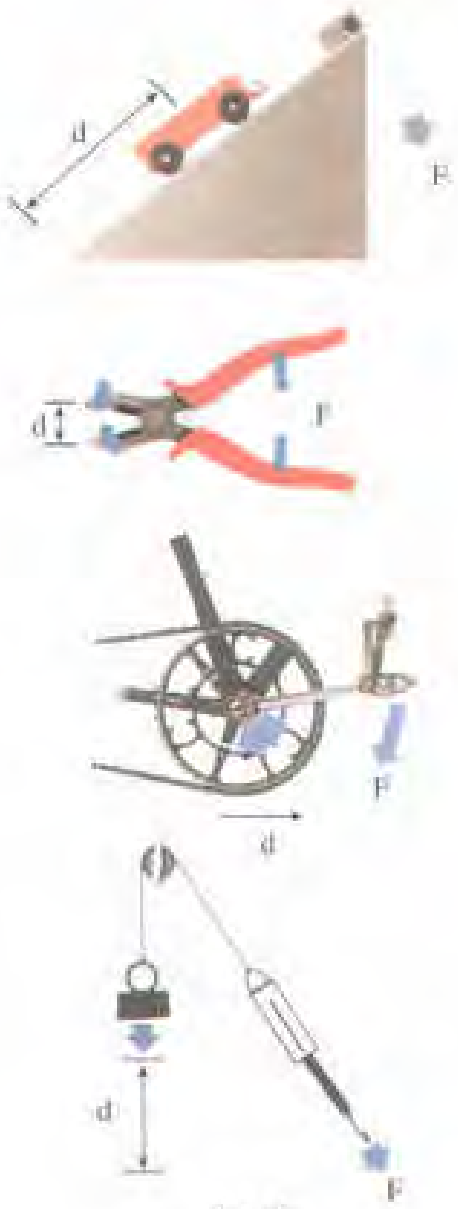
۱۵ـ میزان مصرف انرژی الکتریکی در منازل مسکونی با کدام‌یک از موارد زیر رابطه مستقیم دارد؟

الف ـ قطر سیم مصرفی　　ب ـ تعداد وسایل

ج ـ فاصله تولیدکننده تا مصرف‌کننده　　د ـ سطح مقطع سیم مصرفی

۱ـ۶ـ کار الکتریکی

هرگاه جسمی حرکت کند یا تغییر حالت دهد می‌گوییم کار انجام شده است. نمونه‌هایی از انجام کار را در شکل (۱-۶) مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۶

برای محاسبه کار مکانیکی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$w = Fd \qquad (۱)$$

w- کار انجام شده بر حسب ژول (J)

F- نیروی وارد شده بر حسب نیوتن (N)

d- میزان جابجایی جسم بر حسب متر (m)

در الکتریسیته تعریف کار بر حسب ولتاژ الکتریکی به‌صورت زیر است:

اگر اختلاف پتانسیل V ولت در دو سر یک هادی قرار گیرد به طوری که q کولن بار از آن عبور کند، کاری معادل w ژول انجام می‌شود شکل (۲-۶). کار الکتریکی از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$V = \frac{w}{q} \Rightarrow \boxed{w = Vq} \qquad (۲)$$

w- کار انجام شده بر حسب وات ثانیه یا ژول

V- اختلاف پتانسیل بر حسب ولت

q- مقدار بار الکتریکی جابجا شده بر حسب کولن

شکل ۲-۶

در رابطه w اگر به جای مقادیر q و V مقدار یک (واحد) قرار داده شود، تعریف واحد یعنی ۱ ژول بدست می‌آید. رابطه (۱) یک رابطه کلی برای کار الکتریکی است که کمتر در مدارهای الکتریکی کاربرد دارد. زیرا در مدارهای الکتریکی معمولاً با کمیت‌های V و I سر و کار داریم. به همین دلیل برای بدست آوردن رابطه کار بر حسب V و I یکبار به‌جای q و بار دیگر به‌جای V معادله آنها را قرار می‌دهیم.

$$q = It \Rightarrow \boxed{w = VIt} \qquad (۲)$$

$$V = RI \Rightarrow w = (RI).(It)$$

$$\boxed{w = RI^2 t} \qquad (۳)$$

در رابطه (۳) واحدها به‌صورت زیر بدست می‌آید :

$$[J] = [V][A][S]$$

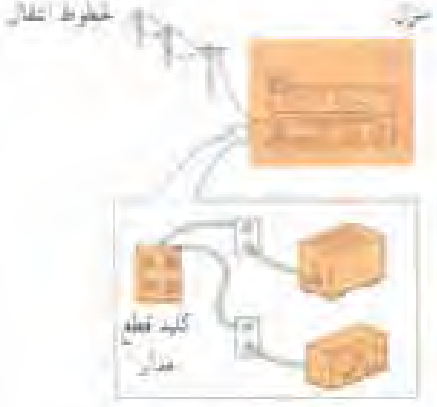
ثانیه * آمپر * ولت = ژول

شکل ۳-۶- مصرف کننده‌های الکتریکی

۲ـ۶ـ حرارت ایجاد شده توسط الکتریسیته

هنگام جاری شدن جریان الکتریکی در یک جسم حداکثر اصطکاک ناشی از حرکت الکترون‌های آزاد با اتم‌های جسمی که در مسیر حرکت الکترون‌ها قرار دارند، حرارت تولید می‌شود. در انتقال نیروی برق این انرژی گرمایی در طول سیم هدر می‌رود که آن‌را تلفات خط یا تلفات گرمایی می‌نامند. (شکل ۴-۶)

جیمز ژول اولین بار با تحقیقاتی که انجام داد به اثر گرمایی جریان برق پی برد.



شکل ۴-۶- خطوط انتقال انرژی

بر اساس قانون ژول، اندازه گرمایی که در یک سیم بر اثر عبور جریان برق تولید می‌شود با کمیت‌های زیر متناسب است. (شکل ۵-۶)

الف ـ مجذور جریان

ب ـ مقاومت سیم

ج ـ زمان عبور جریان

با توجه به کمیت‌های بالا می‌توانیم رابطه زیر را بنویسیم:

$$Q = K.W \quad \text{یا} \quad Q = K.R.I^2.t$$

Q ـ مقدار گرمای تولیدی بر حسب کالری

R ـ مقاومت سیم بر حسب اهم

I ـ جریان عبوری از سیم بر حسب آمپر

t ـ زمان عبور جریان بر حسب ثانیه

K ـ ضریب ثابت برابر $\frac{1}{4.18} = 0.24$ بر حسب کالری بر ژول

تعاریف یک ژول و یک کالری بر حسب کمیت‌های الکتریکی به‌صورت زیر است:

یک ژول ـ هر گاه نیروی محرکه الکتریکی برابر یک ولت باعث جابجایی یک کولن بار در مداری شود گوییم یک ژول کار الکتریکی انجام شده است.

یک کالری ـ اگر جریانی برابر یک آمپر در مدت زمان یک ثانیه از سیمی به مقاومت یک اهم عبور کند گوییم حرارتی برابر یک کالری در اطراف سیم به‌وجود می‌آید.

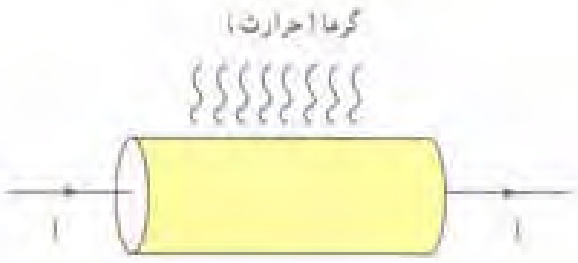
مثال: در شکل (۷-۶) اگر R نشان دهنده مقاومت المنت یک سماور برقی باشد، این مقاومت در مدت زمان ۱۰ دقیقه چند کالری گرما تولید می‌کند؟

حل:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{200}{400} = 0.5\,[A]$$

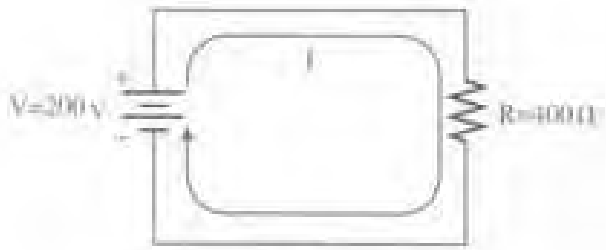
$$t = 10 \times 60 = 600\,[S]$$

$$Q = K.R.I^2.t = 0.24 \times 400 \times (0.5)^2 \times 600 = 14400\,[Cal]$$



شکل ۵-۶

شکل ۶-۶- سماور برقی



شکل ۷-۶

۳ـ۶ـ توان[1] الکتریکی

مقدار کار انجام شده در واحد زمان را «توان» یا «قدرت» گویند و از رابطه زیر می‌توان بدست آورد.

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

W ـ مقدار کار انجام شده بر حسب ژول (J)

t ـ مدت زمان انجام کار بر حسب ثانیه (S)

P ـ توان (قدرت) برحسب ژول بر ثانیه $\left(\frac{J}{s}\right)$ یا وات (W)

واحد توان به احترام جیمز وات[2] برحسب وات (W) نامگذاری شده است. در صنعت از واحدهای کوچک‌تر و بزرگ‌تر وات نیز استفاده می‌شود، که عبارتند از:

(وات) $1\,W = 10^{0}\,W$ (میکروواط) $1\,\mu W = 10^{-6}\,W$

(وات) $1\,W = 10^{3}\,W$ (میلی‌وات) $1\,mW = 10^{-3}\,W$

(وات) $1\,W = 10^{-3}\,W$ (کیلووات) $1\,KW = 10^{3}\,W$

(وات) $1\,W = 10^{-6}\,W$ (مگاوات) $1\,MW = 10^{6}\,W$

یک وات توان را می‌توان چنین تعریف کرد:

هرگاه برای انجام کاری در مدت زمان یک ثانیه یک ژول انرژی استفاده شود می‌گوییم یک وات قدرت (توان) صرف شده است.

از آنجایی که با رابطه الکتریکی آشنا هستیم پس می‌توان رابطه توان را بر پایه آن به این‌صورت نیز محاسبه کرد:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{R.I^{2}.t}{t}$$

$$P = R.I^{2}$$

اگر در رابطه $P = R.I^{2}$ به کمک قانون اهم یک‌بار به‌جای R و بار دیگر به جای I معادل هریک را قرار دهیم دو رابطه دیگر برای توان به دست می‌آید.

a) کاری را که یک‌نفر در مدت زمان t ثانیه انجام می‌دهد، کم می‌باشد.

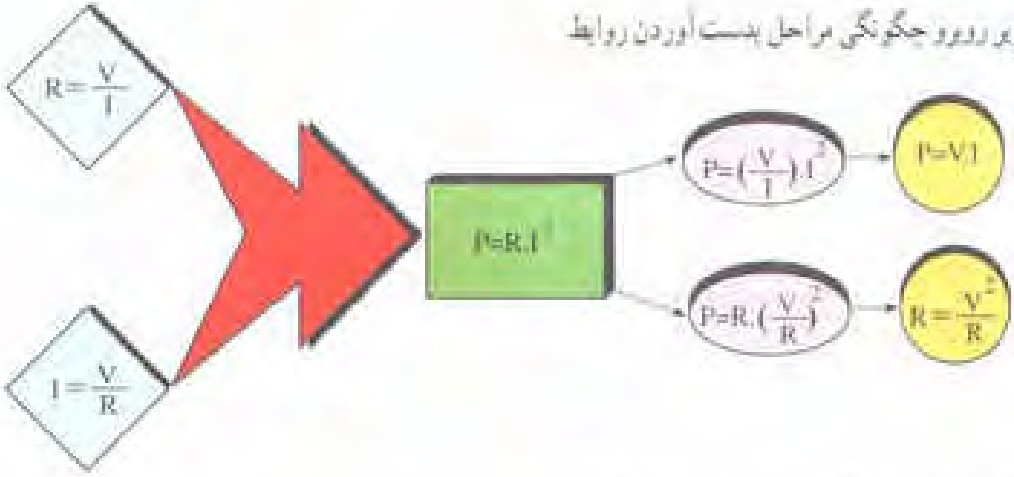
b) کاری را که سه نفر در مدت زمان t ثانیه انجام می‌دهد، خیلی زیادتر از یک‌نفر است.

شکل ۶-۸- توان مصرف شده برای انجام کار در شکل b بیشتر از شکل a است.

۱- Power

۲- James watt

نمودار تصویر رویرو چگونگی مراحل بدست آوردن روابط را نشان می‌دهد.



توان الکتریکی را با واحد دیگری بنام «اسب بخار- hp[1]» نیز بیان می‌کنند. این واحد در سیستم‌های انگلیسی و آمریکایی به صورت مقابل تعریف شده است.

1hp = ۷۴۶ w (یک اسب بخار در سیستم آمریکایی)
1hp = ۷۳۶ w (یک اسب بخار در سیستم انگلیسی)

اگر توان هر فرد را تقریباً برابر ۹۰ w در نظرگیریم یک موتور الکتریکی یک اسب بخار قدرتی معادل هشت نفر را دارد. (شکل ۹-۶)

شکل ۹-۶- مقایسه قدرت موتور یک اسب بخار با توان انسان

مثال: مقدار جریان و انرژی مصرفی یک موتور الکتریکی شکل (۱۰-۶) با قدرت hp ۱ (انگلیسی)، که در شبکه ۲۲۰ ولتی به مدت ۲۰ دقیقه کار می‌کند، حساب کنید.

شکل ۱۰-۶- موتور الکتریکی

حل:

$$P = 1_{hp} = 1 \times ۷۳۶ = ۷۳۶ [w]$$

$$P = V.I \Rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{۷۳۶}{۲۲۰} = ۳/۳۴ [A]$$

$$t = ۲۰ \Rightarrow t = ۲۰ \times ۶۰ = ۱۲۰۰ [S]$$

$$P = \frac{w}{t} \Rightarrow w = p.t = ۷۳۶ \times ۱۲۰۰ = ۸۸۳۲۰۰ [j]$$

۱- hp-Horse Power

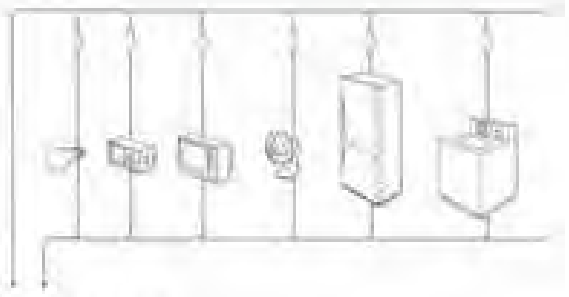
مقدار توان مصرفی در مدارهای الکتریکی را با وسیله‌ای بنام «وات‌متر» اندازه‌گیری می‌کنند. علامت اختصاری این وسیله به صورت —(W)— است و شکل واقعی یک نمونه وات متر را در شکل (۱۱-۶) مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۱-۶

توان مصرفی کل یک مدار الکتریکی که از چند جزء تشکیل شده است از حاصل جمع توان‌های تک تک عناصر مدار بدست می‌آید.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

برای محاسبه توان هریک از عناصر لازم است دو کمیت از سه کمیت V و I و R معلوم باشند تا بتوان یکی از روابط P را به کار برد. مثلاً توان مصرفی کل شکل (۱۲-۶) برابر با مجموع توان‌های مصرفی لامپ، رادیو، تلویزیون، پنکه و ماشین لباسشویی است.



به قطب مولد الکتریسیته

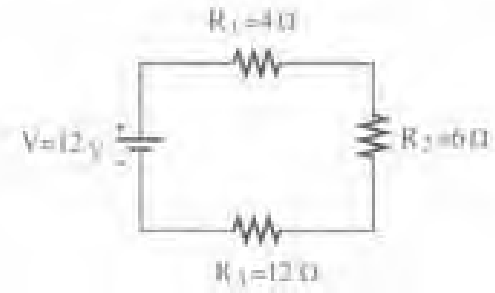
شکل ۱۲-۶

درصورتی که مقادیر دو کمیت از کمیت‌های V و I و R مدار معلوم باشند توان کل مصرفی در یک مدار را از روابط زیر می‌توان محاسبه کرد:

$$P_T = R_T I_T^2$$

$$P_T = V_T I_T$$

$$P_T = \frac{V_T^2}{R_T}$$



شکل ۱۳-۶

مثال: در مدار شکل (۱۳-۶) توان مصرفی مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 و توان کل مدار را بدست آورید.

حل: ابتدا جریان کل مدار را بدست می‌آوریم و سپس با کمک آن توان‌های هریک از مقاومت‌ها را به صورت مقابل محاسبه می‌کنیم.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \Rightarrow R_T = 4 + 6 + 12 = 22\,\Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{12}{22} = 0/54\,A$$

$$P_1 = R_1 I^2 \Rightarrow P_1 = 4 \times (0/54)^2 = 1/74\,w$$

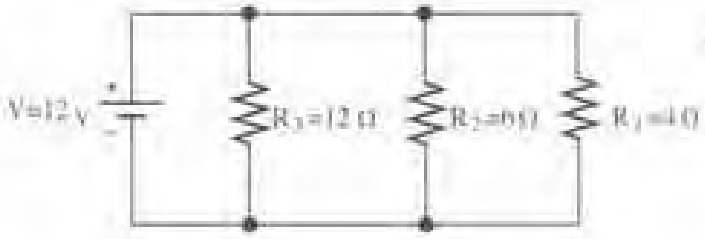
$$P_2 = R_2 I^2 \Rightarrow P_2 = 6 \times (0/54)^2 = 1/74\,w$$

$$P_3 = R_3 I^2 \Rightarrow P_3 = 12 \times (0/54)^2 = 3/24\,w$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = P_4$$

$$P_T = 1/16 + 1/74 + 3/24 = 6/34\,w$$

مثال: توان مصرفی هر یک از مقاومت‌ها و توان کل مدار شکل (۱۴-۶) را محاسبه کنید.



شکل ۱۴-۶- نمونه مدار موازی

حل: چون مدار موازی است و ولتاژ در دو سر همه مقاومت‌ها مساوی می‌باشد لذا توان تک تک مقاومت‌ها را به راحتی می‌توان بر اساس روابط مقابل محاسبه کرد.

$$P_1=\frac{V_1^2}{R_1}=\frac{(12)^2}{4}=36\ W$$

$$P_2=\frac{V_2^2}{R_2}=\frac{(12)^2}{6}=24\ W$$

$$P_3=\frac{V^2}{R_3}=\frac{(12)^2}{12}=12\ W$$

$$P_T=P_1+P_2+P_3$$

$$P_T=36+24+12=72\ W$$

مثال: در مدار شکل (۱۵-۶) مطلوب است:

الف- توان هریک از مقاومت‌ها

ب- توان کل مدار

حل:

$$R_T=\frac{R_2\times R_3}{R_2+R_3}+R_1$$

$$R_T=\frac{6\times12}{6+12}+4=8\Omega$$

$$I_T=\frac{V_T}{R_T}=\frac{12}{8}=1/5\ A$$

$$I_2=I_T\frac{R_3}{R_2+R_3}=1/5\times\frac{12}{6+12}=1\ A$$

$$I_3=I_T\frac{R_2}{R_2+R_3}=1/5\times\frac{6}{6+12}=0/5\ A$$

$$P_1=R_1\cdot I_T^2=4\times(1/5)^2=9\ W$$

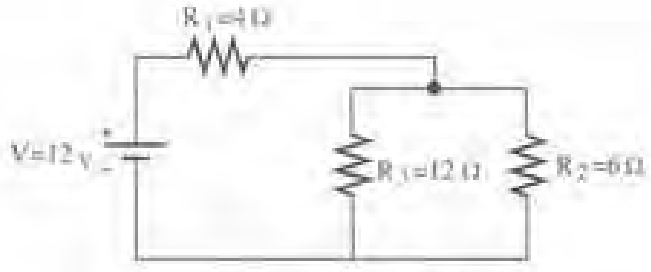
$$P_2=R_2\cdot I_2^2=6\times(1)^2=6\ W$$

$$P_3=R_3\cdot I_3^2=12\times(0/5)^2=3\ W$$

$$P_T=P_1+P_2+P_3=9+6+3=18\ W$$

و یا توان کل را به صورت زیر می‌توان بدست آورد:

$$P_T=R_T\cdot I_T^2=8\times(1/5)^2=18\ W$$



شکل ۱۵-۶- نمونه مدار سری موازی

سؤال: از مقایسه مقادیر بدست آمده برای توان کل و توان هریک از مقاومت‌ها در اشکال (۶-۱۳)،(۶-۱۴)و (۶-۱۵) چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

حل: نتیجه می‌شود که در محاسبه توان هریک از مقاومت‌ها و یا توان کل مدار علاوه بر مقدار مقاومت، جریان عبوری و افت ولتاژ دو سرآنها شکل مدار و محل قرار گرفتن مقاومت مهم است. به همین دلیل است حتی با وجود مساوی بودن مقدار مقاومت‌ها نتایج یکسانی برای توان‌ها بدست نیامده است.

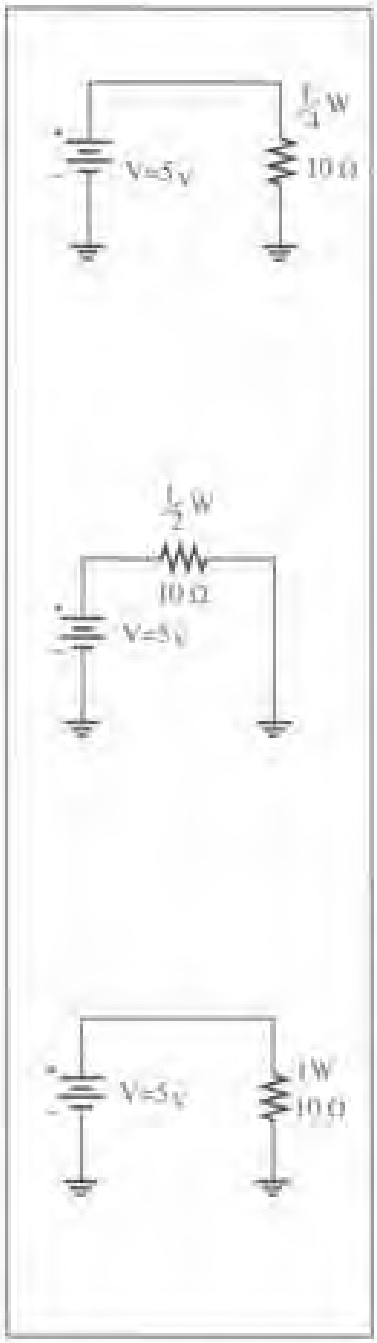
مثال: ابتدا مقدار جریان را در هر یک از مدارهای شکل (۶-۱۶) بدست آورید. سپس با توجه به توان مجاز هر مقاومت جریان عبوری از آن را محاسبه کنید. از مقایسه مقادیر بدست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

حل a: بطور کلی بر اساس قانون اهم جریان این مدار برابر است با:

$$I=\frac{V}{R}=\frac{۵}{۱۰}=۰/۵A$$

در صورتی که با توجه به توان مجاز مقاومت ($\frac{۱}{۴}$ واتی) ماکزیمم جریان عبوری از مقاومت می‌تواند برابر با مقدار زیر باشد:

$$P_{max}=R.I^{۲}_{max}\Rightarrow I_{max}=\sqrt{\frac{P_{max}}{R}}=\sqrt{\frac{۰/۲۵}{۱۰}}=۰/۱۵A$$



شکل ۶-۱۶ - بررسی جریان مصرف کننده بر اساس توان مجاز

نتیجه: درصورتی که از این مقاومت ($\frac{۱}{۴}$ وات) در مدار استفاده کنیم با عبور جریان ۰/۵ آمپری مقاومت می‌سوزد زیرا توان تلف شده در آن بیشتر از توان قابل تحمل مقاومت است.

$$P=R.I^{۲}$$

$$P=۱۰\times(۰/۵)^{۲}=۲/۵w$$

حل b: مقدار جریان مدار در این حالت نیز برابر ۰/۵ آمپر است در صورتیکه مقدار جریان عبوری از مقاومت برابر:

$$P_{max} = R.I^2_{max} \Rightarrow I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}} = \sqrt{\frac{0/5}{10}} = 0/22\ A$$

۲/۵ W) ۰/۵ W

$$P = R.I^2 = 2/5\ W$$

نتیجه: از مقایسه جریان مدار با ماکزیمم جریان قابل تحمل مقاومت نتیجه می‌شود که با قرار دادن مقاومت ۱۰Ω ـ $\frac{1}{2}$ W نیز مقاومت می‌سوزد چرا که توان تلف شده مقاومت در این شرایط نیز بیشتر از توان قابل تحمل مقاومت است.

حل C: در این شرایط جریان مدار نیز ۰/۵ آمپر است ولی ماکزیمم جریان قابل تحمل مقاومت برابر است با:

$$P_{max} = R.I^2_{max} \Rightarrow I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}} = \sqrt{\frac{1}{10}} = 0/316\ A$$

نتیجه: در این شرایط نیز چون مقدار جریان عبوری از مدار بیشتر از جریان قابل تحمل مقاومت است نتیجه می‌شود با قرار دادن مقاومت ۱۰Ω ـ ۱W نیز مقاومت می‌سوزد.

نتیجه‌گیری کلی: از مشاهده و مقایسه جریان‌های به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که در انتخاب اجزای مختلف یک مدار مانند فیوز، کلید، سیم‌های رابط، مصرف کننده و... می‌بایست علاوه بر جریان به توان آنها نیز توجه داشت زیرا هرچه توان مصرف کننده بیشتر باشد، مقدار جریان دریافتی از شبکه بیشتر بوده و میزان تحمل آن نیز زیادتر است.

۱ـ۳ـ۶ـ استاندارد توان در مقاومت‌های اهمی:

از آنجایی که هر مقاومت الکتریکی قدرت تحمل یک جریان الکتریکی معین را دارد طبق رابطه: $P = R.I^2$ نتیجه می‌گیریم هر مقاومت الکتریکی دارای یک قدرت مجاز ثابت است.

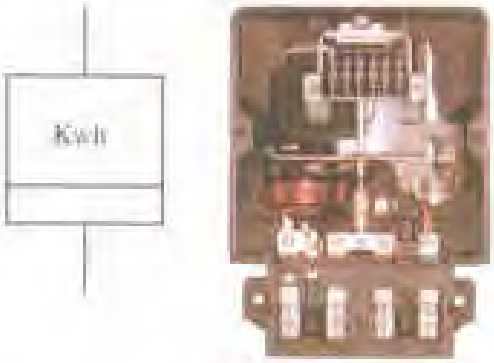
کارخانجات سازنده مقاومت‌های الکتریکی را در توان‌های استاندارد تولید می‌کنند. معمولاً مقاومت‌های کربنی در توان های $\frac{1}{4}$ W، $\frac{1}{2}$ W، ۱W، ۲W و مقاومت های سیمی در توان‌های بیشتر از ۲W ساخته می‌شوند.

شکل ۱۷ـ۶ـ استانداردهای توان در مقاومت‌ها

با افزایش توان مجاز (توان قابل تحمل) مقاومت‌ها اندازه فیزیکی آنها نیز بزرگ‌تر می‌شود شکل (۱۷-۶). تصاویری از انواع مقاومت‌های اهمی را درتوان‌های مختلف با توجه به ابعاد آنها نشان می‌دهد.

۲ـ۳ـ۶ـ محاسبه هزینه برق مصرفی: کار الکتریکی بوسیله دستگاهی به‌نام «کنتور» اندازه گیری می‌شود. تصویری ازاین وسیله را به‌همراه علامت اختصاری آن در(شکل ۱۸-۶) مشاهده می‌کنید. کار الکتریکی را از رابطه زیر می‌توان محاسبه کرد:

$$W = V.I.t \Rightarrow \boxed{W = P.t}$$



شکل ۱۸-۶

در رابطه کار الکتریکی اگر (P) بر حسب وات و t بر حسب ثانیه باشد W بر حسب وات ثانیه یا ژول به دست می‌آید. چون وات ثانیه یا ژول واحد کوچکی است، لذا برای محاسبه هزینه برق مصرفی منازل و کارخانجات از واحدهای بزرگ‌تر استفاده می‌شود. در مقیاس تجارتی توان را بر حسب کیلووات (kW) و زمان را بر حسب ساعت (h) درنظر می‌گیرند. به همین دلیل مبنای محاسبه قیمت برق مصرفی بر حسب کیلووات ساعت (kWh) سنجیده می‌شود.

رابطه‌ای که برای محاسبه هزینه برق مصرفی به کار می‌رود برابر است با:

$$\boxed{C_k = C.W}$$

C - قیمت یک کیلو وات ساعت برق

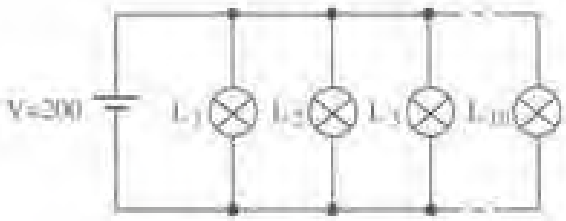
W- انرژی (کار الکتریکی) مصرفی برحسب کیلو وات ساعت

C_k- قیمت کل برق مصرفی

شکل ۱۹-۶

همانگونه که از روابط (W) و (C_k) مشخص است هر قدر توان مصرف کننده و یا زمان استفاده از آن بیشتر باشد، کار الکتریکی و هزینه برق مصرفی بیشتر خواهد شد. (شکل ۱۹-۶)

مثال: اگر ده لامپ ۱۰۰ واتی طبق شکل (۲۰-۶) به مدت ۲ ساعت روشن باشد هزینه برق مصرفی آنها چقدر است؟ درصورتی که قیمت هر کیلو وات ساعت ۵۰ ریال درنظر گرفته شود.



شکل ۲۰-۶

حل:

توان مصرفی کل $p = 10 \times 100\ W = 1000\ W = 1\ kW$

زمان روشن بودن لامپ ها $t = 2\ h$

انرژی مصرفی کل $W = pt = 1 \times 2 = 2\ kWh$

کل هزینه $C_k = CW = 50 \times 2 = 100$ ریال

۴-۶- ضریب بهره (راندمان) الکتریکی

شکل ۲۱-۶- چگونگی تبدیل انرژی گرمایی به انرژی الکتریکی

طبق اصل «بقای انرژی» انرژی هیچگاه از بین نمی‌رود و فقط از نوعی به نوع دیگر تبدیل می‌شود. شکل (۲۱-۶) در هنگام تبدیل انرژی‌ها به یکدیگر، مقداری از انرژی به مصرف مفید نمی‌رسد و به نوعی دیگر از انرژی تبدیل می‌شود که مورد نظر ما نیست. این انرژی را «انرژی تلف شده» می‌نامند.

شکل ۲۲-۶- موتور الکتریکی

مثلاً در یک موتور الکتریکی که انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود بخشی از انرژی الکتریکی موتور به‌صورت‌های زیر تلف می‌شود:

الف - اصطکاک قسمت‌های مکانیکی گردنده

ب - حرارت در سیم‌های حامل جریان

ج - حرارت در سیم‌پیچی و هسته

درعمل تمام انرژی الکتریکی دریافتی از شبکه به انرژی مکانیکی تبدیل نخواهد شد. با توجه به توضیحات بالا می‌توان نتیجه گرفت که انرژی یا توان داده شده به هر وسیله‌ای از انرژی یا توان دریافت شده از آن بیشتر است. از طرف دیگر مقدار توان تلف شده در همه دستگاه‌ها یکسان نیست، لذا لازم است تا با عاملی میزان کارآیی هر وسیله را بیان کنیم که معمولاً از اصطلاح «کارآیی» یا «راندمان» استفاده می‌شود. شکل(۲۳-۶) وضعیت مصرف کننده‌ها را از نظر ورودی و خروجی نشان می‌دهد.

۰/۵ kW توان تلف شده

شکل ۲۳-۶- بلوک دیاگرام توان‌ها

به‌طور کلی نسبت توان گرفته شده (خروجی) به توان داده شده (ورودی) را بازده گویند. ضریب بهره که معرف مقدار عددی راندمان است همیشه بر حسب درصد بیان می‌شود. هر قدر عدد راندمان بیشتر باشد نشان دهنده آن است که کیفیت کاری دستگاه بهتر است. اگر توان ورودی را با (P_1) و توان خروجی را با (P_2) و ضریب بهره را با (η - اتا) نشان دهیم رابطه آن به صورت زیر خواهد شد:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

اگر به جای P_1 و P_2 معادل آنها را قرار دهیم رابطه دیگری برای راندمان بدست می‌آید که بر حسب انرژی‌های ورودی و خروجی است.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{W_2}{t}}{\frac{W_1}{t}} \Rightarrow \eta = \frac{W_2}{W_1} \times 100$$

a) در مدت ۱ دقیقه سه جعبه را جابجا کرده است.

b) در مدت ۱ دقیقه، ۴ جعبه را جابجا کرده است.

شکل ۲۴-۶- جریان مقدار کار انجام شده در شکل b بیشتر است. به همین خاطر راندمان کاری شکل b بیشتر از شکل a است.

مثال: مولدی با قدرت ۵ kW حداکثر می‌تواند انرژی الکتریکی ۴۴ لامپ ۲۲۰ ولتی ۵/۰ آمپری را تأمین کند. (شکل ۲۵-۶)

حساب کنید راندمان آن چند درصد است؟

شکل ۲۵-۶- مولد جریان متناوب

توان یک لامپ $P = V.I = 220 \times 0/5 = 110\ W$

توان همه لامپ $P_2 = 44 \times P = 44 \times 110 = 4840\ W$

$P_1 = 5\ kW = 5 \times 1000 = 5000\ W$

$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100 = \frac{4840}{5000} \times 100 = \%96/8$

توجه: همانطوری که مشاهده می‌شود راندمان یا کارایی دستگاه از طریق نسبت توان دریافتی به توان داده شده به سیستم به دست می‌آید.

در محاسبه میزان راندمان یک وسیله الکتریکی باید به نوع توان یا انرژی ورودی و خروجی آن توجه کرد و در محاسبه مقدار راندمان یا کارایی آن را در نظر داشت.

مثلاً همانطوری که در شکل (۴-۲۶) مشاهده می‌شود، در یک موتور الکتریکی توان ورودی آن (P_i) از نوع انرژی الکتریکی است در صورتی که توان خروجی آن (P_o) از نوع انرژی مکانیکی می‌باشد.

همچنین در یک لامپ توان ورودی (P_i) انرژی الکتریکی است و توان خروجی (P_o) از نوع انرژی نورانی می‌باشد.

شکل ۴-۲۴ - مصرف‌کننده‌های الکتریکی با توان‌های خروجی متفاوت

آزمون پایانی (۶)

۱ـ عامل اصلی جهت کار انجام شده در الکتریسیته چیست؟

الف ـ حرکت جسم
ب ـ اعمال پتانسیلی برابر V ولت
ج ـ عبور q کولن بار
د ـ داشتن حرکت دورانی

۲ـ کدام یک از روابط زیر صحیح است؟

الف ـ $w = \frac{V.I}{t}$
ب ـ $w = \frac{F}{d}$
ج ـ $w = \frac{v}{q}$
د ـ $w = R.I^2.t$

۳ ـ علت بوجود آمدن حرارت در هنگام جاری شدن جریان در سیم چیست؟

الف ـ سرعت زیاد الکترون‌های آزاد
ب ـ داشتن حرکت ضربانی
ج ـ اصطکاک ناشی از حرکت الکترون‌های آزاد
د ـ کوچک بودن سطح مقطع سیم

۴ـ اگر کلید K مدار شکل (۶-۲۷) به‌مدت ۵ دقیقه بسته باشد در اطراف لامپ به ترتیب چه کالری گرما و چند ژول کار انجام شده است؟

شکل ۶-۲۷

الف ـ ۱۲۵۰ و ۴۵۰۰
ب ـ ۴۵۰۰ و ۱۲۵۰
ج ـ ۱۸۰۰۰ و ۷۵۰۰
د ـ ۷۵۰۰ و ۱۸۰۰۰

۵ ـ مقدار جریان I و توان مقاومت R مدار شکل (۶-۲۸) به‌ترتیب از راست به چپ چقدر است؟

شکل ۶-۲۸

الف ـ ۱۰۰ و ۱۰
ب ـ ۰/۱ و ۱
ج ـ ۱۰ و ۱۰۰
د ـ ۱ و ۰/۱

۶ـ جرثقیلی با نیروی ۴۰۰ نیوتن طی ۲ دقیقه باری را ۲/۵ متر جابجا کرده است، توان این ماشین چند وات است؟

الف ـ ۱۲۰۰
ب ـ ۸۳/۳
ج ـ ۵۶/۱
د ـ ۴۲/۸

۷ـ توان ۴۵۰/۰ وات معادل کدامیک از موارد زیر است؟

الف ـ ۴۵ kw
ب ـ ۴۵ mw
ج ـ ۴/۵ w
د ـ ۰/۰۰۰۴۵ mw

۸ـ ضریب بهره منبع تغذیه‌ای با قدرت دریافتی ۱۶ W و توان خروجی معادل ۱۵ W چند درصد است؟

الف ـ ۵۰/۵ ٪ ب ـ ۶۰/۲ ٪

ج ـ ۸۳/۳ ٪ د ـ ۴۵/۱ ٪

۹ـ در صورتی که قیمت هر کیلو وات ساعت انرژی الکتریکی ۵۰ ریال باشد، هزینه برق مصرفی یک المنت بخاری برقی با مشخصات ۵A و ۲۰۰V در مدت ۵ ساعت کار چند ریال است؟

الف ـ ۳۵۰ ب ـ ۲۵۰

ج ـ ۴۵۰ د ـ ۵۵۰

۱۰ـ توان خروجی یک موتور dc با مشخصات پلاک نشان داده شده در شکل (۲۹-۶) چند وات است؟

الف ـ ۹۹۰ ب ـ ۱۱۵۰

ج ـ ۱۲۲۲/۲ د ـ ۴۴

پلاک موتور

$U = 220 [V]$

$I = 5 [A]$

$\eta = 90\%$

شکل ۲۹-۶

۱۱ـ انرژی گرمایی، که در اثر عبور جریان الکتریکی در سیم هدر می‌رود، ..... نام دارد.

۱۲ـ برای اندازه‌گیری توان مصرفی در مدارهای الکتریکی از وسیله‌ای به‌نام ..... استفاده می‌شود.

۱۳ـ هرچه توان مصرف‌کننده بیشتر باشد مقدار جریان دریافتی آن از شبکه ..... است.

۱۴ـ مبنای محاسبه برق مصرفی بر حسب کیلووات ساعت است.

صحیح ☐ غلط ☐

۱۵ـ برای بیان میزان کارآیی هر وسیله از اصطلاح توان خروجی استفاده می‌شود.

صحیح ☐ غلط ☐

توجه: مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

خود آزمایی عملی

۱۶ـ مشخصات چند نمونه اتو را یادداشت کنید (نمونه‌ای از این وسیله در شکل(۶-۳۰) نشان داده شده است) و مقدار گرمایی را که در مدت یک دقیقه ایجاد می‌کنند، بر حسب کیلو کالری به دست آورید.

شکل ۶-۳۰

۱۷ـ مشخصات کلیه وسایل الکتریکی موجود در منزل را به همراه مدت زمان استفاده از آنها یادداشت کنید (نمونه‌هایی از این وسایل در شکل ۶-۳۱ آمده است) سپس هزینه برق مصرفی را در طی دو ماه با فرض اینکه قیمت هر کیلو وات ساعت ۴۰ ریال باشد، به دست آورید.

شکل ۶-۳۱

پاسخ سؤالات

پیش آزمون (۶)

۱ـ ب
۲ـ ج
۳ـ الف
۴ـ ج
۵ـ ب
۶ـ الف
۷ـ ج
۸ـ ج
۹ـ الف
۱۰ـ د
۱۱ـ ب
۱۲ـ د
۱۳ـ ب
۱۴ـ ج
۱۵ـ ب

آزمون پایانی (۶)

۱ـ ج
۲ـ د
۳ـ ج
۴ـ د
۵ـ ب
۶ـ ب
۷ـ ب
۸ـ ج
۹ـ ب
۱۰ـ الف
۱۱ـ توان تلف شده
۱۲ـ وات‌متر
۱۳ـ زیادتر(بیشتر)
۱۴ـ صحیح ☒
۱۵ـ غلط ☒

واحد کارمبانی الکتریسیته

فصل هفتم : مغناطیس و الکترومغناطیس

هدف کلی:

آشنایی با خواص مغناطیس و مدارهای الکترومغناطیسی

هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل انتظار می رود که، فراگیر:

۱ـ مغناطیس، میدان مغناطیسی، فلوی مغناطیسی، چگالی میدان مغناطیسی و خاصیت الکترومغناطیسی را تعریف کند.

۲ـ نحوه تشخیص قطب‌های S و N یک آهن‌ربا را شرح دهد.

۳ـ علت بوجود آمدن خاصیت مغناطیسی در مدار را توضیح دهد.

۴ـ قانون دست راست برای یک سیم حامل جریان و یک سیم پیچ را توضیح دهد.

۵ـ اثر میدان‌های مغناطیسی و میدان‌های مغناطیسی دوسیم حامل جریان بر یکدیگر را توضیح دهد.

۶ ـ نیروی محرکه مغناطیسی، شدت میدان مغناطیسی، ضریب نفوذ مغناطیسی، مقاومت مغناطیسی را با ذکر رابطه آنها توضیح دهد.

۷ـ مسائل مربوط به محاسبه کمیت‌های مدار مغناطیسی را حل کند.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۴	-	۴

پیش آزمون (۷)

۱ـ وقتی یک آهن، آهن‌ربا می‌شود چه اتفاقی می‌افتد؟

الف ـ الکترون‌های آزاد از اطراف قطب جنوب و شمال دور می‌شوند.

ب ـ اتم‌های آهن دارای بارالکتریکی می‌شوند والکترون‌های آزاد از اطراف قطب شمال وجنوب دور می‌شوند.

ج ـ ذرات مغناطیسی موجود در آهن منظم می‌شوند.

د ـ ساختمان مولکولی آن‌را برهم می‌زند.

۲ـ آهن‌ربا کدام گروه از مواد زیر را جذب می‌کند؟

الف ـ آهن، آلومینیوم، برنج

ب ـ فولاد، کبالت، مس

ج ـ فولاد، مس، نیکل

د ـ نیکل، کبالت، آهن

۳ـ با کدام وسیله می‌توان به وجود میدان مغناطیسی پی برد؟

الف ـ با کمک حس لامسه

ب ـ براده‌های آهن

ج ـ از طریق مشاهده دقیق

د ـ خاک اره

۴ـ کدام‌یک از موارد زیر برای از بین بردن خاصیت مغناطیسی جسم مناسب نیست؟

الف ـ ضربه زدن

ب ـ حرارت دادن

ج ـ اتصال به جریان متناوب

د ـ باردار کردن

۵ ـ نیرویی را که در یک جسم (هسته آهنی) بر اساس پدیده الکترو مغناطیس بوجود می‌آید،..... می‌گویند.

الف ـ EMF

ب ـ E

ج ـ MMF

د ـ F

۶ ـ اساس کار قطب‌نما چیست؟

الف ـ جذب و دفع میدان‌های الکترو استاتیکی

ب ـ جذب و دفع میدان‌های مغناطیسی

ج ـ جذب و دفع نیروی جاذبه زمین

د ـ جذب ودفع بار یون‌ها بر هم

۷ ـ در کارخانجات صنعتی بزرگ معمولاً برای انتقال آهن آلات از نقطه‌ای به نقطه دیگر از کدام ویژگی بهره گرفته‌اند؟

الف ـ باردار کردن ذرات آهن

ب ـ فشرده کردن حجم آهن آلات

ج ـ استفاده از آهن‌ربای مغناطیسی

د ـ ایجاد میدان‌های الکترواستاتیکی اطراف آهن

۸ ـ وقتی عقربه قطب‌نما در راستای شمال و جنوب جغرافیایی قرار می‌گیرد کدام قطب مغناطیسی عقربه مقابل قطب شمال است؟

الف ـ N

ب ـ S

ج ـ N،S

د ـ هیچکدام

۹ ـ آیا آهن‌ربا کردن یک میله آهنی با طول آن رابطه‌ای دارد؟

الف ـ بله

ب ـ خیر

ج ـ در برخی موارد

د ـ با توجه به سطح مقطع پاسخ مثبت است.

۱۰ـ اگر یک آهن‌ربای تخت را از وسط نصف کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟

الف ـ فقط بارهای منفی را جذب می‌کند.　　ب ـ فقط بارهای مثبت را جذب می‌کند.

ج ـ خاصیت آهن‌ربایی آن بسیار کم می‌شود.　　د ـ تبدیل به دو آهن‌ربای مستقل می‌شود.

۱۱ـ راندمان یک موتور به قدرت ۱ hp (انگلیسی) که با ولتاژ ۲۲۰ ولت کار می‌کند و جریان ۳/۵ آمپر از شبکه دریافت می‌کند چقدر است؟

الف ـ ۶۰٪　　ب ـ ۷۰٪

ج ـ ۸۴٪　　د ـ ۹۵٪

۱۲ـ کدام‌یک از روابط زیر شکل صحیح رابطه جریان مجاز مقاومت را نشان می‌دهد؟

الف ـ $I=\frac{P}{R}$　　ب ـ $I=\sqrt{\frac{R}{P}}$

ج ـ $I=\frac{R}{P}$　　د ـ $I=\sqrt{\frac{P}{R}}$

۱۳ـ «ژول» معادل کدام‌یک از واحدهای زیر است؟

الف ـ وات ثانیه　　ب ـ کیلووات ساعت

ج ـ اسب بخار　　د ـ کالری

۱۴ـ بر اثر عبور ماکزیمم جریان از یک مقاومت ۱۰۴Ω با توان $\frac{1}{4}$ w در مدت زمان ۱ دقیقه چند کالری گرما در اطراف آن بوجود می‌آید؟

الف ـ ۶/۴　　ب ـ ۵

ج ـ ۷/۲　　د ـ ۱۴/۴

۱۵ـ کدام وسیله برای اندازه‌گیری کار الکتریکی استفاده می‌شود؟

الف ـ وات‌متر　　ب ـ کنتور

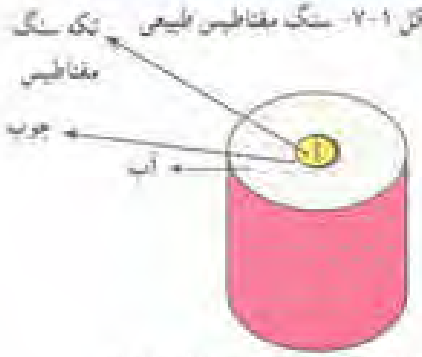
ج ـ نیروسنج　　د ـ ولت‌متر

۱ـ۷ـ مغناطیس چیست؟

تقریباً از شش قرن پیش از میلاد مسیح یونانیان می‌دانستند یک نوع سنگ طبیعی وجود دارد که تکه‌های کوچکی را می‌رباید. شکل (۱-۷)

شکل ۱-۷- سنگ مغناطیس طبیعی

بعدها دریانوردان با قرار دادن قطعه‌ای از سنگ طبیعی روی یک تکه تخته کوچک و شناور کردن آن روی سطح آب درون یک ظرف برای خود قطب نماهای ساده‌ای ساختند.



شکل ۲-۷- نحوه ساخت قطب‌نماهای اولیه

چون اولین بار این سنگ در منطقه‌ای به‌نام ماگنزیا[1] در آسیای صغیر پیدا شد. آن‌را «ماگنتیت»[2] یا «مغناطیس» نامگذاری کرده‌اند. (شکل ۲-۷)

شکل ۳-۷- سنگ آهن‌طبیعی که براده‌های آهن به آن چسبیده‌است

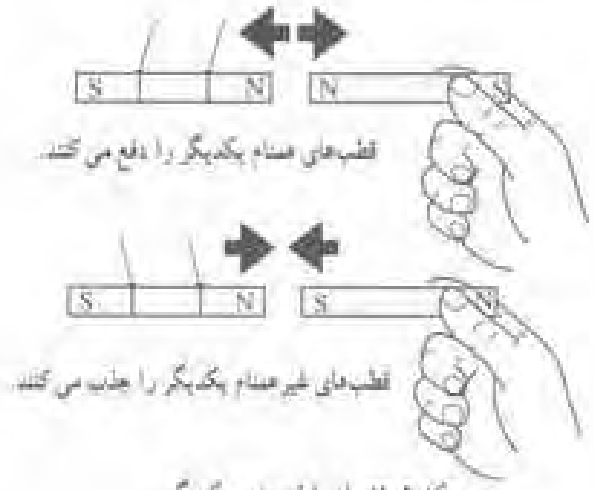
شکل (۳-۷) یک قطعه سنگ آهن‌ربای طبیعی را نشان می‌دهد که براده‌های آهن به آن چسبیده است. براده‌ها بیشتر به دو سر آن می‌چسبند و در قسمت میانی براده‌های کمتری جذب می‌شود. این نکته نشان می‌دهد که در هر آهن‌ربا مکان‌هایی وجود دارد که در آنها اثر نیروی جاذبه مغناطیسی بیشتر از نقاط دیگر ظاهر می‌شود. این مکان‌ها را «قطب‌های آهن ربا» می‌گویند.

شکل ۴-۷- آهن‌ربای آویخته با نخ

هرگاه یک آهن‌ربای تیغه‌ای با نخ آویخته شود بطوری که بتواند آزادانه در یک سطح افقی به هر طرف بچرخد پس از چند نوسان در راستای تقریبی شمال و جنوب جغرافیایی قرار می‌گیرد. در این وضعیت قطبی از آهن‌ربا که به سوی شمال متمایل است قطب شمال N[3] و قطبی را که به سوی جنوب می‌ایستد، قطب جنوب S[4] گویند. (شکل ۴-۷)

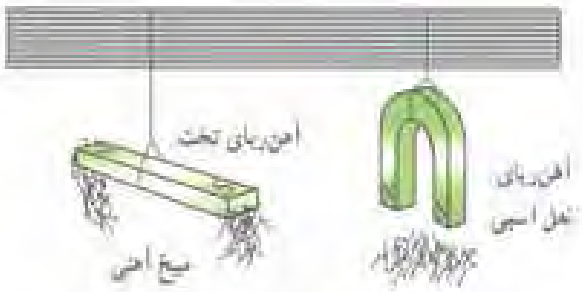
۱-Magnesia
۲-Magnetite
۳-N-North
۴-S-South

برای تشخیص قطب‌های یک آهن‌ربا باید هریک از قطب‌های آن را به ترتیب به قطب‌های مشخص یک آهن‌ربای دیگر که آویزان است، نزدیک کنید. اگر دو قطب همدیگر را دفع کردند، «همنام» و اگر دو قطب یکدیگر را جذب کردند، «غیر همنام» هستند. (شکل ۵-۷)



شکل ۵-۷- اثر قطب‌ها بر یکدیگر

سه عنصر آهن، نیکل و کبالت و بعضی از آلیاژهای آنها که بشدت جذب آهن‌ربا می‌شوند، «مواد مغناطیسی[1]» یا «فرومانیتیک» می‌نامند. موادی مانند مس، برنج، شیشه و ... که جذب آهن‌ربا نمی‌شوند مواد «غیر مغناطیسی» نام دارند. (شکل ۶-۷)



شکل ۶-۷- اثر قطب‌های آهن‌ربا روی میخ آهنی و برنجی

مواد مغناطیسی وقتی در کنار یک آهن‌ربا قرار می‌گیرند ملکول‌های آنها منظم شده و خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند. (شکل ۷-۷)

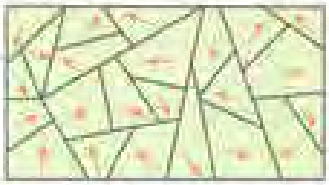
شکل ۷-۷- وضعیت ملکول‌های مواد مغناطیسی و غیرمغناطیسی

مواد مغناطیسی که در وسایل الکتریکی بکار می‌روند به دو دسته :

الف - نرم

ب - سخت

تقسیم می‌شوند. مواد مغناطیسی نرم موادی مانند آهن هستند که خاصیت مغناطیسی ایجاد شده را خیلی زود و آسان از دست می‌دهند. مواد مغناطیسی سخت موادی مانند فولاد هستند که خاصیت مغناطیسی تقریبا دائم پیدا می‌کنند و به راحتی از دست نمی‌دهند. هر دو دسته این مواد دارای اهمیت خاصی در صنایع هستند.



ماده فرومغناطیسی آهن‌ربا نشده.

ماده فرومغناطیسی آهن‌ربا شده.

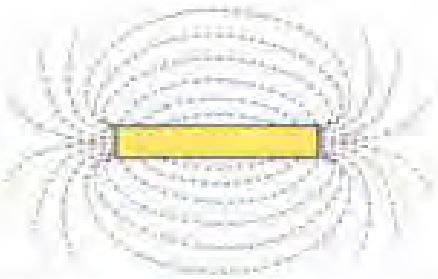
شکل ۸-۷ - وضعیت ملکول‌ها در مواد مغناطیسی مختلف

1- Ferromagnetic

۲ـ۷ـ خطوط نیروی مغناطیسی و میدان مغناطیسی

یک آهن‌ربا می‌تواند بدون اینکه با یک قطعه آهن تماس داشته باشد آن‌را جذب کند یا از یک فاصله بر روی آهن‌ربای دیگر اثر کند. دلیل اینکه یک آهن‌ربا از فاصله‌های کم به آهن‌ربای دیگر نیرو وارد می‌کند وجود «میدان مغناطیسی»[1] در اطراف آن است. پس می‌توان میدان مغناطیسی را به صورت زیر تعریف کرد:

فضای از اطراف جسم مغناطیسی که می‌تواند روی اجسام مغناطیسی دیگر اثر بگذارد، «میدان مغناطیسی» می‌گویند. (شکل ۷-۹)



شکل ۷-۹- نیروی میدان اطراف یک جسم مغناطیسی

میدان مغناطیسی را می‌توان با خطوطی به‌نام «خطوط شار مغناطیسی»، «خطوط نیروی میدان مغناطیسی»، «فلوی مغناطیسی» یا «فوران مغناطیسی» نشان داد.

فلوی مغناطیسی عبارت است از کلیه خطوط میدان مغناطیسی که از آهن‌ربا خارج می‌شود. فلوی مغناطیسی را با حرف «Φ- فی» نمایش می‌دهند و واحد آن بر حسب «Wb وبر[2]» است. یک وبر برابر با 10^8 خط شار مغناطیسی می‌باشد. در اصطلاح به هر وبر یک ماکسول نیز می‌گویند.

جهت این خطوط در خارج آهن‌ربا از قطب N به سمت قطب S و در داخل آهن‌ربا از قطب S به‌طرف قطب N است. (شکل ۷-۱۰)

شکل ۷-۱۰- میدان‌های مغناطیسی آهن‌ربا

اگر یک عقربه مغناطیسی در اختیار داشته باشیم با جرخاندن آن در فضای اطراف یک آهن‌ربا می‌توان قطب‌ها آهن‌ربا و جهت فلوی مغناطیسی را مشخص کرد. (شکل ۷-۱۱)

طرح میدان مغناطیسی با استفاده از آهن‌ربا

شکل ۷-۱۱- وضعیت عقربه مغناطیسی در فضای اطراف آهن‌ربا

---

۱. Magnetic Field

۲. Wb: Weber

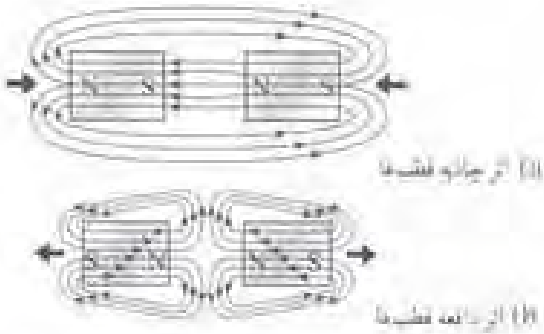
جهتی که عقربه مغناطیسی می‌ایستد قطب مخالف آهن‌ربا را مشخص می‌کند زیرا قطب‌های غیر همنام یکدیگر را جذب می‌کنند. (شکل ۱۲-۷)

آهن‌ربای میله‌ای　　آهن‌ربا

قطب های غیرهم‌نام آهن ربای میله‌ای و جذب آهن ربا

شکل ۱۲-۷- وضعیت عقربه مغناطیسی در کنار آهن‌ربا

از جاذبه و دافعه میدان‌های مغناطیسی دو آهن‌ربا را در شکل (۱۳-۷) مشاهده می‌کنید. در شکل a قطب‌های غیرهمنام یکدیگر را جذب و در شکل b قطب‌های همنام یکدیگر را دفع نموده‌اند.



(a) از جاذبه قطب‌ها

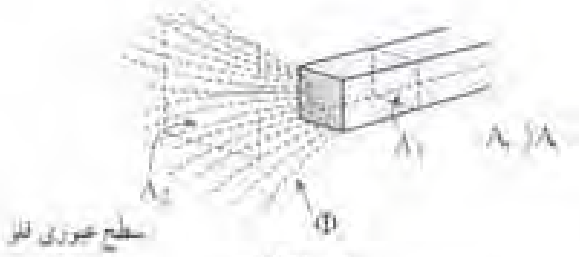
(b) از دافعه قطب‌ها

شکل ۱۳-۷- از قطب‌ها مغناطیسی بر یکدیگر

اگر یک آهن‌ربا از وسط نصف شود در دو لبه آن مجدداً دو قطب N و S پدید می‌آید. (شکل ۱۴-۷)

شکل ۱۴-۷

تراکم یا چگالی میدان مغناطیسی به سطحی که فلو از آن عبور می‌کند، بستگی دارد. در اصطلاح به تعداد خطوط فلوی مغناطیسی که از واحد سطح می‌گذرد «چگالی میدان مغناطیسی» یا «اندوکسیون مغناطیسی» می‌گویند. (شکل ۱۵-۷)



شکل ۱۵-۷

مقدار اندوکسیون مغناطیسی را از رابطه زیر و بر حسب وبر بر متر مربع $\left(\frac{wb}{m^2}\right)$ می‌توان بدست آورد.

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

در اصطلاح به واحد $\left(\frac{wb}{m^2}\right)$ تسلا (T) نیز گفته می‌شود.

اندوکسیون مغناطیسی را با واحد کوچک‌تر به‌نام گوس نیز بیان می‌کنند. یک گوس برابر است با:

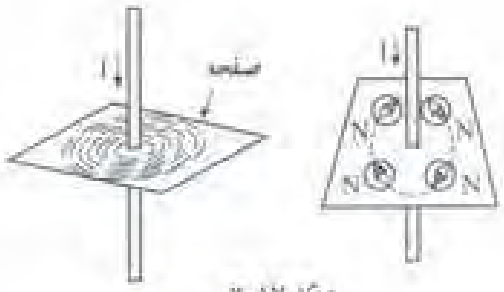
تسلا $1 = 10^{-4}$ گوس

$1(G) = 10^{-4}(T)$

۳ـ۷ـ الکترومغناطیس

در سال ۱۸۲۰ میلادی اورستد[1] (شکل ۱۶-۷) کشف کرد که اگر یک عقربه مغناطیسی در مجاورت یک سیم حامل جریان DC قرار گیرد از راستای خود منحرف می‌شود. همچنین اگر روی صفحه‌ای در فضای اطراف سیم براده آهن بریزیم مشاهده می‌کنیم که براده‌ها به دور سیم حلقه می‌زنند. این مطلب نشان می‌دهد که در فضای اطراف سیم میدان مغناطیسی وجود دارد. (شکل ۱۷-۷)

شکل ۱۶-۷-اورستد



شکل ۱۷-۷

هر قدر مقدار جریان عبوری از سیم بیشتر باشد میدان مغناطیسی قوی‌تر می‌شود و قلوی مغناطیسی افزایش می‌یابد. به میدان مغناطیسی که در اثر جریان عبوری از سیم و در فضای اطراف آن به وجود می‌آید شکل (۱۸-۷) در اصطلاح «میدان الکترو مغناطیسی» می‌گویند.

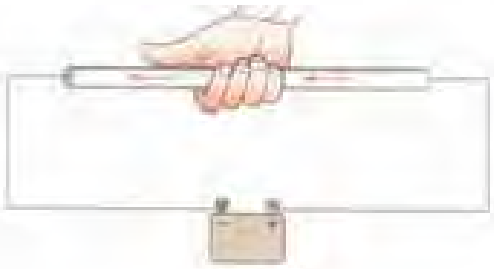
خطوط نیروی مغناطیسی در فضای اطراف سیم

شکل ۱۸-۷

۴ـ۷ـ قانون دست راست برای یک هادی جریان دار

جهت میدان الکترومغناطیسی را به کمک قانون دست راست می‌توان تعیین کرد.

هرگاه سیم حامل جریان را طوری در دست راست بگیریم که انگشت شست جهت جریان را نشان دهد جهت بسته شدن چهار انگشت دیگر جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد. (شکل ۱۹-۷)

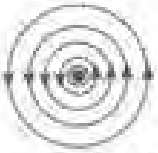


شکل ۱۹-۷

۱-Hans christian oersted

یادآوری می‌شود این قانون برای جهت قراردادی جریان صادق است. در برخی موارد برای خلاصه‌نویسی وضعیت جریان و میدان مغناطیسی سیم حامل جریان را با شکل‌های (۲۰-۷) و (۲۱-۷) نشان می‌دهند.

شکل ۲۰-۷ جریان سیم به سمت داخل

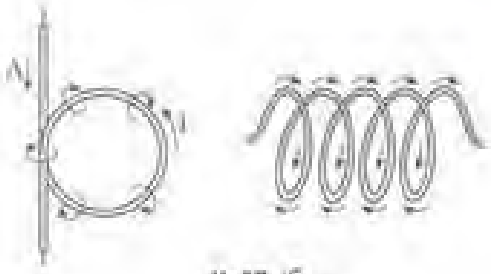


شکل ۲۱-۷ جریان سیم به سمت خارج

علامت (+) نشان‌دهنده وارد شدن جریان به صفحه و علامت (•) بیان کننده خارج شدن جریان از صفحه است که مانند یک فلش (پیکان) است. (شکل ۲۲-۷)

شکل ۲۲-۷

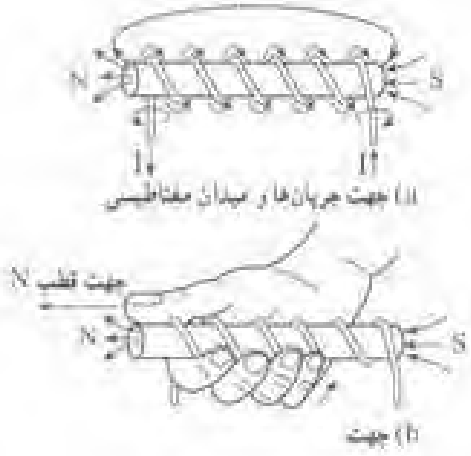
نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که اگر رشته سیم مستقیمی را به‌صورت یک حلقه و یا چند حلقه درآوریم میدان مغناطیسی اطراف هر حلقه با هم جمع می‌شود و تراکم میدان مغناطیسی B را افزایش می‌دهد. (شکل ۲۳-۷)



شکل ۲۳-۷

جهت میدان مغناطیسی اطراف یک سیم پیچ نیز با «قانون دست راست» قابل تعیین است.

هرگاه سیم‌پیچ حامل جریانی را طوری در دست راست خود بگیریم که جهت پیچیدن چهار انگشت جهت جریان را نشان دهد انگشت شست جهت قطب N میدان مغناطیسی اطراف سیم را نشان خواهد داد. (شکل ۲۴-۷)



شکل ۲۴-۷

این جهت میدان با توجه به جهت قراردادی جریان تعیین می‌شود. برای افزایش جگالی میدان مغناطیسی علاوه بر تغییر شکل رشته سیم به سیم‌پیچ می‌توان موارد زیر را نیز اجرا کرد.

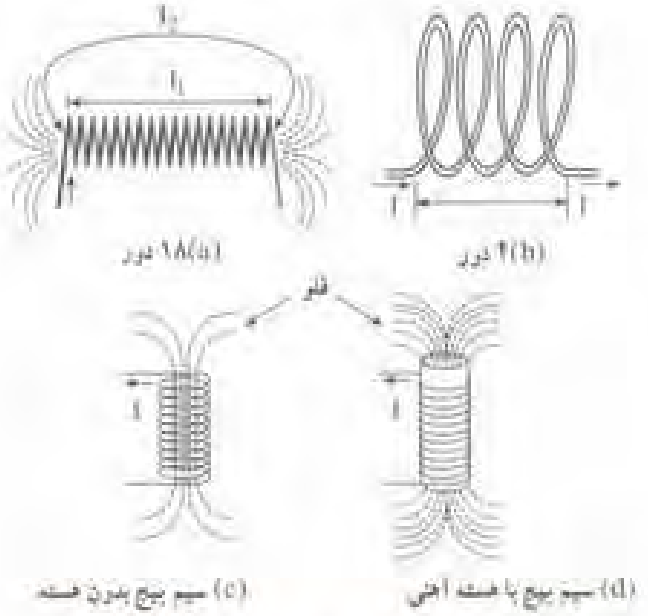
الف ـ افزایش تعداد دور سیم پیچ

ب ـ افزایش جریان عبوری از سیم

ج ـ استفاده از هسته آهنی در داخل سیم پیچ

د ـ کاهش فاصله بین حلقه‌های سیم پیچ

موارد فوق را درتصاویر شکل (۲۵-۷) مشاهده می‌کنید.



