بسم الله الرحمن الرحیم

مبانی الکتریسیته

پایهٔ دهم

دورهٔ دوم متوسطه

شاخهٔ :کاردانش

زمینه: صنعت

گروه تحصیلی: برق و رایانه

رشته‌های مهارتی: برق ساختمان، برق صنعتی، نصب و سرویس آسانسور، ماشین‌های الکتریکی، تعمیر لوازم خانگی برقی و تابلوسازی برق صنعتی

نام استاندارد مهارتی مبنا: برقکار صنعتی درجه (۲)

کد استاندارد متولی: ۸ـ۵۵/۱۵/۲/۴

۶۵۷
ح۵۶۱ش/
۱۳۹۶

خدادادی، شهرام
مبانی الکتریسیته /مؤلف: شهرام خدادادی ـ تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران،۱۳۹۶
ص:۳۶۶. مصورـ شاخهٔ کاردانش
متون درسی شاخهٔ کاردانش، زمینهٔ صنعت ، گروه تحصیلی برق و رایانه، رشته‌های مهارتی برق ساختمانـ برق صنعتی ـ نصب و سرویس آسانسورـ ماشین‌های الکتریکی ـ تعمیر لوازم خانگی برقیـ تابلوسازی برق صنعتی
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی وتصویب محتوا: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی وحرفه‌ای و کاردانش،
۱.برق. الف.ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
ب.عنوان.

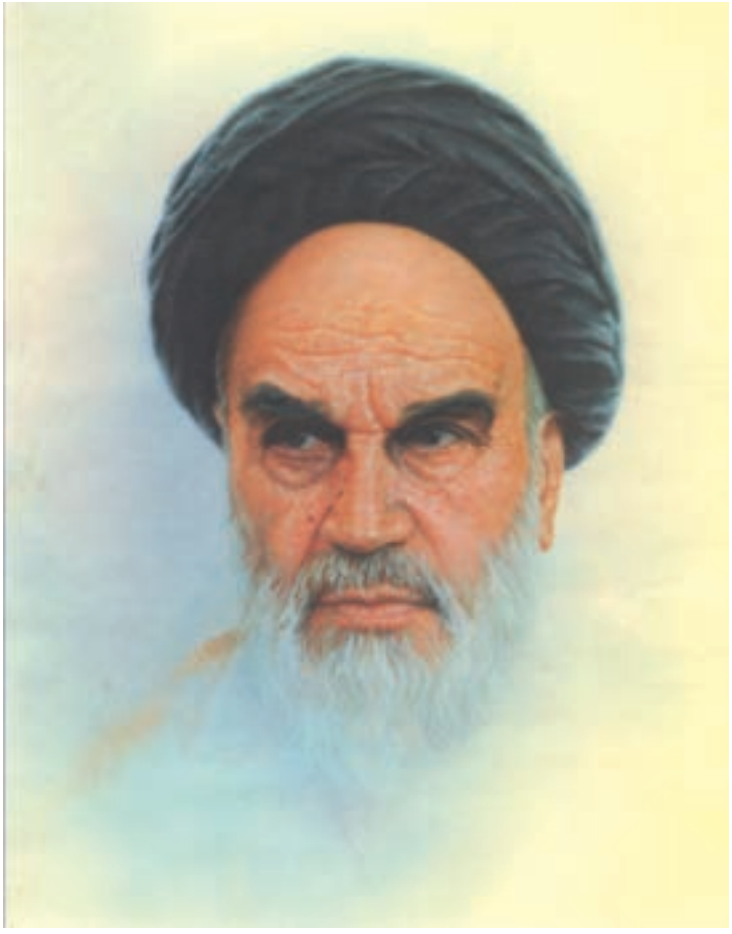
۱۳۹۶

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب : مبانی الکتریسیته ـ ۳۱۰۱۵۳
پدیدآورنده : سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف : شهرام خدادادی (مؤلف) ـ سیدمحمود صموتی (ویراستار فنی) ـ معصومه سلطان رضوانفر(ویراستار ادبی)
مدیریت آماده‌سازی هنری : ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی : نسرین اصغری، الناز نفری (صفحه‌آرا) ـ حامد موسوی (طراح جلد) ـ محمد سیاحی، مسعود مرادخانی (رسامی و گرافیک کامپیوتری)
نشانی سازمان : تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱ ، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه : www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵
چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ دوم ۱۳۹۶

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۶-۱۲۰۳-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-1203-6



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

امام خمینی « قدس سره الشریف»

همکاران محترم:

پیشنهادها و نظرهای خود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی: تهران - صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) tvoccd@roshd.ir

وب‌گاه (وب‌سایت) www.tvoccd.medu.ir

محتـــوای این کتاب در ســـال ۱۳۸۹ برای انطباق با اســـتاندارد مهارت برقـــکار صنعتی درجه ۲ کد۸-۵۵/۱۵/۲/۴ توسط کمیسیون برنامه‌ریزی رشته الکتروتکنیک مورد بازنگری قرار گرفت.

فهرست

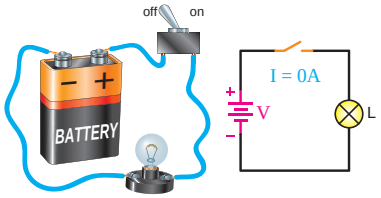
	مقدمه	VIII
	پودمان شماره (۱)	X
فصل اول آشنایی با الکتریسیته ۱	پیش آزمون (۱)	۲
	۱- تاریخچه	۳
	۱ـ۱ـ ساختمان ماده	۳
	۱ـ۱ـ۱ـ ویژگی های اتم و ذرات آن	۶
	۱ـ۲ـچگونگی ایجاد جریان الکتریکی	۷
	آزمون پایانی (۱)	۸
	خودآزمایی عملی	۱۰
فصل دوم هادی ها، عایق ها، نیمه هادی ها ۱۳	پیش آزمون (۲)	۱۳
	۲ـهادی‌ها،عایق هاو نیمه هادی‌ها	۱۴
	۲ـ۱ـ هادی ها	۱۴
	۲ـ۲ـ عایق ها	۱۵
	۲ـ۳ـ نیمه هادی‌ها	۱۵
	۲-۴-بار الکتریکی و اتم باردار	۱۷
	۲-۵- قانون کولن	۱۸
	۲-۶- میدان الکتریکی	۱۹
	۲-۷- میدان الکتریکی یکنواخت	۲۰
	آزمون پایانی (۲)	۲۲
	خودآزمایی عملی	۲۴
فصل سوم آشنایی با قطعات و کمیت های الکتریکی ۲۶	پیش آزمون (۳)	۲۶
	۳- کمیت‌های الکتریکی	۲۷
	۳ـ۱ـ شدت جریان	۲۷
	۳ـ۲ـ اختلاف سطح الکتریکی و چگونگی ایجاد آن به وسیله انرژی های مختلف	۳۰
	۳۳ـ روش های تولید و مصرف الکتریسیته	۳۲
	۳ـ۳ـ۱ـ تولید الکتریسیته	۳۲

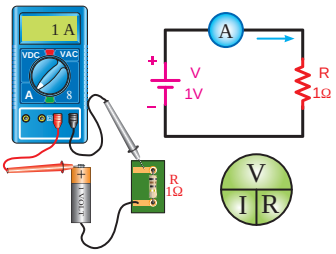
فصل سوم آشنایی با قطعات و کمیت های الکتریکی

۳ـ۳ـ۲ مصرف الکتریسیته ۳۶
۳ـ۳ـ۳ـ هدایت‌ومقاومت مخصوص ۳۷
۳ـ۴ـ مقاومت الکتریکی ۳۸
۳ـ۴ـ۱ـ عوامل فیزیکی مؤثر در مقدار مقاومت الکتریکی ۳۸
۳ـ۴ـ۲ـ عوامل‌الکتریکی‌مؤثر درمقاومت ۴۱
۳ـ۴ـ۳ـچگونگی‌تبدیل‌واحدها به‌یکدیگر ۴۱
۳ـ۵ـ انواع مقاومت ها ۴۳
۳ـ۵ـ۱ـ مقاومت های ثابت ۴۴
۳ـ۵ـ۲ـ مقاومت های متغیر ۴۴
۳ـ۵ـ۳ـ مقاومت وابسته به حرارت ۴۶
۳ـ۵ـ۴ـ مقاومت وابسته به نور ۴۸
۳ـ۶ـ تکنیک ساخت مقاومت ها ۴۹
۳ـ۶ـ۱ـمقاومت های‌توده‌کربنی (ترکیب‌کربن) ۴۹
۳ـ۶ـ۲ـ مقاومت های لایه‌ای ۵۰
۳ـ۶ـ۳ـ مقاومت های سیمی ۵۱
۳ـ۷ـ نحوه‌خواندن‌مقدار مقاومت ها ۵۱
۳ـ۷ـ۱ـخواندن‌مقاومت‌هاباروش‌مستقیم ۵۲
۳ـ۷ـ۲ـ خواندن مقاومت ها به کمک نوارهای رنگی ۵۳
۳ـ۸ـ استاندارد مقاومت ها ۵۵
۳ـ۹ـ توان مجاز مقاومت ها ۵۷
آزمون پایانی (۳) ۵۸
خودآزمایی عملی ۶۱

فصل چهارم قوانین اساسی الکتریسیته

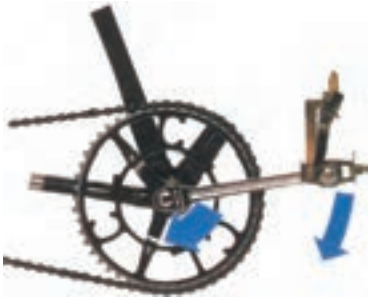
۶۲





پیش‌آزمون ۶۳
۴ـ مدار الکتریکی ۶۵
۴ـ۱ـ قانون اهم ۶۸
۴ـ۱ـ۱ـ قوانین کیرشهف ۷۰
۴ـ۱ـ۲ـ تعریف شاخه ۷۱
۴ـ۱ـ۳ـ تعریف گره ۷۱
۴ـ۱ـ۴ـ تعریف حلقه ۷۱
۴ـ۲ـ قانون ولتاژها (KVL) ۷۳
۴ـ۳ـ قانون جریان ها (KCL) ۷۴

	آزمون پایانی (۴)	۷۷
	خودآزمایی عملی	۸۰
فصل پنجم: اصول محاسبات مدارهای ساده مقاومتی در جریان مستقیم ۸۱	پیش آزمون (۵)	۸۲
	۱ـ۵ـ اتصال مقاومت ها	۸۴
	۱ـ۱ـ۵ـ اتصال سری مقاومت ها	۸۴
	اطلاعات اولیه آزمایشگاهی	۹۳
	۲ـ ۱ـ ۵ ـ اتصال موازی مقاومت ها:	۱۰۶
	۳ـ ۱ـ ۵ ـ اتصال ترکیبی (سری - موازی) مقاومت‌ها	۱۱۹
	۲-۵- افت ولتاژ در هادی ها	۱۲۴
	۳-۵- انواع پیل ها	۱۲۷
	۱ـ۳ـ۵ـ پیل های اولیه	۱۲۷
	۲ـ۳ـ۵ـ پیل های ثانویه	۱۲۸
	۴ـ۵ـ اتصالات پیل ها	۱۲۹
	۱ـ۴ـ ۵ ـ اتصال سری پیل ها	۱۲۹
	۲ـ۴ـ ۵ ـ اتصال متقابل پیل ها	۱۳۲
	۳ـ۴ـ ۵ ـ اتصال موازی پیل ها	۱۳۷
	۵-۵- شدت جریان در مدارهای ترکیبی «سری ـ موازی»	۱۴۴
	۶-۵- ولتاژ در مدارهای ترکیبی «سری ـ موازی»	۱۴۵
	آزمون پایانی (۵)	۱۵۵
فصل ششم: کار و توان الکتریکی ۱۶۰	پیش آزمون (۶)	۱۶۱
	۱ـ۶ـ کار الکتریکی	۱۶۳
	۲-۶- حرارت ایجاد شده توسط الکتریسیته	۱۶۴
	۳ـ۶ـ توان الکتریکی	۱۶۵
	۱ـ۳ـ۶ـ استاندارد توان در مقاومت های اهمی	۱۷۱
	۲ـ۳ـ۶ـ محاسبه هزینه برق مصرفی	۱۷۱
	۴ـ۶ـ ضریب بهره (راندمان) الکتریکی	۱۷۳
	آزمون پایانی (۶)	۱۷۶
	خودآزمایی عملی	۱۷۸



فصل هفتم: مغناطیس و لکترومغناطیس

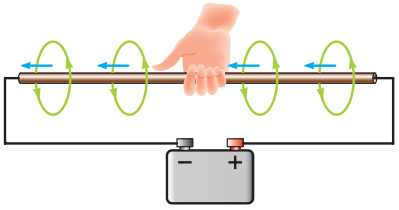
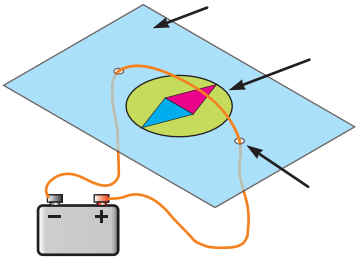
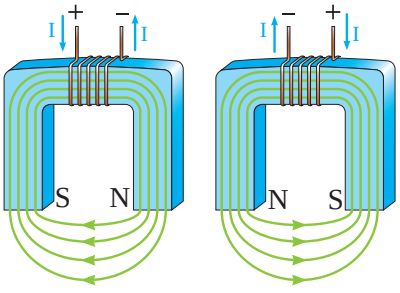
۱۷۹

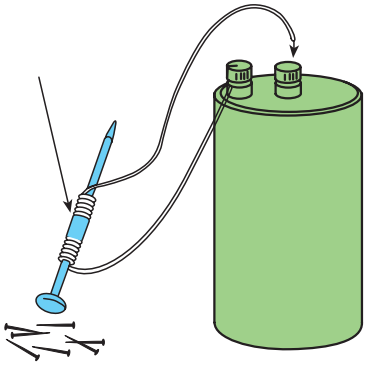
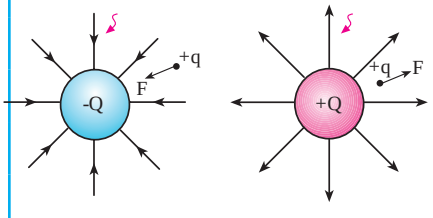
پیش آزمون (۷) ۱۸۰
۷ـ۱ـ مغناطیس چیست؟ ۱۸۲
۷ـ۲ـ خطوط نیروی مغناطیس و میدان مغناطیسی ۱۸۴
۷ـ۳ـ الکترومغناطیس ۱۸۶
۷ـ۴ـ قانون دست راست برای یک هادی جریان‌دار ۱۸۶
۷ـ۵ـ نیروی وارد بر دو هادی جریاندار ۱۸۹
۷ـ۶ـ کمیت های مغناطیسی ۱۸۹
۷ـ۶ـ۱ـ نیروی محرکه مغناطیسی ۱۸۹
۷ـ۶ـ۲ـ شدت میدن مغناطیسی ۱۹۰
۷-۶-۳- ضریب نفوذ مغناطیسی ۱۹۰
۷ـ۶ـ۴ـ مقاومت مغناطیسی ۱۹۱
۷ـ۶ـ۵ـ مدارهای مغناطیسی ۱۹۲
۷ـ۷ـ سلف (اندوکتانس L-) ۱۹۴
۷ـ۸ـ عوامل فیزیکی مؤثر در ضریب خودالقایی ۱۹۶
۷ـ۹ـ عملکرد سلف در جریان الکتریکی ۱۹۶
۷ـ۹ـ۱ـ رفتار سلف در جریان مستقیم (CD) ۱۹۷
۷ـ۹ـ۲ـ شارژ و دشارژ (ثابت زمانی سلفی) ۱۹۸
۷ـ۱۰ـ نیروی ضد محرکه ۲۰۲
۷ـ۱۱ـ خودالقایی از نقطه نظر انرژی ۲۰۲
۷ـ۱۲ـ انرژی ذخیره شده در سلف ۲۰۳
۷ـ۱۳ـ القا متقابل ۲۰۴
آزمون پایانی (۷) ۲۰۸
خودآزمایی عملی ۲۱۲

فصل هشتم: خازن

۲۱۶

پیش آزمون (۸) ۲۱۷
۸ـ۱ـ میدان الکتریکی ۲۱۹
۸ـ۲ـ ساختمان خازن ۲۲۰
۸ـ۳ـ ظرفیت خازن ۲۲۰
۸ـ۴ـ شارژ و دشارژ خازن در جریان مستقیم ۲۲۲
۸ـ۵ـ عوامل مؤثر در ظرفیت خازن ۲۲۳
۸ـ۵ـ۱ـ سطح صفحات خازن (A) ۲۲۳
۸ـ۵ـ۲ـ فاصله بین صفحات خازن (d) ۲۲۴

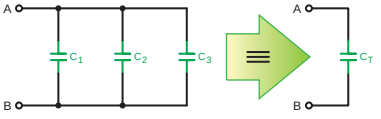



فصل هشتم: خازن

۸ـ۵ـ۳ـ ماده عایق (دی‌الکتریک ـ K) ۲۲۴
۸ـ۶ـ عملکرد خازن در جریان الکتریکی ۲۲۴
۸ـ۶ـ۱ـ رفتار خازن در جریان مستقیم (DC) ۲۲۴
۸ـ۶ـ۲ـ شارژ و دشارژ (ثابت زمانی خازنی) ۲۲۵
۸ـ۷ خازن از نقطه نظر انرژی ۲۲۸
۸ـ۸ انرژی ذخیره شده در خازن ۲۲۸
۸ـ۹ـ ظرفیت نامی خازن ۲۲۹
۸ـ۱۰ـ انواع خازن ها و کدهای رنگی آن ها ۲۲۹
۸ـ۱۰ـ۱ـ خازن های ثابت ۲۲۹
۸ـ۱۰ـ۲ـ اطلاعاتی در مورد خازن‌های الکترولیتی ۲۳۲
۸ـ۱۰ـ۳ـ خازن های متغیر ۲۳۳
۸ـ۱۰ـ۴ـ روش مقدار نویسی ظرفیت روی بدنه خازن ها ۲۳۴
۸ـ۱۰ـ۵ـ روش نوارهای رنگی روی بدنه خازن ها ۲۳۵
۸ـ۱۱ـ به هم بستن خازن ها ۲۳۸
۸ـ۱۱ـ۱ـ اتصال سری خازن ها ۲۳۸
۸ـ۱۱ـ۲ـ اتصال موازی خازن ها ۲۴۷
۸ـ۱۱ـ۳ـ اتصال ترکیبی خازن ها ۲۵۴
آزمون پایانی (۸) ۲۶۰

فصل نهم: جریان متناوب

پیش آزمون (۹) ۲۶۵
۹ـ۱ـ جریان متناوب چیست؟ ۲۶۷
۹ـ۲ـ مقایسه جریان مستقیم و جریان متناوب در یک سیم ۲۶۷
۹ـ۳ـ شکل موج ها در جریان متناوب ۲۶۸
۹-۴- تولید جریان متناوب توسط ژنراتور ۲۶۹
۹-۵- قانون دست راست در مورد ژنراتور ۲۷۱
۹ـ۶ـ مشخصات جریان متناوب ۲۷۱
۹-۶-۱- سیکل ۲۷۱
۹-۶-۲- فرکانس (f) ۲۷۲
۹-۶-۳- زمان تناوب (T) ۲۷۲
۹-۶-۴- طول موج (λ) ۲۷۲



فصل نهم: جریان متناوب

۵-۶-۹- سرعت زاویه‌ای (ω) ۲۷۳
۶-۶-۹- مقدار پیک یا ماکزیمم ۲۷۳
۷-۶-۹- دامنه ۲۷۴
۸-۶-۹- مقدار متوسط(ave) ۲۷۴
۹-۶-۹- مقدار مؤثر ۲۷۵
۱۰-۶-۹- فاز ۲۷۶
۱۱-۶-۹- اختلاف فاز ۲۷۶
۷ـ۹ـ مدارهای جریان متناوب ۲۷۷
۱ـ۷ـ۹ـ مدارهای اهمی خالص ۲۷۷
۲ـ۷ـ۹ـ مدارهای خازنی خالص ۲۷۸
۳ـ۷ـ۹ـ مدارهای سلفی خالص ۲۷۸
۴-۷-۹- بردار ۲۸۱
۵ـ۷ـ۹ـ مدارهای ترکیبی جریان متناوب ۲۸۱
۸ـ۹ـ انواع توان در جریان متناوب تکفاز ۳۰۵
آزمون پایانی (۹) ۳۲۷

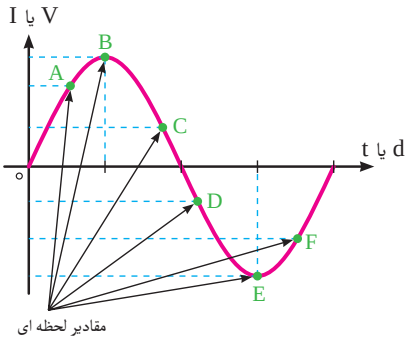
فصل دهم: اصول کار مولدهای جریان مستقیم ۳۳۴

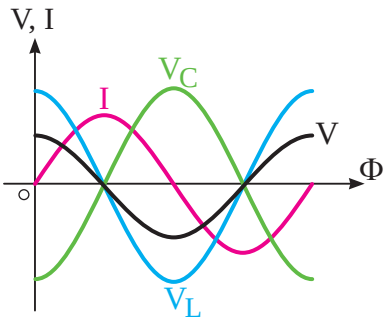
پیش آزمون (۱۰) ۳۳۵
۱-۱۰- شناسایی اصول کار مولد جریان مستقیم ۳۳۷
آزمون پایانی (۱۰) ۳۴۱

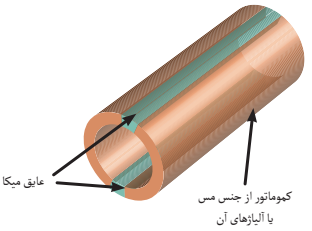
فصل یازدهم: اصول کار آلترناتورهای سه‌فاز ۳۴۳

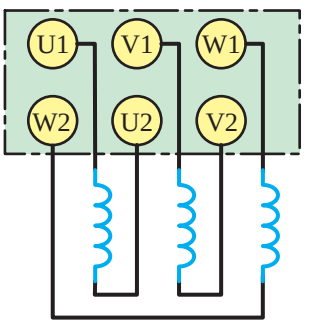
پیش آزمون (۱۱) ۳۴۴
۱ـ۱۱ـ اتصالات آلترناتور سه فاز ۳۴۵
۱ـ۱ـ۱۱ـ اتصال کلاف ها: کلاف ها به دو صورت به هم اتصال داده می شوند. ۳۴۶
۲ـ۱۱ـ فرکانس خروجی آلترناتور ۳۴۷
۳ـ۱۱ـ جریان ها و ولتاژها در اتصالات ستاره و مثلث متعادل ۳۴۸
۱-۳-۱۱- مقدار ولتاژ و جریان در اتصال ستاره و مثلث ۳۴۸
۲ـ۳ـ۱۱ـ بار متعادل و نامتعادل ۳۵۰
۴ـ۱۱ـ انواع توان در مدارات سه فاز ۳۵۰
آزمون پایانی (۱۱) ۳۵۲

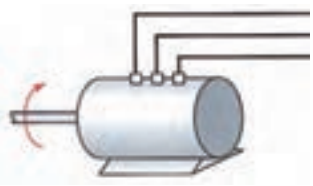
منابع و مآخذ ۳۶۶











مقدمه

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

نظـر به تقاضای مکرر هنرآموزان و هنرجویان سراسـر کشـور مبنی بر عدم وجود کتاب درسـی خاصی در شـاخه کاردانش دفتر برنامه ریزی و تألیف آموزش های فنی و حرفه ای و کاردانش با همکاری شـرکت صنایع آموزشـی درصدد برآمـد تـا در زمینه اسـتانداردهای مهارتی، کتاب های تخصصی تهیه و تألیف نماید. براسـاس ایـن تصمیم موضوع به کمیسـیون های برنامه ریزی رشته های مختلف ارجاع داده شد. در کمیسـیون های مربوطه ابتدا استانداردهای مهارتی به واحدهای کوچک تری تقسـیم بندی و سـپس واحدهای هم خانـواده مرتبط با هم در پیمانه هـای مهارتی (پودمان) دسـته بندی شده به طوری که هر پیمانه مهارتی یک کتاب درسی کاردانش را تشکیل می دهد.

پیمانه مبانی الکتریسـیته از جمله پیمانه هایی است که در تمـام مهارت های بـرق وجود دارد، اما از نظر سـرفصل تعریف شده در استانداردها، با یکدیگر تفاوت هایی دارد.

جدول زیر سـاعات این پیمانـه در مهارت های گوناگون را نشـان می دهد. به همین دلیل تصمیم نهایی بر آن شـد که کتابی با بیشـترین زمان و سرفصل درسی مشترک تهیه شود که پس از تأمین نظرات کمیسیون تخصصی رشته برق این امر محقق شد. به این ترتیب کلیه رشته های مندرج در جدول می توانند از این کتاب برای آموزش مبانی الکتریسیته استفاده کنند. در این شرایط لازم است هنرآموزان و مربیان محتـرم با توجـه به این محتوی و تعداد سـاعات رشـته و اسـتاندارد مهارتـی، قسـمت هایی از کتاب که اسـتاندارد را پوشـش می دهد انتخـاب کرده و آمـوزش دهند. یادآور می شود ارزشـیابی پایانی می بایسـت با توجه به استاندارد مهارتی که آموزش داده شـده اسـت انجام پذیرد. روند کار نگارش این کتاب بدیـن صورت بود که پس از تهیه جداول پیمانه ها مؤلف موظف شـد یک فصل را مطابق اسـتاندارد

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 فصل ها ادامه یافت تا اینکه مجموعه تکمیل و تحویل کمیسیون تخصصی دفتر تألیف شد و طی مراحل مختلف نسخه دست‌نویس کتاب مورد بررسی، اصلاحات و ویراستاری فنی و ادبی قرار گرفت در نهایت مورد تصویب کمیسیون تخصصی نیز واقع شد.

استاندارد مهارت و آموزش	ساعات تدریس		جمع
	تئوری	عملی	
برق صنعتی درجه ۲	۱۳۰	۱۲	۱۴۲
ماشین های الکتریکی درجه ۲	۱۳۰	۱۲	۱۴۲
برق ساختمان درجه ۲	۱۳۸	۱۲	۱۵۰
تعمیرکار لوازم خانگی برقی گردنده و حرارتی	۸۰	۱۰	۹۰

همان گونه که اشاره شد چون مبنای تهیه کتاب ها از نظر کمیته هماهنگی تألیف کتاب های 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 می باشد سعی شده تا این نکات رعایت شود. از آنجایی که هیچ اثری خالی از اشکال و ایراد نیست، امید است که صاحب نظران عزیز با ارائه پیشنهادها و انتقادهای خود برای رفع کتاب در چاپ های بعد، مؤلف را یاری فرمایند.

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

مؤلف

پودمان شماره (۱)

(M_1)

هدف کلی پودمان

پس از پایان این پودمان مهارتی فراگیر با:

اصـول مقدماتی الکتریسـیته آشـنا شـده و توانایی انجـام محاسـبات و اجرای آزمایش های مربوطه را کسب می کند.

واحد کار مبانی الکتریسیته

واحد کار	شماره توانایی	عنوان توانایی	ساعت		
			نظری	عملی	جمع
۸	۱۳	توانایی انجام محاسـبات و آزمایشـهای مربوط به اصول مقدماتی الکتریسیته	۱۳۸	۱۲	۱۵۰
جمع کل			۱۳۸	۱۲	۱۵۰

واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل اول: آشنایی با الکتریسیته

هدف کلی

آشنایی با الکتریسیته و خصوصیات آن

هدف های رفتاری: در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

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	-	۲

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

الف ـ بستگی به شدت روشنایی آن دارد.　　ب ـ خیر

ج ـ بستگی به وضعیت جغرافیایی منطقه دارد.　　د ـ بلی

۲ـ چرا در اثر تماس شانه مو تکه های کاغذ جذب آن می شوند؟

الف ـ چون تکه های کاغذ سبک هستند.　　ب ـ زیرا جنس شانه از پلاستیک است.

ج ـ شانه دارای بار الکتریکی می شود.　　د ـ بین شانه و کاغذ الکتریسیته جاری می شود.

۳ـ مفهوم بار الکتریکی چیست؟

الف ـ مقدار الکتریسیته موجود در یک جسم　　ب ـ مقدار جریانی که باید انتقال یابد.

ج ـ انرژی یک لامپ را روشن می کند.　　د ـ انرژی که یک مولد را می چرخاند.

۴ـ نام دیگر الکتریسیته مالشی چیست؟

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

۵ـ انرژی الکتریکی موردنیاز برای روشنایی منازل از چه طریقی تأمین می شود؟

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

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

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

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

الف ـ به وجود آمدن الکتریسیته جاری　　ب ـ به وجود آمدن الکتریسیته ساکن

ج ـ بالا بودن میزان فشار پا روی موکت　　د ـ زبر و ضخیم بودن کرک موکت

۸ـ چرا در ساختمان های مرتفع از میله ای به نام برقگیر استفاده می شود.

الف ـ دریافت و ذخیره سازی الکتریسیته ساکن ناشی از رعد و برق

ب ـ دریافت و انتقال اکتریسیته ساکن به زمین

ج ـ دریافت امواج مغناطیسی مزاحم و حذف آن

د ـ به کارگیری در ارتباطات مخابراتی ماهواره ای

۹ـ چرا در پشت ماشین های نفت کش بزرگ از یک زنجیر که با زمین در ارتباط است، استفاده می شود؟

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

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

ج ـ حذف جرقه ناشی از الکتریسیته ساکن و حفاظت تانکر از آتش سوزی

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

۱۰ـ کدام یک از موارد زیر درباره الکتریسیته غلط است؟

الف ـ برای تولید انرژی مکانیکی استفاده می شود.

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

ج ـ از حرکت بارهای الکتریکی الکتریسیته به وجود می آید.

د ـ در صنعت، الکتریسیته جاری کاربرد کمی دارد.

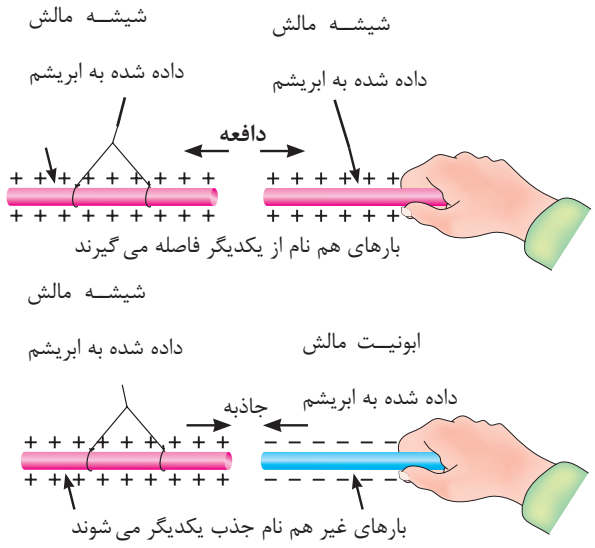
۱– تاریخچه

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

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 مرموز و خاصی در آن به وجود می‌آید که قادر است اجسامی مانند: برگ خشک و یا براده‌های چوب و ... را جذب کند. (شکل ۱ـ۱)

شکل ۱ـ۱ـ 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 ۲ـ۱)



شکل ۲ـ۱ـ 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.

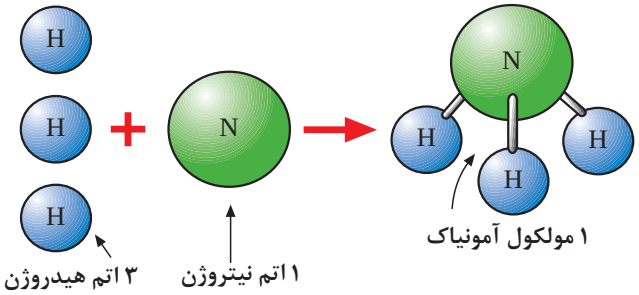
۱ـ۱ـ ساختمان ماده

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 ۳ـ۱)

شکل ۳ـ۱ـ حالتهای مختلف ماده

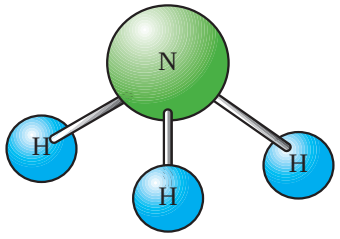
۱ـ کهربا: ماده‌ای زرد مایل به قهوه‌ای است که به صورت تکه‌های سخت مانند سنگ است.

مواد به هر شـــکلی که باشـــند به صورت ساده یا مرکب هســـتند. موادی را که از یک عنصر تشـــکیل شـــده باشند، «مواد ساده» می نامند. مانند: هیدروژن و موادی را که از دو یا چند عنصر تشـــکیل شده اند، «مواد مرکب» گویند. مانند: آمونیـــاک. مواد مرکب با اســـتفاده از عمل ترکیب ســـاخته می شوند. (شکل ۴ـ۱)

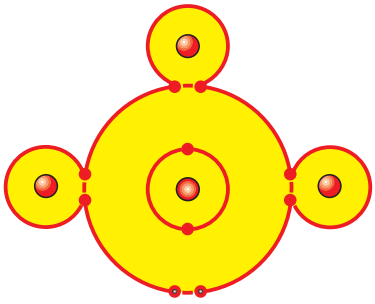


شکل ۴ـ۱ـ ترکیب عناصر

کوچک ترین جزء یک مـــاده مرکب که هنوز خواص آن مـــاده را دارد در اصطلاح «ملکول» می نامند. (شـــکل ۵ـ۱ـ الف) بر همین اســـاس به کوچک ترین جزء یک ماده ســـاده کـــه هنوز خواص آن ماده را دارد نیز «اتم» گفته می شـــود. (شکل۵ـ۱ـ ب).



الف ـ تشکیل یک مولکول



ب ـ اتم های عنصر

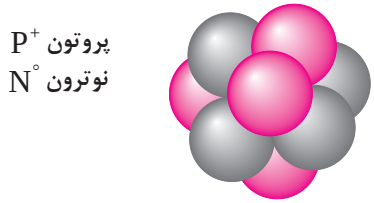
شکل ۵ـ۱ـ نحوه قرار گرفتن اتم ها در کنار یکدیگر

ســـاختمان اتم هر عنصر از دو قســـمت تشـــکیل شـــده است:

الف ـ هسته

ب ـ مدارهای الکترونی

هســـته هر اتـــم از دو ذره کوچک به نام های پـــروتون[1] (بـــار مثبت P^+) و نوترون[2] (بدون بار N°) تشـــکیل شـــده است. (شکل ۶ـ۱)

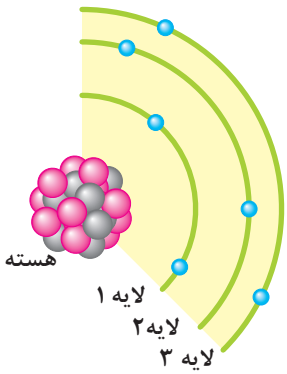


شکل ۶ـ۱ـ ذرات پروتون و نوترون

1- Proton

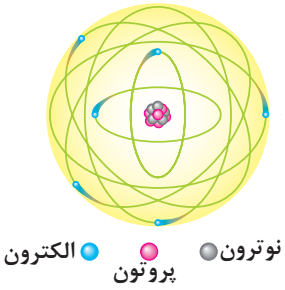
2 - Neutron

بر روی مدارهای الکترونی ذراتی به نام الکترون[1] (با بار منفی e^-) قرار دارند. شکل ۷ـ۱ قسمتی از یک اتم را نشان می دهد.



شکل ۷ـ۱ـ نحوه قرار گرفتن اتم ها 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 می چرخند. (شکل ۸ـ۱)



شکل ۸ـ۱ـ مدل اتمی

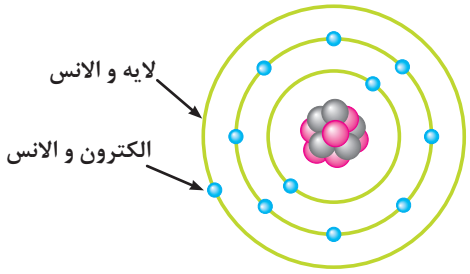
مدار خارجی هر اتم را در اصطلاح «لایه والانس» و الکترون های روی این مدار را «الکترون های والانس» یا «الکترون های ظرفیت» می نامند. (شکل ۹ـ۱)

مدارهای الکترونی اتم ها را به ترتیب با حروف اختصاری $K,L,M,N,O,$ ... مشخص می کنند.

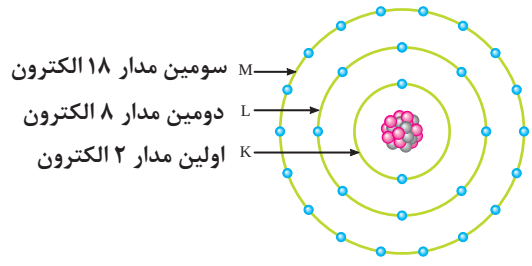
تعداد الکترون های روی هر مدار اتم از رابطه $(2n^2)$ محاسبه می شود. در این رابطه n نشان دهنده شماره مدار است. مثلاً برای تعیین تعداد الکترون های مدار اول (K) می توان نوشت:

الکترون $2n^2 = 2\times(1)^2 = 2$

بنابراین در مدار اول تعداد دو الکترون وجود دارد. به همین ترتیب تعداد الکترون های مدارهای دیگر قابل محاسبه است. (شکل ۱۰ـ۱)



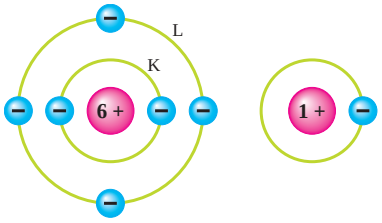
شکل ۹ـ۱ـ مدار والانس (ظرفیت)



شکل ۱۰ـ۱ـ تعداد الکترون ها در هر مدار والانس

1 - Electron

تعداد الکترون هـــای مدار والانس هر اتمی همیشـــه بین ۱ تا ۸ الکترون است. تعداد این الکترون ها نشان دهنده ظرفیت آن اتم است. (شکل ۱۱ـ۱)



الف- اتم هیدروژن با ظرفیت ۱ ب- اتم کربن با ظرفیت ۴

شکل ۱۱ـ۱ـ تعداد الکترون های مدار ظرفیت دو اتم مختلف

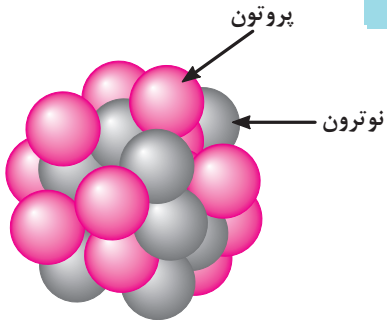
۱ـ۱ـ۱ـ ویژگی های اتم و ذرات آن

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

(جرم پروتون $= ۱/۶۶\times۱۰^{-۲۷}kg$ جرم الکترون و $۰/۰۲\times۱۰^{-۱۳}kg$)

۲ـ قطر پروتون $\frac{۱}{۳}$ قطر الکترون است.

(قطر پروتون $= ۵/۶\times۱۰^{-۱۳}$ قطر الکترون $= ۱/۹\times۱۰^{-۱۳}$)



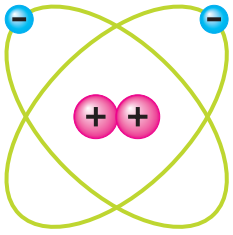
شکل ۱۲ـ۱ـ ساختمان هسته اتم

۳ـ پروتون دارای بار مثبت و درهسته اتم قرار دارد.(شکل۱۲ـ۱)

۴ـ نوترون بدون بار بوده و در هسته اتم قرار دارد.(شکل۱۲ـ۱)

۵ـ الکترون دارای بار منفی اســـت و روی مدارهای اطراف هسته می چرخد. (شکل ۱۳ـ۱)

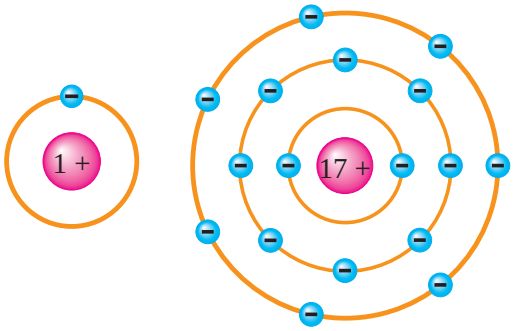
۶ـ مدارهای الکترونی اطراف هسته بیضی شکل هستند.(شکل۱۳ـ۱)



شکل ۱۳ـ۱ـ مدارها در اتم

۷ـ در شرایط عادی تعداد الکترون ها و پروتون های هر اتم با هم برابرند. (شکل ۱۴ـ۱)

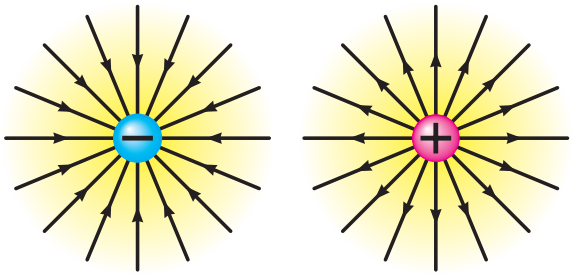
۸ـ در طبیعـــت همه‌نیروهای‌مخالف مثبـــت ومنفی‌موجود در اتم یکدیگررا خنثی می کنند وهیچ تأثیری‌روی‌هم ندارند. (شکل۱۴ـ۱).



الف ـ ۱۷ الکترون، ۱۷ پروتون ب ـ ۱ الکترون، ۱ پروتون

شکل ۱۴ـ۱

۹ـ طبق قرارداد درذرات باردار اتم جهت‌خطوط نیروی‌بارهای منفی به سمت داخل ودربارهای‌مثبت به سمت خارج است. (شکل۱۵ـ۱)

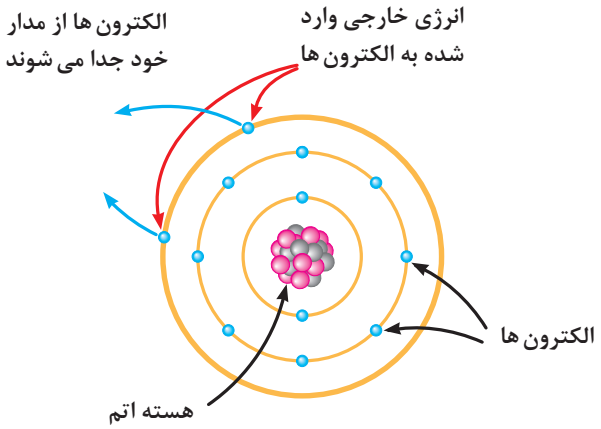


شکل ۱۵ـ۱ـ جهت خطوط نیرو در بارهای مثبت و منفی

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 واردکردن مقدار کمی انرژی می‌توانند از مدار خود جدا شوند و به محل دیگری انتقال یابند.

شکل ۱۶ـ۱ نحوه وارد شدن انرژی به الکترون‌های والانس و جدا شدن آن‌ها از مدار خود را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶ـ۱ـ وضعیت قرارگیری اتم ها روی مدارها و چگونگی وارد شدن انرژی خارجی

آزمون پایانی (۱)

۱ـ کوچک ترین جزء یک ماده ساده یا عنصر را ..... گویند.

الف ـ مرکب　　ب ـ ماده　　ج ـ ترکیب　　د ـ اتم

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

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

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

۳ـ کدام یک 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 جهت ها است و مستقیماً ..... می شوند.

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

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

۶ـ شرط تولید جریان الکتریکی آن است که:

الف ـ مدارهای اتم بیضی شکل باشند.　　ب ـ الکترون ها به اولین مدار اتم اضافه شوند.

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 می گیرد؟

الف ـ ۵۰ ب ـ ۳۲ ج ـ ۱۸ د ـ ۷۲

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

الف ـ الکترون ها و پروتون ها بدون بار هستند.

ب ـ الکترون ها و نوترون ها بار خود را از دست داده اند.

ج ـ بارهای مثبت و منفی یکدیگر را خنثی می کنند.

د ـ در شرایط عادی تعداد الکترون ها بیشتر از تعداد پروتون ها است.

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

الف ـ ۴ ب ـ ۳ ج ـ ۲ د ـ ۱

۱۱ـ بر روی کدام یک از مدارهای زیر حداکثر هشت الکترون جای می گیرد؟

الف ـ K ب ـ L ج ـ M د ـ N

۱۲ـ کدامیک از گزینه های زیر نادرست است؟

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

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

ج ـ در شرایط عادی تعداد الکترون ها و پروتون های هر اتم با هم برابرند.

د ـ پروتون دارای بار منفی است و روی مدارهای اطراف هسته می چرخد.

۱۳ـ تعداد الکترون های مدار والانس هر اتم نشان دهنده ..... آن اتم است.

۱۴ـ هسته هر اتم از دو ذره کوچک به نام های پروتون و الکترون تشکیل شده است. صحیح ❐ غلط ❐

۱۵ـ الکترون های هسته هر اتم را الکترون های والانس یا ظرفیت گویند. صحیح ❐ غلط ❐

خودآزمایی عملی

۱ـ یک میله (شـانه) پلاسـتیکی را با پارچه پشمی (یا موهای سرخود) مالش دهید. سپس موارد خواسته شده زیر را به طور جداگانه انجام داده و نتایج آن را ثبت کنید. (شکل ۱ـ۱۷ و ۱ـ۱۸)

نتیجه

توجه

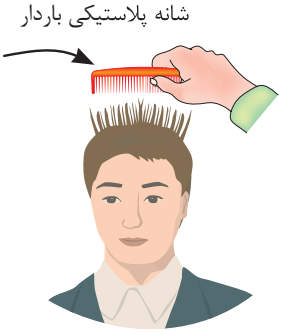
پس از انجام هر قسـمت، شـانه یا میله را مجدداً به پارچه یا موی سر مالش دهید.

الف ـ شـیء پلاسـتیکی را به ذرات نمک نزدیک کنید. (شکل ۱ـ۱۹)

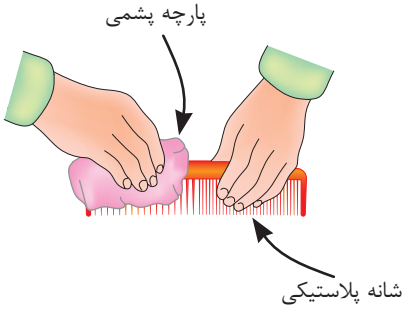
نتیجه

ب ـ شیء پلاستیکی را به توپ پینگ پنگ نزدیک کنید. (شکل ۱ـ۲۰)

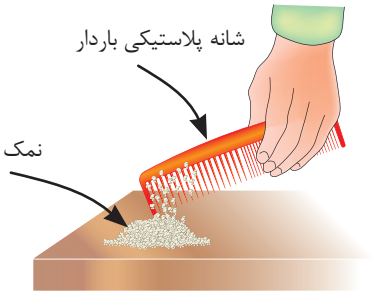
نتیجه



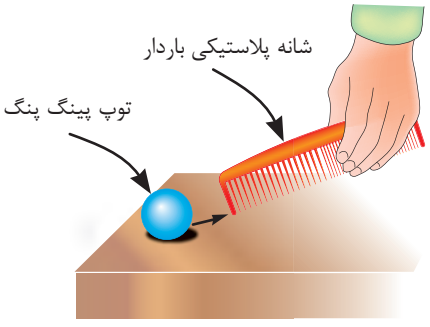
شکل ۱ـ۱۷



شکل ۱ـ۱۸



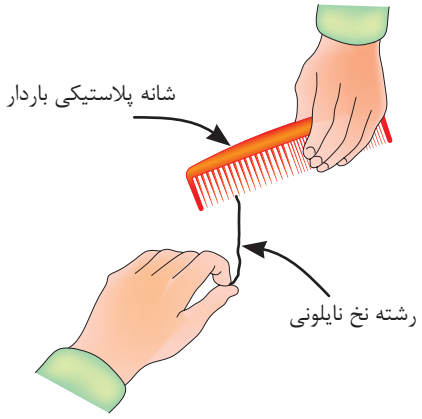
شکل ۱ـ۱۹



شکل ۱ـ۲۰

ج ـ شـــیء پلاستیکی را به یک رشته نخ نایلونی نزدیک کنید. (شکل ۲۱ـ۱)

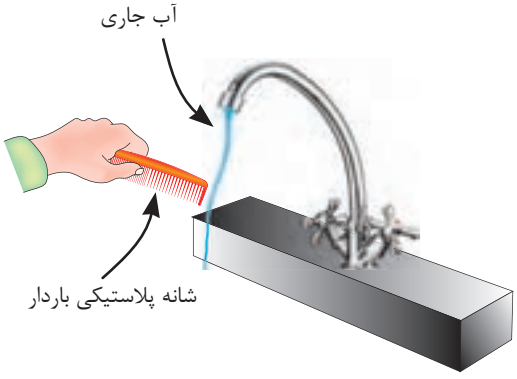
نتیجه



شکل۲۱-۱

د ـ شـــیء پلاســـتیکی را به آب جاری که با فشار کم از شیر آب خارج می شود نزدیک کنید. (شکل ۲۲ـ۱)

نتیجه



شکل۲۲-۱

۲ـ از مجموعه آزمایش های فوق چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

نتیجه

توجه

مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرارکنید.

واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل دوم: هادی ها، عایق ها، نیمه هادی ها

هدف کلی

آشنایی با هادی ها، عایق ها و نیمه هادی های الکتریکی

هدف های رفتاری: در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

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

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

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

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۲	-	۲

۱ـ چرا در مدارهای روشنایی از سیم استفاده می شود؟

الف ـ چون وسیله دیگری وجود ندارد. ب ـ زیرا برق را خوب هدایت می کند.

ج ـ چون استقامت سیم زیاد است. د ـ زیرا قدرت تحمل سیم زیاد است.

۲ـ جنس سیم های 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 می توانند جریان مدار را کنترل کنند.

ج ـ قدرت تحمل حرارتی زیادی دارند. د ـ می توانند برق را به زمین منتقل کنند.

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

الف ـ کاهش می یابد. ب ـ افزایش می یابد. ج ـ تغییری نمی کند. د ـ قطع می شود.

۵ـ اگر جریان الکتریکی را مشابه عبور جریان آب از لوله در نظر بگیریم، یک سیم خوب الکتریکی را مشابه کدام یک از موارد زیر می توان دانست؟

الف ـ لوله آب با قطر کم ب ـ لوله آب با قطر زیاد

ج ـ نمی توان مقایسه کرد. د ـ بستگی به ولتاژ دارد.

۶ـ کدام یک از مواد زیر می تواند 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؟

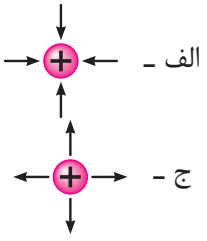
الف ـ وضعیت اتم های آنها تفاوت دارند. ب ـ چون جریان تأمین کننده همه مواد باتری ها هستند.

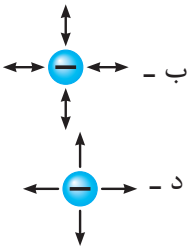
ج ـ همه مواد در برابر جریان مقاومت نمی کنند. د ـ چون تحت تأثیر انرژی قرار نگرفته اند.

۸ـ به کوچک ترین جزء یک ماده مرکب ..... گفته می شود.

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

۹ـ کدام یک از اشکال زیر صحیح است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ

د ـ

۱۰ـ ذره نوترون ..... اتم قرار دارد و از نظر بار الکتریکی ..... است.

الف ـ روی مدارهای ـ منفی ب ـ در هسته ـ مثبت

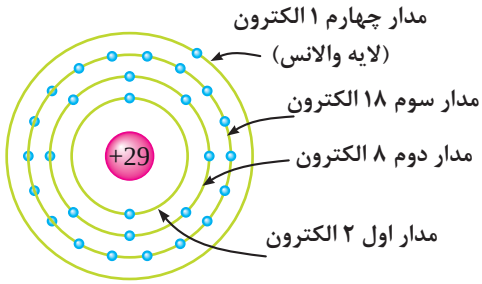
ج ـ در هسته ـ منفی د ـ روی مدارهای ـ خنثی

۲ـ هادی‌ها، عایق ها و نیمه هادی‌ها

در مباحث الکتریسیته تعداد الکترون‌های مدار والانس اتم ها اهمیت دارد. زیرا براساس آن ها مواد را از نظر هدایت الکتریکی به سه گروه تقسیم می‌کنند.

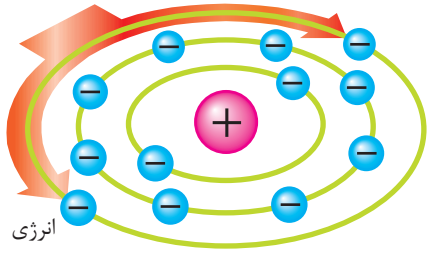
۱ـ۲ـ هادی ها

موادی را که الکترون های مدار والانس آن ها به راحتی آزاد می شود «هادی» یا «رسانا» می نامند. تعداد الکترون های والانس این مواد معمولاً ۱، ۲ یا ۳ الکترون است. (شکل ۱ـ۲)



شکل ۱ـ۲ـ ساختمان اتمی عنصر مس

هرگاه به اتم های یک هادی انرژی داده شود بین الکترون ها تقسیم می شود. در این حالت چون تعداد الکترون های والانس کم است مقدار انرژی بیشتری به هر الکترون نسبت به حالتی که تعداد الکترون ها زیاد باشد می رسد. (شکل ۲ـ۲)



شکل ۲ـ۲ـ تقسیم انرژی بین الکترون های والانس

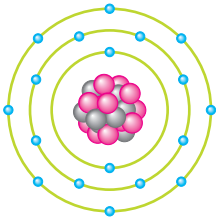
در یک هادی، الکترون ها به راحتی از یک اتم به اتم دیگر منتقل می شود. این عبارت را می توان به عنوان تعریف دیگری برای هادی در نظر گرفت. در شکل ۳ـ۲ بر اثر انتقال الکترون ها لامپ روشن شده است.

از هادی های خوب می توان نقره، مس، طلا و آلومینیوم را نام برد. در صنعت برق از سیم های مسی و آلومینیومی استفاده می شود زیرا این عناصر فراوان و مقرون به صرفه هستند.

شکل ۳ـ۲ـ برقراری جریان الکتریکی در هادی ها

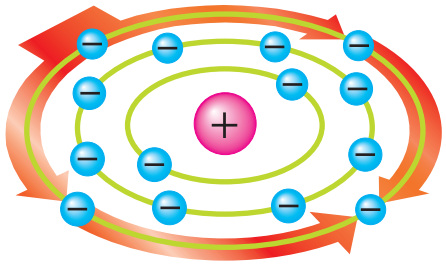
۲ـ۲ـ عایق ها

به موادی کـه الکترون های مدار والانس آن ها تمایل به مانـدن در مدار خـود را دارند و به راحتی جدا نمی شـوند «عایـق» یا «دی الکتریـک» می گویند. این مـواد در مدار والانس خود ۵، ۶، ۷ یا ۸ الکترون دارند. (شکل ۴ـ۲)



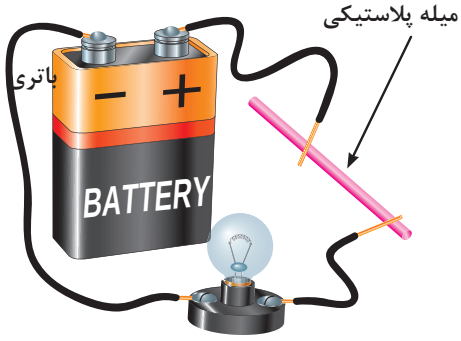
شکل ۴ـ۲ـ ساختمان اتمی یک عنصر عایق

در صورتی که به اتم یک دی الکتریک انرژی داده شـود این انرژی بین الکترون های والانس آن تقسـیم می شـود. چون تعداد الکترون های والانس در عایق ها زیاد اسـت، لذا مقدار انرژیی که به هر الکترون می رسد، نسبت به هادی ها که تعداد الکتـرون والانس کمتری دارند کاهش می یابد. از عایق های خوب[1] می توان شیشـه، کاغذ، پلاسـتیک، هوا و میکا را نام برد. (شکل ۵ـ۲)



شکل ۵ـ۲ـ تقسیم انرژی بین الکترون های والانس هادی ها

شـکل ۶ـ۲ تصویری را نشـان می دهد که در آن چون میله پلاسـتیکی نمی تواند الکترون هـای لایه والانس خود را انتقال دهد، لامپ روشـن نمی شـود پس می توان نتیجه گرفـت که ماده عایـق نمی تواند جریـان الکتریکی را عبور دهد.

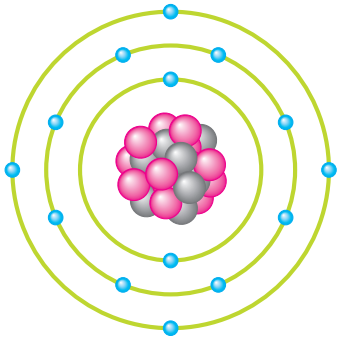


شکل ۶ـ۲ـ عدم انتقال الکترون ها در یک میله پلاستیکی

۳ـ۲ـ نیمه هادی‌ها

مـوادی که از نظـر آزاد کردن الکتـرون والانس در حد فاصل عایق ها و هادی ها قـرار دارند «نیمه هادی»[2] نامیده می شوند.

تعـداد الکترون‌هـای والانـس نیمه هادی هـا معمـولاً ۴الکترون است. (شکل ۷ـ۲)



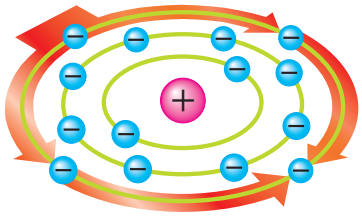
شکل ۷ـ۲ـ ساختمان اتمی نیمه هادی ها

۱ـ عایق هایی که در صنایع مورد استفاده قرار می گیرند اغلب از ترکیب مواد مختلف به وجود می آیند.

2- SemiConductor

در شـرایط عادی نیمه هادی ها تمایلی به دریافت کردن و یا از دست دادن الکترون والانس ندارند. اما در صورتی که انرژی خارجی به آن داده شود، می توانند الکترون آزاد کنند. (شکل ۸ـ۲)

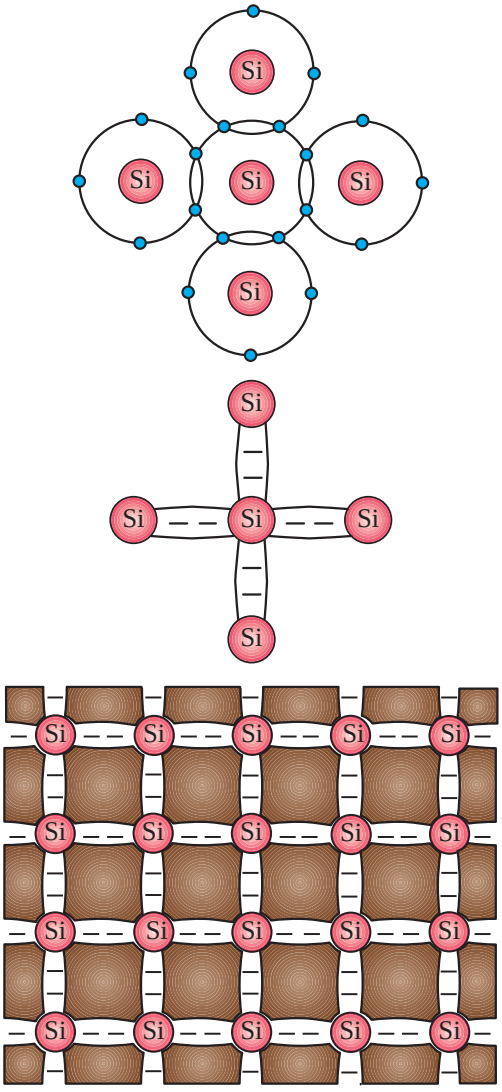
از نیمه هادی ها که در الکتریسته کاربرد دارند می توان ژرمانیم (Ge) و سیلیسیم (Si) را نام برد. نحوه قرار گرفتن اتم های نیمه هادی ها در کنار هم به صورت اشتراکی است. از اشـتراک الکترون های والانس در نیمه هادی ها شبکه ای به وجود می آید که آن را در اصطلاح «شـبکه کریسـتالی» گویند.



شکل ۸ـ۲ـ تقسیم انرژی بین الکترون های والانس در نیمه هادی ها

شکل ۹ـ۲ شبکه کریستالی و پیوند بین اتم های سیلسیم را نشـان می دهد. نیمـه هادی ها از نظـر الکتریکی خنثی هسـتند. برای اینکه بتوانیم میزان هدایت نیمه هادی ها را افزایش دهیم باید آن ها را با مواد دیگری ترکیب کنیم.

عمـل ترکیب نیمه هادی با عنصـری دیگر را «ناخالص کردن» نیمه هادی می نامیم.

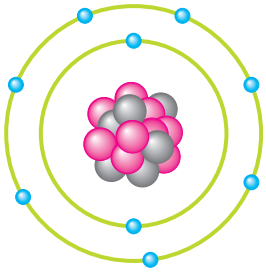


شکل۹-۲-شبکه اشتراکی اتم های نیمه هادی

توضیح: بـه تعداد الکترون ها یا پروتون های یک عنصر «عـدد اتمـی»[1] می گوینـد و آن را با حـرف (Z) نمایش می دهند. (شکل ۱۰ـ۲)

بـا توجه به عدد اتمی می تـوان وضعیت هادی، عایق و نیمه هادی بودن جسم را تشخیص داد.

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



شکل۱۰-۲-عدد اتمی این عنصر ۹ است
Z =۹

۱ـ از مجموع تعداد نوترون ها و پروتون ها جرم اتمی بدست می آید.

حل: با اســتفاده از رابطه $2n^2$ می‌توان الکترون های این عنصر را بر روی مدارها توزیع کرد.

(مدار اول) $K = 2n^2 \Rightarrow 2(1)^2 = 2$

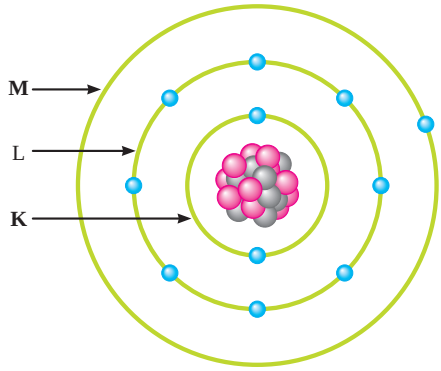
(مدار دوم) $L = 2n^2 \Rightarrow L = 2(2)^2 = 8$

تعداد الکترون های باقیمانده $=$ (مدار سوم) M

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

الکترون $M = 1$

چون تعداد الکترون های مدار آخر این عنصر کمتر از ۳ الکترون است، لذا از نظر هدایت به گروه هادی ها تعلق دارد. تعداد الکترون های هر مدار این اتم در شــکل ۱۱ـ۲ نشــان داده شده است.



شکل ۱۱ـ۲ـ ساختمان اتمی عنصری با عدد اتمی ۱۱

۴-۲-بار الکتریکی و اتم باردار:

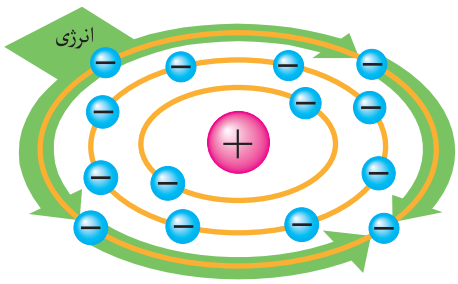
همان گونه که اشــاره شــد عناصر می توانند به واســطه وارد شدن انرژی به لایه آخرشان دارای الکترون اضافی شده و یا الکترون والانس خود را از دست بدهند.

اصطلاحاً به عنصری که الکترون هایی از دست داده و یا گرفته «عنصر باردار» و به اتم های آن «اتم باردار» یا «یون» گفته می شــود. از آنجایی که بررســی تعــداد الکترون های دریافتــی و یا از دســت داده اتم ها در الکتریســیته کاربرد داشــته دانشــمندان مختلفی به بررســی اثرات ذرات باردار بر هــم پرداخته اند که از جمله آن ها می تــوان به «کولن» اشــاره کرد. وی تحقیقات زیادی پیرامون بارهای الکتریکی داشته به همین خاطر به احترام وی واحد بار الکتریکی (q) بر حسب کولن (c) نامگذاری شده است.

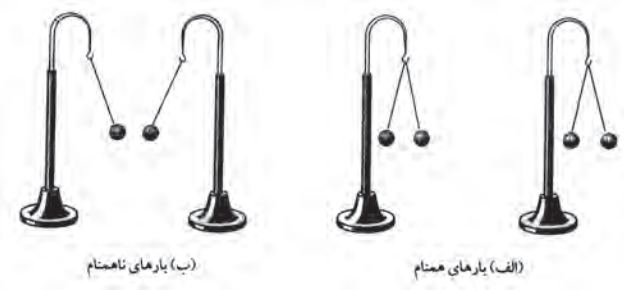
هــر کولن بــار الکتریکی معــادل $6/28\times10^{18}$ الکترون است. یعنی:

۱ کولن $= 6/28\times10^{18} = 6280000000000000000$

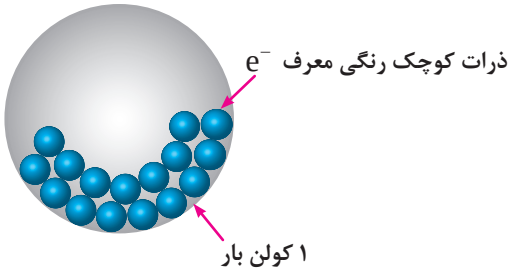
کولــن نتیجه تحقیقات خود را تحت عنوان قانونی به نام «قانون کولن» بیان کرد.



شکل ۱۲ـ۲



شکل ۱۳ـ۲- بارهای همنام همدیگر را می رانند و بارهای ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند



شکل ۱۴ـ۲

۵-۲- قانون کولن:

همان طوری که در فصول قبل اشاره شد دو جسم (دو ذره) باردار با بارهـای هم نام یکدیگر را دفع و با بارهای غیرهم نام یکدیگر را جذب می کنند.

کولن بر پایه انجام آزمایش های زیاد با اجسام باردار نتیجه گرفـت که نیروهای جاذبه و دافعه میان بارها از قانون خاصی پیـروی می کنند. امـروزه این قانون را به نـام «قانون کولن» می شناسیم. این قانون بیان می کند:

نیروی بیـن دو بار الکتریکی با حاصل ضـرب اندازه بارها نسـبت مستقیم و با مجذور فاصله میان بارها نسبت معکوس دارد. ارتبـاط عوامل مؤثر بـا نیروی بین دو بار را با رابطه (۱) می توان نوشت:

$$F\alpha\frac{q_1 q_2}{d^2} \quad (1)$$

با بهره گیری از یک ضریب ثابت که نشان دهنده خاصیت محیط در برگیرنده اجسـام باردار است می توان رابطه قانون کولن را به صورت مقابل نوشت:

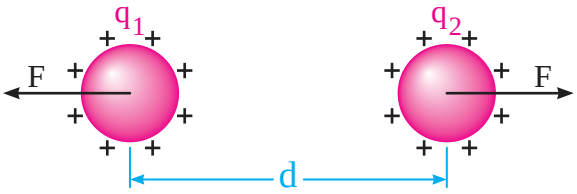
$$F = k\frac{q_1 q_2}{d^2} \quad (2)$$

q_1 و q_2 ـ مقدار بارهای الکتریکی بر حسب کولن [c]

d ـ فاصله بین دو بار بر حسب متر [m]

k ـ ضریب ثابت که تقریباً برابر ۹×۱۰^۹ بر حسب $[\frac{N.m^2}{C^2}]$

F ـ نیروی بین دو جسم باردار برحسب نیوتن [N]



شکل ۱۵ـ۲

مثال: اندازه نیروی بین دو بار [C] ۰/۰۲ و [C] ۰/۰۵ که در فاصله ۲ متر از یکدیگر قرار گرفته اند چند نیوتن است؟

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

$$F = ۹\times۱۰^۹\frac{۰/۰۲\times۰/۰۵}{(۲)^2} = \frac{۹۰\times۱۰^۵}{۴}$$

$$F = ۲۲/۵[N]$$

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

مثال: هرگاه نیروی بین دو جسم باردار ۰/۰۰۰۴ و ۰/۰۵ کولنی برابر ۵ نیوتن باشد فاصله بین این دو بار چند متر است؟

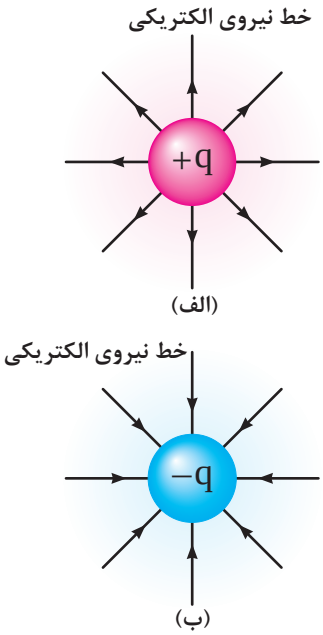
$$d = \sqrt{\frac{kq_1q_2}{F}} = \sqrt{\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۰/۰۵\times۰/۰۰۰۴}{۵}}$$

$$d = \sqrt{\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۵\times۱۰^{-۲}\times۴\times۱۰^{-۳}}{۵}} = \sqrt{\frac{۱۸۰}{۵}\times۱۰^{۴}}$$

$$d = \sqrt{۳۶\times۱۰^{۴}} = ۶\times۱۰^{۲}\,[m]$$

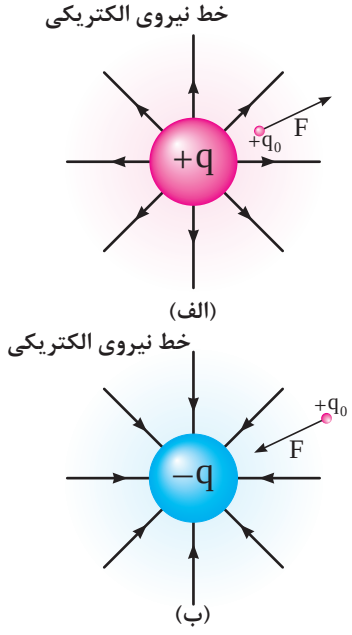
۶-۲- میدان الکتریکی

هرگاه یک جسم باردار در فضای اطراف یک جسم باردار قرار گیرد طبق قانون کولن به آن نیرو وارد می شود این ناحیه که چنین خاصیتی دارد یک «میدان الکتریکی» است. بنابراین در یک ناحیه از فضا وقتی می توان گفت میدان الکتریکی وجود دارد که به بار الکتریکی واقع در آن ناحیه یک نیروی الکتریکی وارد می شود. شکل(۱۶-۲)



شکل ۱۶ـ۲ـ میدان الکتریکی اطراف یک کره باردار در فضا

برای سنجش وجود میدان الکتریکی و تعیین اندازه آن از یک بار مثبت و کوچک به نام «بار آزمون ـ q_0» استفاده می شود که مقدار آن برابر واحد (یک) است. در شکل های (الف ـ ۱۷-۲) و (ب ـ ۱۷-۲) وضعیت خطوط نیروی وارد به بار آزمون برای هر دو بار هم نام و هم چنین دو بار غیر هم نام نشان داده شده است. هر خط نیرو نشان دهنده مسیری است که بار آزمون واقع در میدان الکتریکی تحت اثر نیروی ناشی از میدان طی می کند.



شکل ۱۷ـ۲ـ میدان الکتریکی اطراف یک کره باردار در فضا

بنـا به تعریف نیروی وارد بر بـار الکتریکی آزمون (مثبت) در هر نقطه از میدان را شـدت میـدان الکتریکی در آن نقطه می نامیم و مقدار آن به صورت مقابل محاسبه می شود.

$$E = \frac{F}{q_0}$$

F ـ نیروی وارد بر بار آزمون بر حسب نیوتن [N]

q_0 ـ انـدازه بار آزمون بر حسـب کولـن [C] (مقدار آن می تواند غیر یک باشد)

E ـ شدت میدان الکتریکی بر حسب نیوتن بر کولن $[\frac{N}{C}]$

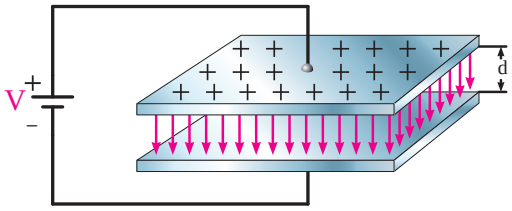
مثـال: بار الکتریکـی ۴ کولنی در یک میـدان الکتریکی تحت تأثیر نیروی ۱۶ نیوتن قرار می گیرد اندازه شدت میدان الکتریکی آن چقدر است؟

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

$$E = \frac{۱۶}{۴} = ۴\left[\frac{N}{C}\right]$$

۷-۲- میدان الکتریکی یکنواخت

در صورتی که نیاز به ایجاد میدان الکتریکی باشد می توانیم بـا اتصال دو صفحه فلـزی که مطابق شـکل (۱۸-۲) مقابل یکدیگـر قرار گرفته انـد به دو قطب یک باتـری متصل کرد. میـدان الکتریکی که تحت این شـرایط بوجـود می آید چون دارای اندازه و جهت ثابت است «میدان الکتریکی یکنواخت» گفته می شود.



شکل ۱۸ـ۲

اندازه شـدت میدان الکتریکی یکنواخت را از رابطه مقابل می توان بدست آورد:

$$E = \frac{V}{d}$$

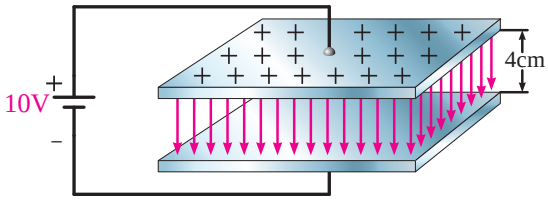
V ـ ولتاژ باتری اتصال داده به دوصفحه برحسب ولت[v]

d ـ فاصله بین دو صفحه بر حسب متر [m]

E ـ شدت میدان الکتریکی بر حسب $\frac{\text{ولت}}{\text{متر}}$ $[\frac{v}{m}]$

مثال: شدت میدان الکتریکی بین دو صفحه موازی که با فاصله ۴ سانتی متر از یکدیگر قرار گرفته اند و مشابه شکل (۱۹-۲) به ولتاژ ۱۰ ولت متصل شده چقدر است؟

$$E = \frac{V}{d} = \frac{۱۰}{۴\times ۱۰^{-۲}} = \frac{۱۰^{۳}}{۴} = ۲۵۰\left[\frac{v}{m}\right]$$



شکل ۱۹ـ۲

مثال: فاصله بین دو صفحه موازی که به ولتاژ ۲۰ ولت وصل شده اند چند متر باشد تا شدت میدان الکتریکی بین دو صفحه ۴۰ ولت بر متر باشد.

$$E = \frac{v}{d} \Rightarrow d = \frac{v}{E}$$

$$d = \frac{۲۰}{۴۰} = \frac{۱}{۲} = ۰/۵[m]$$

آزمون پایانی (۲)

۱ـ لایه والانس هر اتم با چند الکترون تکمیل می شود؟

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 می شود.

الف ـ عایق ب ـ نیمه هادی ج ـ ظرفیتی د ـ هادی

۳ـ سهم انرژی الکترون های والانس در هادی ها نسبت به عایق ها چگونه است؟

الف ـ زیاد ب ـ کم ج ـ متوسط د ـ نمی توان تعیین کرد.

۴ـ علت استفاده از مس در صنعت برق چیست؟

الف ـ در طبیعت فراوان است. ب ـ الکترون والانس را راحت آزاد می کند.

ج ـ مقرون به صرفه است. د ـ همه موارد

۵ـ کدام گزینه در مورد تعداد الکترون های مدار والانس عایق ها صحیح است؟

الف ـ ۴ > تعداد الکترون ها ب ـ ۴ < تعداد الکترون ها

ج ـ ۳ > تعداد الکترون ها د ـ ۸ < تعداد الکترون ها

٦ـ الکترون های والانس در عایق ها ..... از مدار خود جدا می شوند.

الف ـ به آسانی ب ـ به سختی ج ـ بدون انرژی د ـ با کمی انرژی

۷ـ اصطلاح «دی الکتریک» برای کدام گروه از موارد به کار می رود؟

الف ـ هادی ها ب ـ عایق ها ج ـ نیمه هادی ها د ـ فلزات

۸ـ «میکا» از نظر هدایت الکتریکی در ردیف کدام یک از گروه ها قرار دارد؟

الف ـ عایق ها ب ـ هادی ها ج ـ نیمه هادی ها د ـ کریستال ها

۹ـ تعداد الکترون های والانس نیمه هادی ها چند الکترون است؟

الف ـ ۲ ب ـ ۳ ج ـ ۴ د ـ ۸

۱۰ـ نحوه اتصال اتم ها در نیمه هادی ها ..... است.

الف ـ به شکل دایره ب ـ به صورت شبکه کریستالی

ج ـ به شکل بیضی د ـ به صورت خطوط نیم دایره

۱۱ـ کدام گزینه در مورد نیمه هادی ها صدق می کند؟

الف ـ با ناخالص کردن نیمه هادی ها میزان تمایل آن ها به آزاد کردن الکترون کاهش می یابد.

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

ج ـ نیمه هادی ها 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 می دهند.

الف ـ P　　ب ـ N　　ج ـ e　　د ـ Z

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

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 عایق ها　　ب ـ هادی ها　　ج ـ نیمه هادی ها　　د ـ نمک ها

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 تعداد الکترون های مدار آخر عنصری ۵ است. این عنصر از نظر هدایت الکتریکی به کدام گروه تعلق دارد؟

الف ـ هادی ها　　ب ـ نیمه هادی ها　　ج ـ عایق ها　　د ـ کریستال ها

۱۷ـ کدام یک از عناصر زیر دارای ۴ الکترون والانس است؟

الف ـ شیشه　　ب ـ مس　　ج ـ ژرمانیم　　د ـ نقره

۱۸ـ نحوه قرار گرفتن اتم های نیمه هادی‌ها در کنار هم به صورت ..... است.

۱۹ـ در اجسام رسانا الکترون های لایه والانس اتم ها به راحتی آزاد می شوند.　　صحیح ❐　　غلط ❐

۲۰ـ در شرایط عادی نیمه هادی ها تمایلی به دریافت یا از دست دادن الکترون ندارند.　　صحیح ❐　　غلط ❐

۲۱ـ دو ذره بار الکتریکی $۶۰\mu C$ و $۸۰\mu C$ در فاصله $۴۰cm$ از هم قرار گرفته اند. اندازه نیرویی که این دو ذره بر هم وارد می کنند چند نیوتن است؟ $\left(k = ۹\times ۱۰^{۹}\right)$

۲۲ـ اگر بار الکتریکی $۲\mu C$ در نقطه ای از یک میدان الکتریکی به شدت $\left(۲\times ۱۰^{۵}\ \frac{N}{C}\right)$ قرار گیرد چه نیرویی به این بار وارد می شود؟

۲۳ـ بار الکتریکی $۲\mu C$ در یک میدان الکتریکی تحت اثر نیروی ۰/۰۸ نیوتن قرار می گیرد. اندازه شدت این میدان چند نیوتن بر کولن است؟

۲۴ـ دو بار الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$ که در فاصله d از یکدیگر قرار گرفته اند نیرویی برابر F بر هم وارد می کنند. اگر هر یک از بارها را نصف کنیم، فاصله بین دو بار چه تغییری باید کند تا نیروی بین دو بار همان F باشد؟

۲۵ـ هرگاه شدت میدان الکتریکی بین دو صفحه که در فاصله ۲۰ سانتی متر از یکدیگر قرار گرفته اند برابر ۵۰ ولت بر متر باشد، ولتاژ اعمال شده به این صفحات چند ولت است؟

خودآزمایی عملی

۱ـ مداری را مطابق شـکل ۱۲ـ۲ در نظر بگیرید و در صورت امکان عملاً ببندید. در مراحل مختلف بین دو نقطه A و B قطعات زیر را قرار دهید و وضعیت روشنایی لامپ را مشاهده و ثبت کنید.

الف ـ گیره کاغذ (مشابه شکل ۱۲ـ۲)

ب ـ مداد پاک کن

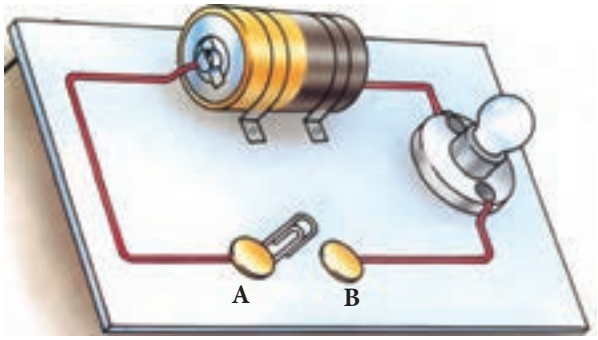
ج ـ بدنه پلاستیکی خودکار

د ـ یک قطعه سیم مسی

هـ ـ یک قطعه میله برنجی

و ـ یک تکه چوب

ز ـ یک قطعه لاستیک



شکل ۱۲-۲- مدار ساده الکتریکی

۲ـ از مجموعه مشاهدات خود چه نتیجه‌ای می گیرید؟

توجه

مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرارکنید.

واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل سوم: آشنایی با قطعات و کمیت های الکتریکی

هدف کلی

آشنایی با مقاومت‌ها و کمیت های الکتریکی

هدف های رفتاری: در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

۱ـ کمیت های الکتریکی ولتاژ، جریان و مقاومت را با ذکر روابط و واحد توضیح دهد.

۲ـ انواع مقاومت های الکتریکی را نام برده و طرز کار هر یک را توضیح دهد.

۳ـ مقدار مقاومت های اهمی چهار رنگ، پنج رنگ را با کمک کدهای رنگ تعیین کند.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۶	-	۶

۱ـ با زدن کلید اصلی برق نیروگاه، چه مدت زمانی طول می کشد 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 رابطه ای بین این دو نیست.

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 دهد.
د ـ کاری که بر روی ذره باردار انجام می شود.

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

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 مرحله ای
د ـ شیرگردان

۶ـ عامل کنترل کننده خودکار روشن و خاموش کردن چراغ های خیابان ها و معابر عمومی 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 کننده ها به پریز برق و راه اندازی آن ها سیم های برق گرم می شود؟

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 موردنظر زیاد است.

۸ـ کدام یک از مواد زیر هادی خوبی نیست؟

الف ـ مس
ب ـ نقره
ج ـ طلا
د ـ میکا

۹ـ برای افزایش میزان هدایت نیمه هادی ها باید آن ها را ..... کرد.

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

۱۰ـ انرژی داده شده به ..... یک ماده دی الکتریک بین الکترون های ..... آن تقسیم می شود.

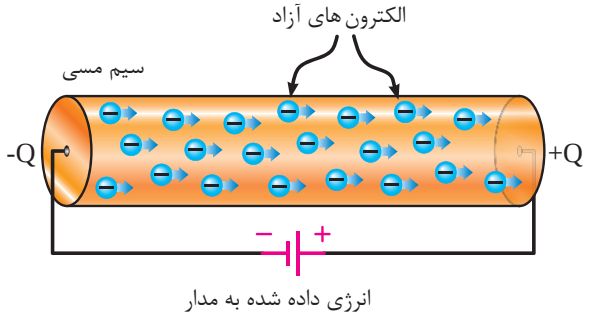
الف ـ اتم ـ مدار والانس
ب ـ الکترون های ـ مدار والانس
ج ـ الکترون های ـ مدار M
د ـ اتم ـ مدار M

۳ـ کمیت‌های الکتریکی

۱ـ۳ـ شدت جریان[1]

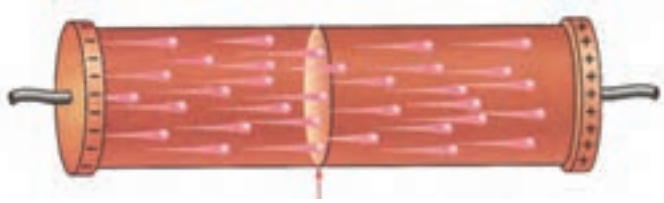
چنانچه بخواهیم از انرژی الکتریکی برای انجام کاری استفاده کنیم می بایست الکتریسیته تولید شده را به حرکت درآوریم و در مدار جاری کنیم. به عبارت دیگر اگر بتوانیم با دادن انرژی به مدار والانس یک اتم، الکترون های آن را آزاد کنیم و در یک مسیر حرکت دهیم «جریان الکتریکی» به وجود می آید.

انرژی الکترون های آزادی که در یک جهت هستند با هم جمع می شوند و انرژی آزاد شده بیشتری را برای انجام کار در اختیار ما قرار می دهند. تعداد الکترون هایی که انرژی هم جهت دارند میزان شدت جریان الکتریکی را تعیین می کنند. (شکل ۱ـ۳)



شکل ۱ـ۳ـ میزان جریان الکتریکی از مجموع انرژی الکترون هایی که انرژی آن ها در یک جهت است، به وجود می آید.

شدت جریان الکتریکی را با حرف (I) نشان می دهند. بنا به تعریف مقدار بار الکتریکی (الکترون های آزاد) که از یک نقطه سیم در طی مدت زمانی معین عبور می کند «شدت جریان الکتریکی» می نامند. (شکل ۲ـ۳)

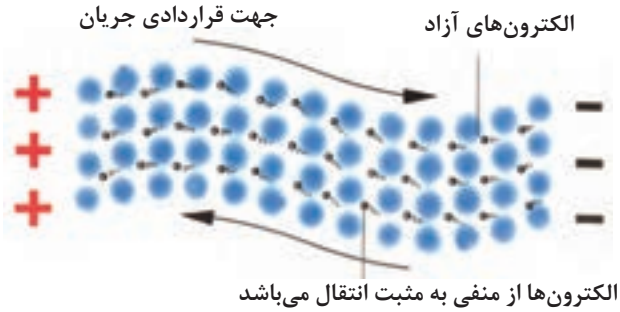


شکل ۲ـ۳ـ عبور بار الکتریکی از یک نقطه سیم در طی زمان معین را جریان الکتریکی می نامند.

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

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

چون عامل به وجود آمدن جریان الکتریکی، حرکت الکترون هاست و این ذرات دارای بار منفی هستند، لذا جهت حرکت واقعی الکترون ها از قطب منفی به سمت قطب مثبت است ولی براساس قرارداد، جهت جریان الکتریکی را در مدارها از قطب مثبت به سمت قطع منفی در نظر می گیرند.



شکل ۳ـ۳ـ جهت حرکت اصلی و قراردادی جریان الکتریکی

1- Electric current

شـــکل ۳ـ۳ این مطلب را نشـــان می دهد. بنا به تعریف، مثبت بـــودن بارها را با عنوان زیاد بودن و منفی بودن بار را بـــا عنوان کم بودن بار در نظر می گیرند. در رابطه (I) اگر به جای پارامترهای (t,q) مقدار واحد را قرار دهیم تعریف یک آمپر به دست می آید.

$$۱(A)=\frac{۱(c)}{۱(s)}$$

یعنـــی هرگاه بـــار الکتریکی معادل یـــک کولن در مدت زمـــان یک ثانیـــه از یک نقطه معین مانند شـــکل ۴ـ۳ عبور کند شدت جریانی برابر یک آمپر در سیم جاری شده است. یک کولن بار الکتریکی موجود در یک جسم برابر است با:

$$۱\text{ کولن} = ۶/۲۸\times ۱۰^{۱۸}\text{ الکترون}$$

مثـــال: اگر باری برابـــر با ۶ کولن در طی مدت ۳ ثانیه از ســـیمی مطابق شـــکل ۵ـ۳ عبور کند، چند آمپر جریان در مدار جاری شده است؟

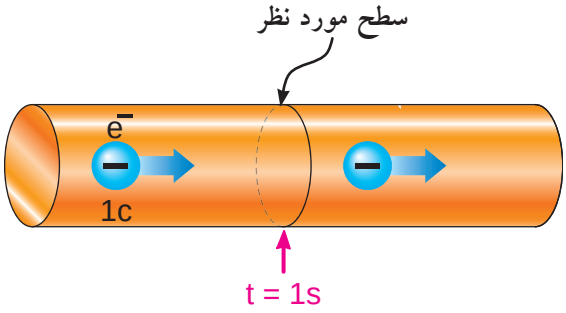
حل:

$$I=\frac{q}{t}=\frac{۶}{۳}=۲[A]$$

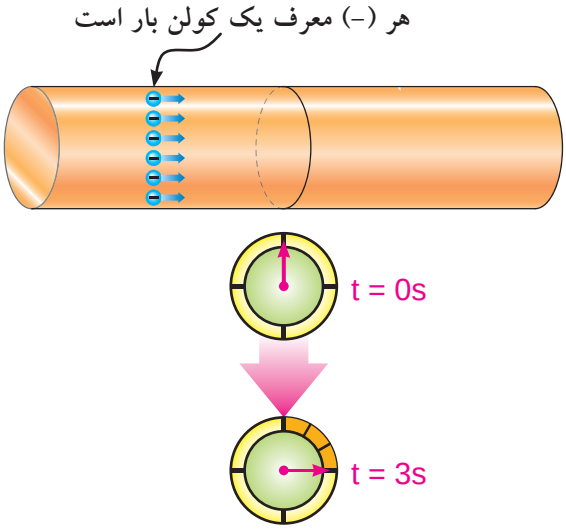
حرکـــت الکترون هـــای آزاد در درون ســـیم بـــه صورت «ضربـــه ای»[1] صورت می گیرد. یعنـــی در مدارهای والانس، الکترون هـــا با یکدیگـــر برخورد می کننـــد و از اتمی به اتم دیگر منتقل می شوند. سرعت این ضربه ها در حدود سرعت سیر نور (۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه) است. (شکل ۶ ـ۳)

چـــون اتم هـــا خیلی به هـــم نزدیک هســـتند به محض وارد شـــدن الکترون آزاد جدید آن الکترون انرژی خود را به الکترون دیگر می دهد و آن را دفع می کند و به سمت دیگر می راند. (شکل ۷ـ۳)

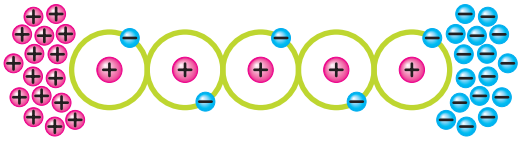
1 - Impulse



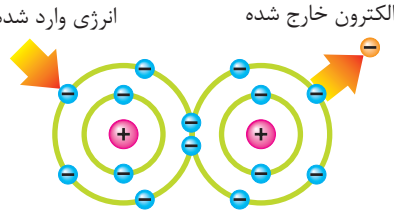
شکل ۴ـ۳ـ حرکت الکترون از سطح موردنظر در یک ثانیه



شکل ۵ـ۳ـ تعداد الکترون هایی که از سطحی مشخص در طی سه ثانیه می گذرند.

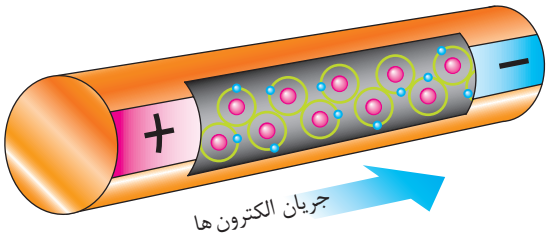


شکل ۶ـ۳ـ حرکت الکترون ها از سمت پتانسیل مثبت به سمت پتانسیل منفی است



شکل ۷ـ۳ـ جابه جایی الکترون در اثر انرژی

ضربه های انـرژی که از یک الکترون بـه الکترون دیگر برخورد می کند و باعث جابه جایی آن می شود را در اصطلاح جریان الکتریکی می نامند. در شـکل ۸ ـ۳ ضربه های انرژی وارد شده به الکترون ها را مشاهده می کنید.



شکل ۸ـ۳ـ نمایشی از ضربه های انرژی به الکترون ها

در مدارهـای الکتریکـی بـرای اندازه گیـری جریان از وسـیله ای به نام آمپرمتر که علامت اختصاری آن —Ⓐ— است، استفاده می شود. شکل ۹ـ۳ تصویر یک نمونه آمپرمتر را نشان می دهد.

شکل ۹ـ۳ـ شکل ظاهری یک نمونه آمپرمتر

یکی از مشخصه هایی که در بحث جریان مطرح می شود «تراکم» یا «چگالی» جریان است.

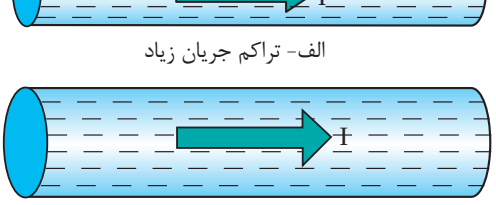
طبـق تعریف، مقـدار معینـی جریان الکتریکـی که از واحد سـطح مقطع سیم می تواند عبور کند را تراکم جریان می گویند.

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

و بر حسـب ($\frac{A}{mm^2}$ آمپر بر میلی متر مربع) محاسـبه می شود. (شکل ۱۰ـ۳)

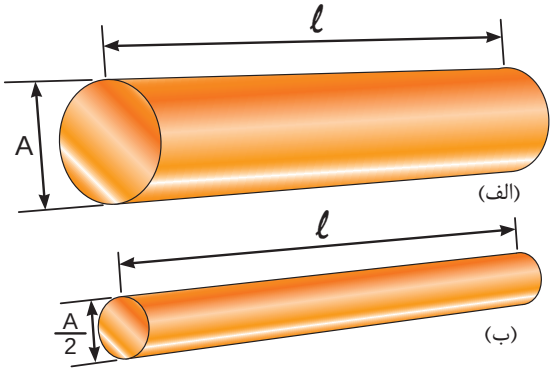
I = جریان عبوری از سیم

A = سطح مقطع سیم بر حسب میلی متر مربع



شکل ۱۰ـ۳ـ شدت جریان عبوری در هر دو سیم با هم مساوی است ولی سطح مقطع سیم (ب) بزرگ تر از سیم (الف) است.

از چگالـی جریان در تعیین ماکزیمم جریان قابل تحمل در سیم ها اسـتفاده می شـود. به عنوان مثال اگر بخواهیم جریانی معادل ۵ آمپر را از دو سـیم طبق شکل ۱۱ـ۳ عبور دهیم، مشـاهده می شود که تراکم و فشردگی الکترون های جاری در سـیم شکل (ب) از سـیم (الف) بیشتر است. زیرا سطح مقطع سیم (ب) از سیم (الف) کوچک تر است.



شکل ۱۱ـ۳ـ تصویر دو سیم با سطح مقطع های مختلف

۲ـ۳ـ اختلاف سطح الکتریکی و چگونگی ایجاد آن به وسیله انرژی های مختلف

همان طـوری که می دانیـد برای انجـام کار باید انرژی الکتریکـی در حـال حرکت باشـد. نیرویی را کـه باعث به وجـود آمدن جریـان الکتریکی در مدار می شـود «نیروی محرکـه الکتریکی یا EMF [1]» می نامنـد. بنا به تعریف هر بـار الکتریکـی که بتواند بـار الکتریکی دیگـری را با عمل جذب یا دفع به حرکت درآورد کاری انجام می شـود. لذا به نیروی محرکه ای که بتواند بار الکتریکی را به حرکت درآورد «پتانسیل الکتریکی» می گویند. (شکل ۱۲ـ۳)

«پتانسـیل» یا «ولتاژ» به اختصار، توانایی انجام کار نیز نامیده می شود.

وقتی دو بار غیرهم نام مورد بررسـی قرار می گیرند، در حقیقت اختلاف پتانسـیل بین آن دو، مورد توجه اسـت. به همین دلیل در مدارهای الکتریکی اغلب ولتاژ را تحت عنوان اختلاف پتانسـیل بیان می کنند. زیرا میزان کاری که روی دو ذره باردار انجام می شـود به پتانسیل اولیه آن ها بستگی دارد. (شکل ۱۳ـ۳)

پتانسیل الکتریکی از رابطه زیر محاسبه می شود:

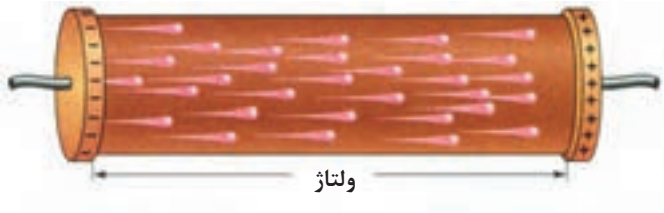
$$V = \frac{W}{q} = \frac{\text{(کار انجام شده)}}{\text{(بار الکتریکی)}} \quad \text{(ولتاژ)}$$

هـرگاه کار بـر حسـب ژول و مقـدار بـار الکتریکی بر حسـب کولن باشد پتانسیل الکتریکی بر حسب ولت بدست می آید.

تعریف واحد ولت:

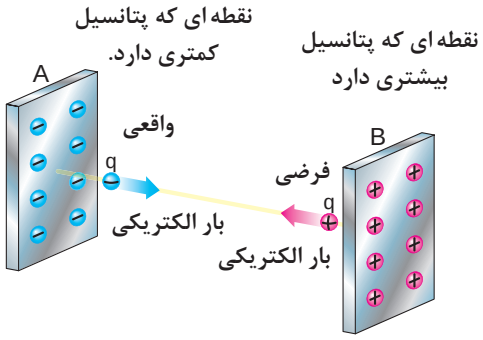
$$1(V) = \frac{1(j)}{1(C)}$$

الف ـ الکترون های آزاد در حال حرکت نامنظم



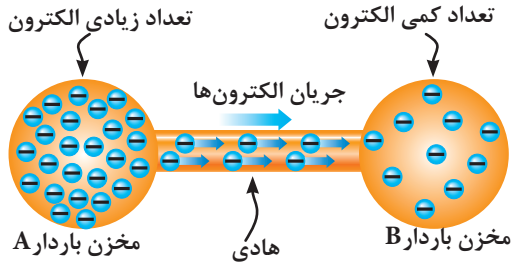
ب ـ الکترون های آزاد تحت تأثیر ولتاژ

شکل ۱۲ـ۳



شکل ۱۳ـ۳ـ ذره باردار q که دارای بار منفی کمتر است جذب نقطه ای که دارای بار مثبت زیادتر است، می شود.

1 - EMF-Electro Motive Force



شکل ۱۴ـ۳ـ چگونگی حرکت الکترون ها از مخزن بار بیشتر به مخزن کمتر.

به همین ترتیب برای اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B در شکل ۱۴ـ۳ می توانیم، بنویسیم:

$V = V_A - V_B = V_{AB}$ اختلاف پتانسیل [1]

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

$W = W_A - W_B = W_{AB}$ کار انجام شده [2]

ولتاژهایی کـه در کارهای روزمره با آن سـروکار داریم عبارتند از:

۱/۵ ولت ـ ولتاژ پیل های خشک (قلمی)

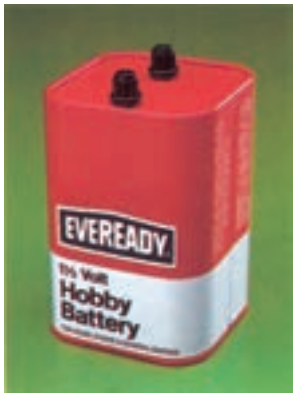
۹ ولت ـ ولتاژ پیل های کتابی

۱۲ ولت ـ ولتاژ باتری های ماشین

۲۲۰ ولت ـ ولتاژ منازل مسکونی

۳۸۰ ولت ـ ولتاژ مراکز صنعتی

در رسـم مدارها، پیل هـا (باتری ها) را با علامت: ⊣⊢ نشـان می دهیم. در شکل ۱۵ـ۳ تصویر چند نوع پیل نشان داده شده است.



شکل ۱۵ـ۳ـ چند نمونه پیل

بـرای اندازه گیری ولتاژ از وسـیله ای به نام ولت متر که علامـت اختصاری آن به صورت —(V)— اسـت اسـتفاده می شود. (شکل ۱۶ـ۳)

نیـروی محرکه الکتریکی (ولتاژ) را می توان با اسـتفاده از انرژی هـای مختلف تولید کرد که در این جا به اختصار با چگونگی تولید انرژی الکتریکی از روش های مختلف آشـنا می شویم.

شکل ۱۶ـ۳ـ دو نمونه ولت متر

---

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

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

۳ـ۳–روش های تولیدو مصرف‌الکتریسیته

۱ـ۳ـ۳ـ تولید الکتریسیته

در اثر آزاد شدن الکترون ها از اتمشان، الکتریسیته بوجود می آید. چون الکترون های والانس بیش از سایر الکترون ها از هسته دورند و هم چنین بالاترین سطح انرژی را دارند، به آسانی آزاد می شوند.

انرژی داده شده به لایه ی والانس بین الکترون های آن لایه تقسیم می شود. در نتیجه هرچه الکترون های والانس موجود بیشتر باشد هر الکترون انرژی کمتری دریافت می کند. اگر در اتمی تعداد الکترون های والانس کمتری داشته باشد، الکترون های هر اتم مقدار انرژی بیشتری دریافت خواهد کرد و به راحتی از مدار خود خارج خواهد شد.

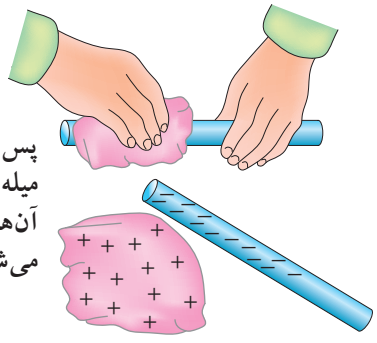
شکل (۱۷- ۳) تصویر کلی از روش های تولید الکتریسیته را نشان می دهد.

شکل ۱۷-۳ روش های تولید الکتریسیته

الکتریسیته‌حاصل ازاصطکاک (مالش):

هرگاه دو جسم مانند پارچه ابریشمی را با میله شیشه‌ای یا یک میله کائوچویی را به پارچه پشمی مالش دهیم، بار الکتریکی تولید می شود. به این بارها «الکتریسیته ساکن» می گویند.

الکتریسیته ساکن هنگامی بوجود می آید که جسمی الکترون هایش را به جسم دیگر منتقل کند. در سطح ماده، اتم هایی وجود دارد که بر خلاف سایر اتم های ماده نمی توانند با اتم هایی دیگر درگیر شوند.در نتیجه آن ها در سطح خارجی چند الکترون آزاد دارند و به همین دلیل عایق هایی مانند شیشه و کائوچو می توانند الکتریسیته ساکن را تولید کنند. بر اثر مالش، در اتم های سطح خارجی برای آزاد کردن الکترون ها انرژی حرارتی به وجود می آید که به آن اثر تریبوالکتریک (TRIBOELECTRIC) نیز می گویند.



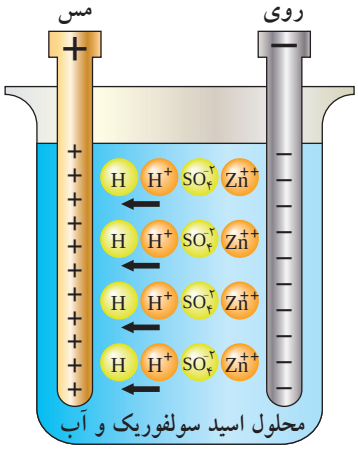
پس از مالش دادن یک میله‌ی کائوچویی به پشم، آن‌ها دارای بار الکتریکی می‌شوند.

شکل ۱۸-۳- الکتریسیته مالشی (اثر تریبوالکتریک)

الکتریسیته حاصل ازفعل و انفعالات شیمیایی:

برخی مواد شیمیایی با فلزات مخصوصی ترکیب می شوند و واکنش های شیمیایی را ایجاد می کنند که باعث انتقال الکترون ها و تولید بارهای الکتریکی می گردد. باتری تر از جمله وسایلی است که از این راه الکتریسیته تولید می کند. این پدیده بر قوانین الکتروشیمی مبتنی است. ساختمان داخلی باتری تر از محلولی به نام اسید سولفوریک که در یک ظرف ریخته شده به عنوان الکترولیت به همراه دو میله از جنس های مس و روی تشکیل شده است. هنگامی که میله های مس و روی را در داخل محلول وارد می کنیم با محلول ترکیب می شوند و در نهایت مس الکترون های والانس خود را از دست داده و از طریق محلول به میله روی انتقال می یابد. بر اثر از دست دادن و گرفتن یون ها میله روی دارای بار منفی و میله مسی دارای بار مثبت می شود. به واقع در این حالت میله مسی کمبود الکترون و میله روی دارای ازدیاد الکترون است.

شکل (۱۹-۳) تصویری از یک باتری تر با فعل و انفعالات صورت گرفته در آن را نشان می دهد.



شکل ۱۹-۳- ساختمان یک نوع باتری تر

الکتریسته حاصل از فشار مکانیکی:

هنگامی که به بعضی اجسام فشار وارد کنیم، الکترون های والانس آن ها از مدار خارج می شوند. در نتیجه الکترون ها یک طرف جسم را ترک و در طرف دیگر آن جمع می شوند بنابراین در دو طرف جسم بارهای مثبت و منفی بوجود می آید. در صورتی که فشار قطع شود الکترون ها به مدار اولیه خود باز می گردند. به اثر فشار برای تولید بارهای الکتریکی (الکتریسیته) «پیزوالکتریک» می گویند. شکل(۲۰-۳) پیزو یک کلمه یونانی به معنای فشار است. هرچه فشار اعمال شده بیشتر و زمان کوتاهتر باشد ولتاژ به وجود آمده بیشتر خواهد شد.

شکل ۲۰-۳

از جمله زمینه های کاربردی این روش می توان به کریستال های پیزوالکتریک که در برخی میکروفون ها بکار می رود و یا فندک های مورد استفاده در وسایل گازسوز امروزی را نام برد. شکل (۲۱-۳)

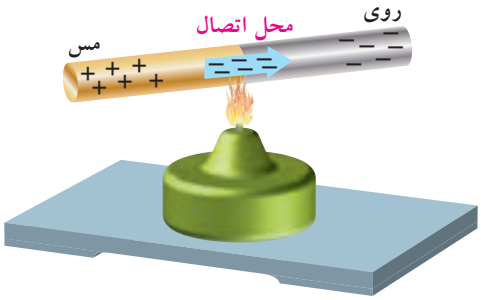
الف)

ب)

۳-۲۱

الکتریسیته حاصل از حرارت:

همان طـوری کـه می دانید در هنگام اتصال دو جسـم غیرمشـابه، انتقال الکتـرون صورت می گیـرد. فلزات فعال در درجـه ی حرارت معمولـی اتاق نیـز می توانند الکترون آزاد کننـد. بـرای مثال اگر مطابق (شـکل۲۲-۳) دو فلز مـس و روی را به یکدیگر متصـل کنیم، الکترون ها از مس خارج شـده و به اتم روی وارد می شوند. در نتیجه فلز روی، الکترون های اضافی کسـب کرده و دارای بار منفی می شود و بالعکس مس که الکترون های خود را از دست داده دارای بار مثبت می شود.



حرارت باعث انتقال الکترون از مس به روی می شود.

۲۲-۳- ترموالکتریک (الکتریسیته‌ی حرارتی)

مقدار بارهایی که در درجه حرارت اتاق تولید می شـوند کـم هسـتند زیرا انـرژی حرارتـی کافی بـرای آزاد کردن الکترون های بیشتر وجود ندارد ولی اگر محل اتصال دو فلز را حرارت دهیم انرژی بیشتری تولید می شود و الکترون های بیشـتری آزاد می گردند. به این روش «ترموالکتریک» گفته می شود.

هرچه حرارت داده شـده بیشتر باشد بار بیشتری تولید می شـود. به اتصال این دو فلز «ترموکوپل» گفته می شود. هنگامـی که چندیـن ترموکوپل به یکدیگر متصل شـوند. یک ترموپیل (باتری حرارتـی) بوجود می آید. از ترموکوپل (شـکل۲۳-۳) برای اندازه گیـری درجه حرارت در کوره ها استفاده می شود.

۳-۲۳

الکتریسیته حاصل از نور:

نـور نوعی انرژی اسـت که از ذرات حامـل انرژی به نام فوتـون به وجود می آید. هنگامی که فوتون های یک شـعاع نوری با جسـمی برخورد می کنند، انرژی خود را از دسـت می دهنـد. در بعضی اجسـام انرژی فوتون هـا باعث آزادی الکترون ها می شود. موادی مانند پتاسیم، سدیم، ژرمانیم و سولفات سرب در مقابل نور الکترون از دست می دهند.

یکی از پرکاربردترین روش های تولید الکتریسیته حاصل از نور روشن «فتوولتیک» است.

در ایــن روش انرژی نورانی تابیده شــده بــه یکی از دو صفحــه ی متصل به هم باعث تخلیــه ی الکترون از یکی به دیگری می شود. در نتیجه مانند باتری در دو صفحه بارهای مخالف ایجاد می شود.

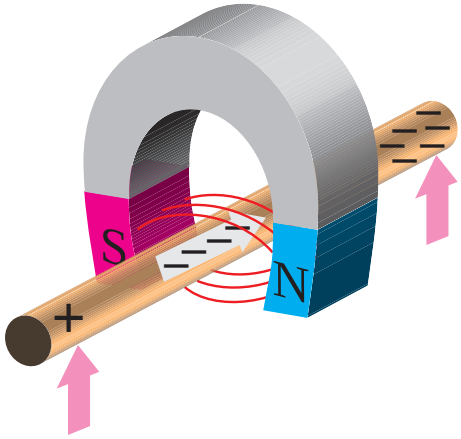
امروزه با اســتفاده از نور تابیده شــده خورشــید بر روی صفحات (سلول های) خورشیدی الکتریسیته تولید می شود. (شــکل ۳-۲۴) تصویر دو نمونه کاربرد این روش را نشان می دهد.

۳-۲۴

الکتریسیته‌حاصل از مغناطیس:

همانطوری کــه می دانید دو آهنربا در حالتی یکدیگر را جذب و در شــرایطی، یکدیگر را دفع می کنند. علت این امر آن اســت که میدان های حاصل از آهنرباها نیرویی دارند که بــر یکدیگر اثر می کنند. با در نظــر گرفتن این مقدمه حال اگر یک سیم مســی را در میدان مغناطیسی حرکت دهیم، الکترون های داخل سیم آزاد می شوند و داخل سیم یک در یک جهت به حرکت درمی آیند.

از نیروی میدان مغناطیسی برای حرکت الکترون ها نیز می توان استفاده کرد. به این روش «الکتریسیته مغناطیسی» گفته می شود. (شکل ۳-۲۵) تصویری از چگونگی اثرگذاری میدان مغناطیســی بر یک سیم و (شکل ۳-۲۶) تصویر یک مولد واقعــی که براســاس خاصیت الکترومغناطیســی کار می کند را نشان می دهد.

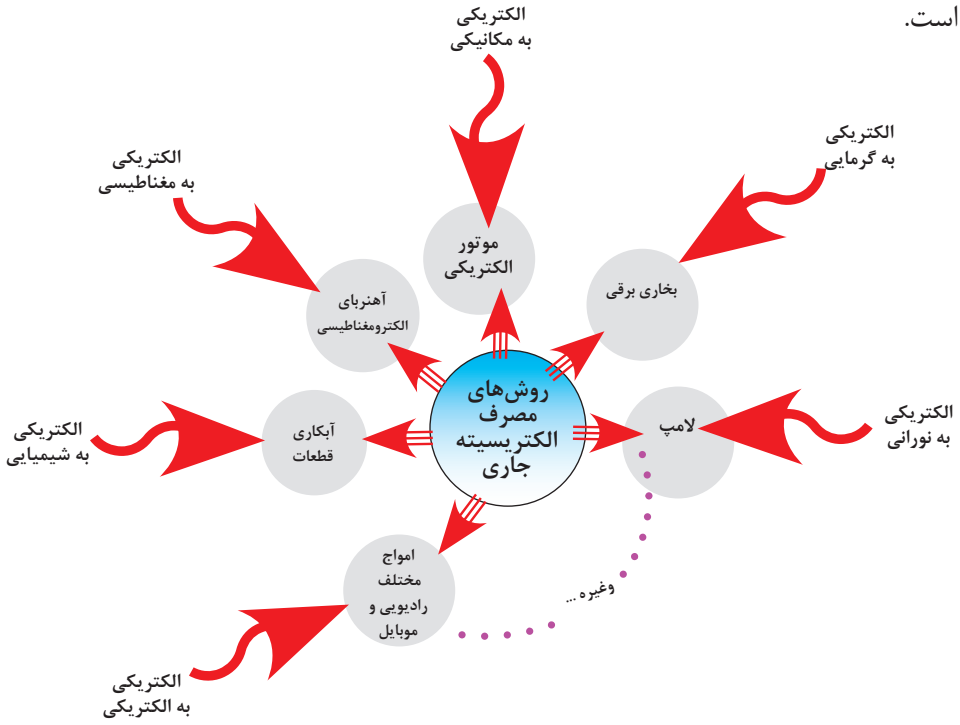


۳-۲۵- الکتریسیته‌ی مغناطیسی (الکترومغناطیس)

۳-۲۶

۲ـ۳ـ۳ مصرف الکتریسیته

در عمل، زمینه های مصرف الکتریســته تقریباً در تمامی علوم به نوعی کاربرد دارد که در (شــکل ۱۶-۳) به چند نمونه آن اشاره شده است.

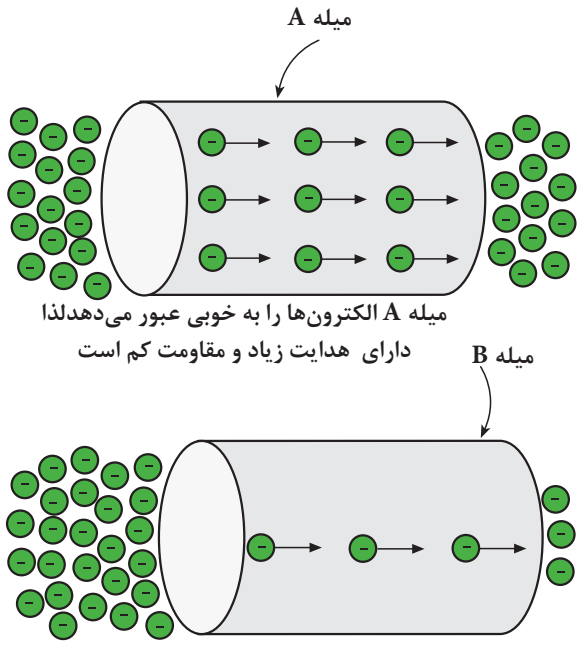


۳-۱۶

۳ـ۳ـ۳ـ هدایت‌ومقاومت مخصوص

همان طور که قبلاً نیز ذکر شــد اجسامی که در طبیعت وجود دارند نمی تواننــد جریان الکتریکی را به یک اندازه از خــود عبور دهند، تعداد الکترون های لایه آخر مواد مختلف بــا هم متفاوت اســت. میــزان هدایت اجســام را با ضریبی تحت عنــوان «**ضریب هدایت مخصــوص**» بیان می کنند. این ضریب نشان می دهد که یک جسم تا چه اندازه جریان الکتریکــی را از خود عبور می دهد. ضریب هدایت را با حرف یونانی χ (کاپا) نشان می دهند.