(a) ۱۸ دور (b) ۴ دور

(c) سیم پیچ بدون هسته (d) سیم پیچ با هسته آهنی

شکل ۲۵-۷

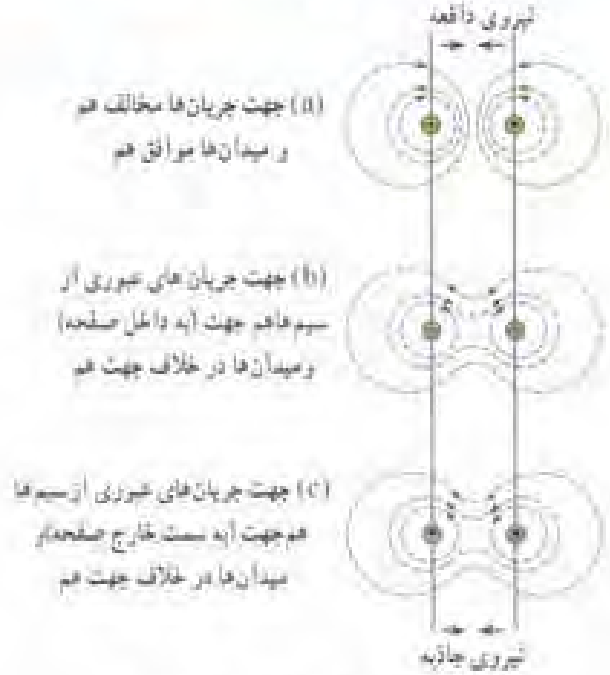
از کاربردهای میدان الکترومغناطیسی می‌توان آهن‌رباهای صنعتی را نام برد. (شکل ۲۶-۷)

شکل ۲۶-۷

۵-۷ـ نیروی وارد بر دو هادی جریان دار

هرگاه دو سیم حامل جریان در مقابل یکدیگر قرار گیرند متناسب با جهت و مقدار جریان عبوری از آنها بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. اگر جهت میدان‌های مغناطیسی دو سیم با هم موافق باشند میدان‌های دو سیم با هم جمع شده و یکدیگر را جذب می‌کنند. در صورتی که میدان‌های مغناطیسی دو سیم مخالف هم باشند میدان‌های دو سیم در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند و یکدیگر را دفع می‌کنند.

تصاویر (a)، (b) و (c) شکل (۲۷-۷) گویای این مطلب است.



شکل ۲۷-۷ ـ وضعیت میدان‌های مغناطیسی دو سیم حامل جریان در کنار هم

۶ـ۷ـ نیروی محرکه مغناطیسی

همانطوری که اشاره شد در مدارهای الکتریکی نیروی باتری سبب جاری شدن الکترون‌ها در مدار می‌شود.

مشابه این شرایط در مدارهای مغناطیسی به وجود می‌آید. نیرویی که باعث جاری شدن فلو در مدارهای مغناطیسی می‌شود «نیروی محرکه مغناطیسی» می‌نامند.

این نیرو را از رابطه زیر می‌توان بدست آورد: (شکل ۲۸-۷)

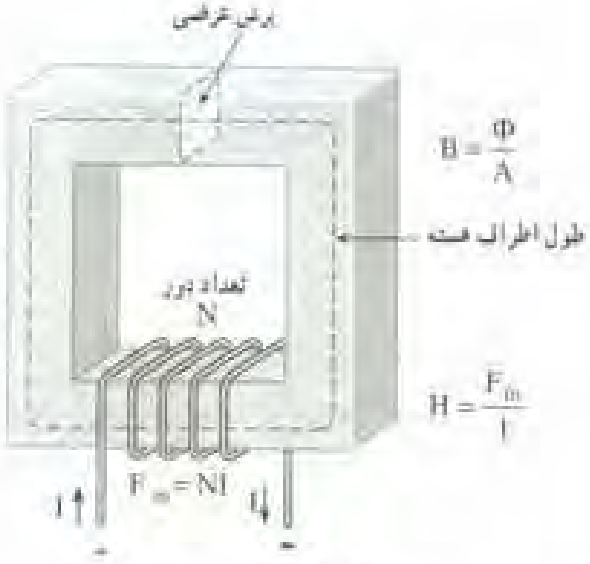
$$Fm = \theta = N.I \quad (1)$$

که در آن:

I ـ شدت جریان سیم پیچ برحسب آمپر (I)

N ـ تعداد دور سیم پیچ

Fm ـ نیروی محرکه مغناطیسی بر حسب (A)



شکل ۲۸-۷- مدار مغناطیسی

۷ـ۷ـ شدت میدان مغناطیسی

مقدار نیروی محرکه مغناطیسی را که به واحد طول سیم پیچ وارد می‌شود، «شدت میدان مغناطیسی» می‌گویند. مقدار نیروی محرکه مغناطیسی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$H = \frac{F_m}{l} = \frac{\theta}{l} = \frac{N.I}{l}$$

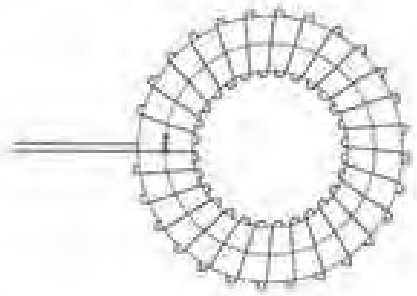
که در آن:

θ ـ نیروی محرکه مغناطیسی بر حسب آمپر(A)

l ـ طول متوسط مسیر مغناطیسی بر حسب متر (m)

H ـ شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپر بر متر $\left[\frac{A}{m}\right]$

است. رابطه (H) نشان می‌دهد هر قدر طول مسیر مغناطیسی بیشتر باشد شدت میدان مغناطیسی کمتری در هسته به وجود می‌آید.



a) تعداد دور کم

b) تعداد دور زیاد

۷. Fundamn- Magneto Motive Force

به‌عبارت دیگر اگر تعداد دور یا جریان عبوری از سیم‌پیچ افزایش یابد، نیروی محرکه مغناطیسی نیز افزایش خواهد یافت. (شکل ۷-۲۹)

ضریب نفوذ مغناطیسی

میزان نفوذپذیری مغناطیسی در اجسام مختلف با هم متفاوت است و به جنس جسم بستگی دارد. ضریب نفوذ پذیری را با (μ-مو) نشان می‌دهند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\mu = \frac{B}{H}$$

ضریب نفوذپذیری هوا را با (μ_0) نشان می‌دهند و مقدار آن برابر است با:

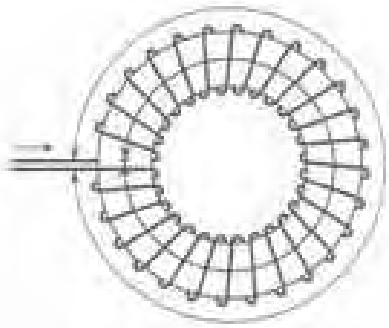
$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$$

که در آن:

B ـ چگالی مغناطیسی بر حسب وبر (Wb)

H ـ شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپرومتر $\left[\frac{A}{m}\right]$

μ ـ ضریب نفوذ مغناطیسی جسم بر حسب وبر بر آمپرمتر $\left(\frac{Wb}{A.m}\right)$ است.



ب) طول مسیر مغناطیسی کم

الف) طول مسیر مغناطیسی زیاد

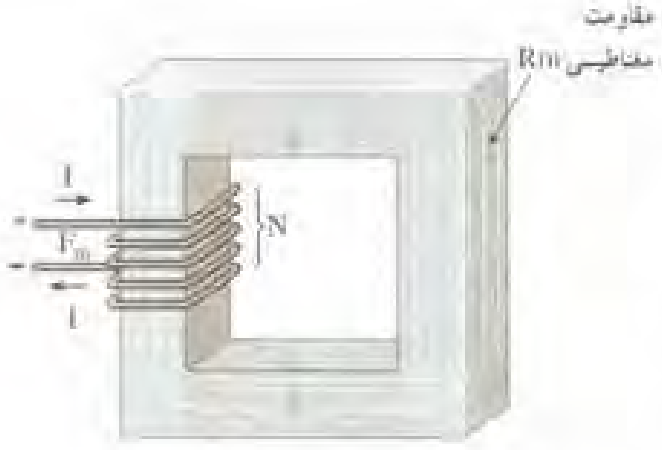
شکل ۷-۲۹ ـ مدارهای مغناطیسی با طول متوسط و تعداد دورهای مختلف

۸ـ۷ـ مقاومت مغناطیسی

مقدار مخالفتی که اجسام مغناطیسی در برابر عبور فلوی مغناطیسی از خود نشان می‌دهند، «مقاومت مغناطیسی» یا «رلوکتانس» گویند. شکل (۷-۳۰) مقاومت مغناطیسی را استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$R_m = \frac{l}{\mu A}$$

R_m ـ مقاومت مغناطیسی بر حسب آمپر بر وبر $\left(\frac{A}{Wb}\right)$ است.



شکل ۷-۳۰

مقدار(μ) معمولاً بر حسب پارامتری به نام «ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی» بیان می‌شود که آن را چنین تعریف می‌کنند: نسبت ضریب نفوذ مغناطیسی هرجسم (μ) به ضریب نفوذ مغناطیسی هوا (μ_0) را ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی (μ_r) می‌گویند و از رابطه مقابل محاسبه می‌شود.

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

بر پایه رابطه μ_r می‌توان نوشت:

$$\mu = \mu_r \mu_0$$

بر همین اساس رابطه رلوکتانس را چنین در نظر گرفت:

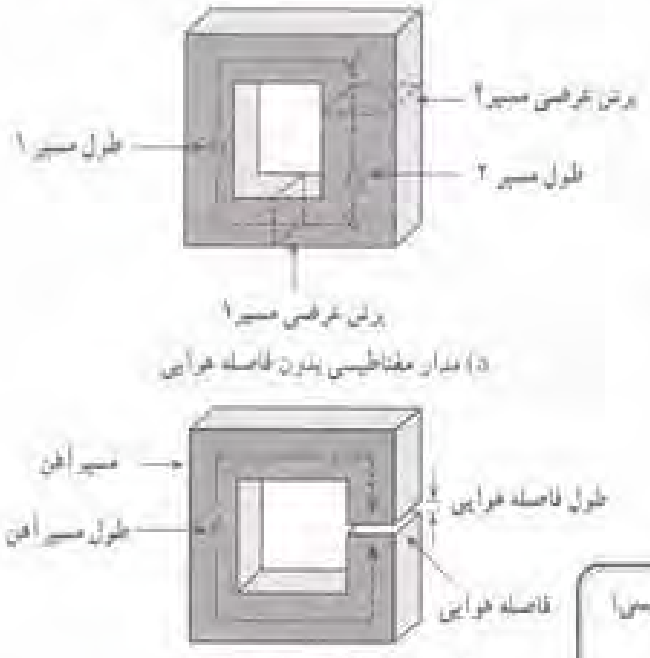
$$R_m = \frac{l}{\mu_r \mu_0 A}$$

۱ـ۸ـ۷ـ مدارهای مغناطیسی: مدارهای مغناطیسی از جنس آهن نرم یا آهن سخت هستند. در صورتی که جهت جریان سیم‌پیچی مدارهای مغناطیسی عوض شود جهت فلوی مغناطیسی(قطب‌های N و S) عوض خواهد شد. شکل (۳۱-۷)

از تعویض بلاریته‌های منبع تغذیه بر جهت میدان مغناطیسی هسته را نشان می‌دهد.

شکل ۳۱-۷- اثر تعویض جهت جریان روی جهت میدان مغناطیسی

اگر در طول مسیر مدارهای مغناطیسی فاصله هوایی وجود داشته باشد، محیط عبور فلوی مغناطیسی تغییر می‌کند. در این حالت فلوی مغناطیسی با ماده‌ای روبرو می‌شود که ضریب نفوذ مغناطیسی آن کمتر از آهن است. این امر سبب می‌شود که مقاومت مغناطیسی کل هسته افزایش یابد و در نتیجه کل فوران مغناطیسی کم شود. (شکل ۳۲-۷)



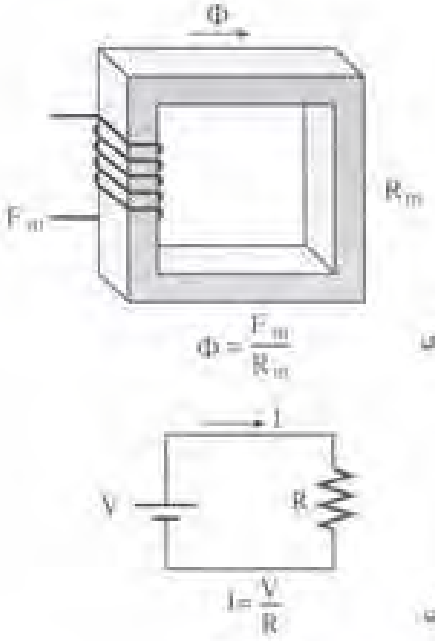
شکل ۳۲-۷

کمیت‌های مدار مغناطیسی مشابه مدار الکتریکی است و می‌توانیم این کمیت‌ها را با هم مقایسه کنیم. (جدول زیر)

(پتانسیل الکتریکی) V	مشابه	θ یا F_m	(نیروی محرکه مغناطیسی)
(جریان الکتریکی) I	مشابه	ϕ	(فلو)
(مقاومت الکتریکی) R	مشابه	R_m	(رلوکتانس)

بر همین اساس می‌توان روابط ساده الکتریکی ، مانند قانون اهم را نیز برای مدارهای مغناطیسی نوشت. به عنوان مثال برای محاسبه مقاومت مغناطیسی شکل (۳۳-۷) می‌توانیم رابطه دیگری را به صورت زیر بنویسیم :

$$R=\frac{V}{I} \Rightarrow \boxed{R_m=\frac{\theta}{\Phi}}$$



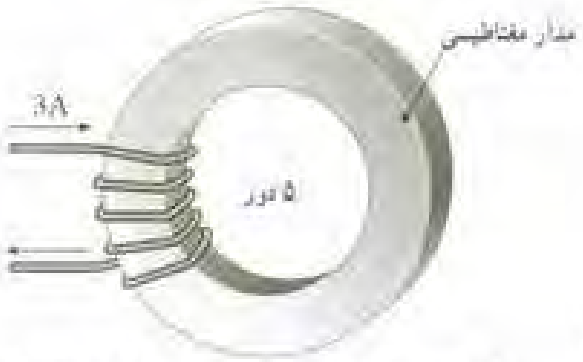
شکل ۳۳-۷

مثال: در مدار مغناطیسی شکل (۳۴-۷) اگر مقاومت مدار مغناطیسی برابر $\left(\frac{A}{Wb}\right)$ ۳۰×۱۰^{-۳} باشد فوران عبوری از هسته چقدر است؟

حل:

$$\Phi=\frac{F_m}{R_m}=\frac{N.I}{R_m}$$

میلی وبر $\Phi=\frac{۵\times۳}{۳۰\times۱۰^{-۳}}=\frac{۱۵}{۳۰\times۱۰^{-۳}}=۰/۵\times۱۰^{-۳}wb=۰/۵mwb$



شکل ۳۴-۷- مدار مغناطیسی بصورت حلقه با تعداد دور کم

مثال: با توجه به مشخصات شکل (۳۵-۷) مطلوب است :

الف ـ شدت میدان مغناطیسی

ب ـ فوران جاری در هسته

حل:

تعداد دور $N=۳۰۰۰$

جریان عبوری $I=۰/۸A$

طول مدار مغناطیسی $l=۱۵cm$

چگالی لازم در هسته $B=۰/۵\frac{mb}{m^۲}$

سطح مقطع هسته $A=۲cm^۲$

$$H=\frac{N.I}{l}=\frac{۳۰۰۰\times۰/۸}{۱۵\times۱۰^{-۲}}=۲۰۰۰\frac{A}{m}$$

$$B=\frac{\Phi}{A}\Rightarrow\Phi=BA=۰/۵\times۲\times۱۰^{-۴}$$

$$\Phi=۱\times۱۰^{-۴}wb=۰/۲mwb$$

شکل ۳۵-۷

آزمون پایانی (۷)

۱ـ ماگنزیا نام کدام‌یک از موارد زیر است؟

الف ـ سنگ مغناطیسی　　ب ـ ماگنتیت

ج ـ مغناطیس　　د ـ هر سه مورد

۲ـ از جاذبه مغناطیسی در کدام نقطه از یک سنگ مغناطیسی بیشتر است؟

الف ـ همه جا یکسان است.　　ب ـ در وسط سنگ

ج ـ در دو سر سنگ　　د ـ به جهت سنگ بستگی دارد.

۳ـ چگونه می‌توان قطب‌های جغرافیایی را تشخیص داد؟

الف ـ با آهن‌ربای نعل‌ای آویز　　ب ـ با یک تخته چوب

ج ـ با سنگ آهن　　د ـ با آهن‌ربای نعل اسبی شکل

۴ـ اگر قطب N یک آهن‌ربا را به قطب S آهن‌ربای آویزی نزدیک کنیم آهن‌ربای آویز.....

الف ـ دفع می‌شود.　　ب ـ جذب می‌شود.

ج ـ به سمت چپ می‌چرخد.　　د ـ به سمت راست می‌چرخد.

۵ ـ کدام‌یک از مواد زیر، مواد فرومانیتیک نیستند؟

الف ـ آهن　　ب ـ آلومینیوم

ج ـ نیکل　　د ـ کبالت

۶ـ وقتی جسمی خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کند، ملکول‌های آن.....

الف ـ به صورت افقی منظم می‌شوند.　　ب ـ نامنظم می‌شوند.

ج ـ تغییر نمی‌کند.　　د ـ به صورت دورانی می‌چرخند.

۷ـ موادی که خاصیت مغناطیسی خود را زود از دست می‌دهند..... نامند.

الف ـ آهن سخت　　ب ـ آهن نرم

ج ـ فولاد　　د ـ چدن

۸ ـ میدان مغناطیسی عبارت است از فضایی در اطراف جسم مغناطیسی که می‌تواند روی..... اثر بگذارد.

الف ـ همه اجسام　　ب ـ اجسام غیر مغناطیسی

ج ـ اجسام مغناطیسی　　د ـ اجسام پولاریزه شده

۹ـ کدام یک از اشکال زیر صحیح است؟

الف ـ

ب ـ

ج ـ

د ـ

۱۰ـ با یک عقربه مغناطیسی می‌توان ..... مغناطیسی را مشخص نمود.

الف ـ جهت فلو
ب ـ تعداد خطوط قوا
ج ـ میزان ویر فلو
د ـ نوع ماده

۱۱ـ کدام گزینه به‌ترتیب از راست به چپ جمله زیر را تکمیل می‌کند.

قطب‌های همنام یکدیگر را ..... و قطب‌های غیرهمنام یکدیگر را ..... می‌نمایند.

الف ـ جذب ـ جذب
ب ـ دفع ـ جذب
ج ـ جذب ـ دفع
د ـ دفع ـ دفع

۱۲ـ به تعداد خطوط فلوی مغناطیسی که از واحد سطح می‌گذرد ..... گویند.

الف ـ شدت میدان مغناطیسی
ب ـ نیروی محرکه مغناطیسی
ج ـ اندوکسیون مغناطیسی
د ـ رلوکتانس مغناطیسی

۱۳ـ کدام‌یک از گزینه‌ها درباره منحرف شدن یک عقربه مغناطیسی در مجاورت یک سیم حامل جریان صحیح نیست؟

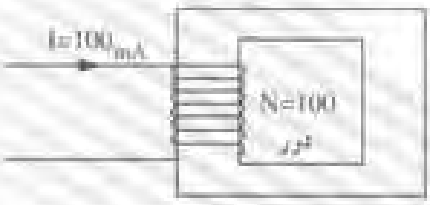
الف ـ وجود جریان الکتریکی
ب ـ وجود میدان مغناطیسی
ج ـ عقربه خاصیت آهن‌ربایی پیدا می‌کند.
د ـ عقربه تحت تأثیر موقعیت جغرافیایی قرار گرفته است.

۱۴ـ «ویر بر» واحد کدام‌یک از کمیت‌های زیر است؟

الف ـ اندوکسیون مغناطیسی
ب ـ شدت میدان مغناطیسی
ج ـ فوران مغناطیسی
د ـ نیروی محرکه مغناطیسی

۱۵ـ فوران عبوری از مدار مغناطیسی شکل (۷-۳۶) چقدر است؟

الف ـ $۰/۵۷_{ویر}$
ب ـ $۰/۰۳۴_{ویر}$
ج ـ $۰/۸۳۳_{ویر}$
د ـ $۰/۷۹_{ویر}$



$R_m = ۶۷۵/۵ \times ۱۰^۳ \ A/wb$

شکل ۷-۳۶

۱۶ـ به میدان ایجاد شده فضای اطراف یک سیم حامل جریان میدان ..... گویند.

الف ـ الکتریکی
ب ـ مغناطیسی
ج ـ الکترومغناطیسی
د ـ استاتیکی

۱۷ـ در قانون دست راست برای یک هادی جریان دار جهت خم شدن چهار انگشت دست نشان دهنده چیست؟

الف ـ جهت جریان
ب ـ جهت ولتاژ
ج ـ جهت میدان مغناطیسی
د ـ جهت اندوکسیون مغناطیسی

۱۸ـ کدام‌یک از اشکال زیر صحیح است؟

الف ـ
ب ـ
ج ـ
د ـ

۱۹ـ با تبدیل کردن سیم راست به صورت حلقه میدان مغناطیسی ..... خواهد شد.

الف ـ زیاد　　ب ـ کم

ج ـ منحرف　　د ـ منعکس

۲۰ـ انگشت شست در قانون دست راست برای یک سیم پیچ نشان‌دهنده چیست؟

الف ـ جهت نیروی وارد بر سیم　　ب ـ جهت جریان عبوری از سیم

ج ـ قطب N مغناطیسی　　د ـ قطب S مغناطیسی

۲۱ـ کدام‌یک از عوامل زیر در افزایش چگالی میدان مغناطیسی مؤثر نیست؟

الف ـ افزایش تعداد دور سیم پیچ　　ب ـ افزایش فاصله حلقه‌های سیم پیچ

ج ـ قرار دادن هسته‌آهنی در سیم پیچ　　د ـ افزایش جریان عبوری از پیچین

۲۲ـ اگر جهت میدان‌های مغناطیسی دو سیم جریان دار با هم موافق باشند دو سیم یکدیگر را ..... می‌کنند.

الف ـ جذب　　ب ـ دفع

ج ـ دفع و جذب　　د ـ جذب ودفع

۲۳ـ نیرویی که موجب جاری شدن فلو در مدارهای مغناطیسی می‌شود، را با ..... مشخص می‌کنند.

الف ـ B　　ب ـ H

ج ـ θ　　د ـ R_m

۲۴ـ واحد «مقاومت مغناطیسی» کدام است؟

الف ـ $\frac{A}{wb}$　　ب ـ $\frac{wb}{A}$

ج ـ $\frac{wb}{A.m}$　　د ـ $\frac{A.m}{wb}$

۲۵ـ اگر فاصله هوایی در مدار مغناطیسی وجود داشته باشد چون ضریب نفوذ مغناطیسی هوا ..... از آهن است ولوکتانس کل هسته ..... می‌یابد.

الف ـ بیشتر ـ کاهش　　ب ـ بیشتر ـ افزایش

ج ـ کمتر ـ کاهش　　د ـ کمتر ـ افزایش

۲۶ـ کدامیک از روابط زیر مشابه قانون اهم در مدارهای الکتریکی است؟

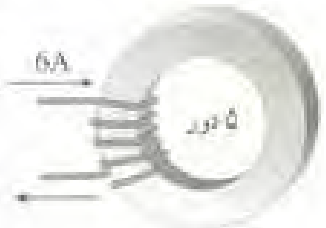
الف ـ $F_m = \frac{\theta}{\Phi}$　　ب ـ $R_m = \frac{\theta}{\Phi}$

ج ـ $\theta = \frac{F_m}{R_m}$　　د ـ $\phi = R_m.\theta$

۲۷ـ شدت میدان مغناطیسی شکل (۷-۳۷) را در صورتی که قطر متوسط حلقه ۱۰ cm باشد حساب کنید. ($\pi = 3$)

الف ـ ۱۰۰۰　　ب ـ ۱۰

ج ـ ۱۰۰　　د ـ ۱



شکل ۷-۳۷

۲۸ـ دو قطب غیر همنام یکدیگر را..... می‌کنند.

۲۹ـ موادی که خاصیت مغناطیسی القاء شده در خود را زود از دست می‌دهند، مواد..... گویند.

۳۰ـ نیرویی که موجب جاری شدن فلو در مدار مغناطیسی می‌شود..... نام دارد.

۳۱ـ در قانون دست راست برای سیم حامل جریان جهت خم شدن چهار انگشت دست جهت..... را نشان می‌دهد.

۳۲ـ شدت میدان مغناطیسی با مقدار طول مسیر مغناطیسی رابطه مستقیم دارد.

صحیح ☐ غلط ☐

۳۳ـ میزان نفوذپذیری مغناطیسی اجسام به جنس هر جسم بستگی ندارد.

صحیح ☐ غلط ☐

۳۴ـ وجود فاصله هوایی در طول مسیر مدارهای مغناطیسی باعث می‌شود تا رلوکتانس افزایش یابد.

صحیح ☐ غلط ☐

۳۵ـ میزان فوران عبوری از هسته با تعداد دور سیم پیچ رابطه مستقیم دارد.

صحیح ☐ غلط ☐

توجه: مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

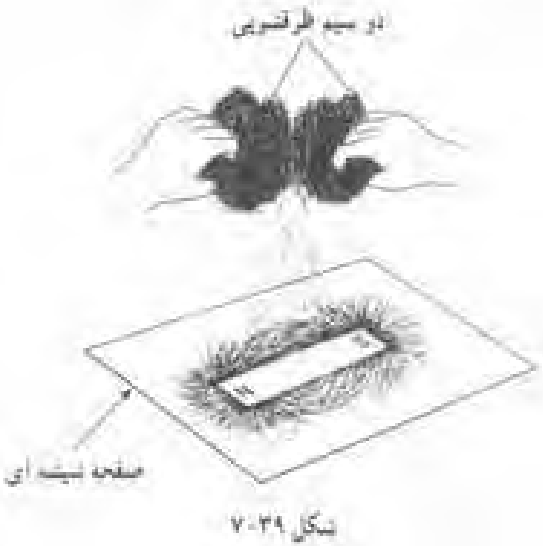
خودآزمایی عملی

توضیح: کارهای عملی پیش پنی شده را می‌توانید در منزل انجام داده و از نتایج آنها در جهت بالا بردن شناخت خود نسبت به مغناطیس استفاده کنید.

۱ـ یک آهن‌ربای نعل اسبی را به قطعات شکل (۷-۳۸) تقسیم کنید. نتیجه مشاهدات خود را یادداشت کرده و علت را توضیح دهید.

شکل ۷-۳۸

۲ـ یک آهن‌ربای تخت را مطابق شکل (۷-۳۹) زیر یک صفحه شیشه‌ای قرار دهید و براده‌های آهن را به عکس آن و روی سطح شیشه‌ای بریزید. از شکل بدست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

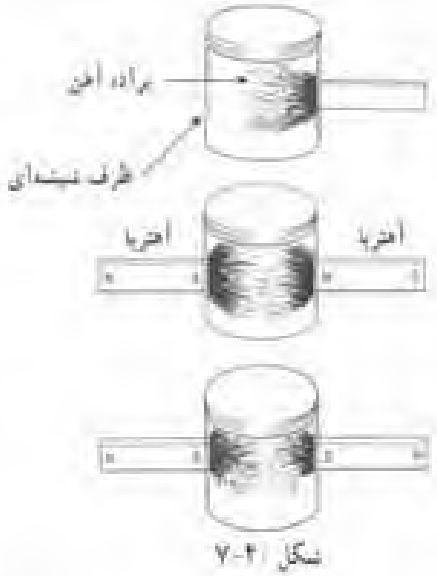


شکل ۷-۳۹

۳ـ در داخل یک ظرف شیشه‌ای براده‌های آهن بریزید و آهن‌ربا را از طرفین ظرف مطابق شکل (۷-۴۰) روی سطح شیشه‌ای قرار دهید. از وضعیت‌های بدست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۴ـ مقداری خاک و براده آهن را مخلوط کنید و سپس آنها را از یکدیگر جدا کنید. روشی بکار رفته را شرح دهید.

۵ـ مقداری براده آهن را در داخل آب بریزید و آن را با آهن‌ربا جدا کنید.



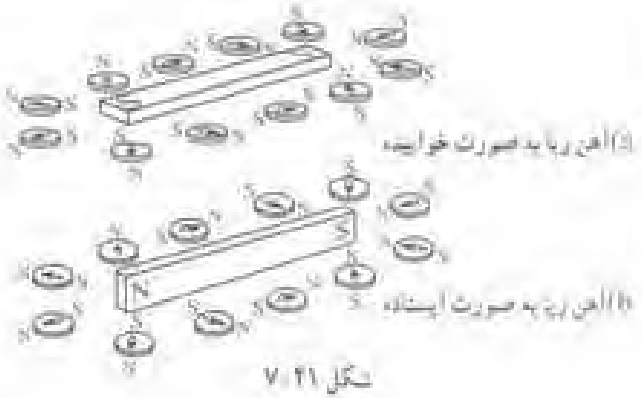
شکل ۷-۴۰

۶ـ یک عقربه مغناطیسی را مشابه شکل (۲۱-۷) در اطراف یک آهن‌ربای نعلی بچرخانید، از وضعیت‌های بدست آمده برای عقربه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

شرح سؤال

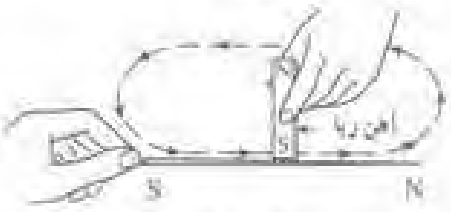
۶:.....

.....



شکل ۲۱-۷

۷ـ یک آهن‌ربا را طبق شکل (۲۲-۷) روی یک سوزن و در یک جهت بکشید. سپس مشابه شکل (۲۳-۷) سوزن را به یک نخ وصل کنید یک‌بار قطب N و بار دیگر قطب S آهن‌ربا را به آن نزدیک کنید، از وضعیت‌های بدست آمده برای سوزن چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

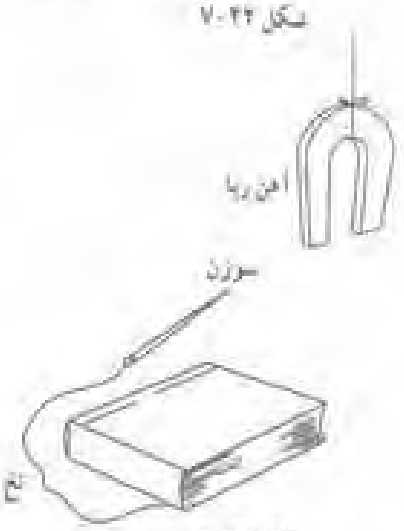


شکل ۲۲-۷

شرح سؤال

۷:.....

.....



شکل ۲۳-۷

۸ـ سوزن را مطابق شکل (۲۴-۷) مجدداً با آهن‌ربا مالش دهید و آن را روی یک تکه چوب پنبه که بر روی سطح آب مانند شکل (۲۴-۷) شناور است، قرار دهید. از نتایج به دست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

شرح سؤال

۸:.....

.....

شکل ۲۴-۷

۹ـ دو سر سیمی را که از باتری خارج شده‌اند را از زیر یک کاغذ مقوایی طبق شکل (۲۵-۷) خارج کنید و سپس آن را از روی یک عقربه مغناطیسی عبور دهید. مدار را وصل کنید و درباره مشاهدات خود توضیح دهید.

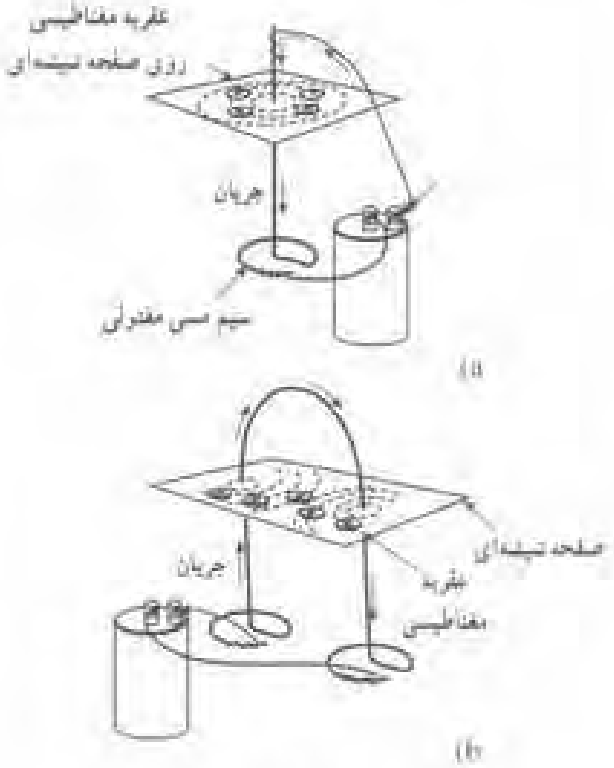
شکل ۲۵-۷

شرح سؤال

۹.....

.....

۱۰. تکه سیمی را بکبار مطابق شکل (۷-۲۶-a) به یک باتری وصل کنید وعقربه مغناطیس را در فضای اطراف آن حرکت دهید و سپس سیم را مطابق شکل (۷-۲۶-b) به صورت انحنا درآورید و آهنربای عقربه‌ای را در فضای اطراف دو بازوی سیم بچرخانید. نتایج را شرح دهید.



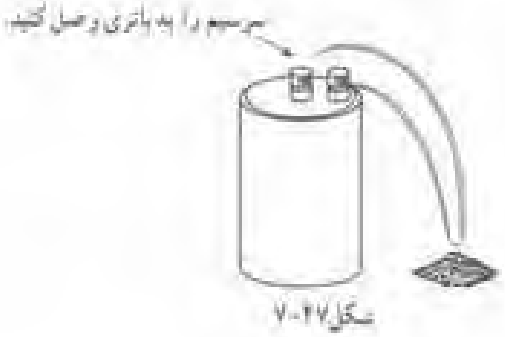
شکل ۷-۲۶

شرح سؤال

۱۰.....

.....

۱۱. تکه سیمی بدون روکش را مطابق شکل (۷-۲۷) به دو قطب یک باتری وصل کنید و به براده‌های آهن نزدیک کنید. از مشاهدات خود چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.



شکل ۷-۲۷

شرح سؤال

۱۱.....

.....

۱۲. تکه سیم را مانند شکل (۷-۲۸) به صورت چند حلقه روی یک میخ بپیچانید. سپس میخ را به سوزن‌های نازک کوچک نزدیک کنید. از مشاهده، خود چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

شکل ۷-۲۸

شرح سؤال

۱۲.....

.....

پاسخ سوالات

پیش آزمون (۷)

۱ـ د
۲ـ د
۳ـ ب
۴ـ د
۵ـ ج
۶ـ ب
۷ـ ج
۸ـ ب
۹ـ ب
۱۰ـ د
۱۱ـ د
۱۲ـ د
۱۳ـ الف
۱۴ـ ج
۱۵ـ ب

آزمون پایانی (۷)

۱ـ د
۲ـ ج
۳ـ الف
۴ـ ب
۵ـ ب
۶ـ الف
۷ـ ب
۸ـ ج
۹ـ الف
۱۰ـ الف
۱۱ـ ب
۱۲ـ ج
۱۳ـ د
۱۴ـ ج
۱۵ـ ج
۱۶ـ ج
۱۷ـ ج
۱۸ـ د
۱۹ـ الف
۲۰ـ ج
۲۱ـ ب
۲۲ـ الف
۲۳ـ ج
۲۴ـ الف
۲۵ـ د
۲۶ـ ب
۲۷ـ ج
۲۸ـ جذب
۲۹ـ نرم
۳۰ـ نیروی محرکه مغناطیسی
۳۱ـ میدان مغناطیسی
۳۲ـ غلط ☒
۳۳ـ غلط ☒
۳۴ـ صحیح ☒
۳۵ـ صحیح ☒

واحد کارمبانی الکتریسیته

فصل هشتم: خازن

هدف کلی:

شناسایی ساختمان و اصول کار خازن‌ها و ظرفیت مدارهای خازنی وعملکرد آن

هدف‌های رفتاری :

در پایان این فصل انتظار می رود که، فراگیر:

۱ـ میدان الکتریکی و میدان الکتریکی یکنواخت را توضیح دهد.
۲ـ ساختمان داخلی خازن را شرح دهد .
۳ـ رابطه ظرفیت خازن را بیان کند.
۴ـ مفهوم شارژ و دشارژ خازن را توضیح دهد.
۵ـ انواع خازن‌های ثابت و متغیر رامختصراً توضیح دهد.
۶ ـ مشخصات مهم در انتخاب خازن را بیان کند.
۷ـ مشخصات خازن‌ها را با کد رنگی و رمزهای عددی بخواند.
۸ـ مدارهای سری، موازی و ترکیبی خازن‌ها را تعریف کند.
۹ـ مدارهای سری، موازی و ترکیبی خازن‌ها را از نظر ظرفیت خازن معادل،ولتاژ و بارالکتریکی توضیح دهد.
۱۰ـ آزمایش‌های ساده مربوط به مدارهای سری، موازی و ترکیبی خازن‌ها را انجام دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۱۲	۶/۵	۱۸/۵

پیش آزمون (۸)

۱ـ برای ذخیره کردن بارهای الکتریکی در مدارها از وسیله‌ای به نام ..... استفاده می‌شود.

الف ـ مقاومت　　ب ـ سلف

ج ـ خازن　　د ـ موتور

۲ـ در دوربین‌های عکاسی برای ایجاد نور فلاش از چه وسیله‌ای استفاده می‌شود؟

الف ـ لامپ رشته‌ای　　ب ـ پروژکتورگازی

ج ـ خازن　　د ـ مقاومت

۳ـ دربعضی موتورهای الکتریکی هنگامی که موتور به برق اتصال ندارد وقتی دو سر سیم‌های آن‌را برای یک لحظه کوتاه به هم اتصال می‌دهیم جرقه می‌زند. علت چیست؟

الف ـ اتصال بدنه در موتور　　ب ـ اتصال داشتن سیم‌پیچ‌های موتور

ب ـ تخلیه ولتاژ دوسر خازن　　ج ـ خرابی کلیدهای موتور

۴ـ چرا در کنار پایه بعضی خازن‌ها علامت مثبت و منفی می‌نویسند؟

الف ـ برای اتصال صحیح پایه‌های خازن به مدار　　ب ـ چون مقدار بار ذخیره شده مشخص شود.

ج ـ برای بررسی بارهای مثبت ومنفی صفحات خازن　　د ـ مقدار ولتاژ را اندازه‌گیری کرد.

۵ ـ از خازن در مدارهای الکتریکی برای چه منظور استفاده نمی‌شود؟

الف ـ صافی‌ها (فیلترها)　　ب ـ ذخیره انرژی مغناطیسی

ج ـ عامل بوجود آوردن اختلاف فاز　　د ـ ذخیره انرژی الکترواستاتیکی

۶ ـ در تنظیم ایستگاه و تعیین موج یک رادیو از کدام وسیله استفاده می‌شود؟

الف ـ خازن ثابت　　ب ـ خازن متغیر

ج ـ مقاومت متغیر　　د ـ سلف متغیر

۷ ـ مواد مغناطیسی که خاصیت مغناطیسی تقریباً دائم پیدا می‌کنند را مواد ..... می‌گویند.

الف ـ فرو مغناطیس نرم　　ب ـ دیامغناطیس

ج ـ فرو مغناطیس سخت　　د ـ پارا مغناطیس

۸ ـ کدام‌یک از روابط زیر شکل صحیح رابطه رلوکتانس است؟

الف ـ $R=\frac{V}{I}$　　ب ـ $Rm=\frac{\Phi}{\theta}$

ج ـ $\theta=N.I$　　د ـ $Rm=\frac{l}{\mu A}$

۹ ـ افزایش جریان عبوری از سیم راست موجب ..... می‌شود.

الف ـ افزایش میدان مغناطیسی　　ب ـ کاهش میدان مغناطیسی

ب ـ کاهش میدان الکترواستاتیکی　　د ـ افزایش میدان الکترواستاتیکی

۱۰ ـ ایجاد فاصله هوایی در مدار مغناطیسی موجب افزایش..... می‌شود.

الف ـ قوی مغناطیسی　　ب ـ نیروی محرکه مغناطیسی

ج ـ مقاومت مغناطیسی　　د ـ ضریب نفوذ مغناطیسی

۱۱ـ با حرکت دادن عقربه مغناطیسی در فضای اطراف یک آهن‌ربا می‌توان..... و..... را مشخص کرد.

الف ـ قطب‌های آهن‌ربا، جهت قوی مغناطیسی　　ب ـ اثر جاذبه، جهت قوی مغناطیسی

ج ـ قوی مغناطیسی، اثر جاذبه　　د ـ مقدار شار مغناطیسی، قطب‌های آهن‌ربا

۱۲ـ یک تسلا (T) برابر است با:

الف ـ $\frac{1wb}{1m}$　　ب ـ $\frac{1wb}{1m^2}$

ج ـ $\frac{1m}{1wb}$　　د ـ $\frac{1m^2}{1wb}$

۱۳ـ قطب‌های مغناطیسی عبارتند از:

الف ـ مکان‌هایی که اثر جاذبه مغناطیسی کمی دارند. ب ـ نقاطی هستند که همه فلزات را جذب می‌کنند.

ج ـ نقاطی که همه فلزات را دفع می‌کنند.　　د ـ مکان‌هایی که اثر جاذبه مغناطیسی زیادی دارند.

۱۴ـ پویین به طول متوسط ۱۲ سانتی‌متر ۶۰۰ حلقه سیم بر روی آن پیچیده شده است. اگر جریان ۴/۸ A از سیم پیچ عبور کند، شدت جریان میدان مغناطیسی چند $\frac{A}{m}$ است؟

الف ـ ۲۰۰　　ب ـ ۲۳۰

ج ـ ۱۲۰۰　　د ـ ۲۰۰۰

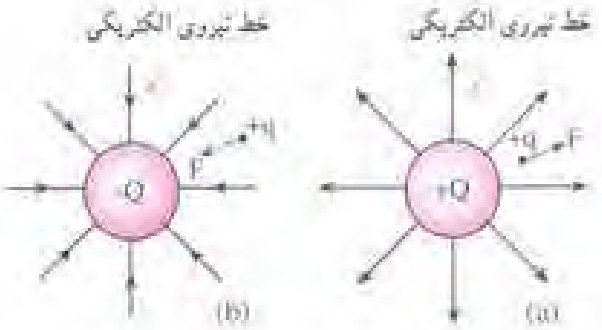
۱۵ـ سطح مقطع پویینی $81mm^2$ است. اگر بخواهیم چگالی شارهسته ۹/۰ تسلا باشد، جریان مورد نیاز چند ویر است؟

الف ـ $۷۲/۹\times۱۰^{-۶}$　　ب ـ ۹×۱۰^{-۳}

ج ـ $۷۲/۹\times۱۰^{-۳}$　　د ـ ۸۱×۱۰^{-۳}

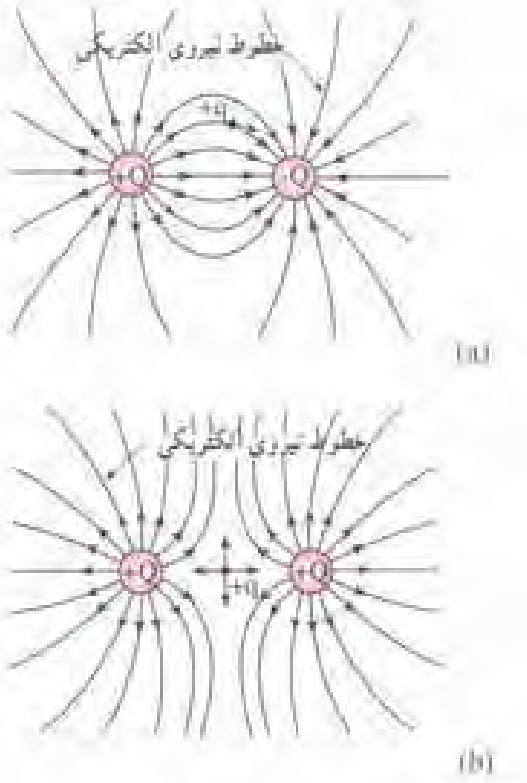
۱ـ۸ ـ میدان الکتریکی

مفهوم میدان مربوط به ناحیه‌ای است در فضای اطراف یک جسم باردار (Q) که می‌تواند عملاً مورد استفاده قرار گیرد. مانند ذره باردار (Q-) در صورتی که یک جسم باردار دیگر مانند ذره (Q+) شکل (a ـ۸ـ۱) در این ناحیه قرار گیرد طبق قانون کولن به آن نیروی وارد می‌شود. بنابراین در یک ناحیه از فضا وقتی می‌توان گفت میدان الکتریکی وجود دارد که به بار الکتریکی واقع در آن ناحیه یک نیرو وارد شود.



شکل ۸ـ۱ ـ جهت خطوط نیروی الکتریکی در اطراف بارهای Q- و Q+

شکل (۲ـ۸) وضعیت میدان الکتریکی دوبار همنام و غیرهمنام را در کنار یکدیگر نشان می‌دهد. شدت و جهت خطوط میدان الکتریکی به اندازه بار هر ذره و فاصله بین آنها بستگی دارد.



شکل ۸ـ۲ ـ دو میدان‌های الکتریکی بارهای همنام و غیر همنام بر یکدیگر

اگر دو صفحه تخت بارادار را مطابق شکل (۳ـ۸) در مقابل یکدیگر و درحد فاصل یک ماده دی‌الکتریک قرار دهیم میدان الکتریکی که در بین دو صفحه بوجود می‌آید در تمام نقاط ثابت است. این نوع میدان را «میدان الکتریکی یکنواخت» می‌گویند.

شکل ۸ـ۳ ـ میدان الکتریکی موجود بین دو صفحه (میدان یکنواخت)

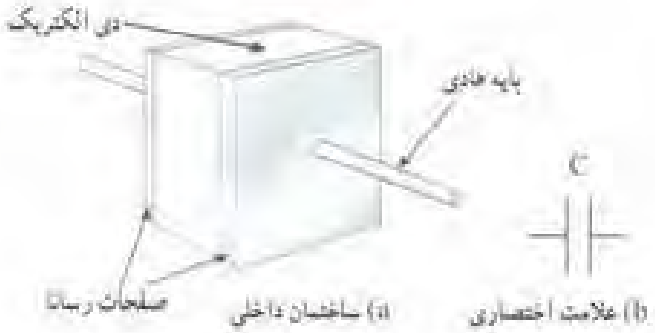
۲ـ۸ـ ساختمان خازن[1]

اگر دو صفحه رسانا (هادی) را توسط یک نارسانا (عایق) از هم جدا کنیم یک «خازن» تشکیل می‌گیرد. خازن برای ذخیره بار الکتریکی به کار می‌رود.

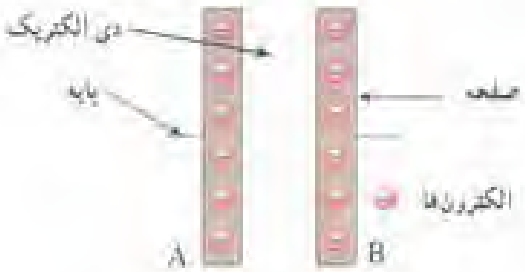
شکل (۲ـ۸) تصویر ساده‌ای از یک نمونه خازن را نشان می‌دهد. همانطوری که از شکل (۲ـ۸) مشاهده می‌شود خازن از دو قسمت اصلی تشکیل شده است.

الف ـ صفحات خازن

ب ـ ماده عایق (دی الکتریک)



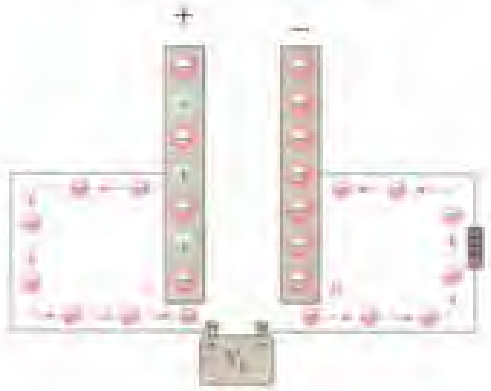
شکل ۸-۴- اجزای داخلی خازن



شکل ۸-۵- صفحات باردار خازن

هرگاه صفحات یک خازن به ولتاژی اتصال داده شود بار الکتریکی در صفحات خازن ذخیره می‌شود. این شرایط تا زمانی که خازن خالی نشود باقی می‌ماند. به همین دلیل از خازن در مدارهای الکتریکی به منظور ذخیره انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. (شکل ۶ـ۸)

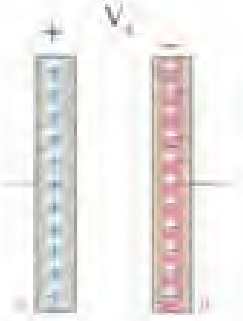
ذخیره انرژی الکتریکی به این معنی است که پس از قطع منبع ولتاژ بارهای الکتریکی همچنان باقی بمانند.



شکل ۸-۶

۳ـ۸ـ ظرفیت خازن

میزان توانایی یک خازن در ذخیره کردن بار الکتریکی را «ظرفیت خازن» می‌گویند و آن را با حرف C نمایش می‌دهند. (شکل ۷ـ۸)



شکل ۸-۷

1-Capacitor

اگر دو خازن را به یک منبع ولتاژ اتصال دهیم و بار الکتریکی در آنها ذخیره کنیم چنانچه بار ذخیره شده در یکی بیشتر از دیگری باشد، ظرفیت آن خازن بیشتر است. (شکل ۸-۸)

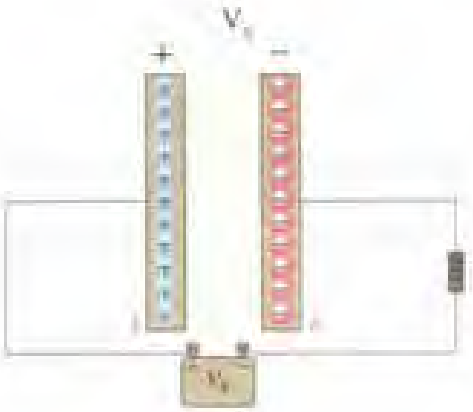
ظرفیت خازن را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

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

C: ظرفیت خازن

Q: بار الکتریکی ذخیره شده در صفحات

V: ولتاژ دو سر خازن



شکل ۸-۸

برای بررسی اثر افزایش یا کاهش یک عامل بر روی یکی از کمیت‌ها، می‌بایست کمیت سوم ثابت در نظر گرفته شود. مثلاً در صورت ثابت در نظر گرفتن بار Q مشاهده می‌شود که C با V رابطه عکسی دارد. واحد اصلی ظرفیت خازن «فاراد» است و این در صورتی صادق است که Q بر حسب کولن و V بر حسب ولت باشد.

چون فاراد واحد بسیار بزرگی است. لذا از واحدهای کوچک‌تر مانند میکروفاراد و نانوفاراد استفاده می‌شود. جدول (۱-۸) واحدهای کوچکتر خازن و ضرایب آنها را نشان می‌دهد.

مثال: خازنی با ظرفیت ۱۰۰ نانو فاراد برابر با چند فاراد است؟

حل:

$$C = 100\ nf$$

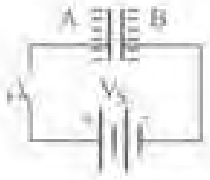
$$C = 10^{2} \times 10^{-9} = 10^{-7}\ [f]$$

جدول ۱-۸

واحد	حرف اختصاری	ضریب	چگونگی تبدیل
فاراد	f	واحد اصلی	برای تبدیل از واحد بالا به واحد پایین در ضرایب ضرب می‌شود.
میلی فاراد	mf	10^{-3}	
میکرو فاراد	μf	10^{-6}	
نانو فاراد	nf	10^{-9}	
پیکو فاراد	pf	10^{-12}	

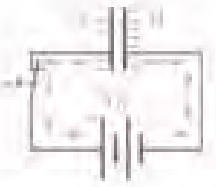
* توجه: درصورتی که بخواهیم از واحد کوچکتر به واحد بزرگتر تبدیل کنیم باید بر ضرایب فوق تقسیم کنیم.

۸ـ۴ ـ شارژ و دشارژ خازن درجریان مستقیم



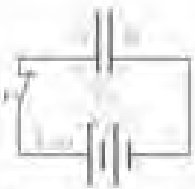
شکل ۸ـ۹ - خازن خالی

وقتی یک خازن را به ولتاژ DC وصل کنیم خازن شارژ می‌شود. شکل (۸ـ۹) یک خازن خالی را نشان می‌دهد. در این حالت تعداد الکترون‌های آزاد صفحات A و B با هم برابر هستند.



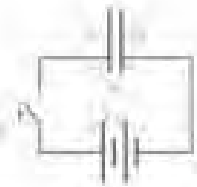
شکل ۸ـ۱۰ - خازن در حال شارژ

زمانی که کلید بسته شود (شکل ۸ـ۱۰) با برقراری جریان، الکترون‌های آزاد در صفحه B جمع می‌شوند و صفحه A که به قطب مثبت منبع (V۸) متصل است الکترون‌های آزاد خود را از دست می‌دهد.



شکل ۸ـ۱۱ - خازن شارژ کامل

فرآیند فوق آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا وقتی که پتانسیل بین دو صفحه A و B خازن برابر ولتاژ منبع تغذیه (V۸) شود. با افزایش ولتاژ بین صفحات خازن، جریان مدار رفته رفته کاهش یافته تا اینکه به صفر برسد. در این حالت گفته می‌شود که خازن شارژ کامل شده است. (شکل ۸ـ۱۱)



شکل ۸ـ۱۲ - بار ذخیره شده

توجه داشته باشید که نقش دی‌الکتریک در برقراری جریان ورد و بدل شدن بارهای الکتریکی بسیار مهم است. چرا که با انتخاب یک دی الکتریک خوب می‌توان مقدار بار الکتریکی جابه‌جا شده را کاهش و یا به عبارتی ظرفیت خازن را افزایش داد.

حال اگر کلید را باز کنیم ولتاژ ذخیره شده در صفحات خازن باقی می‌ماند و ما می‌توانیم از این ولتاژ استفاده کنیم. (شکل ۸ـ۱۲)

(a) خازن دشارژ کامل (b) خازن در حال دشارژ (c) خازن شارژ کامل است

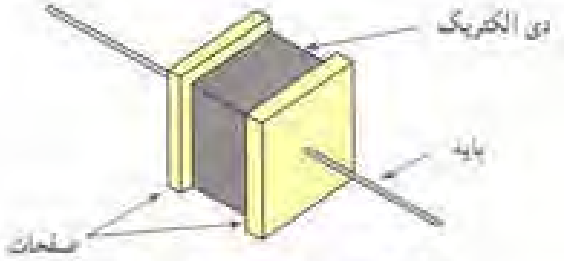
شکل ۸ـ۱۳ - خازن شارژ در حال تخلیه

از جمله این موارد می‌توان ایجاد شوک الکتریکی با شارژ خازن فلاش دوربین‌های عکاسی را نام برد.

برای تخلیه بار الکتریکی صفحات خازن می‌بایست خازن را از منبع تغذیه باز کنیم و دو صفحه خازن A و B را به یکدیگر اتصال دهیم. شکل (۸ـ۱۳) مسیر تخلیه الکتریکی (دشارژ) خازنی را که تا ۵۰ ولت پر شده است، نشان می‌دهد.

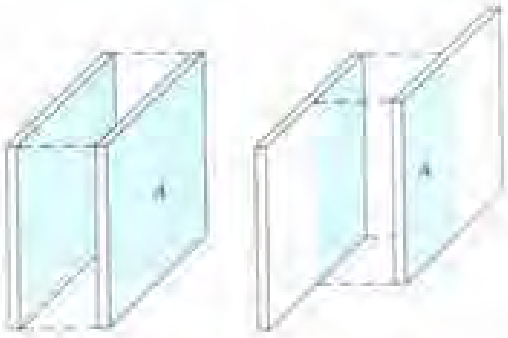
۵ـ ۸ ـ عوامل مؤثر درظرفیت خازن

عوامل الکتریکی و فیزیکی گوناگونی در ظرفیت یک خازن مؤثر هستند که در اینجا فقط به بررسی عوامل فیزیکی می‌پردازیم. شکل (۱۴ـ ۸) تصویر ساده‌ای ازخازن را نشان می‌دهد.



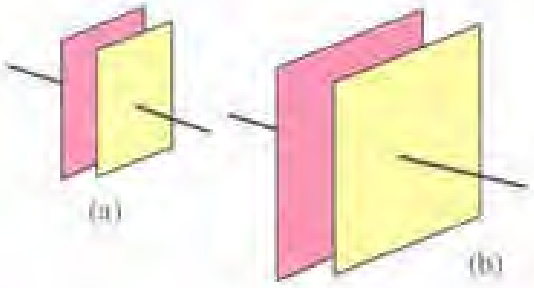
شکل ۱۴-۸- قسمت‌های مختلف یک خازن

۱ ـ سطح صفحات خازن (A): منظور از سطح صفحات خازن سطح مؤثر بین دو صفحه است، زیرا اثر میدان الکتریکی بین دو صفحه زمانی وجود خواهد داشت که این دو صفحه با بارهای الکتریکی مخالف در مقابل هم قرار گیرند. (شکل ۱۵ـ۸)



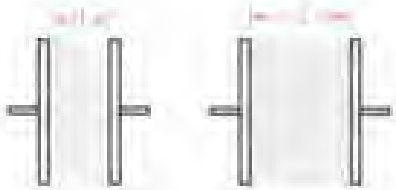
شکل ۱۵-۸- سطوح مؤثر صفحات خازن

هر چه سطح مؤثر بین صفحات بیشتر باشد ظرفیت خازن نیز افزایش می‌یابد. ظرفیت خازن نشان داده شده درشکل (b ـ۱۶ـ ۸) دو برابر ظرفیت خازن شکل (a ـ۱۶ـ۸) است.



شکل ۱۶-۸- خازن‌ها با سطح صفحات متفاوت

۲ـ فاصله بین صفحات خازن (d): ظرفیت خازن با فاصله صفحات آن رابطه عکس دارد. چون هر چه فاصله بین صفحات افزایش می‌یابد ظرفیت خازن کم می‌شود. شکل (۱۷ـ۸) دو خازن A و B را با هم مقایسه می‌کند. چون فاصله صفحات خازن b دو برابر صفحات خازن a است، بنابراین ظرفیت خازن a دو برابر خازن b می‌شود.



(b) خازن با ظرفیت کم (a) خازن با ظرفیت زیاد

شکل ۱۷-۸- اثر تغییر فاصله بین صفحات بر روی ظرفیت

۳ـ ماده عایق (دی الکتریک ـ K): یکی دیگر از عواملی که در ظرفیت خازن تأثیر مستقیم دارد، ماده عایق (دی الکتریک) بکار رفته در بین دو صفحه خازن است. هرچه خاصیت عایقی ماده بکار رفته زیادتر باشد ظرفیت خازن بیشتر خواهد شد. جدول (۸ـ۲) خاصیت عایقی چند ماده را نشان می‌دهد. ضریب دی الکتریک همه مواد نسبت به هوا سنجیده می‌شوند.

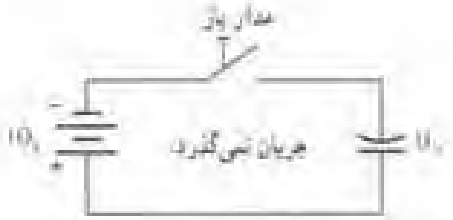
جدول ۸ـ۲

ماده دی الکتریک	ضریب دی الکتریک
هوا	۱
شیشه	۴/۲
میکا	۵ تا ۹
پلاکتیت	۴/۵ تا ۷/۵
لاستیک	۲/۸
کاغذ	۳/۵
پارافین	۲/۴

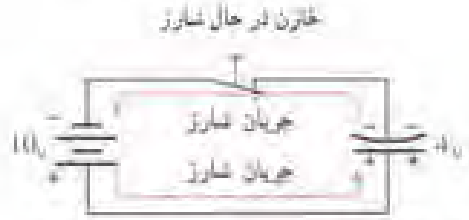
۸ـ۶ـ جریان الکتریکی DC در مدارهای خازنی

هرگاه خازنی در مدار جریان مستقیم قرار گیرد مقدار جریان الکتریکی مدار آن در تمام لحظات پس از وصل کلید یکسان نیست.

در لحظه اول که صفحات خازن خالی است به محض وصل کلید، الکترون‌های زیادی با سرعت به طرف سطح صفحات حرکت می‌کنند. شکل (۱۸ ـ ۸) عایق بین صفحات خازن باعث می‌شود تا الکترون‌های جمع شده در یک صفحه از طریق یا صفحه مقابل نداشته باشند و صفحات خازن باردار شوند. (شکل ۱۹ـ ۸)



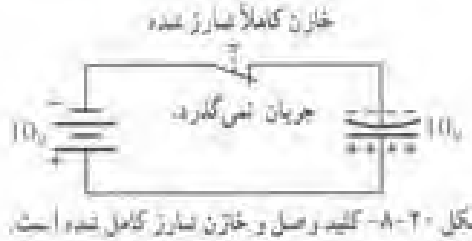
شکل ۱۸ـ۸ـ کلید قطع و مدار خازن باز می‌باشد.



شکل ۱۹ـ۸ـ کلید وصل و خازن در حال شارژ می‌باشد.

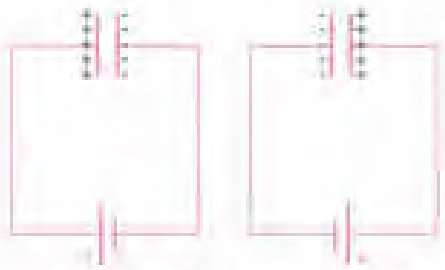
حرکت الکترون‌ها تا زمانی که عمل شارژ در صفحات وجود دارد، ادامه می‌یابد و رفته رفته مقدار جریان عبوری از مدار کم می‌شود. زیرا سطح صفحات خازن شارژ کامل شده و از عبور جریان جلوگیری می‌کنند. (شکل ۲۰ـ ۸)

در واقع در لحظه اول ولتاژ دو سر خازن صفر بوده ولی جریان عبوری از آن زیاد است. در صورتی که چند لحظه پس از وصل کلید جریان به صفر رسیده و ولتاژ بین صفحات خازن به مقدار حداکثر خود می‌رسد.



شکل ۲۰ـ۸ـ کلید وصل و خازن شارژ کامل شده است.

وضعیت صفحات خازن از نظر نوع بار الکتریکی ذخیره شده به نحوه اتصال پلاریته منبع تغذیه بستگی دارد. یعنی اگر جهت قطب‌های خازن را عوض کنیم نوع بارهایی که در صفحات خازن ذخیره می‌شوند، نیز تغییر خواهد کرد. (شکل ۸ـ۲۱)

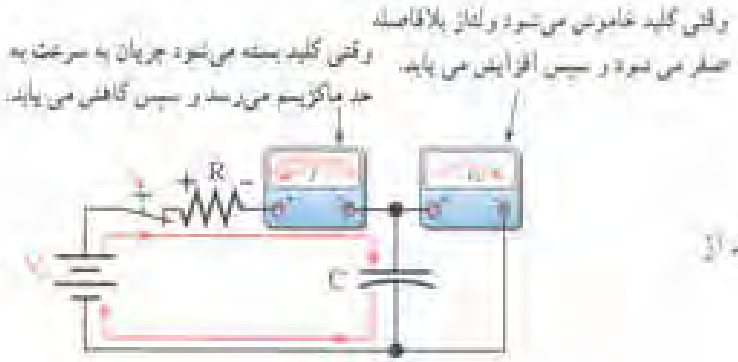


شکل ۸ـ۲۱ - وضعیت صفحات خازن از نظر نحوه اتصال به پلاریته منبع تغذیه

شکل ۸ـ۲۲ -مسیر شارژ و دشارژ خازن

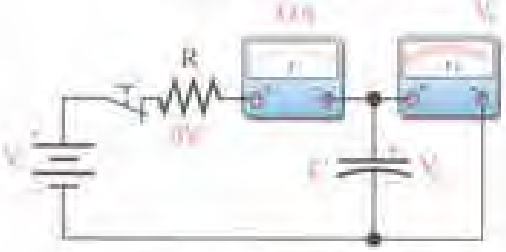
تمام مراحل و اتفاقات اشاره شده در یک لحظه کوتاه اتفاق می‌افتد. در مدار خازن‌ها برای افزایش زمان شارژ و دشارژ از یک مقاومت سری در مسیر خازن‌ها استفاده می‌کنیم.