ضریب دیگری که در اجســام مطرح می شــود «**ضریب مقاومــت مخصوص**» نام دارد. ایــن ضریب میزان مخالفت جســم را نســبت به عبور جریان الکتریکی بیــان می کند. ضریــب مقاومت مخصوص را با حرف یونانی ρ (رو) نشــان می دهند.



شکل ۱۷ـ۳ـ میله B الکترون ها را به خوبی عبور نمی دهد لذا دارای هدایت کم و مقاومت زیاد است.

با کمی دقت در توضیحات فــوق می توان نتیجه گرفت کــه این دو ضریب عکس یکدیگرند و روابط زیر را برای این دو ضریب می توان نوشت:

$$\rho = \frac{۱}{\chi} \quad \text{یا} \quad \chi = \frac{۱}{\rho}$$

در واقع هر جســمی کــه قابلیت هدایت آن زیاد اســت مقاومت الکتریکی آن کم و هر جسمی که مقاومت الکتریکی آن زیاد باشــد دارای هدایت الکتریکی کم اســت. در شکل ۳ـ۱۷ و ۳ـ۱۸ این مورد نشان داده شده است.

این دو ضریب بدون واحد بوده و واحد آن ها بر حســب عوامل دیگر بیان می شود. یعنی:

مقــدار مقاومت و هدایت مخصوص ســیم های مســی 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)

$$\rho = \frac{\Omega.mm^۲}{m}$$

$$\chi = \frac{m}{\Omega.mm^۲}$$

در مباحــث الکتریکی معمولاً میــزان مقاومت یا هدایت مواد مختلف نسبت به مس سنجیده می شود. مثلاً اگر گفته شــود نســبت مقاومت کربن ۲۰۳۰ می باشــد، یعنی میزان مقاومت کربن ۲۰۳۰ مرتبه بیشتر از مس است.

الف ــ ضریب هدایت گیره کاغذ زیاد است در نتیجه با وصل به پیچ لامپ روشن می شود

ب ــ ضریب مقاومت پاک کن زیاد است در نتیجه با وصل به پیچ لامپ روشن نمی شود.

شکل ۱۸ـ۳

۴ـ۳ـ مقاومت الکتریکی

«مقاومت الکتریکی» خاصیتی است که جسم در مقابل عبور جریان الکتریکی از خود مخالفت نشان می دهد. این مخالفت گاهی مانند مقاومت الکتریکی سیم های رابط به صورت ناخواسته و مزاحم در مدارهای الکتریکی وجود دارد. این مقاومت باعث ایجاد تلفات الکتریکی می شود. (شکل ۱۹ـ۳)

شکل ۱۹ـ۳ـ سیم های رابط خطوط انتقال باید دارای مقاومت کمی باشند. مقاومت این سیم ها از نوع مقاومت های مزاحم است.

مقاومت می تواند به عنوان عاملی از پیش تعیین شده به صورت یک مصرف کننده در مدارهای الکتریکی قرار گیرد. رشته حرارتی (المنت) اتوی خشک برقی به عنوان یک مقاومت، نه تنها مزاحم نیست بلکه علاوه بر کنترل جریان الکتریکی حرارت نیز تولید می کند. (شکل ۲۰ـ۳)

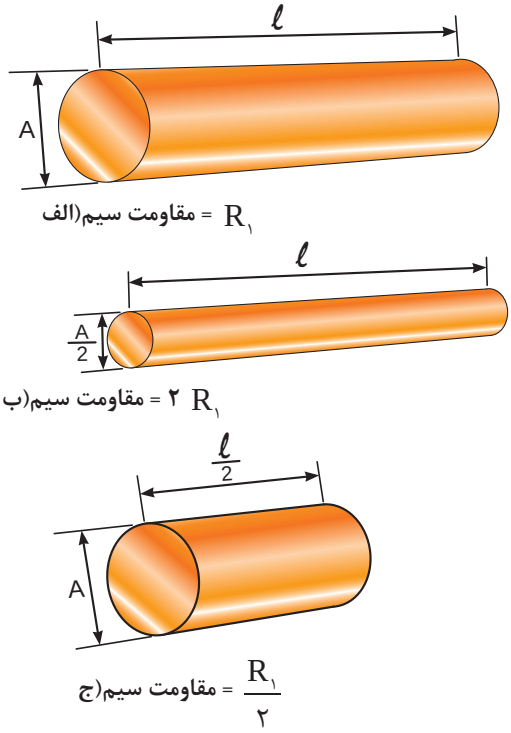
مقدار مقاومت الکتریکی را بر حسب اهم (Ω) می سنجند. مقدار مقاومت الکتریکی به عوامل فیزیکی و الکتریکی گوناگونی بستگی دارد.

شکل ۲۰ـ۳ـ رشته حرارتی اتوی برقی به عنوان مقاومت الکتریکی نقش تولید حرارت و کنترل جریان را به عهده دارد.

۱ـ۴ـ۳ـ عوامل فیزیکی مؤثر در مقدار مقاومت الکتریکی:

هرگاه سه قطعه سیم با مشخصات داده شده در شکل ۲۱ـ۳ را در اختیار داشته باشیم و به طور جداگانه مقدار مقاومت های هر یک از آن ها را اندازه بگیریم به نتایجی می رسیم که نشانگر ارتباط بین عوامل مؤثر در مقاومت الکتریکی یک هادی است. برای بررسی عوامل، موارد زیر را مورد بررسی قرار می دهیم:

۱ـ مقاومت سیم (الف) را اندازه می گیریم و به عنوان مقاومت مبنا یادداشت می کنیم.



شکل ۲۱ـ۳ـ مقایسه مقاومت چند قطعه سیم با ابعاد مختلف

۲ـ سپس مقاومت سیم (ب) را اندازه می گیریم.در این حالت مشاهده می شود با وجودی که سطح مقطع سیم نصف شده است مقدار مقاومت آن دو برابر افزایش می یابد.

۳ـ با اندازه گیری مقاومت سیم در مرحله (ج) مشاهده می کنیم که با توجه به اینکه طول سیم در حالت (ج) نسبت به حالت (الف) نصف شده، مقدار مقاومت آن نیز به نصف مقدار در حالت (الف) کاهش یافته است. با مقایسه مراحل (الف، ب و ج) در می یابیم که مقاومت یک سیم با طول آن رابطه مستقیم و با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد. مقدار مقاومت سیم را می توان از روابط زیر به دست آورد:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad \text{یا} \quad R = \frac{\ell}{\chi . A}$$

R ـ مقاومت سیم بر حسب اهم (Ω)

ℓ ـ طول سیم بر حسب متر (m)

A ـ سطح مقطع سیم برحسب میلی متر مربع (mm^2)

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

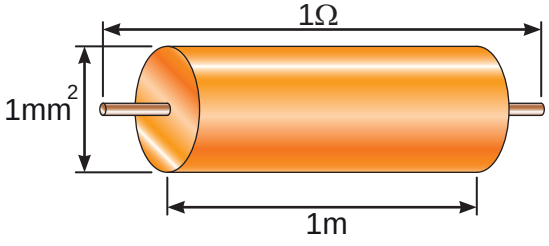
χ ـ هدایت مخصوص سیم بر حسب $\left(\frac{m}{\Omega.mm^2}\right)$

$\frac{\Omega.mm^2}{m}$ که واحد مقاومت مخصوص سیم می باشد بیانگر آن است که مقاومت سیمی به طول یک متر و سطح مقطع یک میلی متر مربع برابر با یک اهم است. (شکل ۲۲ـ۳)

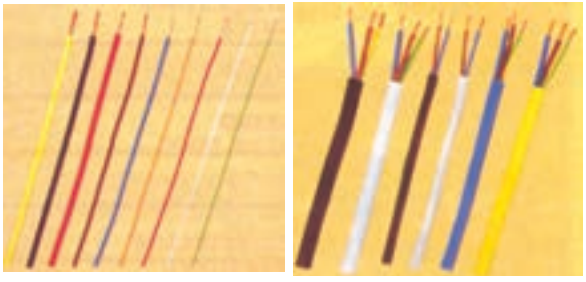
این مطلب را بصورت ریاضی می توان چنین نوشت:

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

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



شکل ۲۲ـ۳ـ مشخصات سیمی با مقاومت مخصوص یک اهم



شکل ۲۳ـ۳ـ تصاویری از سیم های مسی یک و چند رشته با سطح مقطع mm^2 ۱/۵ و طول ۲۰ cm

درشکل ۳ـ۲۳ تعدادی سیم با سطح مقطع های مختلف را مشـاهده می کنید. در انتخاب سـطح مقطع سـیم برای سیم کشی 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 می یابد و میزان تلفات حرارتی را در سیم بالا می برد.

مثال: مقاومت سـیم مسـی با مشـخصات داده شده در شکل ۳ـ۲۴ را به دست آورید. $(\chi = ۵۶)$

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

$$R = \frac{۵۰}{۵۶ \times ۲۰} \Rightarrow R = ۰/۰۴۴\Omega$$

عکس مقاومت الکتریکی را هدایت الکتریکی می نامند و آن را با حرف (G) نمایش می دهند. واحد هدایت الکتریکی را برحسب مو (mho) بیان می کنند. $\left(۱\ \text{mho} = \frac{۱}{\Omega}\right)$

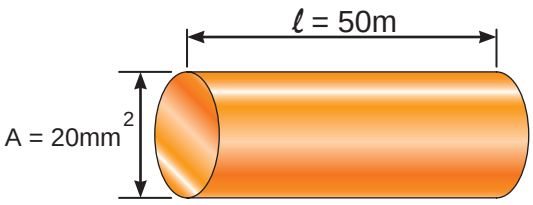
تصاویر ۳ـ۲۵ـ الف و ۳ـ۲۵ـ ب نشان می دهند که زیاد یا کم بودن مقدار ضریب هدایت یک سـیم چقدر در میزان روشنایی لامپ مؤثر است.

در تصویر (الف) چون سـیم به کار رفته در محل اتصال مسـی است مقاومت آن کم و به عبارت دیگر میزان هدایت آن زیاد است در این حالت نور لامپ زیاد می باشد. در شکل (ب) سـیمی از جنس تنگسـتن استفاده شـده است. چون مقدار هدایت سـیم تنگستن کم اسـت به همین خاطر نور لامپ کم می شود.

هدایت الکتریکی را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$G = \frac{۱}{R}$$

عوامل فیزیکی دیگـری مانند دمای محیط، درصد مواد تشـکیل دهنده و ... در مقدار مقاومت ها مؤثر هستند که از طرح چنین مواردی خودداری می شود.



شکل ۳ـ۲۴ـ سیم مسی به همراه مشخصات

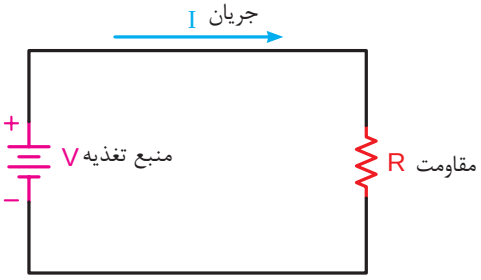
الف ـ سیم مسی در بین دو گیره سوسماری

ب ـ سیم تنگستن در بین دو گیره سوسماری.

شکل ۳ـ۲۵

۲ـ۴ـ۳ـ عوامل الکتریکی مؤثر در مقاومت:

هرگاه مقاومت الکتریکی در مدار به عنوان مصرف کننده مطرح باشـد عوامل الکتریکـی مختلفی در تعیین مقدار آن مؤثر است. از جمله می توان ولتاژ مدار و جریان قابل تحمل مقاومـت را نام برد. برای مشـخص نمودن مقدار مقاومت از روابط خاصی استفاده می شـود که در بحث قوانین اساسی برق با آن آشـنا خواهید شـد. علامت اختصاری مقاومت در مدارهای الکتریکی به صورت یا اسـت. (شکل ۲۶ـ۳)



شکل ۲۶ـ۳

۳ـ۴ـ۳ـ چگونگی تبدیل واحدها به یکدیگر:

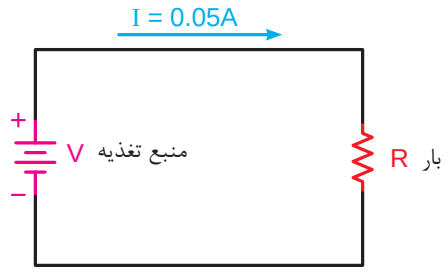
همان گونه که اشاره شد کمیت های الکتریکی جریان (I) و ولتـاژ (V) و مقاومت (R) به ترتیب دارای واحدهای آمپر (A)، ولت (V) و اهم (Ω) هستند. در مدارهای الکتریکی ایـن واحدها در مقیاس های کوچک تـر یا بزرگ تر از واحد اصلـی خود نیز به کار می روند. جدول ۱ـ۳ نحوه تبدیل این واحدها را به یکدیگر نشان می دهد.

توضیح: ضرایبی که با رنگ قرمز مشـخص شده اند در مباحث الکتریسیته کاربرد دارند.

مثال: شـدت جریان عبوری از مدار شکل ۲۷ـ۳ معادل چند میلی آمپر است؟

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

$I = ۵۰mA$



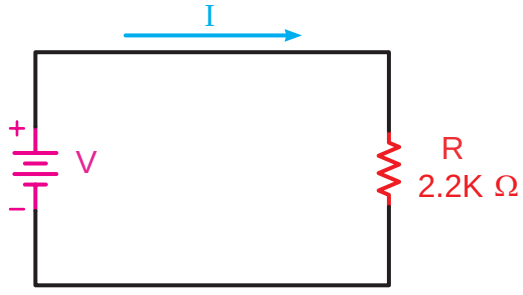
شکل ۲۷ـ۳

جدول ۱ـ۳ـ اجزاء و اضعاف واحدهای اصلی الکتریکی

چگونگی تبدیل ضرایب		حرف اختصاری	نام ضریب	شکل‌نمایی ضریب	مقدار ضریب
از واحدهای کوچکتر به واحدهای بزرگتر در ضرایب دارای توان منفی ضرب یا برضرایب دارای توان مثبت تقسیم می کنیم.	از واحدهای بزرگتر به واحدهای کوچکتر در ضرایب دارای توان مثبت ضرب یا برضرایب دارای توان منفی تقسیم می کنیم.	T	ترا	$۱۰^{۱۲}$	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰
		G	گیگا	$۱۰^{۹}$	۱۰۰۰۰۰۰۰۰
		M	مگا	$۱۰^{۶}$	۱۰۰۰۰۰۰
		K	کیلو	$۱۰^{۳}$	۱۰۰۰
		H	هگتو	$۱۰^{۲}$	۱۰۰
		da	دکا	۱۰	۱۰
			واحد اصلی	$۱۰^{۰}$	۱
		d	دسی	$۱۰^{-۱}$	۰/۱
		c	سانتی	$۱۰^{-۲}$	۰/۰۱
		m	میلی	$۱۰^{-۳}$	۰/۰۰۱
		m	میکرو	$۱۰^{-۶}$	۰/۰۰۰۰۰۱
		n	نانو	$۱۰^{-۹}$	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱
		p	پیکو	$۱۰^{-۱۲}$	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱

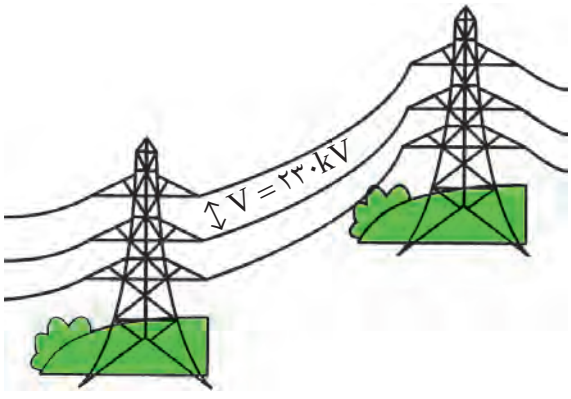
مثـال: مقاومت R مدار شـکل ۲۸ـ۳ معـادل چند اهم است؟

$$R = ۲/۲\times۱۰^{۳} = ۲۲۰۰\Omega$$



شکل ۲۸ـ۳ـ منبع تغذیه

مثال: ولتاژ نشان داده شده در بین دو سیم شکل ۲۹ـ۳ معادل چند میلی ولت است؟



شکل ۲۹ـ۳

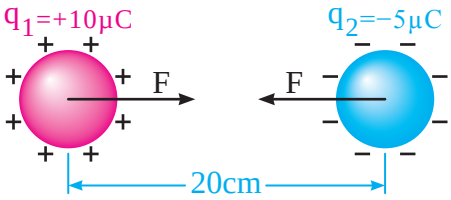
$$V = ۲۳۰\times۱۰^{۳} = ۲۳۰۰۰۰$$

$$V = ۲۳۰۰۰۰ \div ۱۰^{-۳} = ۲۳۰۰۰۰\times۱۰^{۳}$$

$$= ۲۳\times۱۰^{۴}\times۱۰^{۳} = ۲\times۱۰^{۷}$$

$$V = ۲۳۰۰۰۰۰۰۰mV$$

مثـال: انـدازه نیروی بیـن دو ذره بارهار $Q_1 = 10_{\mu c}$ و $Q_2 = -5_{\mu c}$ که مطابق شـکل در فاصله ۲۰ سانتی متری از هم قرار گرفته اند چند نیوتن است؟ $(k = 9\times10^9)$



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

$$F = 9\times10^9 \times \frac{10\times10^{-6}\times -5\times10^{-6}}{(20\times10^{-2})^2}$$

$$F = \frac{-450\times10^9\times10^{-12}}{400\times10^{-4}} = \frac{-450\times10^{-3}}{400\times10^{-4}}$$

$$F = \frac{-450\times10^{-3}\times10^4}{400} = -1/12\times10 = -11/2 \quad N$$

مثـال: بار الکتریکی $q = 2\mu c$ در یک نقطه از میدان بر بـار q_0 ، نیروی ۶ میلی نیوتن وارد می شـود. اندازه میدان الکتریکی در این نقطه چند $\frac{N}{C}$ است؟

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

$$E = \frac{6\times10^{-3}}{2\times10^{-6}} = \frac{6\times10^{-3}\times10^6}{2}$$

$$E = 3\times10^3 = 3000\frac{N}{C}$$

۵ـ۳ـ انواع مقاومت ها

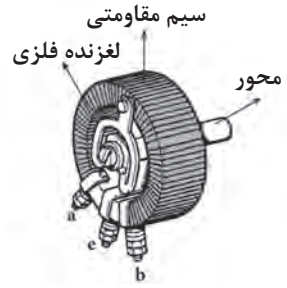
مقاومت های الکتریکی به انواع زیر تقسیم می شوند:

انواع مقاومت ها

۱ـ مقاومت های ثابت

۲ـ مقاومت های متغیر { الف ـ با تنظیم دستی / ب- تابع عوامل فیزیکی

در شکل ۳۰ـ۳ نمونه هایی از مقاومت های ثابت و متغیر را مشاهده می کنید.



الف)

ب)

شکل ۳۰ـ۳ـ مقاومت های ثابت و متغیر

۱ـ۵ـ۳ـ مقاومت های ثابت

بـه آن گـروه از مقاومت ها که مقدار آن ها را با دسـت نمی توان تغییـر داد «مقاومت های ثابـت» می گویند. این مقاومت ها در انواع مختلف ساخته می شوند که شکل ۳۱ـ۳ نمونه هایی از آن را نشان می دهد.

شکل ۳۱ـ۳ـ مقاومت های ثابت

۲ـ۵ـ۳ـ مقاومت های متغیر

گروهـی از مقاومت ها هسـتند که امـکان تغییر مقدار در آن ها به کمک دسـت و عوامـل فیزیکی وجود دارد. این مقاومت ها را «مقاومت متغیر» می گویند.

مقاومت های متغیر دارای دو پایه ثابت و یک پایه متغیر هستند مقاومت های متغیر به دو صورت «تنظیم دستی» و «تابع عوامل فیزیکی» ساخته می شوند.

در نوع دسـتی، مقدار مقاومت را می تـوان با یک اهرم (لغزنده) و با چرخاندن پیچ گوشـتی به کمک دسـت تغییر داد. در شکل ۳۲ـ۳ تصویر ظاهری انواع مقاومت های متغیر با تنظیم دستی را مشاهده می کنید.

مقاومت‌هـای متغیر با تنظیم دسـتی بـه دو صورت در مدارها به کار می‌روند.

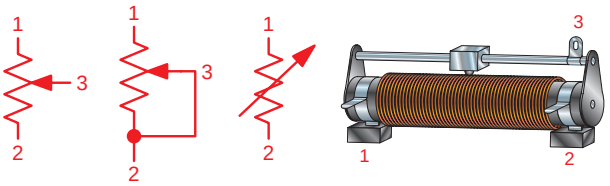
الف ـ مقدار مقاومت با چرخاندن ولوم به وسیله پیچ گوشتی تغییر می کند.

ب ـ مقدار مقاومت با چرخاندن ولوم به کمک دست تغییر می کند.

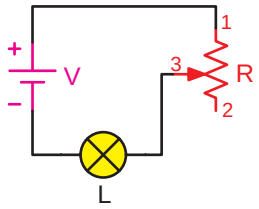
شکل ۳۲ـ۳ـ انواع مقاومت های متغیر با تنظیم دستی

ـ حالت های رئوســتایی: هرگاه از یک پایه ثابت و پایه متغیر اســتفاده شــود در اصطلاح گفته می شود که مقاومت متغیر در حالت رئوســتایی قرار گرفته است. شکل ۳ـ۳۳ پایه هــای ثابت و متغیر مقاومــت را به همراه علامت اختصاری آن نشان می دهد.

از مقاومت متغیر در حالت رئوستایی برای کنترل جریان مصرف کننده اســتفاده می شــود. یعنی به واسطه تغییر در مقــدار مقاومت می توانیم جریان مــدار را کم یا زیاد کنیم. شــکل ۳ـ۳۴ نحوه اتصال مقاومت متغیر به حالت رئوستایی در مدار را نشان می دهد.

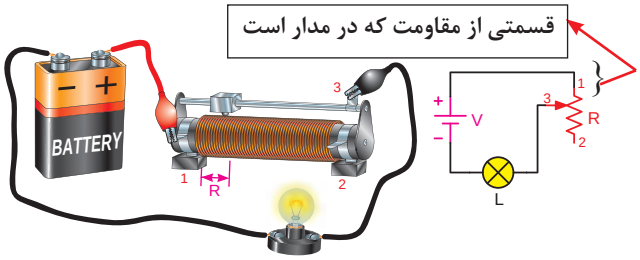


شکل ۳-۳۳- تصویرظاهری وعلائم اختصاری مقاومت متغیر



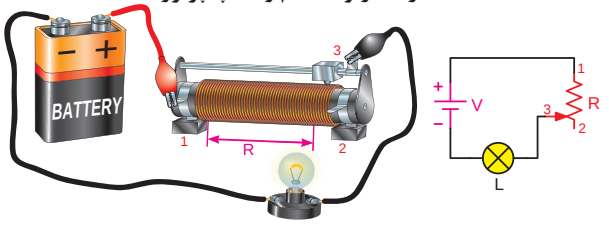
شکل ۳ـ۳۴ـ نحوه اتصال مقاومت متغیر در حالت رئوستایی

همان گونه که در شکل ۳ـ۳۵ـ الف مشاهده می کنید با حرکت دادن پایه متحرک (۳) به سمت پایه ثابت (۱) مقدار مقاومــت موجود در مســیر لامپ کاهــش می یابد و جریان عبوری زیاد می شود و لامپ را پر نورتر می کند.



الف ـ مقاومت رئوستا کم و لامپ پرنور است.

در صورت حرکــت دادن پایه متحرک (۳) به طرف پایه ثابت (۲) مقدار مقاومتی که در مســیر لامپ قرار می گیرد افزایــش یافته و جریان عبوری از لامپ را کاهش می دهد و لامپ را کم نور می کند.

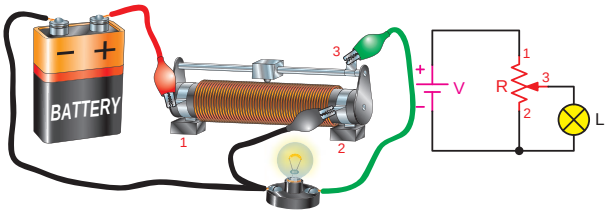


ب ـ مقاومت رئوستا زیاد و لامپ کم نور است.

شکل ۳ـ۳۵

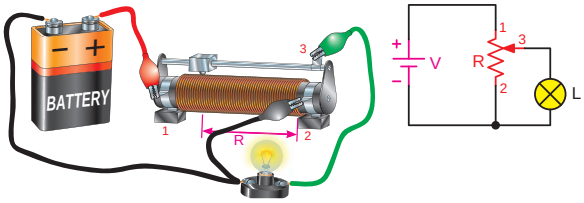
ـ حالت های پتانســیومتری: اگر از هر ســه پایه (دو پایه ثابت و یک پایه متغیر) یک مقاومت متغیر استفاده شــود در اصطلاح گفته می شود که مقاومت متغیر در حالت پتانسیومتری بسته شده است.

از این حالــت اتصال مقاومت های متغیر در مدارها برای کنترل ولتاژ مصرف کننده اســتفاده می شود. یعنی با تغییر در مقــدار مقاومت می توان ولتاژ مصرف کننده را کم و زیاد کرد. شکل ۳ـ۳۶ نحوه اتصال مقاومت در حالت پتانسیومتری را نشان می دهد.

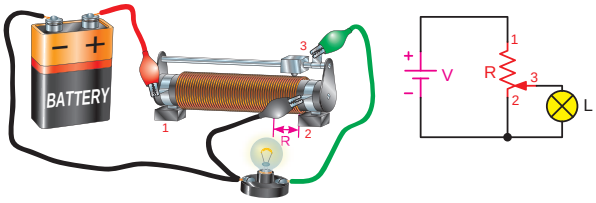


شکل ۳ـ۳۶

در مدار شـکل ۳۷ـ۳ـ الف هرگاه پایه متحرک (۳) را به پایه ثابت (۱) نزدیک کنیم مقدار مقاومت پتانسیومتر که به دو سـر لامپ اتصال دارد، افزایـش می یابد و نور لامپ زیاد می شود. در صورتی که پایه متحرک (۳) را به پایه ثابت (۲) نزدیـک کنیم مقدار مقاومت متصل شـده به دو سـر لامپ کاهش می یابد و نور لامپ کم می شود. (شکل ۳۷ـ۳ـ ب)



الف ـ مقاومت پتانسیومتر زیاد و نور لامپ زیاد



ب ـ مقاومت پتانسیومتر کم و نور لامپ کم.

شکل ۳۷ـ۳

۳ـ۵ـ۳ـ مقاومت وابسته به حرارت (ترمیستور[1]):

این مقاومت ها تابع حرارت هستند و تغییرات دما روی مقدار مقاومت آن هـا اثر می گذارد. این نوع مقاومت ها در دو نوع NTC و PTC وجود دارند.

ـ مقاومت حرارتی NTC[2]:ترمیسـتورهایی هسـتند کـه در اثر افزایش دما مقدار مقاومـت آنها کاهش می یابد. (شکل۳۸ـ۳)

شکل ۳۸ـ۳ـ انواع مقاومت های NTC و علامت اختصاری آن.

ـ مقاومـت حرارتی PTC[3]: ترمیسـتورهایی هستند کـه در اثر افزایـش دما مقدار مقاومتشـان افزایش می یابد. (شکل۳۹ـ۳)

الف- علامت اختصاری

ب- شکل ظاهری

شکل ۳۹ـ۳ـ انواع مقاومت های PTC و همراه علامت اختصاری آن

1 - PTC-Positive Temperature Cofficient

2 - Photo Resistor

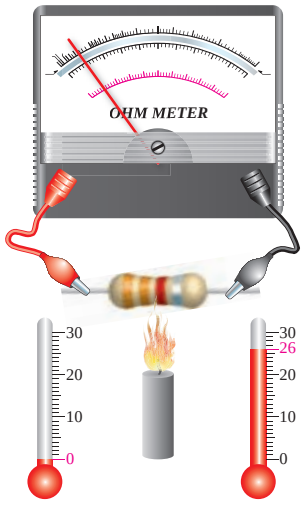
3 - LDR- light dependent Resistor

اثر حرارت بر مقاومت الکتریکی:

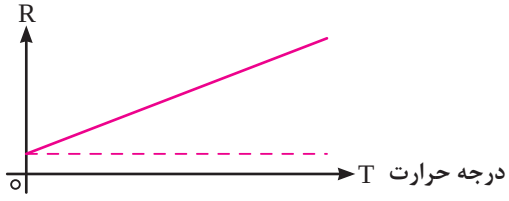
یکـی از عوامل فیزیکی که بـر روی مقدار مقاومت ها تأثیر بسزایی داشته و زمینه کاربردی زیادی را نیز دارد اثر حرارت بر مقدار مقاومت الکتریکی اسـت. هـر مقاومت الکتریکی در مقابـل افزایش حرارت از خود واکنش خاصی را نشـان می دهند.

اصطلاحـاً به تغییرات مقدار مقاومت به ازای یک درجه سـانتیگراد «ضریب حرارتی» می گویند که به (α) نمایش می دهند.

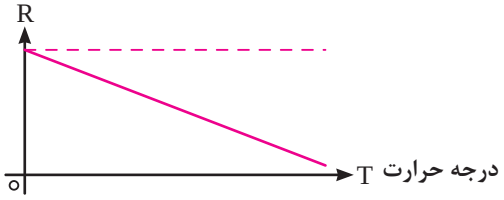
همان گونـه که اشـاره شـد مقاومت های تابـع حرارت (ترمیسـتورها) در دو نـوع PTC و NTC وجود دارند. در واقع مقاومت هـای PTC دارای ضریب حـرارتی مثبت ($+\alpha$) و مشخصه‌ای بصورت شکل (۴۱ ـ۳) و مقاومت های NTC دارای ضریـب حرارتی منفی ($-\alpha$) و مشـخصه‌ای بصورت شکل (۴۲ ـ۳) است.



شکل ۴۰-۳



شکل ۴۱-۳



شکل ۴۲-۳

بـرای محاسـبه مقدار مقاومـت در اثـر افزایش درجه حرارت از رابطه مقابل می توان استفاده کرد.

$$R_t = R_o(1+\alpha t)$$

R_o ـ مقدار مقاومت در دمای صفر درجه بر حسب اهم $[\Omega]$

α ـ ضریب حرارتی بر حسب $\left[\frac{1}{c^o}\right]$

t ـ مقدار دمای افزایش یافته نسبت به صفر درجه سانتی گراد.

R_t ـ مقاومت در دمای t درجه سانتیگراد بر حسب اهم $[\Omega]$

مثال: مقاومت الکتریکی سیمی در صفر درجه سانتی گراد 50Ω است. اگر دمای سیم به ۱۵۰ درجه سانتیگراد برسد؛ مقاومت الکتریکی سیم چند اهم می شود؟ $\left(\alpha = 0/004 \frac{1}{c}\right)$

$$R_t = R_o(1+\alpha t)$$
$$R_t = 50(1+0/005\times 150)$$
$$R_t = 87/5\Omega \qquad \left(\alpha = 0/004 \frac{1}{c}\right)$$

تمرین

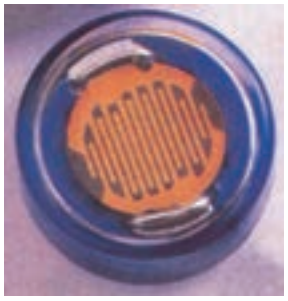
اگر مقاومت المنت یک سماور برقی در صفر درجه سانتیگراد 100Ω بوده و در ضمن کار کردن به 150Ω برسد چه مقدار درجه حرارت المنت افزایش یافته است؟ $(\alpha = 0/005)$

الف) ۱۰۰ **ب) ۱۲۰**

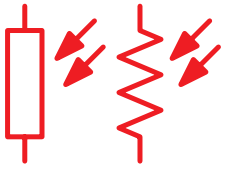
ج) ۸۰ **د) ۱۵۰**

۴ـ۵ـ۳ـ مقاومت وابسته به نور (فتورزیستور[1]):

مقدار مقاومت تابع نور (LDR)[2] وابسته به شدت نور تابیده شده به آن می باشد. هر قدر شدت نور بیشتر شود مقدار مقاومت فتورزیستور کاهش می یابد. (شکل ۴۰ـ۳)



الف) شکل ظاهری



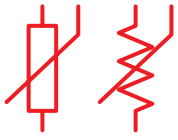
ب) علامت اختصاری

شکل ۴۰ـ۳ـ تصویر ظاهری و علامت اختصاری مقاومت LDR

۵ـ۴ـ۳ـ مقاومت وابسته به ولتاژ (واریستور)[3]:

مقاومت های متغیری هستند که مقدار مقاومت آن ها به ازای ولتاژهای مختلف ثابت نیست و تغییر می کند. در این نوع مقاومت ها که به (VDR)[4] معروف هستند، هر قدر ولتاژ داده شده بیشتر شود، مقدار مقاومت کاهش می یابد. (شکل ۴۱ـ۳)

الف) شکل ظاهری



ب) علامت اختصاری

شکل ۴۱ـ۳ـ تصویر مقاومت وابسته به ولتاژ و علامت اختصاری آن

1 - Photo Resistor

2 - LDR- Light Dependent Resistor

3 - Varistor

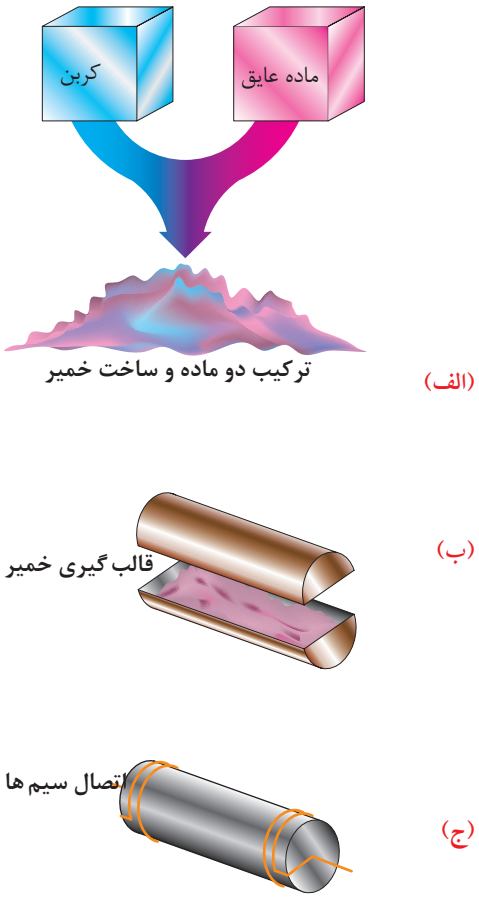
4 - VDR- Voltage Dependent Resistor

۶ـ۳ـ تکنیک ساخت مقاومت ها

مقاومت های الکتریکی را از نظر تکنولوژی ساخت به سه گروه می توان تقسیم کرد:

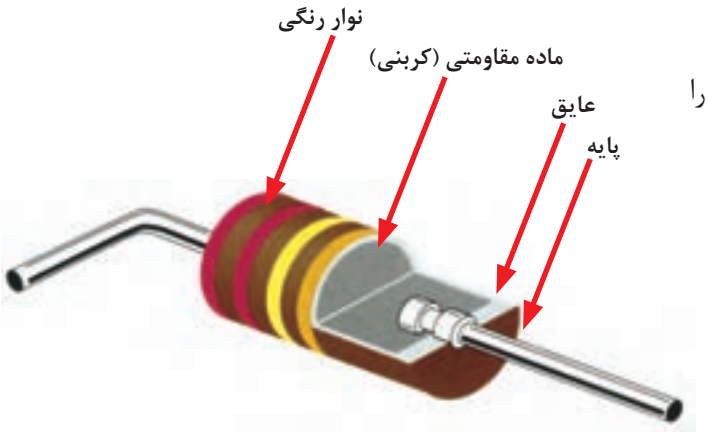
۱ـ۶ـ۳ـ مقاومت هـای توده کربنی (ترکیب کربن[1]):

مقاومت های توده کربنی از مخلوط کردن پودر نرم کربن یا گرافیت با پودر عایق ساخته می شوند. به مخلوط فوق یک نوع چسـب اضافه شده تا به صورت خمیر درمی آید و درون یک قابل اسـتوان های با ابعاد خاص فشرده می شود. سپس سیم های اتصال را در درون خمیر فرو می برند و مجموعه را درون کوره می پزند تا سـخت شود. در انتها برای محافظت در مقابل رطوبت و عایق کردن مقاومت، روی آن را یک لایه لاک محکم می کشند. (شکل ۴۲ـ۳)



شکل ۴۲ـ۳ـ مراحل ساخت مقاومت توده کربنی

شـکل ۴۳-۳ نمونه برش خورده ای از این مقاومت ها را نشان می دهد.

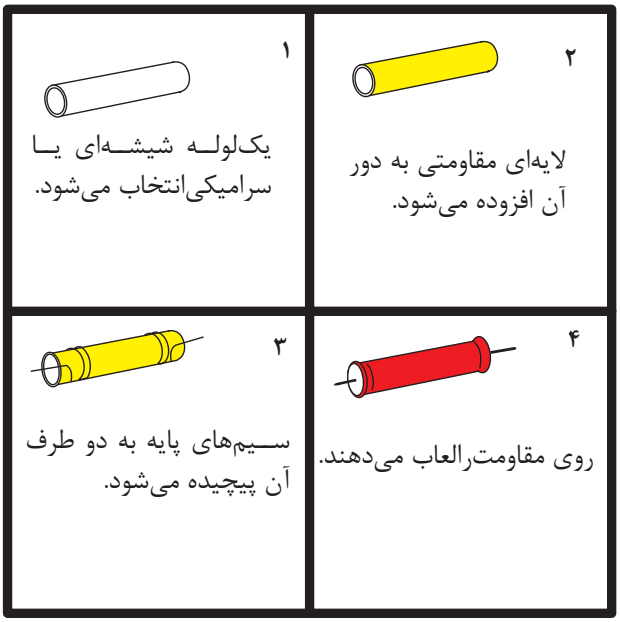


شکل ۴۳ـ۳ـ نمونه برش خورده مقاومت توده کربنی

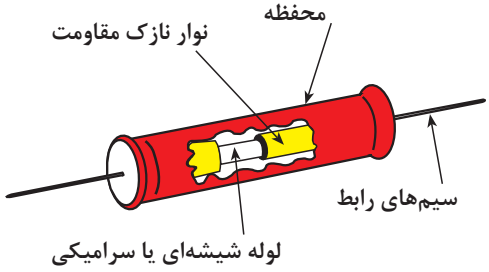
1 - Carbon Composition Resistor

۲ـ۶ـ۳ـ مقاومت های لایه‌ای[1]:

مقاومت لایه ای را معمولاً به وسیله رسوب دادن (لعاب دادن) نوار نازکی از ماده مقاومتی بر روی یک لوله سرامیکی یا شیشه ای می سازند. دو درپوش کوچک و دو سیم رابط را به انتهای پوشش (لعاب) مقاومتی وصل می کنند. سپس آن را با یک نوع ماده عایقی روکش می کنند. شکل ۴۴ـ۳ مراحل ساخت این نوع مقاومت ها را نشان می دهد.



الف ـ مراحل ساخت مقاومت لایه ای



ب ـ نمای برش خورده مقاومت لایه ای

شکل ۴۴ـ۳

لایه مقاومتی را که در روی میله سرامیکی لعاب داده می شود از ترکیبات متفاوتی می سازند. نام مقاومت لایه ای متناسب با نوع ماده استفاده شده انتخاب می شود.

مقاومت های لایه ای در سه نوع:

«مقاومت لایه کربنی[2]»، « مقاومت لایه فلز[3]» و «مقاومت لایه اکسیدفلز[4]» ساخته می شوند.(شکل ۴۵ـ۳)

الف) مقاومت لایه کربن ب) مقاومت لایه فلز

شکل ۴۵ـ۳ـ مقاومت های لایه ای

1 - Film Resistor

2 - Carbon. Film Resistor

3 - Metal Film Resistor

4 - Metal Film Resistor

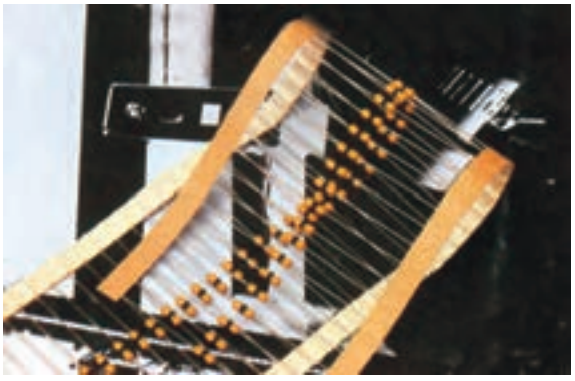
۳ـ۶ـ۳ـ مقاومت های سیمی[1]

در این نوع مقاومت یک سیم مقاومت دار را که معمولاً از جنس کرم ـ نیکل است با طول و سطح مقطع معین به دور یک هسته عایق (سرامیکی) می پیچند و سپس سر سیم ها به کلاهک های مخصوصی متصل می شـوند. در خاتمه نیز سـطح مقاومت را با یک روکش سـرامیکی، پلاسـتیکی یا سیلیکونی می پوشانند. (شکل ۴۶ـ۳)

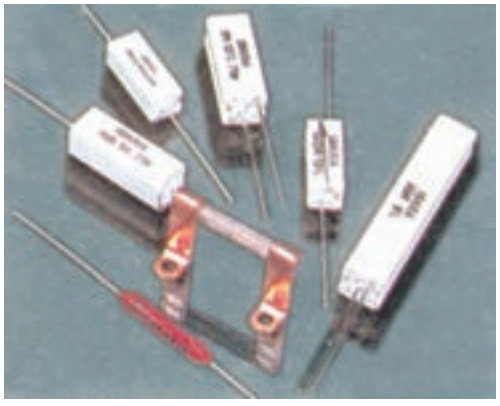
شکل ۴۶ـ۳ـ یک نوع مقاومت سیمی

۷ـ۳ـ نحوه خواندن مقدار مقاومت ها

مقدار مقاومت‌ها را روی بدنه آن ها می نویسـند (مانند: مقاومت های سـیمی) و یا به کمک نوارهای رنگی مشخص می کنند (مانند مقاومت های کربنی و لایه ای) شکل ۴۷ـ۳ نمونه هایی از این مقاومت ها را نشان می دهد.



(الف)



(ب)

شکل ۴۷ـ۳ـ نمونه هایی از مقاومت های سیمی و کربنی

از مشـخصات مهم مقاومت ها می توان به سه عامل زیر اشاره کرد:

۱ـ مقـدار مقاومـت: میزان خاصیت اهمـی مقاومت را مقدار مقاومت می نامند و آن را با اهم مشخص می کنند.

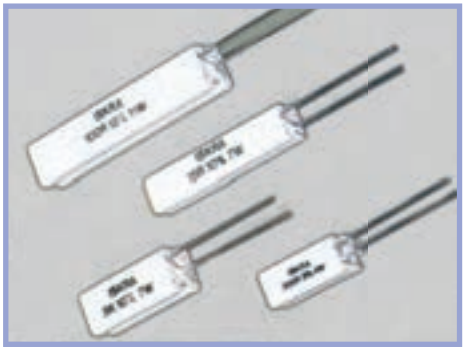
۲ـ میزان خطا (تلرانس): مقدار حداقل و حداکثر خطایی که ممکن اسـت در حین سـاخت بر روی مقدار مقاومت به وجـود آید، «خطا یا تلرانس» مقاومت می نامند. مقدار خطا را به صورت مثبت و منفی درصد $(\pm\%)$ می نویسند.

۳ـ توان مجاز مقاومـت: حداکثر قدرت تحمل مقاومت در مقابل عبور جریان الکتریکی را «توان مجاز» می نامند.

1 - Wire-Wound Resistor

۱ـ۷ـ۳ـ خواندن مقاومت ها با روش مستقیم

در این روش مقدار مقاومت همراه با میزان تلرانس روی بدنه آن نوشته می شود. (شکل ۴۸ـ۳) یا از حروف اختصاری برای مشخص کردن مقدار تلرانس مقاومت استفاده می کنند. در این شـرایط اگر مقدار مقاومت عدد صحیح باشد آن عدد عیناً نوشته می شود و در این حالت واحد مقاومت را با حروف R برای اهم، k برای کیلو اهم و M برای مگا اهم مشـخص می کنند. در صورتی که مقدار مقاومت عدد اعشـاری باشد از حروف مربوط به واحدها به عنوان ممیز استفاده می کنند. در این روش تلرانس طبق جدول ۲ـ۳ بیان می شود.



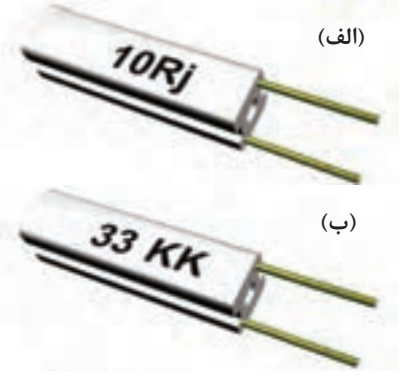
شکل ۴۸ـ۳

جدول ۲ـ۳ـ حروف اختصاری تلرانس مقاومت های سیمی

حروف اختصاری	J	K	M
مقدار تلرانس	(±%۵)	(±%۱۰)	(±%۲۰)

برای آشـنایی بیشـتر با ایـن روش به ذکـر چند مثال می پردازیم:

مثـال: مقدار اهم و تلرانس مقاومت های نشان داده شده در شکل ۴۹ـ۳ چقدر است؟



شکل ۴۹ـ۳ـ دو نمونه مقاومت سیمی

حل: با توجه به جدول حروف رمز داریم که:

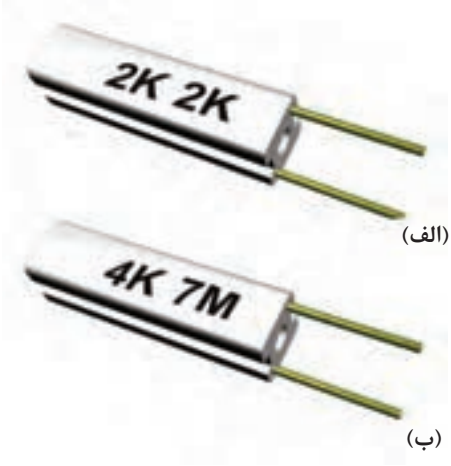
(الف) $۱۰Rj = ۱۰\Omega \pm \%۵$

(ب) $۳۳KK = ۳۳K\Omega \pm \%۱۰$

مثال: روی بدنه مقاومت هایی با مقدار اهم و تلرانس زیر از چه حروفی استفاده می شود؟

(الف) $R = ۲/۲\,K\Omega \pm \%۱۰$

(ب) $R = ۴/۷\,K\Omega \pm \%۲۰$



شکل ۵۰ـ۳

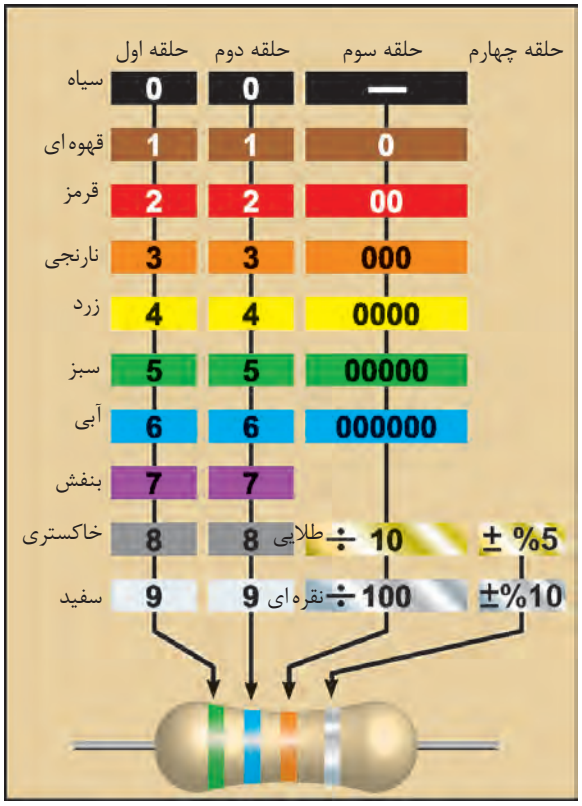
حل: براساس جدول حروف رمز به‌صورت شکل ۵۰ـ۳ است.

۲ـ۷ـ۳ـ خواندن مقاومت ها به کمک نوارهای رنگی:

در این روش برای تعیین مقدار اهم و تلرانس مقاومت های اهمی از چهار و یا پنج حلقه (نوار) رنگی بر روی بدنه مقاومت ها استفاده می شود.

ـ روش چهار نواری: در مقاومت هایی که با چهار نوار رنگی مشخص می شوند مفهوم نوارهای رنگی مطابق شکل ۵۱ـ۳ است.

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



شکل ۵۱ـ۳ـ مقاومت های دارای ۴ حلقه رنگی

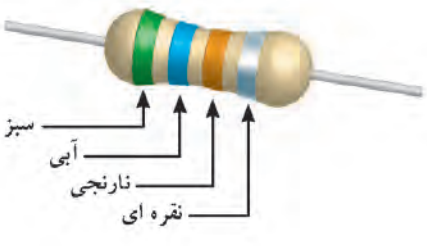
توضیح: اگر حلقه رنگی چهارم وجود نداشته باشد (بدون رنگ) مقدار تلرانس درصد خطا را ۲۰٪ در نظر می گیریم.

توجه

هیچ گاه نوا رنگی سیاه به عنوان حلقه اول به کار نمی رود. ضمناً نوار رنگی سیاه در حلقه چهارم از هیچ گونه ارزش رقمی برخوردار نیست.

برای آشنایی بیشتر با این روش به ذکر چند مثال می پردازیم:

مثال: نوارهای رنگی مقاومتی مطابق شکل ۵۲ـ۳ است مقدار مقاومت و تلرانس آن چقدر است؟



شکل ۵۲-۳

حل:

نقره ای ـ نارنجی ـ آبی ـ سبز

٪۱۰ ۰۰۰ ۶ ۵

$۵۶۰۰\Omega = ۵۶\times۱۰^{۲}\Omega \pm \%۱$

مثال: مقدار مقاومت و تلرانس شـــکل ۳ـ۵۳ را مشخص کنید.

حل: با توجه به جدول نوارهای رنگی می توان نوشت:

طلایی ـ سیاه ـ بنفش ـ زرد

۴ ۷ ـ ٪۵

$۴۷\Omega \pm ٪۵$

مثال: مقدار اهم و میزان تلرانس مقاومت شـــکل ۳ـ۵۴ چقدر است؟

طلایی ـ نقره ای ـ خاکستری ـ آبی

۶ ۸ ۰/۰۱ ٪۵

$۶۸ \times ۰/۰۱ = ۰/۶۸ \pm ٪۵$

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

حـل: با کمک جدول برای حلقه های اول تا چهارم رنگ آن ها را مشخص می کنیم.

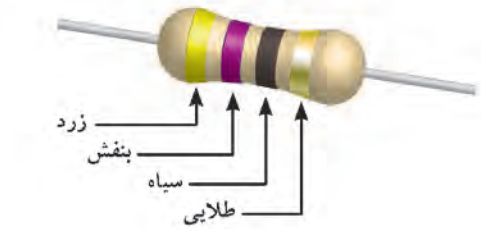
ـ روش پنج نواری: در این روش ســه نوار اول، دوم و سوم نشان دهنده ارقام اول، دوم و سوم مقدار مقاومت، نــوار چهارم معرف ضریب و حلقه پنجم تعیین کننده میزان تلرانس مقاومت است.

شکل ۳ـ۵۶ مفهوم نوارهای رنگی در مقاومت هایی را که دارای پنج نوار رنگی هستند، نشان می دهد.

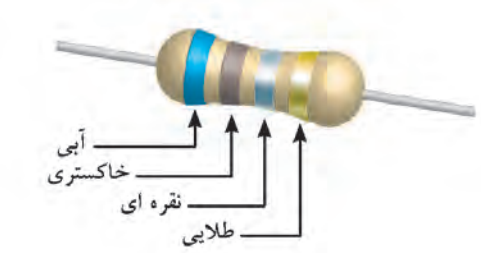
توضیح: در صورتی که حلقه رنگی پنجم وجود نداشــته باشد (بی رنگ باشد) مقدار تلرانس ٪۲۰ است.

توجه

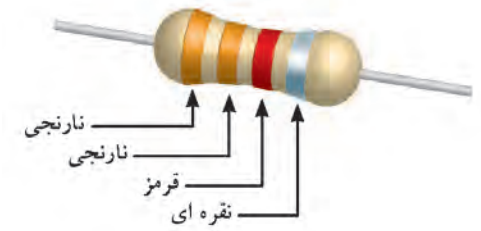
هیچ گاه نوار رنگی سیاه به عنوان حلقه اول به کار نمی رود. ضمناً نوار رنگی سیاه در حلقه چهارم از هیچ گونه ارزش رقمی برخوردار نیست.



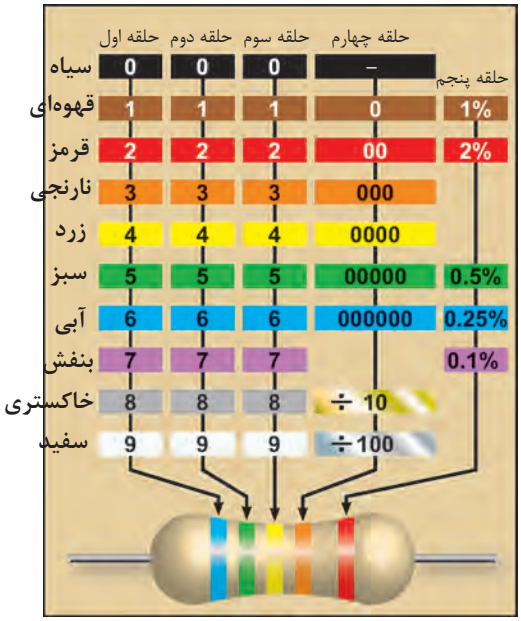
شکل ۳ـ۵۳



شکل ۳ـ۵۴



شکل ۳ـ۵۵



شکل ۳ـ۵۶ـ مقاومت های دارای ۵ حلقه رنگی

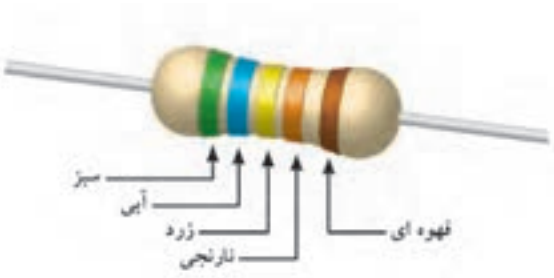
مثال: نوارهای رنگی مقاومتی مطابق شکل ۳ـ۵۷ است، مقدار مقاومت تلرانس آن چقدر است؟

حل: با توجه به جدول نوارهای رنگی می توان نوشت:

قهوه ای ـ نارنجی ـ زرد ـ آبی ـ سبز

۵ ۶ ۴ ۰۰۰ ٪۱

$۵۶۴۰۰۰ = ۵۶۴ \times ۱۰^{۳}\,\Omega \pm \%۱$



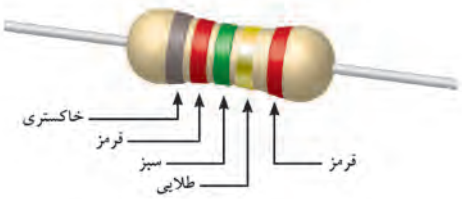
شکل ۳-۵۷

مثال: مقدار مقاومت و تلرانس شکل ۳ـ۵۸ را مشخص کنید.

حل: قرمز ـ طلایی ـ سبز ـ قرمز ـ خاکستری

۸ ۲ ۵ ۰/۱ ٪۲

$۸۲۵ \times ۰/۱ = ۸۲/۵\,\Omega \pm \%۲$



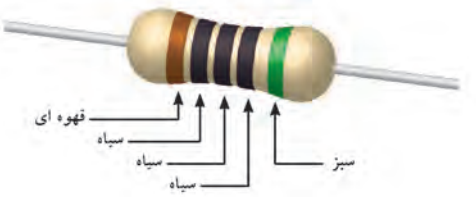
شکل ۳-۵۸

مثال: مقدار اهم و میزان تلرانس مقاومت شکل ۳ـ۵۹ چقدر است؟

حل: سبز ـ سیاه ـ سیاه ـ سیاه ـ قهوه ای

۱ ۰ ۰ ـ ٪۰/۵

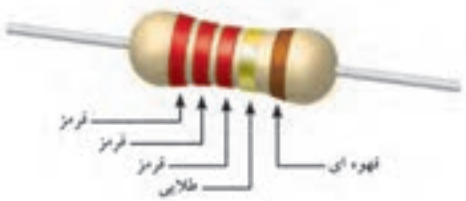
$۱۰۰\,\Omega \pm \%۰/۵$



شکل ۳ـ۵۹

مثال: نوارهای رنگی مقاومت $۲۲/۲\ \Omega \pm \%۱$ را تعیین کنید.

حل: با کمک جدول برای حلقه های اول تا پنجم رنگ آنها را مشخص می کنیم.



شکل ۳ـ۶۰

۸ـ۳ـ استاندارد مقاومت ها

از آن جایی که مقاومت های الکتریکی دارای مقداری ثابت و درصد معینی تلرانس است، بنابراین هر مقاومت اهمی محدوده مشخصی را می پوشاند.

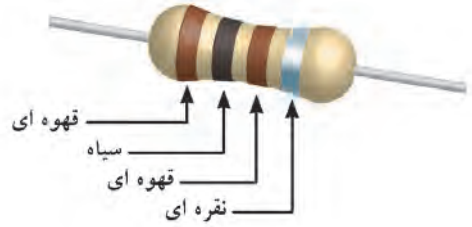
مثال: محدوده اهمی مقاومت شکل ۶۲ ـ۳ را محاسبه کنید.