در شکل (۸ـ۲۲) مسیر شارژ (کلید حالت ۱) و دشارژ (کلید حالت ۲) خازن C نشان داده شده است.



a) در حال شارژ: ولتاژ خازن با کاهش ولتاژ مقاومت و جریان افزایش می‌یابد.

شکل (a ـ۸ـ۲۳) مدار خازنی را در لحظه وصل کلید از نظر ولتاژ و جریان نشان می‌دهد.

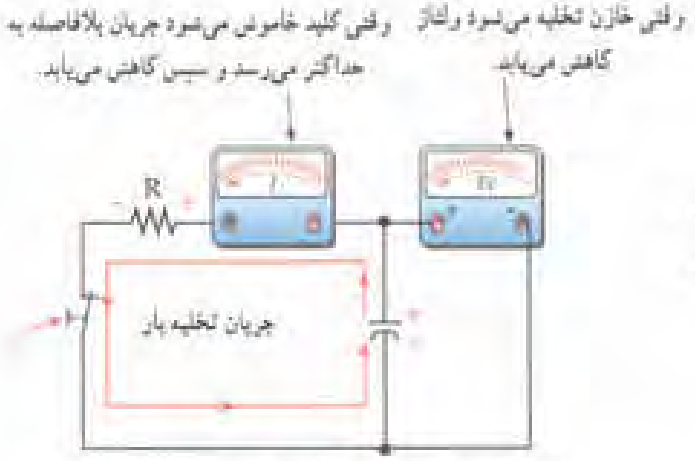


b) شارژ کامل : ولتاژ خازن با ولتاژ منبع برابر شده و جریان صفر می‌شود.

شکل (b ـ۸ـ۲۳) یک مدار خازنی را در شرایطی نشان می‌دهد که کلید، مدت زمانی طولانی وصل بوده و ولتاژ و جریان نسبت به حالت a عکس شده است.

شکل ۸ـ۲۳

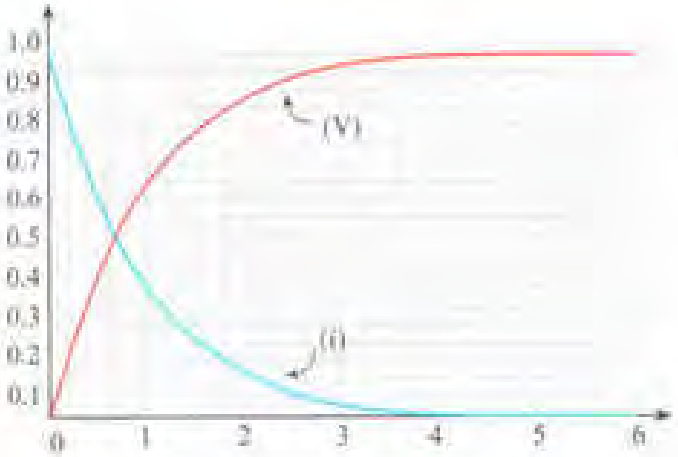
اگر منبع تغذیه را برداشته وولتاژ دو سر خازن را از طریق مقاومت اهمی دشارژ کنیم مقدار ولتاژ و جریان خازن مطابق شکل (۲۴ـ ۸) خواهد شد.



(ج) تخلیه بار ولتاژ خازن، ولتاژ مقاومت و جریان از مقدار حداکثر اولیه کاهش می‌یابد. توجه داشته باشید که جریان تخلیه بار مخالف با جریان بار می‌باشد.

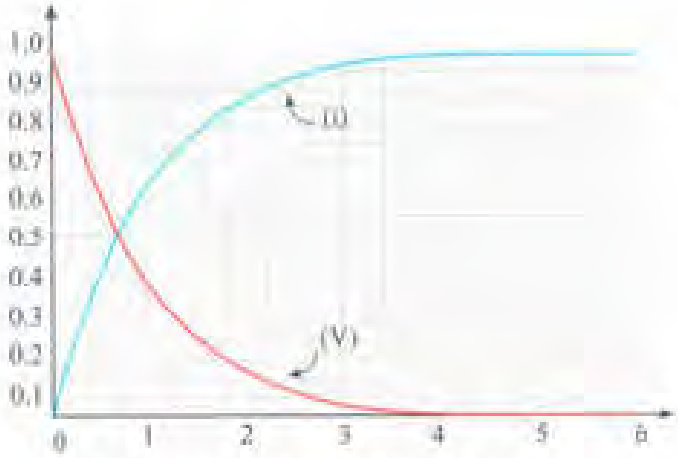
شکل ۲۴-۸

شکل (۲۵ـ ۸) منحنی تغییرات ولتاژ و جریان خازن را در حالت شارژ نشان می‌دهد.



شکل ۲۵-۸- منحنی‌های ولتاژ و جریان خازن در حالت شارژ

منحنی تغییرات ولتاژ و جریان خازن در شرایط دشارژ مطابق شکل (۲۶ـ۸) خواهد بود.



شکل ۲۶-۸- منحنی‌های ولتاژ و جریان خازن در حالت دشارژ

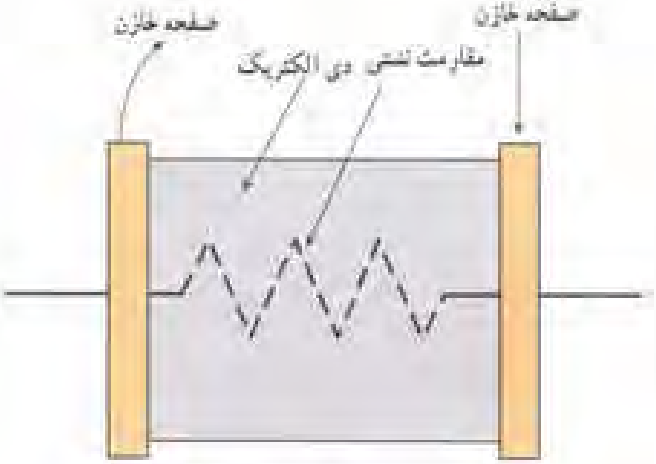
۷ـ۸ـ ظرفیت نامی خازن

مقدار ظرفیتی که روی بدنه خازن‌ها نوشته می‌شود، «ظرفیت اسمی» یا «ظرفیت نامی» می‌نامند و مقدار ظرفیت واقعی خازن معمولاً بیشتر یا کمتر از ظرفیت اسمی آن است.

یکی از علل این اقت مربوط به مقاومت داخلی (مقاومت نشتی) بین دو صفحه خازن است.

شکل ۲۷-۸ - شکل ظاهری چند خازن به همراه مشخصات اسمی

چون در عمل ماده‌ای یا خاصیت عایقی صد در صد وجود ندارد، لذا مواد عایقی که بین صفحات خازن قرار می‌گیرند مقدار بسیار کمی جریان از خود عبور می‌دهند. دی‌الکتریک خازن دارای مقاومت زیادی است که آن را مقاومت نشتی گویند. هر قدر مقاومت نشتی بیشتر باشد ظرفیت خازن زیادتر می‌شود. خازن های بزرگ چون دارای سطح صفحات بزرگی هستند، لذا مقاومت نشتی آنها کم بوده و در نتیجه ظرفیت واقعی خوبی ندارند. (شکل ۲۸-۸)



شکل ۲۸-۸ - مقاومت نشتی خازن‌ها در حد مگا اهم است.

۸ ـ ۸ ـ انواع خازن‌ها و کدهای رنگی آنها

به طور کلی خازن‌ها به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

۱ـ خازن‌های ثابت

۲ـ خازن‌های متغیر

۱ ـ ۸ ـ ۸ ـ خازن‌های ثابت: ظرفیت این خازن‌ها ثابت است و نمی‌توان مقدار آنها را تغییر داد. این نوع خازن‌ها بر اساس جنس ماده دی‌الکتریک نامگذاری می‌شوند. از انواع خازن‌های ثابت می‌توان خازن‌های کاغذی، سرامیکی و میکایی را نام برد شکل(۲۹ـ۸). این خازن ها در ظرفیت‌های کم ساخته می‌شوند. نوع دیگری از خازن های ثابت وجود دارد که در ظرفیت‌های زیاد ساخته می‌شود. این خازن ها را «خازن‌های الکترولیتی» می‌نامند.

a) شکل ظاهری خازن الکترولیتی

b) شکل ظاهری خازن سرامیکی

c) شکل ظاهری خازن

شکل ۲۹-۸ - شکل ظاهری چند نوع خازن

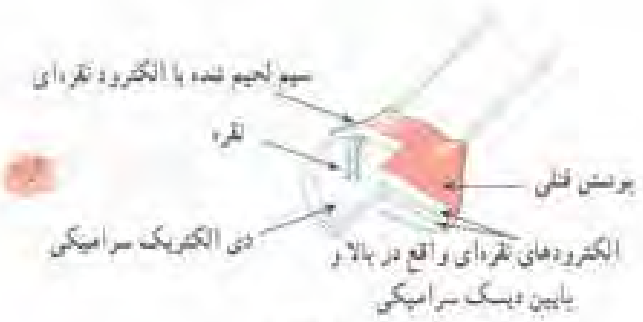
ـ **خازن‌های کاغذی:** دی الکتریک این نوع خازن یک کاغذ مشمع آغشته به یک دی‌الکتریک مناسب است. صفحات هادی خازن از جنس آلومینیوم ساخته می‌شود. از این خازن‌ها بیشتر در ولتاژها و جریان‌های زیاد استفاده می‌شود.

شکل ۸-۳۰

شکل (۸-۳۰) ساختمان داخلی و شکل (۸-۳۱) شکل ظاهری این خازن‌ها را نشان می‌دهد.

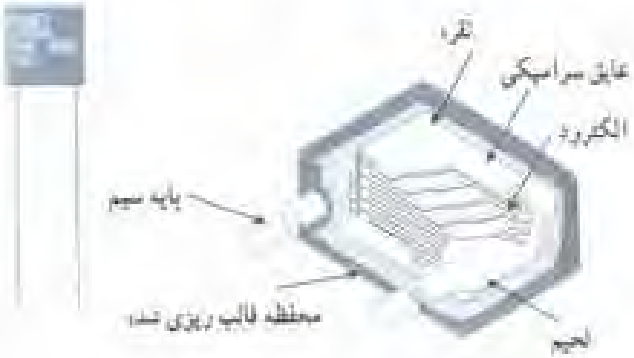
شکل ۸-۳۱

ـ **خازن‌های سرامیکی:** عایق بکار رفته در این خازن‌ها از جنس سرامیک و صفحات هادی آن آلومینیومی است. سیم‌های رابط را به صفحات آلومینیومی وصل می‌کنند.



شکل ۸-۳۲

مجموع خازن سرامیکی را با محلول مومی شکلی به نام فنولیک می‌پوشانند. این خازن‌ها بیشتر در مدارهای گیرنده رادیویی به کار می‌روند. (شکل ۸-۳۲ و ۸-۳۳)



شکل ۸-۳۳

ـ **خازن‌های میکا:** در این خازن‌ها عایق بکار رفته از جنس میکا و صفحات هادی از جنس نقره است که در دمای بالا روی ورقه میکا رسوب داده می‌شود و معمولاً صفحات نقره و ورقه‌های میکا را به صورت یک در میان روی یکدیگر قرار می‌دهند و در نهایت سری‌های صفحات را با سیم به هم لحیم می‌کنند. (شکل ۸ـ۳۴)

ب) آرایش لایه‌ای دو قطبی — الف) لایه‌ها به هم فشرده می‌شوند و در کپسول قرار می‌گیرند.

شکل ۸-۳۴

ـ **خازن‌های الکترولیتی:** این نوع خازن ها ظرفیت‌های نسبتاً بالایی دارند. صفحات آن از جنس آلومینیوم یا تانتالیوم است. اکثر خازن‌های الکترولیتی قطبی هستند یعنی قطب‌های مثبت و منفی روی پایه‌های آن مشخص شده است. چگونگی ساخت آنها بدین صورت است که در هنگام ساخت یک ورقه آلومینیومی به نام آند یا یک ورقه آلومینیومی دیگر به نام کاتد به همراه دو لایه کاغذ مشبک به عنوان عایق در بین دو ورقه آلومینیومی قرار می‌گیرند. مجموعه به صورت استوانه روی هم پیچیده می‌شود. (شکل ۸ـ۳۵)

شکل ۸-۳۵ ـ ساختمان خازن الکترولیتی

شکل ۸-۳۶ ـ ساختمان داخلی خازن تانتالیوم

از خازن‌های الکترولیتی در منابع تغذیه الکترونیکی و تایمرهای الکترونیکی استفاده می‌شود. شکل(۸ـ۳۶) و شکل (۸ـ۳۷) ساختمان داخلی و ظاهری نمونه‌هایی از این خازن‌ها را نشان می‌دهد.

ب) خازن الکترولیتی — الف) الکترولیت‌های سیمی شعاعی

شکل ۸-۳۷ - علامت اختصاری و شکل ظاهری خازن‌های الکترولیتی

ـ اطلاعاتی در مورد خازن‌های الکترولیتی

خازن‌های الکترولیت در چند نوع مختلف زیر تولید می‌شوند:

۱ـ نوع استوانه‌ای یک طرفه[1]: در این نوع سیم‌های خازن از یک طرف بیرون می‌آید. (شکل ۳۸ـ۸)

شکل ۳۸-۸

۲ـ نوع هم‌محور[2]: سیم‌های این خازن از دو طرف آن بیرون می‌آید و روی بدنه خازن در طرف قطب مثبت فرورفتگی دارد. (شکل ۳۹ـ۸)

شکل ۳۹-۸

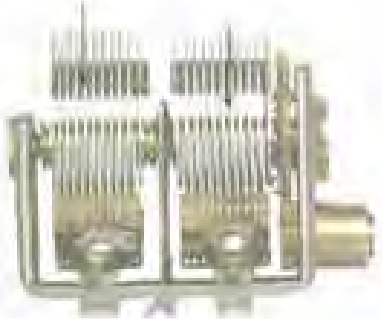
۳ـ نوع غیر قطبی[3]: این خازن‌ها قطب مثبت و منفی ندارند و آنها را می‌توان از هر طرف در مدار به کار برد. روی بدنه بسیاری از این خازن‌ها در هر دو طرف فرورفتگی وجود دارد. (شکل ۴۰ـ۸)

شکل ۴۰-۸

۴ـ نوع قوطی[4]: این خازن‌ها به شکل استوانه هستند و ترمینال‌های مربوط به قطب مثبت و منفی آنها از طرف یکی از قاعده‌های استوانه بیرون آمده است. روی بدنه خازن در آن طرف که ترمینال‌ها بیرون آمده‌اند، یک فرورفتگی وجود دارد. این خازن‌ها به وسیله بست گیرندی مخصوصی روی دستگاه نصب می‌شوند. (شکل ۴۱ـ۸)

شکل ۴۱-۸

۲ـ۸ـ۸ـ خازن‌های متغیر: به خازن‌هایی گفته می‌شود که دارای ظرفیت ثابت نیستند. ظرفیت آنها با تغییر در یکی از عوامل سطح صفحات یا فاصله بین آنها تغییر می‌کند. ماده دی‌الکتریک این خازن‌ها هوا یا پلاستیک است. از خازن‌های متغیر در گیرنده‌های رادیویی استفاده می‌شود. این خازن‌ها در دو شکل «خازن واریابل» و یا «ترمر» مورد استفاده قرار می‌گیرند. (شکل ۴۲ـ۸)



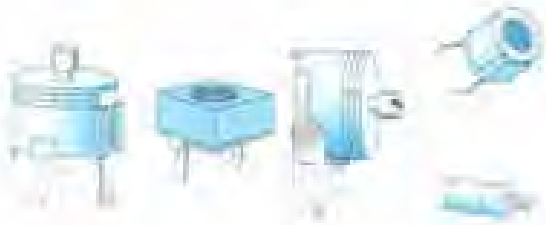
شکل ۴۲-۸- خازن واریابل

---

۱. Single End or Radial
۲. Axial
۳. Non polar
۴. Can type

شکل (۴۳ـ ۸) خازن‌های تریمر را نشان می‌دهد.

ظرفیت خازن واریابل با کمک دست و با چرخاندن محور ولی ظرفیت خازن تریمر با چرخاندن محور به وسیله پیچ گوشتی تغییر می‌کند.



شکل ۴۳-۸

در انتخاب یک خازن می‌بایست به مشخصه‌های زیر، که مربوط به خازن می‌باشد، توجه داشت:

۱ـ **ظرفیت**: مقدار گنجایش بار الکتریکی خازن

۲ ـ **ولتاژکار**: حداکثر ولتاژی که می‌توان به طور دائم به خازن اعمال کرد.

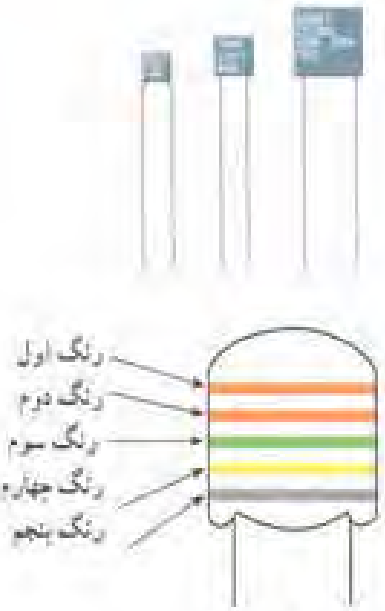
۳ ـ **تلرانس**: حداکثر انحراف مجاز نسبت به ظرفیت اسمی خازن

۴ـ **ضریب حرارتی**: حداکثر میزان تغییر ظرفیت خازن به ازای تغییر یک درجه حرارت

برخی از موارد فوق را در شکل (۴۴ـ ۸) مشاهده می‌کنید.

شکل ۴۴-۸

مقادیر مربوط به مشخصات فوق را در بعضی خازن‌ها روی بدنه آنها می‌نویسند و در برخی دیگر به کمک کدهای رنگی مشخص می‌کنند که در اینجا به ذکر نمونه‌هایی برای هر دو حالت می‌پردازیم. (شکل ۴۵ـ ۸)

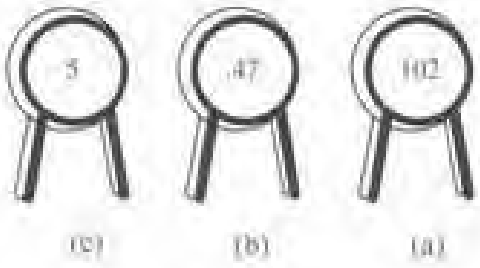


شکل ۴۵-۸

هریک از روش‌های نوار رنگی یا نوشتن ظرفیت خازن‌ها خود به راه های مختلف انجام می‌شود که به بررسی آنها می‌پردازیم.

۳ـ۸ـ۸ـ روش مقدار نویسی ظرفیت روی بدنه خازن‌ها:

در برخی موارد روی بدنه خازن‌ها ظرفیت را با یک عدد اعشاری و یا یک عدد صحیح (به صورت رمز) مشخص می‌کنند. اگر عدد به صورت اعشاری باشد ظرفیت برحسب میکروفاراد ودر صورتیکه عدد به صورت عدد صحیح بیان شود بر حسب پیکو فاراد است. به عنوان مثال اگر روی بدنه خازن‌ها مطابق شکل (۴۷ـ۸) اعداد ۱۰۲، ۴۷/۰ و ۵ نوشته شده باشد ظرفیت آنها برابر است با:



شکل ۴۷ـ۸

a) ۱۰۲ = ۱۰۰۰ pf

b) ۰/۴۷ = ۰/۴۷ μf

c) ۵ = ۵ pf

جدول ۳ـ۸

حرف	تلرانس
B	٪۰/۱
C	٪۰/۲۵
D	٪۰/۵
F	٪۱
G	٪۲
H	٪۳
J	٪۵
K	٪۱۰
M	٪۲۰

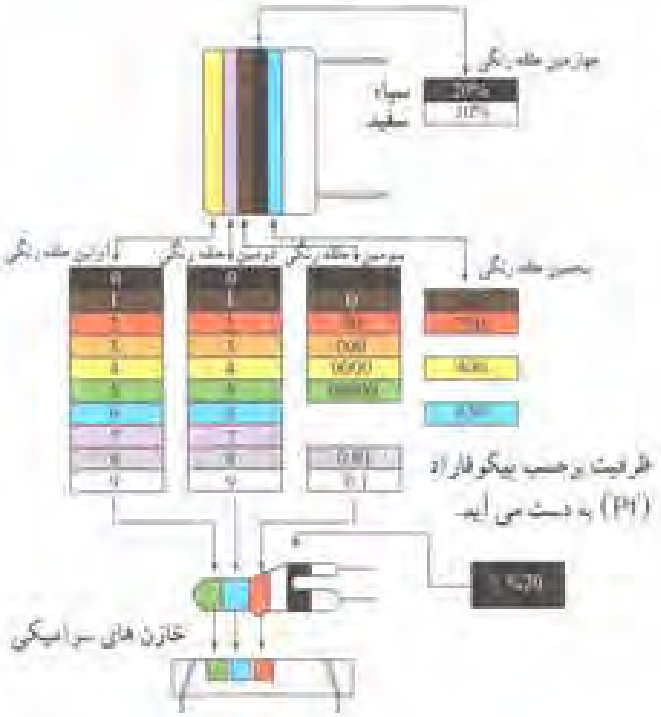
در این روش برای بیان تلرانس خازن از حروف اختصاری مشابه جدول (۳ـ۸) استفاده می‌شود.

۴ـ۸ـ۸ـ روش نوارهای رنگی روی بدنه خازن‌ها:

روش نوارهای رنگی که بر روی بدنه خازن‌ها بکار می‌رود در خازن های مختلف با یکدیگر تفاوت‌هایی را دارند.

توجه: برای خواندن مقدار ظرفیت و تلرانس خازن‌ها با استفاده از کد رنگی باید حتما جداول مربوطه داده شود. ضرورتی به حفظ کردن اعداد جدول نیست.

– روش پنج نواری: از این روش برای تعیین ظرفیت، تلرانس و ولتاژ کار خازن‌های سرامیکی، کاغذی و میکا استفاده می‌شود. شکل (۲۸-۸) جدول نوارهای رنگی را که روی بدنه خازن‌ها ثبت می‌شود، نشان می‌دهد.



شکل ۲۸-۸

در این روش مفهوم نوارهای رنگی به ترتیب عبارتند از:

نوار رنگی اول[1] – بیانگر عدد اول

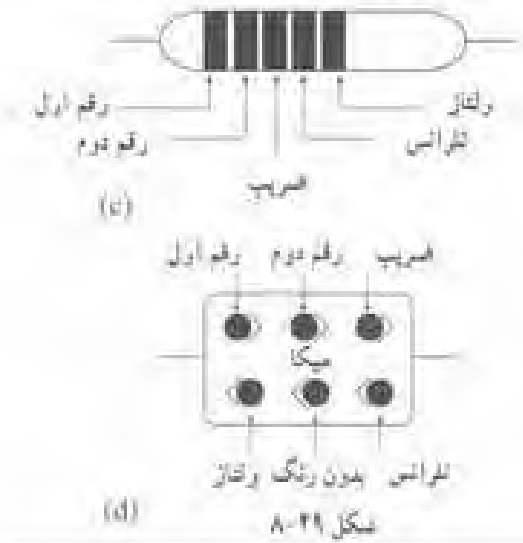
نوار رنگی دوم – بیانگر عدد دوم

نوار رنگی سوم – ضریب

نوار رنگی چهارم – تلرانس

نوار رنگی پنجم – ولتاژکار

تذکر: در مواردی که نوار رنگی تلرانس وجود ندارد، مقدار تلرانس خازن ۲۰٪ است.



شکل (۲۹-۸) انواع مختلف شکل های ظاهری و نحوه قرار گرفتن نوارهای رنگی روی بدنه خازن‌ها را در حالات گوناگون نشان می‌دهد.

شکل ۲۹-۸

---

۱. در برخی خازن‌ها نوار رنگی اول نشان دهنده ضریب حرارتی است.

مثال: ظرفیت خازن‌هایی که کد رنگی آنها در جدول (۸-۴) بیان شده است را تعیین کنید.

حل: با توجه به کدهای رنگی می‌توان نوشت:

$C_1 = 2200\,pF / 250\,V \pm 20\%$
$C_2 = 4.7\,nF / 400\,V \pm 10\%$
$C_3 = 1.5\,\mu F / 800\,V \pm 20\%$
$C_4 = 3.3\,\mu F / 630\,V \pm 20\%$

مثال: مشخصات خازن‌های شکل (۸-۵۰) را به‌دست آورید.

حل:

قرمز سیاه نارنجی سیاه قهوه‌ای

۲ ۵۰ ۰۰۰ ± ۲۰٪ ۱

$C = 10000\,pF \pm 20\%, 250\,V$

مثال: ظرفیت و ولتاژ کار خازن شکل (۸-۵۱) را به‌دست آورید.

حل:

آبی سفید زرد بنفش زرد

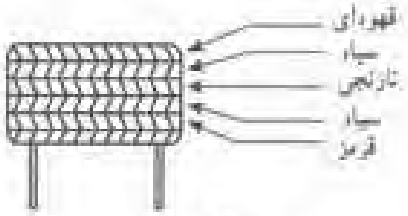
۶ ۴ ۰۰۰۰ ± ۱۰٪ ۲

$C = 470000\,pF \pm 10\%, 630\,V$

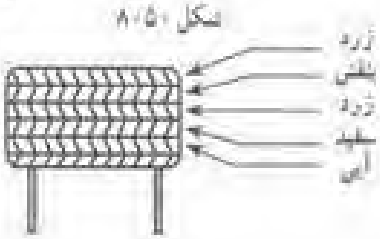
نوار رنگی مربوط به ضریب حرارتی معمولاً پهن‌تر از سایر نوارها می‌باشد. جدول (۸-۵) مفهوم رنگ‌های ضریب حرارتی را نشان می‌دهد.

جدول ۸-۴

خازن	نوار اول	نوار دوم	نوار سوم	نوار چهارم	نوار پنجم
C_1	قرمز	قرمز	زرد	سیاه	قرمز
C_2	زرد	بنفش	قرمز	سفید	زرد
C_3	قهوه‌ای	سبز	سبز	سیاه	قهوه‌ای
C_4	نارنجی	نارنجی	سبز	سیاه	آبی



شکل ۸-۵۰



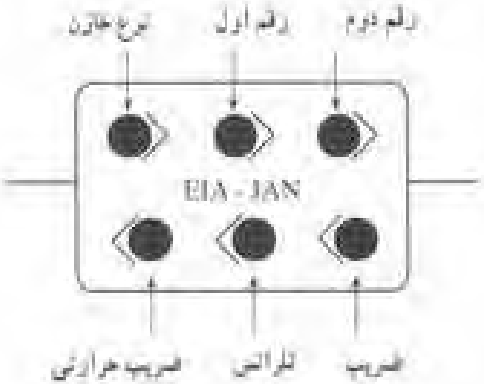
شکل ۸-۵۱

جدول (۸-۵)

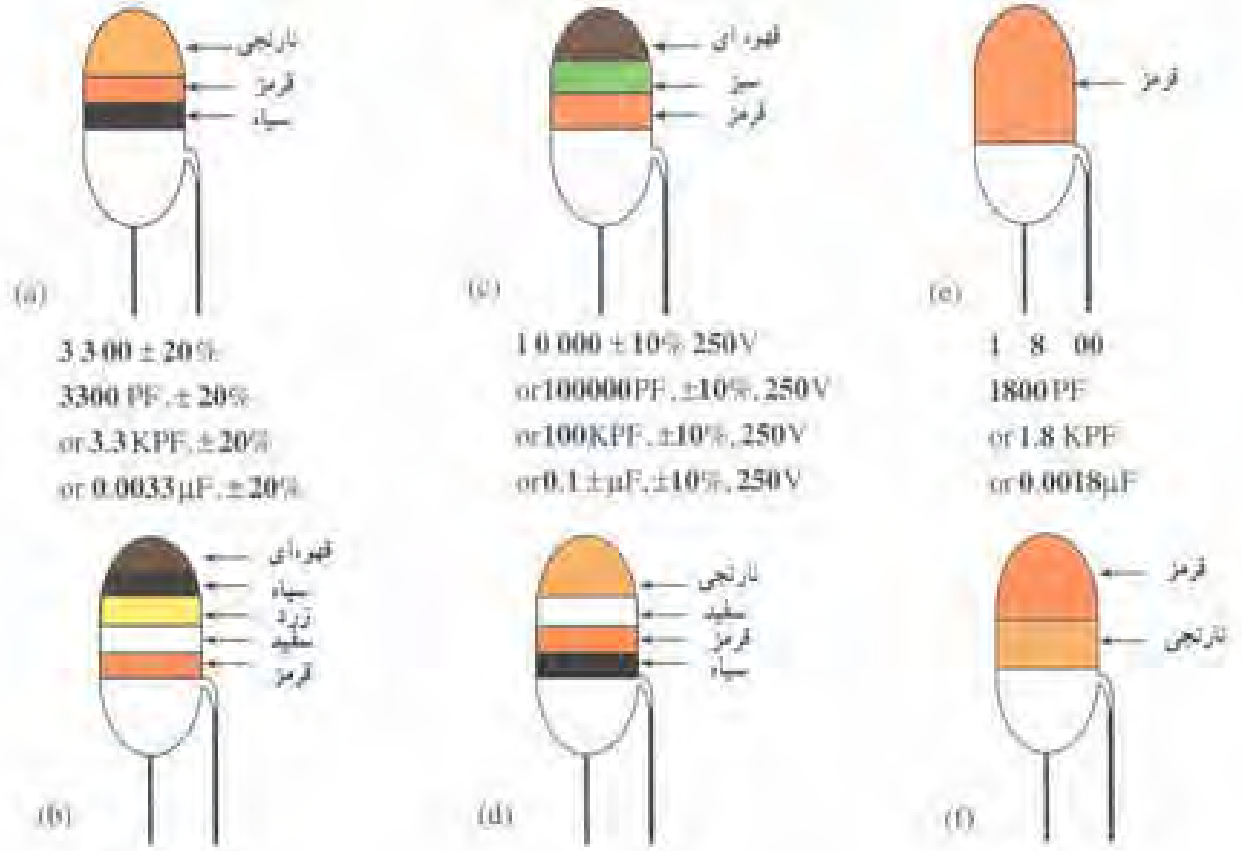
ضریب حرارتی	رنگ	
	سیاه	black
۴۰۰	قهوه‌ای	Brown
۸۰۰	قرمز	Red
۱۵۰	نارنجی	Orange
۲۲۰	زرد	Yello
۳۳۰	سبز	Green
۴۷۰	آبی	Blue
۷۵۰	بنفش	Violet
۴۰	خاکستری	Gray
۱۲۰	سفید	White
—	طلایی	Gold
—	نقره‌ای	Silver

ـ روش شش نقطه‌ای: شکل (۵۲-۸) نحوه گذاری رنگی خازن‌های شش رنگ را نشان می‌دهد. مقادیر کدهای رنگی را از جدول (۵-۸) و شکل (۲۸-۸) می‌توان بدست آورد.

شکل (۵۳-۸) مثال‌هایی از خازن‌هایی که تعداد نوارهای رنگی آنها پنج یا کمتر است، نشان می‌دهد.



شکل ۵۲-۸



شکل ۵۳-۸

شکل (۵۴-۸) مثال‌هایی از خازن‌های مشخص شده به روش کدگذاری را نشان می‌دهد.

(a)

1500 PF

(d)

4000 PF
4 KPF
0.004 μF

(g)

0.2 μF ±10%
600 V

(b)

0.33 μF
0.33×1000
=330 KPF

(c)

4700 PF, ±5%

(h)

473, K
47000 PF, ±10%

(e)

2.2 KPF

(f)

0.01 μF,
±5 %,
800 V

شکل ۵۴-۸

توضیح: برای بیان واحد ظرفیت خازن‌های نشان داده شده در شکل‌های (۵۳- ۸) و (۵۴- ۸) از حروف اختصاری استفاده شده که به شرح زیر می‌باشد.

PF (پیکو فاراد)، KPF (کیلو پیکو فاراد یا نانوفاراد)

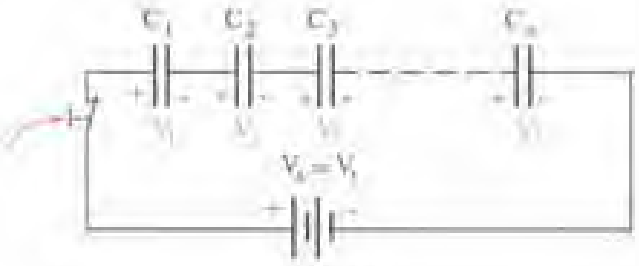
μf (میکرو فاراد)

۹ـ۸ـ به هم بستن خازن‌ها:

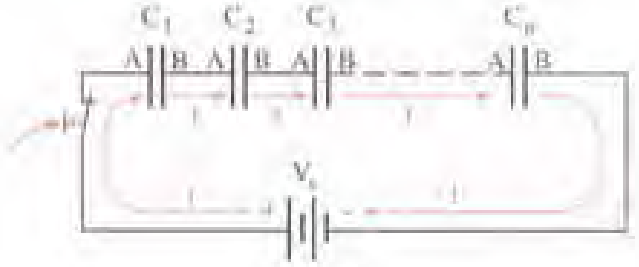
اگر ظرفیت خازنی مورد نیاز باشد که در محدوده ظرفیت‌های استاندارد نباشد، می‌توان با متصل کردن چند خازن به صورت سری، موازی یا ترکیبی، خازن مورد نظر را بدست آورد.

۱ـ۹ـ۸ـ اتصال سری خازن‌ها: هرگاه دو یا n خازن بصورت متوالی اتصال یابند یعنی انتهای اولی به ابتدای دومی و انتهای دومی به ابتدای سومی و این کار تا آخرین خازن ادامه داشته باشد. این نوع اتصال را «سری» گویند. شکل (۵۵-۸) (مانند اتصال سری مقاومت‌ها)

روابط حاکم بر این مدارها به صورت زیر است:



شکل ۵۵-۸



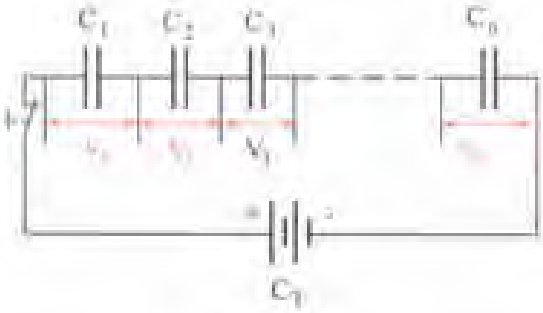
شکل ۵۶-۸

ـ عامل مشترک مدار: چون یک مسیر عبور جریان وجود دارد لذا جریان عبوری یا به عبارت دیگر بارالکتریکی ذخیره شده Q در همه خازن‌ها یکسان است. (شکل ۵۶-۸)

$$Q_1 = Q_1 = Q_2 = Q_n = Q_T$$

ـ عامل غیر مشترک مدار: در یک مدار سری خازنی مشابه مدار سری مقاومتی ولتاژ بین اجزای مدار تقسیم می‌شود.

ولتاژ کل مدار بین عناصر مدار به نسبت عکس ظرفیت $\left(V = \frac{Q}{C}\right)$ بین خازن‌ها تقسیم می‌شود. (شکل ۵۷-۸)



شکل ۵۷-۸

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots + V_n$$

ـ ظرفیت خازن معادل مدار: با استفاده از رابطه $V = \frac{Q}{C}$ و در نظر گرفتن رابطه تقسیم ولتاژ بین خازن‌های سری می‌توانیم بنویسیم (شکل ۵۸-۸).

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots + V_n$$

$$\frac{Q_T}{C_T} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3} + \ldots + \frac{Q_n}{C_n}$$

شکل ۵۸-۸

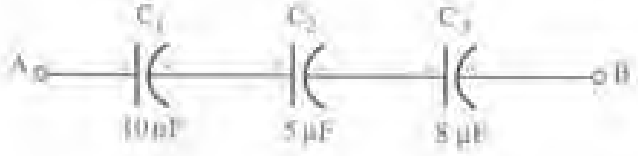
چون در مدار سری $Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$ است می‌توان از Q فاکتور گرفت و آن را از طرفین تساوی حذف کرد. بنابراین رابطه ظرفیت خازن معادل بر اساس رابطه مقابل برابر است با:

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

تذکر مهم: مقدار ظرفیت خازن معادل از کوچکترین ظرفیت خازن در مدار کوچکتر است.

همانگونه از رابطه نهایی مشخص است ظرفیت خازن معادل در مدارهای سری عکس رابطه مربوط به مقاومت‌های سری است.

مثال: ظرفیت خازن معادل از دو نقطه A و B در شکل (۸-۵۹) چند میکرو فاراد است؟



شکل ۸-۵۹

حل: برای محاسبه خازن معادل به‌صورت مقابل می‌توان عمل نمود.

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

با معکوس کردن رابطه و جایگزینی اعداد، مقدار ظرفیت معادل به دست می‌آید.

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{8}}$$

$$C_T = \frac{1}{0/425} = 2/35\,\mu F$$

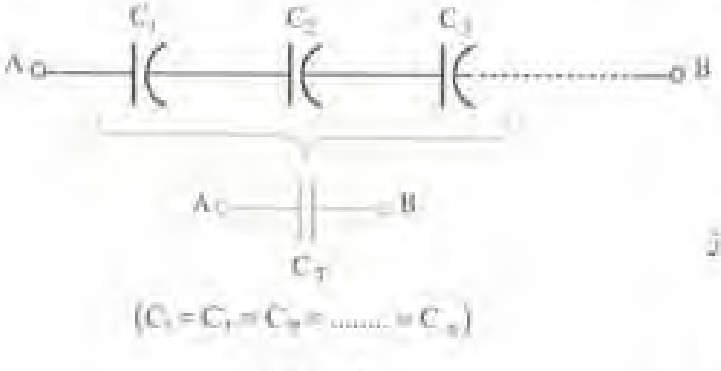
حالات خاص:

I) اگر n خازن مساوی به طور سری قرار گیرند ظرفیت خازن از رابطه زیر قابل محاسبه است.

C- ظرفیت یک خازن

n- تعداد خازن ها

$$C_T = \frac{C}{n}$$



$(C_1 = C_2 = C_3 = \dots = C_n)$

شکل ۸-۶۰

II) اگر دو خازن به طور سری بسته شوند می‌توانیم از رابطه ساده شده نهایی به صورت زیر استفاده کنیم.

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

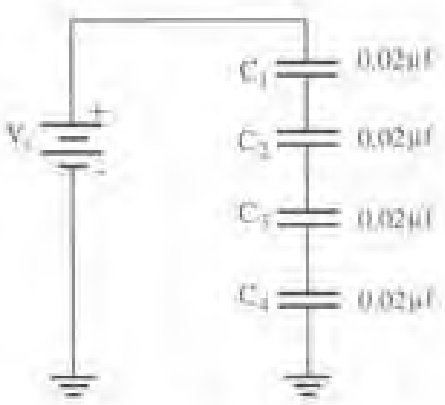
مثال: ظرفیت خازن معادل شکل (۶۱-۸) چند میکروفاراد است؟

حل: ظرفیت خازن ها مساوی است.

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C = 0/02\,\mu F$$

پس می توانیم بنویسیم.

$$C_T = \frac{C}{n} = \frac{0/02\,\mu F}{4} = 0/005\,\mu F$$



شکل ۶۱-۸

مثال: ظرفیت خازن معادل شکل (۶۲- ۸) چند پیکو فاراد است؟

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

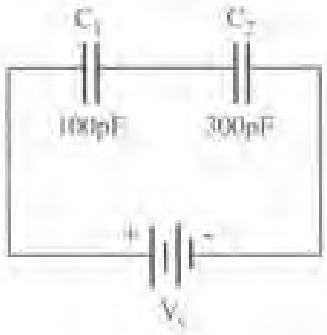
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{100} + \frac{1}{300} = \frac{3+1}{300} = \frac{4}{300}$$

$$C_T = \frac{300}{4} = 75\,pF$$

یا با استفاده از رابطه ساده زیر می‌توانیم بنویسیم.

$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{100 \times 300}{100 + 300}$$

$$C_T = \frac{30000}{400} = 75\,pF$$



شکل ۶۲-۸

نکات ایمنی

۱ـ مدارهای اتصال داده شده را با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

۲ـ قبل از وصل برق به هر مدار آن را یکبار دیگر بررسی کنید.

۳ـ در زمان وصل مدارها روی بردبرد مسیرها را مورد بررسی قراردهید تا پایه‌ها و سیم‌های رابط خوب متصل باشند.

۴ـ قبل از اینکه مدار را خاموش کنید هرگز قطعات را از مدار جدا یا اتصال کوتاه نکنید.

۵ـ در اجرای آزمایش‌ها برای اندازه‌گیری مقادیر ولتاژ جریان و مقاومت حتماً از یک وسیله دیجیتالی مانند آوومتر استفاده کنید.

۶ـ در صورت بکارگیری خازن‌های الکترولیتی در موقع اتصال آنها به قطب‌های خازن توجه کنید. ضمناً این خازن‌ها را پیش از اتصال در مدار ابتدا مطابق شکل a دشارژ (تخلیه) کنید.

۷ـ قبل از انجام آزمایش‌های مربوط به خازن‌ها مطابق تصاویر نشان داده شده از سالم بودن آنها اطمینان حاصل کنید و سپس آنها را درمدار قرار دهید. (شکل‌های d،c،b)

(a) دو پایه خازن را با سیمی به هم وصل کنید تا اتصال کوتاه شده و خازن دشارژ شود (روش تخلیه خازن)

(b) اگر عقربه اهم‌متر روی عدد صفر قرار گرفت نشان می‌دهد خازن اتصال کوتاه است.

(d) اگر عقربه اهم‌متر حرکتی نداشته باشد نشان می‌دهد که خازن قطع بوده و اشکال دارد.

(c) اگر عقربه اهم‌متر در ابتدا روی صفر قرار گرفت و سپس به آهستگی بازگشت نشان می‌دهد خازن سالم است.

نکته مهم: گاهی ممکن است خازن در تست اهمی سالم نشان دهد (عقربه اهم‌متر حرکت کند و باز گردد) ولی عملاً نشتی داشته باشد و هنگام کار درست جواب ندهد. در این حالت برای اطمینان از سلامت خازن از روش جایگزینی استفاده کنید.

عملیات کارگاهی

کارعملی ۷

هدف: بررسی مدارهای خازنی سری در جریان مستقیم

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱دستگاه
۲ ـ آوومتر عقربه‌ای	۱دستگاه
۳ ـ آوومتر دیجیتالی	۱دستگاه
۴ ـ بردبرد آزمایشگاهی	۱عدد
۵ ـ LC متر	۱دستگاه
۶ـ مقاومت $R = 1\,M\Omega$ (۱W)	۱عدد
۷ ـ خازن ها	
$C_1 = 2/2\,\mu F$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
$C_2 = 10\,\mu F$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۳ عدد
$C_3 = 2/7\,\mu F$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
۸ ـ باتری ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۹ ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱ـ سیم تلفنی	۱/۵ متر

مدت زمان لازم : ۲/۵ ساعت

تذکر: در صورت کم بودن زمان اجرای آزمایش و یا تجهیزات آزمایشگاهی از انجام مراحلی که با علامت (※) مشخص نمده‌اند خودداری کنید.

توجه: برای اندازه گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می‌توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولتسنجی و بار دیگر به صورت آمپرمتری بطور جداگانه استفاده کنید.

مراحل اجرای آزمایش:

الف ـ اندازه‌گیری و محاسبه ظرفیت خازن معادل

۱ـ هریک از خازن‌های C_1 و C_2 و C_3 را با توجه به مقادیری که روی آنها نوشته شده با LC متر اندازه‌گیری کنید و مقادیر را در جدول (۸-۶) بنویسید.

۲ـ درصورتیکه بین مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار نوشته شده اختلاف وجود دارد علت را توضیح دهید.

۳ـ سه خازن C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل (۸-۶۳) روی برد بصورت سری اتصال دهید و با استفاده از یک دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل مدار را از دو نقطه A و B اندازه بگیرید.

C_{AB} (اندازه‌گیری) = ☐ μf

۴ـ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه زیر محاسبه کنید.

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

C_{AB} (محاسبه) = ☐

۵ـ آیا مقدار اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارند؟ چرا؟ شرح دهید.

۶ـ خازن C_4 = 1 μf را مطابق شکل (۸-۶۴) شکل (۸-۶۳) به مدار اضافه کنید و سپس ظرفیت خازن معادل را با استفاده از LC متر اندازه بگیرید.

C_{AB} (اندازه‌گیری) = ☐

۷ـ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه زیر محاسبه کنید.

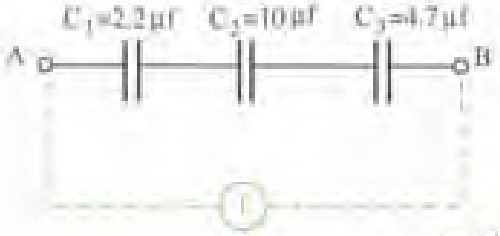
$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\frac{1}{C_4}$$

۸ ـ ظرفیت خازن معادل نسبت به مرحله ۳ چه تغییری دارد؟ شرح دهید.

خازن	مقدار نوشته شده	مقدار اندازه‌گیری شده	میزان اختلاف
C_1			
C_2			
C_3			

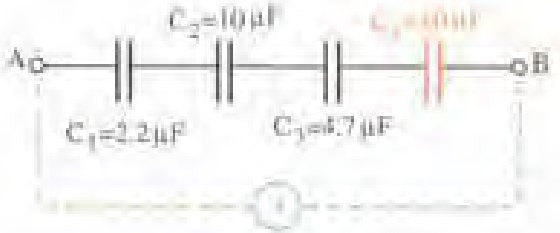
جدول ۸-۶

a) شکل واقعی



b) شکل مداری

شکل ۸-۶۳



شکل ۸-۶۴

۹ـ آیا ظرفیت خازن معادل اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ در صورتی که جواب منفی است علت را شرح دهید.

۱۰ـ سه خازن ۱۰μF را مطابق شکل (۸-۶۵) به صورت سری اتصال دهید و ظرفیت خازن معادل را با LC متر اندازه‌گیری کنید.

$C_{AB}=$ ☐

$C_{AB}=$ ☐

شکل ۸-۶۵

۱۱ـ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه $C_T=\frac{C}{n}$ محاسبه کنید.

۱۲ـ از مقادیر بدست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.

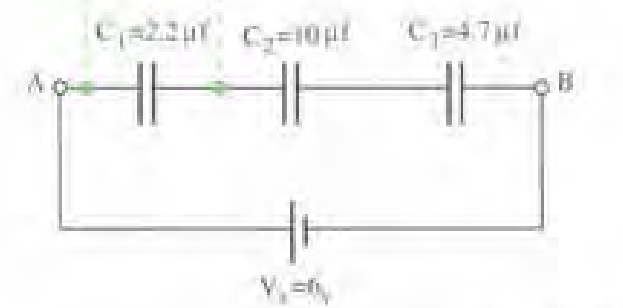
ب ـ محاسبه و اندازه‌گیری ولتاژ خازن

۱ـ مدار شکل (۸-۶۶) را روی برد برد ببندید.

تذکر: از ولت‌متر عقربه‌ای یا دیجیتالی با حوزه کار حداقل ۵ ولت استفاده کنید.

۲ـ کلید منبع تغذیه را وصل کرده و پس از سپری شدن مدت زمان ده ثانیه ولتاژ دو سر خازن C_1 را اندازه بگیرید.

$V_{C_1}=$ ☐



a) شکل واقعی

b) شکل مداری

شکل ۸-۶۶

۳ـ منبع تغذیه را خاموش کنید و سپس ولتمتر را بکبار در دو سر خازن C_2 و بار دیگر در دو سر خازن C_3 اتصال دهید. سپس با وصل منبع تغذیه ولتاژ دو سر هر یک را مشابه مرحله ۲ اندازه‌گیری کنید.

$V_{C_2}=$ ☐

$V_{C_3}=$ ☐

۴ـ از مقایسه مقادیر بدست آمده با ولتاژ منبع تغذیه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال

.....؟

.....

۵ـ مقدار ولتاژ دو سر هریک از خازن‌ها را با کمک روابط $V=\frac{Q_T}{C}$ و $Q_T=C_T V_T$ محاسبه کنید.

۶ـ آیامقادیر محاسبه شده با مقادیر اندازه‌گیری شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۷ـ سه خازن ۱۰μF را مطابق شکل(۸-۶۷) بصورت سری اتصال دهید و ولتاژ دو سر هریک را به طور جداگانه اندازه بگیرید.

$V_{C_1}=$ ☐

$V_{C_2}=$ ☐

$V_{C_3}=$ ☐

۸ ـ از مقادیر اندازه‌گیری شده چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

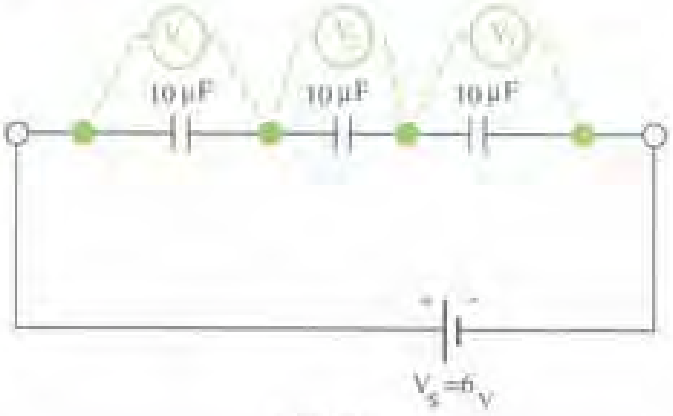
پاسخ سؤال‌های

۵:.....

.....

۶:.....

.....



شکل ۸-۶۷

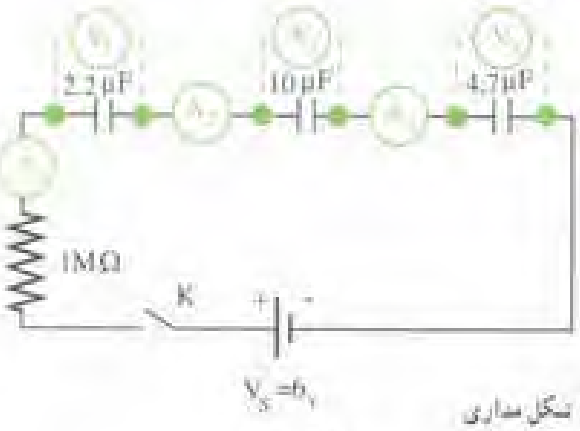
ج ـ مشاهده و اندازه‌گیری جریان در مدارهای dc خازنی

تذکر: چون با وصل مستقیم ولتاژ به دوصفحه خازن صفحات آن یکسرتبه پر (شارژ) می‌شود و قابل مشاهده نیست لذا یک مقاومت اهمی که در حد مگا اهم باشد به صورت سری در مدار خازنی استفاده می کنیم تا بتوان جریان و ولتاژ را مشاهده و یادداشت کرد.

۱ـ در ابتدا همه خازن‌ها را به کمک یک قطعه سیم دشارژ کنید.

۲ـ مدار شکل (۸-۶۸) را روی بردبرد ببندید.

a) شکل واقعی



b) شکل مداری

شکل ۸-۶۸

		۶ ثانیه	۱۲ ثانیه	۱۸ ثانیه	۲۴ ثانیه	۳۰ ثانیه	۳۶ ثانیه	۴۲ ثانیه
وصل کلید K	V_1							
	A_1							
وصل کلید K	V_2							
	A_2							
وصل کلید K	V_3							
	A_3							
وصل کلید K								

جدول ۷-۸

۳ـ پس از وصل کلید منبع تغذیه صفحه نمایش آمپرمترها و ولتمترهای دیجیتالی را مشاهده کنید و ولتاژ دو سر هر خازن و جریان عبوری از مدار را پس از گذشت هر ۶ ثانیه اندازه بگیرید و یادداشت کنید. این کار را تا ثانیه ۴۲ برای هر خازن بطور جداگانه ادامه دهید.

۴ـ در صورتیکه موفق به انجام آزمایش به صورت کامل نشدید لازم است خازن‌ها را از مدار جدا و آنها را دشارژ کنید. سپس مجدداً مدار را اتصال دهید و مراحل آزمایش را از ابتدا تکرار کنید.

۵ـ از مقایسه جریان آمپرمترها در لحظات مختلف چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۶ـ تغییرات جریان در آمپرمترها در ابتدا و انتهای آزمایش چگونه است؟ چرا؟ شرح دهید.

۷ـ تغییرات ولتاژ در ولتمترها در طول انجام آزمایش چگونه بوده است؟ چرا؟ شرح دهید.

۸ـ از مقایسه مقادیر ولتاژها در حالت پایدار مدار چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۹ـ آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟

۱۰ـ با توجه به مقادیر ولتاژ و جریان اندازه‌گیری شده آیا می‌توانید منحنی شارژ خازن را رسم کنید؟ شرح دهید.

نکته مهم: توصیه می‌شود این آزمایش را در دو مرحله انجام دهید یکبار برای خواندن مقادیر جریان‌ها و بار دیگر برای خواندن ولتاژها

پاسخ سؤال‌های

۵ .....

.....

.....

۶ .....

.....

.....

۷ .....

.....

.....

۸ .....

.....

.....

۹ .....

.....

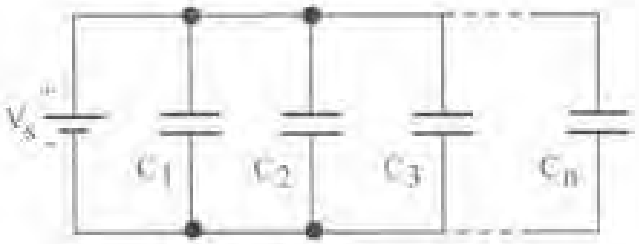
.....

۱۰ .....

.....

۲ـ۹ـ ۸ ـ اتصال موازی خازن‌ها: هرگاه دو یا n خازن مطابق شکل (۶۹-۸) به یکدیگر وصل شوند این اتصال را «موازی» می‌گویند.

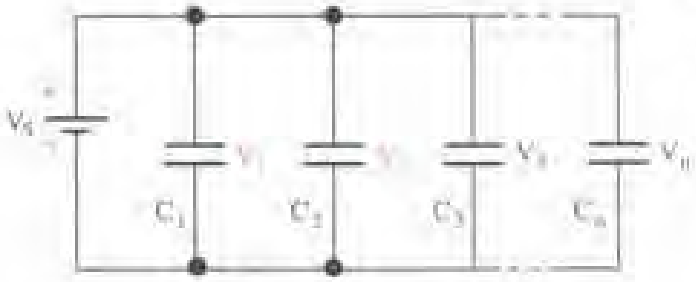
اتصال موازی خازن‌ها مشابه مقاومت‌ها است.



شکل ۶۹-۸

ـ **عامل مشترک مدار:** همانگونه که درمدارهای مقاومتی موازی بیان شد ودر شکل (۷۰-۸) نیز مشاهده می‌شود، ولتاژ برای تمام عناصر در مدارهای موازی یکسان است پس برای مدارهای خازنی موازی نیز می‌توانیم بنویسیم:

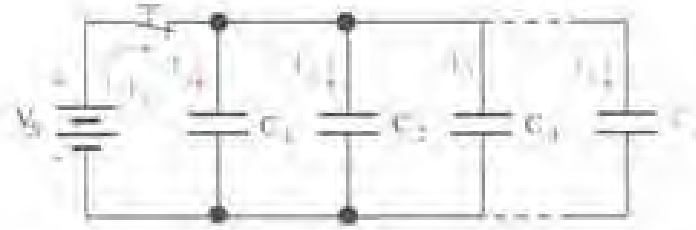
$$V_B = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$



شکل ۷۰-۸

ـ **عامل غیر مشترک مدار:** در مدار موازی شکل (۷۱-۸) جریان یا به عبارت دیگر بار الکتریکی Q به نسبت ظرفیت خازن‌ها در بین شاخه‌ها تقسیم می‌شود، بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$



شکل ۷۱-۸

ـ **ظرفیت خازن معادل مدار:** خازنی را که می‌تواند جایگزین تمام خازن‌های موجود در مدار باشد، خازن معادل می‌گویند شکل (۷۲-۸) و مقدارظرفیت خازن معادل از روابط زیر قابل محاسبه است.

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

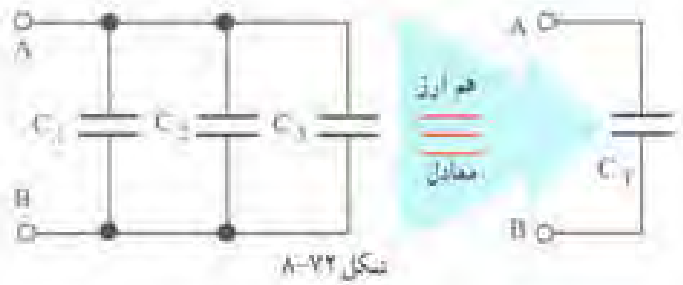
مقداربار هر خازن را ($Q = CV$) در رابطه فوق قرار می‌دهیم.

$$C_T V_T = C_1 V_1 + C_2 V_2 + C_3 V_3 + \dots + C_n V_n$$

چون: $V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$

از ولتاژها می‌توانیم فاکتور بگیریم و رابطه را ساده کنیم.

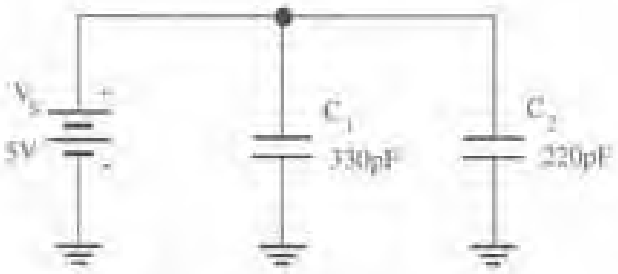
$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$



شکل ۷۲-۸

ظرفیت خازن معادل در مدارهای موازی عکس مقاومت‌های موازی است.

تذکر مهم: مقدار ظرفیت خازن معادل از ظرفیت هر یک از خازن‌های موجود در مدار بیشتر است.



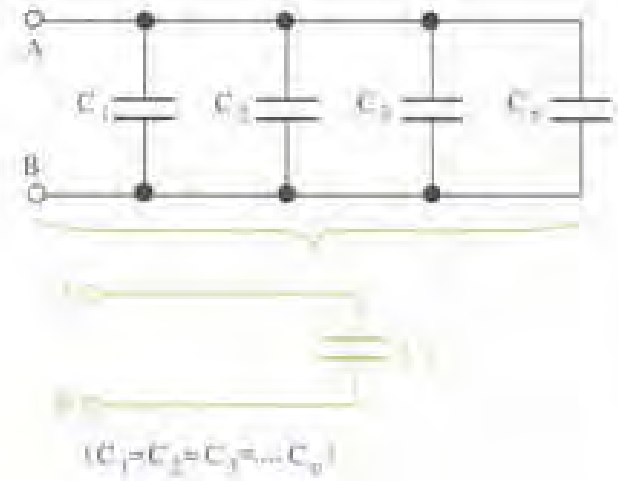
شکل ۸-۷۳

مثال: ظرفیت خازن معادل شکل (۸-۷۳) چند میکرو فاراد است؟

حل:

$$V_S = V_1 = V_2 = 5V$$

$$C_T = C_1 + C_2 = 330pF + 220pF = 550pF$$



شکل ۸-۷۴

ـ حالت خاص: هرگاه (n) خازن مساوی به صورت موازی اتصال یابند شکل (۸-۷۴) ظرفیت خازن معادل از رابطه زیر به دست می‌آید.

c= ظرفیت هر خازن

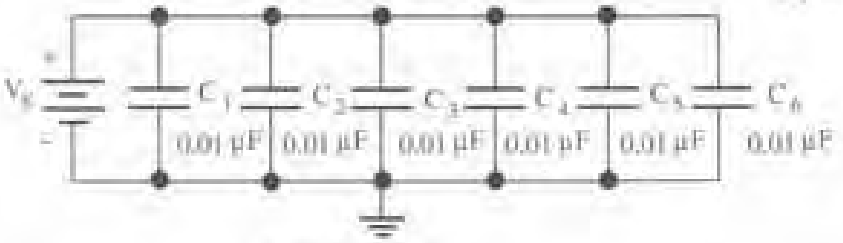
n= تعداد خازن‌ها

$$C_T = nC$$

مثال: ظرفیت خازن معادل شکل (۸-۷۵) چند میکرو فاراد است؟

حل: چون خازن‌ها مساوی هستند. پس:

$$C_T = nC = (6)(0/01\mu F) = 0/06\mu F$$



شکل ۸-۷۵

نکات ایمنی

۱ـ مدارهای اتصال داده شده را با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

۲ـ قبل از وصل برق به هر مدار آن را یکبار دیگر بررسی کنید.

۳ـ در زمان وصل مدارها روی بردبرد مسیرها را مورد بررسی قرار دهید تا پایه‌ها و سیم‌های رابط خوب متصل باشند.

۴ـ قبل از اینکه مدار را خاموش کنید هرگز قطعات را از مدار جدا یا اتصال کوتاه نکنید.

۵ـ در اجرای آزمایش‌ها برای اندازه‌گیری مقادیر ولتاژ جریان و مقاومت حتماً از یک وسیله دیجیتالی مانند آومتر استفاده کنید.

۶ـ در صورت بکارگیری خازن‌های الکترولیتی در موقع اتصال آنها به قطب‌های خازن توجه کنید. ضمناً این خازن‌ها را پیش از اتصال در مدار ابتدا مطابق شکل a دشارژ (تخلیه) کنید.

۷ـ قبل از انجام آزمایش‌های مربوط به خازن‌ها مطابق تصاویر نشان داده شده از سالم بودن آنها اطمینان حاصل کنید و سپس آنها را درمدار قرار دهید. (شکل‌های d,c,b)

(h) اگر عقربه اهم‌متر روی عدد صفر قرار گرفت نشان می‌دهد خازن اتصال کوتاه است.

(g) دو پایه خازن را با سیمی به هم وصل کنید. تا اتصال کوتاه شده و خازن دشارژ شود (روش تخلیه خازن)

(d) اگر عقربه اهم‌متر حرکتی نداشته باشد نشان می‌دهد که خازن قطع بوده و اشکال دارد.

(f) اگر عقربه اهم‌متر در ابتدا روی صفر قرار گرفت و سپس به آهستگی بازگشت نشان می‌دهد خازن سالم است.

نکته مهم: گاهی ممکن است خازن در تست اهمی سالم نشان دهد (عقربه اهم‌متر حرکت کند و باز گردد) ولی عملاً شتی داشته باشد و هنگام کار درست جواب ندهد. در این حالت برای اطمینان از سلامت خازن از روش جایگزینی استفاده کنید.

عملیات کارگاهی

کارعملی ۸

هدف: بررسی مدارهای خازنی موازی در جریان مستقیم

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲ـ آوومتر عقربه‌ای	۱ دستگاه
۳ـ آوومتر دیجیتالی	۱ دستگاه
۴ـ بردبورد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ـ LC متر	۱ دستگاه
۶ـ مقاومت (۱W) R = ۱ MΩ	۱ عدد
۷ـ خازن ها	
C = ۲/۲μF با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
$C_۲$ = ۱۰μF با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۳ عدد
$C_۳$ = ۴/۷μF با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
۸ـ باتری ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۹ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت گن	۱ عدد
۱۱ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر

مدت زمان لازم : ۲/۵ ساعت

تذکر: در صورت کم بودن زمان اجرای آزمایش و یا تجهیزات آزمایشگاهی از انجام مراحلی که با علامت (*) مشخص شده‌اند خودداری کنید.

توجه: برای اندازه گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می‌توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولتسنجی و بار دیگر به صورت آمپرمتری بطور جداگانه استفاده کنید.

مراحل اجرای آزمایش:

الف ـ اندازه‌گیری و محاسبه ظرفیت خازن معادل

۱ـ هریک از خازن‌های C_1 تا C_3 را با توجه به مقادیری که روی آنها نوشته شده با LC متر اندازه گیری نموده و مقادیر را در جدول (۸-۸) یادداشت کنید.

۲ ـ در صورتیکه بین مقدار اندازه گیری شده و مقدار نوشته شده اختلاف وجود دارد علت را توضیح دهید.

۳ ـ سه خازن C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل (۸-۷۶) روی برد بصورت موازی اتصال دهید و با استفاده از یک دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل مدار را از دو نقطه A و B اندازه بگیرید.

C_{AB} (اندازه گیری) = ☐ μf

۴ ـ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه $C_T = C_1 + C_2 + C_3$ محاسبه کنید.

C_{AB} (محاسبه) = ☐ μf

۵ ـ آیا مقدار اندازه گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

۶ ـ خازن $C_4 = 10\,\mu f$ را مطابق شکل(۸-۷۷) به مدار اضافه کنید و سپس ظرفیت خازن معادل را با استفاده از LC متر اندازه بگیرید.

C_{AB} (اندازه گیری) = ☐ μf

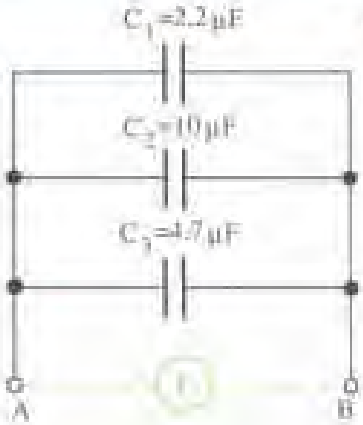
۷ ـ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$ محاسبه کنید.

C_{AB} (محاسبه) = ☐ μf

مقاومت	مقدار نوشته شده	مقدار اندازه گیری شده	میزان اختلاف
C_1			
C_2			
C_3			
C_4			

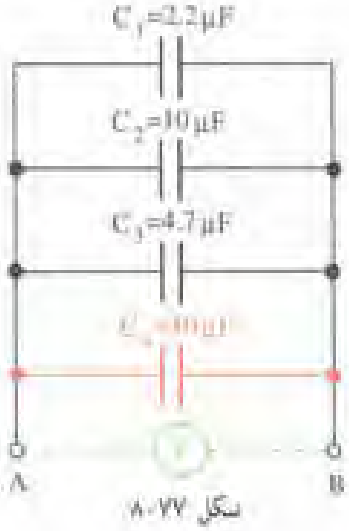
جدول ۸-۸

a) شکل واقعی



b) شکل مداری

شکل ۸-۷۶



شکل ۸-۷۷

۸ ـ ظرفیت خازن معادل نسبت به مرحله ۲ چه تغییری دارد؟ شرح دهید.

۹ ـ آیا ظرفیت خازن معادل اندازه گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ در صورتی که جواب منفی است علت را شرح دهید.

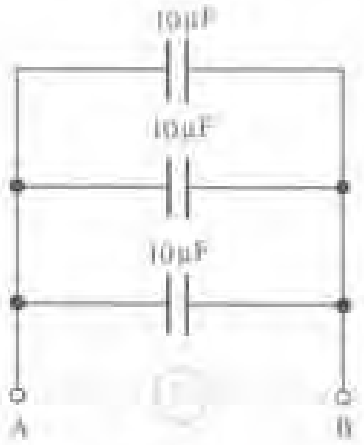
۱۰ ـ سه خازن ۱۰μf را مطابق شکل (۸-۷۸) به‌صورت موازی اتصال دهید وظرفیت خازن معادل را با LC متر اندازه گیری کنید.

C_{AB} (اندازه گیری) = ☐ μf

۱۱ ـ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه $C_T = \frac{C}{n}$ محاسبه کنید.

C_{AB} (محاسبه) = ☐ μf

۱۲ ـ از مقادیر بدست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ آیا مقادیر اندازه گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.



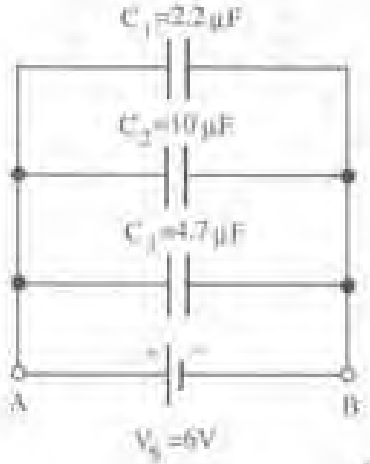
(شکل ۸-۷۸)

a) شکل واقعی

ب ـ محاسبه و اندازه‌گیری ولتاژ خازن

۱ـ مدار شکل (۸-۷۹) را روی برد بورد ببندید.

تذکر: از ولت متر عقربه ای یا دیجیتالی با حوزه کار حداقل ۵ ولت استفاده کنید. شکل (۸-۷۹)



b) شکل مداری

شکل ۸-۷۹

۲ـ کلید منبع تغذیه را وصل کرده و پس از سپری شدن مدت زمان ده ثانیه ولتاژ دو سر خازن C_1 را اندازه گیری کنید.

V_{C_1}(محاسبه) = ☐ V

۳ـ منبع تغذیه را خاموش کنید و سپس ولتمتر را یکبار در دو سر خازن C_1 و بار دیگر در دو سر خازن C_2 متصل دهید سپس با وصل کلید منبع تغذیه ولتاژ دو سر هریک را مشابه مرحله ۲ اندازه‌گیری کنید.

$V_{C_1} =$ ☐ V

$V_{C_2} =$ ☐ V

۴ـ از مقایسه مقادیر بدست آمده با ولتاژ منبع تغذیه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۵ـ با توجه به مقادیر معلوم آیا ولتاژ دو سر هر خازن را می‌توانید محاسبه کنید؟ شرح دهید.

۶ـ در صورت محاسبه ولتاژ خازن‌ها آیا مقادیر محاسبه شده با مقادیر اندازه‌گیری شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۷ـ سه خازن ۱۰μF را مطابق شکل (۸۰-۸) به‌صورت موازی متصل دهید و ولتاژ دو سر هر یک را به طور جداگانه اندازه بگیرید.

$V_{C_1} =$ ☐ V

$V_{C_2} =$ ☐ V

$V_{C_3} =$ ☐ V

۸ـ از مقادیر اندازه گیری شده چه نتیجه ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

ج ـ مشاهده و اندازه‌گیری جریان در مدارهای dc خازنی

۱ـ در ابتدا همه خازن‌ها را به کمک یک قطعه سیم دشارژ کنید.

۲ـ مدار شکل (۸۱-۸) را روی برد برد ببندید و کلید K_4 را در حالت وصل قرار دهید.

پاسخ سؤال‌های

۴.....

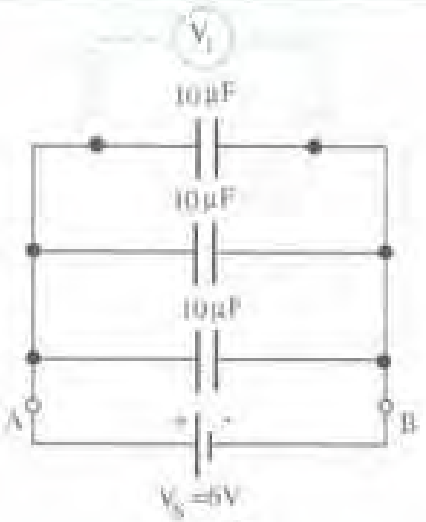
.....

۵.....

.....

۶.....

.....

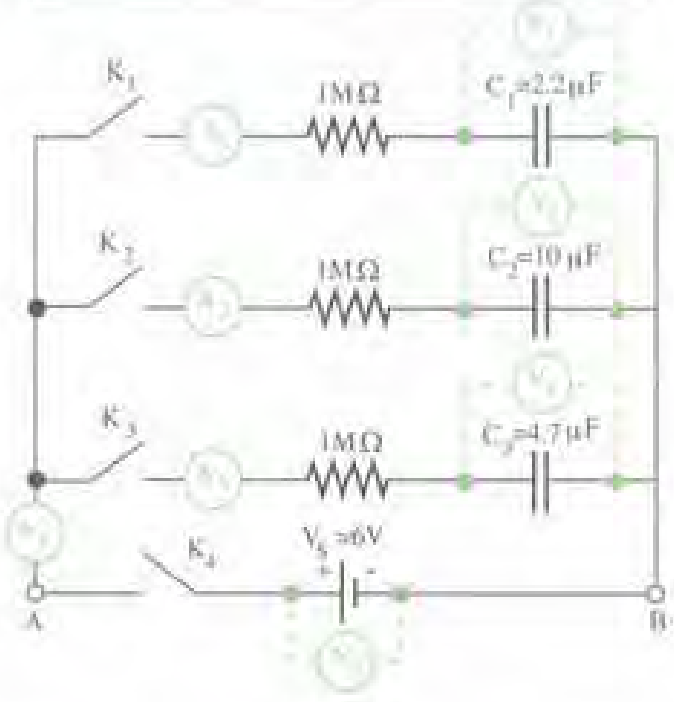


شکل ۸۰-۸

پاسخ سؤال

۸.....

.....



شکل ۸۱-۸

۳ـ با وصل کلید K_1 جریان عبوری و ولتاژ دو سر خازن $C_1=۲/۲\mu F$ را پس از گذشت هر ۶ ثانیه اندازه بگیرید و این مرحله را تا ۴۲ ثانیه ادامه دهید. (۷ مرحله)

۴ـ مقادیر ولتاژ و جریان هر مرحله را اندازه بگیرید و در جدول (۹-۸) یادداشت کنید.

		۶ ثانیه	۱۲ ثانیه	۱۸ ثانیه	۲۴ ثانیه	۳۰ ثانیه	۳۶ ثانیه	۴۲ ثانیه
وصل کلید K_1	V_1							
	A_1							
وصل کلید K_2	V_2							
	A_2							
وصل کلید K_3	V_3							
	A_3							
وصل کلید K_4	V_T							
	A_T							

جدول ۹-۸

۵ـ مراحل قبل را به طور جداگانه و با وصل کلیدهای K_3 و K_2 از ابتدا تکرار کنید و مقادیر اندازه گیری شده را در جدول (۹-۸) ثبت کنید.

۶ـ منبع تغذیه و همه کلید ها را قطع نموده و خازن ها را از مدار جدا کرده و دشارژ کنید و سپس آنها را در جای خود قرار دهید.

۷ـ مطابق (شکل ۹-۸) آمپرمتر A_T را در مسیر جریان کل مدار و ولت متر V_T را به دو سر منبع تغذیه وصل کنید.

۸ـ کلیدهای K_1 و K_2 و K_3 را در حالت وصل قرار دهید.

۹ـ با وصل کلید K_3 ودر اختیار داشتن یک کرونومتر پس از گذشت هر ۶ ثانیه مقادیر ولتاژ کل (V_T) و جریان کل (A_T) مدار را اندازه گیری نموده و در جدول (۹-۸) یادداشت کنید.

۱۰ـ از مقایسه مقادیراندازه گیری شده چه نتیجه‌ای می گیرید؟

۱۱ـ مقدار بار کل مدار را از رابطه $Q_T=C_T.V_T$ محاسبه کنید.

۱۲ـ آیا نتایج اندازه گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۱۳ـ تغییرات آمپرمترها و ولت مترها در طول انجام آزمایش چگونه است؟ چرا؟ شرح دهید.

پاسخ سوال‌های

۱۰: .....

.....

.....

.....

.....

۱۱: .....

.....

.....

.....

.....

۱۲: .....

.....

.....

.....

.....

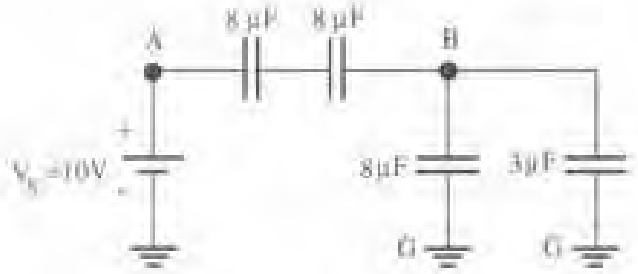
۱۳: .....

.....

.....

.....

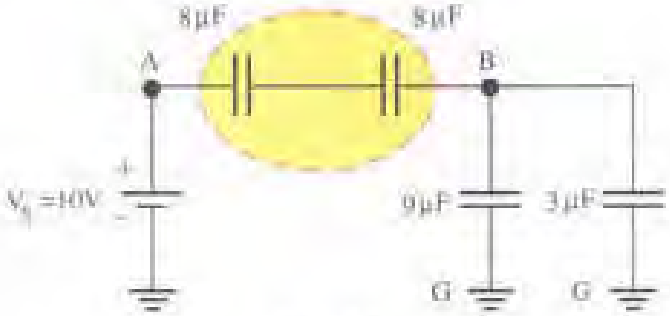
.....



شکل ۸-۸۲

۸-۹-۳ ـ اتصال ترکیبی خازن ها: به مدارهایی که نحوه اتصال خازن ها ترکیبی از اتصالات سری و موازی است مدار «ترکیبی» یا «مختلط» گفته می شود. برای حل این مدارها با توجه به نوع مدارها باید برای هر قسمت به طور جداگانه روابط سری یا موازی را بکار برد.

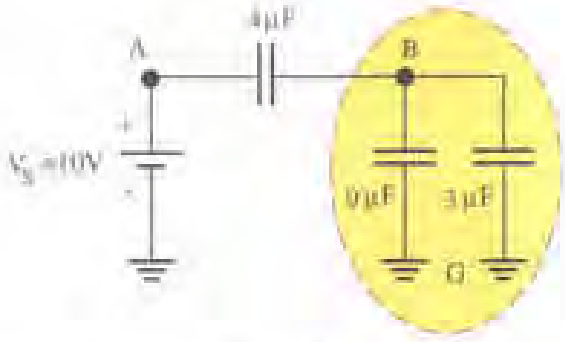
مثال: ظرفیت خازن معادل مدار شکل (۸۲-۸) را حساب کنید.



شکل ۸-۸۳

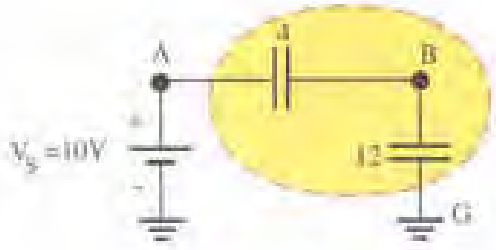
حل: خازن‌های موجود بین گره های A و B به صورت سری و خازن‌های بین گره‌های B و G به شکل موازی قرار دارند که در نهایت مجموعه خازن‌های بین گره‌های A و B با خازن های بین گره های B و G به صورت سری با یکدیگر قرار می گیرند.

$$C_{T_{AB}} = \frac{C}{n} = \frac{\Lambda}{2} = 4\mu F$$



شکل ۸-۸۴

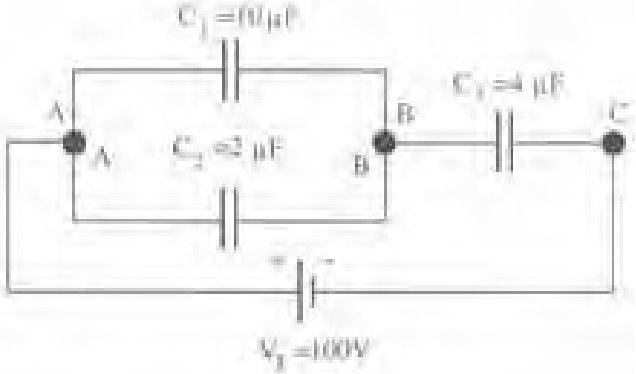
$$C_{T_{BG}} = 9 + 3 = 12\mu F$$



شکل ۸-۸۵

$$C_T = \frac{C_{T_{AB}} \times C_{T_{BG}}}{C_{T_{AB}} + C_{T_{BG}}}$$

$$C_T = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = \frac{48}{16} = 3\mu F$$



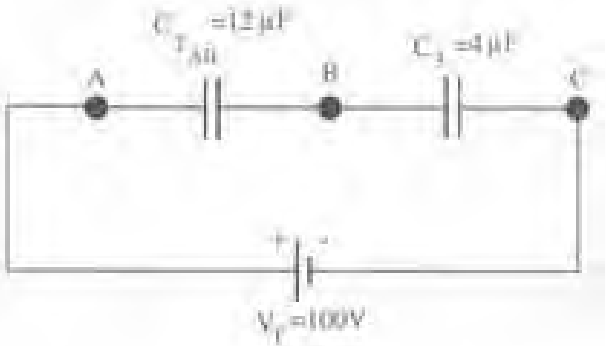
شکل ۸-۸۶

مثال : در مدار شکل (۸۶ ـ ۸) مطلوب است :

الف ـ ظرفیت خازن معادل

ب ـ بار الکتریکی ذخیره شده در هر خازن

ج ـ ولتاژ دو سر هر خازن



شکل ۸-۸۷

حل:

$$C_{T_{AB}} = 10 + 2 = 12\,\mu F$$

$$C_T = \frac{C_{T_{AB}} \times C_3}{C_{T_{AB}} + C_3} = \frac{12 \times 4}{12 + 4} = \frac{48}{16} = 3\,\mu F$$

$$Q_T = V_T C_T = 100 \times 3 = 300\,\mu C$$

$$Q_3 = Q_{AB} = 300\,\mu C$$

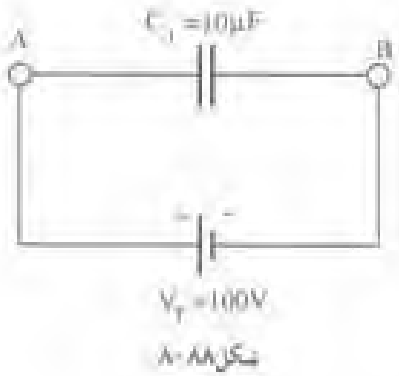
$$V_{BC} = V_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{300}{4} = 75\ V$$

$$V_T = V_{AB} + V_{BC} \Rightarrow V_{AB} = V_T - V_{BC}$$

$$V_{AB} = V_1 = V_2 = 100 - 75 = 25\ V$$

$$Q_1 = V_1 C_1 = 25 \times 10 = 250\,\mu C$$

$$Q_2 = V_2 C_2 = 25 \times 2 = 50\,\mu C$$



شکل ۸-۸۸

نکات ایمنی

۱ـ مدارهای اتصال داده شده را با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

۲ـ قبل از وصل برق به هر مدار آن را یکبار دیگر بررسی کنید.

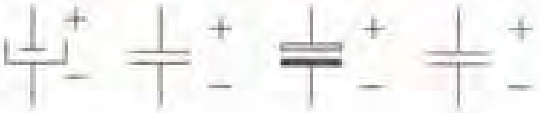
۳ـ در زمان وصل مدارها روی بردبرد مسیرها را مورد بررسی قراردهید تا پایه‌ها و سیم‌های رابط خوب متصل باشند.

۴ـ قبل از اینکه مدار را خاموش کنید هرگز قطعات را از مدار جدا یا اتصال کوتاه نکنید.

۵ـ در اجرای آزمایش‌ها برای اندازه‌گیری مقادیر ولتاژ جریان و مقاومت حتماً از یک وسیله دیجیتالی مانند آومتر استفاده کنید.

۶ـ در صورت بکارگیری خازن‌های الکترولیتی در موقع اتصال آنها به قطب‌های خازن توجه کنید. ضمناً این خازن‌ها را پیش از اتصال در مدار ابتدا مطابق شکل a دشارژ (تخلیه) کنید.

۷ـ قبل از انجام آزمایش‌های مربوط به خازن‌ها مطابق تصاویر نشان داده شده از سالم بودن آنها اطمینان حاصل کنید و سپس آنها را درمدار قرار دهید. (شکل‌های d,c,b)



(b) اگر عقربه اهم‌متر روی عدد صفر قرار گرفت نشان می‌دهد، خازن اتصال کوتاه است.

(a) دو پایه خازن را با سیمی به هم وصل کنید. تا اتصال کوتاه شده و خازن دشارژ شود (روش تخلیه خازن)

(d) اگر عقربه اهم‌متر حرکتی ندانسته باشد نشان می‌دهد که خازن قطع بوده و اشکال دارد.

(c) اگر عقربه اهم‌متر در ابتدا روی صفر قرار گرفت و سپس به آهستگی بازگشت نشان می‌دهد خازن سالم است.

نکته مهم: گاهی ممکن است خازن در تست اهمی سالم نشان دهد (عقربه اهم‌متر حرکت کند و باز گردد) ولی عملاً نشتی داشته باشد و هنگام کار درست جواب ندهد. در این حالت برای اطمینان از سلامت خازن از روش جایگزینی استفاده کنید.

عملیات کارگاهی

کارعملی ۹

هدف: بررسی مدارهای خازنی سری - موازی در جریان مستقیم

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱دستگاه
۲ ـ آوومتر عقربه‌ای	۱دستگاه
۳ ـ آوومتر دیجیتالی	۱دستگاه
۴ ـ بردبرد آزمایشگاهی	۱عدد
۵ ـ LC متر	۱دستگاه
۶ـ مقاومت (۱W) $R = 1\ M\Omega$	۱عدد
۷ ـ خازن ها	
$C_1 = 2/2\ \mu F$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
$C_2 = 10\ \mu F$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۳ عدد
$C_3 = 4/7\ \mu F$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
۸ ـ باتری ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۹ ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱ـ سیم تلفنی	۱/۵ متر

مدت زمان لازم : ۱/۵ ساعت

تذکر: در صورت کم بودن زمان اجرای آزمایش و یا تجهیزات آزمایشگاهی از انجام مراحلی که با علامت (*) مشخص شده‌اند خودداری کنید.

توجه: برای اندازه گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می‌توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولتمتری و بار دیگر به صورت آمپرمتری بطور جداگانه استفاده کنید.

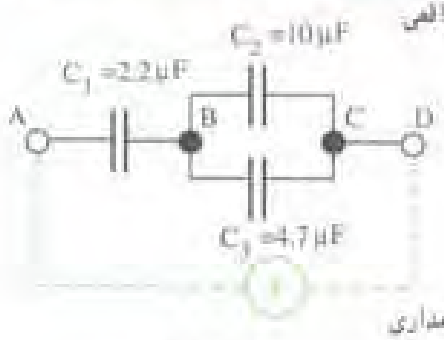
مراحل اجرای آزمایش:

ـ محاسبه و اندازه گیری ظرفیت خازن معادل

۱ـ مدار شکل (۸۹-۸) را روی بردبرد متصل دهید و با استفاده از LC متر ظرفیت خازن معادل بین دو نقطه A و D را اندازه‌گیری کنید.

$C_{AD} =$ ☐ μF

a) شکل واقعی

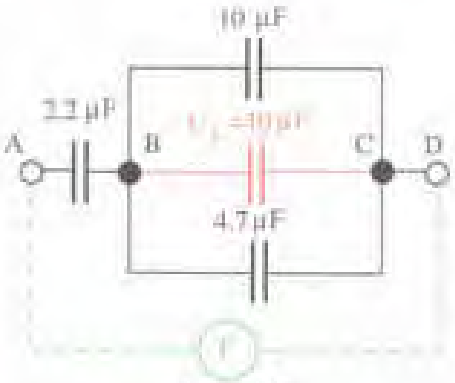


b) شکل مداری

شکل ۸-۸۹

۲ـ خازن $C_4 = 10\,\mu F$ را بین دو نقطه C و B قرار دهید و ظرفیت خازن معادل بین دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید شکل (۸-۹۰)

$C_{AD} =$ ☐ μF

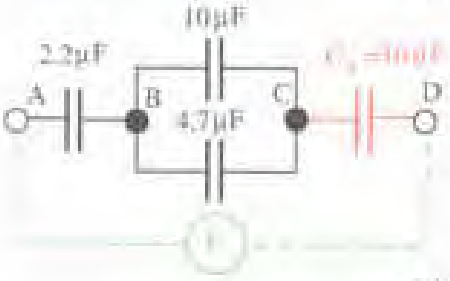


شکل ۸-۹۰

*۳ـ خازن $C_4 = 10\,\mu F$ را طبق شکل (۸-۹۱) بین دو نقطه C و D قرار دهید و ظرفیت خازن معادل دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید.

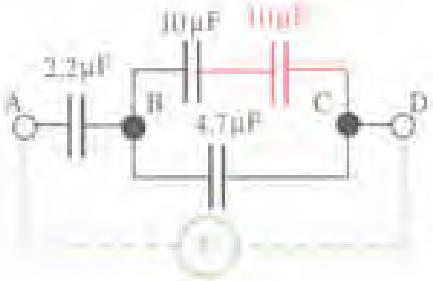
$C_{AD} =$ ☐ μF

a) شکل واقعی



b) شکل مداری

شکل ۸-۹۱

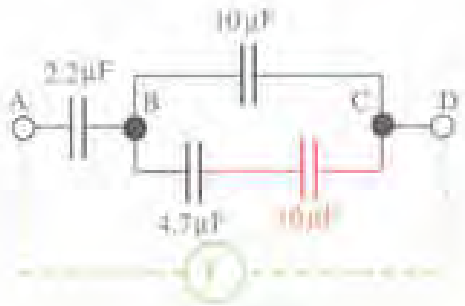


شکل ۸-۹۲

* ۴ـ خازن C_4 را یکبار سری با خازن C_3 و بار دیگر سری با خازن C_2 قرار دهید و ظرفیت خازن معادل را به تفکیک اندازه بگیرید. (شکل ۸-۹۲ و ۸-۹۳)

$C_{AD} =$ ☐ μf

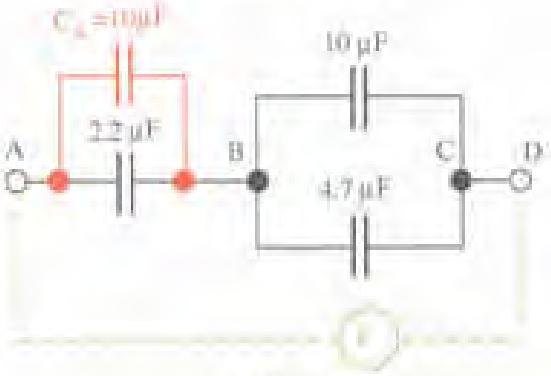
$C_{AD} =$ ☐ μf



شکل ۸-۹۳

۵ـ خازن C_4 را مطابق شکل (۸-۹۴) موازی با خازن C_1 قرار دهید و ظرفیت شکل (۸-۹۳) خازن معادل را از دو نقطه A و D اندازه بگیرید.

$C_{AD} =$ ☐ μf



شکل ۸-۹۴

۶ـ از مقادیر بدست آمده آزمایش‌های فوق چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۷ـ ظرفیت خازن معادل از دو نقطه A و D شکل‌های مراحل ۲ تا ۵ را محاسبه کنید.

۸ـ آیا نتایج آزمایش‌ها با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟

۹ـ آیا رابطه کلی برای تعیین ظرفیت معادل مدارهای سری ـ موازی خازنی می‌توان ارائه کرد؟ چرا؟

پاسخ سؤال‌های

۶ .....

.....

۷ .....

.....

۸ .....

.....

۹ .....

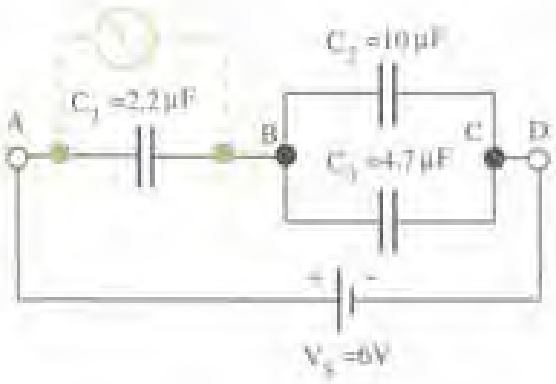
.....

ـ محاسبه و اندازه گیری ولتاژ:

۱ ـ مدار شکل (۹۵-۸) را روی بردبُرد متصل دهید.

۲ ـ به کمک یک ولتمتر دیجیتالی که روی حداقل حوزه کار ۵ ولت قرار دارد ولتاژ دو سر خازن C_1 را مطابق شکل (۹۵-۸) اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{C_1} =$ ☐



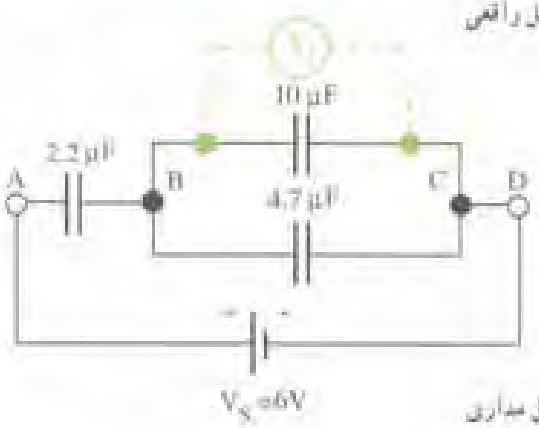
شکل ۹۵-۸

۳ ـ محل قرار گرفتن ولتمتر را مطابق (شکل ۹۶-۸) به دو نقطه B و C انتقال دهید و ولتاژ دو سرخازن‌های C_2 و C_3 را اندازه گیری کنید.

$V_{C_2} =$ ☐

$V_{C_3} =$ ☐

a) شکل واقعی



b) شکل مداری

شکل ۹۶-۸

۴ ـ مقدار ولتاژ دو سر هر یک از خازن ها را با کمک روابط محاسبه کنید.

۵ ـ با استفاده از رابطه $Q = C.V$ مقدار بار الکتریکی ذخیره شده در هر یک از خازن‌های C_1 و C_2 و C_3 را حساب کنید.

$Q_1 = V_{C_1}.C_1 =$ ☐

$Q_2 = V_{C_2}.C_2 =$ ☐

$Q_3 = V_{C_3}.C_3 =$ ☐

۶ ـ از آزمایش‌های انجام شده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۷ ـ آیا مقادیر بدست آمده در آزمایش‌ها با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ تحقیق کنید.

پاسخ سؤال‌های

۴.....

.....

۶.....

.....

۷.....

.....

آزمون پایانی (۸)

۱ـ مفهوم میدان الکتریکی برای بررسی فضای اطراف یک جسم ..... مفید است.

الف ـ باردار　　ب ـ مغناطیسی

ج ـ نارسانا　　د ـ رسانا

۲ ـ کدام‌یک از تصاویر زیر صحیح است؟

الف ـ

ب ـ

ج ـ

د ـ

۳ ـ در میدان الکتریکی یکنواخت میدان بین دو صفحه چگونه است؟

الف ـ در تمام جهات دوران دارد.　　ب ـ در تمام نقاط ثابت است.

ج ـ به سطح صفحات بستگی دارد.　　د ـ به فاصله بین صفحات وابسته است.

۴ ـ از خازن برای ..... استفاده می‌شود.

الف ـ ایجاد میدان مغناطیسی　　ب ـ دفع بارهای الکتریکی

ج ـ ذخیره بار الکتریکی　　د ـ جذب بارهای الکتریکی

۵ ـ ذخیره بار الکتریکی در خازن به این معنی است که بار :

الف ـ در آن حرکت می‌کند.　　ب ـ پس از قطع برق از بین می‌رود.

ج ـ در صفحات آن تخلیه می‌شود.　　د ـ پس از قطع برق باقی می‌ماند.

۶ ـ ظرفیت یک خازن عبارت است از :

الف ـ توانایی مقدار باری که خازن می‌تواند ذخیره کند.

ب ـ میزان سطح مشترک صفحات خازن

ج ـ توانایی عمل مقدار ولتاژی که به خازن وصل می‌شود.

د ـ میزان جریانی که از خازن عبور می‌کند.

۷ ـ کدام‌یک از روابط صحیح می‌باشد؟

الف ـ $V = \frac{C}{Q}$　　ب ـ $Q = \frac{V}{C}$

ج ـ $V = \frac{Q}{C}$　　د ـ $Q = \frac{C}{V}$

۸ ـ خازن 10^{6} pf معادل چند میکرو فاراد است؟

الف ـ 10^{6}　　ب ـ 10^{-6}

ج ـ 10^{12}　　د ـ 10^{-12}

۹ ـ دشارژ کردن خازن یعنی:

الف ـ قطع و وصل کلید موجود در مدار خازن　　ب ـ اتصال کوتاه کردن دو پایه خازن

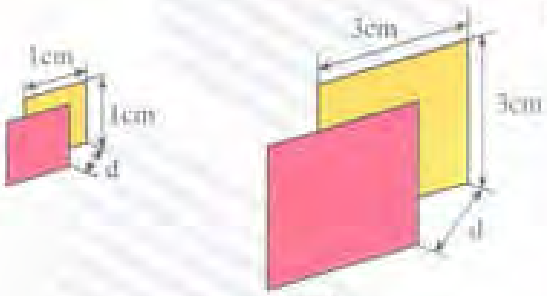
ج ـ اعمال ولتاژ به دو سر خازن　　د ـ تخلیه میدان مغناطیسی صفحات خازن

۱۰ ـ اگر ولتاژ دو سر خازن با ولتاژ منبع تغذیه برابر شود یعنی خازن ..... و جریان مدار ..... است.

الف ـ شارژ شده ـ حداکثر　　ب ـ دشارژ شده ـ حداکثر

ج ـ شارژ شده ـ صفر　　د ـ دشارژ شده ـ صفر

۱۱ ـ در شکل (۸-۹۷) ظرفیت خازن (a) چند برابر خازن (b) است؟

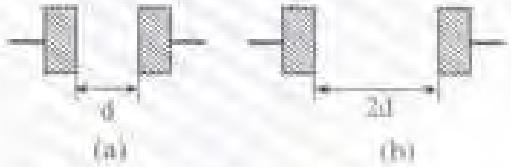


شکل ۸-۹۷

الف ـ $\frac{۱}{۳}$　　ب ـ ۳

ج ـ ۹　　د ـ $\frac{۱}{۹}$

۱۲ ـ نسبت ظرفیت خازن (b) نسبت به ظرفیت خازن (a) شکل (۸-۹۸) در صورتی که سطح صفحات برابر و جنس دی الکتریک یکسان باشد چقدر است؟



شکل ۸-۹۸

الف ـ ۱۶　　ب ـ $\frac{۱}{۲}$

ج ـ ۴　　د ـ ۲

۱۳ ـ هر چه ضریب دی الکتریک ماده عایق به کار رفته در خازن زیادتر باشد ظرفیت خازن .....

الف ـ کمتر می‌شود.　　ب ـ زیادتر می‌شود.

ج ـ تغییر نمی‌کند.　　د ـ با توان دو تغییر می‌کند.

۱۴ ـ سرعت حرکت الکترون‌ها برای مدار خازنی در لحظه اول وصل کلید ..... می‌باشد.

الف ـ سریع　　ب ـ آهسته

ج ـ متوسط　　د ـ اول آهسته و سپس سریع

۱۵ ـ علت استفاده از مقاومت سری در مسیر خازن‌ها به‌خاطر:

الف ـ افزایش زمان تناوب　　ب ـ کاهش زمان لازم برای بروز خاصیت عایقی

ج ـ کاهش زمان تناوب　　د ـ افزایش زمان شارژ و دشارژ خازن

۱۶ ـ منحنی تغییرات ولتاژ و جریان مدار خازنی در حالت شارژ خازن کدام مورد است؟

الف ـ

ب ـ

ج ـ

د ـ

۱۷ ـ مقاومت شنی خازن باعث می شود تا :

الف ـ ظرفیت واقعی خازن از ظرفیت نامی آن بیشتر باشد.

ب ـ ظرفیت واقعی خازن از ظرفیت نامی آن کمتر باشد.

ج ـ ظرفیت واقعی خازن با ظرفیت نامی آن برابر باشد.

د ـ تحمل ولتاژ کار خازن افزایش یابد.

۱۸ ـ از تانتالیوم در کدامیک از خازن‌های زیر استفاده می‌شود؟

الف ـ کاغذی　　ب ـ سرامیکی

ج ـ میکا　　د ـ الکترولیتی

۱۹ ـ از محلول مومی شکل فتولیک در کدامیک از خازنهای زیر استفاده می‌شود؟

الف ـ الکترولیتی　　ب ـ میکا

ج ـ سرامیکی　　د ـ کاغذی

۲۰ ـ جنس صفحات کدامیک از خازن‌های زیر از جنس آلومینیومی نمی‌باشد؟

الف ـ کاغذی　　ب ـ میکا

ج ـ سرامیکی　　د ـ الکترولیتی

۲۱ ـ خازن‌های شکل (۹۹-۸) از چه نوعی است؟

الف ـ کاغذی　　ب ـ میکا

ج ـ الکترولیتی　　د ـ متغیر

شکل ۹۹-۸

۲۲ ـ خازن ..... یک خازن متغیری است که با پیچ گوشتی ظرفیتش تغییر می‌کند.

الف ـ واریابل　　ب ـ کاغذی

ج ـ میکا　　د ـ تریمر

۲۳ ـ حداکثر میزان تغییر ظرفیت خازن به ازای تغییر یک درجه سانتیگراد را ..... گویند.

الف ـ تلرانس　　ب ـ ظرفیت

ج ـ ضریب حرارتی　　د ـ واریابل

۲۴ ـ کدامیک از موارد زیر در انتخاب یک خازن موثر نیست؟

الف ـ شکل ظاهری　　ب ـ ظرفیت

ج ـ ولتاژ کار　　د ـ ضریب حرارتی

۲۵ـ ظرفیت خازن معادل سه خازن مساوی موازی ..... ظرفیت هر یک از خازن‌های مدار است.

الف ـ $\frac{۱}{۳}$ ب ـ ۳ برابر

ج ـ $\sqrt{۳}$ برابر د ـ $\frac{۱}{\sqrt{۳}}$

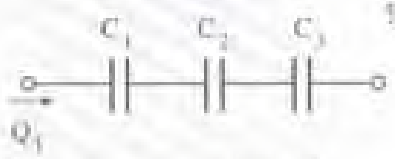
۲۶ـ مشخصات خازن شکل (۸-۱۰۰) کدام است؟

شکل ۸-۱۰۰

الف ـ $۳/۹kpF \pm ۱۰٪$ ب ـ $۳/۹kpF \pm ۵٪$

ج ـ $۳۹۰۰kpF \pm ۱۰٪$ د ـ $۳۹۰۰kpF \pm ۵٪$

۲۷ـ کدامیک از روابط زیر بار الکتریکی خازن‌های C_1 و C_2 و C_3 را نشان می دهد؟

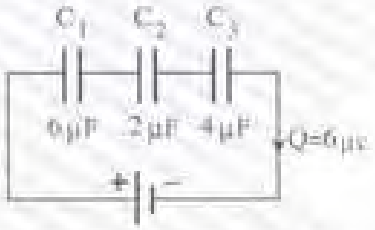


شکل ۸-۱۰۱

الف ـ $Q_1 = Q_2 = Q_3$ ب ـ $Q_1 < Q_2 < Q_3$

ج ـ $Q_1 = Q_2 = Q_3$ د ـ $Q_1 > Q_2 > Q_3$

۲۸ـ ولتاژ دو سر خازن C_2 در مدار شکل (۸-۱۰۲) چند ولت است؟

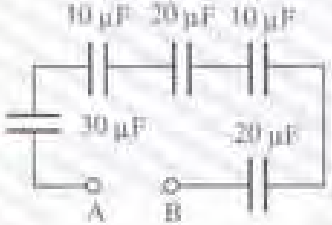


شکل ۸-۱۰۲

الف ـ ۲۴ ب ـ ۷/۰

ج ـ ۱/۵ د ـ ۱/۲

۲۹ـ ظرفیت خازن معادل C_T شکل (۸-۱۰۳) چند میکرو فاراد است؟

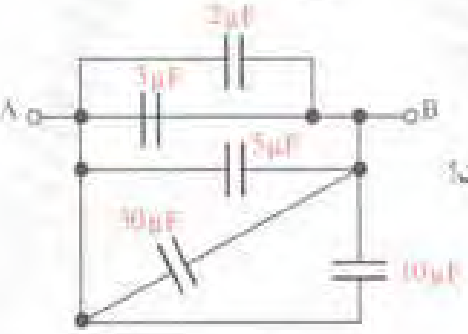


شکل ۸-۱۰۳

الف ـ $\frac{۱}{۹۰}$ ب ـ ۳۰

ج ـ ۹۰ د ـ $\frac{۱}{۳}$

۳۰ـ مقدار بار الکتریکی خازن C_4 در شکل (۸-۱۰۴) چند میکروکولن است؟



شکل ۸-۱۰۴

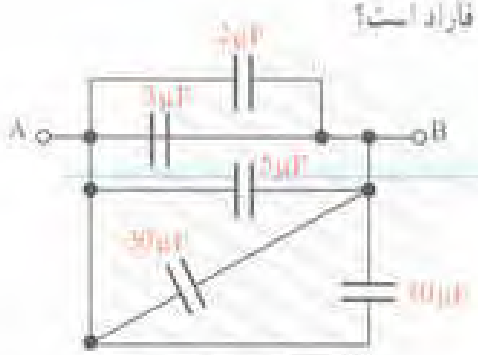
الف ـ ۷۲ ب ـ ۰/۵

ج ـ ۱۸ د ـ ۲

۳۱ ـ ظرفیت خازن معادل دو نقطه A و B شکل (۵ ـ ۱۰ ـ ۸) چند میکرو فاراد است؟

الف ـ ۱۵۰ ب ـ ۵۰

ج ـ ۸۰ د ـ ۲۰

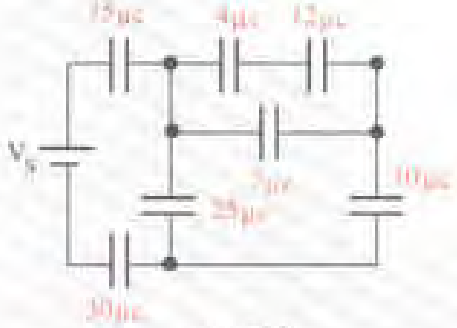


شکل ۸ـ۱۰۵

۳۲ ـ ظرفیت خازن معادل شکل (۶ ـ ۱۰ ـ ۸) چند میکروفاراد است؟

الف ـ ۷/۵ ب ـ ۱۵

ج ـ ۳۰ د ـ ۴/۵

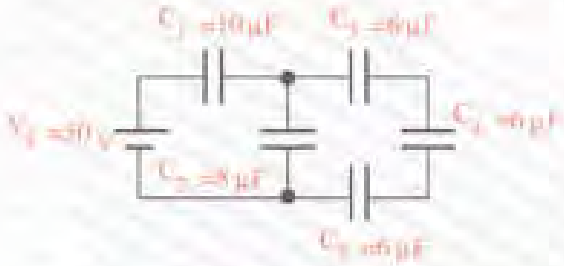


شکل ۸ـ۱۰۶

۳۳ ـ ولتاژ دو سر خازن C_2 شکل (۷ ـ ۱۰ ـ ۸) چند ولت است؟

الف ـ ۱۲/۵ ب ـ ۲۵

ج ـ ۱۲ د ـ ۱۷



شکل ۸ـ۱۰۷

۳۴ ـ از خازن در مدارهای الکتریکی برای ذخیره انرژی الکتریکی استفاده می‌شود.

صحیح ☐ غلط ☐

۳۵ ـ ظرفیت یک خازن با فاصله بین صفحات آن رابطه مستقیم دارد.

صحیح ☐ غلط ☐

۳۶ ـ با افزایش سطح صفحات خازن مقاومت نشتی آن نیز افزایش می یابد.

صحیح ☐ غلط ☐

۳۷ ـ حداکثر ولتاژی که می‌توان بطور دائم به خازن اعمال کرد را ولتاژ ذخیره شده گویند.

صحیح ☐ غلط ☐

۳۸ ـ ظرفیت خازن معادل در مدار سری از ظرفیت خازن‌های موجود در مدار ..... است.

۳۹ ـ مقدار ظرفیت واقعی خازن معمولاً ..... از ظرفیت اسمی آن است.

۴۰ ـ مقدار بار الکتریکی ذخیره شده در خازن از رابطه ..... بدست می آید.

توجه: مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید
مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

پاسخ سؤالات

پیش آزمون (۸)

۱ـ ج
۲ـ ج
۳ـ الف
۴ـ ب
۵ـ ج
۶ـ ب
۷ـ ج
۸ـ د
۹ـ الف
۱۰ـ ج
۱۱ـ الف
۱۲ـ ب
۱۳ـ د
۱۴ـ ج
۱۵ـ الف

آزمون پایانی (۸)

۱ـ الف
۲ـ د
۳ـ ب
۴ـ ج
۵ـ د
۶ـ الف
۷ـ ج
۸ـ د
۹ـ ب
۱۰ـ ج
۱۱ـ ج
۱۲ـ ب
۱۳ـ ب
۱۴ـ الف
۱۵ـ د
۱۶ـ ب
۱۷ـ الف
۱۸ـ د
۱۹ـ ج
۲۰ـ ب
۲۱ـ ج
۲۲ـ د
۲۳ـ ج
۲۴ـ الف
۲۵ـ ب
۲۶ـ ب
۲۷ـ ج
۲۸ـ ج
۲۹ـ ب
۳۰ـ الف
۳۱ـ ب
۳۲ـ الف
۳۳ـ ب
۳۴ـ صحیح
۳۵ـ غلط
۳۶ـ غلط
۳۷ـ غلط
۳۸ـ کمتر
۳۹ـ بیشتر یا کمتر
۴۰ـ $Q=CV$

واحد کارمبانی الکتریسیته

فصل نهم: جریان متناوب

هدف کلی:

شناسایی خصوصیات جریان متناوب و انجام محاسبات ساده در مدارهای جریان متناوب شامل سلف، خازن و مقاومت اهمی

هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل انتظار می رود که، فراگیر:

۱ـ جریان مستقیم و متناوب را تعریف کند.

۲ـ شکل موج را تعریف و انواع شکل موج‌های sin و dc را رسم کند.

۳ـ اجزای یک مولد ساده ac وعوامل مؤثر در ولتاژ القایی را نام ببرد.

۴ـ نحوه تولید جریان متناوب توسط ژنراتور را شرح دهد.

۵ـ قانون دست راست در ژنراتورها را شرح دهد.

۶ـ چگونگی بوجود آمدن موج سینوسی را شرح دهد.

۷ـ مشخصات یک موج سینوسی را توضیح دهد.

۸ـ مدارهای اهمی، سلفی، خازنی خالص را از نظر رابطه فازی بین ولتاژ جریان و توان مصرفی توضیح دهد.

۹ـ روابط اندوکتانس و راکتانس کل در مدارهای سلفی سری و موازی را بدست آورد.

۱۰ـ بردار را تعریف کرده و نحوه نمایش کمیت های برداری در مدارهای مختلف را توضیح دهد.

۱۱ـ مدارهای RLC-LC-RC-RL سری و موازی را از نظر امپدانس، ضرایب قدرت، ضریب کیفیت، زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان، دیاگرام‌های برداری را تجزیه کند.

۱۲ـ حالت رزونانس را در مدارهای LC و RLC بررسی کند.

۱۳ـ انواع توان را درجریان متناوب را با ذکر روابط توضیح دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۲۰	۱۲	۳۲

پیش آزمون (۹)

۱ـ ظرفیت خازن به کدام‌یک از عوامل زیر بستگی ندارد؟

الف ـ فاصله بین صفحات　　ب ـ جنس عایق

ج ـ جنس صفحات　　د ـ سطح صفحات

۲ـ کار یک خازن عبارت است از:

الف ـ متوقف ساختن عبور جریان برق AC　　ب ـ کمک به عبور جریان برق DC

ج ـ ذخیره سازی انرژی الکتریکی　　د ـ ذخیره ساختن گرما

۳ـ راکتانس خازنی یک خازن $79\,\Omega$ است اگر ظرفیت خازن $0/1\ \mu F$ باشد فرکانس مدار چقدر است؟

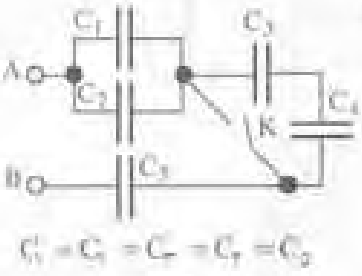
الف ـ $50\ HZ$　　ب ـ $60\ HZ$

ج ـ $100\ HZ$　　د ـ $200\ HZ$

۴ـ درشکل (۹-۱) با بسته شدن کلید K ظرفیت خازن معادل چه تغییری می کند؟

الف ـ افزایش می‌یابد.　　ب ـ کاهش می‌یابد.

ج ـ نصف می‌شود.　　د ـ دو برابر می‌شود.



$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5$

شکل ۹-۱

۵ ـ جریانی که در سیم‌های برق شهری جاری است از چه نوع جریانی است؟

الف ـ DC　　ب ـ AC

ج ـ DC ضربان دار　　د ـ AC ضربان دار

۶ ـ وضعیت جریان عبوری از مدار یک خازن در شرایط شارژ کامل چگونه است؟

الف ـ حداکثر　　ب ـ صفر

ج ـ دو برابر　　د ـ حداقل

۷ ـ ولتاژ AC بر چه اساسی به وجود می‌آید؟

الف ـ القا　　ب ـ مالش

ج ـ شیمیایی　　د ـ حرارت

۸ ـ جهت خطوط نیروی الکتریکی ذره باردار مثبت ($+Q$) کدامیک از موارد زیر است؟

الف ـ

ب ـ

ج ـ

د ـ

۹ـ ظرفیت خازن شکل (۲-۹) کدام گزینه است؟

شکل ۲-۹

الف ـ ۱۲۲ μf　　ب ـ ۱/۲۲ μf

ج ـ ۱/۲۲ pf　　د ـ ۱۲۰۰ pf

۱۰ـ فرکانس برق شبکه ایران چند هرتز است؟

الف ـ ۵۰　　ب ـ ۱۰۰

ج ـ ۰/۰۱　　د ـ ۰/۰۲

۱۱ـ ظرفیت خازن ۱۰۰ μf معادل چند پیکو فاراد است؟

الف ـ 10^{-2}　　ب ـ 10^{8}

ج ـ 10^{6}　　د ـ 10^{-8}

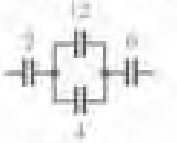
۱۲ـ اگر ده خازن ۱۰ میکروفارادی را به صورت سری ببندیم ظرفیت معادل چند میکروفاراد است؟

الف ـ ۱　　ب ـ ۱۰۰

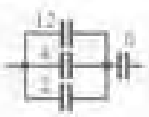
ج ـ ۱۰　　د ـ ۰/۱

۱۳ـ ظرفیت معادل کدام‌یک از اشکال زیر ۰/۲۲ میکروفاراد است؟ (اعداد روی اشکال بر حسب میکروفاراد)

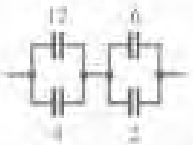
الف ـ



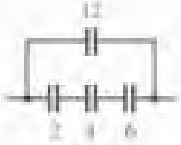
ب ـ



ج ـ



د ـ



۱۴ـ مدار معادل سیم پیچ های یک موتور الکتریکی معادل کدام گزینه است؟

الف ـ

ب ـ

ج ـ

د ـ

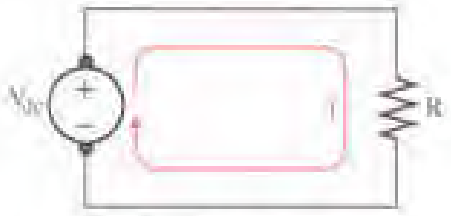
۱۵ـ توانی که مربوط به مصرف کننده‌های اهمی می‌باشد چه نام دارد؟

الف ـ ظاهری　　ب ـ اکتیو

ج ـ راکتیو　　د ـ غیرحقیقی

۱ـ۹ـ جریان متناوب چیست؟

در هر مدار الکتریکی که ولتاژ وجود داشته باشد جریان الکتریکی نیز جاری خواهد شد. اگر قطب‌های ولتاژ مدار هرگز تغییر نکند جهت جریان ثابت می‌ماند، در غیر این صورت به آن «جریان مستقیم یا dc»[1] می‌گویند. (شکل ۳-۹)



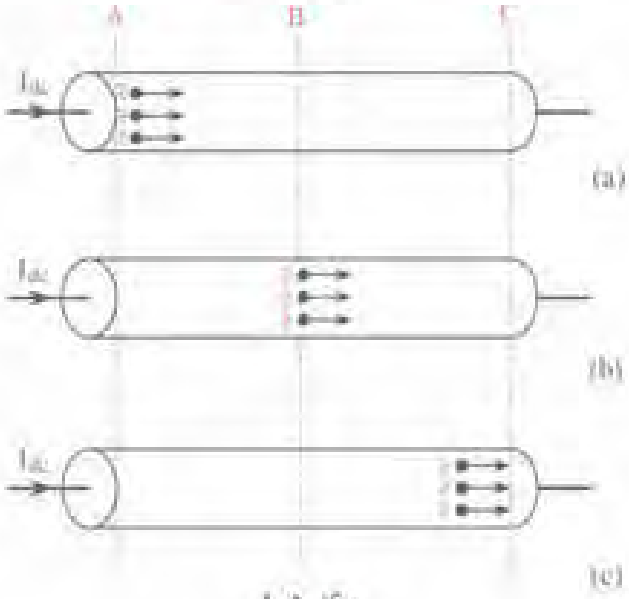
شکل ۹-۳

جریان الکتریکی دیگری نیز وجود دارد که همیشه در یک جهت نیست یعنی ابتدا در یک جهت جریان می‌یابد سپس جهت خود را عوض می‌کند و در خلاف جهت حالت قبل جاری می‌شود. به این نوع جریان اصطلاحاً «جریان متناوب یا AC»[2] می‌گویند. (شکل ۴-۹)

شکل ۹-۴

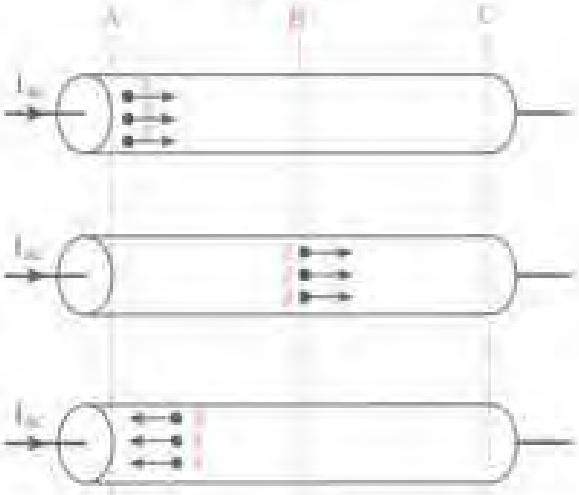
۲ـ۹ ـ مقایسه جریان مستقیم و جریان متناوب در یک سیم

اگر جریان dc از قطعه سیمی عبور کند، جریان از قطب مثبت شروع شده و به قطب منفی ختم می‌شود و در این حالت یک تعداد الکترون به قطب منفی منتقل می‌شوند. (شکل ۵-۹)



شکل ۹-۵

حال چنانچه جریان dc از قطعه سیم عبور کند در یک مدت زمان معین ابتدا جریان در یک مسیر حرکت می‌کند سپس جهت جریان عوض شده و الکترون‌ها در مسیر طی شده اول باز می‌گردند. شکل (۶-۹) نحوه حرکت الکترون‌ها را در جریان AC نشان می‌دهد.



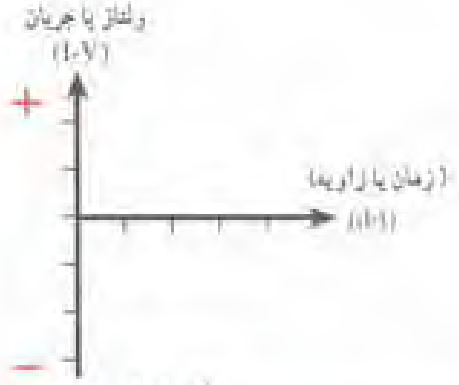
شکل ۹-۶

۱- Direct Current-DC

۲- Alternate Current-AC

۳ـ۹ـ شکل موج‌ها در جریان متناوب

تغییرات ولتاژ یا جریان در مدارهای الکتریکی را به صورت «شکل موج»[1] نشان می‌دهند. برای رسم شکل موج محورهای مختصاتی مطابق شکل (۹-۷) نیاز داریم. محور عمودی بیانگر اندازه ولتاژ یا جریان و محور افقی معرف زمان یا زاویه است. بالای محور افقی را قسمت مثبت موج و پائین محور افقی را قسمت منفی موج می گویند.



شکل ۹-۷

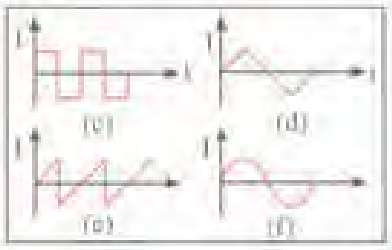
برای مشاهده و اندازه گیری شکل موج‌های ولتاژ و جریان از وسیله‌ای بنام «اسیلوسکوپ»[2] استفاده می کنند. شکل (۹-۸) دو نمونه اسیلوسکوپ را نشان می‌دهد. اسیلوسکوپ به معنای نویسان نما یا نشان دهنده شکل موج است.

شکل ۹-۸

از انواع شکل موج‌ها می‌توان شکل موج مربعی، مثلثی، دندانه اره‌ای و سینوسی را نام برد. در جریان متناوب معمولاً شکل موج سینوسی از سایر انواع موج‌ها متداولتر است. یادآوری می‌شود که همه شکل موج ها قابل تبدیل به شکل موج سینوسی هستند.

شکل ۹-۹- انواع شکل موج‌های dc

بطور کلی جریان‌های ac و dc دارای شکل موج هستند. آن دسته از شکل موج‌ها را که دارای قسمت منفی نیستند موج dc و آن گروه از شکل موج‌ها که دارای قسمت مثبت و منفی هستند را موج ac می‌گویند. شکل (۹-۹) نمونه هایی از امواج dc و شکل (۹-۱۰) نمونه هایی از امواج AC را نشان می‌دهند.



شکل ۹-۱۰- انواع شکل موج‌های ac

۴ـ۹ـ تولید جریان متناوب توسط ژنراتور

فاراده تحقیقاتی را در زمینه تولید ولتاژ انجام داد که بعدها به عنوان قانون مطرح شد. وی دریافته بود که هر گاه سیمی در مسیر حرکت خود خطوط میدان مغناطیسی را قطع کند ولتاژی در دو سر آن بوجود می آید. (شکل ۱۱-۹)

شکل ۹-۱۱- نحوه تولید جریان متناوب (حرکت سیم)

۱- Wave form
۲- Oscilloscope

همچنین در صورتی که سیم ثابت باشد و میدان مغناطیسی به گونه‌ای حرکت کند و خطوط قوای مغناطیسی توسط سیم قطع شود مانند حالت قبل ولتاژ به وجود می‌آید. (شکل ۱۲-۹) به این ولتاژ در اصطلاح «ولتاژ القایی» می‌گویند.

شکل ۱۲-۹- نحوه تولید جریان متناوب (حرکت میدان مغناطیسی)

مقدار این ولتاژ به عوامل مختلفی به شرح زیر بستگی دارد:

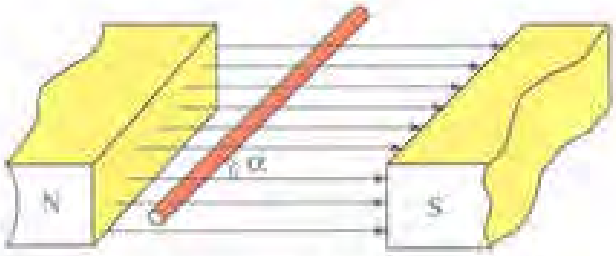
الف- اندوکسیون میدان مغناطیسی (B)

ب- سرعت حرکت سیم یا سرعت حرکت میدان مغناطیسی (V)

ج- طول مؤثر سیم (طولی از سیم که در میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد.) (L)

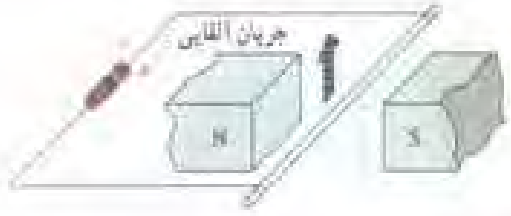
د- زاویه سیم با میدان مغناطیسی (α)

هر قدر خطوط قوا بیشتر باشد، سیم سریعتر حرکت کند طول مؤثر سیم بیشتر باشد، زاویه سیم نسبت به میدان مغناطیسی عمود باشد، مقدار ولتاژ القایی بیشتر خواهد شد. (شکل ۱۳-۹)



شکل ۱۳-۹- وضعیت قرار گرفتن سیم با میدان مغناطیسی

اگر مدار الکتریکی سیمی که در داخل میدان مغناطیسی حرکت می‌کند بسته شود جریان القایی در سیم جاری خواهد شد. (شکل ۱۴-۹)



شکل ۱۴-۹- اگر مدار سیم متحرک بسته شود جریان القایی در مدار مصرف کننده جاری می‌شود.

1-Slip rings

2- Brushes

در ژنراتورها برای اینکه تمام فضای داخلی مولد برای تولید ولتاژ مورد استفاده قرار گیرد، معمولاً به جای سیم، یک قاب سیمی یا یک کلاف سیمی که دارای چند دور است به کار می‌رود. مجموعه تولید کننده انرژی را «مولد» می‌نامند.

اجزای یک مولد ساده AC بشرح زیر است:

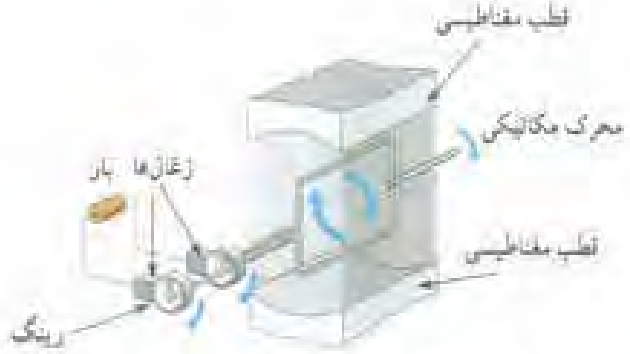
۱ـ قطب‌های مغناطیسی

۲ـ کلاف سیم

۳ـ رینگ‌ها[1] (حلقه‌های لغزنده)

۴ـ زغال‌ها[2]

شکل (۱۵-۹) ساختمان ساده‌ای از مولد AC را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵-۹- شکل ساده یک مولد جریان متناوب به همراه بار

حرکت کلاف در داخل میدان مغناطیسی به صورت دایره‌ای و متناسب با سینوس زاویه کلاف با میدان مغناطیسی است. لذا شکل موجی که روی صفحه اسیلوسکوپ ظاهر می‌شود بصورت سینوسی خواهد بود.

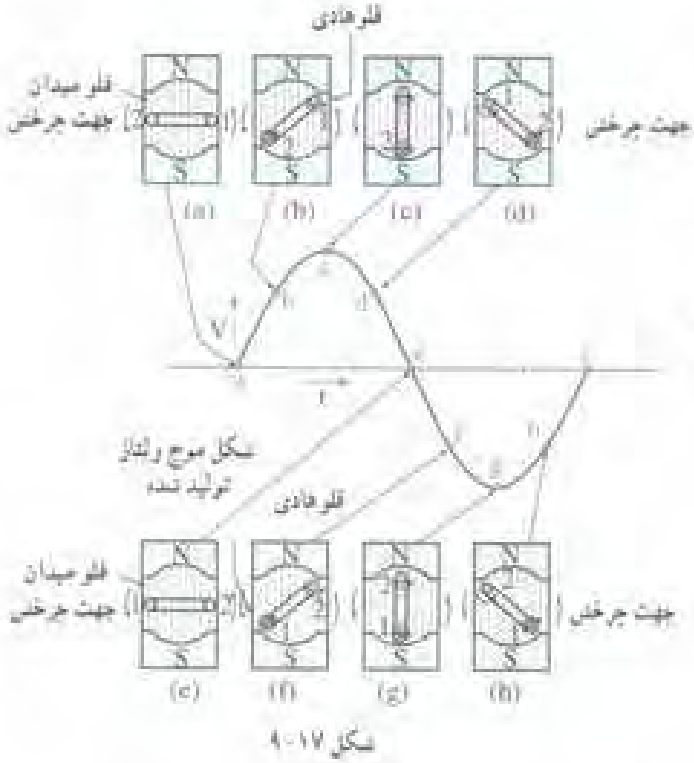
شکل (۱۶-۹) وضعیت کلاف و شکل موج خروجی را در لحظاتی که کلاف در زاویه‌ها ۰، ۹۰، ۱۸۰، ۲۷۰، ۳۶۰ درجه قرار دارد نشان می‌دهد.

(a) اولین ربع سیکل (سیکل مثبت) (b) دومین ربع سیکل (سیکل مثبت)

(c) سومین ربع سیکل (نیم سیکل منفی) (d) چهارمین ربع سیکل (نیم سیکل منفی)

شکل ۱۶-۹- وضعیت قرار گرفتن کلاف سیم در زوایای ۰ و ۹۰ و ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه

وضعیت کلاف، میدان مغناطیسی و مقدار ولتاژ روی شکل موج سینوسی در لحظات مختلف روی شکل (۱۷-۹) نشان داده شده است.

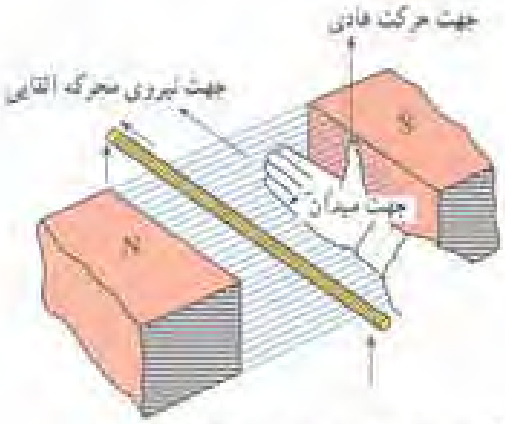


شکل ۱۷-۹

۵ـ۹ـ قانون دست راست در مورد ژنراتورها

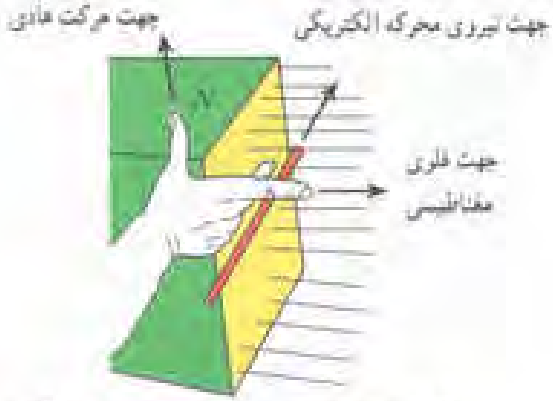
برای نشان دادن جهت جریان القایی جاری شده در سیم از قانون دست راست به دو طرق زیر می‌توانیم استفاده کنیم.