شکل ۳ـ۶۱ـ مقاومت توده کربنی

مقدار تلرانس مقاومت $= (\pm \%۱۰) \times ۱۰۰ = \left(\pm \frac{۱۰}{۱۰۰}\right) \times ۱۰۰ = \pm ۱۰\,\Omega$

$R_۱ = ۱۰۰ - ۱۰ = ۹۰$ حد اهمی کم

$R_۲ = ۱۰۰ + ۱۰ = ۱۱۰$ حد اهمی زیاد



شکل ۳-۶۲-یک نمونه مقاومت کربنی

بنابراین مقاومت بین ۹۰ و ۱۱۰ اهم قرار دارد.

بر همین اساس در ساخت مقاومت ها سعی شده است که مقادیر مقاومتی طوری انتخاب شوند که محدوده مقاومت ها روی یکدیگر هم پوشی نداشته باشند. بنابراین برای تولید مقاومت های اهمی اعداد پایه ای را تحت عناوین سری مقاومت های استاندارد تعریف می کنند.

این سری ها را E6، E12، E24، E48 و E192 می نامند.

در جدول ۳ـ۳ سه سری از استانداردهای مقاومت ها نشان داده شده است.

جدول ۳ـ۳ـ جدول سری های استانداردی مقاومت

IEC-Series																									
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

با داشتن اعداد پایه داخل جدول و ضرب آن ها در اعداد ۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۱۰، $۱۰^{۲}$، $۱۰^{۳}$، $۱۰^{۴}$، $۱۰^{۵}$، $۱۰^{۶}$ می توان مقدار اهم مقاومت های موجود و استاندارد را به دست آورد.

به عنوان مثال با انتخاب عدد ۱/۶ از سری E24 و ضرب آن در ضرایب نام برده شده فوق می توان مقاومت های اهمی استاندارد موجود را با روش مقابل به دست آورد.

$۱/۶ \times ۰/۰۱ = ۰/۰۱۶\,\Omega$

$۱/۶ \times ۰/۱ = ۰/۱۶\,\Omega$

$۱/۶ \times ۱ = ۱/۶\,\Omega$

$۱/۶ \times ۱۰ = ۱۶\,\Omega$

$۱/۶ \times ۱۰^{۲} = ۱۶۰\,\Omega$

$۱/۶ \times ۱۰^{۳} = ۱۶۰۰\,\Omega = ۱/۶\,k\Omega$

$۱/۶ \times ۱۰^{۴} = ۱۶۰۰۰\,\Omega = ۱۶\,k\Omega$

$۱/۶ \times ۱۰^{۵} = ۱۶۰۰۰۰\,\Omega = ۱۶۰\,k\Omega$

$۱/۶ \times ۱۰^{۶} = ۱۶۰۰۰۰۰\,\Omega = ۱/۶\,M\Omega$

میزان تلرانس برای مقاومت های تولیدی در سری های استاندارد E12,E6 و E24 مطابق جدول ۴ـ۳ است. با کمی دقت در جدول سری های استاندارد مقاومتی مشاهده می کنیم برخی از اعداد پایه سری E12 مانند:

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

هم چنین اعداد پایه:

۱/۱، ۱/۳، ۱/۶، ۲، ۲/۴، ۳، ۳/۶، ۴/۳، ۵/۱، ۶/۲، ۷/۵ و ۹/۱ از سری E۲۴ در سری E۱۲ وجود ندارند.

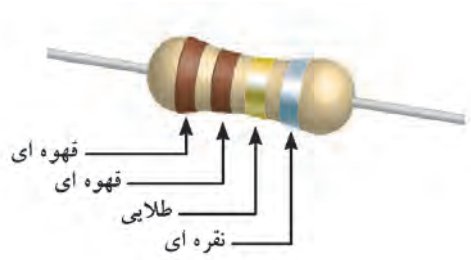
جدول ۴ـ۳ـ سری استاندارد درصد خطا

سری استاندارد	درصد خطا
E۶	±%۲۰
E۱۲	±%۱۰
E۲۴	±%۵

با در نظر گرفتن جدول ۳ـ۳ متوجه می شویم که اگر ما مقاومتـــی با عدد پایه ۱/۱ و تلرانس ۱۰٪ و یا ۲۰٪ بخواهیم در عمل وجود ندارد. (شکل ۶۳ـ۳)

ایـــن مقاومت هـــا استـــاندارد نبوده و در بـــازار یافـــت نمی شوند.

$$\left.\begin{array}{l} ۱۱\Omega \pm \%۱۰ = (\text{ضریب}) ۱۰ \times ۱/۱ (\text{عدد پایه}) \\ \text{یا} \\ ۱۱\Omega \pm \%۲۰ = \end{array}\right.$$



شکل ۶۳ـ۳

۹ـ۳ـ توان مجاز مقاومت ها

همان گونه که اشاره شد یکی دیگر از عوامل مهم انتخاب مقاومت هـــای اهمی «توان مجاز» اســـت. این توان اغلب به صورت حرارت در اطراف مقاومت اهمی هدر می رود. شکل ۶۴ـ۳ در اصطلاح بـــه ماکزیمم قدرت تحمل مقاومت ها در برابر عبور جریان الکتریکی «توان مجاز» می گویند.

ماکزیمـــم مقدار تـــوان مجاز به عوامـــل گوناگونی مانند ولتاژ، جریان و دمای محیط بســـتگی دارد. در فصل ششم با چگونگی محاســـبه این توان و هم چنین مقادیر استانداردی آن در مقاومت های اهمی آشنا خواهید شد.

شکل ۶۴ـ۳ـ مقاومت اهمی (R)

آزمون پایانی (۳)

۱ـ کدام گزینه تعریف جریان الکتریکی است؟

الف ـ تعداد الکترون های والانس در لایه خارجی یک هادی

ب ـ مقدار انرژی که به مدار والانس وارد می شود.

ج ـ کاری که روی اتم ها انجام می شود.

د ـ الکترون های آزاد که در یک مسیر حرکت می کنند.

۲ـ چند کولن بار می تواند 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

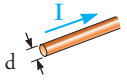
۳ـ سرعت جریان الکتریکی برابر با کدام گزینه است؟

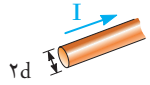
الف ـ سرعت صوت ب ـ سرعت نور ج ـ $۶/۲۸\times۱۰^{۱۸}\,km/s$ د ـ $۱\,c/m$

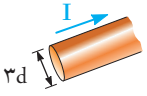
۴ـ کدام یک از موارد زیر واحد چگالی جریان است؟

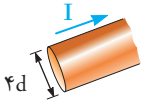
الف ـ $\frac{mm^۲}{A}$ ب ـ j ج ـ $\frac{A}{c}$ د ـ $\frac{A}{mm^۲}$

۵ـ تراکم جریان در کدام سیم بیشتر است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

۶ـ توانایی انجام کار روی ذره ی باردار را ..... گویند.

الف ـ جریان ب ـ پتانسیل

ج ـ چگالی د ـ ضریب هدایت مخصوص

۷ـ کدام گزینه رابطه صحیح ولتاژ را نشان می دهد؟

الف ـ $v=\frac{q}{w}$ ب ـ $v=\frac{t}{q}$ ج ـ $v=\frac{q}{t}$ د ـ $v=\frac{w}{q}$

۸ـ ولتاژ باتری های 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؟

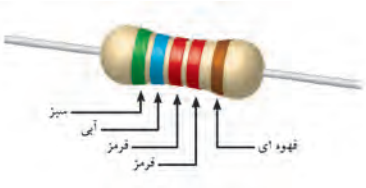
الف ـ کم　　ب ـ زیاد

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

۱۰ـ مقدار هدایت مخصوص سیم های 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 ۳ـ۶۵ را نشان می دهد؟



۳-۶۵

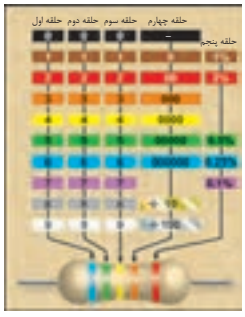
الف ـ $۵۶/۲\ \Omega \pm \%۲$　　ب ـ $۶/۸۴\ \Omega \pm \%۱۰$

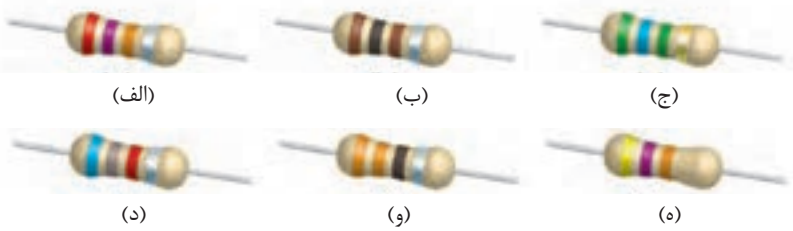
ج ـ $۵۶/۲\ k\Omega \pm \%۱$　　د ـ $۶/۸۴\ k\Omega \pm \%۱$

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

الف ـ $۳۹ \pm \%۵$　　ب ـ $۳/۹\ M\Omega \pm \%۵$　　ج ـ $۳/۹\ M\Omega \pm \%۱$　　د ـ $۳۹M\Omega \pm \%۵$

۱۳ـ مقدار اهم و تلرانس مقاومت های شکل ۳ـ۶۶ را بنویسید.





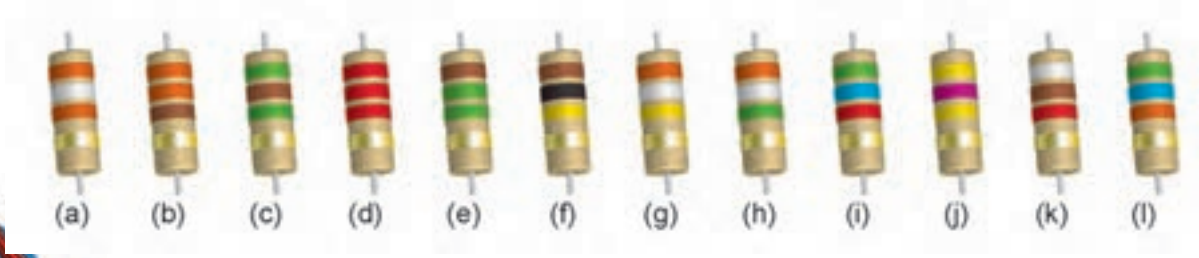
(الف)　(ب)　(ج)

(د)　(و)　(ه)

۳-۶۶

۱۴ـ از بین مقاومت های نشان داده شده در شکل ۳ـ۶۷ مقاومت های زیر را مشخص کنید.

الف ـ ۳۳۰Ω　　ب ـ $۲/۲\ k\Omega$　　ج ـ $۵۶\ k\Omega$　　د ـ $۱۰۰\ k\Omega$　　هـ ـ $۳۹\ k\Omega$



شکل ۳-۶۷

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

الف ـ متوالی　　ب ـ ضربه ای　　ج ـ دورانی　　د ـ بیضی

۱۶ـ کدام یک از روابط زیر رابطه صحیح مقاومت است؟

الف ـ $R = \frac{l}{P.A}$ ب ـ $R = \frac{\chi.l}{A}$ ج ـ $R = A\frac{l}{P}$ د ـ $R = P\frac{l}{A}$

۱۷ـ کدام یک 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 اگر در یک مدار فقط از دو پایه مقاومت متغیری (یک پایه ثابت و دیگری متغیر) استفاده شود، در این صورت مقاومت در حالت ..... وصل شده است.

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 مقاومت های سیمی معمولاً از یک سیم مقاومت دار از جنس ..... استفاده می شود.

۲۲ـ نوارهای رنگی یک مقاومت $۵/۶\Omega \pm ٪۵$ به ترتیب از راست به چپ ..... است.

۲۳ـ مقاومت های لایه ای معمولاً از ترکیبات اکسیدفلزی ..... و ..... ساخته می شود.

۲۴ـ از چگالی جریان در تعیین حداقل جریان قابل تحمل سیم ها استفاده می شود. صحیح ❐ غلط ❐

۲۵ـ نیرویی که باعث انجام کار روی ذره باردار می شود EMF نام دارد. صحیح ❐ غلط ❐

۲۶ـ ضریب هدایت مخصوص نشان می دهد که میزان مخالفت جسم در برابر عبور جریان چه اندازه است.
صحیح ❐ غلط ❐

۲۷ـ مقاومت مخصوص سیم های آلومینیومی بیشتر از سیم های مسی است. صحیح ❐ غلط ❐

۲۸ـ مقاومت هایی که در اثر افزایش دما مقدار مقاومتشان کاهش می یابد NTC نام دارد. صحیح ❐ غلط ❐

۲۹ـ واحد بار الکتریکی کولن بر ثانیه است. صحیح ❐ غلط ❐

۳۰ـ تلرانس مقاومت های سری E12 برابر $\pm ۱۰\%$ است. صحیح ❐ غلط ❐

خودآزمایی عملی

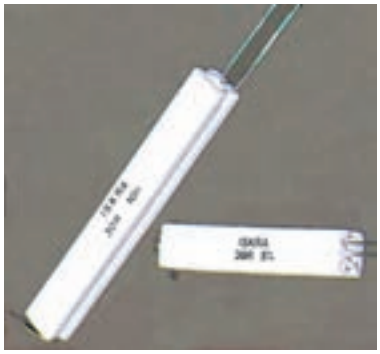
۱ـ ده مقاومت با نوارهای رنگی را انتخاب کرده و مقادیر آنها را قرائت کنید.

نتیجه

(شکل ۶۸ـ۳)

۲ـ پنج مقاومت سیمی را که مشخصات روی بدنه آن نوشته شده است انتخاب کنید و مقادیر آن ها را بنویسید. (شکل ۹۶-۳)

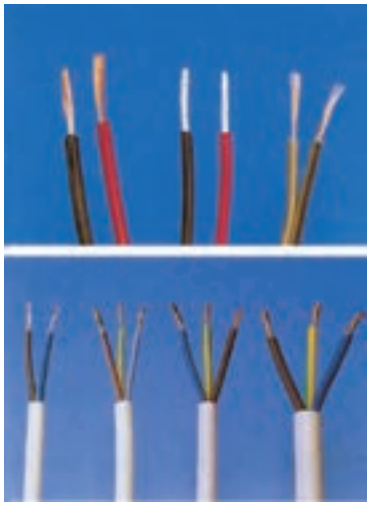
نتیجه



(شکل ۶۹ـ۳)

۳ـ 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)

نتیجه



(شکل ۷۰ـ۳)

توجه

مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرارکنید.

واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل چهارم: قوانین اساسی الکتریسیته

هدف کلی

شناسایی قوانین اهم و کیرشهف

هدف های 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 (kC LgkVL) را توضیح دهد.

۴ـ مسائل ساده مربوط به قوانین اهم و کیرشهف (kVL و kC L) را حل کنید.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۶	-	۶

۱ـ وقتی یک باتری، لامپی را روشن می کند در لامپ کدام یک از موارد زیر رخ می دهد؟

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 کنتور منزل شما قرار دارد در چه زمانی مدار را قطع می کند؟

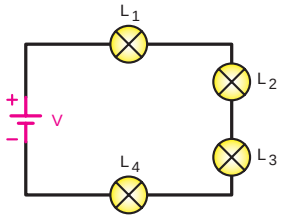
الف ـ در صورت قطع برق از محل تولید
ب ـ وقتی جریان از شبکه کشیده نشود.
ج ـ سیم های حامل جریان به هم وصل شوند.
د ـ سیم در داخل ساختمان قطع شود.

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

الف ـ وصل بودن کلید
ب ـ قطع شدن قسمتی از مدار چاپی
ج ـ سوختن لامپ
د ـ قطع شدن فیوز

۴ـ در مدار شکل ۱ـ۴ اگر دو سر لامپ L_4 را توسط سیمی اتصال کوتاه کنیم نور سایر لامپ ها چه تغییری می کند؟ (مشخصات لامپ ها با هم مساوی است)

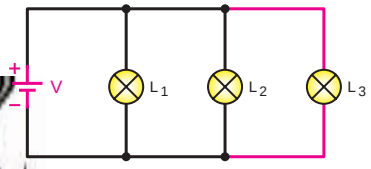
الف ـ کمی کاهش می یابد.
ب ـ افزایش می یابد.
ج-تغییر نمی کند.
د ـ به شدت کاهش می یابد



شکل ۱-۴

۵ـ در مدارشکل ۲ـ۴ اگر لامپ L_3 به مدار اضافه شود نور سایر لامپ ها چه تغییری می کند؟

الف ـ افزایش می یابد.
ب ـ کمی کاهش می یابد.
ج ـ تغییری نمی کند.
د ـ بسیار کم می شود.



شکل ۲-۴

۶ـ کدام یک از موارد زیر نشان 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 کدام یک از روابط زیر غلط است؟

الف ـ $\rho = \frac{1}{X}$
ب ـ $q = I.t$
ج ـ $R = \frac{A}{l.X}$
د ـ $j = \frac{I}{A}$

۸ـ چهار میلی آمپر معادل چند آمپر است؟

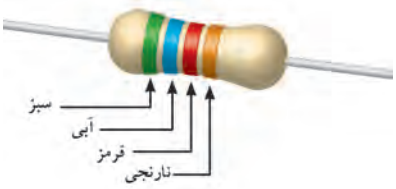
الف ـ ۴۰۰۰ ب ـ ۰/۰۰۴ ج ـ ۰/۰۴ د ـ ۰/۴

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

الف ـ افزایش می یابد. ب ـ منفی می شود.

ج ـ تغییر نمی کند. د ـ کاهش می یابد.

۱۰ـ مقدار اهم و تلرانس مقاومت نشان داده شده درشکل ۳ـ۴ کدام گزینه است؟



شکل ۳-۴

الف ـ $۵/۶\,k\Omega \pm \%۱۰$

ب ـ $۵۶۲k\Omega \pm \%۲۰$

ج ـ $۶۵/۲\,k\Omega \pm \%۱۰$

د ـ $۵۶/۲\,k\Omega \pm \%۲۰$

۱۱ـ تلرانس مقاومتی با مشخصات $۳k۹J$ کدام یک از گزینه های زیر است؟

الف ـ $\pm\%۵$ ب ـ $\pm\%۱۰$ ج ـ $\pm\%۲$ د ـ $\pm\%۲۰$

۱۲ـ مقاومت های 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 پایه ای و تعدادی از اجزای مدارهای الکتریکی آشنا شویم.

۴ـ مدار الکتریکی

مسیر عبور جریان الکتریکی را «مدار الکتریکی» گویند. اجزای اصلی یک مدار الکتریکی ساده عبارتند از:

الف ـ منبع تغذیه (مولد)

ب ـ سیم های رابط

ج ـ مصرف کننده (بار)

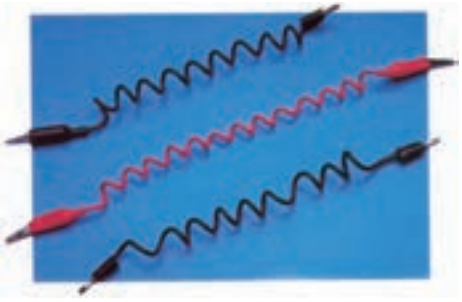
شکل ۴ـ۴ـ چند نمونه باتری

منبع تغذیه در یک مدار نقش تولید کننده انرژی الکتریکی را دارد و می تواند باتری یا ژنراتور باشد. (شکل ۴ـ۴)

مصرف کننده (بار)، وسیله ای است که انرژی الکتریکی را به انرژی موردنیاز تبدیل می کند. (شکل ۵ـ۴)

شکل ۵ـ۴ـ چند مصرف کننده

وظیفه سیم های رابط، انتقال انرژی الکتریکی از منبع تغذیه به مصرف کننده است. (شکل ۶ـ۴)



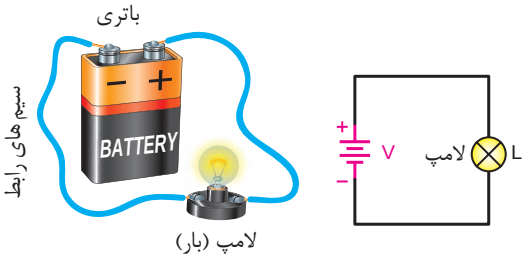
شکل ۶ـ۴ـ سیم های رابط

در شـکل ۴ـ۷ تصویر یـک مدار الکتریکـی را ملاحظه می کنید.

در مدارهای الکتریکی علاوه بر سه عامل اصلی فوق باید از اجزای دیگری نیز استفاده شود. از جمله این اجزا می توان کلید، فیوز و وسـایل اندازه گیری را نام برد. اگر اجزای فوق در مدار الکتریکی وجود نداشـته باشـد ایرادی در کار مدار پیش نمی آید ولی اصولاً مدار فاقد کنترل و حفاظت خواهد بـود اما عدم وجود یکـی از اجزای اصلی کار طبیعی مدار را دچار مشکل می کند.

به همین دلیل در برخی از کتاب ها به سایر اجزای مدار «اجزای فرعی» نیز می گویند.

فیوز وسـیله ای است که مدارهای الکتریکی را در مقابل اتصال کوتاه[1] حفاظت می کند. نمونه هایی از انواع فیوزها را در شکل ۴ـ۸ مشاهده می کنید. فیوز را در مدارها با علامت اختصاری یا نشان می دهند.

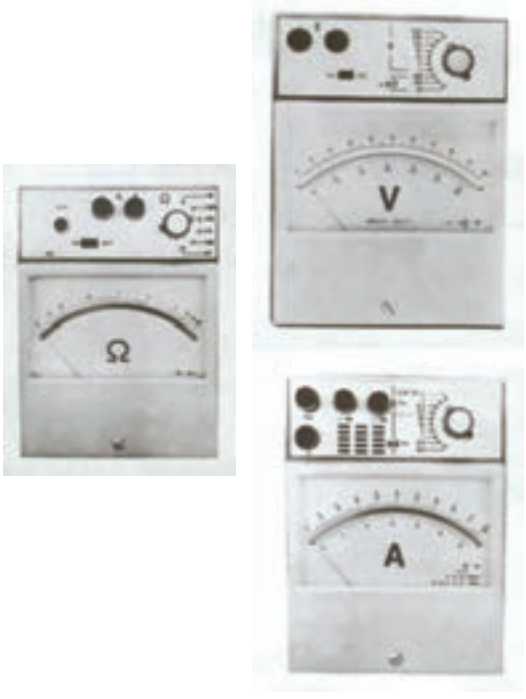


الف- شکل مدار تصویر مقابل ب ـ مدار الکتریکی ساده

شکل ۴ـ۷

شکل ۴ـ۸

دسـتگاه های اندازه گیـری برای سـنجش کمیت های گوناگـون الکتریکی ماننـد جریان، ولتـاژ و مقاومت به کار می رونـد. بـرای اندازه گیری جریـان از آمپرمتـر، ولتاژ از ولت متر و مقاومت از اهم متر اسـتفاده می شـود. در شکل ۴ـ۹ چند نمونه از دستگاه های اندازه گیری نشان داده شده است.

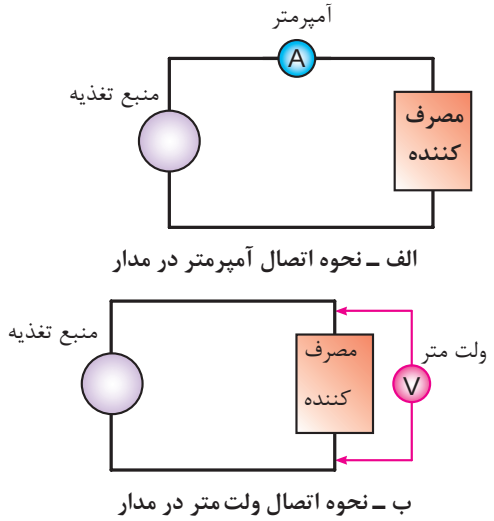


شکل ۴ـ۹

1- Short Circuit

برای اندازه گیری جریان هر جزء مدار باید آمپرمتر را طبق شکل ۱۰ـ۴ـ الف در مسیر آن جزء قرار داد. در اصطلاح به این نوع اتصال « سری» گفته می شود.

برای اندازه گیری ولتاژ هر یک از اجزای مدار باید ولت متر را به دو سر آن جز مدار وصل کرد. در اصطلاح این نوع اتصال را « موازی» می نامیم. شکل ۱۰ـ۴ـ ب نحوه اتصال ولت متر را نشان می دهد



الف ـ نحوه اتصال آمپرمتر در مدار

ب ـ نحوه اتصال ولت متر در مدار

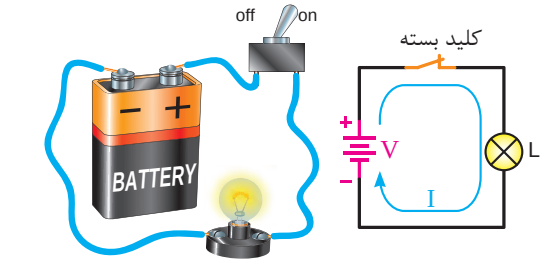
شکل ۱۰ـ۴ـ نحوه اتصال آمپرمتر و ولت متر

کلید در مدارهای الکتریکی به عنوان قطع و وصل کننده جریان به کار می رود. در شکل ۱۱ـ۴ چند نمونه از کلیدها نشان داده شده است.

شکل ۱۱ـ۴

اگر برای عبور جریان الکتریکی مسیر کاملی از طریق قطب مثبت باتری، سیم های رابط و مصرف کننده به قطب منفی وجود داشته باشد آن مدار را «مدار بسته» یا «مدار کامل» می گویند.

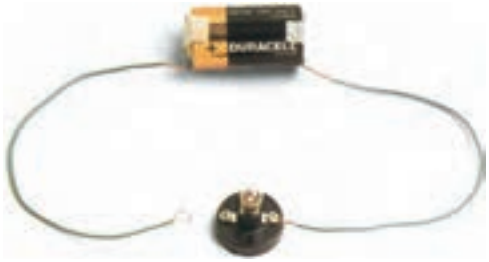
درشکل ۱۲ـ۴ نمونه ای از یک مدار الکتریکی بسته (کامل) را مشاهده می کنید.



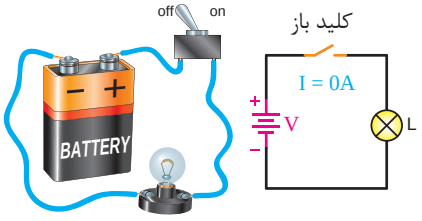
الف ـ مدار کامل بدون کلید (مدار واقعی) ب ـ مدار کامل با کلید (شکل مداری)

شکل ۱۲ـ۴ـ نمونه هایی از مدار کامل

در صورتی که مسیر عبور جریان به دلایلی از قبیل قطع شدن سیم های رابط، سوختن فیوز، قطع مصرف کننده یا قطع شدن کلید کامل نباشد مدار را «مدار باز» یا «مدارناقص» می گویند. شکل ۱۳ـ۴ نمونه هایی از مدار باز را نشان می دهد.



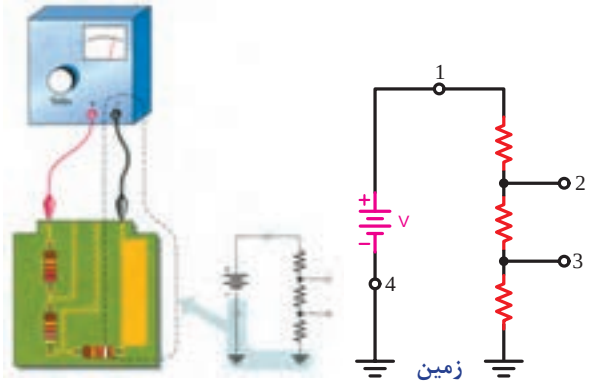
الف ـ مدار باز بدون کلید(شکل واقعی)



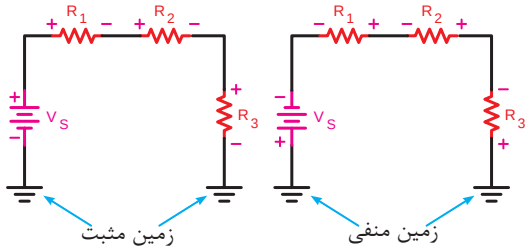
ب ـ مدار باز با کلید(شکل مداری)

توضیح: در برخی موارد برای ساده تر رسم کردن مدارهای الکتریکی یکی از قطب های منبع تغذیه (+ یا−) مشترک در نظر می گیرند و آن را زمین می نامند و از سیم زمین به عنوان یکی از سیم های رابط مدار استفاده می شود. به این ترتیب معمولاً یک طرف مصرف کننده ها نیز به زمین وصل می شود. در این حالت جریان از طریق اتصال زمین (مشترک) صورت می گیرد. علامت اختصاری زمین به صورت ⏚ یا ⏚ یا ⏚ یا ⊥ است.

شکل ۱۴ـ۴ تصویر مدارهایی را نشان می دهد که در آن سیم زمین یا مشترک در نظر گرفته شده است. در قسمت الف صفحه مدار چاپی[1] و نقشه فنی آن را ملاحظه می کنید. در شکل ب اتصال زمین مثبت و منفی نشان داده شده است.



الف ـ شکل برد مدار چاپی و نقشه فنی آن



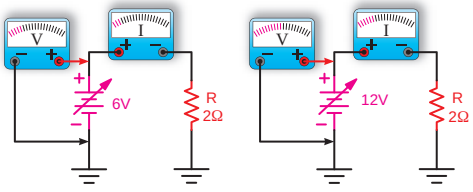
ب ـ شکل مدار الکتریکی با اتصال زمین مثبت و منفی

شکل ۱۴ـ۴

۱ـ۴ـ قانون اهم

جرج سیمون اهم در سال ۱۸۲۸ براساس تجربیات و آزمایش های 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 نگه داریم و ولتاژ منبع تغذیه را افزایش دهیم شدت جریان افزایش می یابد. (شکل ۱۵ـ۴)

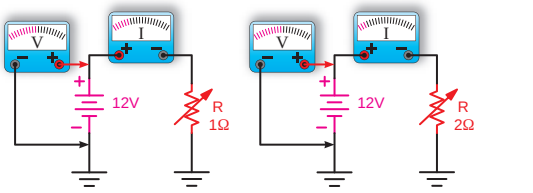


الف ـ ولتاژ زیاد، جریان زیاد ب ـ ولتاژ کم، جریان کم

شکل ۱۵ـ۴ـ تغییرات ولتاژ و جریان به ازای مقاومت ثابت در یک مدار الکتریکی

1 -Printed Circuit Board

او هم چنیــن دریافت که اگر ولتــاژ منبع تغذیه را ثابت نگه داریم و مقدار مقاومت مدار را افزایش دهیم جریان مدار کاهش می یابد. (شکل ۱۶ـ۴)

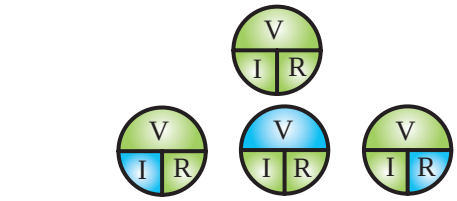


الف ــ مقاومت زیاد، جریان کم ب ــ مقاومت کم، جریان زیاد

شکل ۱۶ـ۴ـ تغییرات جریان و مقاومت به ازای ولتاژ ثابت در یک مدار الکتریکی

نتایج آزمایش های اهم به نام قانون اهم شــناخته شــده که رابطه قانونی اهم را به سه صورت شکل ۱۷ـ۴ می توانیم بنویسیم.

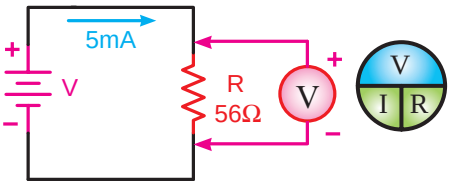
همان گونه که مشــاهده می شــود اگر دو جزء از معادله معلوم باشــد (کمیت های سبز رنگ) می توان به آسانی جزء سوم (کمیت آبی رنگ) را به دست آورد.



قانون اهم $I = \frac{V}{R}$ $V = I R$ $R = \frac{V}{I}$

شکل ۱۷ـ۴ـ نمودار دایرهای قانون اهم در حالت های مختلف

مثــال: در مدار شــکل ۱۸ـ۴ ولت متری که در دو ســر مقاومت قرار دارد چه ولتاژی را نشان می دهد؟



شکل ۱۸ـ۴

حل:

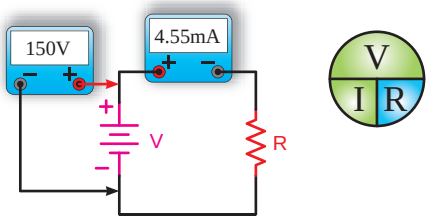
$V = R.I$ (قانون اهم)

$V = (۵\text{mA})(۵۶\Omega)$

$V = (۵\times۱۰^{-۳}\text{A})(۵۶\Omega) = ۲۸۰\times۱۰^{-۳}\text{v}$

$V = ۲۸۰\text{mV}$

مثال: در مدار شکل ۱۹ـ۴ مقدار مقاومت چند کیلو اهم است؟



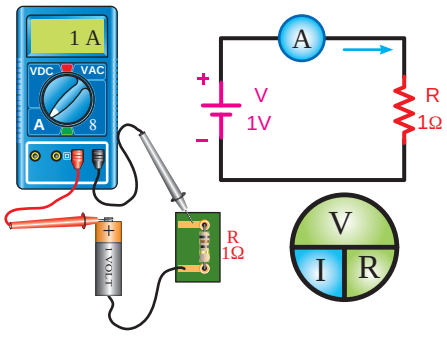
شکل ۱۹ـ۴

حل:

$R = \frac{V}{I} = \frac{۱۵۰\text{V}}{۴/۵۵\,\text{mA}}$ (قانون اهم)

$R = \frac{۱۵۰\text{V}}{۴/۵۵\times۱۰^{-۳}\text{A}} = ۳۳\times۱۰^{۳}\Omega = ۳۳\text{k}\Omega$

مثال: جریان عبوری از مقاومت مدار شــکل ۲۰ـ۴ چند میلی آمپر است؟

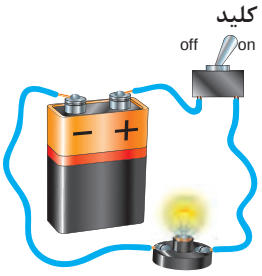


شکل ۲۰ـ۴

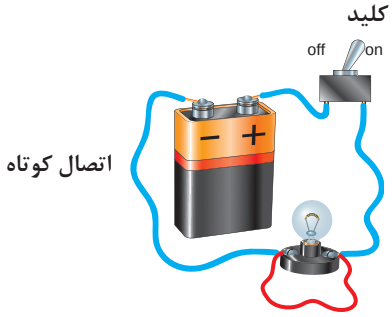
حل:

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

$I = ۱\times۱۰^{۳} = ۱۰۰۰\text{mA}$

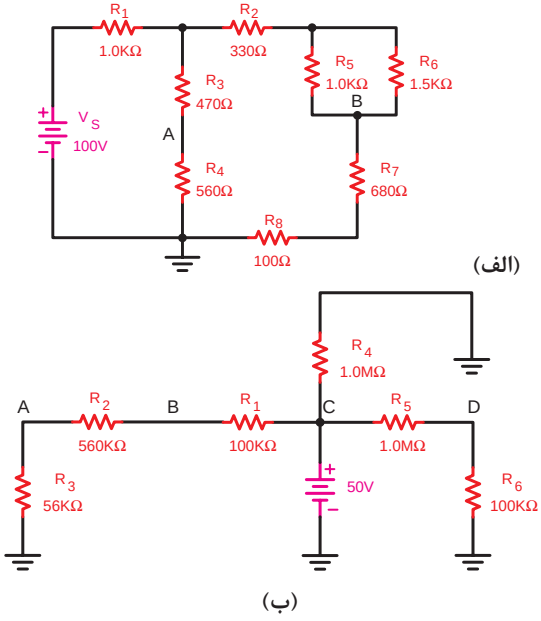


الف ـ مدار در حالت عادی (لامپ روشن)



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

شکل ۲۱ـ۴



شکل ۲۲ـ۴ـ نمونه هایی از مدارهای پیچیده

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 می شود که مقاومت مصرف کننده (بار) به صفر برسد. در صورت وقوع چنین حالتی جریان بسیار زیادی از مدار خواهد گذشت. (شکل ۲۱ـ۴ـ ب)

۱ـ۱ـ۴ـ قوانین کیرشهف[1]:

در برخی موارد برای حل مدارهای الکتریکی پیچیده ای مانند شکل ۲۲ـ۴ استفاده از قانون اهم به تنهایی کافی نیست و به کارگیری روش ها و قوانین دیگری نیز لازم است.

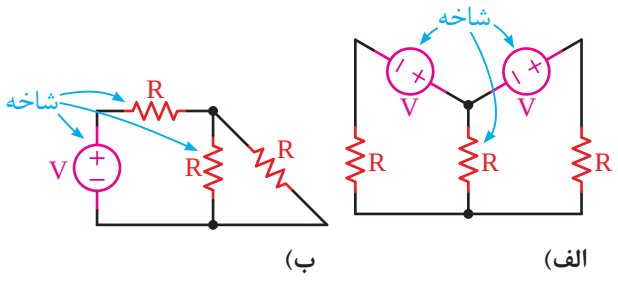
در سال ۱۸۵۷ میلادی کیرشهف براساس آزمایش ها و تحقیقاتی که انجام داد نظریات خود را در قالب دو قانون بیان داشت.

پیش از بررسی قوانین کیرشهف باید با تعاریف شاخه، گره و حلقه آشنا شویم.

1 -Kirchhoffs Laws

۲ـ۱ـ۴ـ تعریف شاخه:

اصطلاحاً به هر یک عناصر بکار رفته در مدارهای الکتریکی یک «شاخه» گفته می شود. در شکل ۲۳ـ۴ نمونه هایی برای شاخه نشان داده شده است.

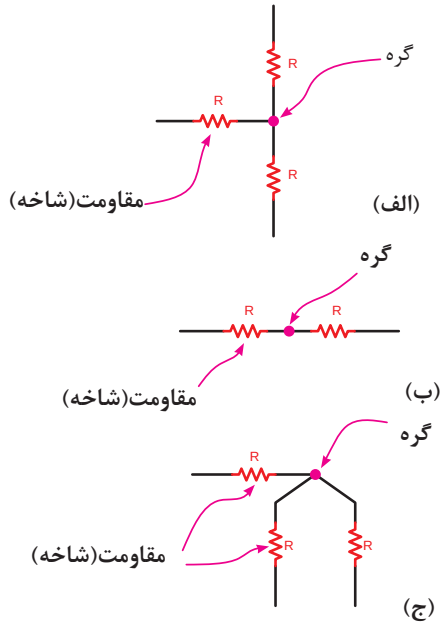


ب) الف)

شکل ۲۳ـ۴

۳ـ۱ـ۴ـ تعریف گره:

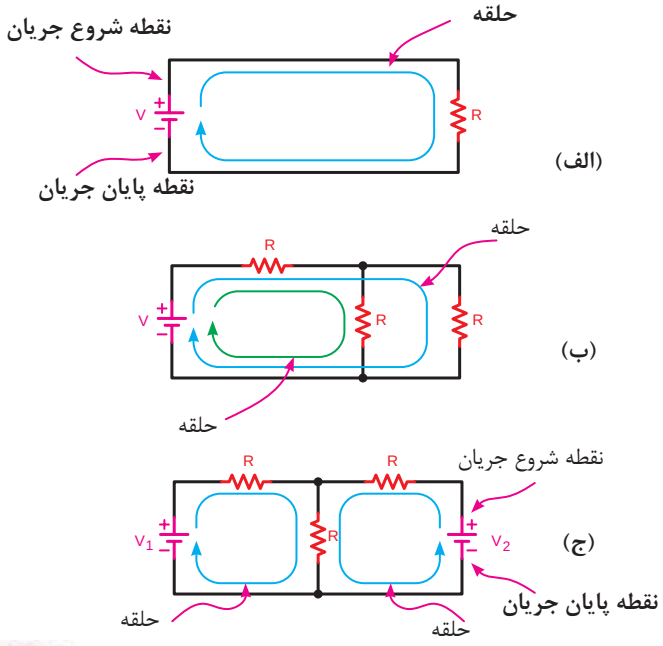
محل اتصال دو یا چند شاخه در یک مدار الکتریکی را «گره» می نامند. شکل ۲۴ـ۴ نمونه هایی از گره های مختلف را نشان می دهد.



شکل ۲۴ـ۴

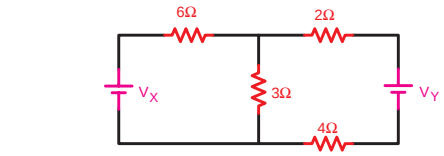
۴ـ۱ـ۴ـ تعریف حلقه:

هرگاه در مدار نقطه ای که محل شروع حرکت جریان است نقطه پایان جریان نیز باشد آن را «مدار کامل» یا «حلقه» می نامند. در شکل ۲۵ـ۴ نمونه هایی از حلقه های مختلف را مشاهده می کنید.

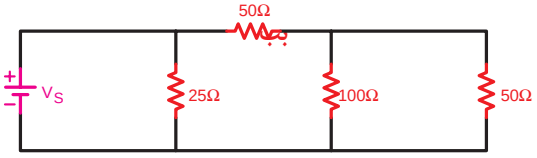


شکل ۲۵ـ۴

مثـال: تعداد گره های موجود در تصاویر شـکل ۴ـ۲۶ را مشخص کنید.



الف)

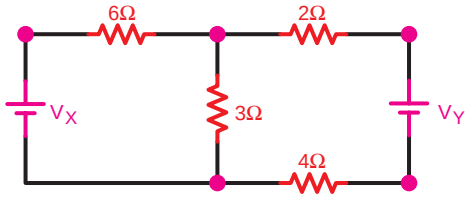


ب)

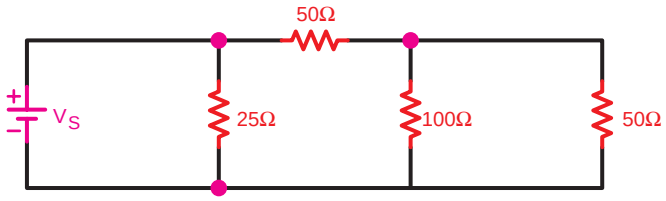
شکل ۴ـ۲۶

حـل: با توجه به تعریف گره می توان گره های موجود در مدارهای الف و ب را مطابق شکل ۴ـ۲۷ مشخص کرد.

تعـداد گره های مدار الف برابـر ۵ گره و مدار ب برابر ۳ گره است.



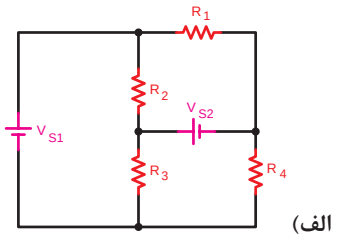
الف ـ تعداد گره های مدار ۵ گره است



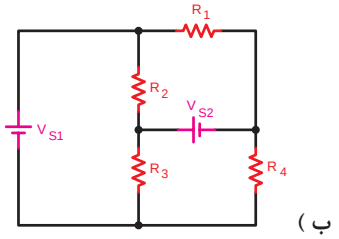
ب ـ تعداد گره های مدار ۳ گره است

شکل ۴ـ۲۷

مثال: تعداد (حلقه) مسـیرهای عبـور جریان در تصاویر ۴ـ۲۸ را مشخص کنید.



الف)



ب)

شکل ۴ـ۲۸ .

حل: برای مشـخص کردن تعـداد حلقه های هر مداری باید از تعریف حلقه متوجه شویم که در این صورت و مطابق شـکل ۲۹ـ۴ تعـداد حلقه های مدار الف برابـر ۶ و مدار ب معادل ۳ می باشد.

۲ـ۴ـ قانون ولتاژها (KVL)[1]

براسـاس این قانون در یـک حلقه بسـته مجموع افت ولتاژها برابر با مجموع نیروهای محرکه (ولتاژها) موجود در حلقه است.

$$\sum V = \sum R.I$$ [2]

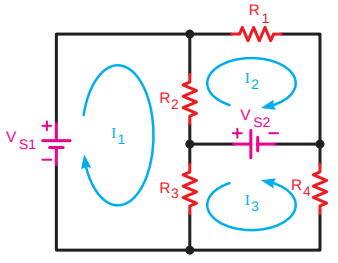
بـه عبارت دیگر مجموع جبـری نیروهای محرکه و افت ولتاژهای موجود در هر حلقه بسته مساوی با صفر است.

$$\sum V = ۰$$

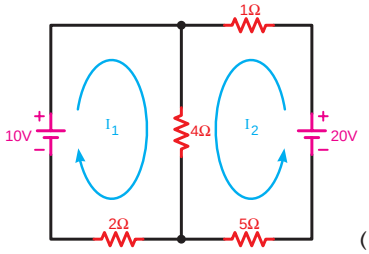
توجه

در مدارهای الکتریکی منابع تغذیه (باتری ها) را نیروی محرکه و ولتاژ دو سر مقاومت ها و سایر مصرف کننده ها را افت ولتاژ در نظر می گیرند.

شـکل ۳۱ـ۴ یک مدار با سه مقاومت نشان می دهد. در این مدار معادله KVL را می نویسیم:

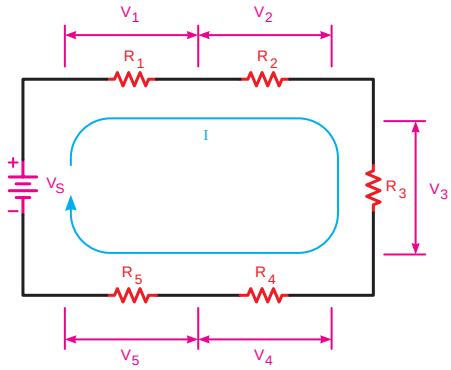


الف)

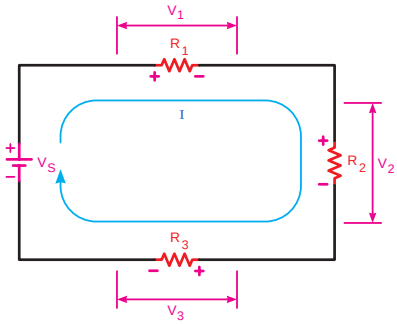


ب)

شکل ۲۹ـ۴



شکل ۳۰ـ۴



شکل ۳۱ـ۴

1 - KVL- Kirchhoff 's Voltage Law

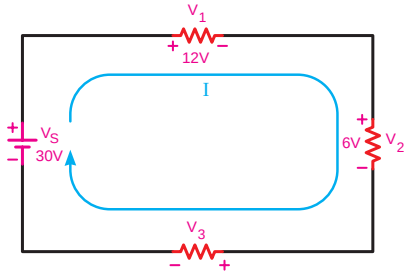
۲- علامت(∑ زیگما)حرف یونانی است که به معنی مجموع است.

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

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

یا

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



شکل ۴ـ۳۲

مثال: مقدار ولتاژ V_3 شکل ۴ـ۳۲ چند ولت است

حل:

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

$$V_1 + V_2 + V_3 = V_S$$

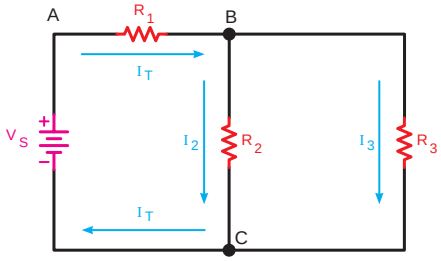
$$V_3 = V_S - (V_2 + V_3)$$

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

$$V_3 = 12V$$

۳ـ۴ـ قانون جریان ها (KCL)[1]

براســاس قانون جریان ها در هر گره یک مدار الکتریکی مجمــوع جریان هــای وارد شــده به گــره برابر بــا مجموع جریان های خارج شده از گره است (شکل ۳۳ـ۴)



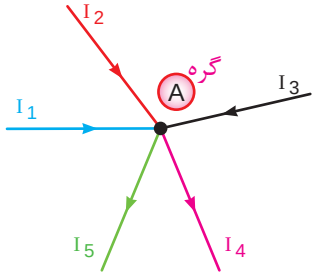
شکل ۳۳ـ۴- قانون جریان‌ها برای گره‌های B و C

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

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

$$\sum I = 0$$

در شکل ۳۴ـ۴ وضعیت گره A از نظر جریان های ورودی و خروجی مشخص شده است. معادله KCL را برای گره A چنین می توان نوشت:



شکل ۳۴ـ۴ـ قانون جریان ها برای گره ها

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

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

یا

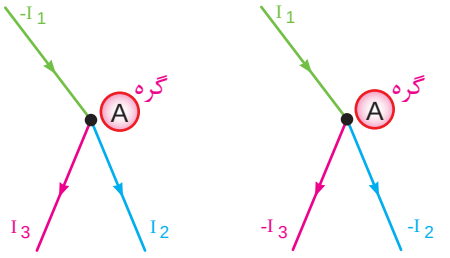
$$\sum I = 0$$

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

1 -KCL- Kirchhoff's Current Law

توجه

انتخاب علامت مثبت یا منفی برای جریان های وارد شده و خارج شده به یک گره قراردادی است و هیچ گونه محدودیتی ندارد. اما باید توجه داشته باشید برای یک گره جریان باید از یک قانون تبعیت کنید شکل ۳۵ـ۴.یعنی همه جریان های ورودی مثبت یا منفی باشد. نمی توانید یکی از جریان های ورودی به گره را مثبت و دیگری را منفی بگیرید.



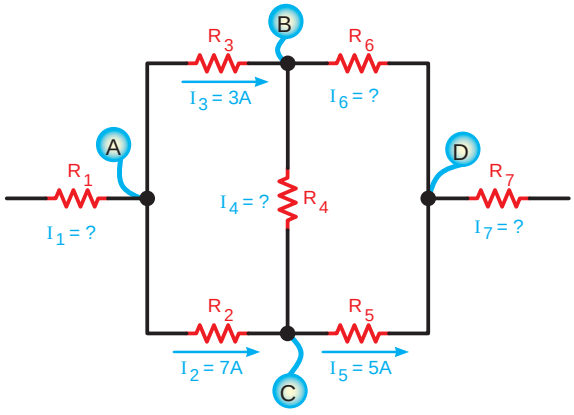
الف ـ جریان های ورودی مثبت جریان های خروجی منفی

ب ـ جریان های ورودی منفی و جریان های خروجی مثبت

شکل ۳۵ـ۴ـ قانون جریان ها برای گره ها

مثال: مقدار و جهت جریان در هر یک از مقاومت های شکل ۳۶ـ۴ را به دست آورید.

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

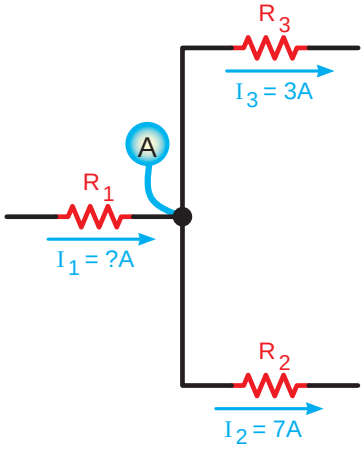


شکل ۳۶ـ۴

در گره A دو جریان I_2 و I_3 خارج می شود.[1] لذا جریان I_1 بر آن وارد می شود در شکل ۳۷ـ۴ با نوشتن معادله KCL جریان I_1 قابل محاسبه است:

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

$$I_1 = 10A$$



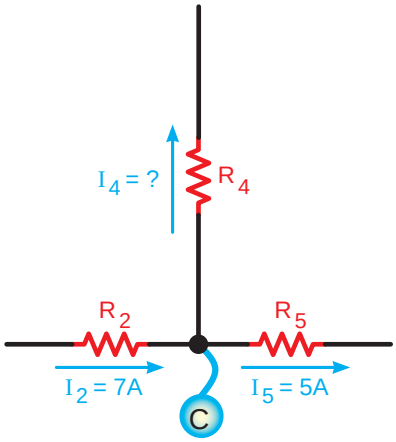
شکل ۳۷ـ۴

۱ ـ در یک گره همه جریان ها نمی‌توانند وارد ویا خارج شوند.

در گـره C چـون جریان I_5 کوچک تر از I_2 اسـت لذا جریـان I_4 باید از گره خارج شـود تا تعـادل جریان برقرار شـود. شـکل ۴ـ۳۸ پس معادله KCL را فقط برای حالتی می توان نوشت که جریان I_4 از گره خارج می شود:

$$I_2 = I_4 + I_5 \Rightarrow I_4 = I_2 - I_5 = 7 - 2$$

$$I_4 = 5A$$

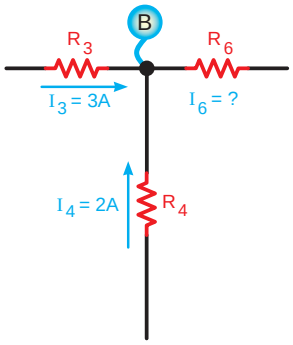


شکل ۴ـ۳۸

در گره B شـکل ۴ـ۳۹ چون جریان های I_3 و I_4 وارد می شوند. بنابر قاعده KCL جریان I_6 باید از نقطه B خارج شود. مقدار I_6 برابر خواهد شد با: (شکل ۴ـ۲۰)

$$I_6 = I_3 + I_4 = 3 + 2 = 5A$$

$$I_6 = 5A$$

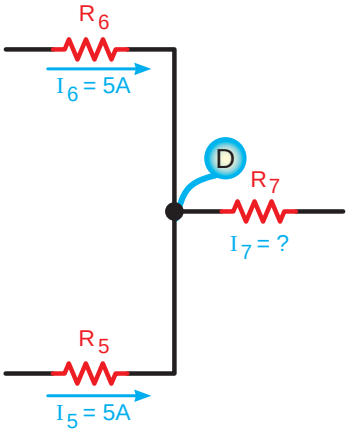


شکل ۴ـ۳۹

همان طـوری که در شـکل ۴ـ۴۰ مشـاهده می شـود جریان هـای I_6 و I_5 به گره D وارد می شـوند. بنابراین با نوشتن KCL برای گره D معلوم می شود که جهت جریان I_7 باید به گونه ای باشـد کـه از گره خارج شـود بنابراین داریم:

$$I_7 = I_5 + I_6 = 5 + 5 = 10A$$

$$I_7 = 10A$$



شکل ۴ـ۴۰

مثال: جریان مقاومت R_2 در شکل ۴ـ۴۱ چند میلی آمپر به دست می آید:

با نوشتن معادله KCL گره A مقدار جریان I_2 به دست می آید:

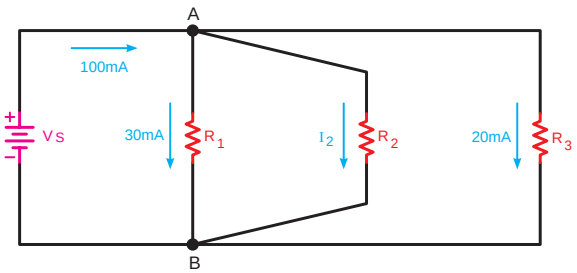
$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

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

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

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



شکل ۴ـ۴۱

آزمون پایانی (۴)

۱ـ کدام گزینه اجزای اصلی یک مدار را بیان می کند؟

الف ـ منبع تغذیه، فیوز، سیم های رابط　　ب ـ منبع تغذیه، کلید، فیوز

ج ـ سیم های رابط، بار، منبع تغذیه　　د ـ سیم های 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 ساده تر 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 نمایی

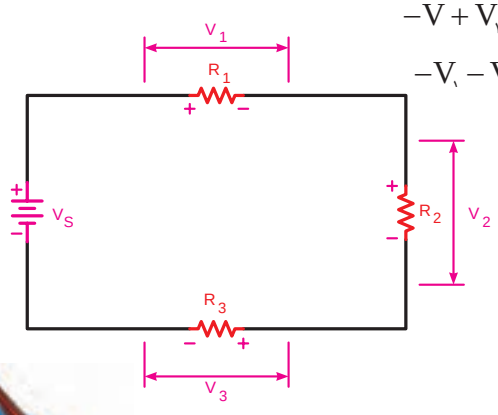
۵ـ اگر ولتاژ ۵۰ ولت به دو سر یک مقاومت $5k\Omega$ اتصال داده شود، چه جریاتی از آن می گذرد؟

الف ـ ۷۵mA　　ب ـ ۱۵A　　ج ـ ۲A　　د ـ ۱۰mA

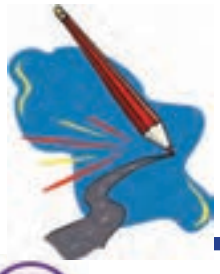
۶ـ کدام یک از معادلات زیر برای شکل ۴۲ـ۴ صحیح است؟

الف ـ $V_1 - V_2 - V_3 - V = 0$　　ب ـ $-V + V_1 + V_2 + V_3 = 0$

ج ـ $V_1 + V_2 = V + V_3$　　د ـ $-V_1 - V_2 + V_3 + V = 0$



شکل ۴۲ـ۴



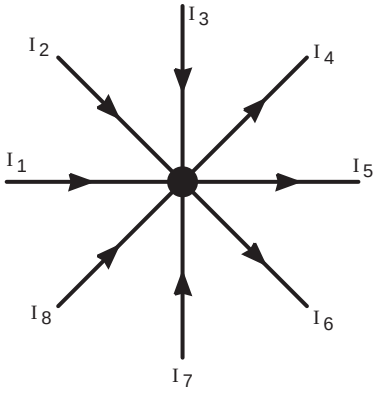
۷ـ کدام معادله برای شکل ۴۳ـ۴ صحیح است؟

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

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

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

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



شکل ۴۳ـ۴

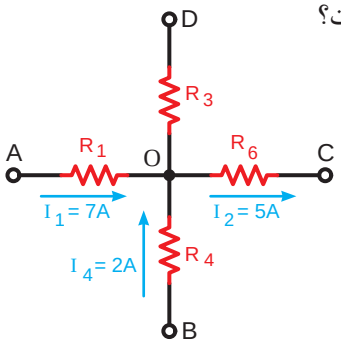
۸ـ کدام گزینه در مورد مقدار و جهت جریان در مقاومت R_3 شکل ۴۴ـ۴ صحیح است؟

الف ـ 4_A از O به D

ب ـ 10_A از D به O

ج ـ 4_A از D به O

د ـ 10_A از O به D



شکل ۴۴ـ۴

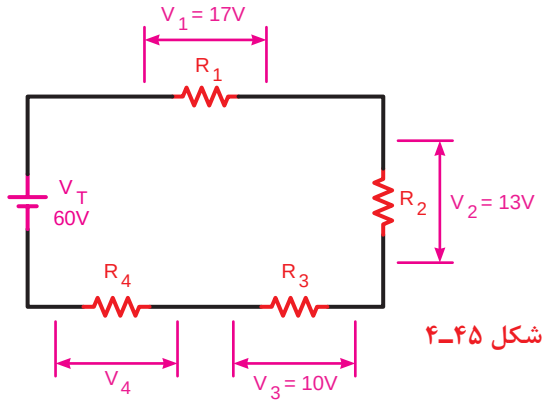
۹ـ با توجه به شکل ۴۵ـ۴ ولتاژ دو سر مقاومت R_4 چند ولت است؟

الف ـ ۵۰

ب ـ ۴۰

ج ـ ۳۰

د ـ ۲۰



شکل ۴۵ـ۴

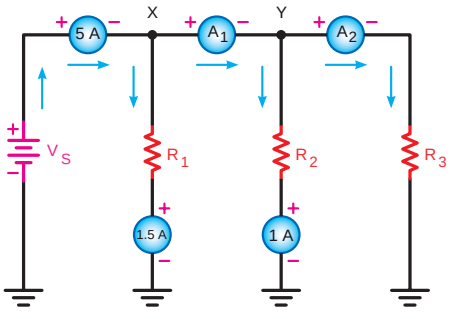
۱۰ـ در مدار شکل ۴۶ـ۴ آمپرمترهای A_1 و A_2 به ترتیب از راست به چپ چند آمپر را نشان می دهد؟

الف ـ ۲/۵ـ۳/۵

ب ـ ۳/۵ـ۶/۵

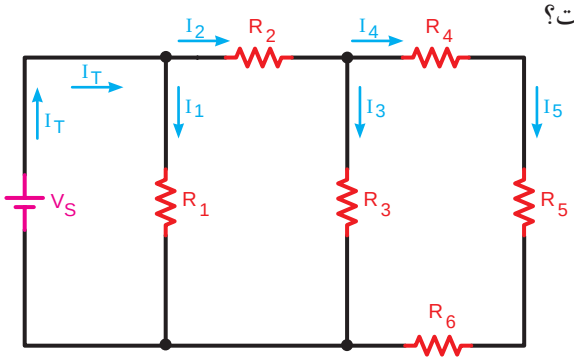
ج ـ ۴/۵ـ۳/۵

د ـ ۳/۵ـ۷/۵



شکل ۴۶ـ۴

۱۱ـ با توجه به شکل ۴ـ۴۷ کدامیک از روابط زیر صحیح است؟



شکل ۴ـ۴۷

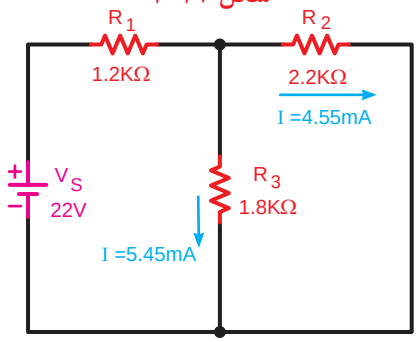
الف ـ $I_1 + I_3 + I_5 = I_2 + I_4$

ب ـ $I_1 + I_2 = I_3$

ج ـ $I_2 + I_3 = I_4 + I_5$

د ـ $I_2 - I_3 = I_4$

۱۲ـ افت ولتاژ دو سر مقاومت R_1 در شکل ۴ـ۴۸ چند ولت است؟



شکل ۴ـ۴۸

الف ـ ۱۲

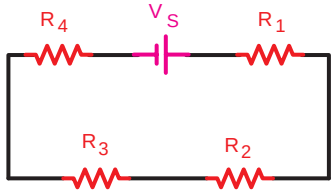
ب ـ ۷/۸

ج ـ ۵/۴۶

د ـ ۱۰

۱۳ـ در مدارهای الکتریکی نیروی محرکه لازم توسط ..... تأمین می شود.