الف ـ هرگاه دست راست خود را طوری در داخل میدان مغناطیسی قرار دهیم که نورون مغناطیسی از قطب شمال به کف دست راست وارد شود و انگشت شست باز شده جهت حرکت هادی را نشان دهد، امتداد چهار انگشت کشیده شده جهت جریان القایی را نشان خواهد داد. (شکل ۱۸ـ۹)



شکل ۱۸ـ۹ـ قانون دست راست (کف دست باز)

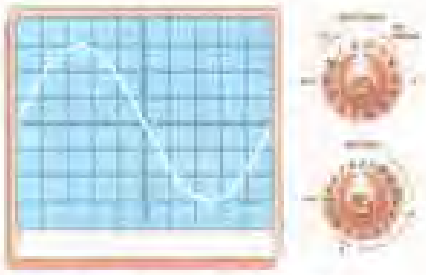
ب ـ اگر دست راست خود را طوری در داخل میدان مغناطیسی بگیریم که انگشت شست، سبابه و میانی بر هم عمود باشند در این حالت انگشت سبابه جهت فلوی مغناطیسی و انگشت شست جهت حرکت سیم را نشان دهد، انگشت میانی جهت جریان جاری شده را مشخص می‌کند. (شکل ۱۹ـ۹)



شکل ۱۹ـ۹ـ قانون دست راست (بصورت سه انگشت)

۶ـ۹ـ مشخصات جریان متناوب

۱ـ۶ـ۹ـ سیکل: شکل موجی که در اثر گردش یک دور کلاف در داخل میدان مغناطیسی بوجود می‌آید را یک «سیکل» می‌گویند. (شکل ۲۰ـ۹)



شکل ۲۰ـ۹ـ تصویر یک سیکل روی صفحه اسیلوسکوپ

۲ـ۶ـ۹ـ فرکانس (f): به تعداد سیکل‌ها (نوسانات) در مدت زمان یک ثانیه «فرکانس» می‌گویند. (شکل ۲۱ـ۹)

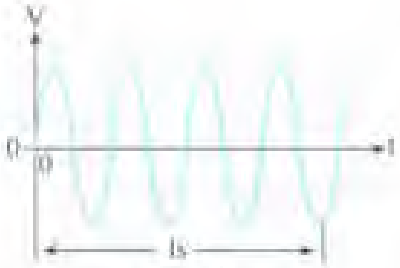
واحد فرکانس $\frac{1}{(s)}$ یا هرتز (HZ) است. فرکانس برق ایران ۵۰ هرتز است.

فرکانس ۲ هرتز

شکل ۲۱ـ۹

مثال: فرکانس شکل موج داده شده در شکل(۲۲-۹) چند هرتز است؟

حل : چون چهار سیکل در مدت زمان یک ثانیه طی می‌شود پس فرکانس برابر با $f = 4\,Hz$ است.

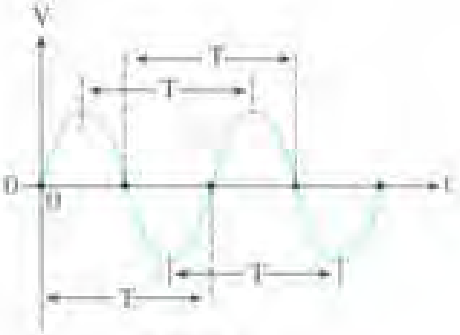


شکل ۲۲-۹

۳ـ۶ـ۹ـ مدت زمان تناوب (T) : مدت زمانی که طول می‌کشد تا یک سیکل کامل طی شود را «زمان تناوب» یا «پریود» می‌گویند.

واحد زمان تناوب هرتز$\left(\frac{1}{Hz}\right)$ یا ثانیه (s) است. پریود و فرکانس عکس یکدیگرند.

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{یا} \quad f = \frac{1}{T}$$



شکل ۲۳-۹

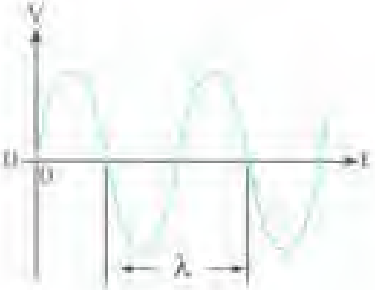
مثال: زمان تناوب شکل(۲۴-۹) چقدر است؟

حل : مدت زمان یک سیکل روی شکل برابر با : $T = 4\,ms$ است زیرا برای کامل شدن یک سیکل ۴ میلی ثانیه طی می‌شود.

شکل ۲۴-۹

۴ـ۶ـ۹ـ طول موج (λ) : مسافتی که یک موج در یک سیکل کامل طی کند را «طول موج» می‌نامند. واحد طول موج بر حسب متر (m) است. سرعت طول موج بستگی به محیطی که در آن منتشر می‌شود دارد. طول موج را از رابطه زیر می‌توان به دست آورد.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{\text{سرعت نور}}{\text{فرکانس}} = \frac{3\times10^8}{f}$$



شکل ۲۵-۹

۵ـ۶ـ۹ـ سرعت زاویه‌ای (ω [1] امگا):سرعت

زاویه‌ای عبارت است از زاویه‌ای که شعاع مربوط به متحرک نسبت به شعاع مبنا در عرض یک ثانیه طی می‌کند. (شکل۲۶-۹) واحد سرعت زاویه‌ای رادیان بر ثانیه است. چون یک دور چرخش داخل دایره برابر 2π رادیان است لذا اگر متحرکی در هر ثانیه f دور بزند خواهیم داشت :

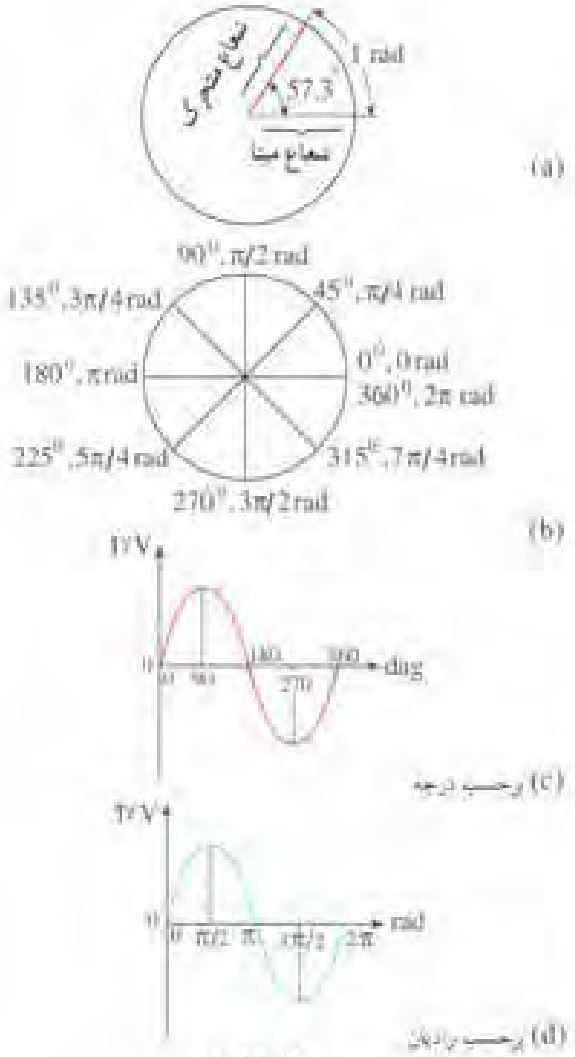
$$\omega = 2\pi f$$

مثال: سرعت زاویه‌ای متحرکی با فرکانس ۱۰۰ هرتز چقدر است؟

حل:

$$\omega = 2\pi f \Rightarrow \omega = 2 \times 3/14 \times 100 = 628_{Rad/s}$$

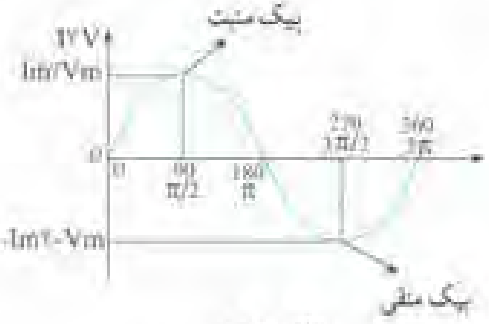
با توجه به رابطه فوق سرعت زاویه‌ای ۶۲۸ رادیان بر ثانیه Rad/s به دست آمده است.



شکل ۲۶-۹

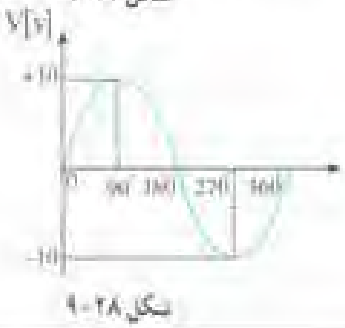
۶ـ۶ـ۹ـ مقدار پیک یا ماکزیمم (max-peak):

حداکثر مقداری که ولتاژ یا جریان سینوسی در هر نیم سیکل دارد را مقدار ماکزیمم می‌گویند. درشکل (۲۷-۹) نقاط پیک مثبت و منفی نشان داده شده است.



شکل ۲۷-۹

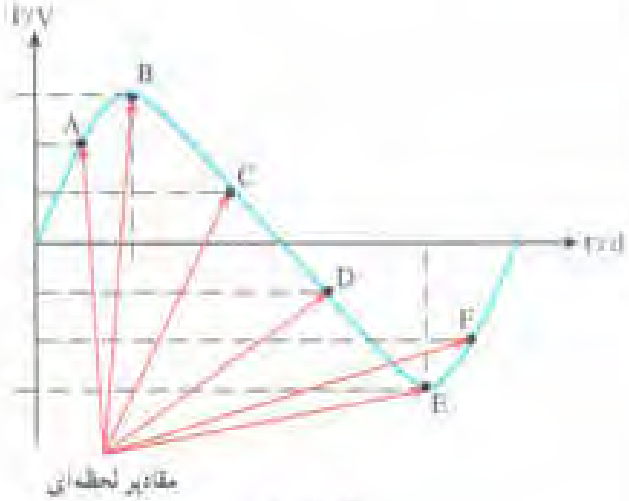
مثال: مقدار پیک شکل موج (۲۸-۹) چند ولت است و در چه زاویه‌ای قرار دارد؟



شکل ۲۸-۹

حل: مقدار ماکزیمم $V_m = \pm 10$ ولت و در زاویه‌ای $\theta = 90°$ و $\theta = 270°$ قرار دارد.

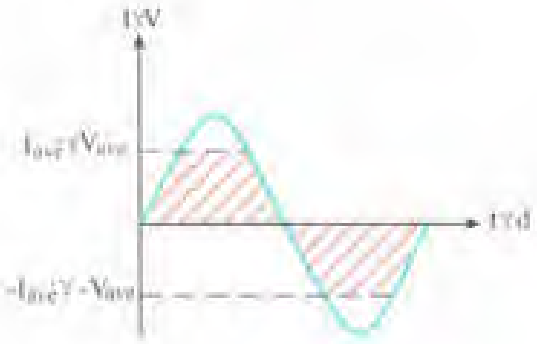
۱ـ ω (امگا) یکی از حروف یونانی است.



شکل ۲۹-۹

۹-۶-۷- دامنه : مقدار موج در هر لحظه از زمان را اصطلاحاً دامنه یا «مقدار لحظه‌ای» می‌گویند.

درشکل (۲۹-۹) دامنه لحظه‌ای درنقاط C,B,A F ,E,D نشان داده شده است.

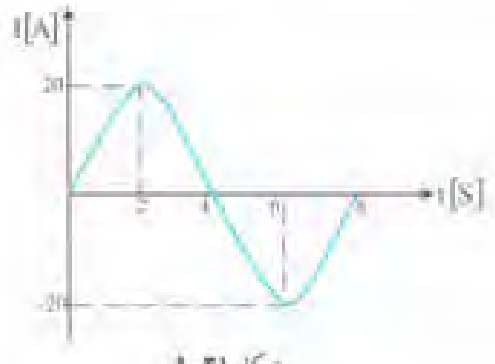


شکل ۳۰-۹

۹-۶-۸- مقدار متوسط [1] : به میانگین مقادیر لحظه‌ای موج سینوسی در یک نیم سیکل اصطلاحاً متوسط موج می‌گویند. (شکل ۳۰-۹) چون در هر نیم سیکل موج سینوسی از صفر شروع شده به مقدار حداکثر (ماکزیمم) می‌رسد و مجدداً به صفر بر می‌گردد لذا مقدار میانگین یک نیم‌سیکل نیز چیزی بین صفر و مقدار ماکزیمم می‌باشد. مقدار متوسط برای نیم سیکل موج سینوسی از روابط زیر قابل محاسبه است.

$$V_{av} = \frac{2}{\pi} \times V_m = 0.637 \times V_m$$

$$I_{av} = \frac{2}{\pi} \times I_m = 0.637 \times I_m$$



شکل ۳۱-۹

از آنجایی که هر دو نیم سیکل موج سینوسی مشابه یکدیگر هستند و فقط علامت مثبت و منفی تفاوت دارند به همین دلیل مقدار متوسط در یک سیکل برابر صفر است.

مثال: مقدار متوسط نیم سیکل موج نشان داده شده در شکل(۳۱-۹) چند آمپر است؟

حل:

$$I_{av} = \frac{2}{\pi} \times I_m = 0.637 \times I_m$$

$$I_{av} = 0.637 \times 20$$

$$I_{av} = 12.74 \ A$$

1-Average Values-(av)

۹-۶-۹- مقدار مؤثر[1]: مقدار مؤثر یک ولتاژ AC عبارت است از مقدار ولتاژی که در یک مدار اهمی خالص (مانند اتوی برقی) همان مقدار گرمایی را تولید می کند که یک جریان DC یا همان مقدار دامنه تولید می کند. (شکل ۹-۳۲)

a) مدار جریان متناوب

b) مدار جریان مستقیم

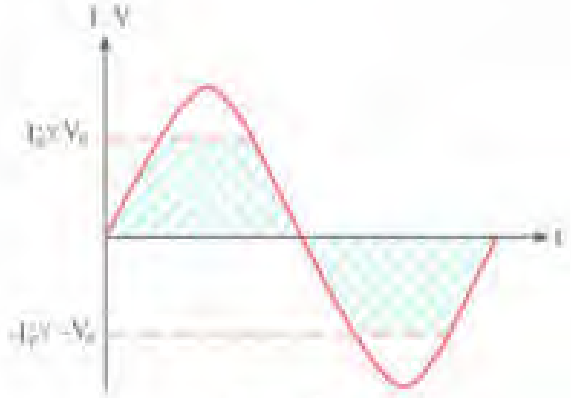
شکل ۹-۳۲

مقدار مؤثر یک موج سینوسی از روابط زیر قابل محاسبه است.

$$Ve = \frac{1}{\sqrt{2}} \times Vm = 0.707 \times Vm$$

$$Ie = \frac{1}{\sqrt{2}} \times Im = 0.707 \times Im$$

به مقدار مؤثر rms[2] نیز می گویند.



شکل ۹-۳۳

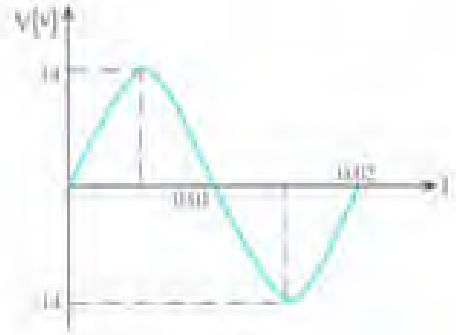
مثال: مقدار مؤثر شکل موج ولتاژ نشان داده شده در شکل(۹-۳۴) چقدر است؟

حل:

$$V_e = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 \times V_m$$

$$V_e = 0.707 \times 13$$

$$V_e = 9.898 \ V$$



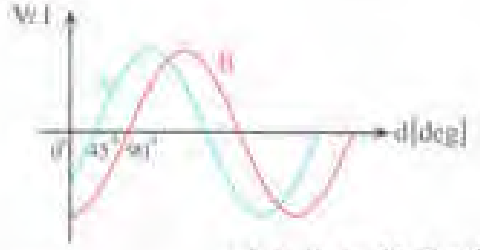
شکل ۹-۳۴

1-Effective Values-(e)

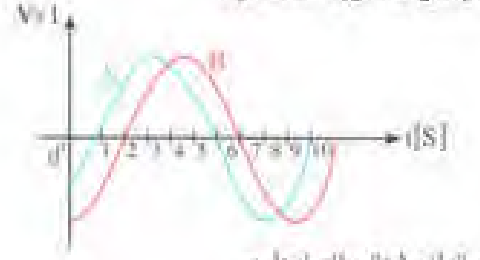
2- Root Mean Square-rms

(مقدار مؤثر یا لحظه ای)

۱۰ـ۶ـ۹ـ فاز[1]: کلمه یا اصطلاحی است که ارتباط زمانی یا مکانی بین دو یا چند موج را بیان می‌کند.



a) موج A با B باندازه ۴۵ درجه فاصله دارد.



b) موج A با B باندازه ۱ ثانیه فاصله دارد.

شکل ۳۵-۹

۱۱ـ۶ـ۹ـ اختلاف فاز: برای تعیین میزان اختلاف فاز بین دو شکل موج ابتدا دو نقطه مشابه (نقطه صفر - نقطه ماکزیمم یا نقطه مینیمم) از شکل موج‌ها را بر حسب کمیت محور افقی با یکدیگر مقایسه می‌کنیم وسپس مقدار آن را با ذکر کلمه پسوند «فاز» می‌نویسیم. مثلاً در صورتی که شکل موجی از موج دیگر جلوتر (زودتر) شروع شده باشد اصطلاح «پیش فاز»[2] و در صورتی که عقب‌تر (دیرتر) شروع شده باشد کلمه «پس فاز»[3] و چنانچه دو شکل کاملاً مشابه باشند کلمه «هم‌فاز» را بکار می‌بریم. (شکل ۳۶-۹)

a) شکل موج A نسبت به B باندازه ۹۰° درجه پیش فاز است.

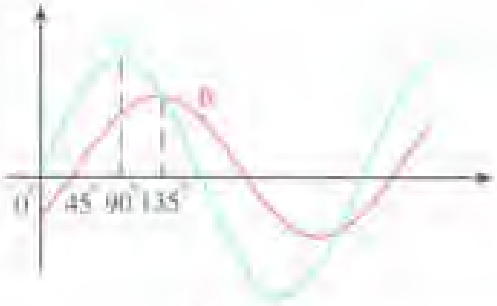
b) شکل موج A نسبت به B باندازه ۹۰° درجه پس فاز است.

c) شکل موج B و A با هم هم‌فاز هستند.

شکل ۳۶-۹

۱-Phase
۲-Leads
۳-Lags

مثال : ارتباط فازی بین دو شکل موج A و B در شکل (۹-۳۷) چگونه است؟



شکل ۹-۳۷

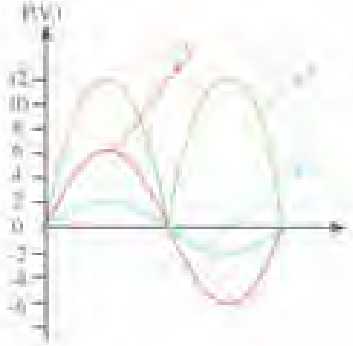
حل: شکل موج A نسبت به B باندازه ۴۵ درجه پیش‌فاز یا به عبارت دیگر شکل موج B نسبت به A باندازه ۴۵ درجه پس‌فاز است.

۹ـ۷ـ مدارهای جریان متناوب

۹ـ۷ـ۱ـ مدارهای اهمی خالص: مدارهایی مانند شکل (۹-۳۸) را مدارهای «اهمی خالص» می‌گویند. در این نوع مدارها هیچ‌گونه اختلاف فازی بین ولتاژ و جریان وجود ندارد و تغییراتشان مشابه یکدیگر است یعنی با هم در یک نقطه به حداقل، حداکثر و صفر می‌رسند.

شکل ۹-۳۸ مدارهای اهمی خالص

همانطوریکه می‌دانید توان از رابطه $P = V.I$ بدست می‌آید. شکل موج‌های ولتاژ و جریان و توان این مدارها را در شکل (۹-۳۹) مشاهده می‌کنید.

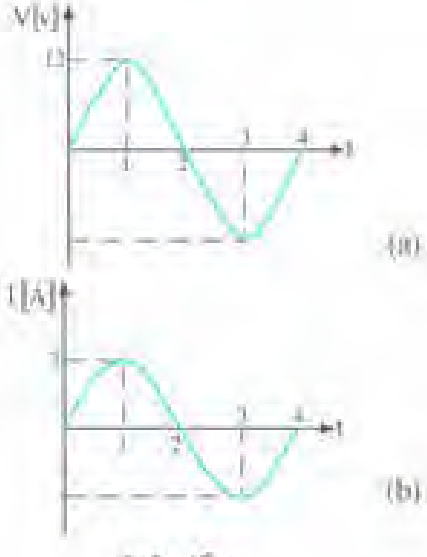


شکل ۹-۳۹

در محاسبات مدارهای جریان متناوب چون با مقدار مؤثر ولتاژ و جریان سرو کار داریم برای توان مؤثر می‌توانیم بنویسیم.

$$P = V_e.I_e \quad \text{یا} \quad P = R.I_e^2 \quad \text{یا} \quad P = \frac{V_e^2}{R}$$

مثال : اگر ولتاژی با مقدار ماکزیمم ۱۲ ولت را به یک مقاومت اهمی اتصال دهیم در این‌صورت جریان ماکزیمم برابر با ۳ آمپر از آن عبور می‌کند. شکل (۹-۴۰) توان مصرفی مقاومت را حساب کنید.



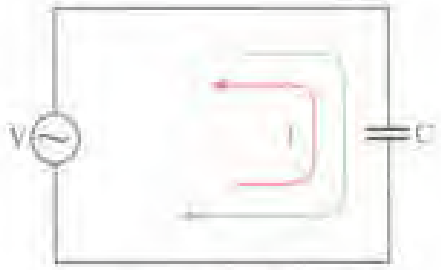
شکل ۹-۴۰

حل :

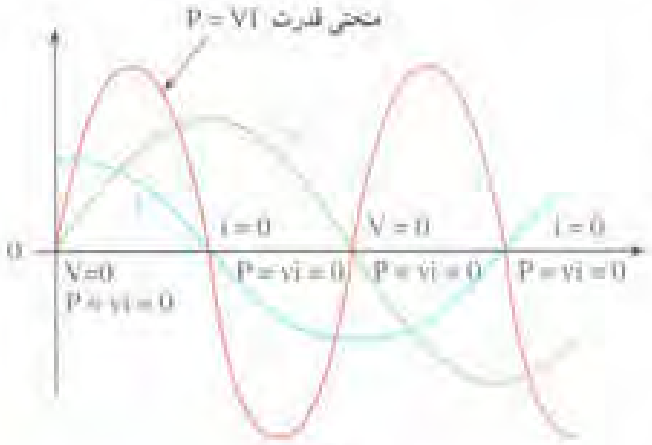
$$P = V_e.I_e$$

$$P = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{12}{\sqrt{2}} \times \frac{3}{\sqrt{2}} = \frac{36}{2} = 18\,W$$

۲ـ۷ـ۹ـ مدارهای خازنی خالص: مدارهایی که درآنها فقط از خازن استفاده شود را مدارهای خازنی خالص می‌گویند. شکل (۴۱-۹) در این مدارها بخاطر وجود خاصیت خازنی، بین ولتاژ و جریان مدار ۹۰ درجه اختلاف فاز به وجود می‌آید. این اختلاف فاز به گونه‌ای است که در این مدارها در لحظاتی که جریان یا ولتاژ صفر است توان صفر خواهد شد. درزمان‌هایی که ولتاژ یا جریان منفی است توان نیز منفی است. توان منفی یا مثبت به این معنی است که در یک سیکل خازن مقداری انرژی از شبکه می‌گیرد و درخود ذخیره می‌کند و در زمانی دیگر به شبکه بازمی‌گرداند. به عبارت دیگر خازن توانی را مصرف نمی‌کند. (شکل ۴۲-۹)



شکل ۴۱-۹- مدار خازنی خالص



شکل ۴۲-۹

مقدار انرژی ذخیره شده در یک خازن را از رابطه زیر می‌توان بدست آورد.

$$W = \frac{1}{2} C.V^2$$

خازن در جریان متناوب از خود مقاومتی را نشان می‌دهد که اصطلاحاً به آن «راکتانس خازنی» می‌گویند. واحد آن بر حسب اهم است و از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Xc = \frac{1}{\omega.c} = \frac{1}{2\pi fc}$$

خاصیت مقاومتی خازن در مقابل عبور جریان از خود مخالفت نشان می‌دهد.

شکل ۴۳-۹- تصاویری از انواع خازن‌ها

۳ـ۷ـ۹ـ مدارهای سلفی خالص: مدارهایی که مشابه شکل (۴۴-۹) هستند و از سیم پیچ (سلف) تشکیل شده‌اند باعث می‌شوند تا جریان به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ عقب (پس‌فاز) بیفتد.

شکل ۴۴-۹- مدار سلفی خالص

خاصیت سلفی (اندوکتانسی) یک سیم‌پیچ را با حرف L نشان می‌دهند و آن را بر حسب هانری H می‌سنجند. سلف از نظر توان مصرفی مشابه خازن است چرا که مقدار انرژی دریافت شده و داده شده به شبکه آن درهر سیکل برابر است و در واقع عملاً سلف در شبکه متناوب توانی را مصرف نمی‌کند. (شکل ۹-۴۶)

مقدار انرژی ذخیره شده یک سلف را از رابطه:

$W = \frac{1}{2} L_L I^2$ می‌توان محاسبه کرد.

سلف نیز مانند خازن در جریان متناوب از خود مقاومتی نشان می‌دهد که آن را «راکتانس سلفی» می‌نامند. راکتانس سلفی را با (X_L) نمایش می‌دهند. واحد راکتانس سلفی اهم است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

شکل (۹-۴۶) تصاویری از انواع سلف‌ها را نشان می‌دهد. برای بدست آوردن اندوکتانس خالصی در مدارها، سلف‌ها را به صورت سری وموازی بکار می‌برند. روابط حاکم بر هریک از حالات فوق به شرح زیر است.

ـ اتصال سری سلف ها : هر گاه دو یا n سلف مطابق شکل (۹-۴۷) به یکدیگر اتصال یابند سلف معادل و راکتانس معادل مانند مقاومت‌های اهمی و با استفاده از روابط زیر بدست می‌آید.

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots\ldots + V_n \quad (I)$$

$$X_T \cdot I_T = X_{L_1} I_1 + X_{L_2} I_2 + X_{L_3} I_3 + \ldots + X_{L_n} I_n$$

$$X_T I_T = I_T (X_{L_1} + X_{L_2} + \ldots + X_{L_n})$$

$$X_T = X_{L_1} + X_{L_2} + X_{L_3} + \ldots + X_{L_n}$$

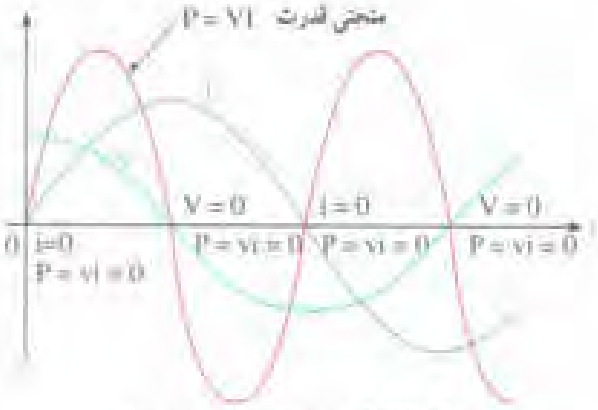
اگر به جای X_L ها مقادیر معادل آنها را قرار دهیم خواهیم داشت:

$$L_T \omega = L_1 \omega + L_2 \omega + L_3 \omega + \ldots + L_n \omega$$

چون ω ثابت است پس:

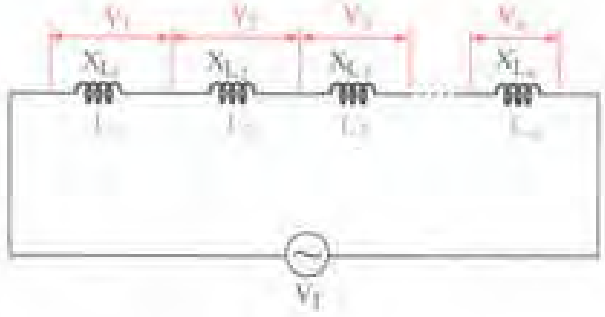
$$L_T \not{\omega} = \not{\omega}(L_1 + L_2 + L_3 + \ldots + L_n)$$

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \ldots + L_n$$



شکل ۹-۴۵- منحنی‌های ولتاژ و جریان و توان در مدار خازنی خالص

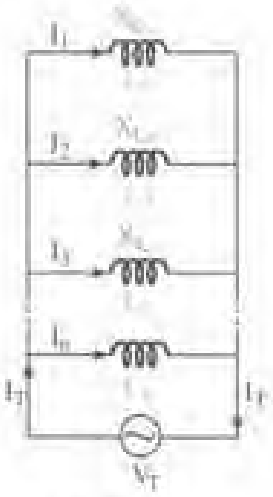
شکل ۹-۴۶- تصاویری از انواع سلف‌ها



شکل ۹-۴۷

(۱- چون n عرف شمارهٔ نهایی تعدادی سلف است)

ـ **اتصال موازی سلف‌ها**: اگر دو یا n سلف مطابق شکل (۲۸-۹) به یکدیگر اتصال داده شوند، سلف معادل و راکتانس معادل مانند مقاومت‌های اهمی و با استفاده از روابط زیر بدست می‌آید.



شکل ۲۸-۹

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

$$\frac{V_T}{X_{L_T}} = \frac{V_T}{X_{L_1}} + \frac{V_T}{X_{L_2}} + \frac{V_T}{X_{L_3}} + \dots + \frac{V_T}{X_{L_n}}$$

$$V_T \frac{1}{X_{L_T}} = V_T \left(\frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}} + \frac{1}{X_{L_3}} + \dots + \frac{1}{X_{L_n}} \right)$$

$$\boxed{\frac{1}{X_{L_T}} = \frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}} + \frac{1}{X_{L_3}} + \dots + \frac{1}{X_{L_n}}}$$

اگر به جای هر X_L مقدار معادل آن یعنی $L\omega$ را قرار دهیم داریم:

$$\frac{1}{L_T \omega} = \frac{1}{L_1 \omega} + \frac{1}{L_2 \omega} + \frac{1}{L_3 \omega} + \dots + \frac{1}{L_n \omega}$$

$$\frac{1}{\omega} \frac{1}{L_T} = \frac{1}{\omega} \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n} \right)$$

$$\boxed{\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}}$$

در شرایط مساوی بودن سلف‌ها	$L_T = \frac{L}{n}$
در شرایطی که دو سلف نامساوی باشند.	$L_T = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$

تذکر ۱: حالات خاصی که برای مقاومت‌های سری و موازی بیان شد برای سلف‌ها نیز صادق است.

تذکر ۲: در صورتیکه سلف‌ها بصورت سری ـ موازی اتصال یابند برای بدست آوردن سلف معادل می‌بایست هر قسمت را با استفاده از قواعد سری یا موازی مربوط به آن حل کنیم.

شکل ۲۹-۹

۴ـ۷ـ۹ـ بردار: بردار پاره‌خطی است که دارای اندازه (طول) و جهت (قلش) است. از بردار در مدارهای الکتریکی به عنوان وسیله‌ای جهت نمایش و محاسبه کمیت‌های مختلف الکتریکی مانند ولتاژ، جریان، مقاومت و توان استفاده می‌شود. (شکل ۲۹-۹)

در مدارهای الکتریکی برای رسم بردار مربوط به کمیت‌های الکتریکی قواعد زیر را به کار می‌برند.

■ برای رسم بردارها از محورهای مختصات استفاده می‌شود. (شکل ۵۰-۹)

شکل ۵۰-۹

* کمیت‌های مختلف مربوط به عناصر اهمی خالص روی محور افقی و در جهت مثبت رسم می‌شوند.

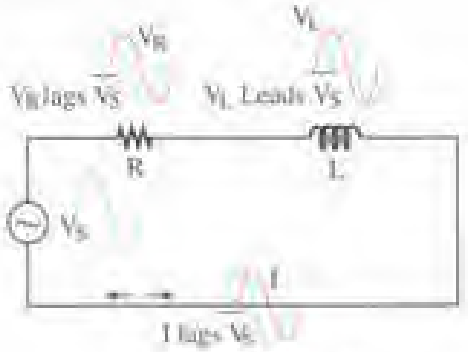
* کمیت‌های مختلف مربوط به عناصر غیر اهمی خالص روی محور عمودی رسم می‌شوند.

* در مدارهای ترکیبی AC برای رسم بردارها نخست بردار عامل مشترک مدار را روی محور افقی (جهت مثبت) رسم می‌شود و سپس بقیه عوامل غیرمشترک نسبت به آن رسم می‌شوند. مثلاً برای ترسیم ۹۰ درجه پیش فازی باید بردار روی محور عمودی مثبت یا برای ترسیم ۹۰ درجه پس‌فازی باید بردار روی محور عمودی منفی قرار گیرد. (شکل ۵۱-۹)

شکل ۵۱-۹

۵-۷-۹- مدارهای ترکیبی جریان متناوب:

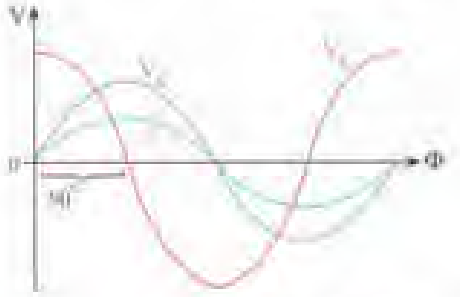
ـ مدار RL سری: این مدارها که از مقاومت اهمی و سلفی تشکیل شده‌اند دارای خاصیتی هستند که دربرگیرنده هر دوعامل است. (شکل ۵۲-۹)



شکل ۵۲-۹- مدار RL سری

I نسبت به V_L ۹۰ درجه پس‌فاز است.
I با V_R هم‌فاز هستند.

در این مدارها اختلاف فازی بین ولتاژ و جریان کل مدار وجود دارد. (شکل ۵۳-۹)



شکل ۵۳-۹- شکل موج‌های ولتاژ جریان مدار RL سری

میزان زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان می‌تواند بین صفر تا ۹۰ درجه باشد.

به طور کلی مقاومت معادل در مدارهای جریان متناوب را «امپدانس»[1] می‌گویند. امپدانس مدارهای RL سری ترکیبی از خاصیت اهمی و راکتانس سلفی است.

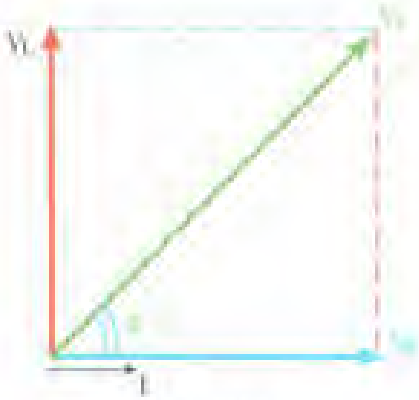
شکل ۵۴-۹- مقاومت معادل (امپدانس)

1. Impedance

می‌دانیم مدار سری است و عامل مشترک مدار جریان است و از طرف دیگر ولتاژ و جریان در عناصر اهمی همفاز و درعناصر سلفی ولتاژ به اندازه ۹۰ درجه از جریان جلوتر است.

با توجه به موارد فوق دیاگرام برداری ولتاژها در این مدار مطابق شکل (۵۵-۹) ترسیم می‌شود.

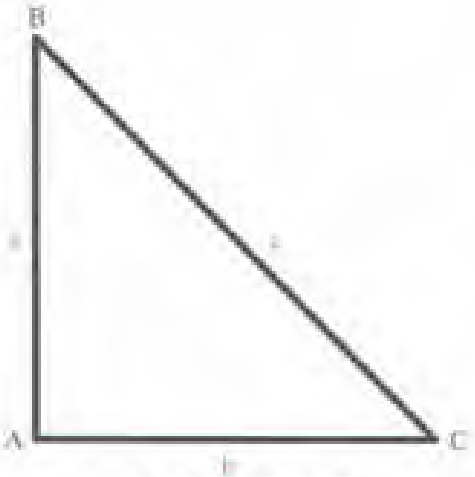
همانگونه که در شکل(۵۵- ۹) مشاهده می‌شود برای بدست آوردن ولتاژ کل مدار سری باید ولتاژهای دوسرمقاومت و سلف را با هم جمع کنیم. در مدارهای اهمی جمع جبری (ساده) قابل قبول است ولی در مدار ترکیبی سلف و مقاومت باید جمع برداری انجام شود.



شکل ۵۵-۹

به همین خاطر شکل بدست آمده به صورت یک مثلث قائم‌الزاویه درآمده است.

در مباحث ریاضی سال‌های گذشته قضیه فیثاغورث را فراگرفته‌اید. در این قضیه ارتباط بین اضلاع یک مثلث قائم‌الزاویه بیان می‌شود که خلاصه آن چنین است: بنابر قضیه فیثاغورث در هر مثلث قائم‌الزاویه شکل (۵۶- ۹) مجذور وتر مثلث برابر با حاصل جمع مربع دو ضلع دیگر مثلث است یعنی:



شکل ۵۶-۹- مثلث قائم الزاویه

$$(\text{وتر})^2 = (\text{ضلع عمودی})^2 + (\text{ضلع افقی})^2$$

$$(BC)^2 = (AB)^2 + (AC)^2$$

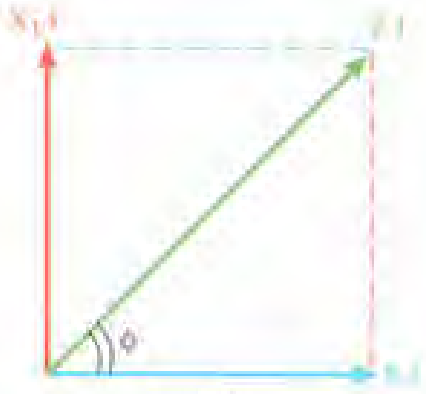
$$c^2 = a^2 + b^2$$

بر همین اساس و طبق رابطه فیثاغورث برای دیاگرام برداری ولتاژهای مدار RL سری در شکل(۵۵-۹) می‌توانیم بنویسیم:

$$V_s = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

در دیاگرام برداری ولتاژها اگر بجای ولتاژها معادل آنهارا قرار دهیم وسپس عامل مشترک (جریان) را حذف کنیم، دیاگرام برداری امپدانس بدست می‌آید. (شکل۵۷-۹)

امپدانس را بر حسب اهم و با استفاده از رابطه زیر می‌توان محاسبه کرد.



شکل ۵۷-۹

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

در مثلث تشکیل شده شکل (۵۷-۹) برای زاویه Φ نسبت‌های مثلثاتی sin و cos و tg را می‌توانیم به صورت مقابل بنویسیم:

$$\sin\Phi = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}}$$

$$\cos\Phi = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}}$$

$$\operatorname{tg}\Phi = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}}$$

در مدار RL سری برای ضرایب فوق روابط مقابل را می‌توان نوشت.

$$\sin\Phi = \frac{V_L}{V_S} = \frac{X_L}{Z}$$

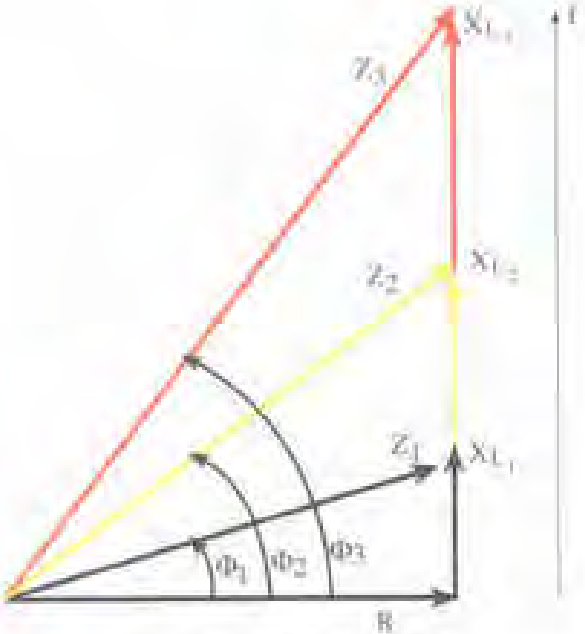
$$\cos\Phi = \frac{V_R}{V_S} = \frac{R}{Z}$$

$$\operatorname{tg}\Phi = \frac{V_L}{V_R} = \frac{X_L}{R}$$

نسبت‌های مثلثاتی $\sin\Phi$، $\cos\Phi$ را تحت عناوین زیر می‌شناسیم.

$\sin\Phi$ ـ ضریب قدرت دوانه، غیرحقیقی، غیرمفید، غیرمؤثر

$\cos\Phi$ ـ ضریب قدرت واته، حقیقی، مفید، مؤثر



شکل ۵۸-۹- دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس‌های مختلف

درمدارهای ترکیبی جریان متناوب پارامتر دیگری تحت عنوان «ضریب کیفیت»[1] مطرح است که با حرف Q نشان می‌دهیم. ضریب کیفیت را در حالت کلی به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$Q = 2\pi \times \frac{\text{ماکزیمم انرژی ذخیره شده}}{\text{انرژی مصرفی کل در هر سیکل}}$$

انرژی ذخیره شده در مدارها مربوط به مقاومت‌های سلفی و خازنی است در صورتی که انرژی مصرفی را بر اساس مقاومت اهمی بدست می‌آوریم مقدار ضریب کیفیت Q در مدارهای RC و RL با مقدار $\operatorname{tg}\Phi$ برابر است.

در مدار RL سری هر قدر فرکانس افزایش یابد، امپدانس بیشتر می‌شود. همچنین از طرف دیگر زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان کل مدار نیز افزایش می‌یابد. (شکل ۵۸-۹)

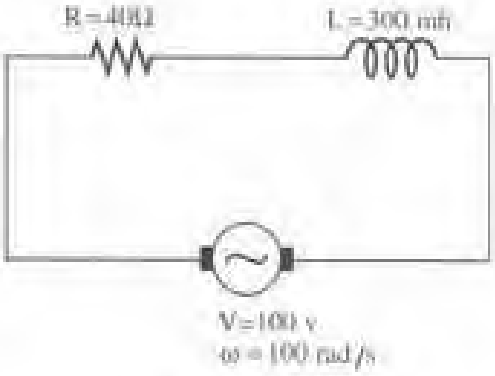
۱- Quality Factor

تغییرات امپدانس موجب تغییر در مقدار جریان مدار می‌شود.

زیرا:

$$I=\frac{V_S}{Z}$$

از مدار RL سری برای نشان دادن مدار معادل ترانسفورماتورها و موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود.



شکل ۹-۵۹

مثال: در مدار شکل(۹-۵۹) مقابل مطلوب است:

الف ـ امپدانس مدار

ب ـ افت ولتاژ دو سر هر عنصر

ج ـ ضریب کیفیت و ضریب توان دوراه

حل: مقادیر خواسته شده را بر اساس روابط مدارهای RL سری به‌صورت مقابل می‌توان به‌دست آورد.

$$X_L=2\pi fL=\omega L$$

$$X_L=100\times30\times10^{-3}$$

$$X_L=30\Omega$$

$$Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$$

$$Z=\sqrt{(40)^2+(30)^2}$$

$$Z=50\Omega$$

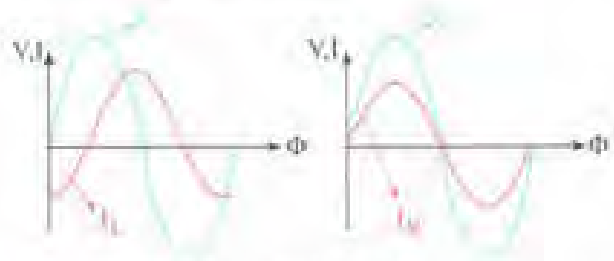
$$I=\frac{V}{Z}=\frac{100}{50}=2A$$

$$V_R=R.I_R=40\times2=80V$$

$$V_L=X_L.I_R=30\times2=60V$$

$$Q=\frac{X_L}{R}=\frac{30}{40}=0/75$$

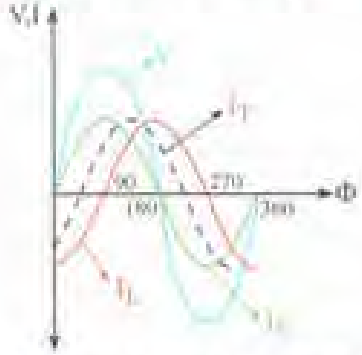
$$\sin\Phi=\frac{X_L}{Z}=\frac{30}{50}=0/6$$



شکل ۶۰-۹- مدار RL موازی

ـ مدار RL موازی: دراین مدارها مقاومت اهمی و سلف به صورت موازی وصل شده‌اند. عامل مشترک در مدارهای موازی ولتاژ است و جریان بین عناصر موجود در مدار به نسبت عکس مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. (شکل ۶۰-۹)

در شاخه اهمی ولتاژ و جریان با هم همفاز است و در شاخه سلفی ولتاژ و جریان نسبت به هم ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند در نتیجه دراین مدارها جریان کل نسبت به ولتاژ کل باندازه Φ درجه ($0 \le \Phi \le 90$) پس‌فاز خواهند شد. (شکل ۶۱-۹)

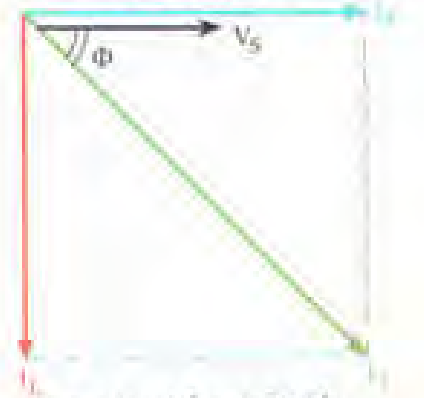


شکل ۶۱-۹- شکل موج‌های ولتاژ جریان مدار RL موازی

دیاگرام برداری جریان‌ها در این مدار به صورت شکل(۶۲-۹) است. بر اساس دیاگرام جریان‌ها رابطه زیر را می‌توانیم بنویسیم:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

مانند مدارهای سری اگر بجای جریان‌ها معادل آنها را قرار دهیم شکل دیگری از دیاگرام‌های مدار RL موازی را خواهیم داشت که اصطلاحاً به آن دیاگرام «ادمیتانس» یا عکس امپدانس گویند. شکل(۶۲-۹)



شکل ۶۲-۹- دیاگرام برداری جریانها

رابطه امپدانس مدارهای RL موازی بصورت زیر قابل محاسبه است:

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}$$

و پس از ساده‌شدن رابطه می‌توان نوشت:

$$Z = \frac{R.X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

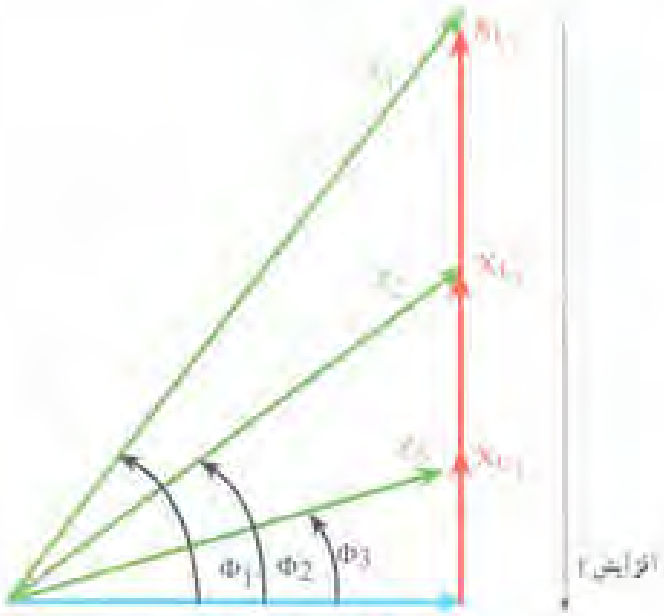
شکل ۶۳-۹- دیاگرام برداری جریان ها

با توجه به دیاگرام‌های برداری جریان‌ها و ادمیتانس‌ها برای ضرایب قدرت می‌توانیم بنویسیم :

$$\sin\phi = \frac{I_L}{I_T} = \frac{\frac{1}{X_L}}{\frac{1}{Z}} = \frac{Z}{X_L}$$

$$\cos\phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{Z}} = \frac{Z}{R}$$

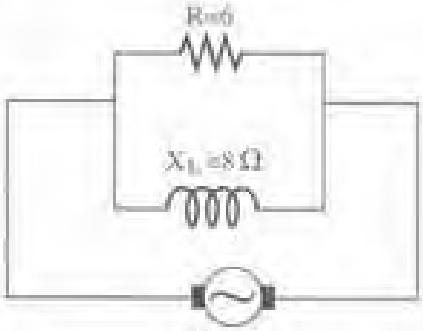
$$\tg\phi = \frac{I_L}{I_R} = \frac{\frac{1}{X_L}}{\frac{1}{R}} = \frac{R}{X_L}$$



شکل ۹-۶۴ دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس‌های مختلف

در این مدارها با افزایش فرکانس خاصیت راکتانس سلفی افزایش می‌یابد و جریان عبوری از سلف کم می‌شود. در این حالت زاویه اختلاف فاز کم شده و مدار به سمت خاصیت اهمی بیشتر میل می‌کند.

در شکل (۹-۶۴) کاهش زاویه اختلاف فاز را به خوبی می‌توان مشاهده کرد.



شکل ۹-۶۵

مثال: در مدار شکل (۹-۶۵) مطلوب است :

الف ـ امپدانس مدار

ب ـ جریان کل مدار

ج ـ جریان هر شاخه

د ـ ضریب قدرت دائره

حل: مقادیر خواسته شده را به صورت مقابل محاسبه می‌کنیم:

$$Z = \frac{R.X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

$$Z = \frac{۶ \times ۸}{\sqrt{(۶)^2 + (۸)^2}} = \frac{۴۸}{۱۰} = ۴/۸\Omega$$

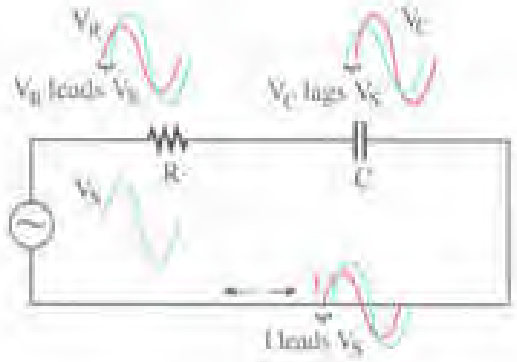
$$I = \frac{V}{Z} = \frac{۹۶}{۴/۸} = ۲۰A$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{۹۶}{۶} = ۱۶A$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{۹۶}{۸} = ۱۲A$$

$$\cos\phi = \frac{Z}{R} = \frac{۴/۸}{Z} = ۰/۸$$

ـ **مدار RC سری :** شکل(۶۶-۹) نمونه‌ای از این مدارها را نشان می‌دهد. از نظر فازی رابطه‌ای که بین ولتاژ و جریان وجود دارد شامل خصوصیات هر دو عنصر مدار است.

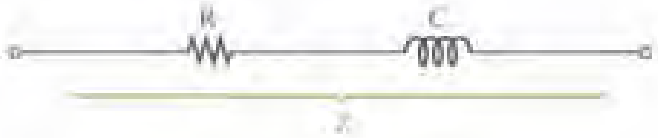


شکل ۶۶-۹- مدار RC سری

اندازه زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان کل مدار بین صفر تا ۹۰ درجه است (شکل ۶۷-۹)

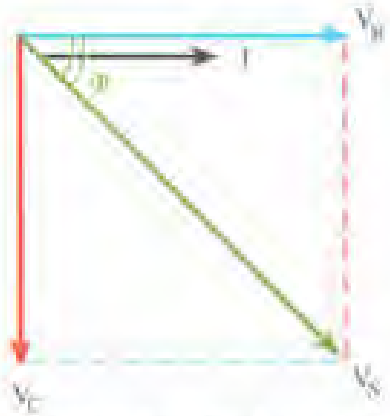
شکل ۶۷-۹- شکل موج‌های ولتاژی و جریان مدار RC سری

مقاومت معادل این مدار را تحت عنوان امپدانس می‌نامیم در برگیرنده هر دو خاصیت اهمی و خازنی مدار است.(شکل ۶۸-۹)



شکل ۶۸-۹- دیاگرام برداری امپدانس

در یک مدار سری جریان تمامی عناصر یکسان است و ولتاژ بین اجزای مدار و به نسبت مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. در مقاومت اهمی ولتاژ و جریان هم فاز ولی در خازن جریان به اندازه ۹۰ درجه پیش‌فاز است. بر همین اساس دیاگرام برداری ولتاژهای مدارRC سری مطابق شکل(۶۹-۹) خواهد شد. مقدار V_S از رابطه زیر به دست می‌آید :



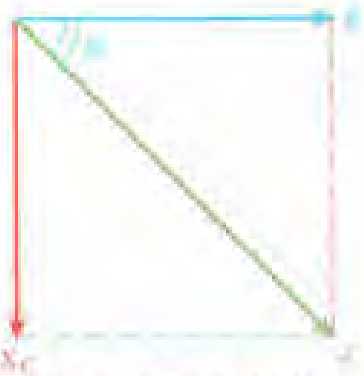
شکل ۶۹-۹- دیاگرام برداری ولتاژها

$$V_S = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

مشابه مدار RL سری اگر بجای ولتاژهای VR و V_C و V_S معادل‌هایشان را قرار دهیم و بعد عامل مشترک I را حذف کنیم دیاگرام امپدانس‌ها بدست می‌آید. (شکل ۹-۷۰)

با توجه به مثلث بدست آمده و رابطه فیثاغورث، امپدانس از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Z=\sqrt{R^2+X_C^2}$$



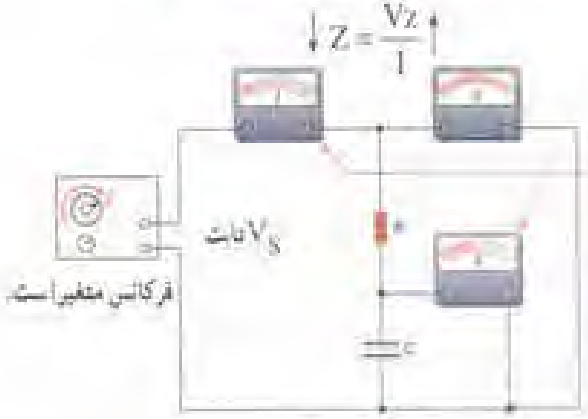
شکل ۹-۷۰- دیاگرام برداری امپدانس

از روی دیاگرام‌های برداری ولتاژها و امپدانس می‌توان ضرایب قدرت و ضریب کیفیت را به صورت زیر نوشت:

$$\sin\theta=\frac{V_C}{V_S}=\frac{X_C}{Z}$$

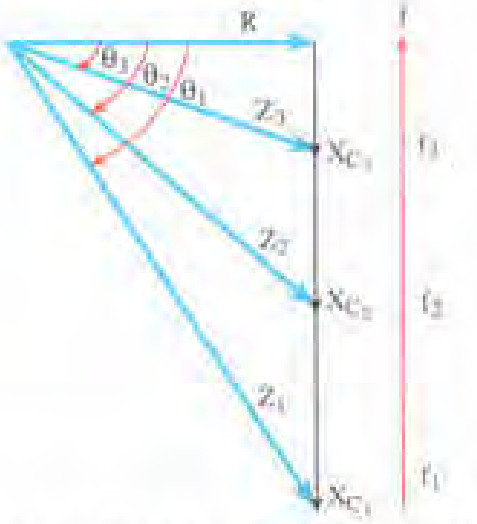
$$\cos\theta=\frac{V_R}{V_S}=\frac{R}{Z}$$

$$\operatorname{tg}\theta=\frac{V_C}{V_R}=\frac{X_C}{R}$$



شکل ۹-۷۱

با افزایش فرکانس در مدار RC سری مقدار راکتانس خازنی کاهش می‌یابد. در این حالت افت ولتاژ در سر خازن کم می‌شود و زاویه اختلاف فازش کاهش می‌یابد و مدار به سمت مقاومت اهمی میل می‌نماید. شکل (۹-۷۱) وضعیت مدار و شکل (۹-۷۲) دیاگرام برداری امپدانس را در فرکانس‌های مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۹-۷۲- دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس‌های مختلف

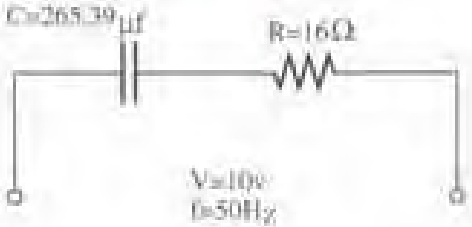
مثال: در مدار شکل (۹-۷۳) از یک مقاومت اهمی و یک خازن تشکیل شده است مطلوب است:

الف ـ امپدانس مدار

ب ـ جریان مدار

ج ـ ولتاژ دو سر هرعنصر

د ـ مقدار $\operatorname{tg}\varphi$



شکل ۹-۷۳

حل:

$$X_C=\frac{1}{2\pi fc}$$

$$X_C=\frac{1}{2\times3/14\times50\times265/39\times10^{-6}}=12\Omega$$

$$Z=\sqrt{R^2+X_C^2}=\sqrt{(16)^2+(12)^2}=20\Omega$$

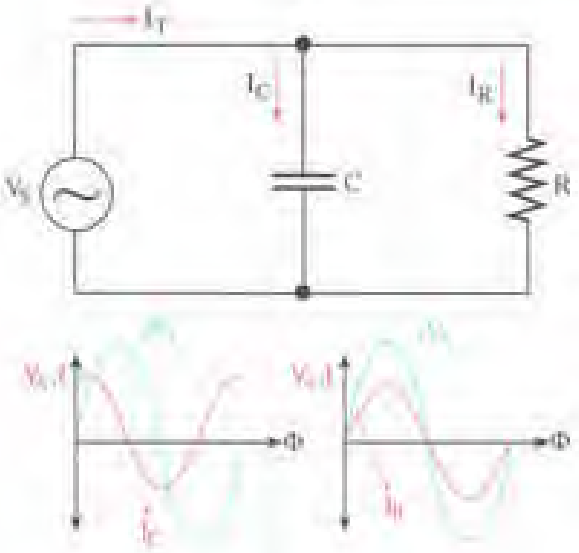
$$I=\frac{V}{Z}=\frac{100}{20}=5A$$

$$V_R=R.I=16\times5=80V$$

$$Vc=Xc.I=12\times5=60V$$

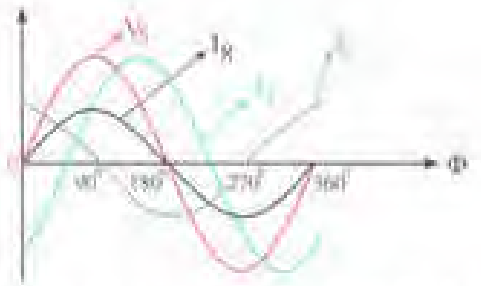
$$Cos\phi=\frac{R}{Z}=\frac{16}{20}=0/8$$

$$tg\phi=\frac{X_C}{R}=\frac{12}{16}=0/75$$



شکل ۹-۷۴- مدار RC موازی

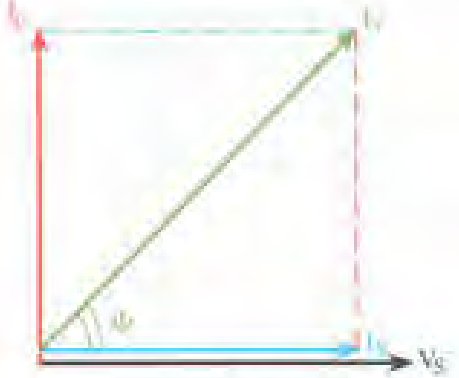
ـ مدار RC موازی: در این مدارها یک مقاومت و یک خازن به صورت موازی قرار می‌گیرند. (شکل ۹-۷۴)
عامل مشترک در این مدارها مانند سایر مدارهای موازی ولتاژ است در صورتی که جریان کل در بین شاخه‌ها به نسبت عکس مقدار مقاومت‌های مدار تقسیم می‌شود. جریان در شاخه اهمی با ولتاژ همفاز است و جریان در شاخه خازنی باندازه ۹۰ درجه از ولتاژ جلوتر (پیش‌فاز) است.



شکل ۹-۷۵ شکل موجهای ولتاژ و جریان مدار Rc موازی

مجموع (برآیند) زوایای اختلاف فاز ایجاد شده در دو شاخه مدار، جریان کل مدار I_T را نسبت به ولتاژ کل V_S صفر تا ۹۰ درجه پیش‌فاز می‌کند. شکل (۹-۷۵) همان‌گونه که می‌دانید مقاومت معادل بین دو شاخه موازی را امپدانس می‌نامند. مقدار امپدانس از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Z=\frac{R.X_C}{\sqrt{R^2+X_C^2}}$$



شکل ۹-۷۶- دیاگرام برداری جریان‌ها

دیاگرام برداری جریان‌های مدار مطابق شکل (۹-۷۶) رسم می‌شود و رابطه نهایی جریان کل به صورت زیر است:

$$I_T=\sqrt{I_R^2+I_C^2}$$

در صورت جایگزینی معادل جریان‌ها در دیاگرام شکل (۹-۷۶) دیاگرام برداری ادمیتانس‌ها به دست می‌آید. شکل (۹-۷۷) مقدار امپدانس که عکس ادمیتانس است با توجه به بردارهای مدار از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

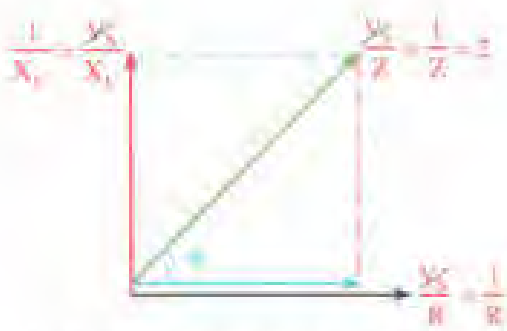
(طبق رابطه فیثاغورث)

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{X_C^2} + \frac{1}{R^2}$$

پس از مخرج مشترک گرفتن و ساده کردن رابطه امپدانس چنین به دست می‌آید.

$$Z = \frac{R.X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

برای محاسبه روابط ضرایب قدرت می‌توان از دیاگرام‌های برداری جریان‌ها و امپدانس‌ها استفاده کرد و روابط مقابل را به دست آورد.



شکل ۹-۷۷- دیاگرام برداری امپدانس (ادمیتانس)

$$\sin\phi = \frac{I_C}{I_T} = \frac{\frac{1}{X_C}}{\frac{1}{Z}} = \frac{Z}{X_C}$$

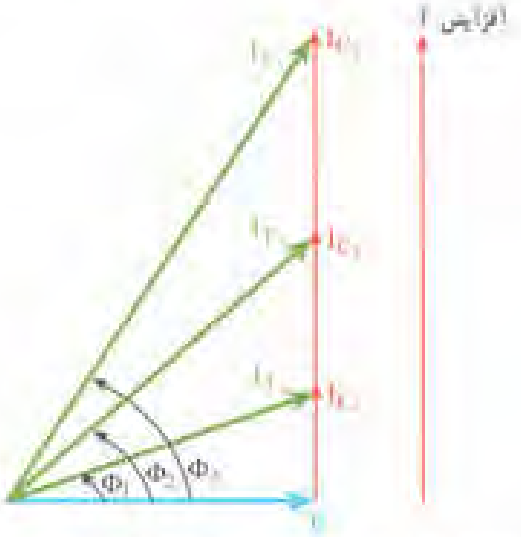
$$\cos\phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{Z}} = \frac{Z}{R}$$

$$\tg\phi = \frac{I_C}{I_R} = \frac{\frac{1}{X_C}}{\frac{1}{R}} = \frac{R}{X_C}$$

افزایش فرکانس در این مدارها باعث می‌شود تا X_C کاهش یابد و جریان شاخه خازنی زیاد شود. در این حالت:

$$\downarrow X_C = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow \uparrow I_C = \frac{V_R}{X_C \downarrow}$$

خاصیت خازنی مدار بیشتر شده، و در نتیجه زاویه اختلاف فاز مدار افزایش می‌یابد. (شکل ۹-۷۸)



شکل ۹-۷۸- دیاگرام برداری امپدانس بر ازای فرکانس‌های مختلف

مثال: خازنی به ظرفیت ۶۱/۵۷ μF یا یک مقاومت ۴ اهمی بطور موازی به ولتاژ متناوب ۱۲۰ ولتی با فرکانس ۵۰ هرتز اتصال داده شده است. مطلوب است:

الف - جریان هریک از عناصر

ب - جریان کل مدار

ج - امپدانس مدار

د - ضریب قدرت وانه و دوانه مدار

حل: با توجه به توضیحات فوق شکل مدار را به صورت شکل (۹-۷۹) می‌توان رسم کرد.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \times 3/14 \times 50 \times 1061/57 \times 10^{-6}} = 3\Omega$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{120}{4} = 30A$$

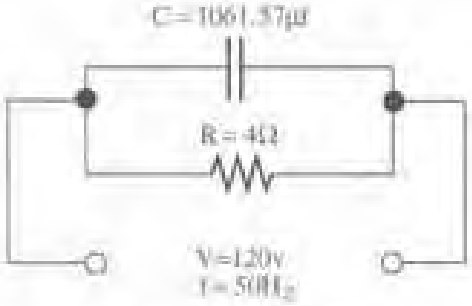
$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{120}{3} = 40A$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{(30)^2 + (40)^2} = 50A$$

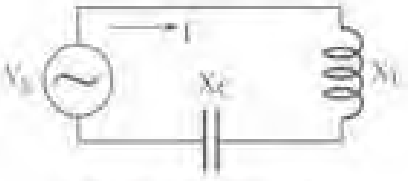
$$Z = \frac{V}{I} = \frac{120}{50} = 2/4\Omega$$

$$tg\Phi = \frac{Z}{R} = \frac{2/4}{4} = 0/6$$

$$Sin\Phi = \frac{Z}{X_C} = \frac{2/4}{3} = 0/8$$



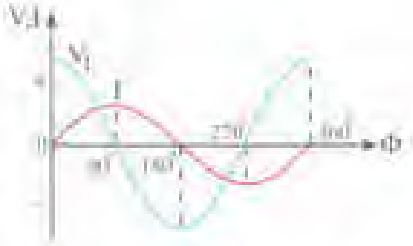
شکل ۹-۷۹- مدار RC سری



شکل ۹-۸۰- مدار LC سری

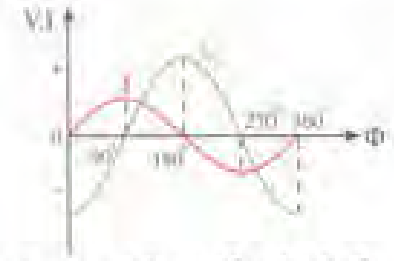
ـ مدار LC سری: در شکل (۹-۸۰) تصویر مدار LC سری را ملاحظه می‌کنید. در این مدار جریان عبوری برای سلف و خازن ثابت است (عامل مشترک) ولی ولتاژ کل در بین عناصر سلفی و خازنی تقسیم می‌شود.

شکل (۹-۸۱) رابطه فازی بین ولتاژ و جریان در سلف را نشان می‌دهد.



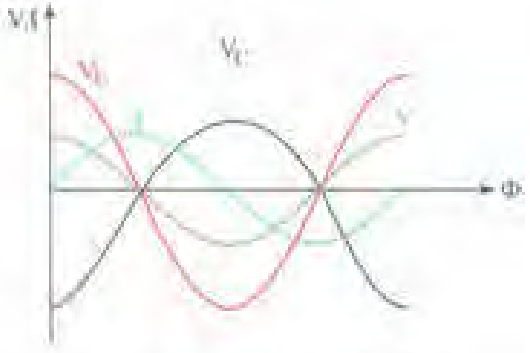
شکل ۹-۸۱- شکل موج ولتاژ و جریان سلف

در شکل (۹-۸۲) رابطه فازی بین ولتاژ و جریان خازن را مشاهده می‌کنید.



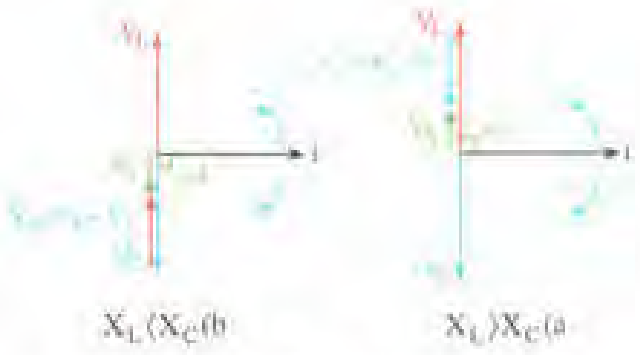
شکل ۹-۸۲- شکل موج ولتاژ و جریان خازن

رابطه فازی بین ولتاژ و جریان در کل مدار را برای حالتی که $X_L > X_C$ است در شکل(۹-۸۳) نشان داده شده است. چون عملکرد خازن و سلف عکس یکدیگر است اثرات یکدیگر را خنثی می‌کنند. بنابراین در حالتی که $X_L > X_C$ است مدار دارای خاصیت سلفی می‌شود. در صورتی که $X_C > X_L$ باشد مدار دارای خاصیت خازنی خواهد بود.



شکل ۹-۸۳- شکل موج‌های ولتاژ و جریان مدار LC سری در حالت $X_L > X_C$

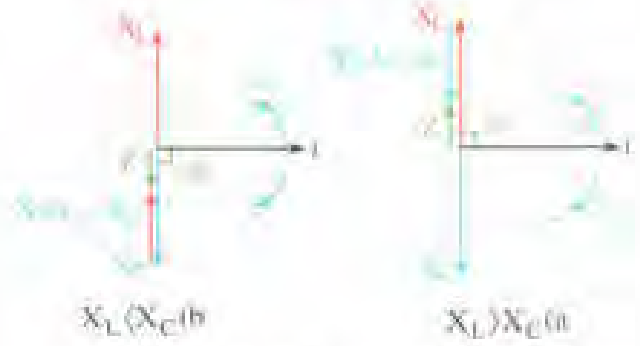
دیاگرام برداری ولتاژها و امپدانس در اینگونه مدارها را می‌توان در دو حالت $X_L)X_C$ و $X_L(X_C$ رسم کرد. در شکل (۸۴-۹) دیاگرام‌های ولتاژ را مشاهده می‌کنید.



$X_L)X_C$(a $X_L(X_C$(b

شکل ۸۴-۹- دیاگرام برداری ولتاژها در حالت‌های مختلف

در شکل (۸۵-۹) دیاگرام برداری امپدانس‌ها در دو حالت $X_L)X_C$ و $X_L(X_C$ ترسیم شده است.



$X_L)X_C$(a $X_L(X_C$(b

شکل ۸۵-۹- دیاگرام برداری امپدانس‌ها در حالت‌های مختلف

جون بردارها با هم ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند لذا می‌توان آنها را بصورت خطی با هم جمع‌برداری (تفریق) کرد.

بنابراین روابط ولتاژ کل و امپدانس به صورت مقابل در می‌آید.

$$V_S = V_L - V_C \quad X_L)X_C \qquad \text{یا} \qquad V_S = V_C - V_L \quad X_L(X_C$$

$$Z = X_L - X_C \quad X_L)X_C \qquad \text{یا} \qquad Z = X_C - X_L \quad X_L(X_C$$

در مدارهای LC سری زاویه بین ولتاژ $\bar{V}s$ و جریان $\bar{I}$ برابر با (۹۰+) درجه یا (۹۰-) درجه است. بنابراین در این مدارها ضرایب cos، tg را نمی‌توان مطرح کرد زیرا:

$\cos(90^\circ) = 0$ $\quad \cos(-90^\circ) = 0$

$tg(90^\circ) =$ نامشخص $\quad tg(-90^\circ) =$ نامشخص

ضریب Sinϕ در این مدارها برابر با (۰+۱) یا (۰-۱) است.

$\sin(90^\circ) = 1$ $\quad \sin(-90^\circ) = -1$

تغییر فرکانس بر روی هر دو عامل X_L و X_C مؤثر است. زیرا اگر f زیاد شود X_L زیاد و X_C کم می‌شود.

$$\uparrow X_L = 2\pi \uparrow f \uparrow L \qquad \downarrow X_C = \frac{1}{2\pi \uparrow f \uparrow C}$$

به همین دلیل در مدارهای LC نقطه خاصی وجود دارد که آن را نقطه «رزنانس»[1] می‌نامند. نقطه رزنانس نقطه‌ای است که در آن نقطه، خازن موجود در مدار اثر سلف را خنثی می‌کند. منحنی تغییرات امپدانس نسبت به فرکانس در این مدارها مشابه شکل(۸۶-۹) است. با توجه به شکل در نقطه‌ای که $X_L = X_C$ است حالت رزنانس به وجود می‌آید. فرکانس رزنانس از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

چون در حالت رزنانس $X_L = X_C$ است. بنابراین جریان کل مدار در حالت رزنانس خیلی زیاد (بی‌نهایت ∞) می‌شود.

مثال: جریان مدار شکل(۸۷-۹) چند آمپر است؟

حل:

$$X_L = 2\pi f L$$

$$X_L = 2 \times 3/14 \times 50 \times 51 \times 10^{-3} = 16\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2 \times 3/14 \times 50 \times 1061/57 \times 10^{-6}} = 3\Omega$$

چون مقدار X_L بزرگتر از مقدار X_C است و مدار خاصیت سلفی دارد لذا رابطه امپدانس را بصورت زیر بکار می‌بریم:

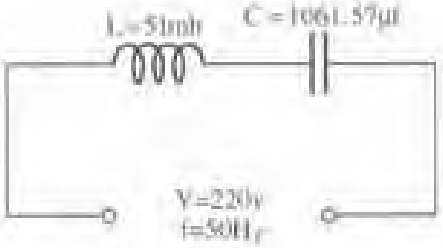
$$Z = X_L - X_C$$

$$Z = 16 - 3 = 13\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{220}{12} = 18/3A$$

مثال: دیاگرام برداری یک مدار LC سری مطابق شکل (۸۸-۹) است در صورتی که مقدار راکتانس خازنی ۳۱۸ اهم باشد مقدار راکتانس سلف و ولتاژ کل مدار چقدر است؟

شکل ۸۶-۹- منحنی‌های تغییرات X_L و X_C به ازای تغییرات فرکانس



شکل ۸۷-۹- مدار LC سری

شکل ۸۸-۹- دیاگرام برداری ولتاژهای مدار LC سری

1. Resonance

حل:

$$V_S = V_C - V_L$$

$$V_C = ۳۱۸ - ۹۸ = ۲۲۰\ V$$

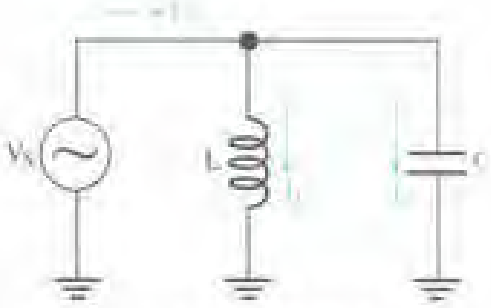
$$V_C = X_C I \Rightarrow I = \frac{V_C}{X_C}$$

$$I = \frac{۳۱۸}{۳۱۸} = ۱\ A$$

$$V_L = X_L I \Rightarrow X_L = \frac{V_L}{I}$$

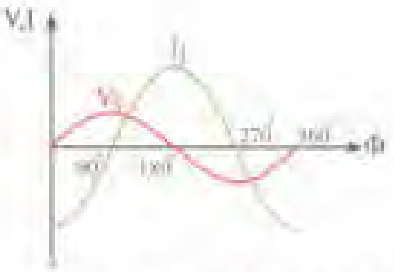
$$X_L = \frac{۹۸}{۱} = ۹۸\ \Omega$$

$$X_L = ۲\pi f L \Rightarrow L = \frac{X_L}{۲\pi f} = \frac{۹۸}{۲ \times ۳.۱۴ \times ۵۰} = ۰/۳۱\ h$$



شکل ۸۹-۹- مدار LC موازی

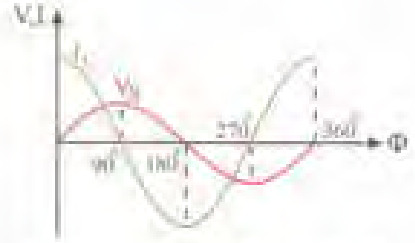
ـ مدار LC موازی : شکل(۸۹-۹) تصویر مدار LC موازی را نشان می‌دهد. ولتاژ (V_S) برای هر دو عنصر مدار یکسان است و جریان کل (I_T) بین دو شاخه به نسبت عکس راکتانس‌ها تقسیم می‌شود.



شکل ۹۰-۹- شکل موج ولتاژ و جریان سلف

در شاخه خازنی جریان I_C نسبت به ولتاژ V_S به اندازه ۹۰ درجه جلوتر و در شاخه سلفی جریان (I_L) نسبت به ولتاژ (V_S) به اندازه ۹۰ درجه عقب‌تر.

شکل (۹۰-۹) رابطه فازی جریان و ولتاژ شاخه سلفی و شکل (۹۱-۹) رابطه فازی جریان و ولتاژ شاخه خازنی را نشان می‌دهد.

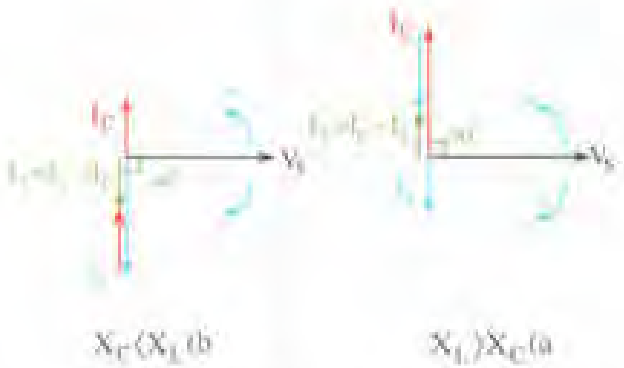


شکل ۹۱-۹- شکل موج ولتاژ و جریان خازن

این مدار می‌تواند یکی از دو حالت $X_C > X_L$ یا $X_L > X_C$ را داشته باشد. بنابراین شکل مربوط به رابطه فازی ولتاژ و جریان را می‌توان برای هر دو حالت فوق رسم کرد. در شکل (۹۲-۹) فقط حالت $X_L > X_C$ رسم شده است.

شکل ۹۲-۹- شکل موج‌های ولتاژ و جریان مدار LC موازی در حالت $X_L > X_C$

دیاگرام برداری جریان‌های مدار در دو حالت $X_L)X_C$ و $X_C)X_L$ در شکل ۹۳-۹ نشان داده شده است.



$X_C)X_L$ (b $X_L)X_C$ (a

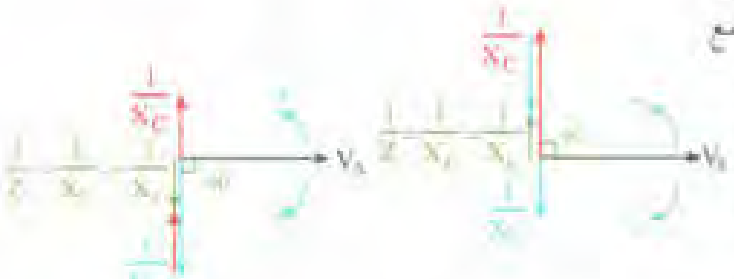
شکل ۹۳-۹- دیاگرام برداری جریان I_T در حالتهای مختلف

می‌توانیم به جای جریان‌ها ازمعادل آنها یعنی:
$\frac{V_S}{I_T}$ و $\frac{V_S}{I_L}$ و $\frac{V_S}{I_C}$ استفاده کنیم و دیاگرام برداری ادمیتانس‌ها (۷) را طبق شکل (۹۴-۹) بدست آوریم.

بردار برآیند جریان‌ها و ادمیتانس‌ها در مدار LC موازی نیز مشابه مدار L_C سری به صورت جبری (خطی) یا هم جمع می‌شوند. یعنی:

$$\begin{aligned} I_T &= I_C - I_L \quad \text{یا} \quad X_L)X_C \\ I_T &= I_L - I_C \quad \text{یا} \quad X_C)X_L \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{Z} &= \frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \quad X_L)X_C \\ \frac{1}{Z} &= \frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C} \quad X_C)X_L \end{aligned}$$



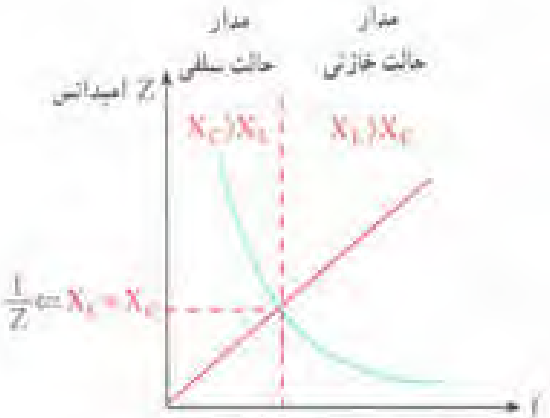
$X_L)X_C$ (b $X_C)X_L$ (a

شکل ۹۴-۹- دیاگرام برداری عکس امپدانس‌ها (ادمیتانس‌ها) در حالت‌های مختلف

در مدارهای LC موازی ـ مشابه مدارهای سری بین ولتاژ و جریان یک اختلاف فاز ۹۰ درجه وجود دارد. ضرایب قدرت به شرح زیر است:

$\cos(90^\circ)=0$	$\cos(-90^\circ)=0$
$\sin(90^\circ)=1$	$\sin(-90^\circ)=-1$
$\tan(90^\circ)=$ نامشخص	$\tan(-90^\circ)=$ نامشخص

متناسب با تغییرات فرکانس، مدار در یکی ازحالت‌های سلفی، خازنی و یا رزنانس منحنی تغییرات امپدانس نسبت به فرکانس در شکل (۹۵-۹) ترسیم شده است.



شکل ۹۵-۹- منحنی تغییرات X_L و X_C به ازای تغییرات فرکانس

مقدار فرکانس رزنانس مدار از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

به علت مخالفت سلف با جاری اگر I_C با I_L مساوی باشد جریان کل مدار در حالت رزنانس برابر با صفر است. (شکل ۹-۹۶)

شکل ۹-۹۶ - وضعیت بردارها در حالت رزنانس

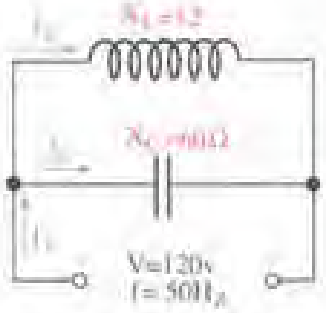
مثال: جریان کل و جریان هر شاخه شکل (۹-۹۷) را بدست آورید.

حل:

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{۱۲۰}{۱۲} = ۱۰A$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{۱۲۰}{۶۰} = ۲A$$

مدار حالت سلفی دارد. $I_T = I_L - I_C = ۱۰ - ۲ = ۸A$



شکل ۹-۹۷- مدار LC موازی

مثال: در مدار شکل (۹-۹۸) مطلوب است:

الف - امپدانس مدار

ب - جریان کل مدار

ج - فرکانس رزنانس

حل:

$$X_L = ۲\pi fL = ۲ \times ۳/۱۴ \times ۵۰ \times ۲۱/۵ \times ۱۰^{-۳} = ۸\Omega$$

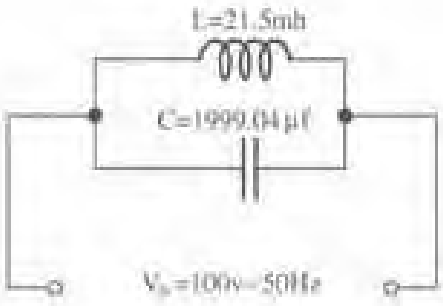
$$X_C = \frac{۱}{۲\pi fC} = \frac{۱}{۲ \times ۳/۱۴ \times ۵۰ \times ۱۹۹/۰۴} = ۱۶\Omega$$

$$Z = \frac{X_C \cdot X_L}{X_C - X_L} = \frac{۱۶ \times ۸}{۱۶ - ۸} = \frac{۱۲۸}{۸} = ۱۶\Omega$$

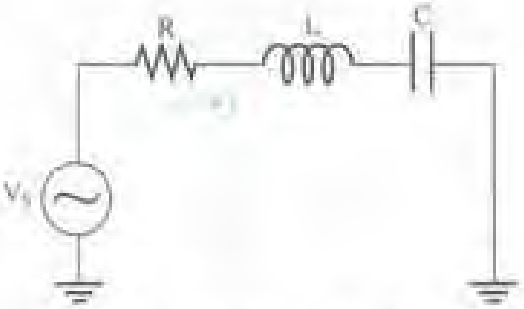
$$I = \frac{V_S}{Z} = \frac{۱۰۰}{۱۶} = ۶/۲۵A$$

$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}} = \frac{۱}{۲ \times ۳/۱۴ \times \sqrt{۲۱/۵ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۹۹/۰۴ \times ۱۰^{-۶}}}$$

$f_r = ۷۶/۹۷Hz$

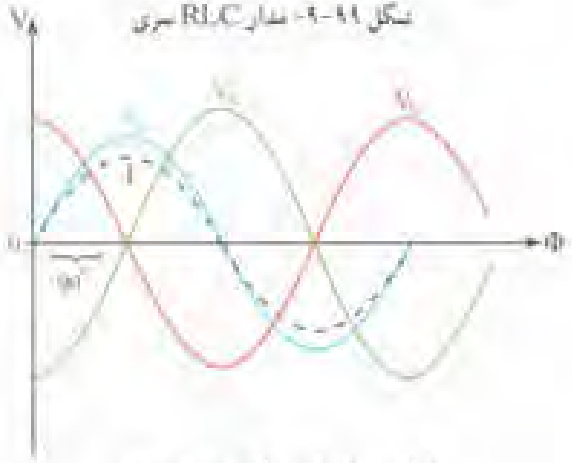


شکل ۹-۹۸



شکل ۹۹-۹- مدار RLC سری

ـ مدار RLC سری: در شکل(۹۹-۹) تصویر مدار RLC سری نشان داده شده است. در این مدار چون خازن، مقاومت وسلف با هم وجود دارد، سه نوع اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان می‌آید. در مدار سری، جریان در تمامی عناصر یکسان است و ولتاژ V_S بین اجزای مدار به نسبت مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.



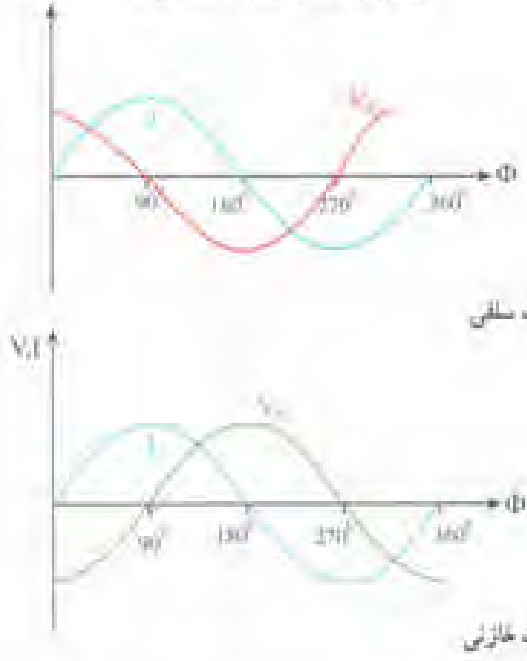
شکل ۱۰۰-۹ - شکل موج‌های ولتاژ و جریان عناصر مدار RLC سری

همانگونه که در شکل (۱۰۰-۹)مشاهده می‌شود روابط فازی بین ولتاژها و جریان کل مدار به شرح زیر است:

۱- V_L نسبت به I، ۹۰ درجه پیش‌فاز می‌شود.

۲- V_C ۹۰ درجه نسبت به I پس فاز است.

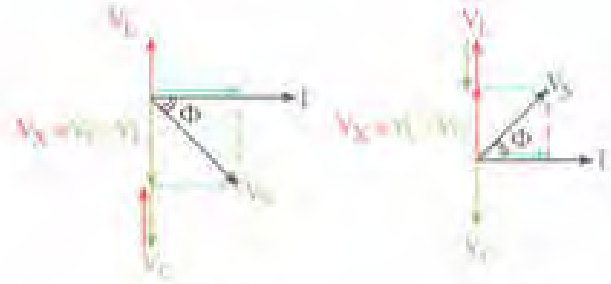
۳- V_R با جریان I هم فاز است.



شکل ۱۰۱-۹- شکل موج‌های ولتاژو جریان کل مدار در حالت‌های سلفی و خازنی

با توجه به روابط فازی اشاره شده می‌توان نتیجه گرفت بین ولتاژ و جریان کل مدار با توجه به مقادیر مقاومت‌ها می‌تواند یک زاویه اختلاف فاز در محدوده ۹۰ - درجه تا ۹۰+درجه به وجود آید. در ازاء افزایش راکتانس سلفی مدار (X_L) مدار حالت سلفی پیدا می‌کند و زاویه اختلاف فاز به ۹۰ + درجه نزدیک می‌شود شکل (a-۱۰۱-۹) و چنانچه راکتانس خازنی مدار (X_C) نسبت به راکتانس سلفی (X_L) افزایش یابد مدار خاصیت خازنی پیدا می‌کند و زاویه اختلاف فاز به ۹۰ - درجه نزدیک می‌شود. شکل (b-۱۰۱-۹)

دیاگرام برداری ولتاژها را در دو حالت $X_L > X_C$ و $X_C > X_L$ می‌توان رسم کرد.



a) $X_L > X_C$ b) $X_C > X_L$

شکل ۹-۱۰۴- دیاگرام برداری ولتاژها در حالت‌های مختلف

شکل (۹-۱۰۲) دیاگرام برداری ولتاژها و شکل (۹-۱۰۳) دیاگرام برداری امپدانس‌ها را نشان می‌دهد.

a) $X_L > X_C$ b) $X_C > X_L$

شکل ۹-۱۰۳- دیاگرام برداری امپدانس‌ها در حالت‌های مختلف

مانند مدارهای سری قبل برای مثلث‌های تشکیل شده در دیاگرام های برداری می‌توان رابطه فیثاغورث را به شرح زیر نوشت. شکل موج ولتاژهای دو سر سلف، خازن وترکیب آنها را در شکل (۹-۱۰۴) مشاهده می کنید.

$$V_S = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} \qquad V_L > V_C$$

$$V_S = \sqrt{V_R^2 + (V_C - V_L)^2} \qquad V_C > V_L$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \qquad X_L > X_C$$

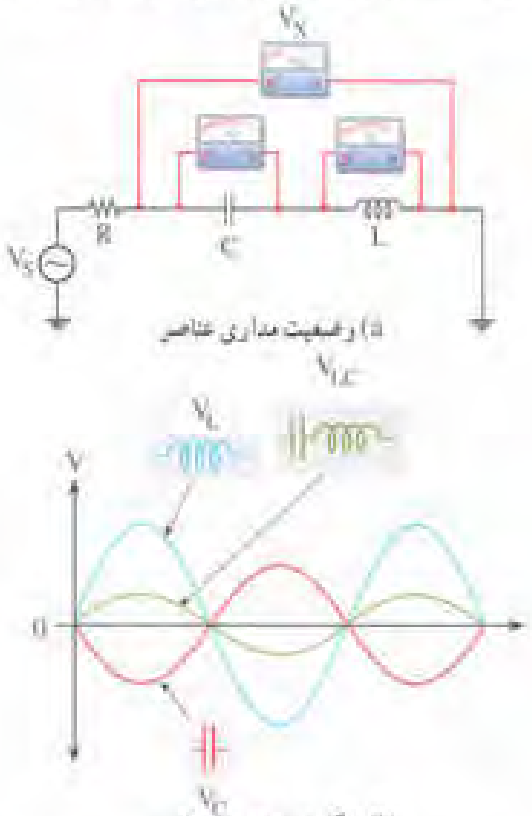
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \qquad X_C > X_L$$

ضریب قدرت و ضریب کیفیت در مدارهای RLC سری بر اساس روابط زیرقابل محاسبه است.

$$\cos\varphi = \frac{V_R}{V_S} = \frac{R}{Z}$$

$$\sin\varphi = \frac{V_X}{V_S} = \frac{X^{(1)}}{Z}$$

$$tg\varphi = \frac{V_X}{V_R} = \frac{X}{R}$$



a) وضعیت مداری عناصر

b) شکل موج در سر عناصر

شکل ۹-۱۰۴- شکل موج‌های ولتاژ، سلف، خازن و ترکیب آنها را به همراه وضعیت مداری

۱- منظور از X راکتانس معادل بین X_L و X_C مدار است.

در این مدارها افزایش فرکانس روی X_L و X_C مؤثر است به‌طوری که سبب افزایش X_L و کاهش X_C می‌شود. زیرا:

$$\downarrow X_C = \frac{1}{2\pi f_r C} \qquad \uparrow X_L = 2\pi f_r L$$

در مدارهای RLC به ازای تغییر فرکانس نقطه‌ای بوجود می‌آید که در آن نقطه مقدار X_L با X_C برابر می‌شود.

این حالت را در اصطلاح «رزونانس یا تشدید» می‌نامند. فرکانس آن را با (f_r) نمایش می‌دهند. (شکل ۹-۱۰۵)

شکل ۹-۱۰۵- منحنی تغییرات X_L ، X_C به ازای تغییرات فرکانس

شکل (۹-۱۰۵) منحنی تغییرات X_L و X_C را نسبت به تغییر فرکانس نشان می‌دهد. با توجه به اینکه در لحظه رزونانس خاصیت‌های سلفی و خازنی یکدیگر را خنثی می‌کنند امپدانس مدار برابر با $Z = R$ خواهد شد.

فرکانس رزونانس مدار را به صورت زیر می‌توان محاسبه کرد.

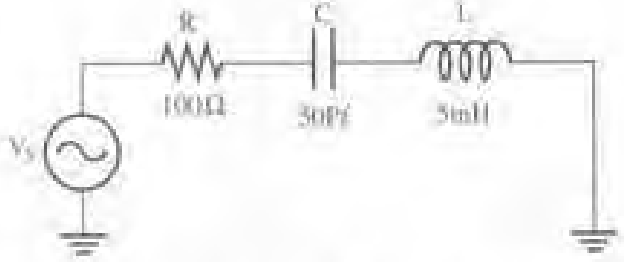
در حالت رزونانس

$$X_L = X_C$$

$$2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f_r C}$$

$$f_r^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

$$\boxed{f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$$



شکل ۹-۱۰۶- شکل موج‌های ولتاژ و جریان کل مدار در شرایط مختلف

مثال: فرکانس رزونانس مدار (شکل ۹-۱۰۶) چقدر است؟

حل: با استفاده از رابطه f_r داریم:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\times 3/14\times\sqrt{(5\text{mh})(50\text{pf})}}$$

$$f_r = \frac{1}{6/28\sqrt{5\times10^{-3}\times50\times10^{-12}}} = \frac{1}{6/28\sqrt{250\times10^{-15}}}$$

$$f_r = \frac{1}{6/28\times15/8\times10^{-7}} = \frac{10^7}{31/4} = 318000\text{Hz} = 318\text{kHz}$$

از مجموعه مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که در فرکانس‌های کمتر از فرکانس رزنانس X_C زیاد است و مدار حالت خازنی دارد به عبارت دیگر جریان مدار (I) نسبت به ولتاژکل (V_S) به اندازهθ درجه جلوتر است. در شرایطی که فرکانس مدار بیشتر از فرکانس رزنانس باشد مقدار (X_L) زیادتر می‌شود و جریان I اندازه θ درجه از ولتاژ (V_S)عقب می‌ماند. بنابراین در حالت رزنانس مدار فقط خاصیت اهمی دارد و ولتاژ (V_S) با جریان I هم فاز است. در شکل (۹-۱۰۷) این مطلب نشان داده شده است.

مثال: با در نظر گرفتن مدارشکل(۹-۱۰۸) مطلوب است:

الف ـ امپدانس مدار

ب ـ جریان مدار

ج ـ ولتاژدوسرعناصرمدار

د ـ ضریب قدرت زاویه و دوزاویه

هـ ـ ضریب کیفیت مدار

و ـ فرکانس رزنانس

حل:

$$X_L = 2\pi fL = 2 \times 3/14 \times 0/0637 \times 50 = 20\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times 3/14 \times 50 \times 398/09 \times 10^{-6}} = 8\Omega$$

چون XL/XC است پس مدار خاصیت سلفی دارد و در نتیجه :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(12)^2 + (20-8)^2} = 20\Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{200}{20} = 10A$$

$$V_R = R.I = 12 \times 10 = 120V$$

$$V_L = X_L.I = 20 \times 10 = 200V$$

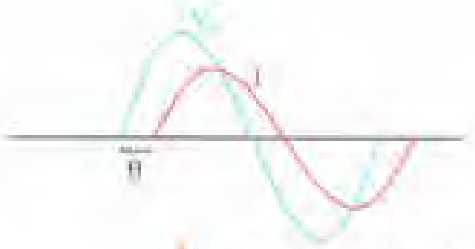
$$V_C = X_C.I = 8 \times 10 = 80V$$

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{12}{20} = 0/6$$

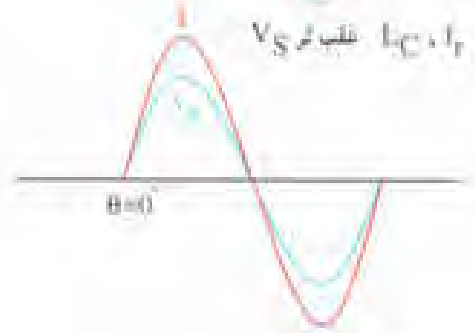
$$\sin\phi = \frac{X}{Z} = \frac{20-8}{20} = 0/8$$

$$Q = \tg\phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{20-8}{12} = 1$$

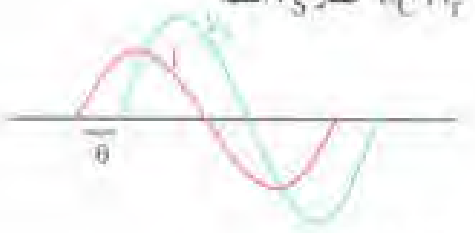
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \times 3/14 \times \sqrt{0/0637 \times 398/09 \times 10^{-6}}} = 31/62Hz$$



a) I_C ، I_L بالاتر از V_S عقب تر

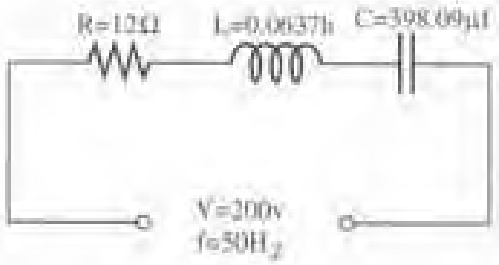


b) I_C ، I_L بالاتر از V_S است. V_S هم فاز



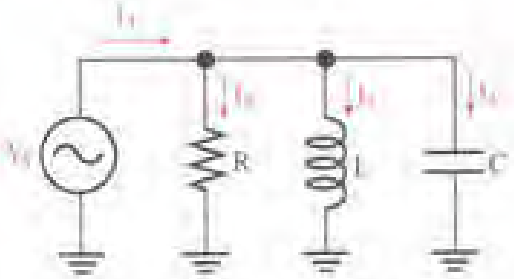
c) I_C ، I_L جلوتر از V_S

شکل ۹-۱۰۷- شکل موج‌های ولتاژ و جریان کل مدار در شرایط مختلف



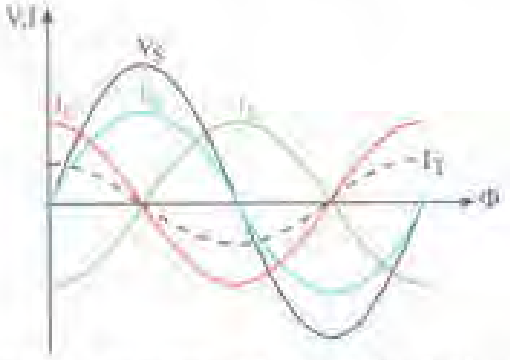
شکل ۹-۱۰۸

ـ مدار RLC موازی : هرگاه سه عنصر مقاومت، سلف و خازن طبق شکل (۹-۱۰۹) اتصال یابند، این اتصال را اتصال موازی می‌گویند. ولتاژ در این مدارها برای همه عناصر و جریان بین شاخه‌ها به نسبت عکس مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.



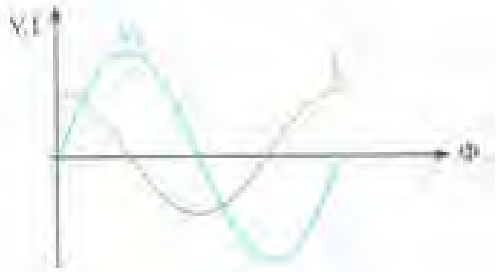
شکل ۹-۱۰۹ مدار RLC موازی

روابط فازی بین ولتاژ و جریان‌ها به صورت شکل (۹-۱۱۰) است. در این مدار جریان I_C به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ V_S جلوتر، جریان I_L به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ V_S عقب‌تر و جریان I_R با ولتاژ V_S هم فاز است.



شکل ۹-۱۱۰- شکل موج‌های ولتاژ و جریان در مدار RLC موازی

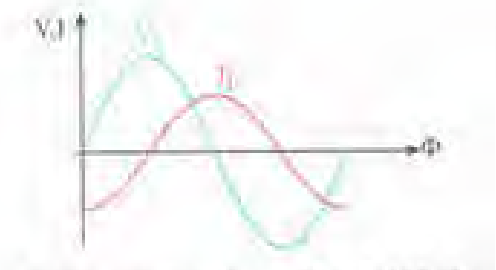
چون جریان شاخه خازنی ۹۰ درجه جلوتر و جریان شاخه سلفی ۹۰ درجه عقب‌تر از ولتاژ است لذا جریان‌های سلفی و خازنی با یکدیگر به اندازه ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند، بنابراین دو جریان در دو جهت برآیند بین این دو (I_X) از تفاضل آنها بدست می‌آید. شکل(۹-۱۱۱) و شکل (۹-۱۱۲) شکل موج‌های جریان‌های I_C و I_L را نسبت به ولتاژ نشان می‌دهد.



شکل ۹-۱۱۱- شکل موج ولتاژ و جریان در شاخه L ، V خازنی

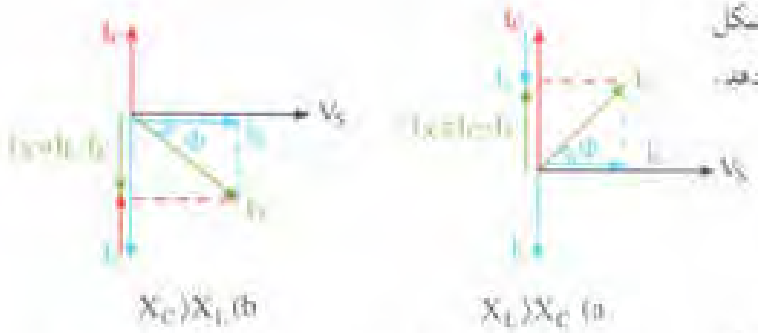
در مدارهای رزنانس با اضافه‌شدن X_L جریان شاخه سلفی کم می‌شود و مدار خاصیت خازنی بیشتری پیدا می‌کند در این حالت زاویه اختلاف فاز بین I_T و V_S در محدوده صفر و ۹۰ درجه در حالت خازنی قرار می‌گیرد. در صورتی که X_C افزایش یابد شرایط عکس اتفاق می‌افتد و مدار سلفی می‌شود.

دیاگرام‌های برداری جریان‌ها و امپدانس برای دو حالت $X_L)X_C$ و $X_C)X_L$ قابل ترسیم است.



شکل ۹-۱۱۲- شکل موج ولتاژ و جریان در شاخه سلفی

شکل (۱۱۳-۹) دیاگرام جریان‌ها را در دو حالت و شکل (۱۱۴-۹) دیاگرام عکس امپدانس ها را در دو حالت نشان می‌دهد.



a) $X_L > X_C$ b) $X_C > X_L$

شکل ۱۱۳-۹- دیاگرام برداری جریان‌ها در حالت‌های مختلف

با استفاده از دیاگرام‌های برداری و رابطه فیثاغورث برای جریان‌ها می‌توانیم بنویسیم.

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} \qquad X_C > X_L$$

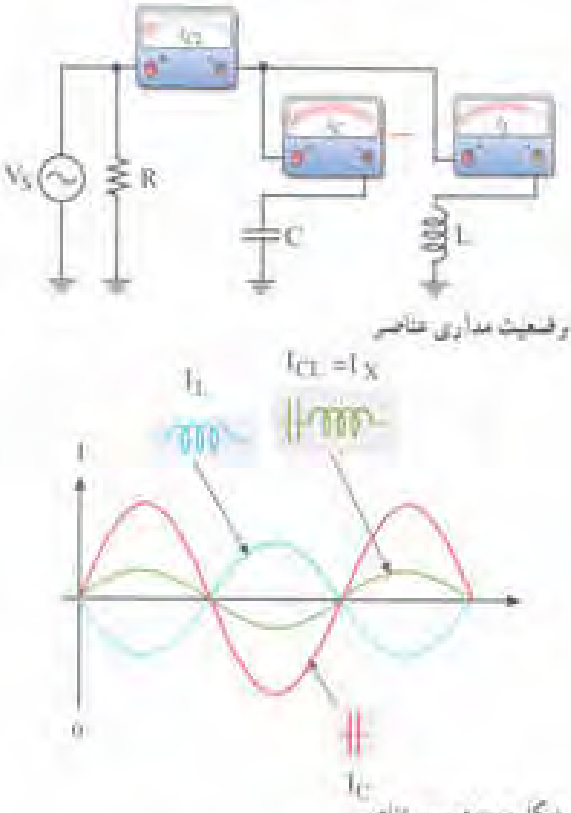
$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} \qquad X_L > X_C$$

شکل ۱۱۴-۹- دیاگرام برداری عکس امپدانس (ادمیتانس) در حالت‌های مختلف

برای محاسبه امپدانس باید ابتدا راکتانس معادل بین سلف و خازن مدار را مانند یک مدار موازی از رابطه $X = \left|\frac{X_L X_C}{X_L - X_C}\right|$ [1] بدست آورد و سپس Z را از روابط زیر بدست آورد. (شکل ۱۱۵-۹)

$$Z = \frac{R.X}{\sqrt{R^2 + X^2}} \qquad X_C > X_L$$

$$Z = \frac{R.X}{\sqrt{R^2 + X^2}} \qquad X_L > X_C$$



a) وضعیت مداری عناصر

b) شکل موج دو سر عناصر

شکل ۱۱۵-۹- شکل موج‌های جریان سلف، خازن و ترکیب آنها به همراه وضعیت مداری

ضرایب قدرت و ضریب کیفیت در مدارهای RLC موازی از روابط زیر به دست می‌آید.

$$\cos\phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{1/R}{1/T} = \frac{Z}{R}$$

$$\sin\phi = \frac{I_X}{I_T} = \frac{1/X}{1/T} = \frac{Z}{X}$$

$$\tg\phi = \frac{I_X}{I_R} = \frac{1/X}{1/R} = \frac{R}{X}$$

۱- منظور از X راکتانس معادل بین X_L و X_C مدار است.

در حالت رزنانس $\frac{1}{X_L} = \frac{1}{X_C}$ (برابر شدن ادمیتانس‌ها) می‌شود و می‌توانیم بنویسیم $X_L = X_C$ است.

چگونگی محاسبه فرکانس رزنانس (f_r) مانند مدارهای RLC سری است.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

درلحظه رزنانس امپدانس مدار برابرخواهد شد با:

$$X_L = X_C \Rightarrow \boxed{Z = R}$$

در حالت تشدید حداقل جریان از مدار عبور می‌کند.

$$I_T = \frac{V_S}{Z} \Rightarrow \boxed{I = \frac{V_S}{R}}$$

درصورت تغییرفرکانس، مدار در سه حالت می تواند قرارگیرد.

۱ـ به ازای فرکانس‌های کمتر از فرکانس رزنانس مدار سلفی‌تر می‌شود.

۲ـ در صورت افزایش فرکانس به مقداری بیشتر از f_r مدار دارای خاصیت خازنی می شود.

۳ـ در شرایط رزنانس مدار اهمی خالص است. شکل (۹-۱۱۶) منحنی‌های ولتاژ وجریان را در سه حالت نشان می‌دهد.

a) بالاتر از f_r، I جلوتر از V_S (پیش فاز)

b) بالاتر از f_r، I صفاز V_S صفاز است.

c) بالاتر از فرکانس f_r، I عقب‌تر از V_S (پس فاز)

شکل ۹-۱۱۶- شکل موج‌های ولتاژ و جریان کل مدار در شرایط مختلف

تذکر:

شرط $X_L = X_C$ برای حالت رزنانس را فقط برای مدارهای LC و RLC سری و RLC، LC موازی می توان در نظر گرفت و فرکانس رزنانس را بر اساس آن به صورت زیر محاسبه کرد:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

مثال: درمدارشکل (۱۱۷-۹) مطلوب است:

الف ـ جریان I_R

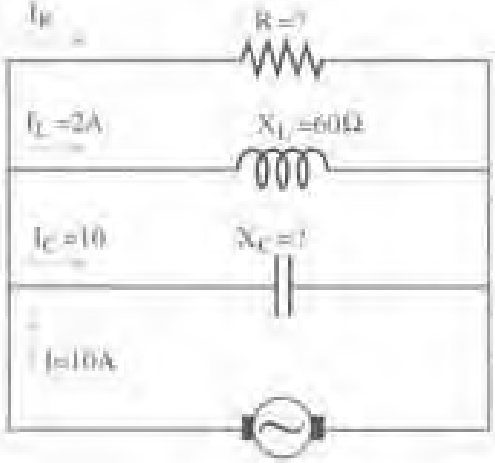
ب ـ ولتاژ مدار

ج ـ امپدانس

د ـ مقدار R، X_C

هـ ـ ضریب کیفیت

و ـ فرکانس رزنانس مدار



شکل ۱۱۷-۹

حل: برای محاسبه مقادیر مجهول مطابق روابط مقابل می‌توان عمل کرد:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$$

$$I_R = \sqrt{I_T^2 + (I_C - I_L)^2} = \sqrt{(\text{۱۰})^2 - (\text{۶} - \text{۲})^2} = \text{۸ A}$$

$$V = X_L I_L = \text{۶۰} \times \text{۲} = \text{۱۲۰ V}$$

$$R = \frac{V}{I_R} = \frac{\text{۱۲۰}}{\text{۶۰}} = \text{۲ Ω}$$

$$X_C = \frac{V}{I_C} = \frac{\text{۱۲۰}}{\text{۱۰}} = \text{۱۲ Ω}$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{\text{۱۲۰}}{\text{۱۰}} = \text{۱۲ Ω}$$

$$Q = \text{tg}\phi = \frac{R}{X} = \frac{R}{X_L - X_C} = \frac{\text{۳۰}}{\text{۶۰} - \text{۱۲}} = \frac{\text{۳۰}}{\text{۴۸}}$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{\text{۶۰}}{\text{۲} \times \text{۳/۱۴} \times \text{۵۰}} = \text{۰/۱۹ H}$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{\text{۲} \times \text{۳/۱۴} \times \text{۵۰} \times \text{۱۲}} = \text{۲/۶۵} \times 10^{-4}\ \text{F}$$

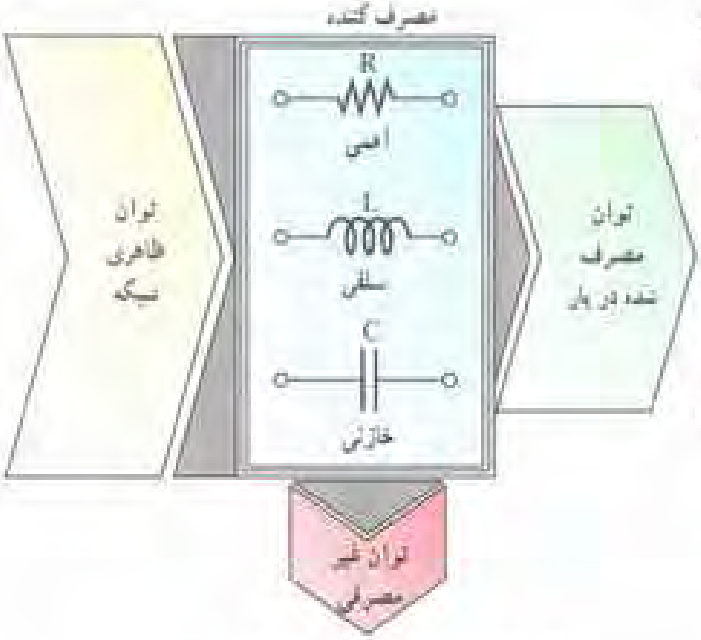
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{\text{۲} \times \text{۳/۱۴} \times \sqrt{\text{۰/۱۹} \times \text{۲/۶۵} \times 10^{-4}}}$$

$$f_r = \text{۲۲/۴ Hz}$$

۸ـ۹ـ انواع توان در جریان متناوب تک‌فاز

در مدارهای جریان متناوب از عناصر اهمی ـ سلفی و خازنی به صورت مستقل و یا ترکیبی استفاده می‌شود. این عناصر انرژی الکتریکی دریافتی از شبکه را بصورت‌های گوناگون ظاهر می‌کنند.

گروهی از عناصر توان الکتریکی را مورد مصرف قرار داده و گروهی دیگر به صورت انرژی ذخیره می‌کنند. به همین خاطر در شبکه‌های متناوب سه نوع توان خواهیم داشت. (شکل ۹-۱۱۸)



شکل ۹-۱۱۸-بلوک دیاگرام توان ها در جریان متناوب

۱ـ توان «ظاهری» (S)

طبق تعریف به حاصل ضرب ولتاژ و جریان مؤثر توان ظاهری گفته می‌شود و به صورت زیر می‌توان به دست آورد.

$$S = V_e . I_e$$

واحد توان ظاهری «ولت آمپر (V.A)» است.

۲ـ توان حقیقی - مفید - اکتیو[1] (P)

توانی که از طرف بار الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته و کار مؤثر انجام می‌دهد را توان حقیقی (اکتیو - مفید) می‌گویند. این توان مربوط به مصرف‌کننده های اهمی (R) شکل (۹-۱۱۹) و از روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$P = V_e . I_e . \cos\phi$$

$$P = R . I_e^2$$

$$P = \frac{V_{e}^{2}}{R}$$

شکل ۹-۱۱۹ - بار اهمی خالص که توان حقیقی مصرف می‌کند

واحد توان حقیقی بر حسب (وات W) است.

۳ـ توان «غیر حقیقی ـ غیر مفید ـ راکتیو[2]»

مقدار توانی که در مقاومت‌های سلفی و خازنی ظاهر می‌شود ولی نمی‌تواند به کار مفید تبدیل گردد را توان غیرحقیقی (غیر مفید ـ راکتیو) می‌نامند. (شکل ۹-۱۲۰)

این توان به صورت تناوبی بین مصرف‌کننده و شبکه رفت و برگشت می‌شود.

شکل ۹-۱۲۰

---

۱ Active
۲ Reactiv

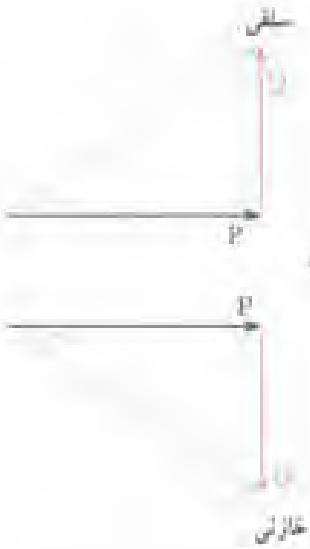
توان غیر مفید را بر حسب «وار» (VAR) محاسبه می‌کنند. در محاسبات مربوط به توان راکتیو معمولاً بارهای سلفی را با علامت مثبت و بارهای خازنی را با علامت منفی در روابط نشان می‌دهند.

$$Q = \pm(V_e . I_e . \sin\theta)$$

$$Q = \pm(X . I_e^2)$$

$$Q = \pm\left(\frac{V_e^2}{X}\right)$$

در روابط فوق X معرف راکتانس معادل X_L و X_C مدار است.



شکل ۹-۱۲۱- دیاگرام برداری مثلث توان‌ها در حالت های مختلف

توضیح: حاصل جمع توان‌های داده شده و گرفته شده (توان ظاهری) به صورت برداری است و از رابطه $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ محاسبه می‌شود. (شکل ۹-۱۲۱)

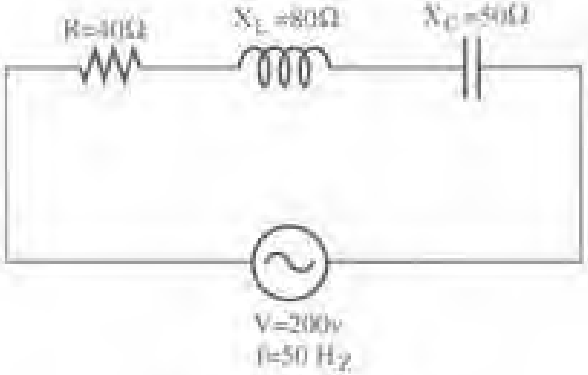
مثال: در شکل مقابل (۹-۱۲۲) مطلوب است:

الف ـ توان‌های ظاهری، اکتیو و راکتیو مدار

ب ـ ضریب قدرت دوانه

حل:

ابتدا امپدانس را بدست می‌آوریم تا بتوان بر اساس آن توان‌ها و ضریب کیفیت را محاسبه کرد.



شکل ۹-۱۲۲- مدار RLC سری

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(40)^2 + (80 - 50)^2} = 50\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{50} = 4A$$

$$S = Z.I^2 = 50 \times (4)^2 = 800VA$$

$$P = R.I^2 = 40 \times (4)^2 = 640w$$

$$Q = X.I^2 = (80 - 50) \times (4)^2 = 480VAR$$

$$\sin\phi = \frac{X}{Z} = \frac{80 - 50}{50} = \frac{30}{50} = 0/6$$

مثال: در مدار شکل (۹-۱۲۳) مطلوب است:

الف ـ ضریب قدرت وانه مدار

ب ـ توان ظاهری مدار

ج ـ توان اکتیو و راکتیو مدار

حل:

$$V = I_R.R = ۱۲ \times ۲۰ = ۲۴۰V$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{۲۴۰}{۱۲} = ۲۰A$$

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

$$I_T = \sqrt{(۱۲)^2 + (۲۰-۴)^2} \Rightarrow I_T = ۲۰A$$

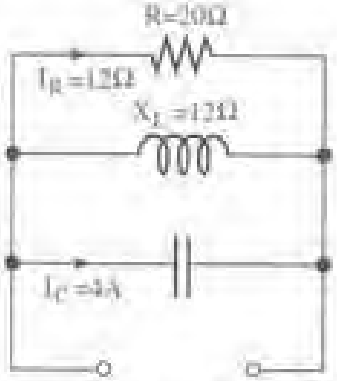
$$Cos\phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{۱۲}{۲۰} = ۰/۶$$

$$Sin\phi = \frac{I_X}{I_T} = \frac{۲۰-۴}{۲۰} = \frac{۱۶}{۲۰} = ۰/۸$$

$$S = V_s.I_T = ۲۴۰ \times ۲۰ = ۴۸۰۰VA$$

$$P = V_s.I_s.\cos\phi = ۴۸۰۰ \times ۰/۶ = ۲۸۸۰W$$

$$Q = V_s.I_s.Sin\phi = ۴۸۰۰ \times ۰/۸ = ۳۸۴VAR$$



شکل ۹-۱۲۳- مدار RLC موازی

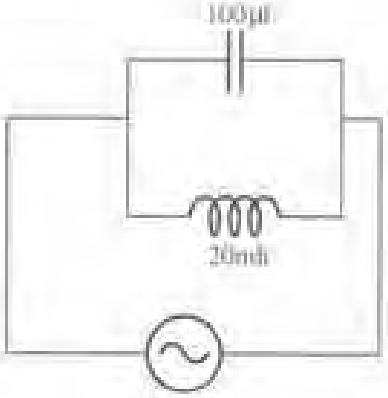
چون جریان شاخه سلفی بیشتر از شاخه خازنی است لذا توان راکتیو سلفی است و با علامت مثبت نشان می‌دهیم.

مثال: یک سلف به خودالقایی ۲۰ میلی هانری با یک خازن به ظرفیت ۱۰۰ میکروفاراد مطابق شکل (۹-۱۲۴) به صورت موازی به ولتاژ مؤثر ۱۰۰ ولت با فرکانس ۵۰ هرتز متصل شده‌اند، مطلوب است:

الف ـ جریان مدار

ب ـ توان‌های اکتیو، راکتیو و ظاهری

حل: مقادیر مجهول به‌کمک روابط مقابل چنین به‌دست می‌آید.



شکل ۹-۱۲۴

$$X_L = ۲\pi f.L$$

$$X_L = ۲ \times ۳/۱۴ \times ۵۰ \times ۲۰ \times ۱۰^{-۳} = ۶/۲۸\Omega$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi f.C}$$

$$X_C = \frac{۱}{۲ \times ۳/۱۴ \times ۵۰ \times ۱۰۰ \times ۱۰^{-۶}} = ۳۱/۸\Omega$$

$$\frac{۱}{Z} = \frac{۱}{X_L} - \frac{۱}{X_C} = \frac{X_C - X_L}{X_L.X_C}$$

$$Z = \frac{X_C.X_L}{X_C - X_L} = \frac{۳۱/۸ \times ۶/۲۸}{۳۱/۸ - ۶/۲۸} = ۷/۸۲\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{۱۰۰}{۷/۸۲} = ۱۲/۷۸A$$

$$P = ۰$$

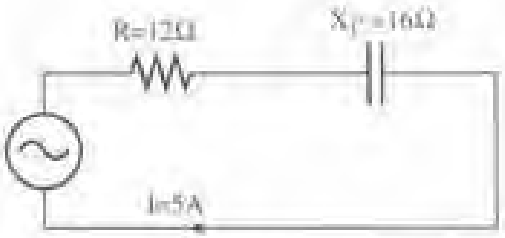
$$Q = S = V_s.I_s = ۱۰۰ \times ۱۲/۷۸ = ۱۲۷۸VA$$

مثال : در مدار شکل (۱۲۵-۹) مطلوب است:

الف - ولتاژ کل مدار

ب - ضرایب واته و دواته مدار

ج - توان اکتیو و راکتیو و ظاهری



شکل ۹-۱۲۵

حل: بر اساس روابط مدارهای RC سری مقادیر خواسته شده به‌صورت مقابل به‌دست می‌آید

$$Z=\sqrt{R^2+X_C^2}$$

$$Z=\sqrt{(12)^2+(16)^2}=20\Omega$$

$$V=I.Z$$

$$V=5\times20=100V$$

$$Cos\phi=\frac{R}{Z}=\frac{12}{20}=0/6$$

$$Sin\phi=\frac{X_C}{Z}=\frac{16}{20}=0/8$$

$$S=V.I=100\times5=500\ V.A$$

$$P=S.Cos\phi=500\times0/6=300\ W$$

$$Q=S.Sin\phi=500\times0/8=400\ VAR$$

نکات ایمنی

۱ـ مدارهای اتصال داده شده را با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

۲ـ قبل از وصل برق به هرمدار آن را یک بار دیگر بررسی کنید.

۳ـ در زمان وصل مدارها روی بردبُرد میزها را مورد بررسی قرار دهید تا پایه ها و سیم‌های رابط خوب متصل باشند.

۴ـ قبل از اینکه مدار را خاموش کنید هرگز قطعات را از مدار جدا یا اتصال کوتاه نکنید.

۵ـ در اجرای آزمایش‌ها برای اندازه‌گیری مقادیر ولتاژ و جریان و مقاومت، حتماً از یک وسیله دیجیتالی مانند «آومتر» استفاده کنید.

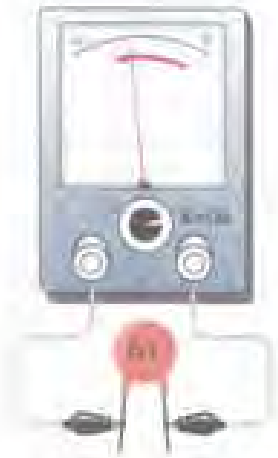
۶ـ در صورت بکارگیری خازن‌های الکترولیتی در موقع اتصال آنها به قطب‌های خازن توجه کنید. ضمناً این خازن‌ها را پیش از اتصال در مدار ابتدا مطابق شکل a دشارژ (تخلیه) کنید.

۷ـ قبل از انجام آزمایش‌های مربوط به خازن‌ها مطابق تصاویر نشان داده شده از سالم بودن آنها اطمینان حاصل کنید و سپس آنها را درمدار قرار دهید. (شکل‌های d،c،b)

(b) اگر عقربه اهم‌متر روی عدد صفر قرار گرفت نشان می‌دهد خازن اتصال کوتاه است.

(a) دو پایه خازن را با سیمی به هم وصل کنید تا اتصال کوتاه شده و خازن دشارژ شود (روش تخلیه خازن)

(d) اگر عقربه اهم‌متر حرکتی نداشته باشد نشان می‌دهد که خازن قطع بوده و اشکال دارد.



(c) اگر عقربه اهم‌متر در ابتدا روی صفر قرار گرفت و سپس به آهستگی بازگشت نشان می‌دهد خازن سالم است.

نکته مهم: گاهی ممکن است خازن در تست اهمی سالم نشان دهد (عقربه اهم‌متر حرکت کند و باز گردد) ولی عملاً نشتی داشته باشد و هنگام کار درست جواب ندهد. در این حالت برای اطمینان از سلامت خازن از روش جایگزینی استفاده کنید.

عملیات کارگاهی

کارعملی ۱۰

هدف: بررسی مدارهای خازنی سری در جریان متناوب

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ سیگنال ژنراتور	۱ دستگاه
۲ ـ مولتی‌متر دیجیتالی	۱ دستگاه
۳ ـ LC متر	۱ دستگاه
۴ـ بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ ـ خازن ها	
$C_1 = ۰/۲۲ \mu F$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
$C_2 = ۰/۱ \mu F$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۲ عدد
$C_3 = ۰/۴۷ \mu F$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
۶ ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۷ ـ سیم چین	۱ عدد
۸ ـ سیم لخت کن	۱ عدد

مدت زمان لازم : ۲ ساعت

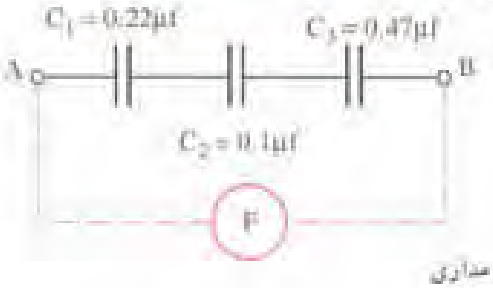
توجه: برای اندازه گیری ولتاژو جریان عناصر مدار می‌توانید از یک آومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولتمتری و بار دیگر به صورت آمپرمتری بطور جداگانه استفاده کنید.

مراحل اجرای آزمایش :

۱ـ سه خازن C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل (۱۲۶-۹) روی برد برد اتصال دهید و با استفاده از دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل مدار در نقطه A و B را اندازه‌گیری کنید.

C_{AB} = ☐ μf

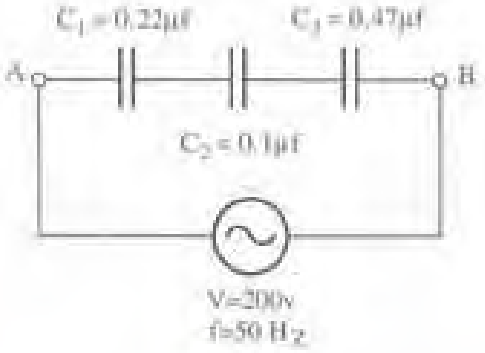
a) شکل واقعی



b) شکل مداری

شکل ۱۲۶-۹

۲ـ سیگنال ژنراتور را روی ولتاژ ۶ ولت سینوسی با فرکانس ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و طبق شکل (۱۲۷-۹) به دو نقطه A و B مدار وصل کنید.

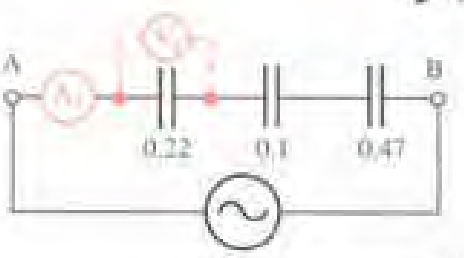


شکل ۱۲۷-۹

۳ـ با استفاده از یک مولتی‌متر دیجیتالی جریان عبوری و ولتاژ دوسر خازن C_1 را اندازه‌گیری کنید. (شکل ۱۲۸-۹)

V_{C_1} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

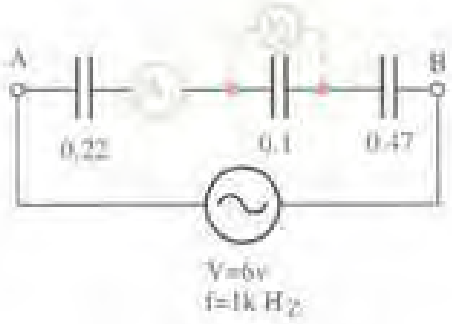


a) شکل واقعی

b) شکل مداری

شکل ۱۲۸-۹

۴ـ به طور جداگانه جریان و ولتاژ دو سر خازن‌های C_2 و C_3 را طبق شکل (۱۲۹-۹و-۱۳۰-۹) اندازه‌گیری کنید.