۱۴ـ طرف دوم معادله نوشته شده برای شکل ۴ـ۴۹ را تکمیل کنید.



شکل ۴ـ۴۹

$$V_S - R_2 I - R_3 I =$$

۱۵ـ براساس 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 وسیله ای به نام ..... استفاده می شود.

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

۱۸ـ در حالت اتصال کوتاه مقاومت جریان در مدار الکتریکی افزایش پیدا می کند. ❐ صحیح ❐ غلط

۱۹ـ انتقال جریان الکتریکی از منبع تغذیه به مصرف کننده وظیفه بار الکتریکی است. ❐ صحیح ❐ غلط

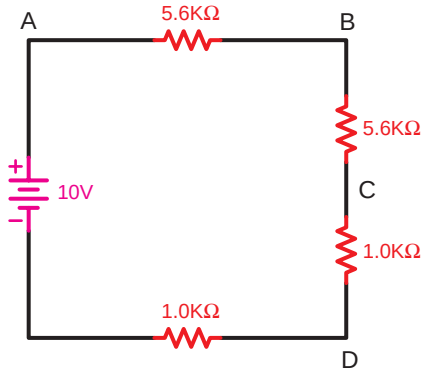
۲۰ـ در یک مدار الکتریکی ساده برای محاسبه جریان از رابطه $I = \frac{V}{R}$ استفاده می شود. ❐ صحیح ❐ غلط

خودآزمایی عملی

۱ـ شمای فنی یک مدار الکتریکی ساده را که مصرف کننده آن لامپ باشد، رسم کنید.

۲ـ شمای فنی مداری را که از سه مقاومت $1k\Omega$ که به صورت متوالی به یکدیگر متصل شده‌اند، در حالت اتصال زمین منفی رسم کنید و سپس پلاریته (علامت های مثبت و منفی) دو سر مقاومت ها را تعیین کنید.

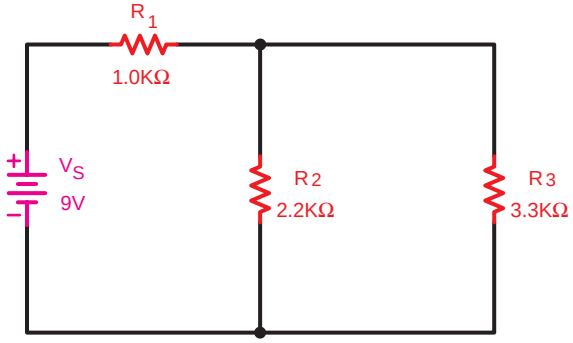
۳ـ اگر در مداری مطابق شکل ۴ـ۵۰ بخواهیم ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت ها را به دست آوریم نحوه اتصال ولت متر برای هر مقاومت را رسم کنید.



شکل ۴-۵۰

۴ـ مدار ساده الکتریکی را رسم کنید که با ثابت در نظر گرفتن مقدار مقاومت بتوان ارتباط بین ولتاژ و جریان را مشاهده و اندازه گیری کرد.

۵ـ اگر در مدار شکل ۴ـ۵۱ جریان عبوری در هر یک از مقاومت ها را بخواهیم اندازه گیری کنیم محل قرار گرفتن آمپرمترها را رسم کنید.



شکل ۴-۵۱

توجه

مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرارکنید.

واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل پنجم: اصول محاسبات مدارهای ساده مقاومتی در جریان مستقیم

هدف کلی

توانایی انجام محاسبات و تحلیل مدارهای الکتریکی ساده مقاومتی

هدف های رفتاری: در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

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 آزمایش های مربوط به مدارهای سری، موازی و ترکیبی را انجام دهد.

۵ـ انواع پیل های الکتریکی و مفهوم افت ولتاژ در هادی های یک مولد را توضیح دهد.

۶ـ اتصال های سری، متقابل و موازی باتری ها را با رسم شکل ذکر و روابط مربوطه توضیح دهد.

۷ـ آزمایش های مربوط به اتصال سری، متقابل و موازی باتری ها را انجام دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۶	-	۶

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

الف ـ به دست 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

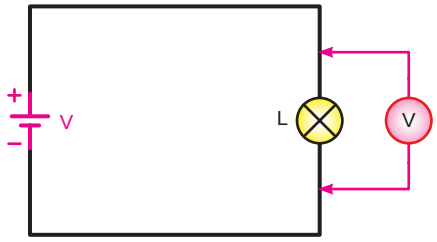
۲ـ در کدام یک از مدارهای الکتریکی هر دو قانون کیرشهف استفاده می‌شود؟

الف ـ سری　　ب ـ موازی　　ج ـ سری ـ موازی　　د ـ تک حلقه‌ای

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

الف ـ سری　　ب ـ موازی　　ج ـ سری ـ موازی　　د ـ یک حلقه‌ای

۴ـ ولت‌متر متصل شده به دو سر لامپ شکل ۱ـ۵ ولتاژی کمتر از ولتاژ باتری را نشان می‌دهد، علت چیست؟



شکل ۱ـ۵

الف ـ ولت‌متر خراب است.

ب ـ افت ولتاژ لامپ به ولتاژ باتری اضافه می‌شود.

ج ـ به خاطر مقاومت سیم‌های رابط و باتری

د ـ بستگی به لامپ به کار رفته دارد و ممکن است صفر باشد.

۵ـ آیا براساس مشخصات مصرف کننده‌ها می‌توان مشخصات مولد موردنیاز را تعیین کرد؟

الف ـ بلی　　ب ـ خیر

ج ـ در صورت داشتن موقعیت محل　　د ـ اگر فاصله مصرف کننده کم باشد.

۶ـ باتری‌های ساعت از چه نوع هستند؟

الف ـ اکسید نقره　　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

۸ـ در یک مدار الکتریکی در صورتی که مقاومت ثابت نگه داشته 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 کدام یک 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 ..... می رسد.

الف ـ بی نهایت ب ـ نصف ج ـ حداکثر د ـ صفر

۱۱ـ در یک حلقه (مدار بسته) اگر افت ولتاژهای دو سر عناصر به ترتیب ۸، ۱۲ و ۵ 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 ساده تر رسم کردن مدارها ب ـ مسیر برگشت جریان از طریق اتصال زمین

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

۱۳ـ شدت جریان عبوری از مقاومت $1k\Omega$ در یک مدار با منبع تغذیه $100V$ چند آمپر است؟

الف ـ ۱ ب ـ ۰/۱ ج ـ ۱۰ د ـ ۰/۰۱

۱۴ـ از قانون جریان های کیرشهف برای بررسی مجموع ..... در یک ..... استفاده می شود.

الف ـ جریان ها ـ حلقه ب ـ ولتاژها ـ حلقه

ج ـ ولتاژها ـ گره د ـ جریان ها ـ گره

۱۵ـ ولت متر در مدار به صورت ..... و آمپر به صورت ..... اتصال داده می شود.

الف ـ موازی ـ موازی ب ـ سری ـ سری

ج ـ موازی ـ سری د ـ سری ـ موازی

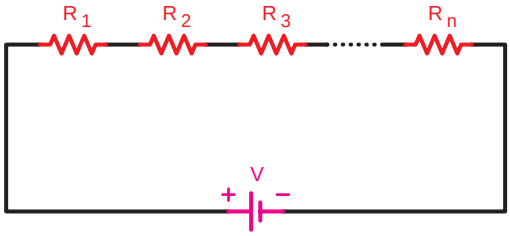
۱ـ۵ـ اتصالات مقاوت ها

۱ـ۱ـ۵ـ اتصال سری مقاومت ها:

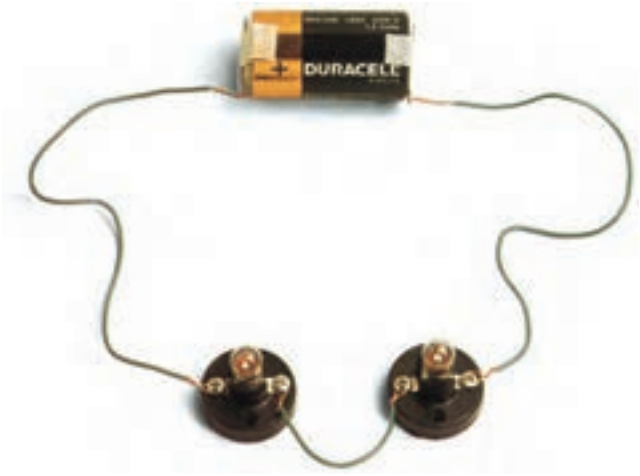
هرگاه دو یا چند مقاومت (n مقاومت) به صورت متوالی (دنبال هم ـ پشت سرهم) به یکدیگر اتصال داده شوند، مدار را «سری» گویند.

در این مدار مقاومت ها طوری به هم متصل می شوند 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 می گوییم مدار به صورت سری[1] بسته شده است.

شکل ۲ـ۵ نقشه فنی مدارهای سری و شکل ۳ـ۵ یک نمونه واقعی مدار سری را که در آن دولامپ اتصال دارد، نشان می دهد.

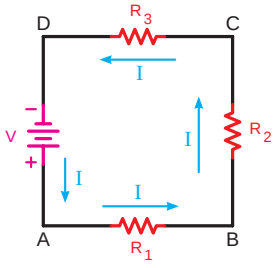


شکل ۲ـ۵ـ نقشه فنی مدار سری

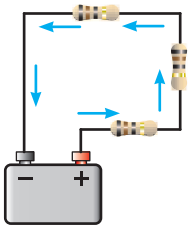


شکل ۳ـ۵ـ مدار واقعی دو لامپ به صورت سری

در مدار سری همواره فقط یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد. (شکل ۴ـ۵)



(الف)شکل مداری

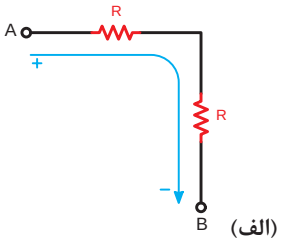


(ب)شکل واقعی

شکل ۴ـ۵ـ اتصالات سه مقامت به صورت سری

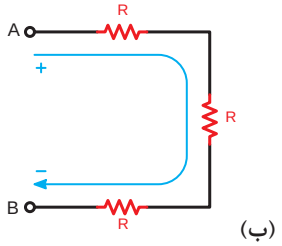
1 - series

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 ۵ـ۵ حالت های مختلف اتصال مقاومت ها را به صورت سری نشان می دهد.



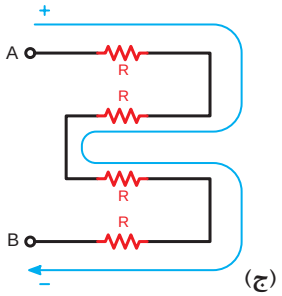
(الف)

ـ سه مقاومت به صورت سری، جریان در یک مسیر



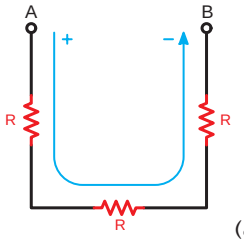
(ب)

ـ چهار مقاومت به صورت سری، جریان در یک مسیر



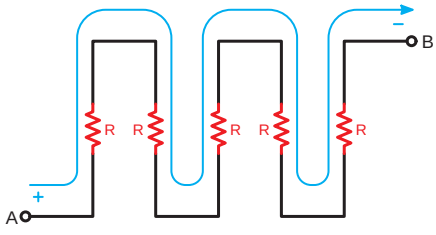
(ج)

ـ سه مقاومت به صورت سری، جریان در یک مسیر



(د)

ـ پنج مقاومت به صورت سری، جریان در یک مسیر



(هـ)

شکل ۵ـ۵ـ حالت های مختلف اتصال سری مقاومت ها

ـ عامل مشترک در مدار سری:

چنانچه مداری را مطابق شکل ۵ـ۶ اتصال دهید مشاهده می کنید که هر یک از آمپرمترها جریان های مساوی (مثلاً یک آمپر) نشان می دهند.

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

برای جریان در مدار سری می توان رابطه زیر را نوشت:

$$I_{A_1} = I_{A_2} = I_{A_3} = I_{A_4} = I_T$$

یعنی:

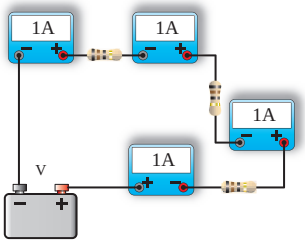
$$I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = I_{R_4} = I_T$$

ـ عامل غیرمشترک در مدار سری:

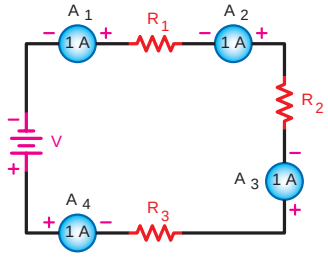
بر اثر عبور جریان از هر مقاومت الکتریکی در دو سر آن افت ولتاژی به وجود می آید. (شکل ۵ـ۷) مقدار آن را براساس قانون اهم از رابطه $V = I.R$ می توان محاسبه کرد. چون جریان در مدار سری ثابت است لذا مقدار افت ولتاژ در دو سر مقاومت با مقدار اهم آن رابطه مستقیم دارد. یعنی در صورت افزایش مقاومت (R) مقدار ولتاژ (V) نیز افزایش می یابد.

به عنوان مثال اگر مداری را مطابق شکل ۵ـ۸ ببندیم ولت مترها مقادیر ولتاژی متفاوتی را در دو سر مقاومت ها نشان می دهند ولت مترهای V_1 ، V_2 و V_3 مقادیر ولتاژ دو سر مقاومت های R_1 ، R_2 و R_3 و ولت متر V_T مقدار ولتاژ کل مدار را نشان می دهد.

طبق قانون KVL در حلقه بسته شکل ۵ـ۸ ولتاژ کل منبع تغذیه به نسبت مقدار مقاومت ها بین مقاومت های مدار تقسیم می شود بنابراین می توانیم بنویسیم:

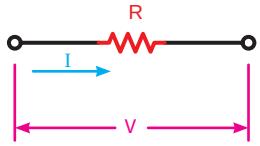


الف ـ مدار واقعی

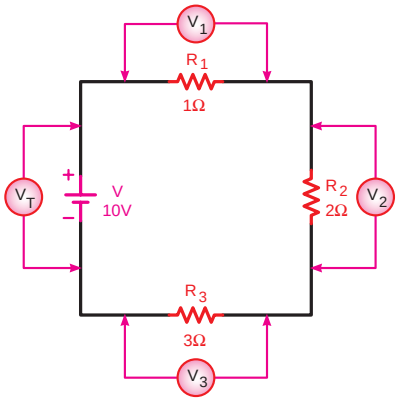


ب ـ شکل مداری

شکل ۵ـ۶ـ جریان در مدار سری همواره ثابت است.



شکل۵ـ۷ افت ولتاژ دو سر مقاومت در یک مدار سری



شکل ۵ـ۸ـ بررسی ولتاژها در مدار سری
(توجه داشته باشید که ولتاژ در دو سر هر مقاومت متناسب با مقدار مقاومت تغییر می کند)

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$
$$V_{R_T} = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3}$$

با توجه به موارد فوق می توانیم نتیجه بگیریم اگر مقدار افت ولتاژ دو سر همه مقاومت های مدار سری مساوی نباشد پس می تـوان ولتاژ را به عنوان یک عامل غیرمشـترک در مدار سری در نظر گرفت.

ـ مقاومت معادل در مدار سری[1]:

مقاومـت کل[2] یـا «مقاومت معادل» بـه مقاومتی گفته می شـود که بتواند به تنهایی اثر همه مقاومت های موجود در مدار را داشته باشد و جایگزین آن ها شود.

در شـکل ۹ـ۵ مقاومـت R_T می توانـد معـادل تمام مقاومت های موجود در مدار باشد و جایگزین آن ها شود.

بـا توجه به خصوصیات مطرح شـده در مورد مدارهای سـری رابطه نهایـی مقاومت معادل R_T بـه صورت زیر به دست می آید:

خصوصیات مدار سری

$$I_T = I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = ... = I_{R_n} \quad (1)$$

$$V = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3} + ... + V_{R_n} \quad (2)$$

براساس قانون اهم برای هر مقاومت و ولتاژ کل می توانیم روابط مقابل را بنویسیم:

مقادیر فوق را در معادله (۲) قرار می دهیم:

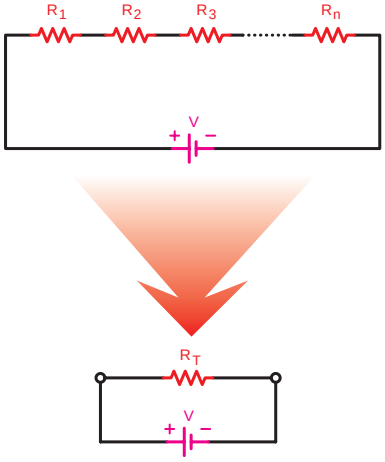
$$R_T I_T = R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 + ... = R_n I_n$$

چون جریان در مدار سـری شـکل ۱۰ـ۵ ثابت اسـت. بنابراین داریم:

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

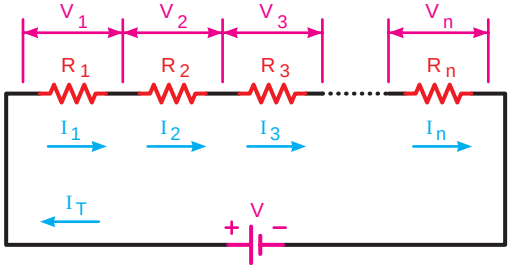
بجای I_1 ، I_2 ، I_3 و I_n مقدار I_T راقرار می‌دهیم:

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



شکل ۹ـ۵ـ مقاومت معادل در مدار سری

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 دو سر مقاومت R_3	$V_3 = R_3 I_3$
ولتاز دو سر مقاومت R_n	$V_n = R_n I_n$
ولتاژ کل مدار	$V_T = R_T I_T$



شکل ۱۰ـ۵ـ جریان ها و ولتاژها در مدار سری

1 -Total Resistor ـــ R_T

2 -Equivalent Resistor ـــ Req

از I_T در طرف دوم معادله فاکتور می گیریم و سپس آن را ساده می کنیم (مقدار I_T در طرفین حذف می شود.)

$$R_T \cancel{I_T} = \cancel{I_T}(R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n)$$

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

مقاومت معادل مدار شکل فوق را در شکل ۵ـ۱۱ مشاهده می کنید.

مثال: مقاومت معادل در شکل ۵ـ۱۲ 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 مقاومتی

منظور از حالات خاص مواردی است که به لحاظ شباهت های گوناگون می توان روابط اصلی را در شکل ساده تر و با سرعت عمل بیشتری مورد استفاده قرار داد. دو حالت عمده از حالات خاص در مدار سری به شرح زیر است:

هرگاه چند مقاومت مساوی به صورت سری به یکدیگر اتصال یابند مقدار مقاومت معادل از حاصل ضرب تعداد مقاومت ها در مقدار یک مقاومت به دست می آید. (شکل ۵ـ۱۳)

R ـ مقدار اهم یک مقاومت

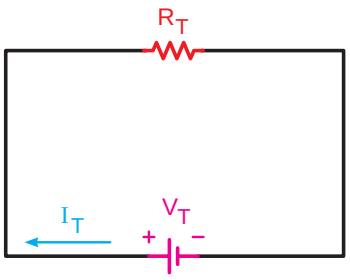
n ـ تعداد مقاومت ها

$$R_T = n.R$$

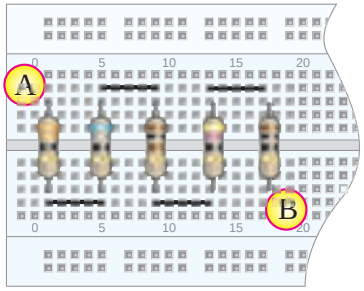
مثال: در صورتی که چهار مقاومت ۳۳ اهمی مطابق شکل ۵ـ۱۴ به هم اتصال یابند مقدار مقاومت معادل چند اهم خواهد شد؟

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

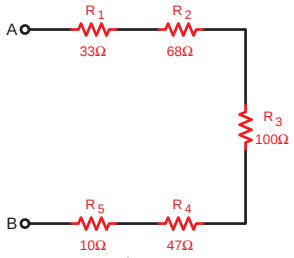
$$R_T = n.R = ۴ \times ۳۳ = ۱۳۲\Omega$$



شکل ۱۱ـ۵ـ مدار معادل شکل قبل

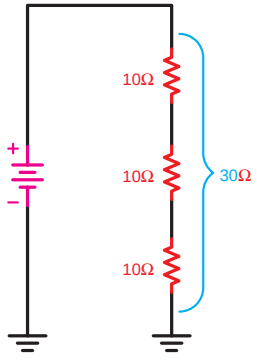


الف-مقاومت های نصب شده روی بردّبرد

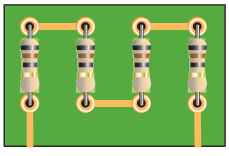


ب-نقشه فنی

شکل ۱۲ـ۵ـ پنج مقاومت سری



شکل ۱۳ـ۵ـ اتصال سه مقاومت سری مساوی به یکدیگر



شکل ۱۴ـ۵ـ اتصال چهار مقاومت مساوی به صورت سری روی بُرد مدار چاپی

اگر دو مقاومت طبق شکل ۱۵ـ۵ به صورت سری بسته شوند، مقدار ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت ها را از روابط زیر می توان محاسبه کرد:

$$V_1 = R_1.I$$

می دانیم:

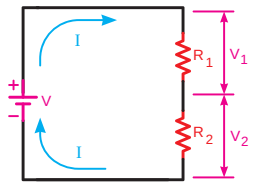
$$I = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

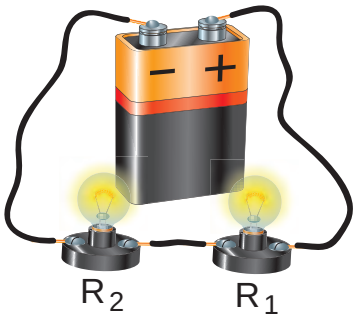
با جایگذاری معادل I در معادله فوق داریم:

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

بر همین اساس برای محاسبه ولتاژ V_2 می توانیم بنویسیم:

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





شکل ۱۵ـ۵ـ محاسبه ولتاژ دو سر مقاومت ها در مدار سری شامل دو مقاومت

مثال: در صورتی که دو لامپ با مقاومت داخلی ۴Ω مطابق شکل ۱۶ـ۵ به صورت سری و به باتری ۱/۵ ولت اتصال یابند افت ولتاژ در سر هر لامپ چند ولت است؟

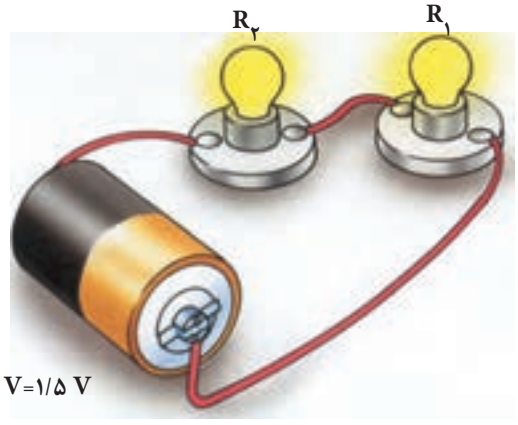
حل:

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

$$V_1 = 1/5 \times \frac{4}{4+4} \Rightarrow V_1 = \frac{6}{8} = 0/75v$$

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

$$V_2 = 1/5 \times \frac{4}{4+4} \Rightarrow V_2 = \frac{6}{8} = 0/75v$$



شکل ۱۶ـ۵ـ اتصال دو لامپ سری به یک باتری

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

مثـال: بـا توجه به شـکل ۱۷ـ۵ مقدار اهـم هر یک از مقاومت ها را حساب کنید.

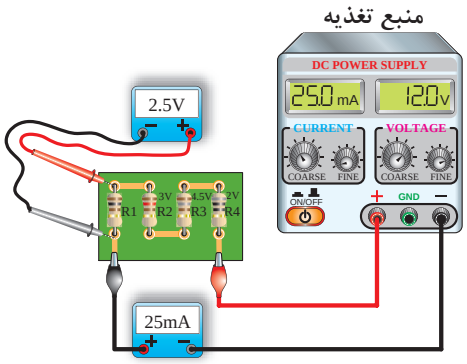
حل: چون جریان در کل مدار ثابت است پس طبق قانون اهم داریم.

$$R_۱ = \frac{V_۱}{I} = \frac{۲/۵v}{۲۵mA} = ۱۰۰\Omega$$

$$R_۲ = \frac{V_۲}{I} = \frac{۳v}{۲۵mA} = ۱۲۰\Omega$$

$$R_۳ = \frac{V_۳}{I} = \frac{۴/۵v}{۲۵mA} = ۱۸۰\Omega$$

$$R_۴ = \frac{V_۴}{I} = \frac{۲v}{۲۵mA} = ۸۰\Omega$$



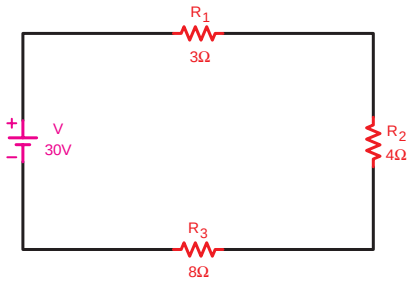
شکل ۱۷ـ۵ـ محاسبه مقادیر مقاومت ها در مدار سری

مثال: در مدار شکل ۱۸ـ۵ مطلوب است محاسبه:

الف ـ جریان مدار

ب ـ ولتاژ در دو سر هر مقاومت

ج ـ تحقیق درباره قانون KVL



شکل ۱۸ـ۵ـ محاسبه مقادیر در مدار سری و تحقیق قانون KVL

حل:

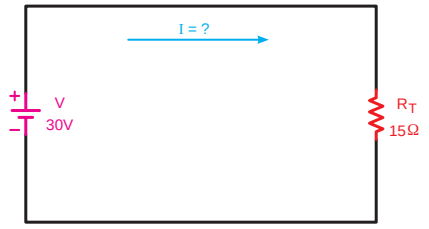
$$R_T = R_۱ + R_۲ + R_۳$$

$$R_T = ۳ + ۴ + ۸ = ۱۵\Omega$$

شکل ۱۹ـ۵ مدار ساده شده را نشان می دهد.

الف ـ

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



شکل ۱۹ـ۵

ب ـ

$$V_{R_۱} = R_۱ I = ۳ \times ۲ = ۶v$$

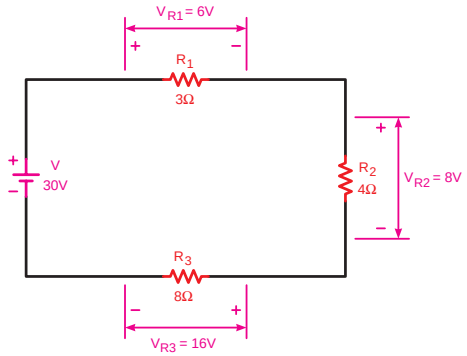
$$V_{R_۲} = R_۲ I = ۴ \times ۲ = ۸v$$

$$V_{R_۳} = R_۳ I = ۸ \times ۲ = ۱۶v$$

ج ـ براساس قانون KVL داریم:

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

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



شکل ۲۰ـ۵ـ محاسبه افت ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت های مدار

توضیح

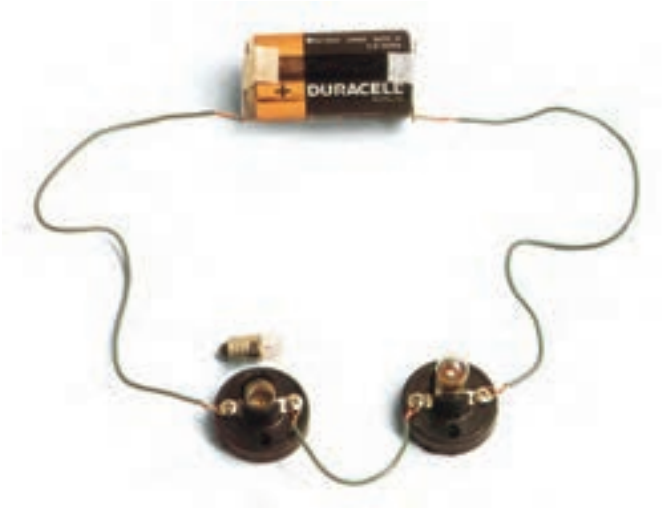
در صورتی که در مدار سری به خاطر هر یک از دلایل زیر مسیر عبور جریان قطع شود جریان مدار صفر خواهد شد.

۱ـ قطع منبع تغذیه (خالی شدن باتری)

۲ـ قطع شدن سیم های رابط (پارگی سیم)

۳ـ قطع شدن مقاومت مصرف کننده از داخل مقاومت

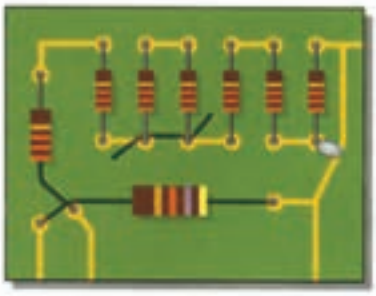
شکل ۲۱ـ۵ یک نمونه از حالات فوق را نشان می دهد.



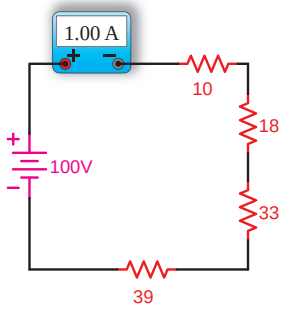
شکل ۲۱ـ۵ـ قطع لامپ موجب قطع شدن مدار سری می شود.

توضیح

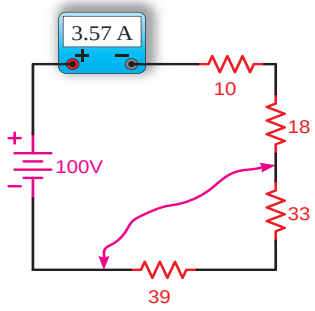
در صورتی که در یک مدار سری اتصال کوتاه رخ دهد جریان مدار متناسب با تعداد (مقدار) مقاومت های اتصال کوتاه شده افزایش می یابد. شکل ۲۲ـ۵ این نکته را نشان می دهد.



الف ـ حالت های مختلف اتصال کوتاه روی برد مدار چاپی



ب ـ جریان مدار در حالت عادی



ج ـ جریان مدار در حالت اتصال کوتاه

شکل ۲۲ـ۵ـوضعیت مدار در حالت عادی و اتصال کوتاه

عملیات کارگاهی

ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: آشنایی با وسایل و تجهیزات آزمایشگاهی

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲ـ باتری قلمی و کتابی	از هر کدام یک عدد
۳ـ اسیلوسکوپ دو کانالهای	۱دستگاه
۴ـ آوومتر دیجیتالی و عقربهای	از هر کدام یک دستگاه
۵ـ بردبُرد	یک قطعه
۶ـLC متر	۱ دستگاه
۷ـ میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۸ـ سیم چین	۱ عدد
۹ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۰ـ سیم تلفنی	۲ متر
۱۱ـ سیگنال ژنراتور	۱ دستگاه
۱۲- آمپرمتر، ولتمتر، اهممتر آزمایشگاهی	از هر کدام یک عدد

تذکر: قبل از شـروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفتهاید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.

اطلاعات اولیه آزمایشگاهی

منبع تغذیه

در مدارهـای الکتریکی جهت تأمیـن ولتاژ dc موردنیاز از منابع تغذیه الکترونیکی مشـابه شـکل ۲۳ـ۵ اسـتفاده می شود.

شکل ۲۳ـ۵ـ یک نمونه منبع تغذیه

آمپرمتر

در مدارها از آمپرمتر برای اندازه گیری جریان اسـتفاده می شـود. آمپرمتر سری در مدار قرار می گیرد. شکل ۲۴ـ۵ یک نمونه آمپرمتر آزمایشگاهی را نشان می دهد.

شکل ۲۴ـ۵ـ یک نمونه آمپرمتر آزمایشگاهی

ولت متر

در مدارهـا از ولت متر برای اندازه گیری ولتاژ اسـتفاده می شـود. ولت متر به صورت مـوازی در مدار قرار می گیرد. شـکل ۲۵ـ۵ یـک نمونه ولت متر آزمایشـگاهی را نشـان می دهد.

شکل ۲۵ـ۵ یک نمونه ولت متر آزمایشگاهی

اهم متر

در مدارها از اهم‌متر برای اندازه گیری مقاومت اسـتفاده می شـود. اهم متـر در مدار بصورت سـری یا مـوازی قرار می گیرد. شـکل ۲۶ـ۵ یک نمونه اهم متر آزمایشـگاهی را نشان می دهد.

شکل ۲۶ـ۵ یک نمونه اهم متر آزمایشگاهی

مولتی متر

در اغلب آزمایشگاه ها و کارگاه ها از وسیله ای به نام «مولتی متر[1]» یا «آوومتر» استفاده می شود. این وسیله قادر به اندازه گیری کمیت های ولتاژ، جریان، مقاومت و... است.

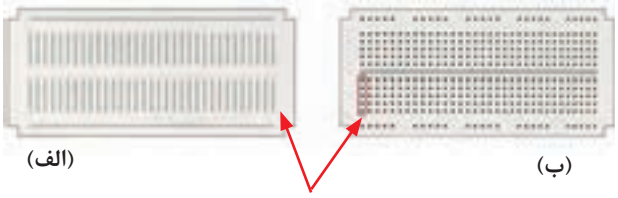
شکل ۲۷ـ۵ دو نمونه مولتی متر عقربه ای و دیجیتالی را نشان می دهد.

عقربه‌ای　　دیجیتالی

شکل ۲۷ـ۵

بردبُرد

از جمله وسایل موردنیاز برای انجام آزمایش ها استفاده از صفحات مشبک است. این صفحات «بردبُرد» نام دارد. در شکل ۲۸ـ۵ تصویر یک نمونه بردبرد را مشاهده می کنید. سوراخ های تعبیه شده روی بردبرد برای نصب قطعات مدار روی آن است. سوراخ های هر ستون طبق شکل ۲۸ـ۵ـ الف با یکدیگر ارتباط دارند. این شرایط برای سوراخ هایی که در یک سطر قرار دارند نیز وجود دارد. شکل ۲۸ـ۵ـ ب نمایی از پشت بردبرد را نشان می دهد که در آن اتصالات سوراخ ها به هم نشان داده شده است.



(الف)　　(ب)

هر ردیف پنج تایی سوراخ‌ها به وسیله یک نوار مشترک از پشت به هم وصل شده‌اند.

شکل ۲۸ـ۵ـ صفحه آزمایش یا بردبُرد

امروزه از وسایل دیجیتالی به نام LC متر جهت سنجش اندوکتانس و ظرفیت خازنی[2] استفاده می شود. (شکل ۲۹ـ۵)

شکل ۲۹ـ۵ـ یک نمونه CL متر

در برخی از آوومترهای دیجیتالی و عقربه ای نیز قسمتی برای اندازه گیری ظرفیت خازن وجود دارد. شکل ۳۰ـ۵ تصویر یک نمونه از این آوومترها را نشان می دهد.

شکل ۳۰ـ۵ـ یک نمونه آوومتر دیجیتالی با رنج ظرفیت سنج

---

1 -Multimeter　به معنی چند اندازه‌گیر است و به دستگاه‌هایی اطلاق می‌شود که چند کمیت را می‌توانند اندازه بگیرند.

۲ ـ درباره ایجاد ظرفیت خازنی و اندوکتانس بوبین‌ها متعاقباً صحبت خواهیم کرد.

۳- شکل بزرگ شده بردبُرد در صفحه ۳۶۶ کتاب آمده است.

پیل الکتریکی

شکل ۵ـ۳۱ تصویر دو نمونه پیل قلمی ـ کتابی را نشان می دهـد. پیل های الکتریکـی در مدارها بـه عنوان منابع تغذیه dc به کار می روند.

شکل ۵ـ۳۱

سیگنال ژنراتور

سـیگنال ژنراتور ـ دستگاهی اسـت که قادر است شکل موج های مختلف سینوسی، مربعی، مثلثی و ... را با دامنه ها و فرکانس های مختلف تولید کند.

شکل ۵ـ۳۲ دو نمونه سیگنال ژنراتور را نشان می دهد.

شکل ۵ـ۳۲

اسیلوسکوپ

وسـیله ای که در آزمایشـگاه برای مشـاهده شکل موج بکار می رود، اسیلوسکوپ اسـت در شکل ۵ـ۳۳ یک نمونه اسیلوسکوپ را مشاهده می کنید.

شکل ۵ـ۳۳

میز آزمایشگاهی

در اختیار داشـتن یک میز آزمایشـگاهی مناسب برای انجام آزمایش ها سرعت و دقت انجام کار را افزایش می دهد. در شکل ۵ـ۳۴ یک نمونه میز آزمایشگاهی نشان داده شده است.

شکل ۵ـ۳۴ـ یک نمونه میز آزمایشگاهی

جعبه ابزار

در هر میز آزمایشـگاهی لازم اسـت یکسـری وسایل از قبیل سیم چین، انبردست، سیم لخت کن، هویه، سیم لحیم و... نیز وجود داشـته باشد. زیرا در برخی مواقع به آن ها نیاز داریم. در شـکل ۵ـ۳۵ دو نمونه جعبه ابزار نشان داده شده است.

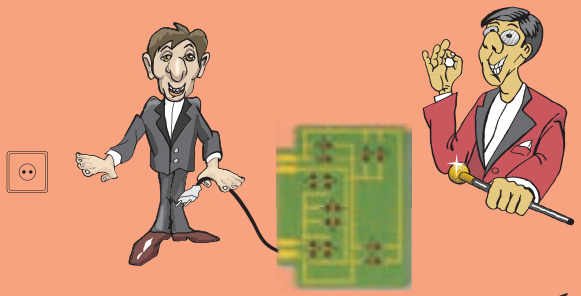
(ب)

(الف)

شکل ۵ـ۳۵ـ دو نمونه جعبه ابزار

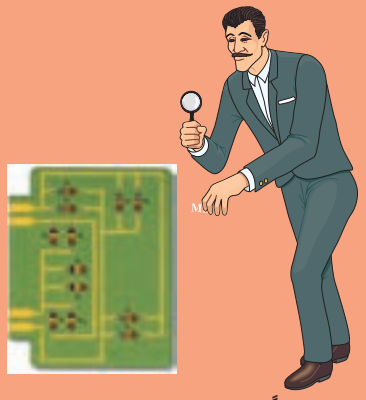
نکات ایمنی

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

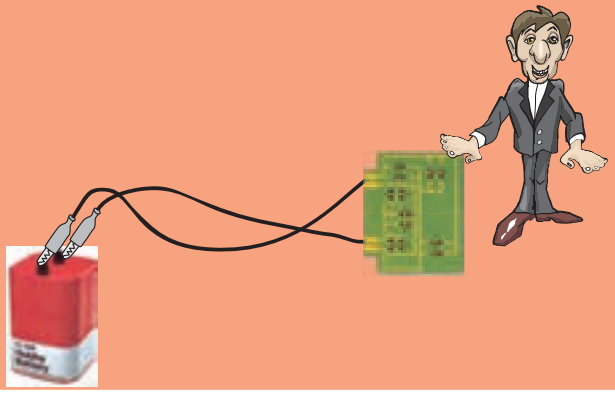


۲ـ قبل از وصل کردن برق مدار، یک بار دیگر آن را بررسی کنید.

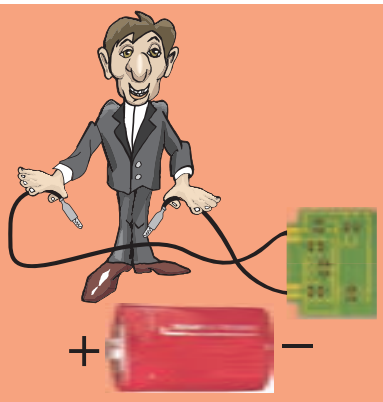
۳ـ در زمان وصل کردن مدارها روی بردبُرد مسیرها را بررسی کنید تا پایه ها و سیم های رابط درست متصل شده باشند.



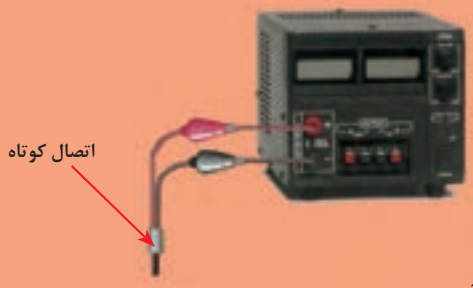
۴ـ هنگام خارج کردن قطعات از مدار یا اتصال کوتاه کردن آن ها منبع تغذیه را حتماً قطع کنید.



۵ـ هنگام اتصال منابع تغذیه (باتری ها) به پلاریته آن ها دقت کنید.



۶ـ اگر از منابع تغذیه الکترونیکی dc اســتفاده می کنید توجه داشــته باشید که سیم های 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 جریان دهی آن ها توجه کنید.

۸ـ هنگام انتخاب مقاومت های اهمی موردنیاز به توان مجاز و کد رنگی یا حروف رمزی آن ها دقت کنید.

۹ـ هنگام استفاده از دستگاه های اندازه گیری به مقادیر مجاز و نحوه استفاده از آن ها دقت کنید.

توضیح

بـرای انجام آزمایش های پیش بینی شـده عملیات کارگاهی توصیه می شـود در صورت عدم دسترسـی به قطعات، وسایل یا میز آزمایشـگاهی الکترونیکی مناسب می توانیـد به جای مقاومت های لازم برای مدارهای سـری، موازی و سـری ـ موازی از لامپ های رشته ای ۲۲۰ولت با مشخصات زیر استفاده کنید.

لامپ $L_1 = 100w$ — معادل لامپی آن → مقاومت $R_1 = 1k\Omega$

لامپ $L_2 = 60w$ — معادل لامپی آن → مقاومت $R_2 = 3/3\,k\Omega$

لامپ $L_3 = 40w$ — معادل لامپی آن → مقاومت $R_3 = 4/7\,k\Omega$

لامپ $L_4 = 200w$ — معادل لامپی آن → مقاومت $R_4 = 5/6\,k\Omega$

تذکر خیلی مهم:

خطـر برق گرفتگـی: در مراحـل مختلف آزمایش هـای پیش بینی شـده اگر لامپ های رشـته‌ای را جایگزین مقاومت هـای الکتریکـی کرده اید هیچ گاه آزمایـش اتصال کوتاه را انجـام ندهید. زیرا بـه خاطر بالا بودن مقدار ولتاژ شـبکه، در حالت اتصال کوتاه جرقه های شدیدی به وجود می آید که احتمال برق گرفتگی و آتش سوزی دارد.

عملیات کارگاهی
(کارعملی۱)

ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	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
۲ـ پیل ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۳ـ بردبُرد	۱ عدد
۴ـ آوومتر دیجیتالی	۱ عدد
۵ـ آوومتر عقربه‌ای	۱ عدد
۶ـ میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۷ـ مقاومت های اهمی	
۱ وات $R_1 = 1k\Omega$	۵ عدد
۱ وات $R_2 = 3/3\,k\Omega$	۱ عدد
۱ وات $R_3 = 4/7\,k\Omega$	۱ عدد
۱ وات $R_4 = 5/6\,k\Omega$	۱ عدد
۸ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۹ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱ـ گیره سوسماری	۶ عدد

تذکر: قبل از شـروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته‌اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.

الف

اندازه گیـری و محاسـبه مقاومت در مدار سری مراحل اجرای آزمایش

۱ـ مقدار اهـم و درصد خطای مقاومت های R_1 تا R_4 را بـا توجـه به نوارهای رنگی بخوانیـد و مقادیر آن ها را در جدول ۱ـ۵ بنویسید.

۲ـ بـه کمک آوومتر مقدار اهـم هر یک از مقاومت ها را اندازه بگیرید و در جدول ۱ـ۵ بنویسید.

۳ـ مقاومت های R_1 و R_2 و R_3 را مطابق شکل ۳۶ـ۵ روی بردبرد به صورت سری اتصال دهید.

تذکر ۱: در اتصال مقاومت ها روی بردبُرد توجه داشـته باشید تا از ردیف های مرتبط با هم به شکل صحیح استفاده کنید تا مقاومت ها اتصال کوتاه نشوند.

تذکر ۲: سیم های رابطی را که جهت اتصال مقاومت ها به یکدیگر اسـتفاده می کنیـد به اندازه لازم بـه کار ببرید (شکل ۳۶ـ۵).

۴ـ کلید رنج اهم متر را روی ضرب $R\times 1k$ قرار دهید و مقاومت بین دو نقطه A و B را در شکل ۳۶ـ۵ اندازه گیری کنید.

$R_{AB_1} =$ ☐

۵ـ مقاومـت R_4 را مطابق شـکل ۳۷ـ۵ به مدار اضافه کنید و سـپس به کمـک یک اهم متر (کلیـد روی ضریب $R\times 1k$) مقاومـت مـدار را بین نقطـه A و B اندازه گیری کنید.

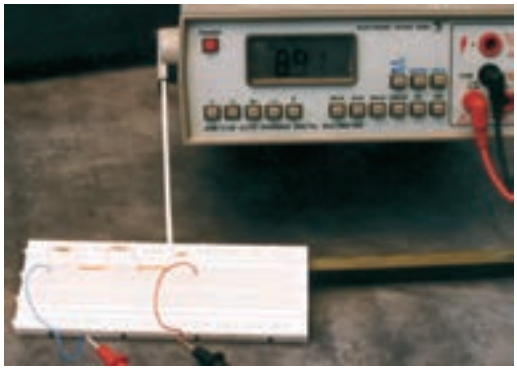
$R_{AB_2} =$ ☐

۶ـ مطابق شـکل ۳۸ـ۵ دو مقاومت R_1 و R_4 را از مدار خارج کنید و سـپس با اسـتفاده از اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

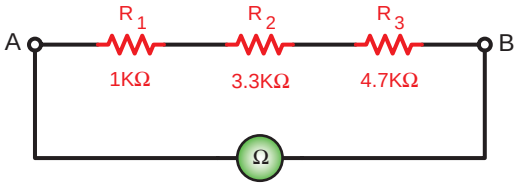
$R_{AB_3} =$ ☐

جدول ۱ـ۵

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

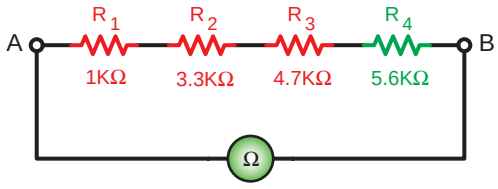


الف ـ تصویر واقعی مدار

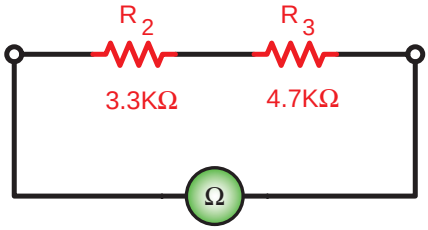


ب ـ شکل مدار

شکل ۳۶ـ۵



شکل ۳۷ـ۵



شکل ۳۸ـ۵

۷ـ مداری را مطابق شـکل ۵ـ۳۹ اتصال دهید. سـپس با اسـتفاده از یک قطعه سـیم دو طرف مقاومت R_4 را به یکدیگر وصـل کنید. (اتصـال کوتاه) در ایـن حالت مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

$R_{AB_4} =$ ☐

۸ـ سـه مقاومت $1k\Omega$ مطابق شـکل ۵ـ۴۰ به صورت سـری اتصال دهید و توسط اهم‌متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه گیری کنید.

$R_{AB_5} =$ ☐

۹ـ به مدار شـکل ۵ـ۴۰ مطابق شکل ۵ـ۴۱ دو مقاومت $1k\Omega$ را به صورت سـری اضافه کنید و مجدداً با استفاده از اهم‌متـر مقاومـت معادل بین دو نقطـه A و B را اندازه بگیرید.

$R_{AB_6} =$ ☐

۱۰ـ مقادیر به دسـت آمده در مدارهای شـکل ۵ـ۴۰ و شکل ۵ـ۴۱ را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می گیرید؟ توضیح دهید.

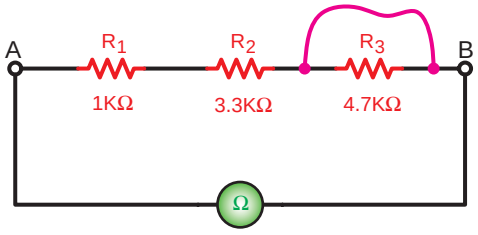
۱۱ـ بـا اضافه کـردن مقاومت R_4 به شـکل ۵ـ۳۷ یا برداشـتن مقاومت‌های R_1 و R_4 در شکل ۵ـ۳۸ مقاومت معـادل بین دو نقطه A و B در حالات مختلف چه تغییری کرده‌اند؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۲ـ در صورت اتصال کوتاه شدن یکی از مصرف کننده‌های مدار سری، مقاومت معادل مدار چه تغییری می کند؟ چرا؟ شرح دهید.

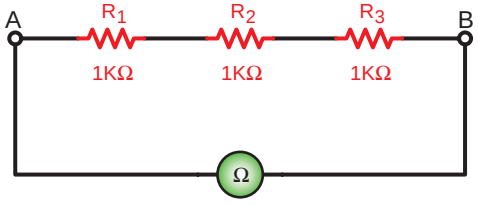
۱۳ـ آیا نتایج به دسـت آمده از مراحل مختلف آزمایش بـا مطالب تئوری و روابط مطابقت دارد. با ذکر نمونه شـرح دهید.

توجه

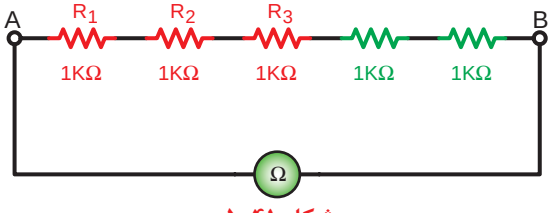
در صورتـی کـه پـس از انجـام آزمایـش نتیجه مورد نظر به دست نیامد یا پاسخ‌ها صحیح نبودند، قطعات، وسایل اندازه گیری و مدار اتصال داده شـده را بررسـی کنید و مراحـل آزمایش را مجدداً تکرار کنید.



شکل ۵ـ۳۹



شکل ۵ـ۴۰



شکل ۵ـ۴۱

پاسخ سوال‌های

۱۰ـ

۱۱ـ

۱۲ـ

پاسخ سوال‌های

۱۳ـ

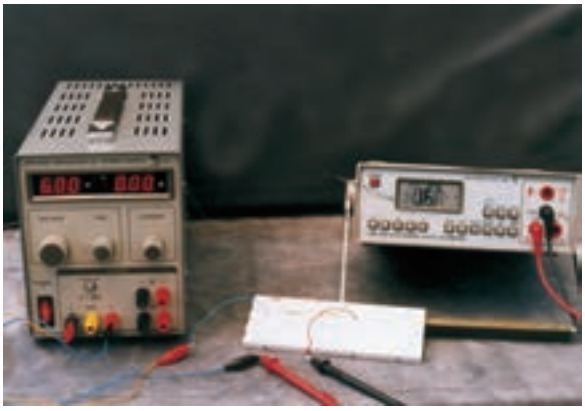
ب اندازه‌گیری و محاسبه شدت جریان در مدار سری

۱ـ مدار شکل ۵ـ۴۲ را روی بردبرد ببندید.

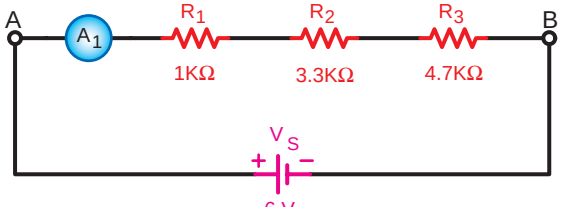
تذکر: دقت کنید که آمپرمتر به صورت سری در مدار قرار گیرد و حداقل رنج انتخاب شده برای ۱mA باشد.

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

$I_{R_1} =$ ☐



الف-تصویر واقعی مدار



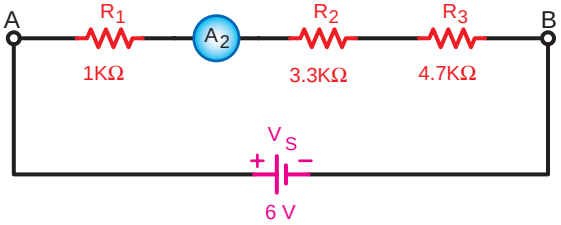
ب-تصویر مدار

شکل ۵ـ۴۲

۳ـ منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن آمپرمتر را مطابق شکل ۵ـ۴۳ تغییر دهید.

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

$I_{R_2} =$ ☐

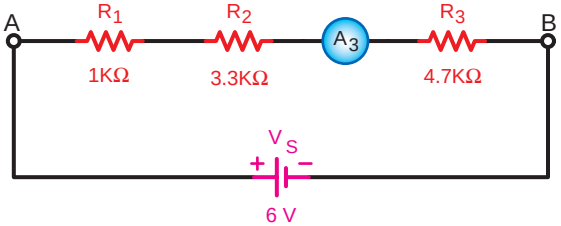


شکل ۵ـ۴۳

۵ـ منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن آمپرمتر را مطابق شکل ۵ـ۴۴ تغییر دهید.