شکل ۱۲۹-۹

V_{C_2} = [ ] V
V_{C_3} = [ ] V
I_{C_2} = [ ] mA
I_{C_3} = [ ] mA

۵ـ آیا آمپرمترها و ولتمترها مقادیر مساوی را نشان می‌دهند؟ چرا؟

۶ـ مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

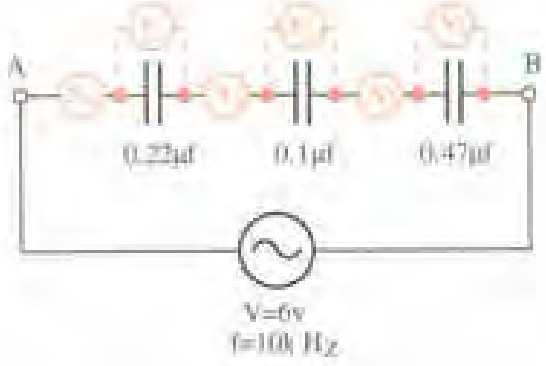
$X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f C_T}$ ، $I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}}$ و $V_C = X_C \cdot I_T$ و

$V_{C_1} = X_{C_1} \cdot I_T$ و $V_{C_2} = X_{C_2} \cdot I_T$ محاسبه کنید.

شکل ۱۳۰-۹

V_{C_1} = [ ] V
V_{C_2} = [ ] V
V_{C_3} = [ ] V
I_{C_1} = [ ] mA
I_{C_2} = [ ] mA
I_{C_3} = [ ] mA

۷ـ فرکانس سیگنال ژنراتور را به ۱۰ kHz تغییر دهید و سپس جریان و ولتاژ هر خازن را به طور جداگانه مطابق مراحل ۳ و ۴ اندازه‌گیری کنید.



شکل ۱۳۱-۹

V_{C_1} = [ ] V
V_{C_2} = [ ] V
V_{C_3} = [ ] V
I_{C_1} = [ ] mA
I_{C_2} = [ ] mA
I_{C_3} = [ ] mA

۸ـ آیا مقادیر اندازه‌گیری شده ولتاژ و جریان خازن‌ها در فرکانس ۱ kHz با فرکانس ۱۰ kHz مساوی هستند؟ چرا؟

۹ـ مقادیر جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط :

$$X_{C_T}=\frac{1}{2\pi f C_T} \quad , \quad I_T=\frac{V_T}{X_{C_T}} \quad , \quad V_{C_1}=X_{C_1}.I_T \quad ,$$

$V_{C_2}=X_{C_2}.I_T$ و $V_{C_3}=X_{C_3}.I_T$ محاسبه کنید.

$V_{C_1}=$ ☐ V

$V_{C_2}=$ ☐ V

$V_{C_3}=$ ☐ V

$I_{C_1}=$ ☐ mA

$I_{C_2}=$ ☐ mA

$I_{C_3}=$ ☐ mA

۱۰ـ از مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۲ تا ۹ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال

۱۰

۱۱ـ یک خازن ۰/۱ μf را مطابق شکل (۹-۱۳۲) بصورت سری به مدار اضافه کنید.

۱۲ـ ولتاژ و فرکانس سیگنال ژنراتور را بترتیب روی ۶ ولت و ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و سپس طبق شکل (۹-۱۳۲) به مدار اتصال دهید.

شکل ۹-۱۳۲

۱۳ـ با استفاده از یک مولتی‌متر دیجیتالی و طبق شکل (۹-۱۳۳) ولتاژ و جریان خازن C_1 را اندازه بگیرید.

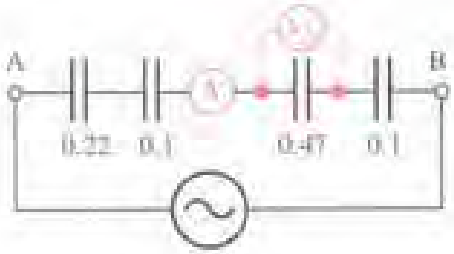
شکل ۹-۱۳۳

$V_{C_1}=$ ☐ V

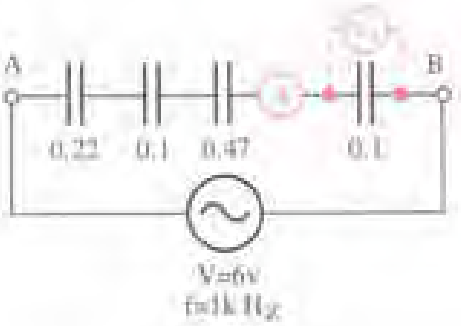
$I_{C_1}=$ ☐ mA

۱۴ ـ با تغییر دادن محل قرار گرفتن مولتی‌متر جریان سنجی و ولتاژ دو سر خازن های C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل (۹-۱۳۴ و ۹-۱۳۵ و ۹-۱۳۶) اندازه‌گیری کنید :

شکل ۹-۱۳۴



شکل ۹-۱۳۵



شکل ۹-۱۳۶

$V_{C_1} =$ ☐ V
$V_{C_2} =$ ☐ V
$V_{C_3} =$ ☐ V
$I_{C_1} =$ ☐ mA
$I_{C_2} =$ ☐ mA
$I_{C_3} =$ ☐ mA

۱۵ـ مقدار جریان وولتاژ هر خازن را با کمک روابط :

$X_{C_1} = \frac{1}{2\pi f C_1}$ و $I_T = \frac{V_T}{X_{C_1}}$ و $V_{C_1} = X_{C_1} I_T$ و

$V_{C_2} = X_{C_2} I_T$ و $V_{C_3} = X_{C_3} I_T$ محاسبه کنید.

$V_{C_1} =$ ☐ V $I_{C_1} =$ ☐ mA
$V_{C_2} =$ ☐ V $I_{C_2} =$ ☐ mA
$V_{C_3} =$ ☐ V $I_{C_3} =$ ☐ mA
$V_{C_4} =$ ☐ V $I_{C_4} =$ ☐ mA

۱۶ـ از مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۱۳ و ۱۴ و ۱۵ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید .

۱۷ـ بر اساس مقادیر بدست آمده آزمایش‌های انجام شده ظرفیت واقعی هر یک از خازن‌های C_1 تا C_4 را به کمک روابط

$X_{C_1} = \frac{V}{I}$ ، $I_T = \frac{V_T}{X_{C_1}}$ محاسبه کنید .

$X_{C_1} =$ ☐ V $C_1 =$ ☐ μf
$X_{C_2} =$ ☐ V $C_2 =$ ☐ μf
$X_{C_3} =$ ☐ V $C_3 =$ ☐ μf
$X_{C_4} =$ ☐ V $C_4 =$ ☐ μf

پاسخ سؤال

۱۶ـ .....

۱۸ـ با در نظر گرفتن ولتاژ دو سر هر خازن و ظرفیت واقعی آن ها مقدار انرژی ذخیره شده در هر خازن را طبق رابطه $W = \frac{1}{2}CV^2$ محاسبه کنید.

$W_{C_1} = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 =$ ☐

$W_{C_2} = \frac{1}{2} C_2 V_2^2 =$ ☐

$W_{C_3} = \frac{1}{2} C_3 V_3^2 =$ ☐

$W_{C_4} = \frac{1}{2} C_4 V_4^2 =$ ☐

۱۹ـ آیا نتایج بدست آمده آزمایش‌ها با مطالب محاسباتی مطابقت دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال

۱۹.....

نکات ایمنی

۱ـ مدارهای اتصال داده شده را با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

۲ـ قبل از وصل برق به هرمدار آن را یک بار دیگر بررسی کنید.

۳ـ در زمان وصل مدارها روی بردبرد میزها را مورد بررسی قرار دهید تا پایه ها و سیم‌های رابط خوب متصل باشند.

۴ـ قبل از اینکه مدار را خاموش کنید هرگز قطعات را از مدار جدا یا اتصال کوتاه نکنید.

۵ـ در اجرای آزمایش‌ها برای اندازه‌گیری مقادیر ولتاژ و جریان و مقاومت، حتماً از یک وسیله دیجیتالی مانند «آومتر» استفاده کنید.

۶ـ در صورت بکارگیری خازن‌های الکترولیتی در موقع اتصال آنها به قطب‌های خازن توجه کنید. ضمناً این خازن‌ها را پیش از اتصال در مدار ابتدا مطابق شکل a دشارژ (تخلیه) کنید.

۷ـ قبل از انجام آزمایش‌های مربوط به خازن‌ها مطابق تصاویر نشان داده شده از سالم بودن آنها اطمینان حاصل کنید و سپس آنها را درمدار قرار دهید. (شکل‌های d,c,b)

(b) اگر عقربه اهم‌متر روی عدد صفر قرار گرفت نشان می‌دهد خازن اتصال کوتاه است.

(a) دو پایه خازن را با سیمی به هم وصل کنید تا اتصال کوتاه شده و خازن دشارژ شود (روش تخلیه خازن)

(d) اگر عقربه اهم‌متر حرکتی نداشته باشد نشان می‌دهد که خازن قطع بوده و اشکال دارد.

(c) اگر عقربه اهم‌متر در ابتدا روی صفر قرار گرفت و سپس به آهستگی بازگشت نشان می‌دهد خازن سالم است.

نکته مهم: گاهی ممکن است خازن در تست اهمی سالم نشان دهد (عقربه اهم‌متر حرکت کند و باز گردد) ولی عملاً نشتی داشته باشد و هنگام کار درست جواب ندهد. در این حالت برای اطمینان از سلامت خازن از روش جایگزینی استفاده کنید.

عملیات کارگاهی

کارعملی ۱۱

هدف: بررسی مدارهای خازنی موازی در جریان متناوب

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ سیگنال ژنراتور	۱ دستگاه
۲ـ مولتی‌متر دیجیتالی	۱ دستگاه
۳ـ LC متر	۱ دستگاه
۴ـ بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ـ خازن ها	
$C_1 = ۰/۲۲\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
$C_2 = ۰/۸\ \mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۲ عدد
$C_3 = ۰/۴۷\ \mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
۶ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۷ـ سیم چین	۱ عدد
۸ـ سیم لخت کن	۱ عدد

مدت زمان لازم : ۲ ساعت

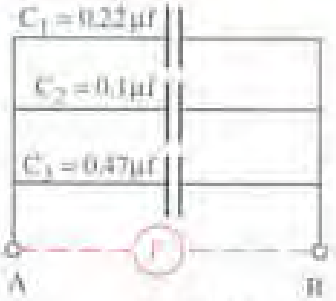
توجه: برای اندازه گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می‌توانید از یک آومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولتمتری و بار دیگر به صورت آمپرمتری بطور جداگانه استفاده کنید.

مراحل اجرای آزمایش :

۱ـ سه خازن C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل (۹-۱۳۷) روی بردبرد اتصال دهید و با استفاده از دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل مدار در نقطه A و B را اندازه‌گیری کنید.

$C_{AB} =$ ☐ μF

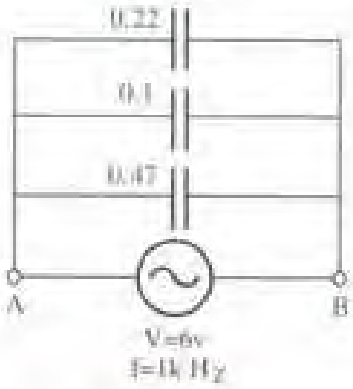
a) شکل واقعی



b) شکل مداری

شکل ۹-۱۳۷

۲ـ سیگنال ژنراتور را روی ولتاژ ۶ ولت سینوسی با فرکانس ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و طبق شکل (۹-۱۳۸) به دو نقطه A و B مدار وصل کنید.

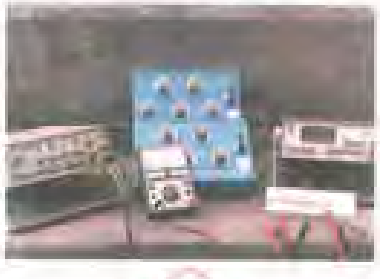


شکل ۹-۱۳۸

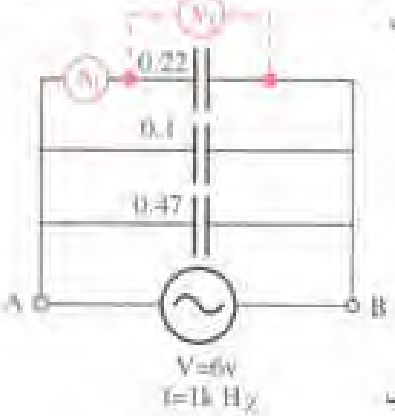
۳ـ با استفاده از یک مولتی‌متر دیجیتالی جریان خروجی و ولتاژ دوسر خازن C_1 را اندازه‌گیری کنید. شکل (۹-۱۳۹)

$V_{C_1} =$ ☐ v

$I_{C_1} =$ ☐ mA



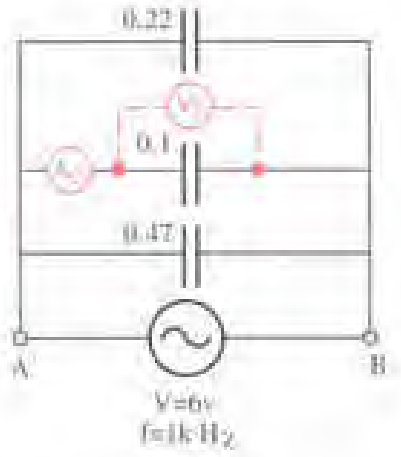
a) شکل واقعی



b) شکل مداری

شکل ۹-۱۳۹

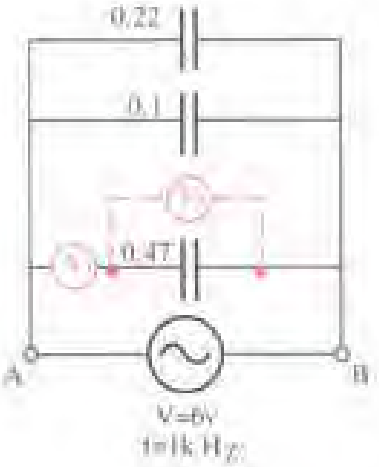
۴ـ به طور جداگانه جریان و ولتاژ دو سر خازن‌های C_2 و C_3 را طبق شکل‌های (۹-۱۴۰)، (۹-۱۴۱) و (۹-۱۴۲) اندازه‌گیری کنید.



شکل ۹-۱۴۰

V_{C_1} = ☐ V
V_{C_2} = ☐ V
V_T = ☐ V
I_{C_2} = ☐ mA
V_{C_3} = ☐ mA
I_T = ☐ mA

۵ـ آیا آمپرمترها و ولتمترها مقادیر مساوی را نشان می‌دهند؟ چرا؟

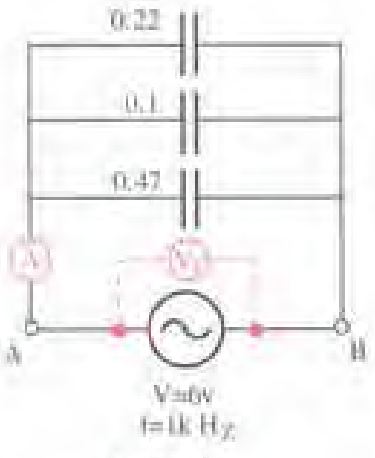


شکل ۹-۱۴۱

۶ـ مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

$X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f C_T}$ و $V_C = X_C \cdot I_C$ و $I_C = \frac{V_C}{X_C}$

$I_{C_1} = \frac{V_{C_1}}{X_{C_1}}$ محاسبه کنید.



شکل ۹-۱۴۲

V_{C_1} = ☐ V
V_{C_2} = ☐ V
V_{C_3} = ☐ V
I_{C_1} = ☐ mA
I_{C_2} = ☐ mA
I_{C_3} = ☐ mA

۷ـ فرکانس سیگنال ژنراتور مطابق شکل (۹ـ۱۴۳) را به ۱۰kHz تغییر دهید و سپس جرمان و ولتاژ هر خازن را به طور جداگانه مطابق مراحل ۳ و ۴ اندازه‌گیری کنید.

V_{C_1} = ☐ V

V_{C_2} = ☐ V

V_{C_3} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

I_{C_2} = ☐ mA

I_{C_3} = ☐ mA

۸ـ آیا مقادیر اندازه‌گیری شده ولتاژ و جریان خازن‌ها در فرکانس ۱kHz با فرکانس ۱۰kHz مساوی هستند؟ چرا؟

۹ـ مقادیر جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

$$X_{C_1} = \frac{1}{2\pi f C_1} \quad , \quad I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}} \quad , \quad V_C = X_C \cdot I_T$$

محاسبه کنید. $V_{C_1} = X_{C_1} \cdot I_T$ و $V_{C_2} = X_{C_2} \cdot I_T$

V_{C_1} = ☐ V

V_{C_2} = ☐ V

V_{C_3} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

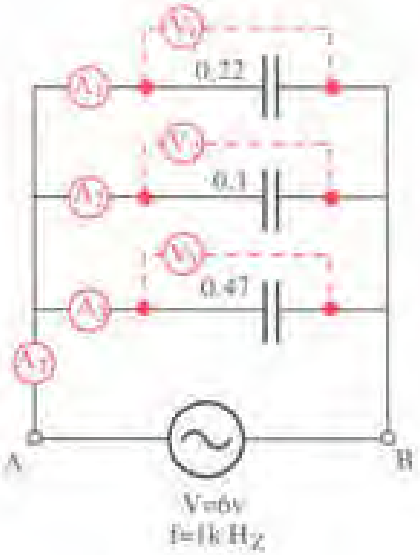
I_{C_2} = ☐ mA

I_{C_3} = ☐ mA

۱۰ـ از مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۲ تا ۹ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۱۱ـ یک خازن ۰/۱μF را مطابق شکل (۹-۱۴۴) به صورت موازی به مدار اضافه کنید.

۱۲ـ ولتاژ و فرکانس سیگنال ژنراتور را به‌ترتیب روی ۶ ولت و ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و سپس طبق شکل (۹-۱۴۴) به مدار اتصال دهید.



شکل ۹-۱۴۳

پاسخ سوال‌های

۸:.....

.....

.....

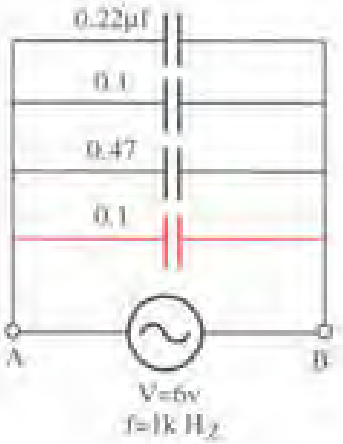
.....

۱۰:.....

.....

.....

.....

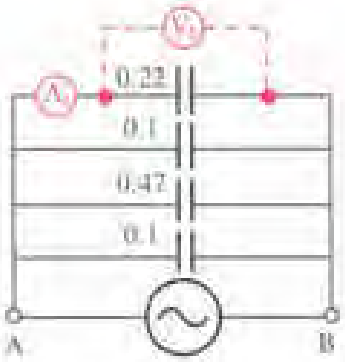


شکل ۹-۱۴۴

۱۳ـ با استفاده از یک مولتی‌متر دیجیتالی و طبق شکل (۹-۱۴۵) ولتاژ و جریان خازن C_1 را اندازه بگیرید.

V_{C_1} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA



V=6v
f=1k Hz

شکل ۹-۱۴۵

۱۴ ـ با تغییر دادن محل قرار گرفتن مولتی‌متر جریان عبوری و ولتاژ دو سر خازن‌های C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل (۹-۱۴۶) و(۹-۱۴۷) و (۹-۱۴۸) اندازه‌گیری کنید.

V_{C_1} = ☐ V

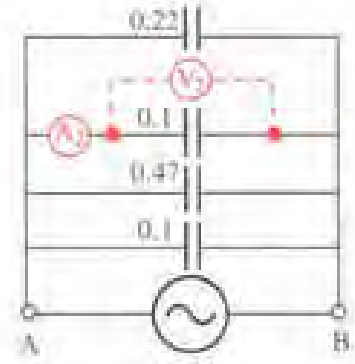
V_{C_2} = ☐ V

V_{C_3} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

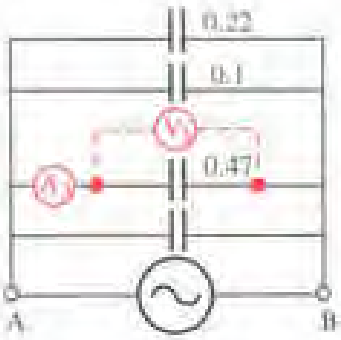
I_{C_2} = ☐ mA

I_{C_3} = ☐ mA



V=6v
f=1k Hz

شکل ۹-۱۴۶



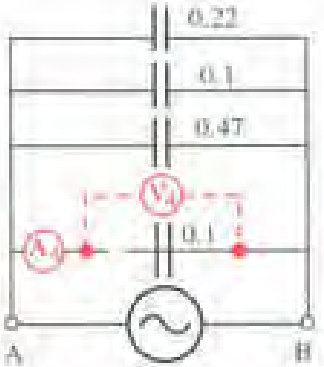
V=6v
f=1k Hz

شکل ۹-۱۴۷

۱۵ـ مقدار جریان وولتاژ هر خازن را با کمک روابط

$X_{C_1} = \frac{1}{2\pi f C_1}$ و $V_C = X_C I_C$ و $I_C = \frac{V_C}{X_C}$

$I_{C_4} = \frac{V_{C_4}}{X_{C_4}}$ محاسبه کنید.



V=6v
f=1k Hz

شکل ۹-۱۴۸

V_{C_1} = ☐ V

V_{C_2} = ☐ V

V_{C_3} = ☐ V

V_{C_4} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

I_{C_2} = ☐ mA

I_{C_3} = ☐ mA

I_{C_4} = ☐ mA

۱۶- از مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۱۳ و ۱۴ و ۱۵ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۱۷- بر اساس مقادیر بدست آمده آزمایش‌های انجام شده ظرفیت واقعی هریک از خازن‌های C_1 تا C_4 را به کمک روابط $X_C = \frac{V}{I}$ و $C = \frac{1}{2\pi f X_C}$ محاسبه کنید.

$V_{C_1} =$ ☐ Ω

$V_{C_2} =$ ☐ Ω

$V_{C_3} =$ ☐ Ω

$V_{C_4} =$ ☐ Ω

$C_1 =$ ☐ μf

$C_2 =$ ☐ μf

$C_3 =$ ☐ μf

$C_4 =$ ☐ μf

پاسخ سؤال

۱۶.....

۱۸- با در نظر گرفتن ولتاژ دو سر هر خازن و ظرفیت واقعی آنها مقدار انرژی ذخیره شده در هر خازن را طبق رابطه $W = \frac{1}{2}CV^2$ محاسبه کنید.

$W_{C_1} = \frac{1}{2}C_1V_1^2 =$ ☐

$W_{C_2} = \frac{1}{2}C_2V_2^2 =$ ☐

$W_{C_3} = \frac{1}{2}C_3V_3^2 =$ ☐

$W_{C_4} = \frac{1}{2}C_4V_4^2 =$ ☐

۱۹- آیا نتایج بدست آمده آزمایش‌ها با مطالب محاسباتی مطابقت دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال

۱۹.....

نکات ایمنی

۱ـ مدارهای اتصال داده شده را با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

۲ـ قبل از وصل برق به هرمدار آن را یک بار دیگر بررسی کنید.

۳ـ در زمان وصل مدارها روی برد بُرد میزها را مورد بررسی قرار دهید تا پایه ها و سیم‌های رابط خوب متصل باشند.

۴ـ قبل از اینکه مدار را خاموش کنید هرگز قطعات را از مدار جدا یا اتصال کوتاه نکنید.

۵ـ در اجرای آزمایش‌ها برای اندازه‌گیری مقادیر ولتاژ و جریان و مقاومت، حتماً از یک وسیله دیجیتالی مانند «اومتر» استفاده کنید.

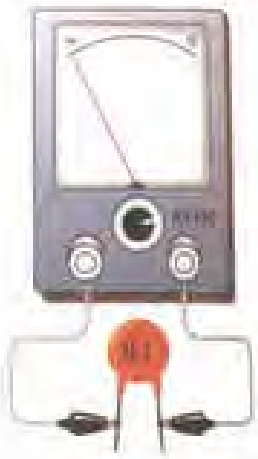
۶ـ در صورت بکارگیری خازن‌های الکترولیتی در موقع اتصال آنها به قطب‌های خازن توجه کنید. ضمناً این خازن‌ها را پیش از اتصال در مدار ابتدا مطابق شکل a دشارژ (تخلیه) کنید.

۷ـ قبل از انجام آزمایش‌های مربوط به خازن‌ها مطابق تصاویر نشان داده شده از سالم بودن آنها اطمینان حاصل کنید و سپس آنها را درمدار قرار دهید. (شکل‌های d،c،b)

(a) دو پایه خازن را با سیمی به هم وصل کنید. تا اتصال کوتاه شده و خازن دشارژ شود (روش تخلیه خازن)

(b) اگر عقربه اهم‌متر روی عدد صفر قرار گرفت نشان می‌دهد، خازن اتصال کوتاه است.

(c) اگر عقربه اهم‌متر در ابتدا روی صفر قرار گرفت و سپس به آهستگی بازگشت نشان می‌دهد خازن سالم است.



(d) اگر عقربه اهم‌متر حرکتی نداشته باشد نشان می‌دهد که خازن قطع بوده و اشکال دارد.

نکته مهم: گاهی ممکن است خازن در تست اهمی سالم نشان دهد (عقربه اهم‌متر حرکت کند و باز گردد) ولی عملاً نشتی داشته باشد و هنگام کار درست جواب ندهد. در این حالت برای اطمینان از سلامت خازن از روش جایگزینی استفاده کنید.

عملیات کارگاهی

کارعملی ۱۲

هدف: بررسی مدارهای خازنی سری - موازی در جریان متناوب

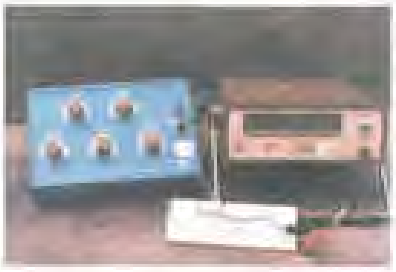
وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱- سیگنال ژنراتور	۱ دستگاه
۲ - مولتی‌متر دیجیتالی	۱ دستگاه
۳ - L.C متر	۱ دستگاه
۴- بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ - خازن ها	
$C_1 = ۰/۲۲\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
$C_2 = ۰/۱\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۲ عدد
$C_3 = ۰/۲۷\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
۷ - سیم تلفنی	۱/۵ متر
۸ - سیم چین	۱ عدد
۹ - سیم لخت کن	۱ عدد

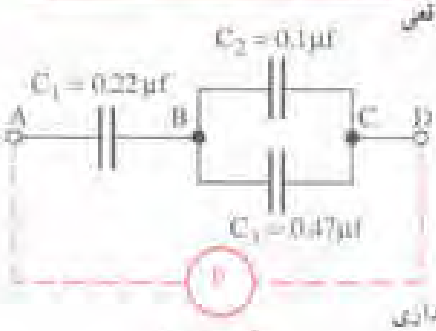
مدت زمان لازم : ۱/۵ ساعت

توجه: برای اندازه گیری ولتاژو جریان عناصر مدار می‌توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولتمتری و بار دیگر به صورت آمپرمتری بطور جداگانه استفاده کنید.

مراحل اجرای آزمایش :



a) شکل واقعی

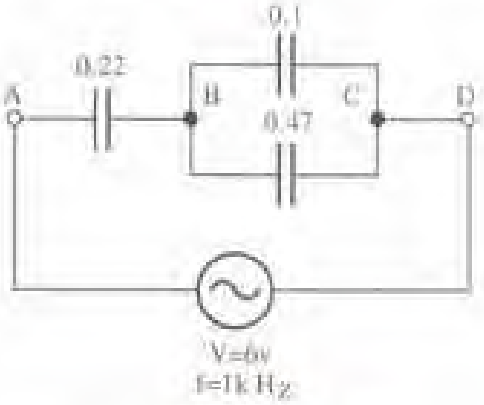


b) شکل مداری

شکل ۹-۱۴۹

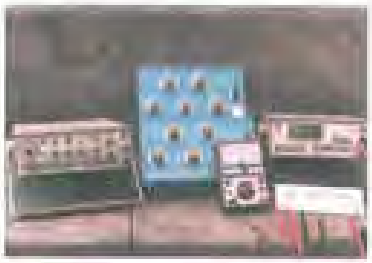
۱ـ مدار شکل (۹-۱۴۹) را روی برد برد اتصال دهید و با LC متر ظرفیت خازن معادل بین دو نقطه A و D را اندازه‌گیری کنید .

$C_{T_{AD}} =$ ☐ μf

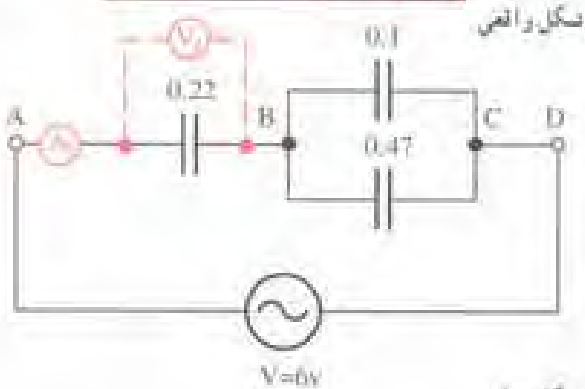


شکل ۹-۱۵۰

۲ـ سیگنال ژنراتور را روی ولتاژ ۶ ولت سینوسی با فرکانس ۱کیلوهرتز kHz تنظیم کنید و طبق شکل (۹-۱۵۰) به دو نقطه A و D مدار وصل کنید.



a) شکل واقعی



b) شکل مداری

شکل ۹-۱۵۱

۳ـ با استفاده از یک مولتی‌متر دیجیتالی جریان عبوری و ولتاژ دوسر خازن C_1 را اندازه‌گیری کنید .(شکل ۹-۱۵۱)

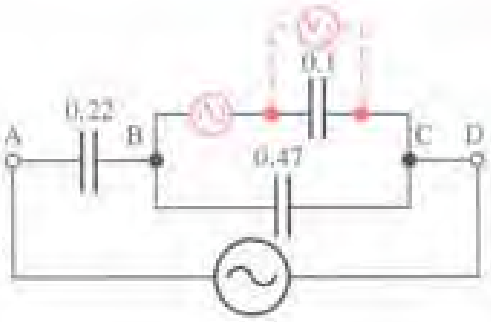
$V_{C_1} =$ ☐ V

$I_{C_1} =$ ☐ mA

۴ـ به طور جداگانه جریان و ولتاژ دو سر خازن‌های C_2 و C_3 را طبق شکل های(۱۵۲-۹) و (۱۵۳-۹) اندازه‌گیری کنید.

$V_{C_2} =$ ..... V $I_{C_2} =$ ..... mA

$V_{C_3} =$ ..... V $I_{C_3} =$ ..... mA



شکل ۱۵۲-۹

۵ـ آیا آمپرمترها و ولت مترها مقادیر مساوی را نشان می‌دهند؟ چرا؟

پاسخ سوال

.....

.....

۶ـ مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط :

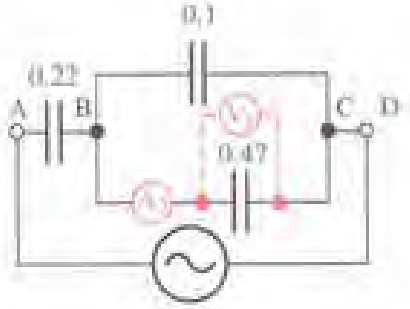
$X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f C_T}$ ، $I_C = \frac{V_C}{X_C}$ و $V_C = X_C . I$ محاسبه کنید.

$V_{C_1} =$ ..... V $I_{C_1} =$ ..... mA

$V_{C_2} =$ ..... V $I_{C_2} =$ ..... mA

$V_{C_3} =$ ..... V $I_{C_3} =$ ..... mA

$V_{C_4} =$ ..... V $I_{C_4} =$ ..... mA



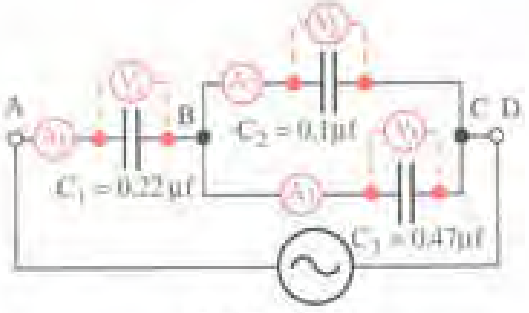
شکل ۱۵۳-۹

۷ـ فرکانس سیگنال ژنراتور رامطابق شکل (۱۵۴-۹) به ۱۰ kHz تغییر دهید و سپس جریان و ولتاژ هر خازن را به طور جداگانه مطابق مراحل ۳ و۴ اندازه‌گیری کنید .

$V_{C_1} =$ ..... V $I_{C_1} =$ ..... mA

$V_{C_2} =$ ..... V $I_{C_2} =$ ..... mA

$V_{C_3} =$ ..... V $I_{C_3} =$ ..... mA



شکل ۱۵۴-۹

۸ ـ آیا مقادیر اندازه‌گیری شده ولتاژ و جریان خازن‌ها در فرکانس ۱ kHz با فرکانس ۱۰ kHz مساوی هستند؟ چرا؟

پاسخ سؤال

۸.....

.....

۹ـ مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ ، $I_C = \frac{V_C}{X_C}$ و $V_C = X_C . I_C$ محاسبه کنید.

V_{C_1} = [ ] V I_{C_1} = [ ] mA

V_{C_2} = [ ] V I_{C_2} = [ ] mA

V_{C_3} = [ ] V I_{C_3} = [ ] mA

پاسخ سؤال

۱۰.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

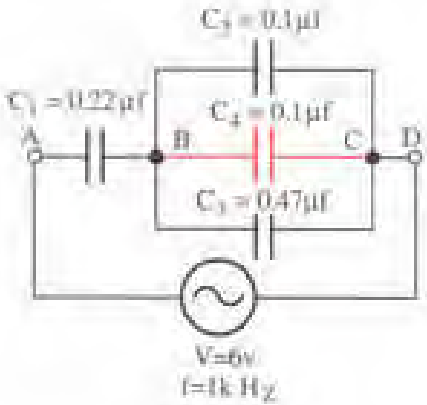
.....

.....

.....

۱۰ـ از مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده برای ولتاژ و جریان هرخازن طی مراحل ۲ تا ۹ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

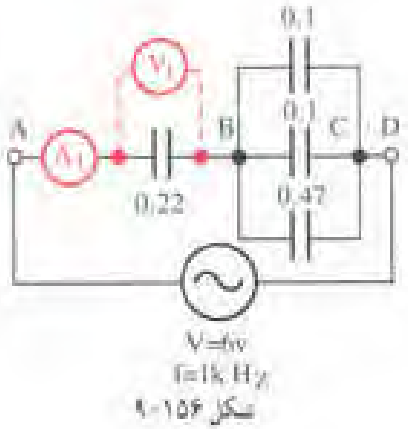
۱۱ـ یک خازن ۰/۸μf را مطابق شکل(۹-۱۵۵) بین دو نقطه B و C مدار قرار دهید.



شکل ۹-۱۵۵

۱۲ـ ولتاژ و فرکانس سیگنال ژنراتور را به ترتیب روی ۶ ولت و ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و سپس طبق شکل (۹-۱۵۶) به مدار اتصال دهید.

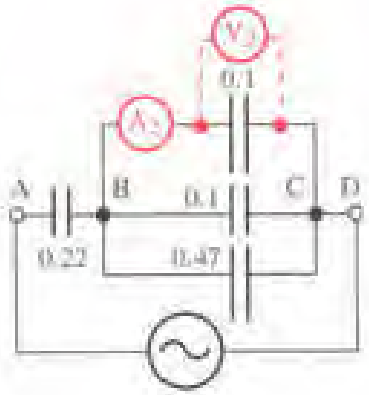
۱۳ ـ با استفاده از یک مولتی‌متر دیجیتالی و طبق شکل‌های(۱۵۶-۹) تا (۱۵۹-۹) ولتاژ و جریان خازن C_1 تا C_4 را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۹-۱۵۶

V_{C_1} = ... V I_{C_1} = ... mA
V_{C_2} = ... V I_{C_2} = ... mA
V_{C_3} = ... V I_{C_3} = ... mA
V_{C_4} = ... V I_{C_4} = ... mA

۱۴ـ مقدار جریان وولتاژ هرخازن را با کمک روابط $I_C = \frac{V_C}{X_C}$ ، $X_C = \frac{1}{2\pi f.C}$ و $V_C = X_C.I_C$ محاسبه کنید.



شکل ۹-۱۵۷

V_{C_1} = ... V I_{C_1} = ... mA
V_{C_2} = ... V I_{C_2} = ... mA
V_{C_3} = ... V I_{C_3} = ... mA
V_{C_4} = ... V I_{C_4} = ... mA

پاسخ سؤال

۱۵ .....

.....

.....

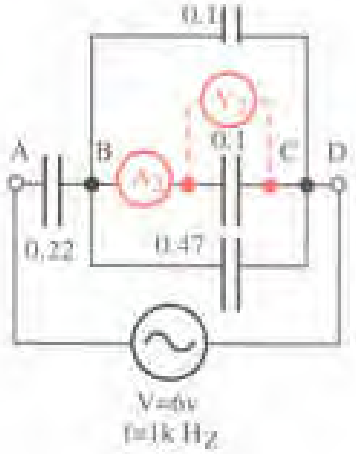
.....

.....

.....

۱۵ـ از مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۱۳ و ۱۴ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۱۶ـ با در نظر گرفتن ولتاژ دو سر هر خازن و ظرفیت واقعی آنها مقدار انرژی ذخیره شده در هر خازن را طبق رابطه $W = \frac{1}{2}CV^2$ محاسبه کنید.



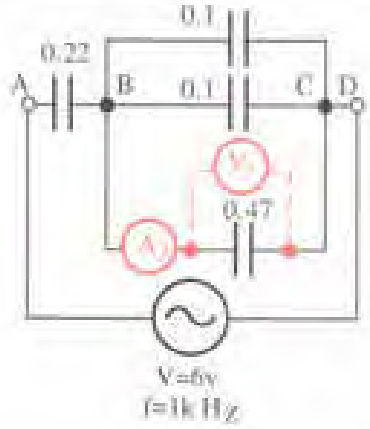
شکل ۹-۱۵۸

$W_{C_1} = \frac{1}{2}C_1V_1^2 =$ ☐ mj

$W_{C_2} = \frac{1}{2}C_2V_2^2 =$ ☐ mj

$W_{C_3} = \frac{1}{2}C_3V_3^2 =$ ☐ mj

$W_{C_4} = \frac{1}{2}C_4V_4^2 =$ ☐ mj



شکل ۹-۱۵۹

پاسخ سؤال

۱۷.....

۱۷ـ از مقایسه نتایج مراحل ۱۰ و ۱۵ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

آزمون پایانی (۹)

۱ـ جریانی که جهت آن همیشه ثابت است چه نوع جریانی است؟

الف ـ متناوب　　ب ـ مستقیم

ج ـ مربعی　　د ـ سینوسی

۲ـ هنگام نشان دادن شکل موج، محور عمودی مختصات نشان دهنده چیست؟

الف ـ زاویه　　ب ـ زمان

ج ـ اندازه　　د ـ جهت

۳ـ شکل موج (۱۶۰-۹) چه ولتاژی است؟

الف ـ AC　　ب ـ DC

ج ـ AC متغیر　　د ـ DC متغیر

شکل ۱۶۰-۹

۴ـ هرگاه سیمی در داخل میدان مغناطیسی حرکت کند دردوسرآن ..... بوجود می‌آید.

الف ـ ولتاژ　　ب ـ جریان

ج ـ مقاومت　　د ـ میدان مغناطیسی

۵ـ کدام مورد از عوامل زیر در ولتاژ القایی مؤثر نیست؟

الف ـ میدان مغناطیسی　　ب ـ سطح مقطع سیم

ج ـ زاویه سیم　　د ـ سرعت حرکت

۶ـ در چه صورت جریان القایی در سیم جاری خواهد شد؟

الف ـ حرکت سیم　　ب ـ وجود میدان مغناطیسی

ج ـ بسته شدن مدار سیم متحرک　　د ـ عمود بودن زاویه سیم بامیدان

۷ـ کدام مورد از اجزای مولد AC نیست؟

الف ـ قطبی مغناطیسی　　ب ـ زغال‌ها

ج ـ کموتاتور　　د ـ سیم متحرک (کلاف)

۸ـ در لحظه‌ای که کلاف در داخل میدان مغناطیسی ۱۸۰ درجه چرخیده، ولتاژ القایی چه وضعیتی دارد؟

الف ـ حداقل　　ب ـ حداکثر

ج ـ صفر　　د ـ نصف

۹ـ انگشت شست در قانون دست راست بازچه عاملی را نشان می‌دهد؟

الف ـ جهت حرکت سیم　　ب ـ جهت جریان القایی

ج ـ جهت میدان مغناطیسی　　د ـ جهت نیروی محرکه القایی

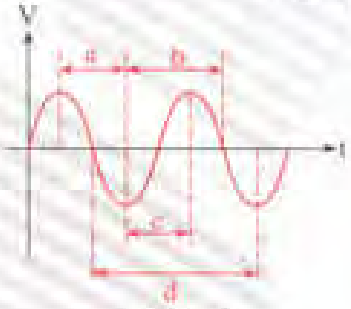
۱۰ـ انگشت سبابه در قانون دست راست سه انگشت عمود بر هم نشان دهنده کدام کمیت است؟

الف ـ جهت حرکت میدان
ب ـ جهت نیروی محرکه
ج ـ جهت حرکت هادی
د ـ جهت قوی مغناطیسی

۱۱ـ فرکانس عبارت است از :

الف ـ تعداد زمان تناوب‌ها در هر ثانیه
ب ـ تعداد سیکل های زده شده در هر ثانیه
ج ـ مسافت طی شده در یک ثانیه
د ـ مدت زمان طی شده یک سیکل

۱۲ـ درشکل(۱۶۱-۹) کدامیک از موارد زیر شکل صحیح زمان تناوب را نشان می‌دهد؟



شکل ۱۶۱-۹

الف ـ a
ب ـ b
ج ـ c
د ـ d

۱۳ـ کدام رابطه شکل صحیح فرمول طول موج را نشان می‌دهد؟

الف ـ $\lambda = \frac{C}{f}$
ب ـ $\lambda = \frac{f}{C}$
ج ـ $\lambda = \frac{C}{9}$
د ـ $\lambda = 2\pi f$

۱۴ـ سرعت زاویه‌ای عبارت است از :

الف ـ سرعت متحرک در داخل میدان مغناطیسی
ب ـ زاویه چرخش متحرک در مسیر دایره‌ای به شعاع 2π
ج ـ سرعت چرخش متحرک در مسیر دایره‌ای
د ـ زاویه چرخش متحرک نسبت به شعاع مبنا در عرض یک ثانیه

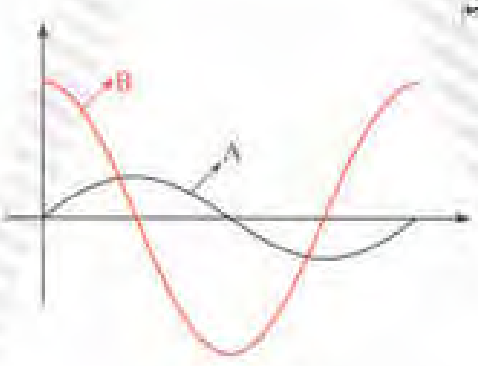
۱۵ـ رابطه مقدار متوسط و موثر یک موج را نشان می‌دهد؟

الف ـ $Vav = ۰/۷۰۷ \times Vm$ ، $Ve = ۰/۷۰۷ \times Vm$
ب ـ $Vav = ۰/۶۳۷ \times Vm$ ، $Ve = ۰/۶۳۷ \times Vm$
ج ـ $Vav = ۰/۶۳۷ \times Vm$ ، $Ve = ۰/۷۰۷ \times Vm$
د ـ $Vav = ۰/۷۰۷ \times Vm$ ، $Ve = ۰/۷۰۷ \times \times Vm$

۱۶ـ معیار سنجش مقدار موثر موج متناوب چیست؟

الف ـ برابری مقدار گرمای ایجاد شده در مدارات جریان مستقیم
ب ـ برابری مقدار گرمای ایجاد شده در مدار اهمی خالص جریان مستقیم
ج ـ برابری مقدار گرمای ایجاد شده در مدارات جریان متناوب
د ـ برابری مقدار گرمای ایجاد شده اهمی جریان متناوب

۱۷ـ با توجه به شکل (۱۶۲-۹) کدام مورد صحیح است؟



شکل ۱۶۲-۹

الف ـ موج B نسبت به موج A پیش‌فاز است.
ب ـ موج A نسبت به موج B پیش‌فاز است.
ج ـ موج A نسبت به موج B هم‌فاز است.
د ـ دو موج ارتباطی با هم ندارند.

۱۸ ـ شکل موج توان در مدار اهمی خالص کدام است؟

الف ـ

ب ـ

ج ـ

د ـ

۱۹ ـ جریان در یک مدار خازنی خالص نسبت به ولتاژ چگونه است؟

الف ـ ۹۰ درجه پس‌فاز　　ب ـ ۹۰ درجه پیش‌فاز

ج ـ ۴۵ درجه پس‌فاز　　د ـ ۴۵ درجه پیش‌فاز

۲۰ ـ توان مثبت یا منفی در مدار خازنی به چه معنی است؟

الف ـ دو شبکه انرژی می‌گیرد و مصرف می‌کند.

ب ـ دو شبکه انرژی می‌گیرد و به حرارت تبدیل می‌کند.

ج ـ دو شبکه انرژی می‌گیرد و در خود ذخیره می‌کند.

د ـ دو شبکه انرژی می‌گیرد و در خود ذخیره و سپس باز می‌گرداند.

۲۱ ـ جریان در یک مدار سلفی نسبت به ولتاژ مدار چه وضعیتی دارد؟

الف ـ ۹۰ درجه پس‌فاز　　ب ـ ۹۰ درجه پیش‌فاز

ج ـ هم فاز　　د ـ ۴۵ درجه پس فاز

۲۲ ـ خاصیت مقاومتی سلف در جریان متناوب را ..... سلفی گویند.

الف ـ اندوکتانس　　ب ـ راکتانس

ج ـ رزیستانس　　د ـ کاپاسیتانس

۲۳ ـ کدام‌یک از گزینه‌های زیر در مورد یک مدار سلفی سری صحیح است؟

الف ـ $X_{L_T} = X_{L_1} + X_{L_2}$

$L_T = \dfrac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}}$

ب ـ $X_{L_T} = \dfrac{1}{\frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}}}$

$L_T = L_1 + L_2$

ج ـ $X_{L_T} = \dfrac{1}{\frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}}}$

$L_T = \dfrac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}}$

د ـ $X_{L_T} = X_{L_1} + X_{L_2}$

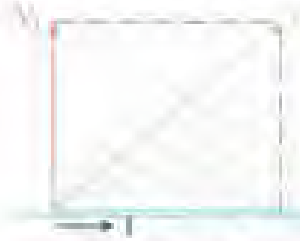
$L_T = L_1 + L_2$

۲۴ ـ بردار کمیت‌های اهمی خالص و غیراهمی خالص به ترتیب روی محورهای ..... و ..... رسم می‌شوند.

الف ـ افقی مثبت ـ افقی منفی　　ب ـ افقی منفی ـ عمودی مثبت و منفی

ج ـ افقی مثبت ـ عمودی مثبت و منفی　　د ـ افقی منفی ـ عمودی منفی

۲۵ـ دیاگرام برداری شکل (۹ـ۱۶۳) مربوط به چه مداری است؟



شکل ۹-۱۶۳

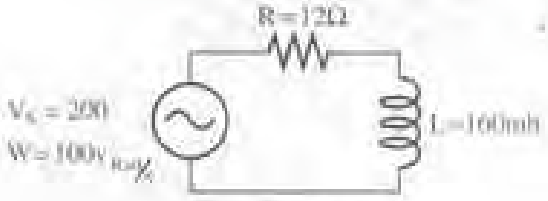
الف ـ RL موازی　　ب ـ RL سری

ج ـ RC موازی　　د ـ RC سری

۲۶ـ در مدار شکل (۹-۱۶۴) ضریب قدرت مدار چقدر است؟

الف ـ ۰/۸　　ب ـ ۰/۷

ج ـ ۰/۶　　د ـ ۰/۵



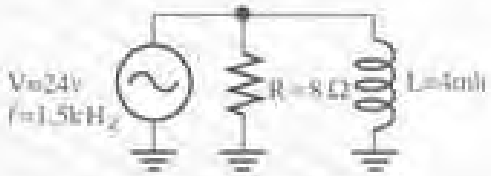
شکل ۹-۱۶۴

۲۷ـ افزایش فرکانس در مدار RL سری موجب می‌شود تا مدار خاصیت ..... پیدا کند.

الف ـ اهمی‌تر　　ب ـ سلفی‌تر

ج ـ اهمی و سلفی　　د ـ تغییر فرکانس تاثیری در مدار ندارد.

۲۸ـ جریان کل مدار شکل (۹-۱۶۵) چند است؟



شکل ۹-۱۶۵

الف ـ ۱　　ب ـ ۴/۸

ج ـ ۳/۴　　د ـ ۵

۲۹ـ در صورت کاهش فرکانس در یک مدار RL موازی زاویه اختلاف فاز مدار .....

الف ـ افزایش می‌یابد.　　ب ـ کاهش می‌یابد.

ج ـ تغییری نمی‌کند.　　د ـ ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۳۰ـ در مدار RL سری ..... به نسبت ..... با مقاومت‌ها بین اجزا مدار مستقیم می‌شود.

الف ـ ولتاژها ـ مستقیم　　ب ـ ولتاژها ـ معکوس

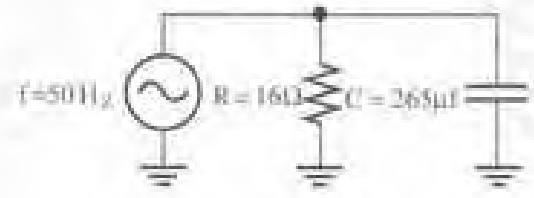
ج ـ جریان‌ها ـ مستقیم　　د ـ جریان‌ها ـ معکوس

۳۱ـ کدام رابطه شکل صحیح فرمول ضریب قدرت در مدارهای RC سری را نشان می‌دهد؟

الف ـ $\frac{X_C}{R}$　　ب ـ $\frac{X_C}{Z}$

ج ـ $\frac{R}{Z}$　　د ـ $\frac{Z}{R}$

۳۲ـ امپدانس مدار (شکل ۹-۱۶۶) چند اهم است؟



شکل ۹-۱۶۶

الف ـ ۲۸　　ب ـ ۱۹۲

ج ـ ۲　　د ـ ۹/۶

۳۳ـ مقدار ضریب قدرت غیر حقیقی مدار شکل(۱۶۷-۹)چقدر است؟

الف ـ ۰/۸ ب ـ ۰/۷۵

ج ـ ۰/۷ د ـ ۰/۶۵

۳۴ـ باتوجه به شکل موج‌های شکل(۱۶۷ -۹) مدار در چه حالتی است؟

شکل ۱۶۷-۹

الف ـ $X_L(X_C$ ب ـ $X_C(X_L$

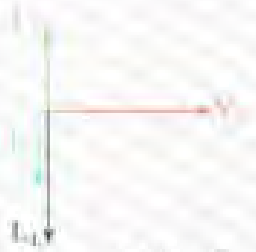
ج ـ $X_L = X_C$ د ـ $\frac{Vm}{\sqrt{2}}$

۳۵ـ امپدانس در مدارهای LC سری در شرایط رزنانس چقدر است؟

الف ـ $Z = 0$ ب ـ $Z = Z\max$

ج ـ $Z = R$ د ـ $Z = \sqrt{R^2 + XC^2}$

۳۶ـ دیاگرام برداری شکل (۱۶۸-۹) مربوط به کدام مدار و درچه شرایطی است؟



شکل ۱۶۸-۹

الف ـ LC سری $X_L)X_C$ ب ـ LC سری $X_C)X_L$

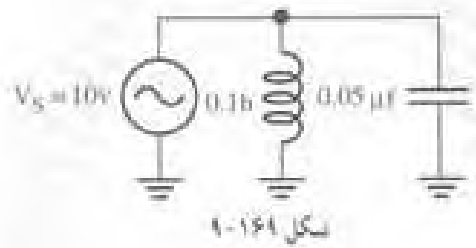
ج ـ LC موازی $X_L)X_C$ د ـ LC موازی $X_C)X_L$

۳۷ـ در یک مدار LC موازی اگر فرکانس مدار بیشتر از فرکانس رزنانس شود، وضعیت مدار چگونه است؟

الف ـ حالت خازنی $X_L)X_C$ ب ـ حالت خازنی $X_C)X_L$

ج ـ حالت سلفی $X_L)X_C$ د ـ حالت سلفی $X_C)X_L$

۳۸ـ فرکانس رزنانس مدار شکل (۱۶۹-۹) چند کیلو هرتز است؟



شکل ۱۶۹-۹

الف ـ ۳/۱ ب ـ ۷/۷

ج ـ ۲/۲ د ـ ۱۴

۳۹ ـ اگر راکتانس خازنی مدار RC سری افزایش یابد زاویه اختلاف فاز به ..... نزدیک می‌شود.

الف ـ ۹۰+ درجه ب ـ ۹۰- درجه

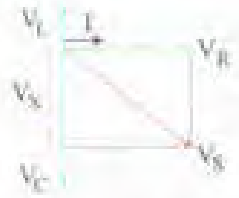
ج ـ صفر د ـ ۴۵+ درجه

۴۰ـ کدام‌یک از دیاگرام‌های برداری ولتاژها در حالت مدار RLC سری را نشان می‌دهد؟

الف ـ

ب ـ

ج ـ



د ـ

۴۱ـ در حالت رزنانس مدار RLC سری امپدانس مدار برابر است با:

الف ـ R　　ب ـ $\frac{1}{R}$

ج ـ X_C　　د ـ X_L

۴۲ـ در فرکانس‌های کمتر از f_r مدارهای RLC سری جریان (I) ..... از V_S است و مدار در حالت ..... قرار دارد.

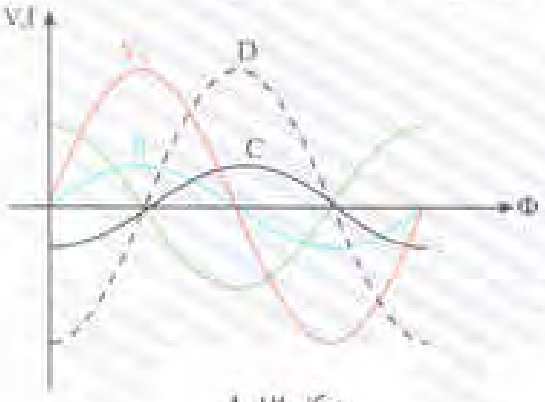
الف ـ جلوتر ـ سلفی　　ب ـ عقب‌تر ـ خازنی

ج ـ جلوتر ـ خازنی　　د ـ عقب‌تر ـ سلفی

۴۳ـ در شکل (۱۷۰-۹) که مربوط به مدار RLC موازی است کدام شکل موج، نشان دهنده جریان I_L است.

الف ـ A　　ب ـ B

ج ـ C　　د ـ D

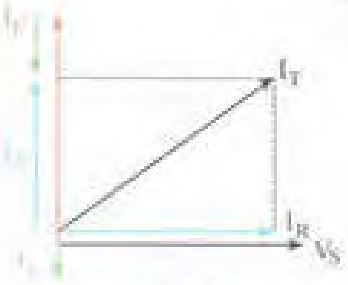


شکل ۱۷۰-۹

۴۴ـ دیاگرام برداری شکل(۱۷۱-۹) مربوط به چه مداری است؟

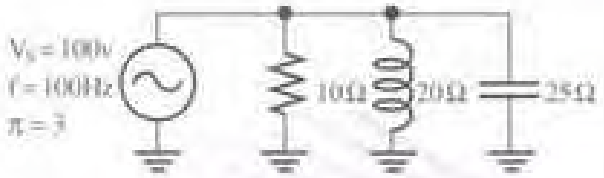
الف ـ RLC موازی　　ب ـ RL موازی

ج ـ RLC سری　　د ـ RL سری



شکل ۱۷۱-۹

۴۵ـ ضریب قدرت مدار شکل(۱۷۲-۹) چقدر است؟



شکل ۱۷۲-۹

الف ـ ۰/۲ ب ـ ۰/۹

ج ـ ۰/۸ د ـ ۰/۶

۴۶ـ توانی را که از طرف تولید کننده به مدار فرستاده می‌شود را توان ..... گویند.

الف ـ ظاهری (Q) ب ـ اکتیو (S)

ج ـ ظاهری (S) د ـ اکتیو (Q)

۴۷ـ کدام یک از روابط زیر غلط است؟

الف ـ $P = \sqrt{S^2 + Q^2}$ ب ـ $Q = X_L I_e^2$

ج ـ $P = \frac{V_e^2}{R}$ د ـ $S = \frac{V_e}{I_e}$

۴۸ـ کدام یک از گزینه‌های زیر شکل صحیح مثلث توان‌ها را در حالت سلفی نشان می‌دهد؟

الف ـ

ب ـ

ج ـ

د ـ

۴۹ـ اگر شکل موجی از موج دیگر زودتر شروع شود، در اصطلاح به آن موج ..... می‌گویند.

۵۰ ـ مقاومتی که سلف از خود در جریان متناوب نشان می‌دهد، راکتانس سلفی نامند.

صحیح ☐ غلط ☐

۵۱ ـ در مدارهای سلفی ولتاژ مدار نسبت به جریان ۹۰ درجه ..... است.

۵۲ ـ در مدارهای RLC به ازاء تغییرات فرکانس هیچگاه مقادیر X_L و X_C برابر نخواهند شد.

صحیح ☐ غلط ☐

۵۳ ـ در محاسبات توان، توان راکتیو سلفی را با علامت ..... و توان راکتیو خازنی را با علامت ..... نشان می‌دهند.

۵۴ ـ در مدارهای RLC موازی و در حالت رزنانس جریان کل مدار حداکثر است.

صحیح ☐ غلط ☐

۵۵ ـ سلف معادل چند سلف موازی از مقدار هر یک از سلف‌های مدار ..... است.

توجه: مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

پاسخ سوالات

پیش آزمون (۹)

۱ـ ج
۲ـ ج
۳ـ د
۴ـ الف
۵ـ ب
۶ـ د
۷ـ الف
۸ـ الف
۹ـ د
۱۰ـ الف
۱۱ـ ج
۱۲ـ الف
۱۳ـ ب
۱۴ـ د
۱۵ـ ب

آزمون پایانی (۹)

۱ـ ب
۲ـ ج
۳ـ د
۴ـ الف
۵ـ ب
۶ـ ج
۷ـ الف
۸ـ ج
۹ـ الف
۱۰ـ د
۱۱ـ ب
۱۲ـ ب
۱۳ـ الف
۱۴ـ د
۱۵ـ ج
۱۶ـ ب
۱۷ـ الف
۱۸ـ ج
۱۹ـ الف
۲۰ـ د
۲۱ـ الف
۲۲ـ ب
۲۳ـ د
۲۴ـ ج
۲۵ـ ب
۲۶ـ ج
۲۷ـ ب
۲۸ـ د
۲۹ـ الف
۳۰ـ الف
۳۱ـ ج
۳۲ـ د
۳۳ـ الف
۳۴ـ الف
۳۵ـ الف
۳۶ـ د
۳۷ـ الف
۳۸ـ ج
۳۹ـ ب
۴۰ـ الف
۴۱ـ الف
۴۲ـ ج
۴۳ـ د
۴۴ـ الف
۴۵ـ ب
۴۶ـ ج
۴۷ـ الف
۴۸ـ د
۴۹ـ پیش‌فاز
۵۰ـ راکتانس سلفی
۵۱ـ جلوتر
۵۲ـ غلط ☒
۵۳ـ مثبت، منفی
۵۴ـ غلط ☒
۵۵ـ کوچکتر(کمتر)

واحد کارمبانی الکتریسیته

فصل دهم: اصول کار مولدهای جریان مستقیم

هدف کلی:

آشنایی با ساختمان و اصول کار مولدهای جریان مستقیم

هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل انتظار می رود که، فراگیر:

۱ـ اجزای اصلی و فرعی یک مولد dc را نام ببرد.
۲ـ تفاوت کموتاتورهای ac و dc را بیان کند.
۳ـ اصول کار و چگونگی بوجود آمدن شکل موج خروجی مولدهای dc را با رسم شکل توضیح دهد.
۴ـ اثر افزایش تعداد دور و گروه کلاف‌ها و تیغه‌های کلکتور را توضیح دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۲	ــ	۲

پیش آزمون (۱۰)

۱ـ در داخل دستگاه‌های جوش ممکن است کدام یک از وسایل زیر استفاده نشود؟

الف ـ ترانس　　ب ـ مولد dc

ج ـ سیم مسی　　د ـ الکترود

۲ـ ولتاژ تولید شده توسط باتری قلمی مشابه کدام یک از موارد زیر نیست؟

الف ـ مولد ac　　ب ـ مولد dc

ج ـ باتری کتابی　　د ـ باتری ماشین

۳ـ برای شارژ باتری اتومبیل کدام یک از وسایل زیر استفاده می‌شود؟

الف ـ باتری　　ب ـ دلکو

ج ـ آفتامات　　د ـ دینام

۴ـ کدام‌یک از موارد زیر از اجزای یک دینام دوجرقه نیست؟

الف ـ آرمیچر　　ب ـ هرزگرد

ج ـ آهن‌ربا　　د ـ سیم‌پیچ قطب‌های S,N

۵ـ در کدام وسیله زیر زغال (جاروبک) به کار نمی‌رود؟

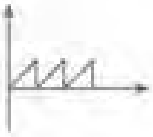
الف ـ دریل　　ب ـ جارو برقی

ج ـ هویزن　　د ـ موتور کولر

۶ـ کدام‌یک از امواج زیر dc است؟

الف ـ

ب ـ

ج ـ 

د ـ

۷ـ انگشت شست در قانون دست راست ژنراتورها نشان دهنده کدام گمیت است؟

الف ـ جهت حرکت هادی　　ب ـ جهت نیروی محرکه

ج ـ جهت میدان مغناطیسی　　د ـ جهت قطب‌ها

۸ـ فرکانس موجی با زمان تناوب ۵ میلی ثانیه چند هرتز است؟

الف ـ ۱۰　　ب ـ ۲۰۰

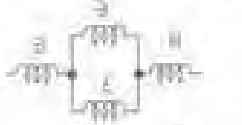
ج ـ ۲۰　　د ـ ۰/۰۰۵

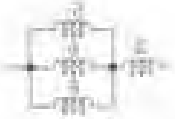
۹ـ مقدار مؤثر یک موج سینوسی با ماکزیمم دامنه $E_m = ۲۰$ ولت چقدر است؟

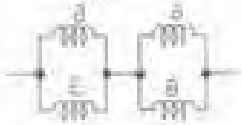
الف ـ ۱۲/۷۴ ب ـ ۷/۰۷

ج ـ ۱۴/۱۴ د ـ ۰/۶۳۶

۱۰ـ راکتانس معادل کدام‌یک از اشکال زیر برابر با ۱۵Ω است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ

۱۱ـ کدام گزینه رابطه ضریب قدرت در مدار RC موازی است؟

الف ـ $\frac{R}{Z}$ ب ـ $\frac{X_C}{Z}$

ج ـ $\frac{Z}{X_C}$ د ـ $\frac{Z}{R}$

۱۲ـ در مدار RLC موازی با افزایش اندوکتانس، مدار حالت ..... پیدا می‌کند.