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

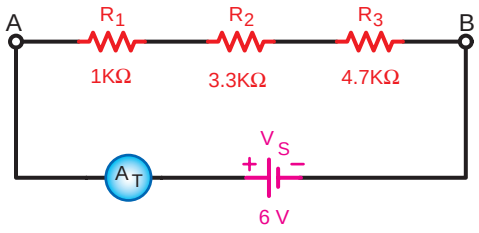
$I_{R_3} =$ ☐



شکل ۵ـ۴۴

۷ـ در آخریـن مرحلـه آمپرمتر را در مسـیر ورودی جریان به مدار قرار دهید و جریان کل مدار را اندازه بگیرید. (شکل۴۵ـ۵)

$I_T =$ ☐



شکل ۴۵ـ۵

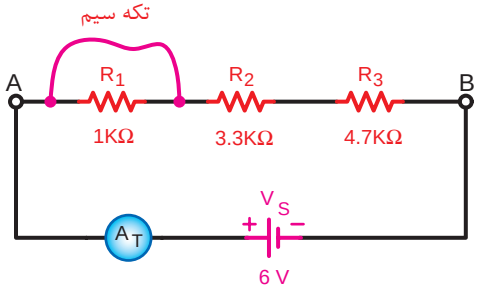
پاسخ سوال‌های

۸ـ از مقایسـه جریان های بدسـت آمده با یکدیگر چه نتیجه‌ای می گیرید؟ توضیح دهید.

۹ـ آیا نتایج به دسـت آمده در ایـن آزمایش با مطالب تئـوری و روابـط توضیح داده شـده مطابقت دارد؟ شـرح دهید.

۱۰ـ آیا براسـاس نتایج به دسـت آمده در این آزمایش می توان مقاومت کل مدار را به دسـت آورد؟ در صورتی که امکان دارد محاسبه کنید.

۱۱ـ مدار شـکل ۴۶ـ۵ را اتصال دهید. در شرایطی که منبع تغذیه خاموش است با تکه سیمی دو سر مقاومت R_1 را اتصـال کوتاه کنید. حداقل رنـج آمپرمتر باید روی عدد ۲mA باشد.



شکل ۴۶ـ۵

پاسخ سوال

۱۲ـ منبـع تغذیـه را وصل نموده و جریـان مدار را در ایـن حالت اندازه بگیرید. (جریان در حالتی که R_1 اتصال کوتاه است)

$I_{TSC} =$ ☐

۱۳ـ از مقـدار به دسـت آمـده I_{Tsc} (جریان اتصال کوتاه مدار در حالتی که R_1 اتصال کوتاه اسـت) چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ سوال ۱۳

۱۴ـ برای حفاظت مدار ۴۶ـ۵ در مقابل اتصال کوتاه چه قطعه‌ای را پیشنهاد می کنید؟

پاسخ سوال ۱۴

پ اندازه گیری و محاسبه ولتاژ در مدار سری

۱ـ مدار شکل ۴۷ـ۵ را روی بردبُرد ببندید.

تذکر: دقت کنید که ولت متر دو سـر مصرف کننده به صـورت موازی قرار گیرد و حداقل رنج انتخاب شـده برای آن 5V باشد.

۲ـ بـا وصل منبع تغذیه افت ولتاژ دو سـر مقاومت R_1 را اندازه بگیرید.

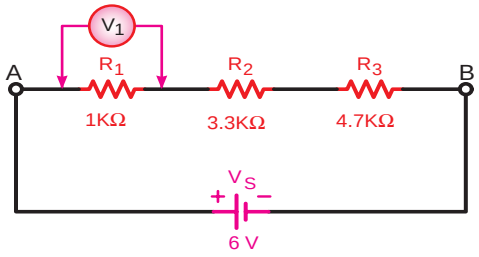
$V_{R_1} =$ ☐

۳ـ منبـع تغذیه را خاموش کنید و محـل قرار گرفتن ولت متر را مطابق شـکل ۴۸ـ۵ تغییر دهید و ولتاژ دو سـر مقاومت R_2 را اندازه بگیرید.

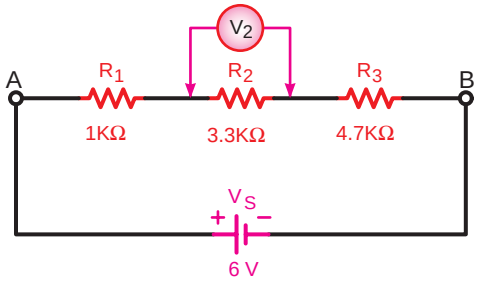
$V_{R_2} =$ ☐

بار دیگر مطابق شکل ۴۹ـ۵ برای بدست آوردن ولتاژ دو سر مقاومت ولت متر را در مدار قرار دهید.

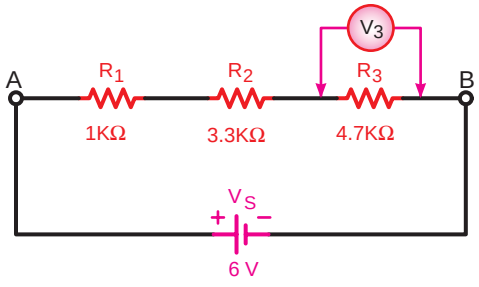
$V_{R_2} =$ ☐



شکل ۴۷ـ۵



شکل ۴۸ـ۵



شکل ۴۹ـ۵

۴ـ ولت متر را به دو سـر منبع تغذیه اتصال داده و ولتاژ خروجی آن را اندازه گیری کنید.

$V_S =$ ☐

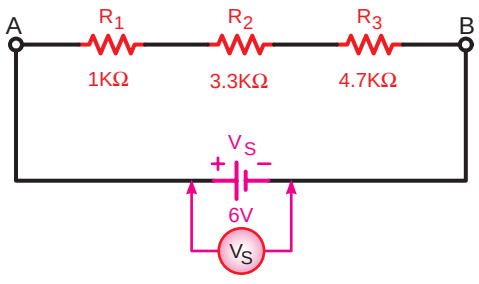
پاسخ سوال

۵ـ

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

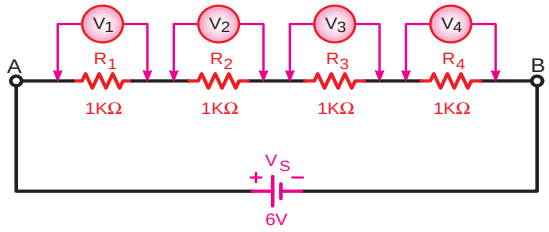
۶ـ آیـا نتایج به دسـت آمده با مطالب تئـوری و روابط مربوط به آن مطابقت دارد؟ با ذکر دلیل شرح دهید.

۷ـ آیا براساس نتایج آزمایش ها می توان جریان کل مدار و جریان هر یک از مقاومت ها را به دست آورد؟



شکل ۵ـ۵۰

۸ـ مدار شـکل مقابل را روی بردبُرد اتصال دهید و طی مراحـل مختلف و با انتقال ولت متر ولتاژ دو سـر هر یک از مقاومت ها را اندازه گیری کنید. توجه داشته باشید که کلید رنج ولت متر حداقل روی ۵ ولت باشد.



شکل ۵ـ۵۱

$V_{R_1} =$ ☐

$V_{R_2} =$ ☐

$V_{R_3} =$ ☐

$V_{R_4} =$ ☐

پاسخ سوال

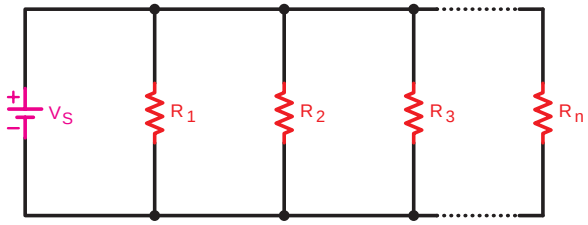
۹ـ

۹ـ از مقادیـر بـه دسـت آمـده در مدار شـکل ۵ـ۵۱ چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

۲ـ ۱ـ ۵ ـ اتصال موازی مقاومت ها:

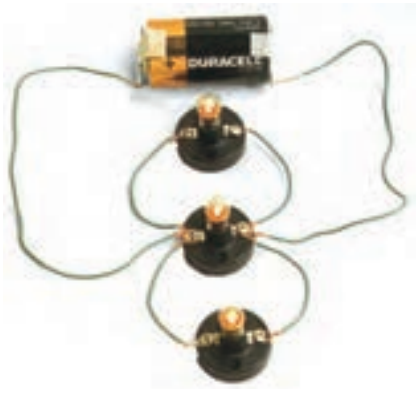
اگر دو یا چنـد مقاومت (n مقاومت) به ترتیبی اتصال داده شـوند کـه یک طرف هـر یک از آن ها بـه یکدیگر و طرف دیگر آن ها نیز به یکدیگر متصل شـوند این اتصال را «اتصال موازی[1]» می گویند.

شکل ۵ـ۵۲ تصویر چهار مقاومت را که به صورت موازی اتصال دارند نشان می دهد.



شکل ۵ـ۵۲ـ اتصال چند مقاومت موازی

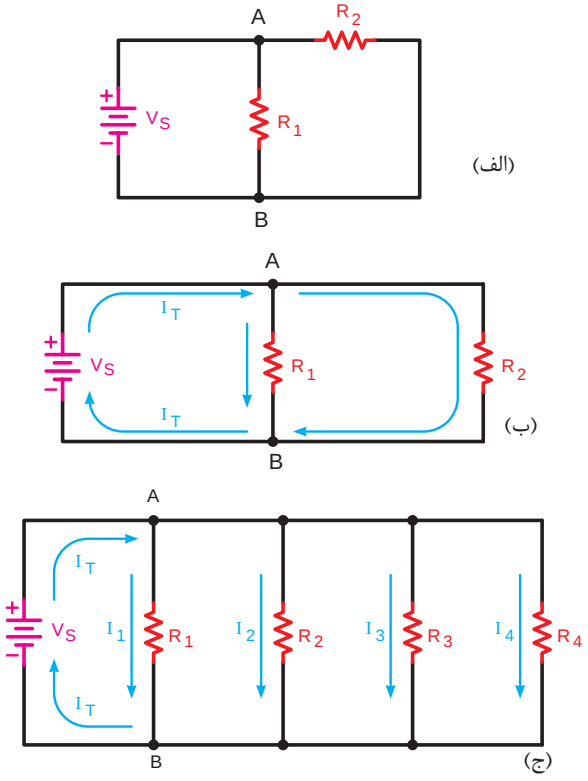
در شـکل ۵ـ۵۳ سه لامپ را که به صورت موازی بسته شده اند مشاهده می کنید.



شکل ۵ـ۵۳ اتصال سه لامپ به صورت موازی

در شکل ۵ـ۵۴ نمونه های دیگری از مدارهای موازی را مشـاهده می کنید. در این مدارها یک طرف مقاومت ها در نقطه A و طرف دیگـر مقاومت ها در نقطه B به هم وصل شده اند.

بیـن دو نقطه A و B قطب های (+) و (–) باتری اتصال داده شده است.

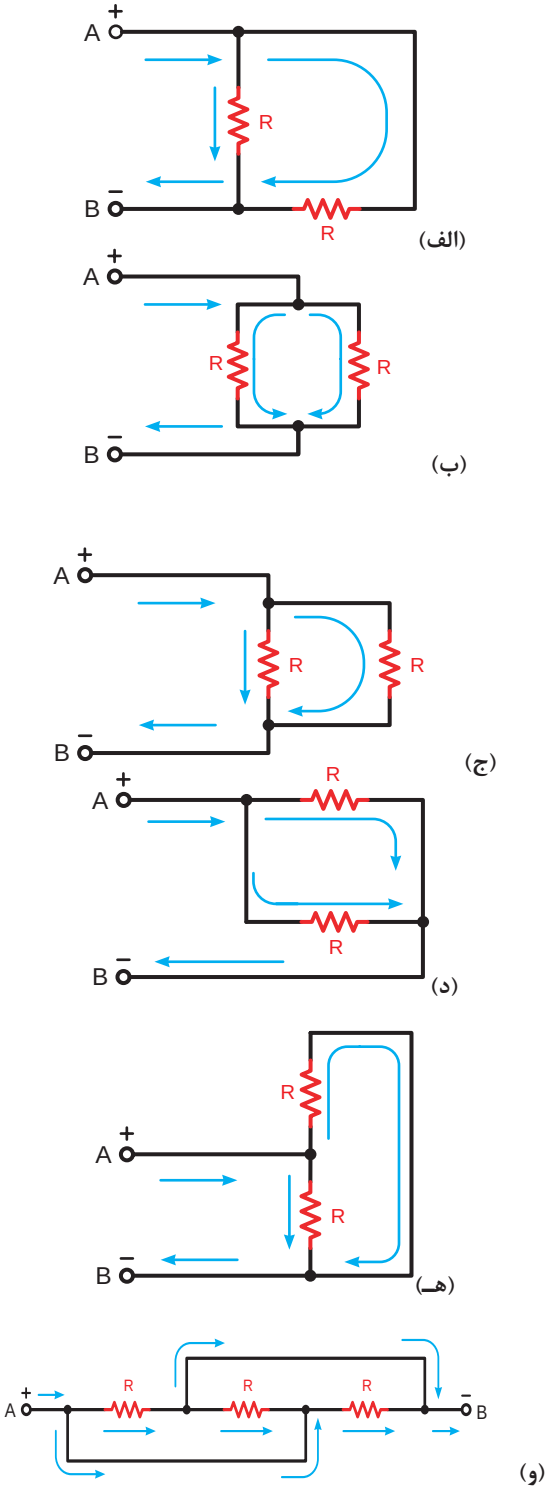


شکل ۵ـ۵۴ـ چند نمونه از مدارهای موازی

1 -Parallel

آرایش مقاومت‌های موازی می تواند به شکل های گوناگون باشد. برای تشخیص موازی بودن مقاومت ها باید به نقاط ابتدا و انتهای آن ها توجه کنید.

در تصاویر (الف) تا (و) از شکل (۵ـ۵۵) دو یا سه مقاومت را می توان مشاهده کرد که به صورت موازی اتصال داده شده اند. در نتیجه دو یا سه مسیر عبور جریان وجود دارند.



شکل ۵ـ۵۵ـ آرایش های مختلف مدارهای موازی

برای تحلیـــل مدارهای موازی می توانیـــم 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 مقاومت ها با هم مســـاوی است. مســـاوی بودن ولتاژ در مدار موازی به عنوان عامل مشـــترک مدار در نظر گرفته می شود. با اتصال مداری طبق شکل ۵ـ۵۶ مطلب فوق تأیید می شود.

ســـپس برای مدارهـــای مـــوازی می توان رابطـــه زیر را نوشت:

$$V_1 = V_2 = V_3 = \ldots\ldots = V_S$$

یعنی:

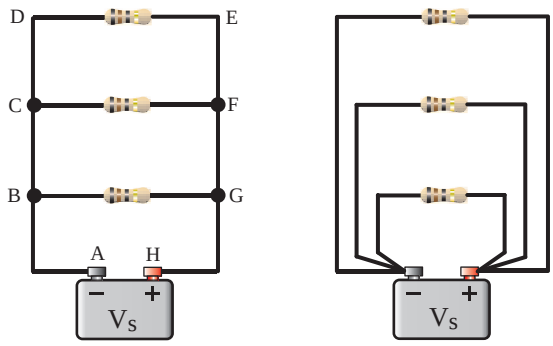
$$V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = \ldots\ldots = V_S$$

ـ عامل غیرمشترک در مدار موازی

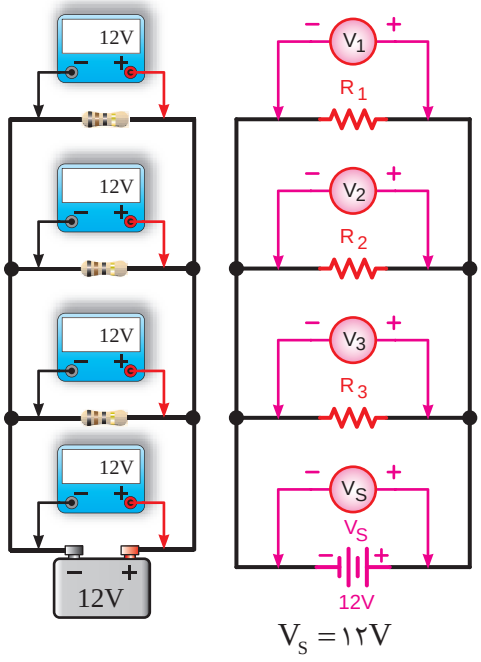
عاملـــی که در مدارهای مـــوازی دارای مقدار ثابتی برای تمام عناصر مدار نیســـت را «عامل غیرمشترک» می نامیم. جریان در هر شـــاخه یک مدار موازی به نسبت عکس مقدار مقاومت های هر شاخه تقسیم می شود. زیرا طبق قانون اهم $I = \frac{V}{R}$ است.

با اتصال مداری مطابق شکل ۵ـ۵۷ هر یک از آمپرمترهای A_1 , A_2 , A_3 و A_T جریانی مشخص را نشان می دهند.

جریـــان کل (I_T) که توســـط آمپرمتر A_T نشـــان داده می شود از قانون KCL پیروی می کند. رابطه جریان کل را می توان براساس این قانون به صورت مقابل نوشت:



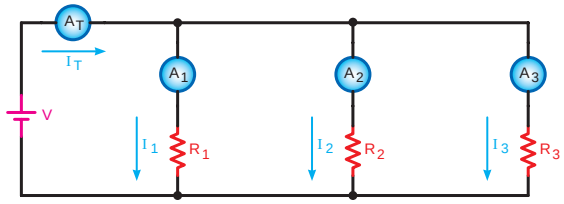
الف ـ شکل واقعی مقاومت ها



$V_S = ۱۲V$

ب ـ شکل مداری با وسایل اندازه گیری

شکل ۵ـ۵۶ـ مدار با چهار مقاومت موازی و وسایل اندازه گیری



شکل ۵ـ۵۷ـ بررسی جریان های هر شاخه و جریان کل در مدار موازی

ـ مقاومت معادل در مدار موازی:

برای محاسبه مقاومت معادل در مدار موازی شکل ۵ـ۵۸ می توان از رابطه نهایی R_T زیر استفاده کرد:

$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}+....+\frac{۱}{R_n}$$

نحـوه بدسـت آوردن رابطه مزبور به شـرح زیر اسـت:

خصوصیات مدار موازی

(۱) $V=V_{R_۱}=V_{R_۲}=V_{R_۳}=....=V_{R_n}$

(۲) $I_T=I_۱+I_۲+I_۳+....I_n$

بـا توجه به قانـون اهم برای هر مقاومت مطابق سـتون مقابل می توان نوشت:

حـال مقادیر جریان ها را در معادله (۲) قرار می دهیم و از V در طرف دوم معادله فاکتور می گیریم.

$$\frac{V}{R_T}=\frac{V}{R_۱}+\frac{V}{R_۲}+\frac{V}{R_۳}+....\frac{V}{R_n}$$

از V در طرف دوم فاکتور می گیریم.

$$\frac{V}{R_T}=V\left(\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}+....+\frac{۱}{R_n}\right)$$

مقـدار V از دو طـرف معادله حذف می شـود و معادل نهایی به صورت مقابل خواهد شد.

حالات خاص در مدارهای موازی مقاومتی

اگر چند مقاومت مساوی طبق شکل ۵ـ۵۹ به طور موازی به یکدیگر اتصال داده شـوند مقدار مقاومت معادل از رابطه زیر به دست می آید:

$$R_T=\frac{R}{n}$$

که در این رابطه:

R ـ مقدار یک مقاومت و

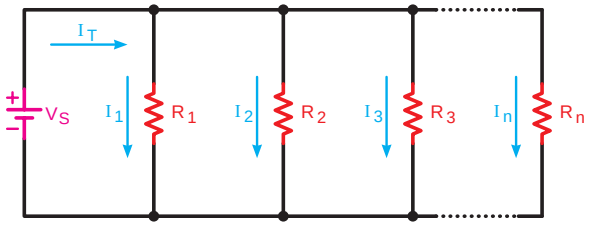
n ـ تعداد مقاومت ها می باشد.

$$R_T=\frac{۱۰}{۴}=۲/۵\,k\Omega$$

یعنی:

$$I_{A_T}=I_{A_۱}+I_{A_۲}+I_{A_۳}$$

$$I_T=I_۱+I_۲+I_۳$$



شکل ۵ـ۵۸ـ بررسی مقاومت معادل در مدار موازی

جریان عبوری از مقاومت $R_۱$: $I_۱=\frac{V}{R_۱}$

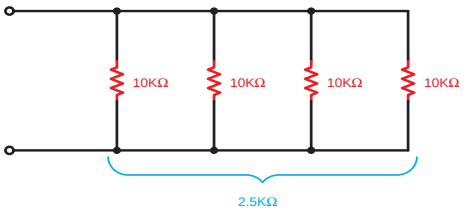
جریان عبوری از مقاومت $R_۲$: $I_۲=\frac{V}{R_۲}$

جریان عبوری از مقاومت $R_۳$: $I_۳=\frac{V}{R_۳}$

جریان عبوری از مقاومت R_n: $I_n=\frac{V}{R_n}$

جریان عبوری از کل مدار: $I_T=\frac{V}{R_T}$

$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}+....+\frac{۱}{R_n}$$



شکل ۵ـ۵۹ـ چهار مقاومت مساوی موازی

مثـال: مقـدار مقاومت معـادل مدار شـکل ۵ـ۶۰ چند کیلواهم است؟

$$R_T = \frac{۳۳}{۵} = ۶/۶\,k\Omega$$

نکته مهم:

مقـدار مقاومـت معـادل هـر مـدار مـوازی از کوچک تریـن مقاومـت موجـود در مدار نیـز کمتر است.

اگر دو مقاومت را به صـورت موازی اتصال دهیم مقـدار مقاومت معادل با اسـتفاده از رابطه اصلی (R_T) به صورت زیر خلاصه می شد:

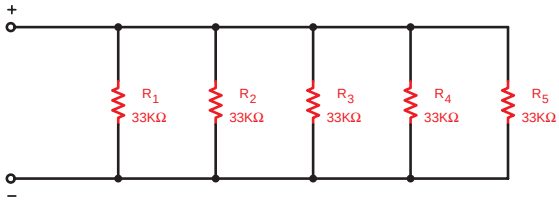
$$R_T = \frac{R_۱R_۲}{R_۱ + R_۲}$$

جریان های هـر شـاخه را در دو مقاومت موازی شـکل ۵ـ۶۲ با استفاده از جریان کل (I_T) می توان محاسبه کرد:

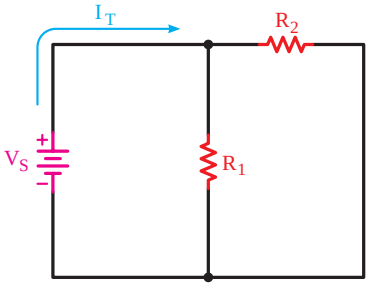
$$I_۱ = I_T \frac{R_۲}{R_۱ + R_۲}$$

$$I_۲ = I_T \frac{R_۱}{R_۱ + R_۲}$$

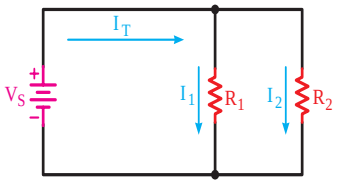
مثـال: دو لامـپ با مقاومت داخلی $۴\,\Omega$ مطابق شـکل ۵ـ۶۳ با هم موازی می شـوند و به باتـری ۱/۵ ولتی اتصال می یابند و در صورتی که جریان کل عبوری از مدار $۱/۵\,A$ باشد جریان هر یک از لامپ ها چقدر است؟



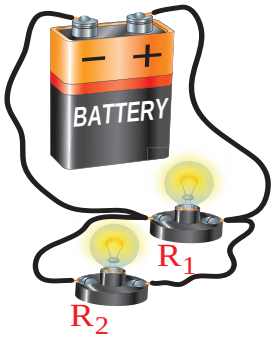
شکل ۵ـ۶۰



شکل ۵ـ۶۱

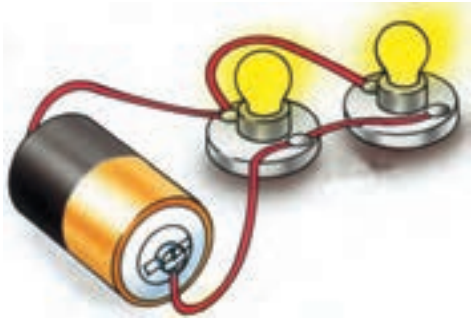


الف ـ شکل مداری



ب ـ شکل واقعی

شکل ۵ـ۶۲ـ دو مقاومت موازی



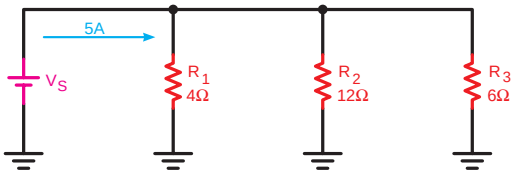
شکل ۵ـ۶۳ـ اتصال دو لامپ به صورت موازی

$$I_۱ = I\frac{R_۲}{R_۱ + R_۲} \Rightarrow I_۱ = ۱/۵ \times \frac{۴}{۴+۴} = ۰/۷۵A$$

$$I_۱ = I\frac{R_۲}{R_۱ + R_۲} \Rightarrow I_۲ = ۱/۵ \times \frac{۴}{۴+۴} = ۰/۷۵A$$

نکته مهم:

در دو شـاخه مـوازی، جریان هر شاخه از حاصل ضرب جریان کل در مقدار مقاومت شـاخه‌ای که جریان آن موردنظر نیست تقسیم بر مجموع دو مقاومت به دست می آید.



شکل ۵ـ۶۴

مثـال: مقاومت معادل و ولتاژ کل را در شـکل ۵ـ۶۴ به دست آورید.

$$\frac{۱}{R_T} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳}$$

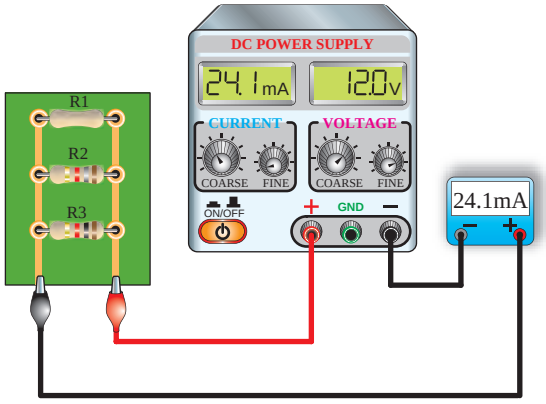
حل:

$$\frac{۱}{R_T} = \frac{۱}{۶} + \frac{۱}{۱۲} + \frac{۱}{۴} \Rightarrow \frac{۱}{R_T} = \frac{۲+۱+۳}{۱۲} = \frac{۶}{۱۲}$$

$$R_T = \frac{۱۲}{۶} = ۲\Omega$$

$$V_S = R_T.I_T \Rightarrow V_S = ۵ \times ۲$$

$$V_S = ۱۰V$$



شکل ۵ـ۶۵

مثال: مقدار مقاومت $R_۱$ شکل ۵ـ۶۵ را بدست آورید.

$$(R_۳ = ۱k\Omega \quad , R_۲ = ۱/۸K\Omega)$$

حل:

$$R_T = \frac{V}{I_T} = \frac{۱۲V}{۲۴/۱mA} = ۴۹۸\Omega$$

$$\frac{۱}{R_T} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳} \Rightarrow \frac{۱}{R_۱} = \frac{۱}{R_T} - \left(\frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳}\right)$$

$$\frac{۱}{R_۱} = \frac{۱}{۴۹۸\Omega} - \left(\frac{۱}{۱/۸k\Omega} + \frac{۱}{۱k\Omega}\right)$$

$$R_۱ = ۲/۲۱k\Omega$$

عملیات کارگاهی
(کار عملی ۲)

ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: بررسی مدارهای مقاومتی 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	۴ عدد
۳ـ بردبُرد	۱ عدد
۴ـ آوومتر دیجیتالی	۱ عدد
۵ـ آوومتر عقربه ای	۱ عدد
۶ـ میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۷ـ مقاومت های اهمی	
۱ وات $R_1 = 1k\Omega$	
۱ وت $R_2 = 3/3\,k\Omega$	
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

تذکر: قبل از شـروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.

الف

اندازه گیری و محاسبه مقاومت در مدار موازی مراحل اجرای آزمایش

۱ـ مقدار اهم و درصد خطای مقاومت های R_1 تا R_4 را با توجه به نوارهای رنگی به دست آورید و در جدول ۲ـ۵ یادداشت کنید.

۲ـ حوزه کار اهم متر را روی $R\times 1k$ قرار دهید و اهم هر یک از مقاومت ها را اندازه بگیرید و در جدول مقابل ثبت کنید.

۳ـ مقاومت های R_1 و R_2 و R_3 را مطابق شکل ۶۶ـ۵ روی بردبرد به صورت موازی اتصال دهید.

۴ـ کلید رنج اهم متر را روی ضریب $R\times 1k$ قرار دهید و مقاومت بین دو نقطه A و B را در شکل ۶۶ـ۵ اندازه گیری کنید.

$R_{AB_1} =$ ☐

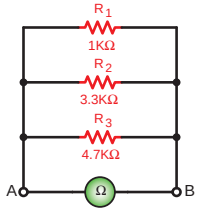
۵ـ مقاومت R_4 را مطابق شکل ۶۷ـ۵ به مدار اضافه کنید و کلید اهم متر را روی ضریب $R\times 1k$ قرار دهید. مقاومت مدار را بین نقطه A و B اندازه گیری کنید.

$R_{AB_2} =$ ☐

جدول ۲ـ۵

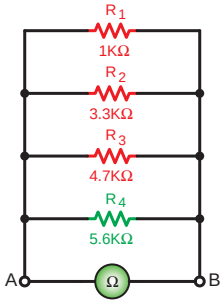
مقدار اندازه گیری شده	مقدار تلرانس خوانده شده	نوار های رنگی	مقاومت
			R_1
			R_2
			R_3
			R_4

الف-شکل واقعی مدار



ب-شکل مداری

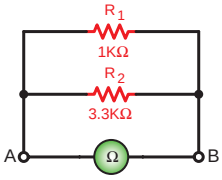
شکل ۶۶ـ۵



شکل ۶۷ـ۵

۶ـ مطابق شکل ۵ـ۶۸ دو مقاومت R_3 و R_4 را از مدار خارج کنید به وسیله اهم متر مقاومت معادل مدار را بین دو نقطه A و B اندازه گیری کنید.

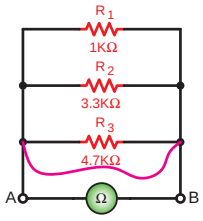
$R_{AB_3} =$ ☐



شکل ۵ـ۶۸

۷ـ مداری را مطابق شکل ۵ـ۶۹ اتصال دهید و با یک قطعه سیم دو طرف مقاومت R_3 را به یکدیگر وصل کنید (اتصال کوتاه). مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

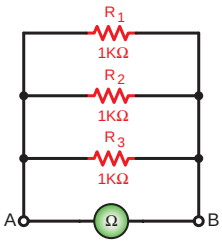
$R_{AB_4} =$ ☐



شکل ۵ـ۶۹

۸ ـ سه مقاومت $1k\Omega$ را مطابق شکل ۵ـ۷۰ به صورت موازی اتصال دهید و با اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه گیری کنید.

$R_{AB_5} =$ ☐

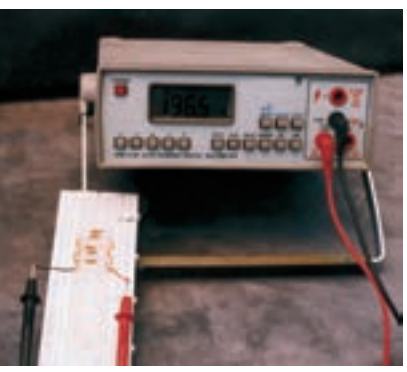


شکل ۵ـ۷۰

۹ـ به مدار شکل ۵ـ۷۱ دو مقاومت $1k\Omega$ را به صورت موازی طبق شکل ۵ـ۷۰ اضافه کنید. با اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

$R_{AB_6} =$ ☐

۱۰ـ از مقادیر به دست آمده R_{AB_5} در مرحله ۸ و R_{AB_6} در مرحله ۹ چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.


الف-شکل مداری

ب-شکل واقعی مدار

شکل ۵-۷۱

۱۱ـ بـا اضافـه کـردن مقاومت R_4 به شـکل ۶۶ـ۵ یا کم کردن مقاومت های R_3 و R_4 طبق شکل ۶۸ـ۵ مقاومت معادل مدار بین دو نقطه A و B چگونه تغییر کرده اسـت؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۲ـ در صـورت اتصـال کوتاه شـدن یکـی از مصرف کننده هـای مدار موازی، مقاومت معـادل مدار چه تغییری می کند؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۳ـ آیا نتایج به دسـت آمده از مراحل مختلف آزمایش بـا مطالب تئـوری و روابط مربوط به مدار مـوازی مطابقت دارد؟ شرح دهید. (با ذکر دلیل)

۱۴ـ در صورتـی که پـس از انجام آزمایـش نتیجه ای قابل قبول به دسـت نیامد، یا پاسخ ها صحیح نبود، قطعات، وسایل اندازه گیری و مدار را بررسی کنید و مراحل آزمایش را مجدداً انجام دهید.

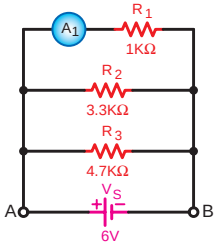
ب اندازه گیـری و محاسـبه شـدت جریان در مدار موازی

ـ مدار شکل ۷۲ـ۵ را روی بردبُرد ببندید.

تذکر: دقت کنید که آمپرمتر در مدار سری بسته شود و حداقل رنج انتخاب شده برای آن ۱۰mA باشد.

۲ـ منبـع تغذیـه dc را وصل کنیـد و جریان عبوری از مقاومت R_1 را اندازه بگیرید.

$I_{R_1} =$ ☐



شکل ۷۲ـ۵

۳ـ منبـع تغذیـه را خاموش کنید و محـل قرار گرفتن آمپرمتر را مطابق شکل ۵ـ۷۳ تغییر دهید.

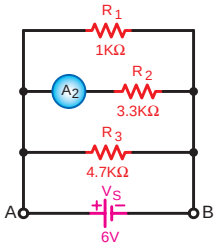
۴ـ کلیـد منبع تغذیه را وصـل کنید و جریان عبوری از مقاومت R_2 را اندازه بگیرید.

$I_{R_2} =$ ☐

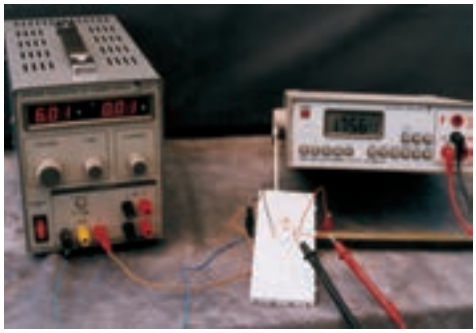
۵ـ منبـع تغذیـه را خاموش کنید و محـل قرار گرفتن آمپرمتر را مطابق شکل ۵ـ۷۴ تغییر دهید.

۶ـ کلید منبـع تغذیه را وصل کنیـد و جریان مقاومت R_3 را اندازه بگیرید.

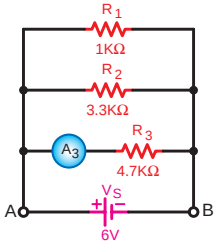
$I_{R_3} =$ ☐



شکل ۵ـ۷۳



الف-شکل واقعی مدار



ب-شکل مداری

شکل ۵-۷۴

پ اندازه‌گیری و محاسبه ولتاژ در مدار موازی

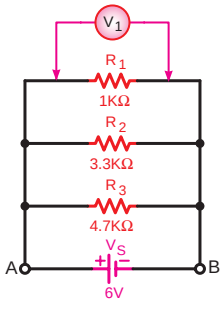
۱ـ مدار شکل ۵ـ۵۷ را روی بردبُرد ببندید.

تذکر: دقت کنید که ولت متر باید به صورت موازی در دو سـر مصرف کننده قرار گیرد و حداقل رنج را برای ولت متر ۱۰v انتخاب کنید.

۲ـ کلیـد منبع تغذیه را وصل کنید و افت ولتاژ دو سـر مقاومت R_1 را قرائت نمایید.

$V_{R_1} =$ ☐

الف-شکل واقعی مدار



ب-شکل مداری

شکل ۵-۷۵

۳ـ منبـع تغذیـه را خاموش کنید و محـل قرار گرفتن ولت متر را مطابق شـکل ۵ـ۷۶ برای به دسـت آوردن ولتاژ مقاومت R_2 تغییر دهید.

۴ـ منبع تغذیه را روشـن کنید و ولتاژ دو سـر مقاومت R_3 را اندازه بگیرید.

$V_{R_2} =$ ☐

۵ـ منبـع تغذیه را خاموش کنیـد و ولت متر را برای به دسـت آوردن ولتاژ دو سر مقاومت R_3 مطابق شکل ۵ـ۷۷ وصل کنید.

۶ـ منبع تغذیه را روشـن کنید و ولتاژ دو سـر مقاومت R_3 را اندازه بگیرید.

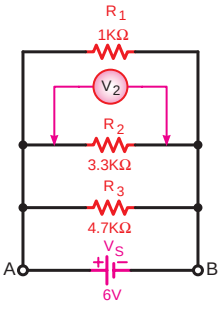
$V_{R_2} =$ ☐

۷ـ ولت متر مطابق شکل ۵ـ۷۸ را به دو سر منبع تغذیه اتصال داده و ولتاژ باتری را اندازه بگیرید.

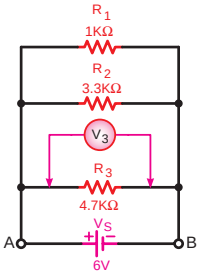
$V_S =$ ☐

۸ـ از مقایسه مقادیر ولتاژهای به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

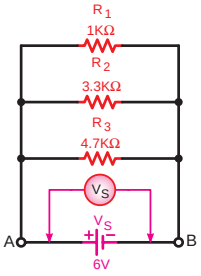
۹ـ آیـا نتایج به دسـت آمده با مطالب تئـوری و روابط مربوط به آن مطابقت دارد؟



شکل ۵ـ۷۶



شکل ۵ـ۷۷

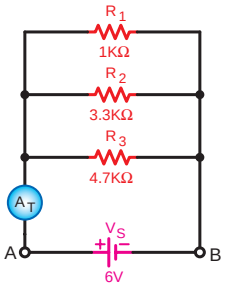


شکل ۵ـ۷۸

۱۰ـ آیـا براسـاس نتایج به دسـت آمـده از آزمایش ها جریـان کل و جریان هـر یک از مقاومت هـا را می توان به دست آورد؟

۱۱ـ در آخریـن مرحلـه، آمپرمتر را در مسـیر ورودی جریـان به مدار قرار دهید و طبق شـکل ۵ـ۷۹ جریان کل مـدار را اندازه بگیریـد. در این حالت باید کلید رنج آمپرمتر حداقل ۱۰۰mA باشد.

$I_T =$ ☐



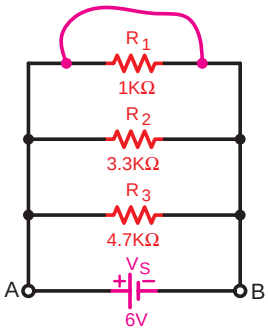
شکل ۵ـ۷۹

۱۲ـ از مقایسـه جریان های اندازه گیری شده با یکدیگر چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۳ـ آیا نتایج به دست آمده از آزمایش با مطالب تئوری و روابط مربوط به آن مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۱۴ـ آیا براسـاس نتایج به دست آمده از آزمایش مرحله ۱۰ می توان مقاومت کل مدار را به دسـت آورد؟ محاسـبه کنید.

۱۵ـ در شـرایطی کـه منبع تغذیه خاموش اسـت مدار شـکل ۵ـ۸۰ را اتصـال دهید و با یک قطعه سـیم دو سـر مقاومت R_1 را اتصال کوتاه کنید.



شکل ۵ـ۸۰

توجه

۱۶ـ هیچ گاه 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 بـرای حفاظت مدار شـکل ۵ـ۸۰ در مقابل اتصال کوتاه چه قطعه‌ای را پیشنهاد می کنید؟

۱۹ـ مدار شـکل ۵ـ۸۱ را روی بردبُرد اتصال دهید و در مراحـل جداگانه جریان هر یک از مقاومت ها را اندازه گیری کنید. (کلید رنج آمپرمتر حداقل روی ۱۰mA باشد).

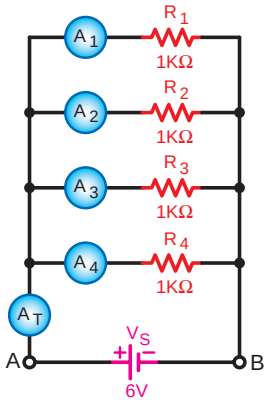
$I_{R_1} =$ ☐

$I_{R_2} =$ ☐

$I_{R_3} =$ ☐

$I_{R_4} =$ ☐

$I_T =$ ☐

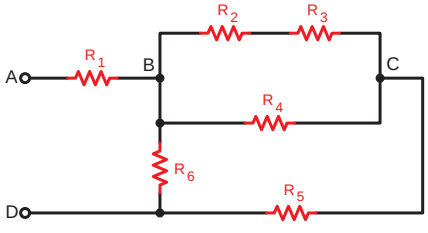


شکل ۵ـ۸۱

۲۰ـ از مقادیر به دسـت آمده در مدار شـکل ۵ـ۸۱ چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

۳ـ۱ـ۵ـ اتصال ترکیبی «سری ـ موازی» مقاومت ها:

مدارهای «سـری ـ موازی» به مدارهایی گفته می شود که برخی از عناصر موجود در آن به صورت سری و تعدادی دیگر به صورت موازی قرار گیرند. شـکل ۵ـ۸۲ نمونه‌ای از این نوع مدارها را نشان می دهد.

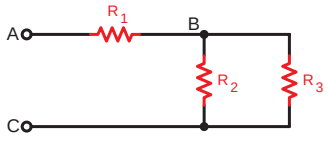


شکل ۵ـ۸۲

در محاسبه مقاومت معادل این گونه مدارها باید به نکات زیر توجه کنید.

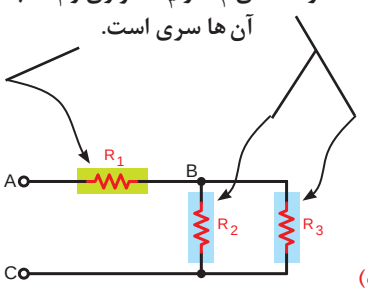
۱ـ برای ساده کردن مدار باید از انتهای مدار، یعنی نقاطی که منبع تغذیه وجود ندارد یا نقاط باز مشخص شده در مدار هستند آغاز کنیم.

۲ـ برای محاسبه R_T در هر قسمت مدار، لازم است از روابط مقاومت معادل در مدارهای سری و مدارهای موازی استفاده کنیم. (شکل های ۵ـ۸۳ و ۵ـ۸۴)



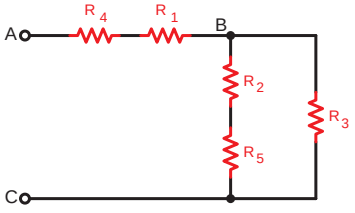
(الف)

مقاومت های R_2 و R_3 موازی و R_1 با آن ها سری است.



(ب)

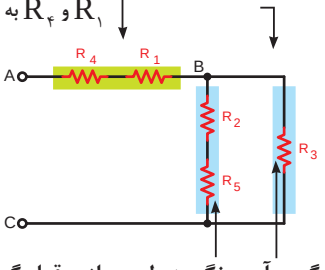
شکل ۵ـ۸۳



(الف)

گروه های سایه دار به طور سری قرار گرفته اند.

R_1 و R_4 به طور سری قرار گرفته‌اند



(ب)

گروه آبی رنگ به طور موازی قرار گرفته‌اند

شکل ۵ـ۸۴

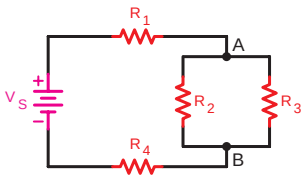
نمونه هایی از مدارهای ترکیبی سری موازی به همراه نحوه قرار گرفتن مقاومت ها را در کنار هم نشان می دهند.

برای آشنایی بیشتر با این مدارها به ذکر مثال هایی می پردازیم:

مثال: رابطه کلی محاسبه R_T را برای شکل ۵ـ۸۵ بنویسید.

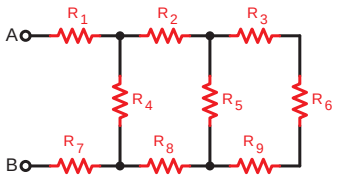
حل: همان گونه که مشاهده می شود مقاومت های R_3 و R_2 به صورت موازی بسته شده اند. مقاومت معادل این دو مقاومت با دو مقاومت R_1 و R_4 به صورت سری قرار دارد. پس می توان نوشت:

$$R_T = R_1 + (R_2 \| R_3) + R_4$$ [1]



شکل ۵ـ۸۵

مثال: نحوه محاسبه مقاومت معادل مدار شکل ۵ـ۸۶ را به ترتیب بنویسید و مدار را در هر یک از حالت رسم کنید.

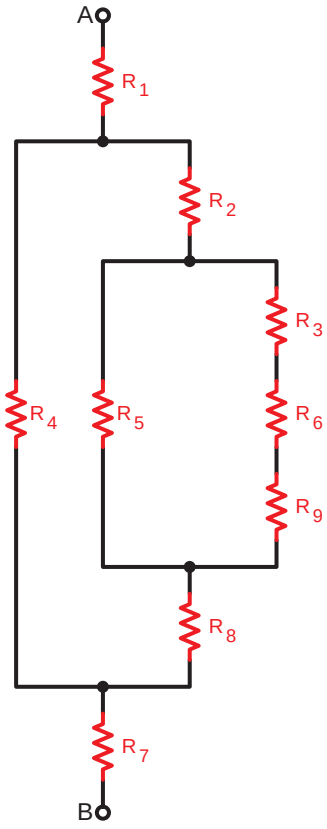


شکل ۵ـ۸۶

۱- در برخی موارد برای خلاصه نویسی از علامت (‖) برای مشخص کردن مقاومت‌های موازی و از علامت (+) برای مشخص کردن مقاومت‌های سری استفاده می‌شود.

حل:

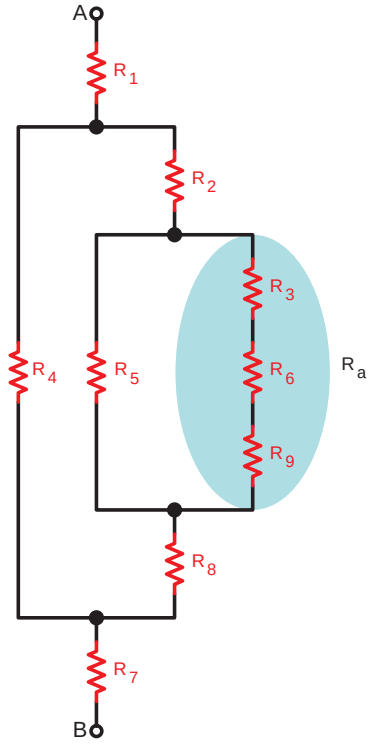
مرحلـه ۱: شـکل ۵ـ۸۷ را بـه صورت سـاده تر رسـم می کنیم تا مفهوم سـری ـ موازی در مـدار مورد نظر بهتر مشخص شود.



شکل ۵ـ۸۷

مرحلـه ۲: مقاومـت معـادل سـه مقاومت R_3 ، R_4 و R_9 را کـه به صورت سـری قرار گرفته انـد R_a می نامیم و مقـدار مقاومت معـادل آن را چنین به دسـت می آوریم. (شکل ۵ـ۸۸)

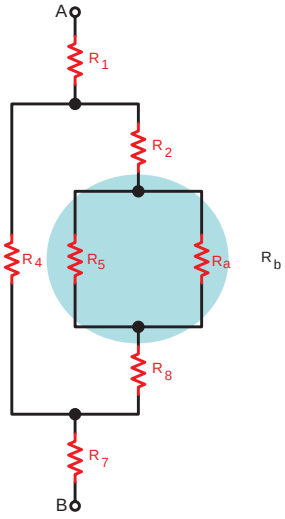
$$R_a = R_3 + R_4 + R_9$$



شکل ۵ـ۸۸

مرحلـه ۳: مقاومت معادل دو مقاومت R_a و $R_۵$ که به صورت موازی قرار گرفته‌اند را R_b می‌نامیم و معادل آن را بدست می‌آوریم. (شکل ۸۹ـ۵)

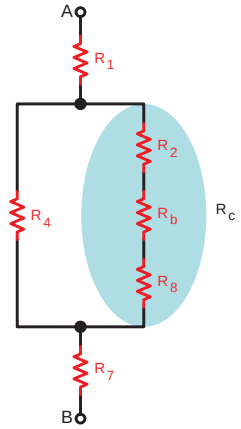
$$R_b = \frac{R_۵ \times R_a}{R_۵ + R_a}$$



شکل ۸۹ـ۵

مرحله ۴: در این مرحله مقاومت معادل به دست آمده در مرحله قبل را که به صورت سری با مقاومت‌های $R_۲$ و $R_۸$ قرار دارد را محاسبه می‌کنیم. (شکل ۹۰ـ۵)

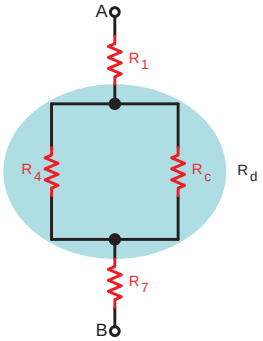
$$R_c = R_۲ + R_b + R_۸$$



شکل ۹۰ـ۵

مرحلـه ۵: مقاومت معادل R_c در این مرحله با مقاومت $R_۴$ بـه صورت مـوازی قـرار می‌گیـرد. مقاومـت معادل آن‌هـا را R_d می‌نامیـم و مقدار آن را محاسـبه می‌کنیم. (شکل ۹۱ـ۵)

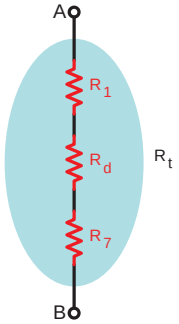
$$R_d = \frac{R_۴ \times R_c}{R_۴ + R_c}$$



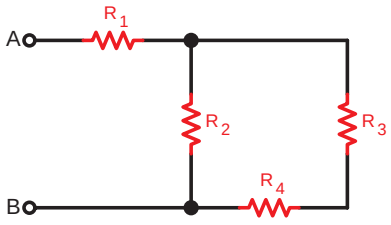
شکل ۹۱ـ۵

مرحله ۶: در این مرحله مقاومت R_d با دو مقاومت $R_۱$ و $R_۷$ به صورت سـری قرار می‌گیرد. با محاسـبه مقاومت معادل این سـه مقاومت مقـدار مقاومت معـادل کل مدار به دست می‌آید. شکل (۹۲ـ۵)

$$R_{AB} = R_t = R_۱ + R_d + R_۷$$

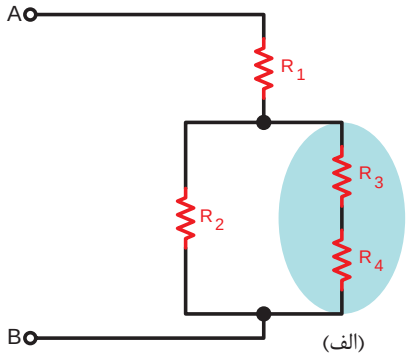


شکل ۹۲ـ۵



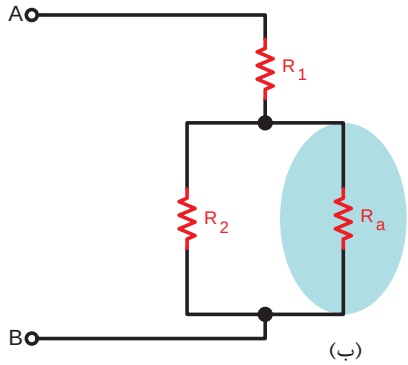
شکل ۹۳ـ۵

مثـال: مقدار مقاومت معادل شـکل ۹۳ـ۵ را در صورتی که $R_۱ = ۱۲\Omega, R_۲ = ۴\Omega, R_۳ = ۲\Omega, R_۴ = ۱۰\Omega$ است را حساب کنید.



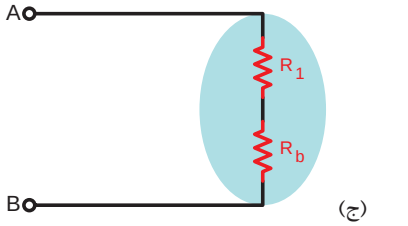
حل: ابتدا مدار را به صورت شکل ساده شده (۹۴ـ۵ـالف) در می آوریـم و معـادل دو مقاومـت سـری $R_۳$ و $R_۴$ را محاسبه می کنیم.

$$R_a = R_۳ + R_۴ = ۱۰ + ۲ = ۱۲\Omega$$



مقاومت معادل مقاومت های $R_۲$ و R_a را که به صورت موازی هسـتند و مقدار آن ها نیز مسـاوی اسـت حسـاب می کنیم.

$$R_b = \frac{R_a}{۲} = \frac{۴ \times ۱۲}{۴ + ۱۲} = ۳\Omega$$



مقاومت های معادل به دسـت آمـده مرحله قبل (R_b) را با مقاومت $R_۱$ صورت سـری در نظر می گیریم و مقاومت معادل آن برابر خواهد شد با:

$$R_c = R_۱ + R_b = ۳ + ۱۲ = ۱۵\Omega$$

شکل ۹۴ـ۵

مقاومت به دسـت آمده برابر با مقاومت معادل کل مدار است، (شکل ۹۴ـ۵ـ د)

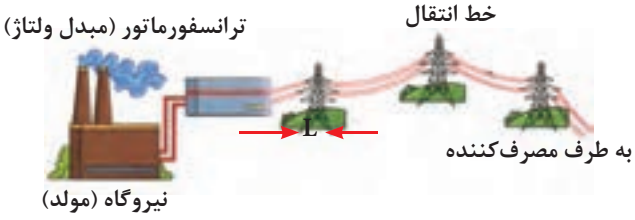
$$R_c = R_t = ۱۵\Omega$$

۲ـ۵ـ افت ولتاژ در هادی ها

همان طوری که می دانید سیم های رابط دارای مقاومت الکتریکی هستند. هم چنین طبق قانون اهم با عبور جریان الکتریکی از یک مقاومت ولتاژی در دو سر آن به وجود می آید.

هر قدر فاصله بین منبع تغذیه (مولد) و مصرف کننده بیشتر باشد، مقدار مقاومت سیم های رابط بیشتر می شود و افت ولتاژ در طول مسیر نیز زیادتر خواهد شد.

شکل ۹۵ـ۵ شبکه ای را نشان می دهد که بین تولیدکننده (نیروگاه) و مصرف کننده فاصله زیاد است.



شکل ۹۵ـ۵

چون این ولتاژ به صورت ناخواسته در مدار به وجود می آید لذا باعث کاهش ولتاژ منبع تغذیه اصلی (V_S) می شود و ولتاژ کمتری برای مصرف کننده (V_L) جهت انجام کار فرستاده می شود. لذا ولتاژ تلف شده در مسیر بین مولد و مصرف کننده را افت ولتاژ می نامند و آن را با (ΔV) نشان می دهند.

شکل ۹۶ـ۵ـ افت ولتاژ بین مولد و مصرف کننده

شکل ۹۶ـ۵ نمونه ای از تلف شدن ولتاژ در سیم را نشان می دهد.

طبق شکل ۹۶ـ۵ اگر فاصله بین منبع تغذیه و مصرف کننده L متر باشد، افت ولتاژ مسیر از رابطه مقابل به دست می آید.

ولتاژ مصرف کننده – ولتاژ تولید کننده=افت ولتاژ مسیر

$$\Delta V = V_S - V_L$$

مقدار ΔV با استفاده از مقدار مقاومت سیم های رابط نیز قابل محاسبه است. چون هر مسیر از دو سیم تشکیل می شود لذا رابطه دقیق برای ΔV به صورت زیر درمی آید.

$$\Delta V = 2RI$$

که در این رابطه:

R ـ مقاومت یک رشته سیم در طول مسیر

I ـ جریان عبوری از سیم

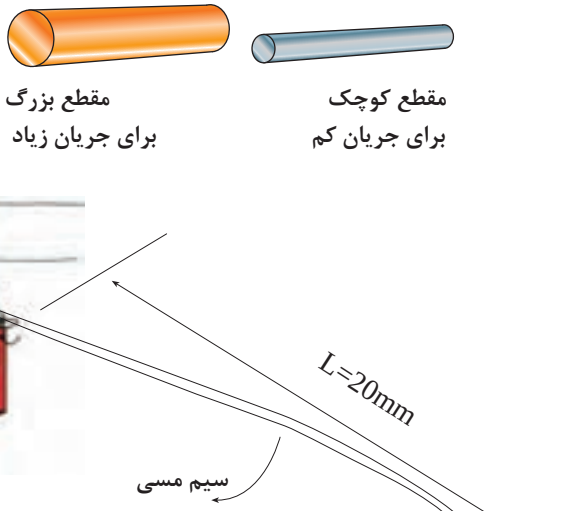
جدول ۳ـ۵

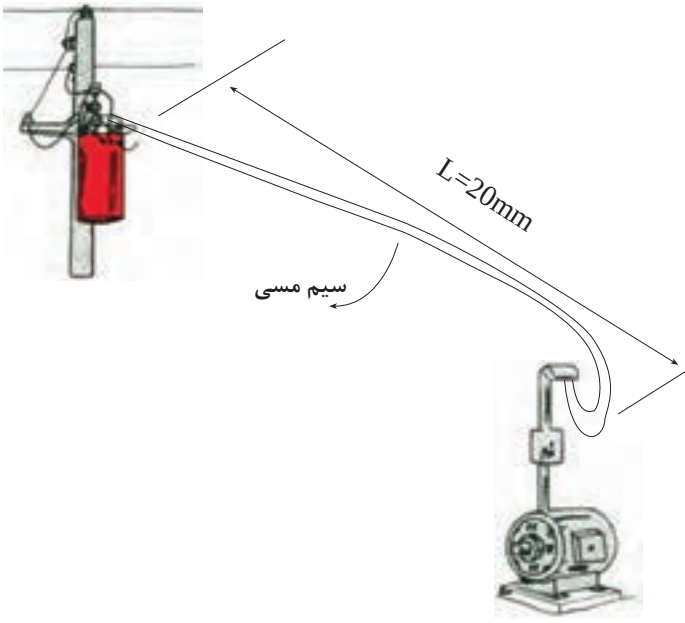
محل مورد نظر	استاندارد	شرح
مصارف روشنایی(لامپ ها)	%۱/۵	$\Delta V = \frac{۱/۵}{۱۰۰} \times VS$
مصارف صنعتی(موتورها)	%۳	$\Delta V = \frac{۳}{۱۰۰} \times VS$

افت ولتاژ مجاز معمولاً برحسب درصدی از ولتاژ منبع تغذیه بیان می شود. برای اینکه مقدار افت ولتاژ در مدارهای روشنایی و صنعتی بیش از حد قابل قبول نشود آن را به صورت استانداردی طبق جدول ۳ـ۵ تعریف می کنند. برای محاسبه ΔV بر حسب درصد از رابطه مقابل می توان استفاده کرد. در این رابطه ΔV مقدار افت ولتاژ مدار و V مقدار ولتاژ شبکه است.

$$\%\Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times ۱۰۰$$

برای کاهش افت ولتاژ ΔV در طول مسیر باید متناسب با نوع مصرف کننده و مقدار جریان عبوری، سیمی با سطح مقطع مناسب انتخاب کرد. (سطح مقطع کوچک برای جریان کم و سطح مقطع بزرگ برای جریان زیاد).