الف ـ اهمی ـ سلفی ب ـ اهمی ـ خازنی

ج ـ سلفی د ـ سلفی ـ خازنی

۱۳ـ کدام شکل رابطه فازی بین ولتاژ و جریان را در مدارهای سلفی نشان می‌دهد؟

الف ـ

ب ـ

ج ـ

د ـ

۱۴ـ اگر توان ظاهری یک مصرف کننده ۵۰۰VA و توان اکتیو ۴۰۰w باشد، ضریب قدرت آن چقدر است؟

الف ـ ۱/۲۵ ب ـ ۰/۷۵

ج ـ ۰/۶ د ـ ۰/۸

۱۵ـ مقدار فرکانس رزنانس یک مدار RLC سری با مشخصات $R = ۱۰۰\Omega$ ، $C = ۰/۴\mu F$ و $L = ۰/۵h$ چند هرتز است؟ ($\pi = ۳$)

الف ـ ۳۹۶ ب ـ ۳۷۲

ج ـ ۳۴۰ د ـ ۳۳۵

۱ـ۱۰ـ شناسایی اصول کار مولد جریان مستقیم

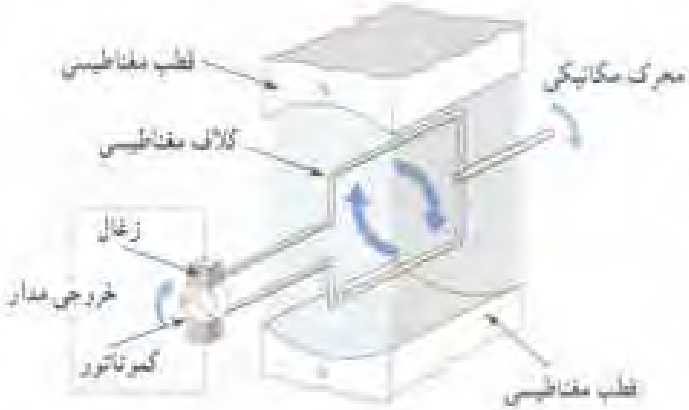
یک ماشین جریان مستقیم ساده طبق شکل (۱ـ۱۰) از چهار قسمت اصلی تشکیل شده است.

۱ـ میدان مغناطیسی (قطب‌ها)

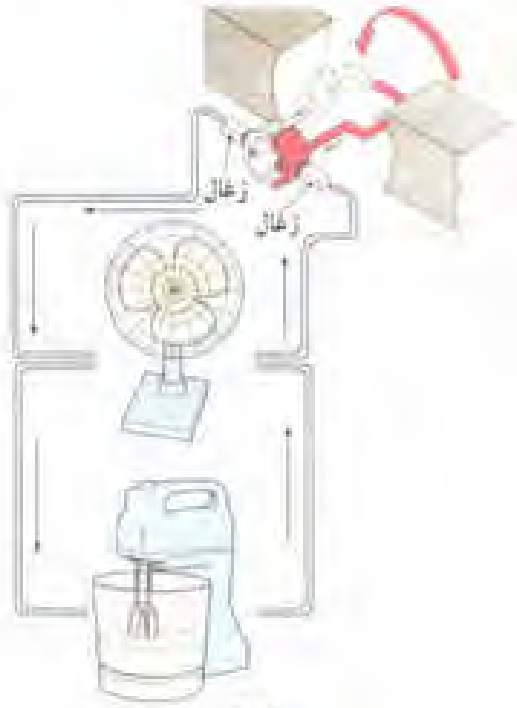
۲ـ حلقه القا شونده (کلاف سیم)

۳ـ کموتاتور (حلقه‌های لغزنده)

۴ـ جاروبک‌ها (زغال‌ها)



شکل ۱ـ۱۰

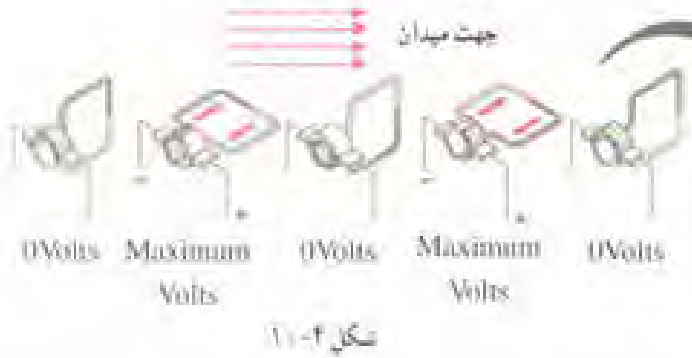


شکل ۲ـ۱۰

نحوه تولید ولتاژ در مولدهای dc نیز مشابه مولدهای ac است یعنی با بحرکت درآوردن کلاف در میدان مغناطیسی ولتاژی در دو سر آن القا می‌شود که از طریق حلقه‌های لغزنده به زغال‌ها و در نهایت به مصرف کننده انتقال می‌یابد. (شکل ۲ـ۱۰)

تفاوت اصلی مولدهای dc با ac در شکل کموتاتور استفاده شده در آن است، زیرا در جریان dc این حلقه‌ها دو تکه است و توسط یک عایق از یکدیگر جدا می‌شوند. (شکل ۳ـ۱۰)

شکل ۳ـ۱۰



شکل ۴ـ۱۰

دو تکه بودن کموتاتور سبب می‌شود تا بازویی که به آن متصل است در زمانی که کلاف نیم دور می‌زند و به زیر قطب مخالف برود، در این حالت جهت جریان در سیم عوض نمی‌شود و به همان صورت باقی بماند. (شکل ۴ـ۱۰)

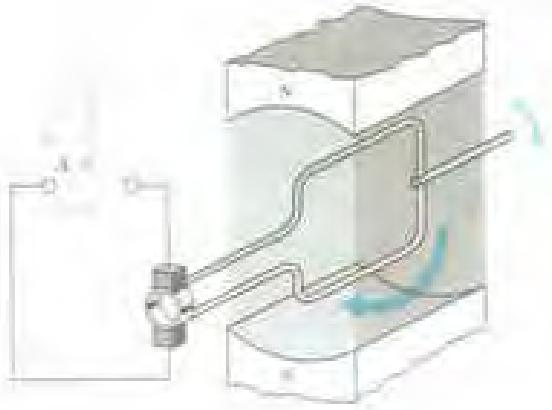
اگر فضای گردش کلاف در داخل میدان مغناطیسی را برای هر ۹۰ درجه به صورت شکل (۵-۱۰) نامگذاری کنیم با گردش کلاف در داخل میدان مغناطیسی هر ۱۸۰ درجه ولتاژ یکبار به حداکثر می‌رسد و مجدداً صفر می‌شود.

بنابراین در یک دور گردش کلاف در میدان مغناطیسی دو نیم سیکل سینوسی به وجود می‌آید.

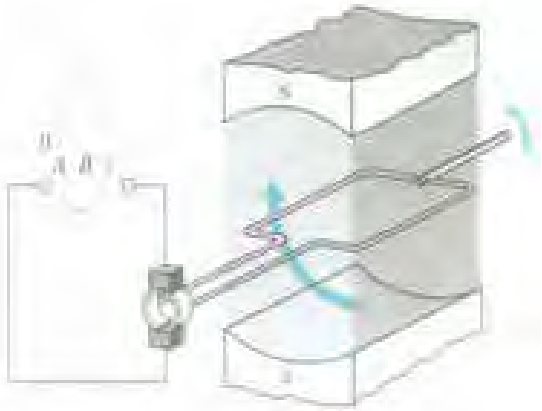
در شکل (۶-۱۰) از تصویر a تا d مراحل مختلف و چگونگی بوجود آمدن ولتاژ را نشان می‌دهد.

برای درک بهتر چگونگی تولید ولتاژ القایی dt در هر ۹۰ درجه چرخش به زیرنویس تصاویر توجه کنید.

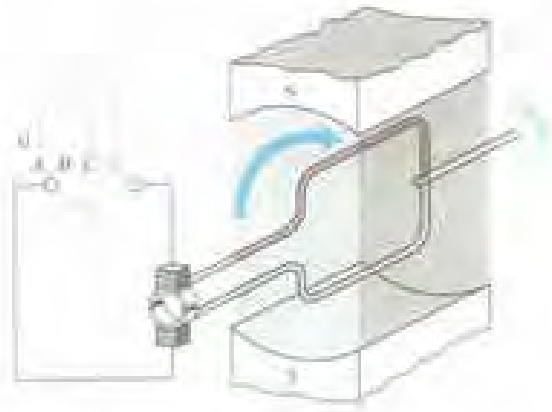
شکل ۵-۱۰



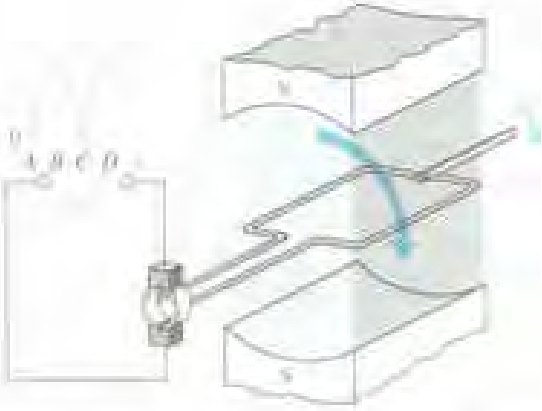
حالت a : حلقه به طور عمودی به طرف خطوط شار حرکت می‌کند و ولتاژ حداکثر می‌باشد.



حالت b: حلقه به موازات خطوط شار حرکت می‌کند وولتاژ صفر است.



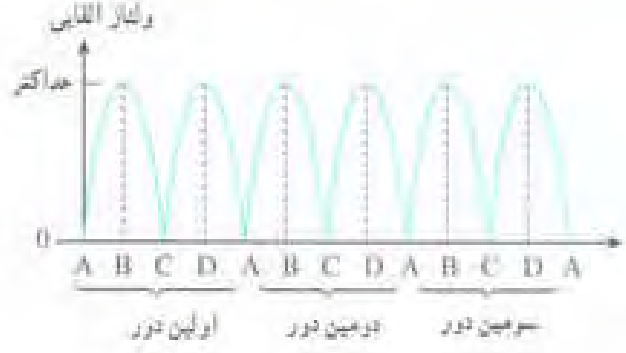
حالت c: حلقه به طور عمودی به طرف خطوط شار حرکت می‌کند و ولتاژ حداکثر می‌باشد.



حالت d: حلقه به موازات خطوط شار حرکت می کند وولتاژ صفر می‌باشد.

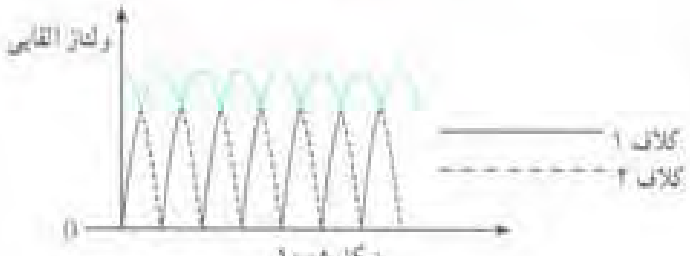
شکل ۶-۱۰

شکل موج خروجی مولد در طی چرخش‌های متوالی کلاف درداخل میدان به‌صورت شکل (۷-۱۰) می‌شود.



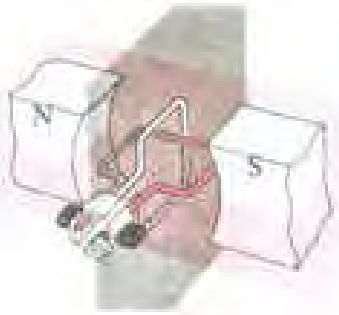
شکل ۱۰-۷

در صورتیکه تعداد کلاف‌های موجود داخل میدان مغناطیسی را به دوکلاف یا بیشتر افزایش دهیم فاصله بین نقاط ماکزیمم ولتاژ خروجی کمتر می‌شود و شکل موج خروجی بصورت شکل (۸-۱۰) درمی‌آید.



شکل ۱۰-۸

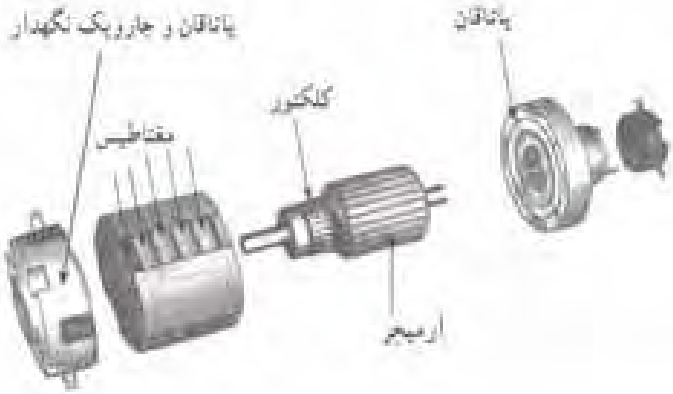
یادآور می‌شود که با اضافه شدن هر کلاف تعداد تقسیم‌های تیغه‌های کلکتور بیشتر می‌شود و برای سرهای اضافه شده دو تیغه جدید جهت اتصال لازم است (شکل ۹-۱۰)



شکل ۱۰-۹

شکل (۱۰-۱۰) تصویر برش خورده یک مولد dc را نشان می‌دهد.

شکل ۱۰-۱۰



شکل ۱۱-۱۰

در عمل اجزای یک مولد dc یا نام‌های دیگری معرفی می‌کنند شکل (۱۱-۱۰) تصویری از اجزای اصلی و فرعی یک مولد dc را نشان می‌دهد.

شکل ۱۲-۱۰

از جمله مولدهای dc ساده می‌توان دینام یک دوجرخه و یا دینام یک ماشین را نام برد. نیروی محرک این مولدها به ترتیب حرکت دوجرخه و اتومبیل است و اساس کار آنها نیز چرخش کلاف سیم در داخل میدان مغناطیسی و القا ولتاژ است.

در شکل (۱۲-۱۰) تصویر یک نمونه دینام دوجرخه را مشاهده می‌کنید.

آزمون پایانی (۱۰)

۱ـ ژنوناتور نام دیگر کدامیک از موارد زیر است؟

الف ـ حلقه القا شونده　　ب ـ زغال‌ها

ج ـ قطب‌ها　　د ـ حلقه‌های لغزنده

۲ـ ولتاژ القایی توسط کدام مورد به مصرف‌کننده انتقال می‌یابد؟

الف ـ جاروبک‌ها　　ب ـ قطب‌ها

ج ـ سیم‌های رابط　　د ـ حلقه القا شونده

۳ـ نقش اصلی حلقه‌های لغزنده در مولدهای dc چیست؟

الف ـ چرخاندن کلاف سیم　　ب ـ یکسوسازی جریان

ج ـ رساندن جریان به مصرف‌کننده　　د ـ ارتباط بین زغال و مصرف‌کننده

۴ـ در کدامیک از زوایای میدان مغناطیسی داده شده زیر ولتاژ القایی ماکزیمم است؟

الف ـ ۹۰ و ۱۸۰ درجه　　ب ـ ۱۸۰ و ۳۶۰ درجه

ج ـ ۹۰ و ۲۷۰ درجه　　د ـ ۰ و ۱۸۰ درجه

۵ ـ با توجه به شکل (۱۲-۱۰) در صورتی که از نقطه C حرکت کنیم شکل موج خروجی فاصله C تا D کدام است؟

شکل ۱۲-۱۰

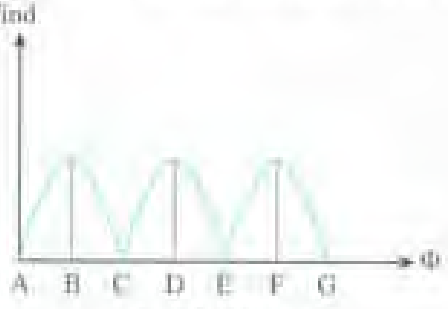
الف ـ

ب ـ

ج ـ

د ـ

۶ـ شکل موج خروجی مولد دو قطب شکل (۱۲-۱۰) در فاصله A تا G به ازای چرخش چند دور کلاف در میدان مغناطیسی بدست آمده است؟



شکل ۱۲-۱۰

الف ـ $1\frac{1}{2}$　　ب ـ $2\frac{1}{2}$

ج ـ ۳　　د ـ ۴

۷ـ چگونه می‌توان شکل موج خروجی مولد را صاف‌تر کرد؟

الف ـ افزایش تعداد زغال‌ها　　ب ـ افزایش تعداد کلاف‌ها

ج ـ کاهش تعداد قطب‌ها　　د ـ کاهش سرعت محرک مکانیکی

۸ـ کدامیک از موارد زیر از اجزای اصلی الکتریکی یک مولد dc نیست؟

الف ـ جاروبک‌ها　　ب ـ حلقه‌های لغزنده

ج ـ یاتاقان‌ها　　د ـ حلقه القا شونده

۹ـ در صورت افزایش تعداد کلاف‌های موجود در داخل میدان مغناطیسی فاصله بین نقاط ماکزیمم در ولتاژ خروجی بیشتر خواهد شد.

صحیح ☐　　غلط ☐

۱۰ـ اصول کار تولید ولتاژ در مولدهای dc به حرکت درآوردن کلاف در میدان مغناطیسی است.

صحیح ☐　　غلط ☐

۱۱ـ دو تکه بودن کموتاتور در تعویض جهت جریان در سیم مؤثر است.

صحیح ☐　　غلط ☐

۱۲ـ در هر ۹۰ درجه گردش کلاف جریان یکبار به حداکثر رسیده و مجدداً صفر می‌شود.

صحیح ☐　　غلط ☐

۱۳ـ تفاوت اصلی مولدهای dc با ac در ..... استفاده شده آنها است.

۱۴ـ یک ماشین جریان مستقیم از قطب‌ها، کلاف سیم، کموتاتور و ..... تشکیل شده است.

۱۵ـ اضافه شدن هر کلاف باعث افزایش ..... خواهد شد.

توجه: مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید
مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

پاسخ سوالات

پیش آزمون (۱۰)

۱ـ د
۲ـ الف
۳ـ د
۴ـ د
۵ـ د
۶ـ ج
۷ـ الف
۸ـ ب
۹ـ ج
۱۰ـ الف
۱۱ـ د
۱۲ـ ب
۱۳ـ ج
۱۴ـ د
۱۵ـ ب

آزمون پایانی (۱۰)

۱ـ د
۲ـ الف
۳ـ ب
۴ـ ج
۵ـ ج
۶ـ الف
۷ـ ب
۸ـ ج
۹ـ غلط ☒
۱۰ـ صحیح ☒
۱۱ـ غلط ☒
۱۲ـ غلط ☒
۱۳ـ حلقه‌های لغزنده
۱۴ـ جاروبک‌ها یا زغال‌ها
۱۵ـ تعداد لبه‌های کلکتور

واحد کارمبانی الکتریسیته

فصل یازدهم: اصول کار آلترناتورهای سه فاز

هدف کلی:

آشنایی با ساختمان و اصول کار مولدهای جریان متناوب سه فاز

هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل انتظار می رود که، فراگیر:

۱ـ وجود تشابه و تفاوت کار مولدهای تک فاز و سه فاز را بیان کند.
۲ـ چگونگی بوجود آمدن شکل موج سه فازه را با رسم شکل توضیح دهد.
۳ـ اتصال ستاره و مثلث در آلترناتورها را به همراه نحوه نامگذاری کلاف‌های سه فاز توضیح دهد.
۴ـ مقادیر خطی وفازی را تعریف کند.
۵ـ ارتباط جریان‌ها و ولتاژهای خطی وفازی در اتصالات ستاره و مثلث را بیان کند.
۶ـ انواع توان در مدارهای سه فاز را با ذکر روابط بیان کند.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۳	—	۳

پیش آزمون(۱۱)

۱ـ اختلاف فاز بین دو فاز در ولتاژهای سه فاز چند درجه است؟

الف ـ ۹۰ ب ـ ۶۰

ج ـ ۱۸۰ د ـ ۱۲۰

۲ـ اغلب موتورهای صنعتی بکار رفته در صنایع از نوع ..... است؟

الف ـ یک فاز ب ـ دو فاز

ج ـ سه فاز د ـ شش فاز

۳ـ آیا از سیم نول در شبکه‌های سه فازه استفاده می‌شود؟

الف ـ همیشه ب ـ هیچ وقت

ج ـ در برخی ازموارد د ـ فقط در اتصال مثلث

۴ـ ولتاژ بین دو فاز در شبکه سه فاز ایران چند ولت است؟

الف ـ ۱۱۰ ب ـ ۲۲۰

ج ـ ۱۸۰ د ـ ۳۸۰

۵ـ آیا در شبکه‌های سه فازه تمامی توان تولید شده توسط مولد در مصرف کننده مصرف می‌شود؟

الف ـ بلی ب ـ خیر

ج ـ به نوع مولدبستگی دارد. د ـ به نوع اتصال مداربستگی دارد.

۶ ـ جنس عایق بین تیغه‌های کموتور از چیست؟

الف ـ مواد نفتی ب ـ لاستیک

ج ـ آلیاژ د ـ میکا

۷ ـ اگریک مولد دارای چهار کلاف باشدچند تیغه کلکتوردارد؟

الف ـ ۲ ب ـ ۴

ج ـ ۸ د ـ ۱۶

۸ ـ درکدام یک از زوایای زیر ولتاژ مولد در حال افزایش است؟

الف ـ صفر ب ـ ۱۸۰

ج ـ بین صفرتا ۹۰ د ـ بین ۹۰ تا ۱۸۰

۹ ـ کدام یک از موارد زیر به عنوان محرک وتأمین کننده انرژی در مولدهای برق به کار نمی رود؟

الف ـ آب ب ـ باد

ج ـ خاک د ـ خورشید

۱۰ ـ کدام یک از حروف اختصاری زیر برای نشان دادن فازها در شبکه سه فاز به کار می‌رود؟

الف ـ PH ب ـ S

ج ـ N د ـ MP

۱ـ۱۱ـ اتصالات آلترناتورسه فاز

اساس کار آلترناتورهای سه فاز مشابه مولدهای تک فاز است در این مولدها یا حرکت کلاف در داخل میدان مغناطیسی یا با حرکت میدان مغناطیسی در مقابل کلاف ولتاژ القایی تولید می‌شود. شکل(۱-۱۱) تفاوت اصلی این مولدها در ساختمان داخلی آنهاست.

شکل ۱-۱۱

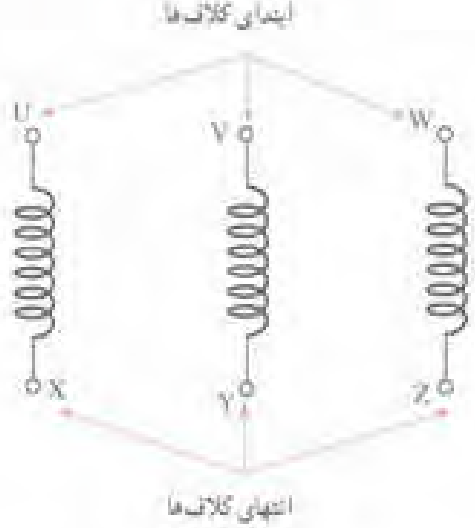
(a)

(b)

شکل ۲-۱۱

هرمولد سه فاز دارای سه دسته سیم پیچی است که در فضای دایره‌ای شکل با زاویه مکانی ۱۲۰ نسبت به هم قرار می‌گیرند. با قطع خطوط فوا توسط این سیم پیچ‌ها سه نوع جریان القایی متفاوت با اختلاف فاز مکانی ۱۲۰ به وجود می آید، به این نوع جریان «سه فاز» می‌گویند.

شکل (۲-۱۱) وضعیت سیم پیچ‌های داخل میدان مغناطیسی و شکل موج‌های تولید شده توسط آنها را نشان می‌دهد.



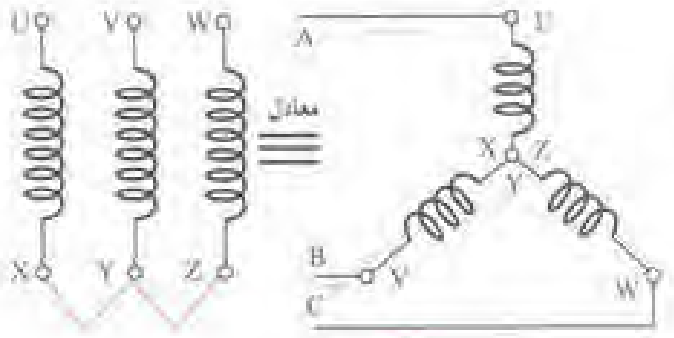
شکل ۳-۱۱

شکل (۳-۱۱) سه سیم پیچ را نشان می‌دهد که معرف سه گروه کلاف در مولدهای سه فاز است.

۱ـ۱ـ۱۱ـ اتصال کلاف‌ها:

کلاف‌ها به دوصورت به هم اتصال داده می‌شوند

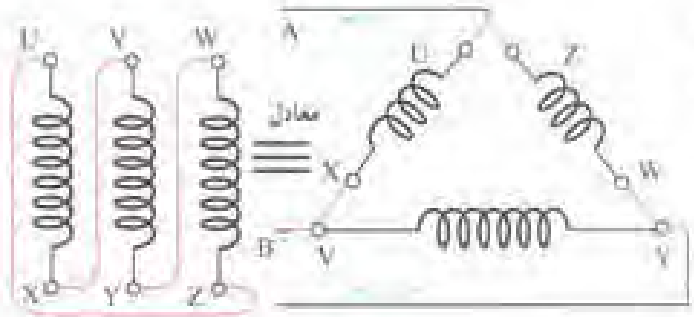
ـ **اتصال ستاره:** اگر انتهای کلاف‌های اول ودوم و سوم به یکدیگر اتصال یابند و از ابتدای کلاف‌ها جریان دریافت شود این نوع اتصال را «اتصال ستاره» می‌گویند و آن را با علامت (Y) نشان می‌دهند. درشکل (۴-۱۱) نحوه اتصال کلاف‌های مولد به حالت ستاره را مشاهده می کنید.



شکل ۴-۱۱

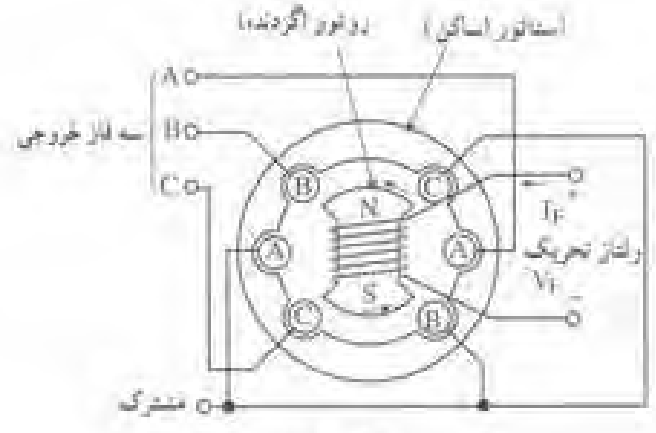
ـ **اتصال مثلث:** هرگاه انتهای کلاف اول به ابتدای کلاف دوم، انتهای کلاف دوم به ابتدای کلاف سوم، انتهای کلاف سوم، به ابتدای کلاف اول متصل شود و ابتدای کلاف‌ها جریان دریافت شود این نوع اتصال را اتصال مثلث می‌گویند و آن را با علامت (Δ) نشان می دهند.

نحوه اتصال کلاف‌های مولد به حالت مثلث در شکل (۵-۱۱) نشان داده شده است.



۱۱-۵

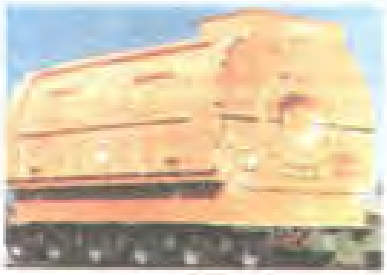
شکل (۶-۱۱) تصویر یک مولد را نشان می‌دهد که سیم‌پیچ‌های آن به صورت (Y) وصل شده است. از محل اتصال انتهای کلاف‌ها در اتصال ستاره، معمولاً سیمی خارج می‌شود که آن را «سیم مشترک» یا «سیم نول یا صفر» می‌نامند.



شکل ۶-۱۱

(a)

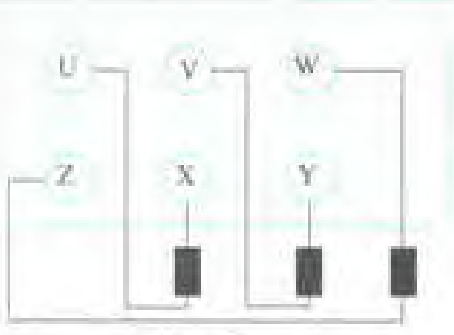
(b)



(c)

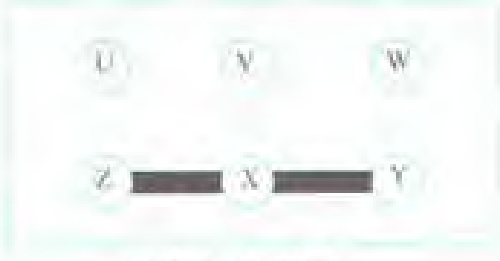
شکل ۷-۱۱

در شکل (۷-۱۱) قسمت a تصویری از روتور، قسمت b بخشی از سیم‌بندی استاتور و قسمت c شکل ظاهری یک مولد ac واقعی که در نیروگاه‌ها برای تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌شوند را نشان داده شده است.



شکل ۸-۱۱

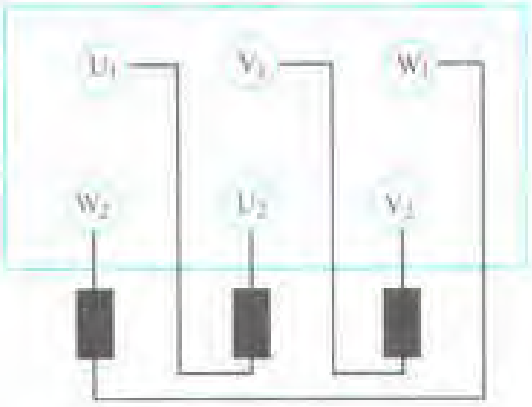
ـ ترمینال اتصال (تخته کلم): نحوه قرار گرفتن سر و ته کلاف‌های مولد روی ترمینال اتصال (تخته کلم) جهت اتصال به مدار مطابق شکل (۸-۱۱) است.



a ـ اتصال ستاره (Y)

b ـ اتصال مثلث (Δ)

شکل ۱۱-۹



شکل ۱۱-۱۰

برای اتصال کلاف‌ها به صورت ستاره یا مثلث از تیغه‌های مسی در روی ترمینال اتصال استفاده می‌شود. درشکل (۹-۱۱) چگونگی اتصال تیغه‌های مسی در زیر پیچ‌های تخته کلم برای ایجاد اتصالات ستاره و مثلث نشان داده شده است.

توضیح: در برخی کتب طبق استانداردی دیگر حروف W_2, V_2, U_2 به ترتیب با حروف U_1, V_1, W_1 و حروف Z, Y, X به ترتیب با حروف W_1, V_1, U_1 مشخص می‌کنند. درشکل (۱۰-۱۱) این مطلب نشان داده شده است.

۲ـ۱۱ـ فرکانس خروجی آلترناتور

فرکانس مولدهای سه فازه از رابطه زیر بدست می‌آید:

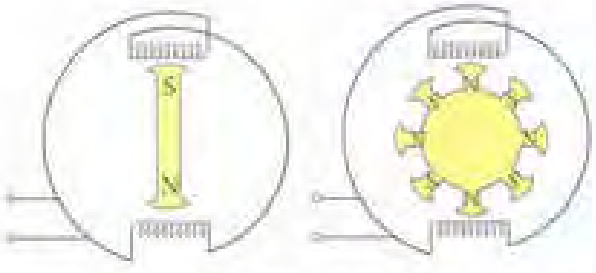
$$f = \frac{n.P}{60}$$

که در این رابطه:

n ـ تعداد دور روتور بر حسب دور بر دقیقه

P ـ تعداد زوج قطب های استاتور است.

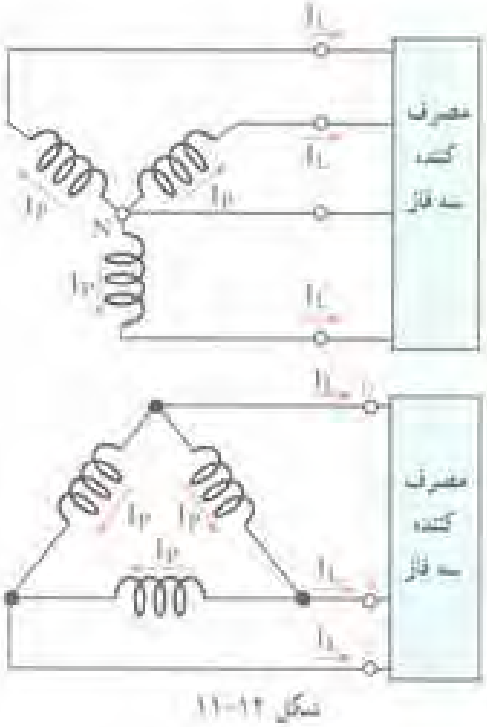
همان‌طوریکه از رابطه فوق مشخص است فرکانس مولد با دو عامل دور و تعداد زوج قطب‌ها رابطه مستقیم دارد. یعنی هر قدر تعداد قطب‌ها و یا سرعت محرک مکانیکی مولد بیشتر شود فرکانس نیز افزایش می‌یابد. در هر دو حالت با چرخش یک دور روتور، تعداد قطب‌ها با قوزان بیشتری قطع می‌شود. فرکانس مولدهای برق شهر HZ ۵۰ است. در شکل (۱۱-۱۱) تصویر دو مولد ۲ قطب و ۸ قطب نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۱۱- در صورتی که سرعت چرخش هر دو مولد مساوی باشد فرکانس مولد شکل a چهار برابر فرکانس مولد شکل b است.

۳ـ ۱۱ـ جریان‌ها و ولتاژها در اتصالات ستاره مثلث متعادل

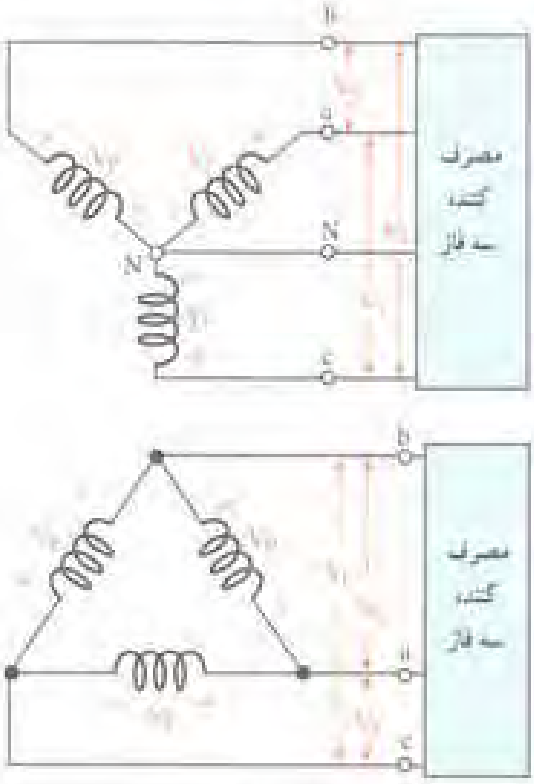
قبل از بررسی روابط و خصوصیات اتصالات Y و Δ لازم است با چهار مفهوم در مدارهای سه فازه آشنا شویم :



شکل ۱۲-۱۱

الف ـ جریان خطی (I_L) : جریانی که از خطوط خارجی مولد برای مصرف‌کننده‌ها فرستاده می‌شود، را «جریان خطی» گویند.

ب ـ جریان فازی (I_p): جریانی که از داخل هر یک از سیم‌پیچ‌های مولد سه فازه عبور می‌کند را «جریان فازی» می‌گویند. شکل (۱۲-۱۱) جریان‌های I_p و I_L اتصال‌های ستاره و مثلث را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳-۱۱

ج ـ ولتاژ خطی (V_L): ولتاژ بین دو فاز از فازهای خروجی یک مولد سه فازه را ولتاژ خطی گویند.

د ـ ولتاژ فازی (V_p): ولتاژ دو سر هریک از سیم‌پیچ‌های مولد را «ولتاژ فازی» گویند.

در شکل (۱۳-۱۱) ولتاژهای خطی و فازی اتصال‌های ستاره و مثلث نشان داده شده است .

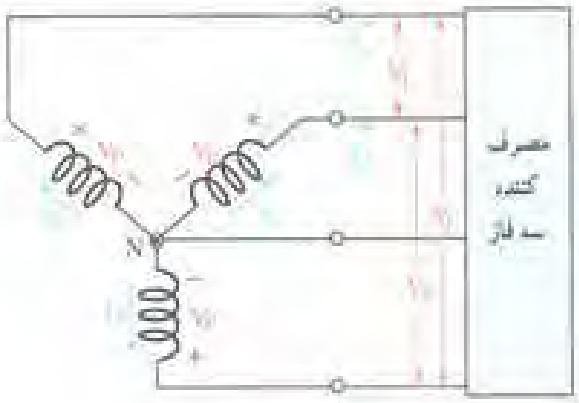
توضیح: در مولدهای سه فاز هریک از فازها را با حروف اختصاری(T-S-R)، (L_1، L_2، L_3) و یا (C-B -A) نشان می‌دهند. (شکل ۱۴-۱۱)

شکل ۱۴-۱۱

۱-۳-۱۱- مقدار ولتاژ و جریان در اتصال ستاره

و مثلث: در شکل (۱۵-۱۱) وضعیت سیم‌پیچ‌ها در اتصال ستاره و مقدار ولتاژها و جریان‌های فازی و خطی را مشاهده می‌کنید. در این اتصال روابط زیر در مدار برقرار است.

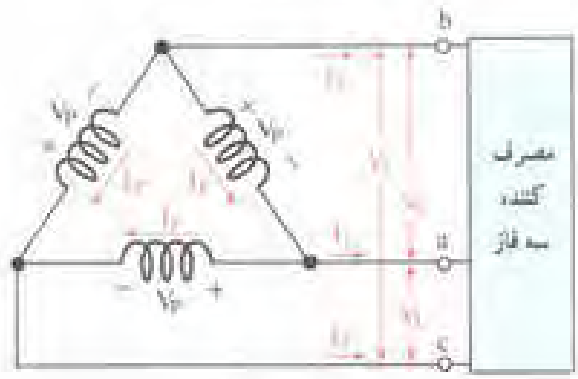
$$I_L = I_p$$
$$V_L = \sqrt{3}\, V_p$$



شکل ۱۵-۱۱

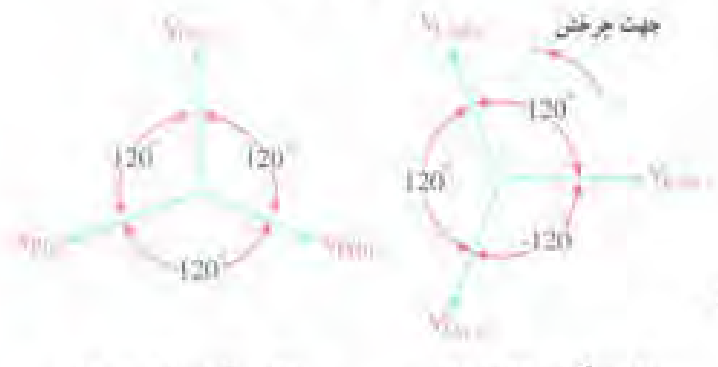
توضیح: از محل اتصال مشترک انتهای ثلاث‌ها معمولاً سیمی خارجی می‌شود که آن را «سیم نول» یا «صفر» می‌نامند. شکل (۱۶-۱۱) وضعیت سیم‌پیچ‌ها ولتاژها و جریان‌های خطی و فازی مولد سه فازه را در اتصال مثلث نشان می‌دهد. در این اتصال روابط زیربرقرار است.

$$V_L = V_p$$
$$I_L = \sqrt{3}\, I_p$$



شکل ۱۶-۱۱

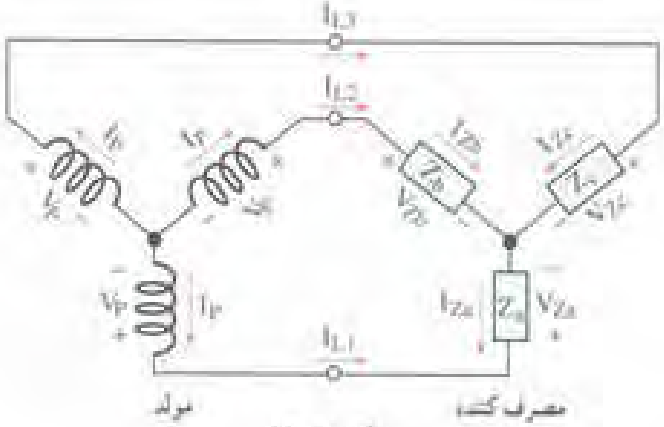
دیاگرام‌های برداری ولتاژهای خطی و فازی در مدارهای سه فازه به صورت شکل (۱۷-۱۱) ترسیم می‌شود.



(a) دیاگرام ولتاژهای فازی (b) دیاگرام ولتاژهای خطی

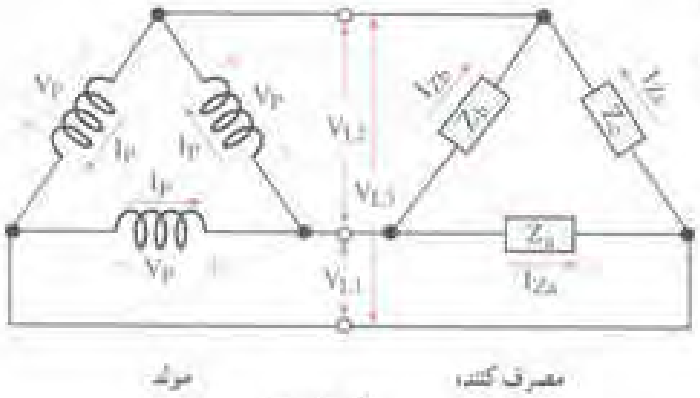
شکل ۱۷-۱۱

برای اینکه مصرف‌کننده‌های سه فازه بتوانند از مولد سه فازه استفاده کنند، درداخل آنها مانند مولدها از سه دسته سیم پیچ استفاده شده است. نحوه اتصال سیم پیچ ها به صورت اتصال ستاره (Y) و یا اتصال مثلث (Δ) می‌باشند.



شکل ۱۸-۱۱

در شکل (۱۸-۱۱) یک مصرف کننده با اتصال ستاره (Y) ودر شکل (۱۹-۱۱) مصرف‌کننده‌ای با اتصال مثلث (Δ) نشان داده شده است که به مولدهای سه فازه‌ای با اتصال ستاره (Y) ومثلث (Δ) متصل شده‌اند.



شکل ۱۹-۱۱

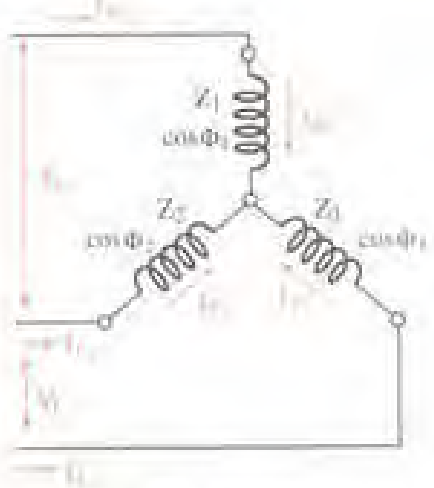
در شکل (۲۰-۱۱) تصویر یک نیروگاه جریان متناوب واقعی را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۰-۱۱

۲ـ۳ـ۱۱ـ بار متعادل و نامتعادل: قبل از بررسی توان‌ها در مدارهای سه فازه می‌بایست با اصطلاحات متعادل و نامتعادل آشنا شویم.

ـ **وضعیت متعادل:** هرگاه تمامی مشخصات سیم پیچ‌های مصرف‌کننده و یا مولد سه فاز از قبیل امپدانس‌ها، جریان‌ها و ولتاژهای خطی و فازی، زاویه اختلاف فاز با هم برابر باشند، آن مدار سه فازه را در «حالت متعادل» می‌گویند.

شکل (۲۱-۱۱) اتصال سیم پیچ‌های بار در حالت متعادل را نشان می‌دهد.



شکل ۲۱-۱۱

در این حالت روابط مقابل برقرار است:

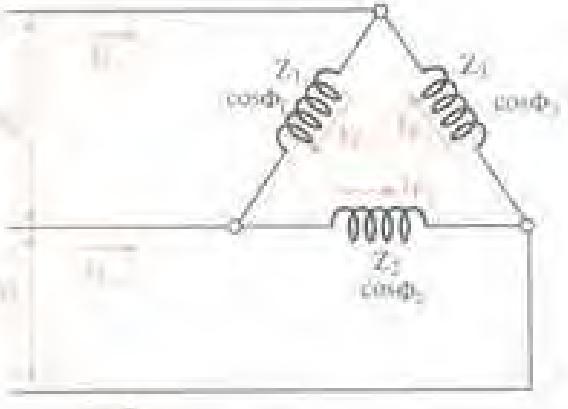
$$Z_1 = Z_2 = Z_3$$
$$I_{P_1} = I_{P_2} = I_{P_3}$$
$$I_{L_1} = I_{L_2} = I_{L_3}$$
$$\cos\phi_1 = \cos\phi_2 = \cos\phi_3$$

مشابه شرایط و تعاریف قوی را برای اتصال مثلث (Δ) نیز می‌توان بیان کرد.

ـ **وضعیت نا متعادل:** اگر یکی از مشخصه‌های مصرف‌کننده یا مدار سه فاز از قبیل امپلانس، جریان‌ها و ولتاژهای خطی و فازی، زاویه اختلاف فاز با هم برابر نباشند آن مدار سه فازه را در «حالت نامتعادل» می‌گویند.

پس در این حالت رابطه تساوی بین همه مشخصه‌ها وجود ندارد. شکل (۲۲-۱۱) اتصال سیم‌پیچ‌های بار در حالت مثلث نامتعادل را نشان می‌دهد.

وضعیت نامتعادل به همراه شرایط آن در اتصال ستاره (Y) نیز به وجود می‌آید.



شکل ۲۲-۱۱

۴ـ۱۱ـ انواع توان در مدارات سه فاز

توان‌هایی که در شبکه‌های سه فازه مطرح می‌شوند مشابه مدارهای تک فازه و شامل (توان ظاهری، توان اکتیو و توان راکتیو) است. چگونگی محاسبه توان‌ها در شبکه سه فاز با تک‌فاز تفاوت دارد. روابط توان‌ها درمدارهای سه فازه به صورت زیر است:

توان ظاهری	$S=\sqrt{3}\,V_L I_L$	[V.A]
توان اکتیو	$P=\sqrt{3}\,V_L I_L \cos\phi$	[W]
توان راکتیو	$Q=\sqrt{3}\,V_L I_L \sin\phi$	[VAR]

در تصاویر شکل (۲۳-۱۱) مصرف کننده های اهمی و غیر اهمی نشان داده شده است.

اگر روابط فوق را بر حسب مقادیر فازی بخواهیم می‌توانیم به صورت زیر نوشت:

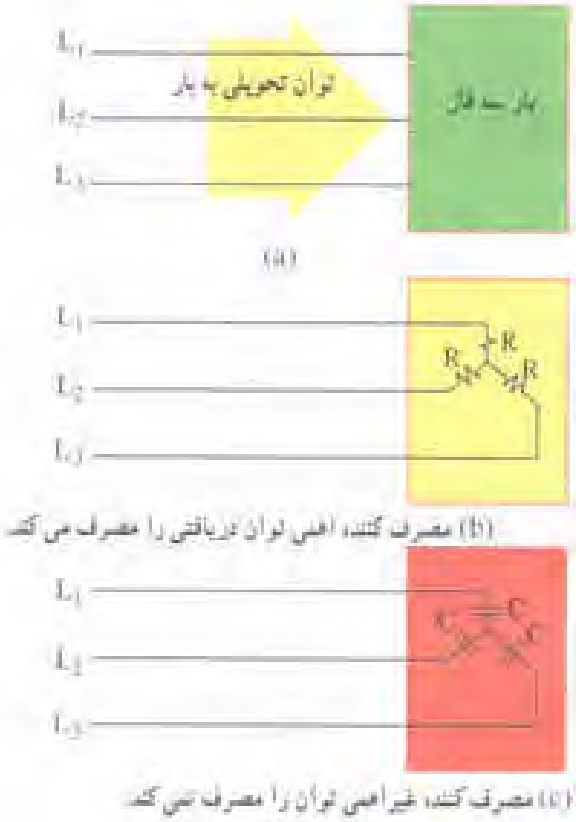
$S=3V_\phi I_\phi$	[V.A]
$P=3V_\phi I_\phi \cos\phi$	[W]
$Q=3V_\phi I_\phi \sin\phi$	[VAR]

ϕ- زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان

اگر یک مصرف کننده سه فاز را بتوان به صورت ستاره، مثلث راه‌اندازی کرد، توان تامی در اتصال ستاره متعادل آن $\frac{1}{3}$ توان تامی در اتصال مثلث متعادل است. به همین دلیل از این اتصالات بعنوان روش راه‌اندازی مصرف کننده‌های سه فازبا قدرت زیاد استفاده می‌شود. چرا که به خاطر کم شدن توان، جریان راه‌اندازی آنها کاهش می‌یابد.

$$P\lambda=\frac{1}{3}P\Delta$$

در تصاویرشکل (۲۴-۱۱) اتصالات ستاره و مثلث را به همراه پارامترهای آن مشاهده می کنید.

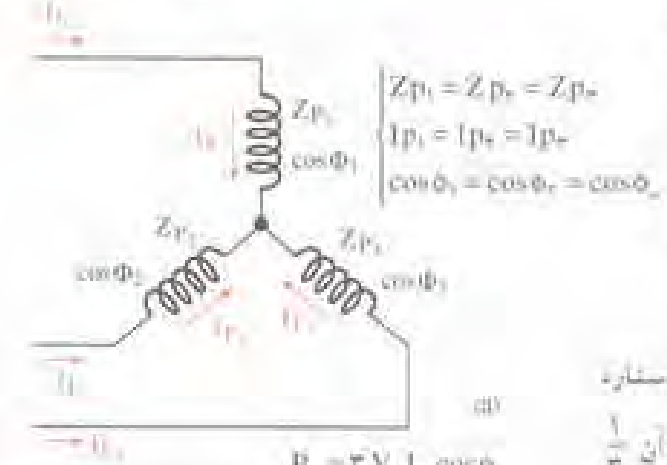


(a)

(b) مصرف کننده اهمی توان دریافتی را مصرف می کند.

(c) مصرف کننده غیر اهمی توان را مصرف نمی کند.

شکل ۲۳-۱۱- بارهای سه فاز



$P_\Delta = P_\lambda = 3P_\lambda$ توان تامی

شکل ۲۴-۱۱ - اتصالات ستاره و مثلث

آزمون پایانی (۱۱)

۱ـ علت قرار گرفتن کلاف‌های آلترناتور با اختلاف فاز ۱۲۰ درجه چیست؟

الف ـ برای ایجاد تقارن در جریان‌ها
ب ـ به علت در قسمتی بودن هر کلاف
ج ـ برای افزایش ولتاژ القایی
د ـ به علت کاهش تعداد قطب‌ها

۲ـ انتهای گروه کلاف دوم آلترناتور سه فاز را با حرف ..... نشان می‌دهند؟

الف ـ Z
ب ـ Y
ج ـ V
د ـ X

۳ـ کدام مورد درباره اتصال ستاره صحیح است؟

الف ـ V به Z اتصال دارد.
ب ـ U به Y اتصال دارد.
ج ـ X به Z اتصال دارد.
د ـ V به X اتصال دارد.

۴ـ فرکانس یک مولد شش قطب با سرعت ۱۵۰۰ دور بر دقیقه می‌چرخد چند هرتز است؟

الف ـ ۵۰
ب ـ ۴۰۰
ج ـ ۱۵۰
د ـ ۷۵

۵ ـ جریانی که به طرف مصرف کننده جاری می‌شود را با حروف ..... نشان می‌دهند.

الف ـ I_p
ب ـ I_{ph}
ج ـ I_L
د ـ I_T

۶ـ کدام رابطه ولتاژی در اتصال (Δ) صحیح است؟

الف ـ $V_p = V_L$
ب ـ $V_p = \sqrt{3} V_L$
ج ـ $V_L = \sqrt{3} V_p$
د ـ $V_L = \frac{V_p}{3}$

۷ـ کدام یک از روابط زیر رابطه صحیح جریان‌ها در اتصال مثلث است؟

الف ـ $I_p = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$
ب ـ $I_p = \frac{I_{ph}}{\sqrt{3}}$
ج ـ $I_L = I_p$
د ـ $I_L = 3 I_p$

۸ـ در دیاگرام برداری ولتاژهای شکل (۲۵-۱۱) بردارهای X و Y به ترتیب چه ولتاژی هستند؟

الف ـ ab و ca
ب ـ cb و ca
ج ـ ab و cb
د ـ cb و ab

شکل ۲۵-۱۱

۹ـ کدام‌یک از موارد زیر روابط توان اکتیو را نشان می‌دهد؟

الف ـ $\sqrt{3}\, V_L I_L$ ب ـ $3\, V_p I_p \mathrm{Sin}\phi$

ج ـ $3\, V_p I_p \mathrm{Cos}\phi$ د ـ $\sqrt{3}\, V_L I_L \mathrm{Sin}\phi$

۱۰ـ کدام‌یک از روابط زیر صحیح است؟

الف ـ $P_A = \frac{1}{3} P_B$ ب ـ $P_B = \frac{1}{3} P_A$

ج ـ $P_A = \frac{2}{3} P_B$ د ـ $P_B = \frac{3}{2} P_A$

۱۱ـ در اتصال ستاره انتهای کلاف های اول و دوم و سوم به یکدیگر متصل است.

صحیح ☐ غلط ☐

۱۲ـ فرکانس خروجی مولد از رابطه $f = \frac{p \times n}{ns}$ به دست می‌آید.

صحیح ☐ غلط ☐

۱۳ـ جریانی که از خطوط خارجی مولد در مصرف کننده‌ها جاری می شود را از جریان فازی می گویند.

صحیح ☐ غلط ☐

۱۴ـ در اتصال ستاره جریان خط ۳، برابر جریان فازی است.

صحیح ☐ غلط ☐

۱۵ـ توان راکتیو یک شبکه سه فازه از رابطه ..... محاسبه می شود.

۱۶ـ سیمی که از محل اتصال انتهای کلاف‌ها در اتصال ستاره خارج می شود، را ..... می گویند.

۱۷ـ ولتاژ دو سر هر یک از سیم پیچ‌های مولد را ..... می گویند.

۱۸ـ فرکانس مولدهای سه فاز با دو عامل ..... و ..... رابطه مستقیم دارد.

۱۹ـ منظور از بار متعادل و نامتعادل چیست؟

۲۰ـ اتصالات ستاره و مثلث را روی تخته کلاس (ترمینال اتصال) مولد رسم کنید.

توجه: مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید
مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

پاسخ سؤالات

پیش آزمون (۱۱)

۱ـ د
۲ـ الف
۳ـ ج
۴ـ د
۵ـ ب
۶ـ د
۷ـ ج
۸ـ ج
۹ـ ج
۱۰ـ ب

آزمون پایانی (۱۱)

۱ـ الف
۲ـ ب
۳ـ د
۴ـ د
۵ـ ج
۶ـ ج
۷ـ ب
۸ـ الف
۹ـ ج
۱۰ـ الف
۱۱ـ صحیح ☒
۱۲ـ غلط ☒
۱۳ـ غلط ☒
۱۴ـ غلط ☒
۱۵ـ $\sqrt{3}V_L I_L \sin\phi$
۱۶ـ سیم نول
۱۷ـ ولتاژ فازی
۱۸ـ دور ـ تعداد زوج قطب

۱۹ـ هر گاه تمام مشخصات سیم پیچ‌های مصرف کننده و یا مولد سه فاز از قبیل امپدانس‌ها، جریان ها، و ولتاژهای خطی، فازی وزاویه اختلاف فاز با هم برابر باشند آن مدار را متعادل گویند.

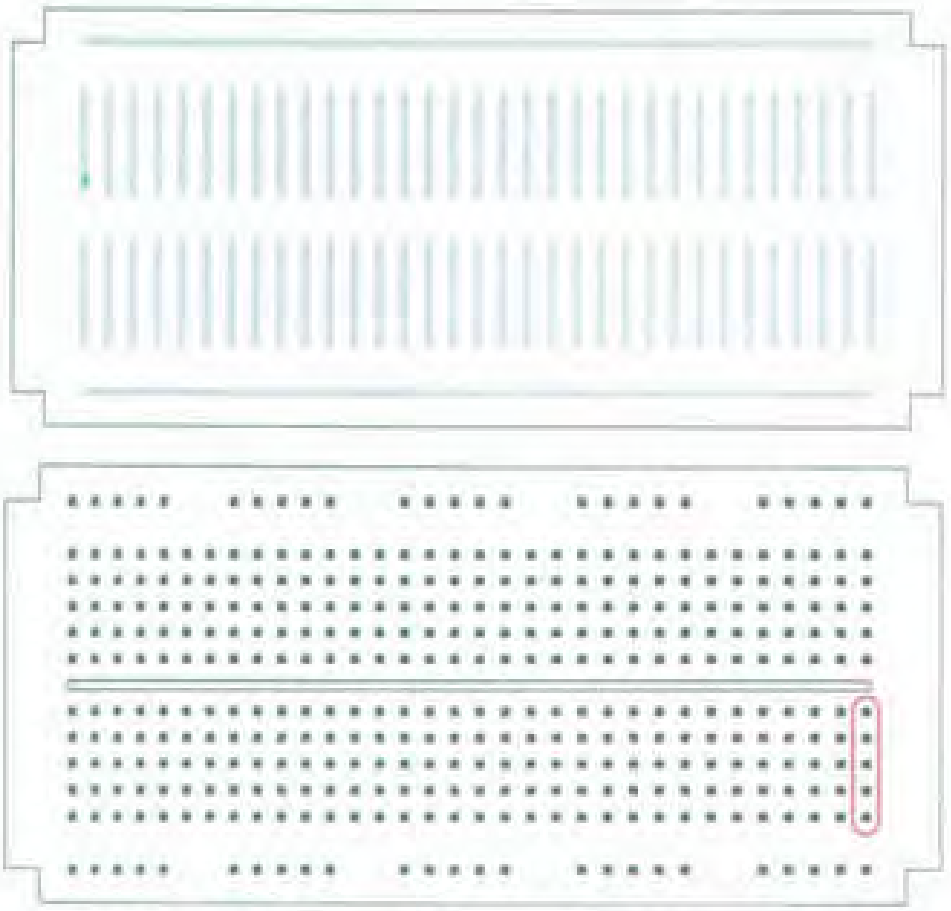
۲۰ـ

اتصال مثلث (Δ)

اتصال ستاره (Y)

ضمیمه

تصویر واقعی و اتصالات صفحه برد بُرد



منابع و مأخذ

۱ـ Principles Of Electric Circuits by: THOMASL.FLOYD

۲ـ Electric Circuits by: DAVID.BEll

۳-Safe And Simple Electrical Experiments by:RUDOLFF.GRAF

۴-Click Flash Buzz Whirr by:SIMON SCHVSTER

۵ـ موتور های الکتریکی — ترجمه : مهندس عین الله احمدی ـ مهندس حسین مظفری

۶ـ الکترونیک کاربردی — مولفین : مهندسین سهرام بصیری سواد کوهی ـ سهرام خدادادی

۷ـ مبانی برق — ترجمه : مهندسین عین الله احمدی ـ حسین مظفری ـ فریدون قیطرانی

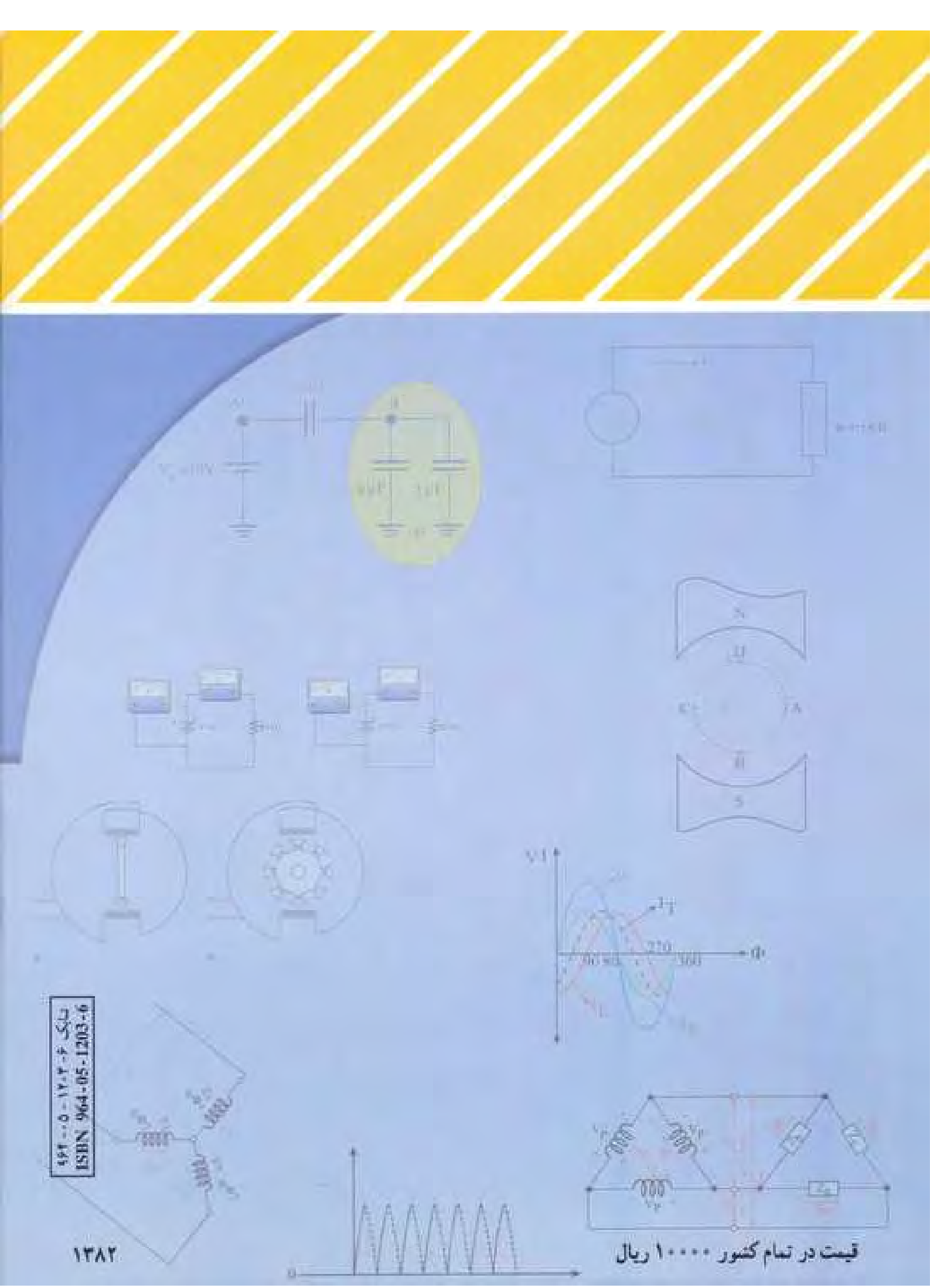
۸ـ اصول مقدماتی الکتریسیته — مؤلف : مهندس غلامعلی سرایی

۹ـ الکترونکنیک آزمایشگاهی — ترجمه : مهندس محمود ربیع زاده

۱۰ـ کاتالوگ‌های مختلف برق و الکترونیک

فهرست رشته‌های مهارتی که می توانند از کتاب مبانی الکتریسیته استفاده نمایند.

ردیف	نام رشته‌ی مهارتی	شماره رشته‌ی مهارتی	کدرایانه‌ای رشته‌ی مهارتی	نام استاندارد مهارتی مبنا	گداستاندارد مهارتی متولی
۱	برق ساختمان درجه ۱	۱-۱۰-۱۰۱-۳۰۱-۱	۹۳۷۱	برق کار ساختمان درجه ۲	۷۵ر۸-۵۵/۲۸
۲	برق ساختمان درجه ۱	۱-۱۰-۱۰۱-۳۰۲-۱	۹۳۷۲	برق صنعتی درجه ۲	۷۵ر۸-۵۵/۱۲
۳	برق صنعتی	۱-۱۰-۱۰۱-۳۰۳-۱	۹۳۷۳	برق صنعتی درجه ۲	۷۵ر۸-۵۵/۱۲
۴	تعمیر لوازم خانگی برقی	۱-۱۰-۱۰۱-۳۰۴-۱	۹۳۷۴	تعمیر وسایل خانگی گرمکنده، حرارتی و برقی	۷۵ر۸-۵۵/۷۷
۵	ماشین‌های الکتریکی درجه ۱	۱-۱۰-۱۰۱-۳۰۵-۱	۹۳۷۵	تعمیر ماشین‌های الکتریکی درجه ۲	۷۵ر۸-۵۳/۴۸
۶	ماشین‌های الکتریکی	۱-۱۰-۱۰۱-۳۰۶-۱	۹۳۷۶	تعمیر ماشین‌های الکتریکی درجه ۲	۷۵ر۸-۵۳/۴۸



ISBN 964-05-1203-6
شابک ۶-۱۲۰۳-۰۵-۹۶۴

۱۳۸۲

قیمت در تمام کشور ۱۰۰۰۰ ریال