شکل ۹۷ـ۵ـ محاسبه افت ولتاژ در خط

مثال: یک موتور الکتریکی با جریان مصرفی ۱۰A در فاصله ۲۰ متری از منبع تغذیه ۲۰۰ ولتی قرار دارد. اگر بخواهیم با استفاده از سیم مسی $(\chi_{cu} = ۵۶)$ به آن برق رسانی کنیم، سطح مقطع سیم مناسب را حساب کنید.

حل: چون مصرف کننده موتور است با توجه به جدول ۳ـ۵ در صد ΔV را برابر با ۳٪ در نظر می گیریم و مقدار آن را محاسبه می کنیم.

$$\Delta V = \frac{۳}{۱۰۰} \times ۲۰۰ = ۶v$$

پس از به دست آوردن ΔV مقدار R را تعیین می کنیم:

$$\Delta V = ۲RI$$

$$R = \frac{\Delta V}{۲I} = \frac{۶}{۲ \times ۱۰} = \frac{۶}{۲۰} = ۰/۳\Omega$$

با استفاده از رابطه $R = \frac{L}{\chi.A}$ مقدار A را به دست می آوریم:

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

$$A = \frac{۲۰}{۵۶ \times ۰/۳} = ۱/۱۹ mm^۲$$

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 می کند سطح مقطع سیم مناسب از جنس مس چقدر است؟

حل: چون مصرف کننده موتوری نیست و محل قرارگرفتن آن بعد از کنتور می باشد لذا طبق جدول ۳ـ۵ برای مقدار ΔV داریم:

$$\%\Delta V = \%۱/۵$$

$$\%\Delta V = \frac{\Delta V}{V}\times ۱۰۰ \Rightarrow \Delta V = \frac{\%\Delta V \times V}{۱۰۰} = \frac{۱/۵\times ۲۲۰}{۱۰۰} = ۳/۳\,V$$

$$\Delta V = ۲RI = ۲\frac{L}{\chi.A}.I$$

$$A = \frac{۲LI}{\chi.\Delta V} = \frac{۲\times ۲۰\times ۱۰}{۵۶\times ۳/۳} = \frac{۴۰۰}{۱۸۴/۸} = ۲/۱۶\,mm^۲$$

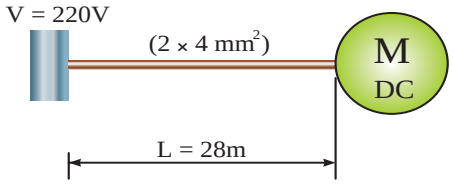
شکل۹۸-۵بخاری برقی

مثال: یک موتور جریان dc به وسیله 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 می باشد 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 می باشد؟



شکل ۹۹ـ۵

حل:

الف-

$$\Delta V = ۲RI = \frac{۲LI}{\chi.A}$$

$$\Delta V = \frac{۲\times ۲۸\times ۲۳}{۵۶\times ۴} = ۵/۷۵\,V$$

$$\%\Delta V = \frac{\Delta V}{V}\times ۱۰۰$$

ب ـ

$$\%\Delta V = \frac{۵/۷۵}{۲۲۰}\times ۱۰۰ = \%۲/۶$$

ج ـ چون افت ولتاژ به دست آمده کمتر از حد مجاز برای موتورها (٪۳) است لذا می توان سطح مقطع کابل انتخاب شده را مناسب دانست.

۳-۵- انواع پیل ها

قبل از معرفی انواع پیل ها لازم است با دو مفهوم زیر آشنا شویم:

الف ـ پیل الکتروشیمیایی[1]: مجموعه ای است که می تواند انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل کند. مانند باتری اتومبیل.

ب ـ باتری: از کنار هم قرار گرفتن چند پیل الکتروشیمیایی یک باتری تشکیل می شود. در بین عامه به اشتباه از اصطلاح باتری به جای پیل استفاده می شود.

پیل ها به دو دسته «پیل های اولیه[2]» و «پیل های ثانویه[3]» تقسیم می شوند.

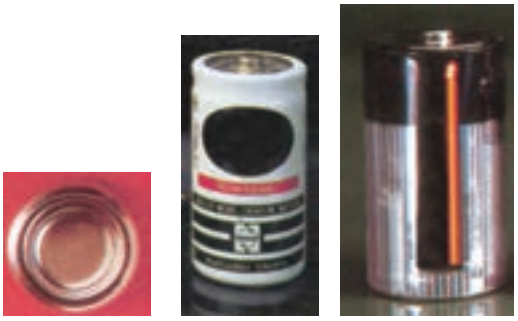
۱ـ۳ـ۵ـ پیل های اولیه

پیل هایی هستند که پس از تخلیه نمی توان آن ها را مجدداً استفاده کرد زیرا قابل پر کردن (شارژ) نیستند. این پیل ها در صنعت اصطلاحاً تحت عنوان «پیل های خشک» معروف هستند.

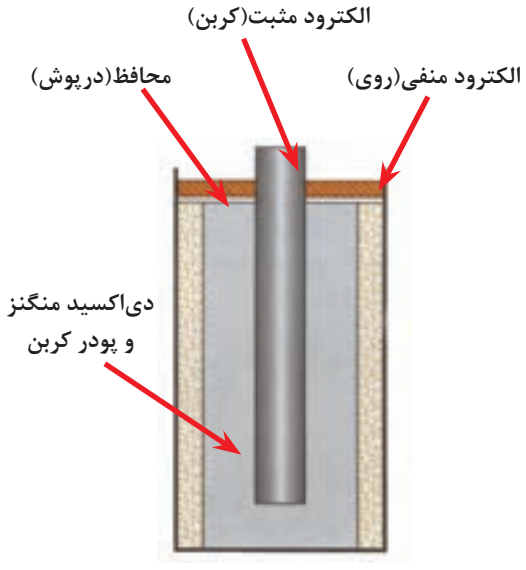
مهم ترین آن ها به شرح زیر است:

ـ پیل روی ـ کربن:پایه مثبت این پیل از یک میله کربنی و پایه منفی آن از یک ظرف استوانه ای از جنس روی تشکیل می شود. پایه مثبت در درون ظرف قرار دارد و فضای بین آن ها توسط محلولی (الکترولیت) از جنس پودر کربن و موادی دیگر که به صورت خمیر است پر می شود. ولتاژ این پیل ها در حدود ۱/۵ ولت است و دارای عمر نسبتاً طولانی هستند ساختمان داخلی و شکل ظاهری یک نمونه از این پیل را در شکل ۱۰۱ـ۵ مشاهده می کنید.

ـ پیل اکسید نقره: الکترود مثبت این نوع پیل از جنس روی و الکترود منفی آن از جنس اکسید نقره و محلول الکترولیت آن هیدروکسید پتاسیم یا هیدروکسید سدیم است.



شکل ۱۰۰-۵



الف-ساختمان داخلی

ب-شکل ظاهری

شکل ۱۰۱-۵

الف)

1 -Electrochemical Cell

2 -Primary Cell

3 -Secondry Cell

ابعاد پیل اکسید نقره کوچک است و ولتاژی در حدود ۱/۵ ولت دارد. این پیل در انواع ماشین حساب ها، ساعت های مچی و ... مورد استفاده قرار می گیرد. شکل ۱۰۲ـ۵ این نوع باتری ها را نشان می دهد.

ـ پیل قلیایی: این نوع پیل از نظر ساختمان و طرز کار شبیه پیل روی ـ 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 می باشد. داشتن قابلیت جریان دهی بالا و عمر زیاد را می توان از خصوصیات این قبیل پیل ها ذکر کرد. این پیل را در شکل ۱۰۳ـ۵ مشاهده می کنید.

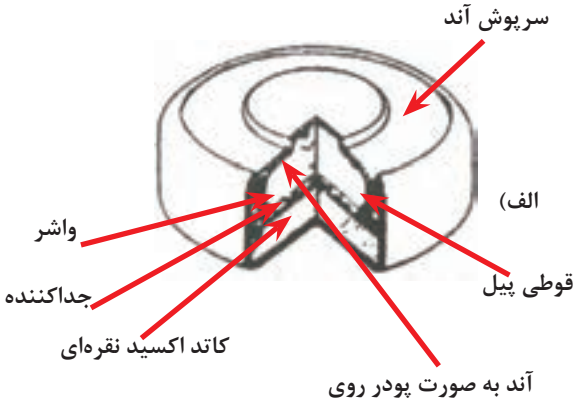
ـ پیل لیتیوم: این پیل ها دارای ولتاژی در حدود ۱/۵ ولت هستند. داشتن طول عمر زیاد و تنوع ساخت در شکل های مختلف از جمله خصوصیات آن ها است. (شکل ۱۰۴ـ۵)

۲ـ۳ـ۵ـ پیل های ثانویه

پیل هایی هستند که قابلیت پر شدن (شارژ) و خالی شدن (دشارژ) مکرر را دارند.

از انواع این نوع پیل ها می توان پیل های سرب ـ اسید و نیکل کادمیوم را نامبرد.

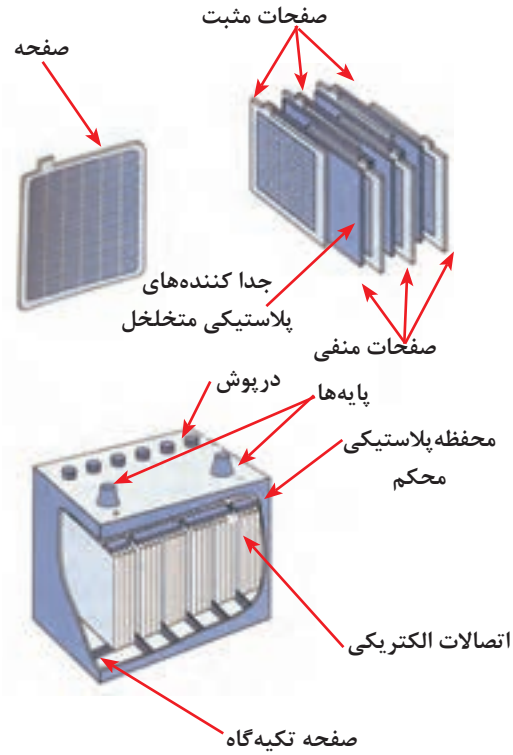
ـ پیل سرب ـ اسید: از این نوع پیل ها در باتری های اتومبیل استفاده می شود. الکترود مثبت پیل سرب ـ اسید از جنس سرب اسفنجی و الکترود منفی آن از جنس سرب است. محلول آب و اسید سولفوریک به عنوان الکترولیت در این پیل به کار می رود. ولتاژ هر پیل سرب ـ اسید حدود ۲ ولت است. چون باتری اتومبیل معمولاً ۶ خانه دارد لذا ولتاژ این باتری ها برابر با ۱۲ ولت خواهد شد. تصویر ظاهری و اجزای تشکیل دهنده پیل سرب ـ اسید در شکل ۱۰۵ـ۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۰۲ـ۵

شکل ۱۰۳ـ۵

شکل ۱۰۴ـ۵



شکل ۱۰۵ـ۵ـ ساختمان باتری سرب- اسید

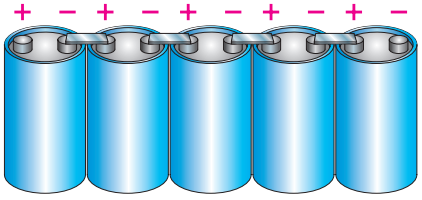
ـ پیـل نیـکل ـ کادمیـوم: در این پیل الکتــرود مثبت از جنس هیدروکسید نیکل و الکترود منفی از جنس کادمیوم اســت. در پیل نیکل کادمیوم از ترکیب هیدروکسید پتاسیم بــه عنوان الکترولیت اســتفاده می شــود. ولتــاژ پیل نیکل کادمیوم در حدود ۱/۲ تا ۱/۳ ولت اســت. شکل ۱۰۶ـ۵ این پیل ها را نشان می دهد.

شکل ۱۰۶ـ۵ـ پیل نیکل کادمیوم

از مجموعه مطالب ارائه شده در خصوص هر یک از انواع پیل‌ها می‌توان جمع بندی را بصورت جدول(۴-۵) استخراج کرد.

جدول ۴-۵

انواع پیل ها	روی ـ کربن	اکسید نقره	قلیائی	سرب ـ اسید	نیکل ـ کادمیوم
الکترود مثبت	میله کربن	روی	دی‌اکسید منگنز	سرب اسفنجی	هیدراکسید نیکل
الکترود منفی	استوانه روی	اکسید نقره	روی	سرب معمولی	کادمیوم
الکترولیت	پودر کربن و خمیر نشادر	هیدرواکسید پتاسیم یا سدیم	هیدرواکسید پتاسیم	اسید سولفوریک	ترکیب هیدرواکسید نیکل
ولتاژ کار	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۲	۱/۲ تا ۱/۳
مشخصه	عمر خوب	حجم کم	جریاندهی بالا	قابل شارژ (ثانویه)	قابل شارژ (ثانویه)



شکل ۱۰۷ـ۵ـ اتصال سری پیل ها

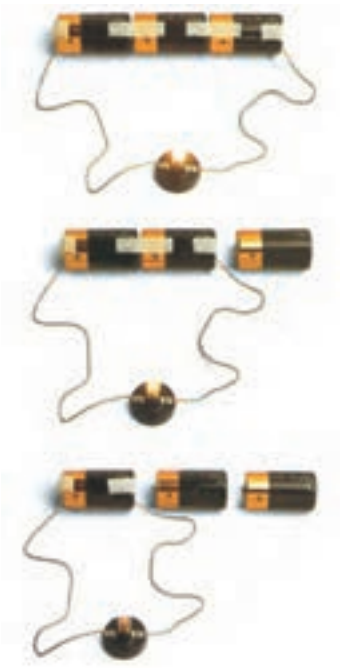
۴ـ۵ـ اتصالات پیل ها

۱ـ۴ـ ۵ ـ اتصال سری پیل ها:

اگــر (n) پیل را طوری اتصال دهیم که قطب منفی پیل اول به قطب مثبت پیل دوم اتصال داشته باشد و این کار تا آخرین پیل (پیل n ام) ادامه یابد این نوع اتصال را «سری» گویند.(شکل ۱۰۷ـ۵).

از این نوع اتصال پیل ها زمانی استفاده می شود که ولتاژ موردنیاز بیشتر از مقدار ولتاژ یک پیل باشد.

در شکل ۱۰۸ـ۵ مشــاهده می شود با اضافه شدن تعداد پیل ها نور لامپ افزایش می یابد.

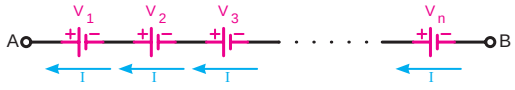


شکل ۱۰۸ـ۵

در اتصال سری مساوی بودن ولتاژ باتری ها ضرورتی ندارد و می توانند با هم متفاوت باشند.

جریان عبوری از مدار چند پیل که با هم به طور سری قرار گرفته اند برای همه پیل ها یکسان است. (شکل ۱۰۹ـ۵)

ولتاژ کل (ولتاژ ابتدا نسبت به انتها) در این نوع اتصال به صورت زیر محاسبه می شود.



شکل ۱۰۹ـ۵ـ جریان عبوری از اتصال سری پیل ها

$$V_{AB} = V_T = V_1 + V_2 + V_3 + ... + V_n$$

در صورتی که ولتاژ پیل ها مساوی باشند ولتاژ کل برابر است با:

$$V_{AB} = V_T = n.V$$

که در آن n تعداد پیل ها و V ولتاژ هر پیل است.

اگر پیل های سری شده را به صورت واقعی در نظر بگیریم یعنی دارای مقاومت داخلی (r) باشند. اثر مقاومت پیل ها در مدار مانند چند مقاومت سری ظاهر می شود. مقدار این مقاومت ها از رابطه زیر محاسبه می شود:

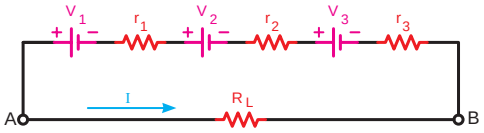
شکل ۱۱۰ـ۵ـ اتصال چند پیل به صورت سری با در نظر گرفتن مقاومت داخلی

$$r_{AB} = r_T = r_1 + r_2 + r_3 + ... + r_n$$

در صورتی که مقدار مقاومت باتری ها مساوی باشند، می توانیم بنویسیم:

$$r_{AB} = r_T = n.r$$

در شکل ۱۱۱ـ۵ اگر بخواهیم جریان مقاومت R_L را طبق قانون اهم و توضیحات فوق محاسبه کنیم، می توانیم بنویسیم:



شکل ۱۱۱ـ۵ـ اتصال مقاومت بار به سه پیل که به صورت سری بسته شده اند.

$$V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3 = n.V$$

$$r_{AB} = r_1 + r_2 + r_3 = n.r$$

$$V_{RL} = V_{AB}$$

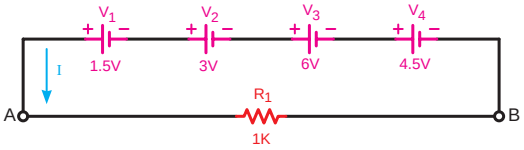
$$nV = I(nr + R_L)$$

$$I = \left(\frac{nV}{nr + R_L}\right)$$

مثال: هرگاه چهار پیل مطابق شکل ۱۱۲ـ۵ به صورت سری اتصال داده شوند ولتاژ کل مدار چند ولت خواهد شد؟

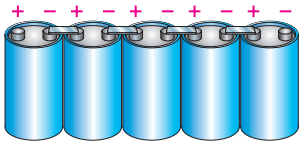
حل: برای محاسبه ولتاژ کل باید ولتاژ همه باتری ها را با یکدیگر جمع کنیم.

$$V_{AB} = V_۱ + V_۲ + V_۳ + V_۴$$
$$V_{AB} = ۱/۵ + ۳ + ۶ + ۴/۵$$
$$V_{AB} = V_T = ۱۵V$$



شکل ۱۱۲ـ۵ـ اتصال چهار باتری به صورت سری

مثال: اگر پنج پیل ۱/۵ ولتی مطابق شکل ۱۱۳ـ۵ به هم متصل شوند ولتاژ کل مدار چند ولت است؟



شکل ۱۱۳ـ۵

حل: چون ولتاژ باتری ها برابر هستند،لذا می توان نوشت:

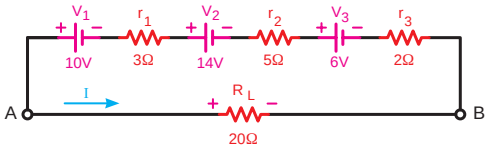
$$V_T = n.v$$
$$V_T = ۵ \times ۱/۵$$
$$\boxed{V_T = ۷/۵\,V}$$

مثال: در مدار شکل ۱۱۴ـ۵ مطلوب است:

الف ـ ولتاژ کل مدار

ب ـ مقاومت داخلی کل پیل ها

ج ـ جریان عبوری از مقاومت R_L



حل: برای محاسبه ولتاژ و مقاومت داخلی کل باید هر یک را مستقل حساب کنیم:

$$V_T = V_{AB} = V_۱ + V_۲ + V_۳$$
$$V_T = ۱۰ + ۱۴ + ۶ \Rightarrow \boxed{V_T = ۳۰V}$$
$$r_T = r_۱ + r_۲ + r_۳$$
$$r_T = ۳ + ۵ + ۲ \Rightarrow \boxed{r_T = ۱۰\Omega}$$
$$I_L = \frac{V_{AB}}{r_T + R_L}$$
$$I_L = \frac{۳۰}{۱۰ + ۲۰} \Rightarrow \boxed{I_L = ۱A}$$

شکل ۱۱۴ـ۵

مثال: با توجه به مدار شکل ۱۱۵ـ۵ مطلوب است:

الف ـ ولتاژ کل مدار

ب ـ مقاومت داخلی کل باتری ها

ج ـ جریان عبوری از مقاومت R_L

حل: چون مقدار ولتاژ مقاومت داخلی هر سه باتری مشابه یکدیگر است، لذا می توان طبق روابط مقابل نوشت:

$$V_T = n.v$$
$$V_T = ۳ \times ۱/۵ \Rightarrow \boxed{V_T = ۴/۵\,v}$$
$$r_T = n.r$$
$$V_T = ۳ \times ۱ \Rightarrow \boxed{r_T = ۳\Omega}$$
$$I = \frac{nv}{n.r + R_L} = \frac{V_T}{r_T + R_L}$$
$$I = \frac{۴/۵}{۳ + ۶} = \frac{۴/۵}{۹} \qquad \boxed{I = ۰/۵\,A}$$

شکل ۱۱۵ـ۵

۲ـ۴ـ ۵ ـ اتصال متقابل پیل ها:

یکی دیگر از روش هایی که می توان پیل ها را به صورت سری به هم اتصال داد، حالت اتصال متقابل است. در این روش نحوه اتصال پلاریته های مثبت و منفی پیل ها ترتیب خاصی ندارد و ممکن است قطب های هم نام موافق یا قطب های غیرهم نام به یکدیگر اتصال داده شوند.

در این نوع اتصال مساوی بودن ولتاژ پیل ها ضرورتی ندارد. برای محاسبه ولتاژ کل مدار ابتدا پلاریته های مثبت و منفی پیل ها و دو سر مقاومت بار را مشخص می کنیم و سپس یک جهت فرضی را برای جریان مدار در نظر می گیریم و طبق آن در حلقه بسته حرکت می کنیم.

اگر جهت فلش جریان به قطب مثبت پیل وارد شود آن را مثبت و اگر به قطب منفی پیل وارد شود آن را منفی در نظر می گیریم.

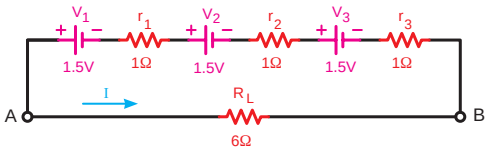
هرگاه مداری مطابق شکل ۱۱۸ـ۵ داشته باشیم و بخواهیم جریان مدار را به دست آوریم با در نظر گرفتن مطلب فوق و نوشتن معادله KVL مدار به صورت $\sum V - \sum RI = 0$ می توانیم جریان عبوری از مدار شکل ۱۱۸ـ۵ را چنین به دست آوریم:

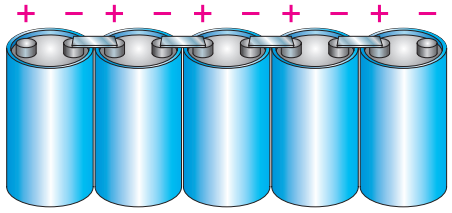
معادله K.V.L $V_1 + V_2 - V_3 - V_4 + V_5 - R.I = 0$

جریان مدار $I = \dfrac{V_1 + V_2 - V_3 - V_4 + V_5}{R}$

مثال: ولتاژ خروجی (ولتاژ کل) شکل ۱۱۹ـ۵ چند ولت است؟

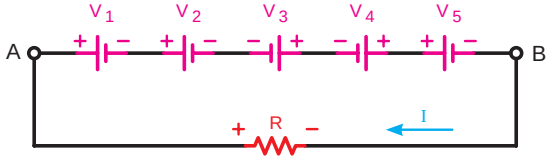
حل: ابتدا مطابق شکل ۱۲۰ـ۵ پلاریته پیل ها را تعیین می کنیم. سپس یک جهت فرضی برای عبور جریان در نظر می گیریم (مثلاً از نقطه A به B) و بعد در جهت حرکت



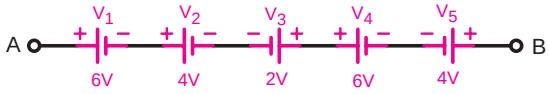


شکل ۱۱۶ـ۵

شکل ۱۱۷ـ۵



شکل ۱۱۸ـ۵ـ پنج باتری که به صورت متقابل وصل شده اند.



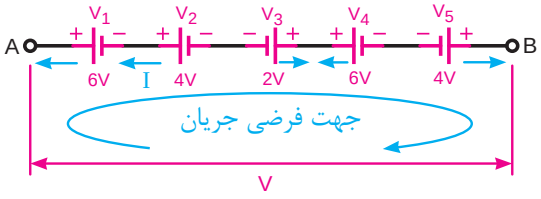
شکل ۱۱۹ـ۵ـ اتصال پنج پیل به صورت متقابل

فلش پیش می رویم و به هر پلاریته که رسیدیم مقدار ولتاژ آن پیل را با همان علامت می نویسیم:

$$V_{AB} = +V_۱ + V_۲ - V_۳ + V_۴ - V_۵$$

$$V_{AB} = V_T = ۶ + ۴ - ۲ + ۶ - ۴$$

$$\boxed{V = V_T = ۱۰V}$$



شکل ۱۲۰ـ۵ـ جهت فرضی جریان I

مثـال: جریان عبوری از مقاومت R_L شـکل (۱۲۱ـ۵) چند آمپر است؟

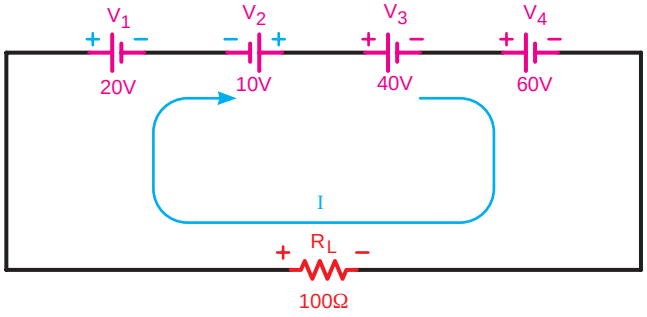
حـل: برای محاسـبه جریـان مدار ابتـدا معادله KVL حلقه را می نویسـیم و سپس براساس آن جریان را به دست می آوریم:

$$+V_۱ - V_۲ + V_۳ + V_۴ - R_L.I = ۰$$

$$I = \frac{+V_۱ - V_۲ + V_۳ + V_۴}{R_L}$$

$$I = \frac{۲۰ - ۱۰ + ۴۰ + ۶۰}{۱۰۰} = \frac{۱۲۰ _ ۱۰}{۱۰۰}$$

$$\boxed{I = ۱/۱A}$$



شکل ۱۲۱ـ۵ـ اتصال چهار پیل به صورت متقابل

عملیات کارگاهی
(کار عملی ۳)

ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: **بررسی اتصال منابع به صورت سری**

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲ـ پیل ۱/۵ ولتی	۵ عدد
۳ـ آوومتر دیجیتالی	۱ عدد
۴ـ بردبُرد	۱ عدد
۵ـ مقاومت اهمی $R_L = 1k\Omega 1w$	۱ عدد
۶ـ میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۷ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۸ـ سیم چین	۱ عدد
۹ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۰- گیره سوسماری	۶ عدد
	مدت زمان لازم : ۱/۵ ساعت

تذکر: قبل از شـــروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته‌اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.

اتصال سری پیل ها

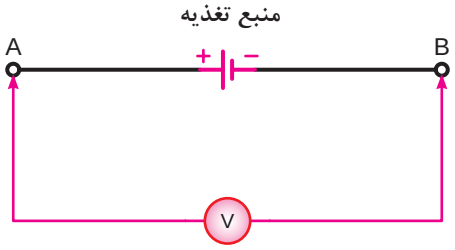
مراحل اجرای آزمایش

توجه

برای سری کردن چند منبع dc می توانید از خروجی های مختلف یک منبع تغذیه الکترونیکی dc و یـا از پیل های ۱/۵ ولتی اسـتفاده کنید. اتصال پیل ها به یکدیگر و یا اتصال به مقاومت ها را با کمک گیره های سوسماری انجام دهید.

۱ـ بـا ولت متر دیجیتالی ولتاژ دو سـر منبـع تغذیه را اندازه گیری کنید. (شکل ۱۲۲ـ۵)

$V =$ ☐ V

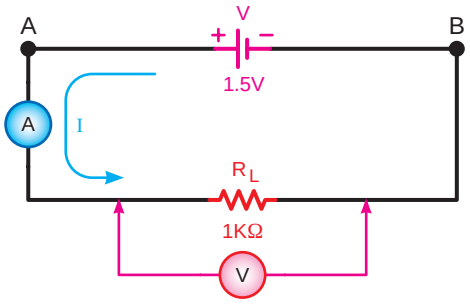


شکل ۱۲۲ـ۵

۲ـ مدار شکل ۱۲۳ـ۵ را اتصال دهید و به کمک آمپرمتر و ولت متـر جریان و ولتاژ دو سـر مقاومـت را اندازه گیری کنید.

$L_{R_L} =$ ☐ A

$V_{R_L} =$ ☐ V



شکل ۱۲۳ـ۵

۳ـ در صورتـی که مقادیر ولتاژهای اندازه گیری شـده در مراحل ۱ و ۲ با یکدیگر مسـاوی بودند نشان می دهد که مقاومـت داخلی منبع تغذیه صفر اسـت و جریان عبوری از مقاومت R_L را طبق قانون اهم به صورت:

$$I_L = \frac{V_{R_L}}{R_L} = \frac{V}{R_L}$$

۴ـ اگر مقادیر ولتاژهای اندازه گیری شده در مراحل ۱ و ۲ با یکدیگر مسـاوی نبودند نشان می دهد که منبع تغذیه، دارای مقاومت داخلی اسـت که مقدار آن را طبق قانون اهم و بحث مقاومت های اهمی سـری به صورت مقابل محاسبه می کنیم.

$$R_T = \frac{V - V_{R_L}}{I_{R_L}} \Rightarrow R_T = R_L + r \Rightarrow r = R_T - R_L$$

۵ـ آیا مقادیر اندازه گیری شده در مراحل آزمایشگاهی با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۶ـ سه منبع ولتاژ dc ۱/۵v،۱۲v، ۶v را مطابق شکل ۵ـ۱۲۴ به صورت سری به هم اتصال دهید. با ولت متر dc ولتاژ دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

$V_{AB} =$ ☐ V

۷ـ از مقدار به دست آمده چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

۸ـ یک مقاومت $1k\Omega$ را طبق شکل ۵ـ۱۲۵ در مدار اضافه کنید و جریان عبوری از مدار را اندازه بگیرید.

$I =$ ☐ A

۹ـ سه منبع ولتاژ ۱/۵ ولتی را مطابق شکل ۵ـ۱۲۶ اتصال دهید و ولتاژ مدار را اندازه بگیرید.

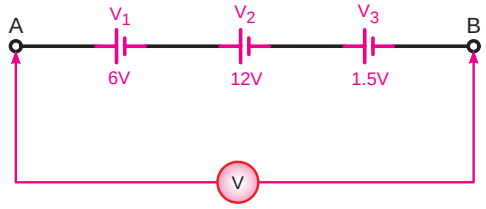
$V_{AB} =$ ☐ V

۱۰ـ یک مقاومت $1k\Omega$ را مطابق شکل ۵ـ۱۲۷ به مدار اضافه کنید و جریان مدار را اندازه بگیرید.

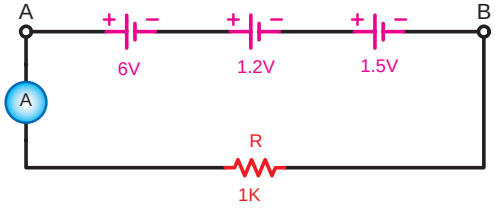
$I =$ ☐ A

۱۱ـ از مقادیر آزمایش چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

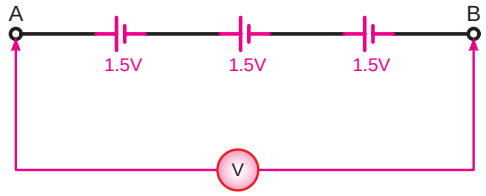
۱۲ـ آیا مقادیر به دست آمده با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.



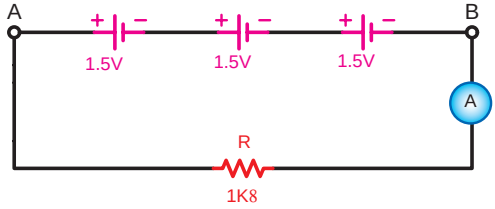
شکل ۵ـ۱۲۴



شکل ۵ـ۱۲۵



شکل ۵ـ۱۲۶



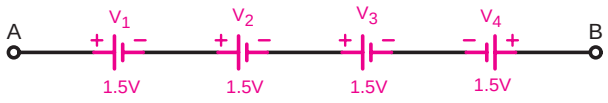
شکل ۵-۱۲۷

توجه

برای انجام این آزمایش از پیل های ۱/۵ ولتی استفاده کنید.

۱۳ـ مـدار شـکل ۱۲۸ـ۵ را اتصال دهیـد و با ولت متر دیجیتالی ولتاژ بین دو نقطه A و B را اندازه گیری نمایید.

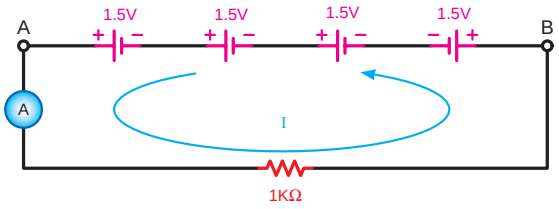
$$V_{AB} = \square \ V$$



شکل ۱۲۸ـ۵

۱۴ـ یـک مقاومـت $1k\Omega$ را بین دو نقطه A و B قرار دهید و جریان مدار را طبق شکل ۱۲۹ـ۵ اندازه بگیرید.

$$I = \square \ A$$



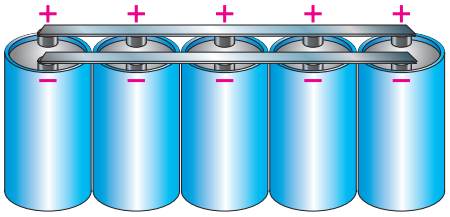
شکل ۱۲۹ـ۵

۱۵ـ از مقادیر به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟ آیا این نتایج با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۱۶ـ آیـا در عمل از اتصال چند پیل به صورت سـری استفاده می شود؟ چرا؟ شرح دهید.

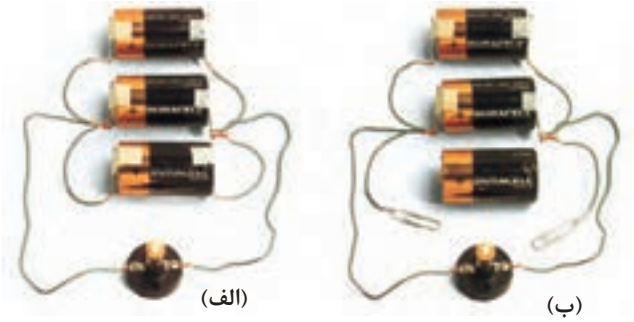
۳ـ۴ـ ۵ ـ اتصال موازی پیل ها:

هـرگاه n پیل را طوری اتصال دهیـم که قطب مثبت همه پیل ها به یکدیگر و قطب منفی آن ها نیز به هم متصل شـوند و این روش تا آخرین پیل (پیل n ام) ادامه یابد این نوع اتصال را «اتصال موازی» گویند. (شکل ۱۳۰ـ۵)



شکل ۱۳۰ـ۵

از اتصال موازی پیل ها زمانی استفاده می شود که جریان مورد نیاز بیشـتر از میزان جریان دهی یک پیل باشـد. در اتصال موازی پیل ها ولتاژ دو سـر مدار همواره ثابت اسـت. شـکل (۱۳۱ـ۵ـ الف) اتصال موازی سه پیل و یک لامپ را نشـان می دهد. در این حالت نور لامپ زیاد است. در شکل (۱۳۱ـ۵ـ ب) یک پیل از مدار خارج شـده اسـت. با خارج شدن یک پیل از مدار و با وجود ثابت ماندن ولتاژ، نور لامپ کاهش می یابد. در واقع میزان جریانی که لامپ برای تولید نور کامل نیاز دارد بیشـتر از مقـدار جریان دهی دو پیل به



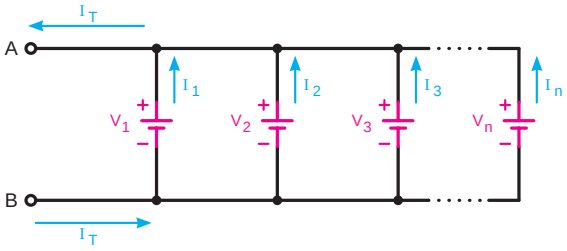
شکل ۱۳۱ـ۵

صورت موازی اســت. در اتصال موازی پیل ها مساوی بودن ولتاژ برای همه پیل ها ضروری است. (شکل ۱۳۲ـ۵)

روابط مقابل را برای این نوع اتصال می توانیم بنویسیم:

از طرفی چون پیل ها یکســان هســتند پس می توانیم بنویسیم:

$$I_1 = I_2 = I_3 = ... = I_n \Rightarrow I_T = I.n$$

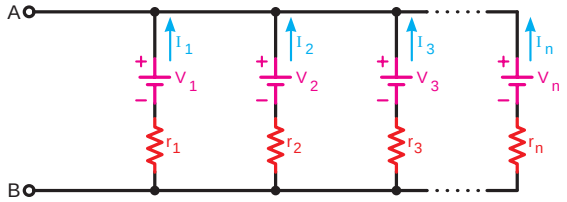


شکل ۱۳۲ـ۵

ولتاژ مدار $V_{AB} = V_T = V_1 = V_2 = V_3 = ...V_n$

جریان دهی کل پیل ها $I_T = I_1 + I_2 + I_3 + ... + I_n$

که در آن n تعداد پیل ها 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 پیل ها با هم مشابه حالت مقاومت ها به صورت موازی است. (شکل ۱۳۳ـ۵)



شکل ۱۳۳ـ۵

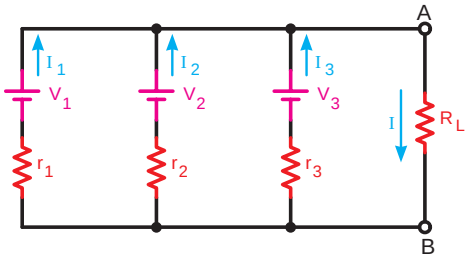
$$\frac{1}{r_T} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + ... + \frac{1}{r_n}$$

چون پیل ها مساوی هستند پس برای محاسبه مقاومت معادل مدار می توانیم بنویسیم:

$$r_{AB} = r_T = \frac{r}{n}$$

که در آن n تعداد پیل ها و r مقدار مقاومت داخلی هر پیل است

جریان مقاومت برای (R_L) در شکل ۱۳۴ـ۵ را به صورت زیر می توان محاسبه کرد:



شکل ۱۳۴ـ۵

$$I_{R_L} = I = I_1 + I_2 + I_3 = n.I$$

$$r_{AB} \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}} = \frac{r}{n}$$

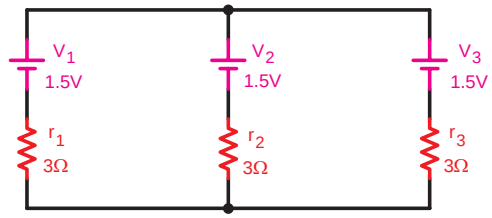
$$V_{R_L} = V_{AB} = V$$

$$I_{R_L} = \frac{V_{R_L}}{R_T} \Rightarrow I = \frac{V}{\frac{r}{n} + R_L}$$

مثال: در مدارشکل ۱۳۵ـ۵ مطلوب است:

الف ـ ولتاژ کل

ب ـ مقاومت داخلی کل پیل ها



شکل ۱۳۵ـ۵

حل: در اتصال موازی ولتاژ کل پیل ها برابر ولتاژ یک پیل است یعنی:

$$V_T = ۱/۵\,V$$

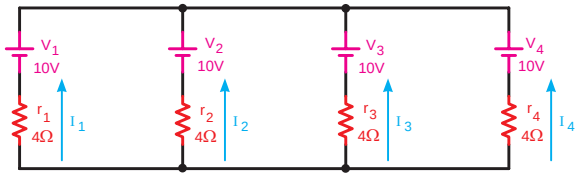
مقاومت معادل پیل ها را نیز به صورت مقابل محاسبه می کنیم:

$$\frac{۱}{r_T} = \frac{۱}{r_۱} + \frac{۱}{r_۲} + \frac{۱}{r_۳}$$

$$\frac{۱}{r_T} = \frac{۱}{۳} + \frac{۱}{۳} + \frac{۱}{۳} = \frac{۱+۱+۱}{۳} = \frac{۳}{۳}$$

$$r_T = \frac{۳}{۳} = ۱\Omega$$

مثال: مقدار جریان دهی هر پیل و مقاومت معادل پیل ها در شکل ۱۳۶ـ۵ چقدر است؟



شکل ۱۳۶ـ۵

حل: مقدار جریان دهی هر پیل را متناسب با مقاومت داخلی آن به صورت مقابل محاسبه می کنیم:

$$I_۱ = \frac{V_۱}{r_۱} = \frac{۱۰}{۴} = ۲/۵\,A$$

$$I_۲ = \frac{V_۲}{r_۲} = \frac{۱۰}{۴} = ۲/۵\,A$$

$$I_۳ = \frac{V_۳}{r_۳} = \frac{۱۰}{۴} = ۲/۵\,A$$

$$I_۴ = \frac{V_۴}{r_۴} = \frac{۱۰}{۴} = ۲/۵\,A$$

چون مقدار مقاومت داخلی پیل ها با یکدیگر مساوی نیست، لذا برای محاسبه مقاومت معادل پیل ها به صورت مقابل عمل می کنیم:

$$\frac{۱}{r_T} = \frac{۱}{r_۱} + \frac{۱}{r_۲} + \frac{۱}{r_۳} + \frac{۱}{r_۴}$$

یا

$$r_T = \frac{r}{n}$$

$$\frac{۱}{r_T} = \frac{۱}{۴} + \frac{۱}{۴} + \frac{۱}{۴} + \frac{۱}{۴}$$

یا

$$r_T = \frac{۴}{۴}$$

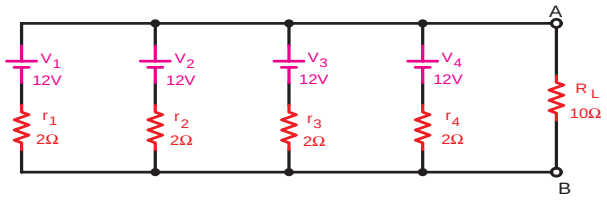
$$\frac{۱}{r_T} = \frac{۱+۱+۱+۱}{۴} = \frac{۴}{۴}$$

$$r_T = ۱\Omega$$

مثال: با توجه به مدار شکل ۵ـ۱۳۷ مطلوب است:

الف ـ مقاومت معادل پیل ها

ب ـ جریان مصرف کننده (بار)



شکل ۵ـ۱۳۷

حل: چون تمام مشخصات پیل ها با یکدیگر مساوی است لذا به صورت مقابل محاسبه می کنیم:

$$r_T = \frac{r}{n} = \frac{۲}{۴}$$

$$\boxed{r_T = ۰/۵\,\Omega}$$

$$I_L = \frac{\sum V}{\sum R} = \frac{V_{AB}}{\frac{r}{n} + R_L}$$

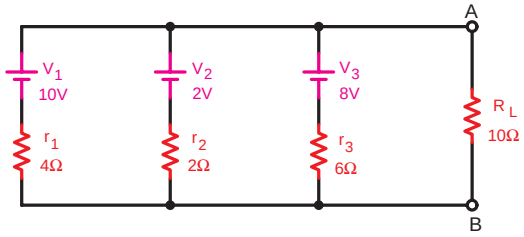
$$V_{AB} = V = ۱۲V$$

$$I_L = \frac{۱۲}{۰/۵ + ۱۰} = \frac{۱۲}{۱۰/۵} = ۱/۱۴\,A$$

برای محاسبه جریان نیز از رابطه مقابل استفاده می کنیم.

مثال: در مدار شکل ۵ـ۱۳۸ ولتاژ جریان بار چقدر است؟

حل: در مدار شکل ۵ـ۱۳۸ چون ولتاژ پیل ها مساوی نمی باشند، لذا اتصال چنین مداری اشتباه است به همین خاطر مقادیر ولتاژ و جریان بار را نمی توان محاسبه کرد.



شکل ۵ـ۱۳۸

عملیات کارگاهی

(کار عملی ۴)

ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: بررسی اتصال منابع به صورت موازی

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲ـ پیل ۱/۵ ولتی	۵ عدد
۳ـ آوومتر دیجیتالی	۱ عدد
۴ـ بردبُرد	۱ عدد
۵ـ مقاومت اهمی $R_L = 1k\Omega 1w$	۱ عدد
۶ـ میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۷ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۸ـ سیم چین	۱ عدد
۹ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۰- گیره سوسماری	۶ عدد
	مدت زمان لازم : ۱/۵ ساعت

تذکر: قبل از شـــروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته‌اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.

اتصال موازی پیل ها

مراحل اجرای آزمایش

۱ـ مدار شـکل ۱۳۹ـ۵ را اتصال دهید و توسط ولت متر دیجیتالـی ولتـاژ بین دو نقطـه A و B را انـدازه بگیرید و یادداشت نمایید.

$V_{AB} =$ ☐ V

۲ـ مدار شکل ۱۴۰ـ۵ را اتصال دهید و توسط ولت متر دیجیتالـی ولتاژ دو نقطه B,A را اندازه بگیرید و یادداشـت کنید.

$V_{AB} =$ ☐ V

۳ـ از مقایسـه مقادیر به دست آمده در مراحل ۱ و ۲ در این آزمایش چه نتیجه ای حاصل می شود؟ توضیح دهید.

۴ـ آیا مقادیر اندازه گیری شده با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۵ـ مدار شکل ۱۴۱ـ۵ را اتصال دهید و با قرار دادن یک آمپرمتر و یک ولت متر در مدار مقدار ولتاژ و جریان عبوری از مقاومت را اندازه بگیرید.

$I_L =$ ☐ A

$V_L =$ ☐ V

۶ـ آمپرمتـر را در مسـیر هر یک از منابـع قرار دهید و جریان هر یک از پیل ها را اندازه بگیرید.

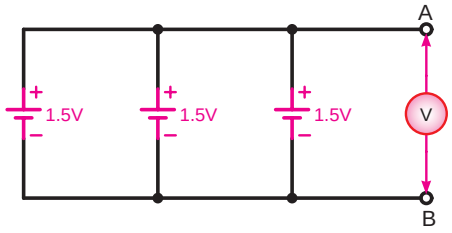
$I_۱ =$ ☐ A

$I_۲ =$ ☐ A

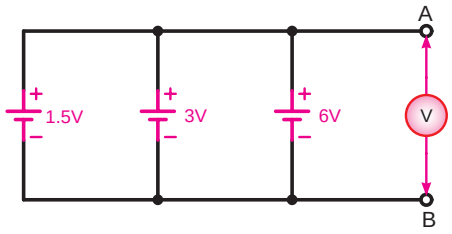
$I_۳ =$ ☐ A

۷ـ در صورت وجود اختلاف بین جریان های وارد شـده به مدار جریان های خارج شده از مدار را با استفاده از مقدار ولتاژ دو سر بار و ولتاژ منابع در حالت بی باری مقدار مقاومت داخلی هر یک از پیل ها را به دست آورید. (شکل ۱۴۲ـ۵)

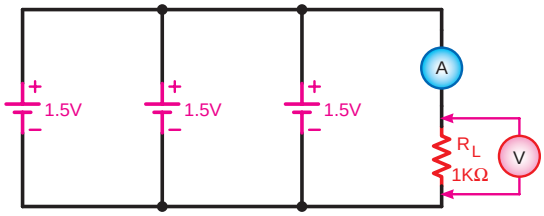
۸ـ آیا مقادیر اندازه گیری شده با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ توضیح دهید.



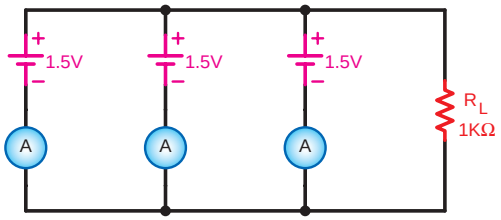
شکل ۱۳۹ـ۵



شکل ۱۴۰ـ۵



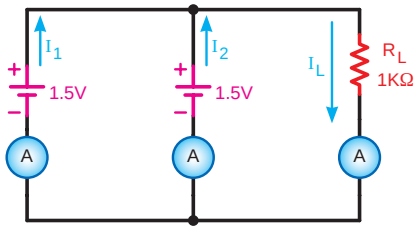
شکل ۱۴۱ـ۵



شکل ۱۴۲ـ۵

۸ـ

۹ـ مدار شکل ۱۴۳ـ۵ را اتصال دهید و جریان هر یک از منابع و جریان بار را اندازه گیری کنید.



شکل ۱۴۳ـ۵

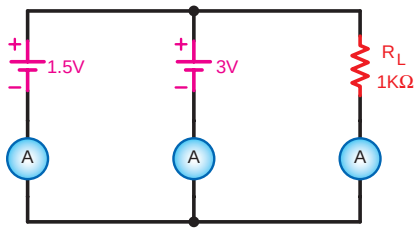
$I_۱ =$ ☐ A

$I_۲ =$ ☐ A

$I_۳ =$ ☐ A

۱۰ـ از مقایسه نتایج این آزمایش و آزمایش شکل ۱۳۸ـ۵ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۱ـ با اتصال مدار شکل ۱۴۴ـ۵ جریان بار و جریان هر یک از پیل ها را اندازه گیری کنید.



شکل ۱۴۴ـ۵

$I_۱ =$ ☐ A

$I_۲ =$ ☐ A

$I_۳ =$ ☐ A

۱۲ـ آیا نتایج به دست آمده قابل قبول و تأمین کننده جریان بار است؟

۱۲-

۱۳ـ آیا اتصال موازی منابع با ولتاژهای نامساوی کاربردی دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۳-

۱۴ـ آیا پیل ها را می توان به صورت موازی متقابل اتصال داد؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۴-

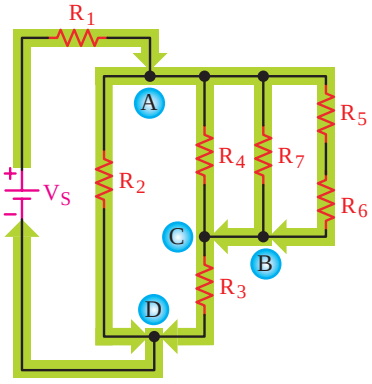
۵–۵– شدت جریان در مدارهای ترکیبی «سری ـ موازی»

در مدارهـای ترکیبـی سـری ـ موازی شـدت جریان متتناسـب با شکل مدار و مقادیر مقاومت های هر قسمت از مدار عبور می کند. به عبارت دیگر در مسـیرهایی که دارای مقاومت های موازی می باشند جریان کل در بین شاخه های موازی به نسبت مقاومت ها تقسیم می شود و در مسیرهایی که مقاومت ها سری هستند جریان عبوری از آن مقاومت ها یکسان است.

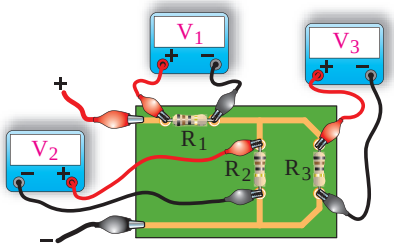
طبق شـکل ۵ـ۱۵۲ برای محاسبه جریان در هر یک از مقاومت های ترکیبی مدار (سری ـ موازی) لازم است مقدار ولتاژ و مقدار اهم هر یک از مقاومت ها را بدانیم.

در شکل ۵ـ۱۵۳ این شرایط نشان داده شده است.

ـ مدار عملی (واقعی)

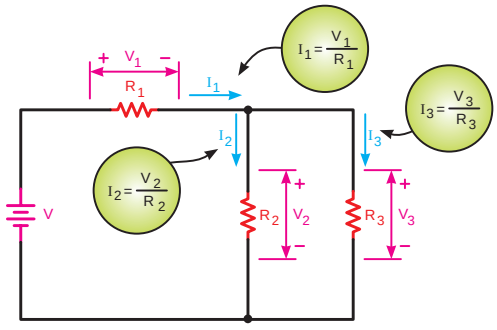


شکل ۵ـ۱۵۲ـ جریان در مدارهای ترکیبی سری ـ موازی



(الف)

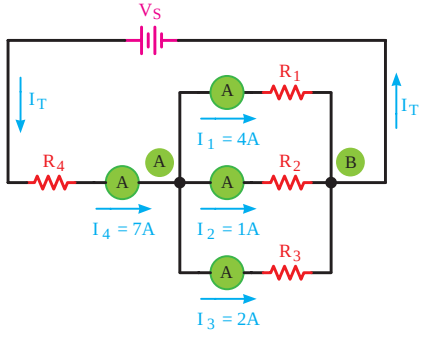
ـ نقشه فنی



(ب)

شکل ۵ـ۱۵۳

شـکل ۵ـ۱۵۴ را مورد بررسی قرار دهید. در این شکل جریان کل مدار (I_T) در گره (A) به سه شاخه تقسیم شده است و در سمت دیگر در گره B جریان ها مجدداً با هم جمع می شوند و به صورت I_T به منبع تغذیه باز می گردند.[1]



شکل۵ـ۱۵۴–تقسیم جریان در مدارهای ترکیبی سری–موازی

۱ ـ برای اندازه گیری جریان، آمپرمتر در مسیر مصرف کننده و به صورت سری بسته می شود.

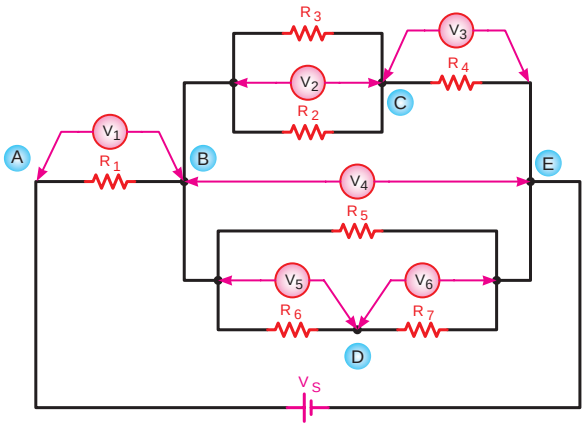
۶ـ۵ـ ولتاژ در مدارهای ترکیبی «سری ـ موازی»

در مدارهای ترکیبی «سری ـ موازی» ولتاژ به نسبت مقاومت های سری تقسیم می شود و نحوه تقسیم ولتاژ بستگی به حالت مدار دارد.

زیرا در قسمت هایی که مدار موازی است ولتاژ مقاومت ها مساوی و در بخش هایی که مقاومت ها سری هستند ولتاژ ورودی به نسبت مقاومت ها بین آن ها تقسیم می شود. شکل ۱۵۵ـ۵ یک نمونه مدار ترکیبی سری موازی را نشان می دهد.

با توجه به توضیحات فوق روابط زیر را می توانیم بنویسیم:

$$V_{BE} = V_{BC} + V_{CE}$$
$$V_{BE} = V_{BD} + V_{DE}$$
$$V_S = V_{AB} + V_{BE}$$



شکل ۱۵۵ـ۵ـ بررسی ولتاژها در مدار ترکیبی سری ـ موازی

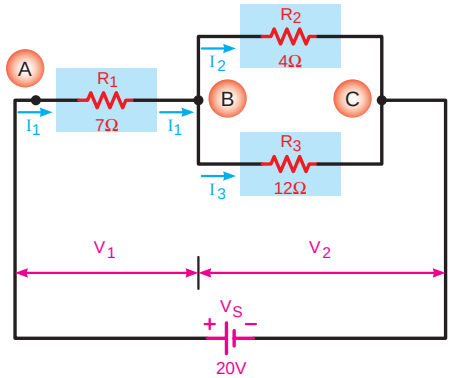
هم چنین برای این مدار می توان جدول ۴ـ۵ را نیز تشکیل داد.

جدول ۴ـ۵

ولت متر	$V_۱$	$V_۲$	$V_۳$	$V_۴$	$V_۵$	$V_۶$
ولتاژ گره ها	V_{AB}	V_{BC}	V_{CE}	V_{BE}	V_{BD}	V_{DE}
ولتاژ مقاومت	$V_{R_۱}$	$V_{R_۲}$ $V_{R_۳}$	$V_{R_۴}$	$V_{R_۵}$	$V_{R_۶}$	$V_{R_۷}$

در شکل ۱۵۶ـ۵ مثال دیگری از مدارهای ترکیبی سری ـ موازی با مقادیر مقاومت ها آمده است که با توجه به قواعد سری و موازی می توانیم روابط زیر را بنویسیم:

$$V_S = V_۱ + V_۲$$
$$V_۱ = V_{AB} = V_{R_۱} = I_۱.R_۱$$
$$V_۲ = V_{BC} = V_{R_۲} = I_۲.R_۲$$
$$V_۳ = V_{BC} = V_{R_۳} = I_۳.R_۳$$

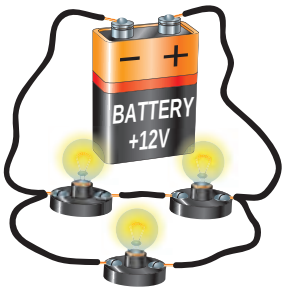


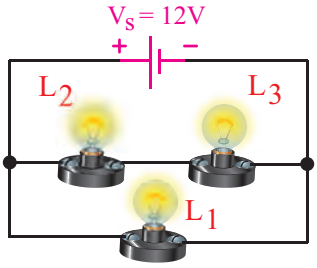
شکل ۱۵۶ـ۵ـ تقسیم ولتاژ در مدارهای ترکیبی سری ـ موازی

مثال: سه لامپ با مقاومت داخلی 6Ω مانند شکل ۵ـ۱۵۷ به یکدیگر اتصال یافته‌اند. مطلوب است جریان و ولتاژ دو سر هر یک از لامپ‌ها را به دست آورید.

حل: با دقت در شکل ۵ـ۱۵۷ 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.

(الف)





شکل ۵ـ۱۵۷

(ب)

برای محاسبه مقادیر مجهول ابتدا مقاومت معادل و جریان کل را به دست می‌آوریم و سپس براساس مقادیر به دست آمده جریان هر شاخه و افت ولتاژ دو سر هر مقاومت را محاسبه می‌کنیم.

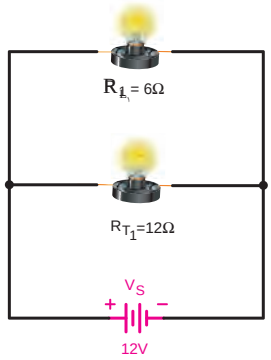
به صورت سری

$$R_{T_1} = R_{L_2} + R_{L_3}$$

$$R_{T_1} = n.R$$

$$R_{T_1} = ۲ \times ۶ = ۱۲\Omega$$

مقاومت معادل در شکل ۵ـ۱۵۸ نشان داده شده است.

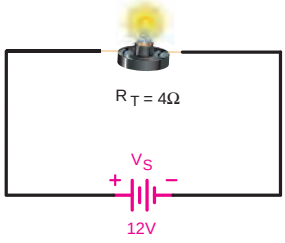


شکل ۵ـ۱۵۸

$$R_T = \frac{R_{T_1}.R_{L_1}}{R_{T_1} + R_{L_1}} = \frac{۱۲ \times ۶}{۱۲ + ۶}$$

$$\boxed{R_T = ۴\Omega}$$

مقاومت معادل در شکل ۵ـ۱۵۹ نشان داده شده است.



شکل ۵ـ۱۵۹

$$I_T = \frac{V_S}{R_T}$$

$$I_T = \frac{۱۲}{۴} \Rightarrow I_T = ۳A$$

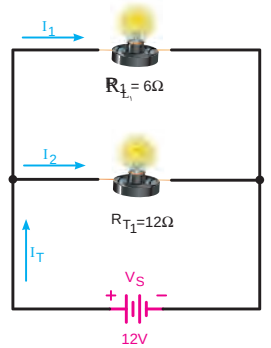
برای محاسبه جریان هر شاخه از رابطه تقسیم جریان دو مقاومت موازی و یا رابطه قانون اهم می‌توانیم استفاده کنیم:

$$I_1 = \frac{V_S}{R_{L_1}} = \frac{۱۲}{۶}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_{T_1}} = \frac{۱۲}{۱۲}$$

$$\boxed{I_1 = ۲A}$$

$$\boxed{I_2 = ۱A}$$



شکل ۵ـ۱۶۰

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 ۵ـ۱۶۰)

ولتـاژ دو سـر هر یک از مقاومت ها را براسـاس جریان R_3 عبوری هـر یک و به کمـک رابطه $V = R_1.I_1$ (قانون اهم) چنین به دست می آوریم.

$$V_{R_1} = R_1.I_1$$

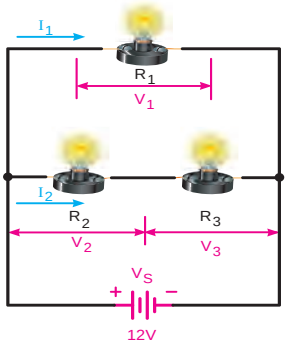
$$V_{R_1} = 6\times 2 \Rightarrow \boxed{V_{R_1} = 12V}$$

$$V_{R_2} = R_2.I_2$$

$$V_{R_2} = 6\times 1 \Rightarrow \boxed{V_{R_2} = 6V}$$

$$V_{R_3} = R_3.I_3$$

$$V_{R_3} = 6\times 1 \Rightarrow \boxed{V_{R_3} = 6V}$$



شکل ۱۶۱ـ۵

مثال: در مدار شکل ۱۶۲ـ۵ مطلوب است:

الف ـ جریان کل مدار

ب ـ جریان هر یک از لامپ ها

ج ـ ولتاژ دو سر هر کدام از لامپ ها

حل: برای به دست آوردن مقادیر مجهول مشابه روش به کار رفته در مثال قبل عمل می کنیم:

$R_{T_1} = R_{L_1} + R_{L_2}$ (مقاومت معادل تا مرحله اول)

یا $R_{T_1} = R.n$

$$R_{T_1} = 3\times 2 \Rightarrow \boxed{R_{T_1} = 6\Omega}$$

$R_{T_2} = R_{L_3} + R_{L_4}$ (مقاومت معادل تا مرحله دوم)

یا $R_{T_2} = R.n$

$$R_{T_2} = 3\times 2 \Rightarrow \boxed{R_{T_2} = 6\Omega}$$

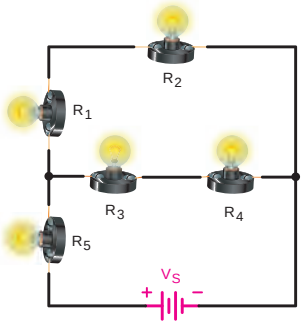
مقاومت معادل تا این مرحله را در شـکل ۱۶۳ـ۵ نشان داده شده است.

چون دو مقاومت موازی مساوی هستند پس می توان از تقسیم مقدار یکی بر تعداد معادل آن را به دست آورد:

$R_{T_3} = R_{T_1} \,||\, R_{T_2}$ (مقاومت معادل تا مرحله سوم)

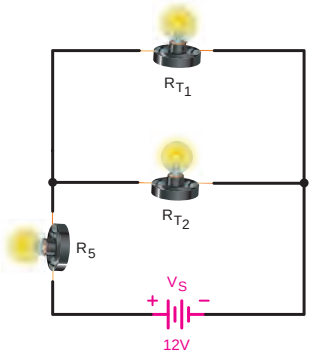
$$R_{T_3} = \frac{R}{n}$$

$$R_{T_3} = \frac{6}{2} \Rightarrow \boxed{R_{T_3} = 3\Omega}$$



مقاومت هر لامپ ۳ اهم

شکل ۱۶۲ـ۵



شکل ۱۶۳ـ۵

مقدار مقاومت کل مدار برابر است با:

$$R_T = R_{T_۴} + R_{T_۵}$$

$$R_T = ۳ + ۳ \qquad \boxed{R_T = ۶\Omega}$$

طبـق قانون اهم جریـان کل را بدین صورت محاسـبه می کنیم:

$$I_T = \frac{V_S}{R_T}$$

$$I_T = \frac{۱۲}{۶} \Rightarrow \boxed{I_T = ۲A}$$

$$I_{L_۵} = I_T$$

$$I_{L_۱} = I_{L_۲}$$

چون دو لامپ سری هستند.

$$I_{L_۳} = I_{L_۴}$$

چون دو لامپ سری هستند.

جریان هر شاخه را از تقسیم جریان به دست می آوریم:

$$I_{L_۱} = I_T \frac{R_{T_۲}}{R_{T_۱} + R_{T_۲}}$$

$$I_{L_۱} = ۲\frac{۶}{۶+۶} = \frac{۱۲}{۱۲} \Rightarrow \boxed{I_{L_۱} = ۱A}$$

$$I_{L_۲} = I_T \frac{R_{T_۱}}{R_{T_۱} + R_{T_۲}}$$

$$I_{L_۲} = ۲\frac{۶}{۶+۶} = \frac{۱۲}{۱۲} \Rightarrow \boxed{I_{L_۲} = ۱A}$$

بـرای محاسـبه افت ولتاژ دو سـر مقاومت هـا نیز باید مقداراهم هر مقاومت را در جریان عبوری از آن ضرب کرد:

$$V_{R_۵} = R_۵ . I_T$$

$$V_{R_۵} = ۳ \times ۲ \Rightarrow \boxed{V_{R_۵} = ۶V}$$

$$V_{R_۴} = R_۴ . I_T$$

$$V_{R_۴} = ۳ \times ۱ \Rightarrow \boxed{V_{R_۴} = ۳V}$$

$$V_{R_۳} = R_۳ . I_T$$

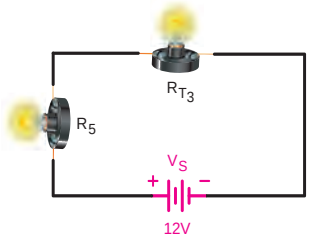
$$V_{R_۳} = ۳ \times ۱ \Rightarrow \boxed{V_{R_۳} = ۳V}$$

$$V_{R_۲} = R_۲ . I_T$$

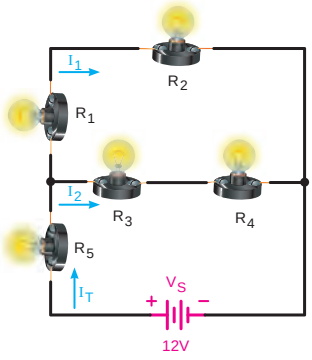
$$V_{R_۲} = ۳ \times ۱ \Rightarrow \boxed{V_{R_۲} = ۳V}$$

$$V_{R_۱} = R_۱ . I_T$$

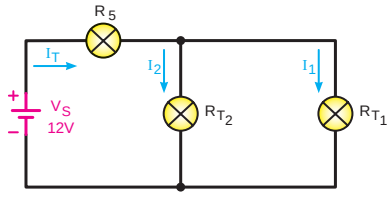
$$V_{R_۱} = ۳ \times ۱ \Rightarrow \boxed{V_{R_۱} = ۳V}$$



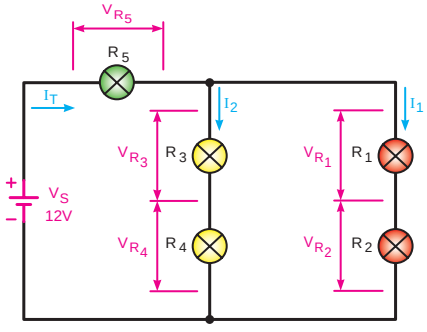
شکل ۵ـ۱۶۴



شکل ۵ـ۱۶۵



شکل ۵ـ۱۶۶



شکل ۵ـ۱۶۷

عملیات کارگاهی
(کار عملی ۶)

ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

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 بردبُرد	۱ عدد
۴ـ آوومتر دیجیتالی	۱ عدد
۵ـ آوومتر عقربه‌ای	۱ عدد
۶ـ میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۷ـ مقاومت های اهمی	
۱ وات $R_1 = 1/2\,k\Omega$	۵عدد
۱ وت $R_2 = 1/5\,k\Omega$	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	۱متر
۹ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱ـ گیره سوسماری	۶ عدد
	مدت زمان لازم : ۲ ساعت

تذکر: قبل از شـروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته‌اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.

الف اندازه گیری و محاسبه مقاومت در مدارهای ترکیبی «سری ـ موازی»

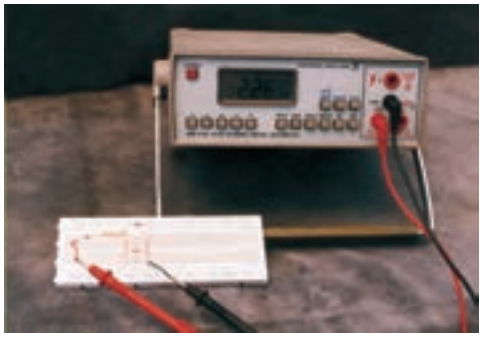
مراحل اجرای آزمایش

۱ـ مقـدار اهم و درصد خطای مقاومت های R_1 تا R_4 را با توجه به نوارهای رنگی به دست آورید و در جدول ۵ـ۵ یادداشت کنید.

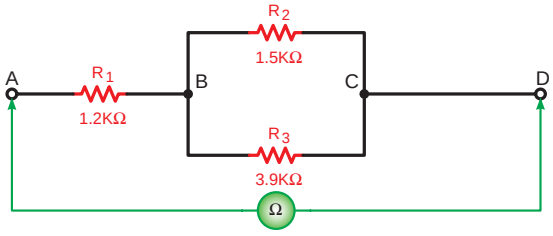
جدول۵-۵

مقدار اندازه گیری شده	مقدار اهم و تلرانس خوانده شود	نوارهای رنگی	مقاومت
			R_1
			R_2
			R_3
			R_4

۲ـ بـه کمک مولتی متر مقدار اهم هر یک از مقاومت ها را اندازه بگیرید (رنج اهم متر را روی $R\times 1k$ قرار دهید.) و در جدول ۵ـ۵ یادداشت کنید.



الف-شکل واقعی مدار

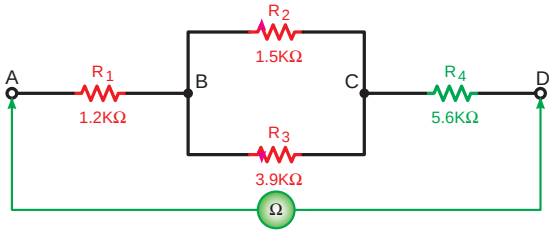


ب-شکل مداری

شکل ۱۶۷-۵

۳ـ مـدار شـکل ۱۶۸ـ۵ را روی بردبرد اتصال دهید و با اسـتفاده از اهم متر مقاومت معادل مـدار را از دو نقطه A و D اندازه بگیرید.

$R_{AD_1} =$ ☐



شکل ۱۶۸-۵

۴ـ طبق شـکل ۵ـ۱۶۹ یک مقاومت $5/6k\Omega$ را بین دو نقطه C و D قرار دهید و مقاومت معادل مدار را با استفاده از اهم متر اندازه بگیرید.

$$R_{AD_۴} = \boxed{\quad}$$

۵ـ مقاومت $5/6k\Omega$ را بین دو نقطه B و C طبق شکل ۵ـ۱۷۰ قرار دهید و مقاومت معادل بین دو نقطه A و D را مجدداً اندازه گیری کنید.

$$R_{AD_۴} = \boxed{\quad}$$

۶ـ بـا توجه به نتایج به دسـت آمـده در مراحل ۴ و ۵ اضافه شـدن مقاومت $5/6k\Omega$ به مدارهای شکل ۵ـ۱۶۹ و ۵ـ۱۷۰ چـه تأثیری روی مقاومت معادل بین دو نقطه A و D می گذارد؟ چرا؟ شرح دهید.

۷ـ آیا مقادیر به دسـت آمده در مراحل عملی با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۸ـ چهـار مقاومت $1/2k\Omega$ طبق شـکل ۵ـ۱۷۱ اتصال دهید و سپس با اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید.

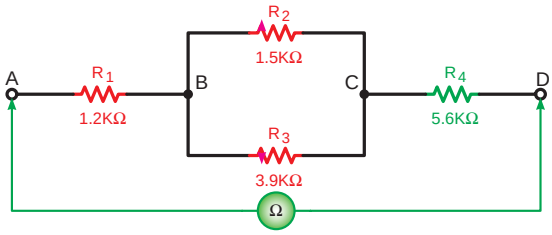
$$R_{AD_۴} = \boxed{\quad}$$

۹ـ بـا توجه به مقدار اندازه گیری شـده آیـا می توان با اسـتفاده از نتیجه گیری های به دسـت آمده رابطه کلی را نوشت؟ چرا؟

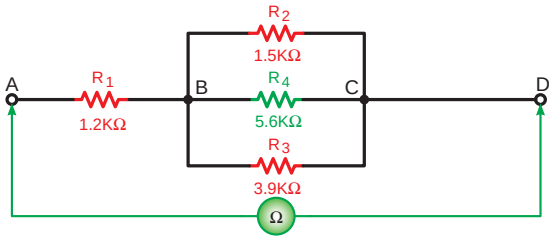
ب اندازه گیری و محاسبه شدت جـــریان در مـــدارهای ترکیبی «سری ـ موازی»

۱ـ مدار شکل ۵ـ۱۷۲ را روی بردبرد اتصال دهید.

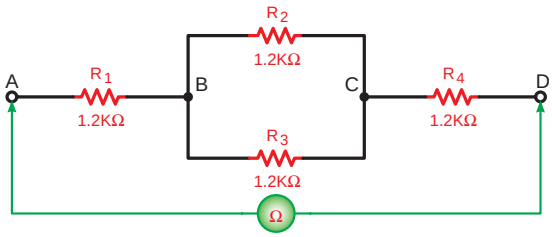
تذکـر: دقت کنید کـه آمپرمتر در مـدار مربوط به هر مقاومت به صورت سری قرار گیرد و حداقل حوزه کاری که انتخاب می شود، برابر ۱۰mA باشد.



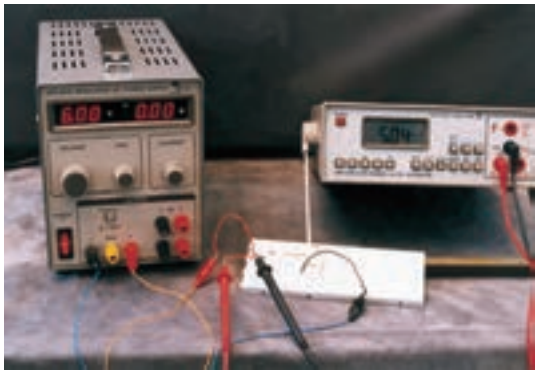
شکل ۵ـ۱۶۹



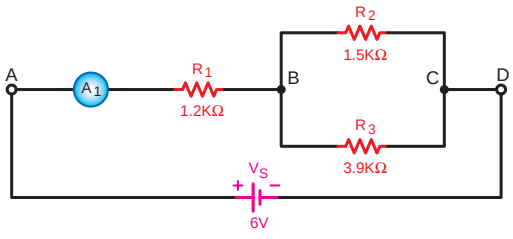
شکل ۵ـ۱۷۰



شکل ۵ـ۱۷۱ـ اندازه گیری مقاومت در مدار ترکیبی



الف ـ شکل واقعی مدار



ب ـ شکل مداری

شکل ۵ـ۱۷۲ـ اندازه گیری جریان در مدار ترکیبی (قسمت سری)

۲ـ منبـع تغذیـه dc را وصل کنیـد و جریان عبوری از مقاومت R_1 را اندازه بگیرید.

$I_{R_1} =$ ☐ A

۳ـ منبـع تغذیه را خاموش کـرده و آمپرمتر را یکبار در مسیر مقاومت R_2 مانند شکل ۱۷۳ـ۵ و بار دیگر در مسیر مقاومت R_3 قرار داده و جریان هر یک را قرائت کنید.

$I_{R_2} =$ ☐ A

$I_{R_3} =$ ☐ A

۴ـ از مقایسه جریان های اندازه گیری شده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۵ـ مداری را مطابق شکل ۱۷۴ـ۵ اتصال دهید و جریان عبوری از هر یک از مقاومت ها را به تفکیک اندازه بگیرید.

$I_{R_1} =$ ☐ A

$I_{R_2} =$ ☐ A

$I_{R_3} =$ ☐ A

۶ـ یـک مقاومت $5/6k\Omega$ در بین دو نقطه B و C طبق شـکل ۱۷۵ـ۵ اضافه کنید و جریان عبوری از مقاومت های R_1 و R_4 را اندازه بگیرید.

$I_{R_1} =$ ☐ A

$I_{R_4} =$ ☐ A

۷ـ یـک مقاومت $1/2k\Omega$ بیـن دو نقطه B و C اضافه کنید و جریان کل مدار را اندازه بگیرید. جریان کل مدار چه تغییری داشته است؟ چرا؟ شرح دهید.

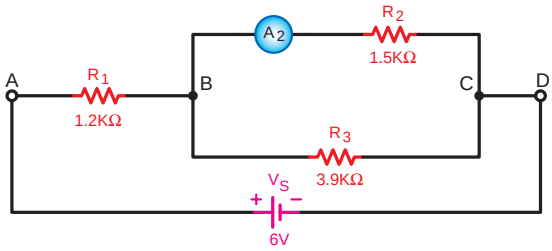
$I_T =$ ☐ A

۸ـ مـدار شـکل ۱۷۶ـ۵ را روی بردبـرد اتصال دهید و جریان عبوری از مقاومت های R_1 و R_4 و جریان کل مدار را اندازه بگیرید.

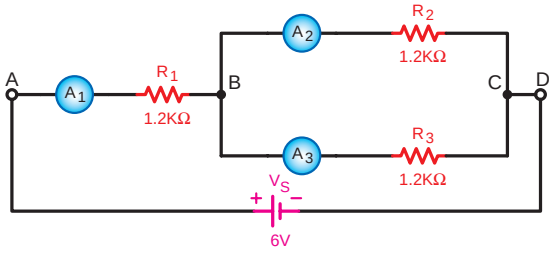
$I_{R_1} =$ ☐ A

$I_{R_4} =$ ☐ A

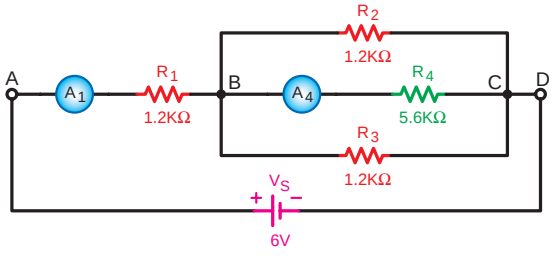
$I_T =$ ☐ A



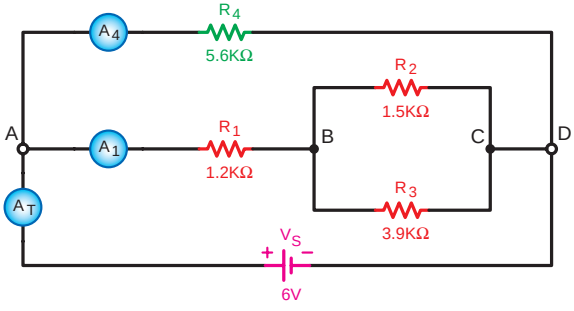
شکل ۱۷۳ـ۵ـ اندازه گیری جریان در شاخه های مختلف مدارهای ترکیبی «سری ـ موازی»



شکل ۱۷۴ـ۵ـ اندازه گیری جریان از شاخه های مختلف مدار ترکیبی سری ـ موازی



شکل ۱۷۵ـ۵ـ بررسی اثر تغییر مکان مقاومت روی مدار ترکیبی



شکل ۱۷۶ـ۵ـ بررسی اثر اضافه کردن مقاومت به صورت موزای در مدار ترکیبی سری ـ موازی

۹ـ وقتی مقاومت $R_۴$ را بین دو نقطه A و D قرار می دهید جریان کل مدار چه تغییری می کند؟ چرا؟ شرح دهید.

۹-

۱۰ـ از مقایسه جریان های به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۰-

۱۱ـ آیا رابطه ای بین مقدار جریان کل مدار و محل قرار گرفتن مقاومت جدید $R_۴$ وجود دارد؟ شرح دهید.

۱۱-

پ اندازه گیری و محاسبه ولتاژ در مدارهای ترکیبی «سری ـ موازی»

۱ـ مدار شکل ۱۷۷ـ۵ را روی بردبُرد اتصال دهید.

تذکر: دقت کنید که ولت متر در دو سر هر مقاومت به صورت موازی قرار گیرد و دارای حداقل رنج ۶v باشد.

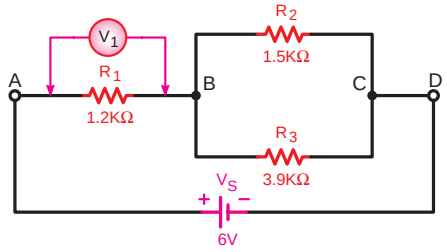
۲ـ منبع تغذیه dc را وصل کنید و ولتاژ دو سر مقاومت $R_۱$ را اندازه بگیرید.

$V_{R_۱} =$ ☐ V

۳ـ ولت متر را یکبار در دو سر مقاومت $R_۲$ و بار دیگر در دو سر مقاومت $R_۳$ قرار دهید و ولتاژ هر یک از مقاومت ها را اندازه بگیرید.

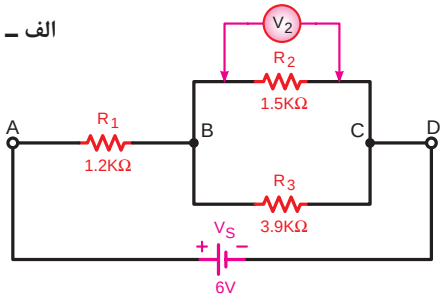
$V_{R_۲} =$ ☐ V

$V_{R_۳} =$ ☐ V



شکل ۱۷۷ـ۵ـ اتصال مدار ترکیبی سری ـ موازی

الف ـ شکل واقعی مدار



ب ـ کل مداری

شکل ۱۷۸ـ۵ـ اندازه گیری ولتاژ در مدار ترکیبی سری ـ موازی

۴ـ از مقایسه ولتاژهای اندازه گیری شده با ولتاژ منبع تغذیه چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

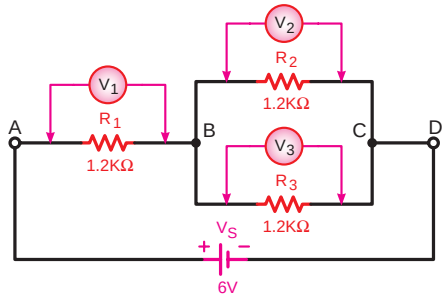
۴-

۵ـ مداری را مطابق شکل ۱۷۹ـ۵ اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت ها را به تفکیک اندازه بگیرید.

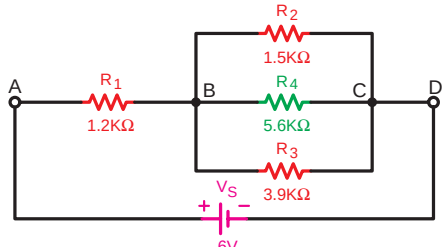
$V_{R_1} =$ ☐ V

$V_{R_2} =$ ☐ V

$V_{R_3} =$ ☐ V



شکل ۱۷۹ـ۵



شکل ۱۸۰ـ۵

۶ـ از مقایسه ولتاژهای به دست آمده با یکدیگر چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۷ـ یک مقاومت $5/6k\Omega$ را طبق شکل ۱۸۰ـ۵ بین دو نقطه B و C اضافه کنید و ولتاژهای دو سر هر مقاومت را مجدداً اندازه گیری کنید.

$V_{R_1} =$ ☐ V

$V_{R_2} =$ ☐ V

$V_{R_3} =$ ☐ V

$V_{R_4} =$ ☐ V

۸ـ از نتایج به دست آمده در این مرحله آزمایش چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۸-

۹ـ آیا مقادیر به دست آمده با مطالب تئوری و رابطه آن مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۹-

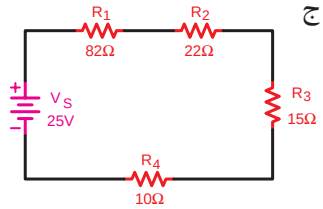
آزمون پایانی (۵)

۱ـ یک آمپرمتر در مداری به صورت سری قرار گرفته است. این آمپرمتر پس از وصل منبع تغذیه عدد صفر را نشان می‌دهد. کدام یک از موارد زیر را باید مورد بررسی قرار داد؟

الف ـ بازرسی سیم های رابط مدار　　ب ـ بررسی اتصال کوتاه شدن مقاومت ها

ج ـ بررسی مقاومت ها از نظر قطع شدن　　د ـ گزینه های الف و ج

۲ـ جریان عبوری از مدار شکل ۱۸۱ـ۵ چند میلی آمپر است؟

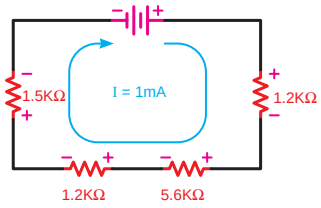


شکل ۱۸۱ـ۵

الف ـ ۱۹۴　　ب ـ ۴/۸

ج ـ ۶/۲　　د ـ ۵/۶

۳ـ در مدار شکل ۱۸۲ـ۵ ولتاژ V_S چند ولت است؟

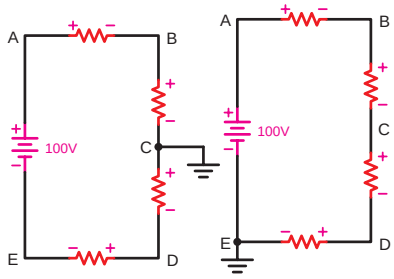


شکل ۱۸۲ـ۵

الف ـ ۹/۵　　ب ـ ۰/۹۵

ج ـ ۹۵　　د ـ ۰/۰۹۵

۴ـ در شکل ۱۸۳ـ۵ اگر افت ولتاژ در دو سر هر مقاومت برابر ۲۵ ولت باشد در شکل های (الف) و (ب) ولتاژ نقطه B نسبت به زمین به ترتیب از راست به چپ چند ولت است؟

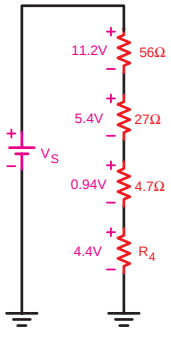


شکل ۱۸۳ـ۵

الف ـ ۷۵ و ۵۰　　ب ـ ۷۵ و ۲۵

ج ـ ۵۰ و ۲۵　　د ـ ۱۰۰ و ۲۵

۵ـ مقدار مقاومت R_4 در شکل ۱۸۴ـ۵ چند اهم است؟



شکل ۱۸۴ـ۵

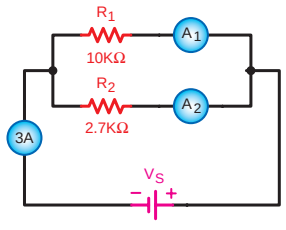
الف ـ ۰/۸۸　　ب ـ ۲/۲

ج ـ ۲۲۰　　د ـ ۲۲

۶ـ مقدار مقاومت معادل سه مقاومت $330\,\Omega$، $270\,\Omega$ و $68\,\Omega$ که به صورت موازی بسته شده‌اند چند اهم است؟

الف ـ ۶۶۸ ب ـ ۴۷ ج ـ ۶۸ د ـ ۲۲

۷ـ در شکل ۵ـ۱۸۵ آمپرمترهای A_1 و A_2 به ترتیب از راست به چپ چند آمپر را نشان می‌دهد؟

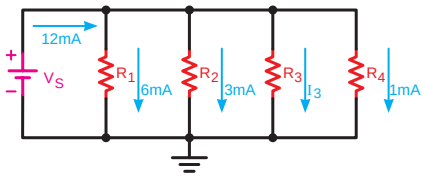


شکل ۵ـ۱۸۵

الف ـ ۲/۳۶ و ۰/۶۴ ب ـ ۰/۵۶ و ۱/۳۶

ج ـ ۱/۳۶ و ۱/۶۴ د ـ ۰/۶۴ و ۲/۳۶

۸ـ در شکل ۵ـ۱۸۶ و در صورتی که مقدار مقاومت $R_T = 2k\Omega$ باشد مقدار مقاومت R_3 چند کیلو اهم است؟

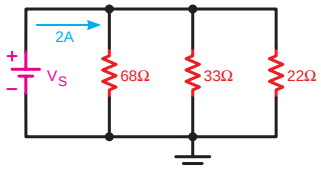


شکل ۵ـ۱۸۶

الف ـ ۱۲ ب ـ ۲

ج ـ ۹ د ـ ۱۰

۹ـ در مدار شکل ۵ـ۱۸۷ ولتاژ کل چند ولت است؟

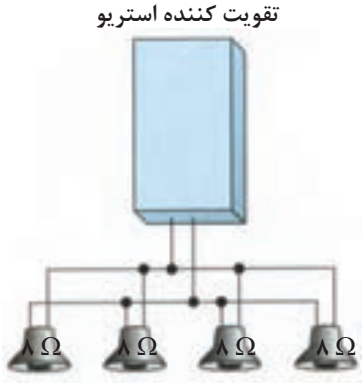


شکل ۵ـ۱۸۷

الف ـ ۱۴/۹ ب ـ ۷/۲۵

ج ـ ۲۲/۱ د ـ ۴۴/۶

۱۰ـ خروجی یک تقویت کننده استریو به چهار بلندگو طبق شکل ۵ـ۱۸۸ اتصال دارد. مقاومت معادل خروجی بلندگوها چند اهم است؟

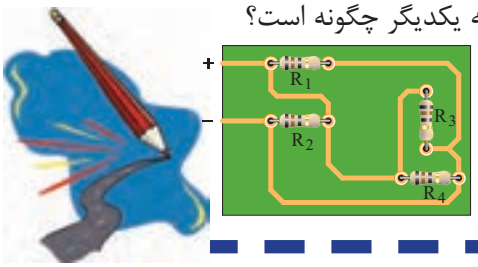


شکل ۵ـ۱۸۸

الف ـ ۸ ب ـ ۲

ج ـ ۶۴ د ـ ۳۲

۱۱ـ با توجه به شکل ۵ـ۱۸۹ بررسی کنید نحوه اتصال مقاومت‌ها نسبت به یکدیگر چگونه است؟



شکل ۵ـ۱۸۹

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، به ترتیب از راست به چپ مقدار افت ولتاژ مسیر چند ولت و سطح مقطع سیم مسی مورد نیاز برای مصارف روشنایی چند میلی متر مربع است؟ $(\omega_{cu} = ۵۶)$

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

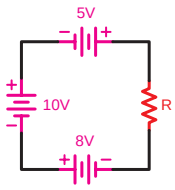
۱۳ـ الکترود مثبت کدام یک از باتری های زیر از جنس اکسید منگنز است؟

الف ـ سرب ـ اسید ب ـ روی ـ کربن ج ـ قلیایی د ـ جیوه ای

۱۴ـ ولتاژ هر پیل 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 ۱۹۰ـ۵ چند ولت است؟

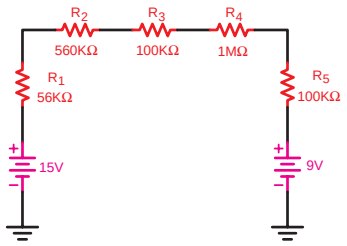


شکل ۱۹۰ـ۵

الف ـ ۷ ب ـ ۱۳

ج ـ ۱۸ د ـ ۲۳

۱۶ـ جریان در مدار شکل ۱۹۱ـ۵ چند میکروآمپر است؟

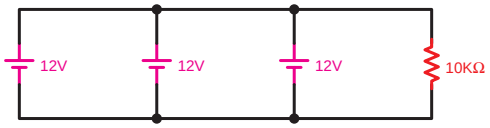


شکل ۱۹۱ـ۵

الف ـ ۳/۳ ب ـ ۰/۰۲

ج ـ ۰/۰۴۵ د ـ ۱۰

۱۷ـ توان مصرفی در مدار شکل ۱۹۲ـ۵ چقدر است؟

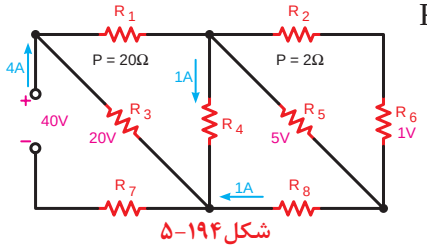


شکل ۱۹۲ـ۵

الف ـ ۱/۴۴ mΩ ب ـ ۱۴/۴ mΩ

ج ـ ۱/۴۴Ω د ـ ۱۴/۴Ω

۱۸ـ در مدار شکل ۱۹۳ـ۵ توان مصرفی در مقاومت $R_۶$ چند وات است؟

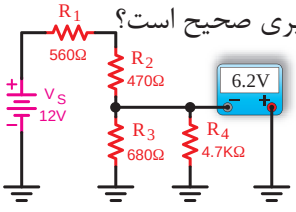


شکل ۱۹۴ـ۵

الف ـ ۱ ب ـ ۰/۵

ج ـ ۲۰ د ـ ۰/۲۵

۱۹ـ در شکل ۱۹۵ـ۵ آیا مقدار نشان داده شده توسط دستگاه اندازه گیری صحیح است؟ در صورتی که صحیح نیست، چه عددی را باید نشان دهد.



شکل ۱۹۵ـ۵

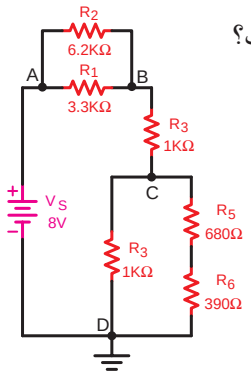
الف ـ بلی ب ـ ۴/۳

ج ـ ۶/۸ د ـ ۸/۲

۲۰ـ در مدار شکل ۱۹۵ـ۵ ولتاژ بین دو نقطه C و D (V_{CD}) چند ولت است؟

الف ـ ۴/۶۹ ب ـ ۲/۱۸

ج ـ ۳/۶۷ د ـ ۱/۱۳

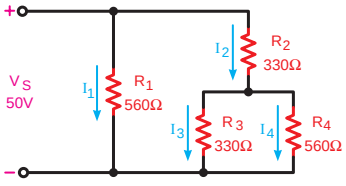


شکل ۱۹۵ـ۵

۲۱ـ در شکل ۱۹۶ـ۵ جریان I_4 چند میلی آمپر است؟

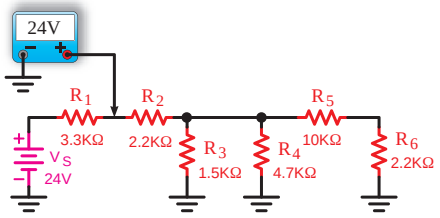
الف ـ ۹۳ ب ـ ۲۰

ج ـ ۳۴/۵ د ـ ۵۳۸



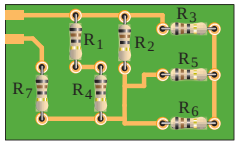
شکل ۱۹۶ـ۵

۲۲ـ عددی که ولت‌متر در شکل ۱۹۷- ۵ نشان می‌دهد صحیح است یا خیر؟ چرا؟ توضیح دهید.

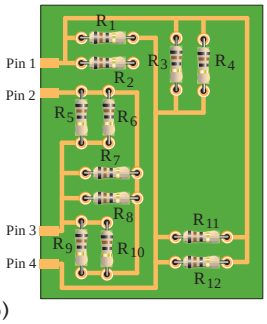


شکل ۱۹۷ـ۵

۲۳ـ با توجه به تصاویر شکل ۱۹۸ـ۵ وضعیت قرار گرفتن مقاومت‌ها (نوع مدار) را تشخیص دهید و نقشه فنی مدار را رسم کنید.



(الف)



(ب)

شکل ۱۹۸ـ۵

۲۴ـ اگر مقاومت داخلی مصرف کننده در مدار قطع شود مقدار جریان در مدار الکتریکی ..... خواهد شد.

۲۵ـ در مدار سری از تقسیم ولتاژ کل مدار بر جریان مقدار ..... به دست می‌آید.

۲۶ـ برای سنجش مقاومت در مدار الکتریکی از وسیله‌ای به نام ..... استفاده می‌شود.

۲۷ـ در یـک مدار سـری جریان عبوری از آمپرمتر اول (در ابتدای مـدار) با جریان عبوری از آمپرمتر آخر (در انتهای مدار) یکسان است.

صحیح ❐ غلط ❐

۲۸- در یک مدار موازی در صورت ثابت بودن ولتاژ جریان هر شاخه با مقاومت آن رابطه مستقیم دارد.

صحیح ❐ غلط ❐

۲۹- با توجه به روابط مدارهای سری، جمع جبری جریان های وارد شده و خارج شده در یک گره برابر صفر است.

صحیح ❐ غلط ❐

مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرارکنید.

واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل ششم: کار و توان الکتریکی

هدف کلی

توانایی محاسبه کار و توان مصرف کننده های الکتریکی و شناسایی توان مقاومت ها

هدف های رفتاری: در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

۱ـ کار، توان و راندمان الکتریکی را با ذکر رابطه آن ها 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	-	۴

۱ـ زمانی که به یک چرخ دستی نیرو وارد کنیم و آن را به حرکت درآوریم چه اتفاقی می افتد؟

الف ـ انرژی هدر رفته است. ب ـ کار انجام شده است.

ج ـ حرکت منفی صورت گرفته است. د ـ نیروی عمودی وارد کرده ایم.

۲ـ میزان گرمایی که توسط سماور برقی ایجاد می شود به چه عاملی بستگی دارد؟

الف ـ میزان آب داخل سماور ب ـ نوع سیم رابط

ج ـ مقاومت المنت سماور د ـ دمای محیط

۳ـ کوچک و بزرگ بودن ابعاد مقاومت ها روی چه عاملی اثر می گذارد؟

الف ـ مقدار مقاومت ب ـ توان مقاومت

ج ـ ولتاژ کار مقاومت د ـ خطای ساخت مقاومت

۴ـ نقش کنتور..... در یک مدار الکتریکی چیست؟

الف ـ اندازه گیری توان ب ـ محاسبه پول برق

ج ـ اندازه گیری انرژی د ـ تعیین نوع مصرف کننده

۵ـ در نیروگاه ها تمام انرژی ورودی تولید شده توسط آب به انرژی برق تبدیل ..... چرا که در این فرآیند بخشی از انرژی ..... می شود.

الف ـ می شود ـ تبدیل ب ـ نمی شود ـ تلف

ج ـ نمی شود ـ تبدیل د ـ می شود ـ تلف

۶ـ میزان انرژی مصرفی در یک منزل مسکونی را می توان از ..... انرژی ها بدست آورد.

الف ـ حاصل جمع ب ـ حاصل تقسیم

ج ـ حاصل تفریق د ـ حاصل ضرب

۷ـ در یک آسیاب آبی چه عاملی باعث گردش چرخ می شود؟

الف ـ حرکت محور ب ـ گردش موتور

ج ـ جریان آب د ـ حرکت چرخ اصلی

۸ـ با کدام یک از روش های اتصال پیل ها به یکدیگر می توان میزان جریاندهی منبع را افزایش داد؟

الف ـ سری ب ـ متقابل ج ـ موازی د ـ ترکیبی متقابل

۹ـ در یک اتوی برقی چه عاملی باعث گرم شدن اتو می شود؟

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 مناسب ترین 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 مقاومت های الکتریکی با جنس آن ها رابطه .....

الف ـ ندارد.　　ب ـ مستقیم دارد.　　ج ـ معکوس دارد.　　د ـ پایدار 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 می توان در یک کارگاه صنعتی میزان انرژی الکتریکی مصرفی را اندازه گیری کرد؟

الف ـ بستگی به قدرت دارد.　　ب ـ خیر

ج ـ بله　　د ـ در برخی از موارد امکان دارد.

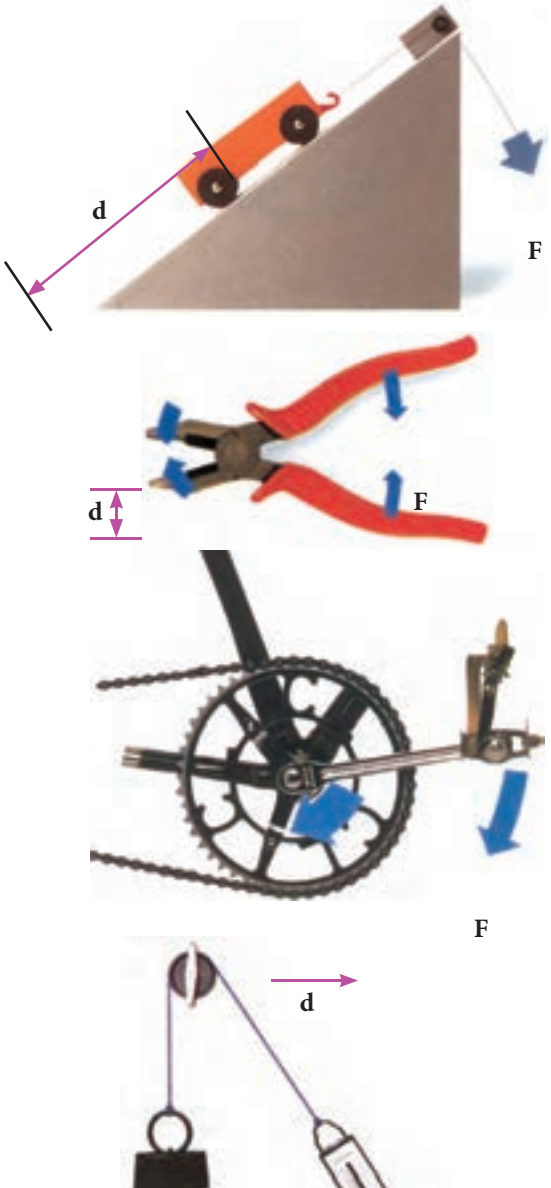
۱۵ـ میزان مصرف انرژی الکتریکی در منازل مسکونی با کدام یک از موارد زیر رابطه مستقیم دارد؟

الف ـ قطر سیم مصرفی　　ب ـ تعداد وسایل

ج ـ فاصله تولید کننده تا مصرف کننده　　د ـ سطح مقطع سیم مصرفی

۱ـ۶ـ کار الکتریکی

هرگاه جسمی حرکت کند یا تغییر حالت دهد می گوییم کار انجام شده است. نمونه هایی از کار انجام کار را در شکل ۱ـ۶ مشاهده می کنید.



شکل ۱ـ۶

برای محاسبه کار مکانیکی از رابطه زیر استفاده می شود:

$$w = f.d \qquad (۱)$$

F ـ نیروی وارد شده بر حسب نیوتن (N)

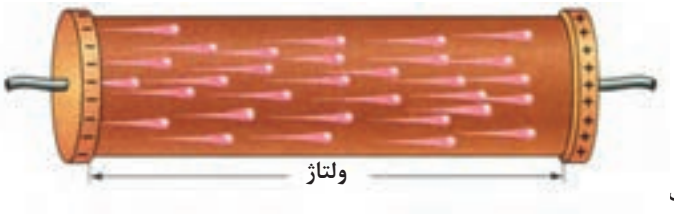
d ـ میزان جابجایی جسم بر حسب متر (m)

w ـ کار انجام شده بر حسب نیوتن متر یا ژول (j)

در الکتریسیته تعریف کار بر حسب ولتاژ الکتریکی به صورت 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 می شد (شکل ۲ـ۶). کار الکتریکی از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$v = \frac{w}{q} \Rightarrow w = v.q \qquad (۲)$$



شکل ۲ـ۶

V ـ اختلاف پتانسیل بر حسب ولت

q ـ مقدار بار الکتریکی جابه جا شده بر حسب کولن

w ـ کار انجام شده بر حسب وات ثانیه یا ژول

در رابطه W اگر به جای مقادیر q و V مقدار یک (واحد) قرار داده شود، تعریف واحد یعنی ۱ ژول به دست

می آید. رابطه (۱) یک رابطه کلی برای کار الکتریکی است که کمتر در مدارهای الکتریکی کاربرد دارد. زیرا در مدارهای الکتریکی معمولاً با کمیت های V و I سروکار داریم. به همین دلیل برای به دست آوردن رابطه کار بر حسب V و I یک بار به جای q و بار دیگر به جای V معادله آن ها را قرار می دهیم:

$q = I.t \Rightarrow \boxed{W = V.I.t}$ (۳)

$V = R.I \Rightarrow W = (R.I).(I.t)$

$\boxed{W = R.I^{2}.t}$ (۴)

در رابطه (۳) واحدها به صورت زیر بدست می آید:

$[j] = [V][A][S]$

ژول= ولت× آمپر× ثانیه

۲-۶- حرارت ایجاد شده توسط الکتریسیته

هنگام جاری شدن جریان الکتریکی در یک جسم حداکثر اصطکاک ناشی از حرکت الکترون های آزاد با اتم های جسمی که در مسیر حرکت الکترون ها قرار دارند، حرارت تولید می شود. در انتقال نیروی برق این انرژی گرمایی در طول سیم هدر می رود که آن را تلفات خط یا تلفات گرمایی می نامند. (شکل ۴ـ۶)

جمیز ژول اولین بار با تحقیقاتی که انجام داد به اثر گرمایی جریان برق پی برد.

براساس قانون ژول، اندازه گرمایی که در یک سیم بر اثر عبور جریان برق تولید می شود با کمیت های زیر متناسب است. (شکل ۵ـ۶)

الف ـ مجذور جریان

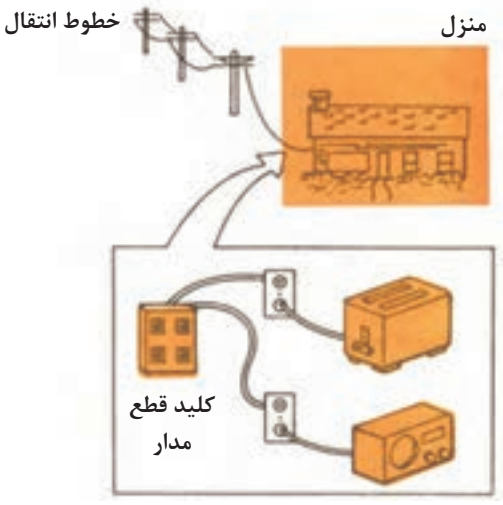
ب ـ مقاومت سیم

ج ـ زمان عبور جریان

با توجه به کمیت های بالا می توانیم رابطه زیر را بنویسیم:

$\boxed{Q = K.R.I^{2}.t}$ یا $\boxed{Q = K.W}$

شکل ۳ـ۶ـ مصرف کننده های الکتریکی



شکل۴-۶-خطوط انتقال انرژی

شکل ۵ـ۶

Q ـ مقدار گرمای تولیدی بر حسب کالری

R ـ مقامت 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 $\frac{۱}{۴٫۱۸} = ۰/۲۴$ بر حسب کالری بر ژول

تعاریف یک ژول و یک کالری بر حسب کمیت های الکتریکی به صورت زیر است:

یک ژول ـ هرگاه نیروی محرکه الکتریکی برابر یک ولت باعث جابه جایی 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 به وجود می آید.

مثال: در شکل ۶ـ۷ اگر R نشان دهنده مقاومت المنت یک سماور برقی باشد. این مقاومت در مدت زمان ۱۰ دقیقه چند کالری گرما تولید می کند؟

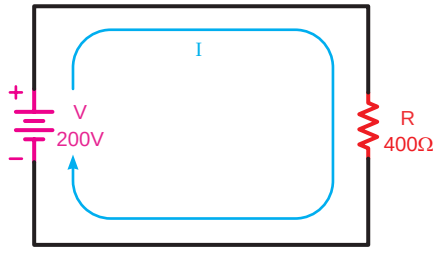
حل:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{۲۰۰}{۴۰۰} = ۰/۵[A]$$

$$t = ۱۰ \times ۶۰ = ۶۰۰[S]$$

$$Q = K.R.I^{۲}.t = ./۲۴ \times ۴۰۰ \times (./۵)^{۲} \times ۶۰۰ = ۱۴۴۰۰[Cal]$$

شکل ۶-۶-سماور برقی



شکل ۶ـ۷

(الف)

(ب)

شکل ۶ـ۸ـ توان مصرف شده برای انجام کار (روشنایی اتاق ـ حرکت دورانی موتور کولر)

۳ـ۶ـ توان[1] الکتریکی

در شکل کلی مقدار کار انجام شده در واحد زمان را «توان» یا «قدرت» گویند و از رابطه زیر می توان به دست 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) بر حسب ژول بر ثانیه $\left(\frac{j}{s}\right)$ یا وات (w)

1 - Power

واحـد توان بـه احترام جمیز وات[1] بر حسـب وات (w) نام گذاری شـده اسـت. در صنعت از واحدهای کوچک تر و بزرگ تر وات نیز استفاده می شود که عبارتند از:

(وات) $\mu w = ۱۰^{-۶} w$ (میکروووات)

(وات) $mw = ۱۰^{-۳} w$ (میلی وات)

(وات) $kw = ۱۰^{۳} w$ (کیلووات)

(وات) $Mw = ۱۰^{۶} w$ (مگاوات)

در انتخـاب مصـرف کننده های الکتریکی بـرای انجام کاری مشـخص می بایسـت به توان نوشته شـده روی بدنه آن ها توجه خاص شود.

به عنوان مثـال هرگاه هدف تأمین روشـنایی یک اتاق باشد باید با توجه به ابعاد و رنگ اتاق، لامپی را انتخاب کرد که توان نوشته شده روی حباب آن مناسب باشد.

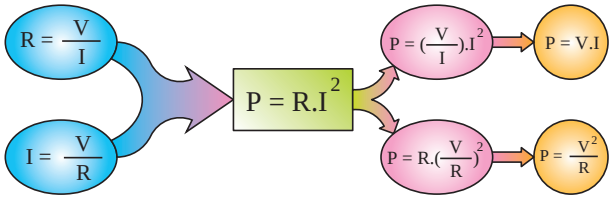
اگر هدف انتخاب کولر بـرای ایجاد هوای خنک در یک فضای بسته باشد، باید ابعاد و توان الکتریکی موتوری که در کولر به کار رفته است مورد توجه قرار گیرد.

بـا توجه به مقدار توان و ولتاژ کار هر وسـیله الکتریکی می توان سـایر مشـخصات آن مانند مقاومت (R) و جریان (I) آن را حساب کرد.

توجه

بنابرایـن توجـه به برچسـب انـرژی وسـایل و لامپ هـای کم مصرف موجـب صرفه جویی در انرژی مصرفی خواهد شد.

تصویـر روبرو چگونگی به دسـت آوردن دو رابطه دیگر توان الکتریکی را نشان می دهد.



۱hp = ۷۳۶w (یک اسب بخار در سیستم انگلیسی)

۱hp = ۷۴۶w (یک اسب بخار در سیستم آمریکایی)

تـوان الکتریکی را با واحد دیگری به نام «اسـب بخار[2] ـ hp» نیز بیان می کنند. این واحد در سیستم های انگلیسی و آمریکایی به صورت متقابل تعریف شده است.

1 - james watte

2 - hp-Horse Power

اگر توان هر فرد را تقریباً برابر ۹۰w در نظر بگیریم یک موتور الکتریکی یک اسب بخار قدرتی معادل هشت نفر را دارد. (شکل ۹ـ۶)

شکل ۹ـ۶ـ مقایسه قدرت موتور یک اسب بخار با توان انسان.

مثال: مقدار جریان و انرژی مصرفی یک موتور الکتریکی شکل ۱۰ـ۶ با قدرت ۱hp (انگلیسی)، که در شبکه ۲۲۰ ولتی به مدت ۲۰ دقیقه کار می‌کند، حساب کنید.

حل:

$$p = ۱_{hp} = ۱ \times ۷۳۶ = ۷۳۶[w]$$

$$P = V.I \Rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{۷۳۶}{۲۲۰} = ۳/۳۴[A]$$

$$t = ۲۰ \Rightarrow t = ۲۰ \times ۶۰ = ۱۲۰۰[s]$$

$$P = \frac{w}{t} \Rightarrow w = p.t = ۷۳۶ \times ۱۲۰۰ = ۸۸۳۲۰۰[j]$$

شکل ۱۰ـ۶ـ موتور الکتریکی

مقدار توان مصرفی در مدارهای الکتریکی را با وسیله ای به نام «وات متر» اندازه گیری می کنند. علامت اختصاری این وسیله به صورت —(W)— است و شکل واقعی یک نمونه وات متر را در شکل ۱۱ـ۶ مشاهده می کنید.

شکل ۱۱-۶

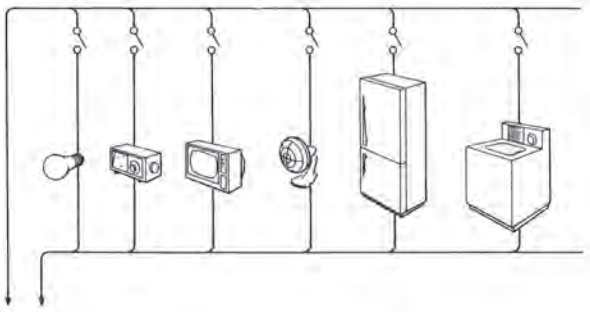
توان مصرفی کل یک مدار الکتریکی که از چند جزء تشکیل شده است از حاصل جمع توان های تک تک عناصر مدار به دست می آید.

$$P_t = P_۱ + P_۲ + P_۳ + ... + P_n$$

برای محاسبه توان هر یک از عناصر لازم است دو کمیت از سه کمیت V و I و R معلوم باشد تا بتوان یکی از روابط

p را بـه کار برد. مثلاً توان مصرفی کل شـکل ۱۲ـ۶ برابر با مجمـوع توان های مصرفی لامپ، رادیـو، تلویزیون، پنکه و ماشین لباسشویی است.

در صورتـی که مقادیر دو کمیت از کمیت های V و I و R مدار معلوم باشد توان کل مصرفی در یک مدار را از روابط زیر می توان محاسبه کرد:



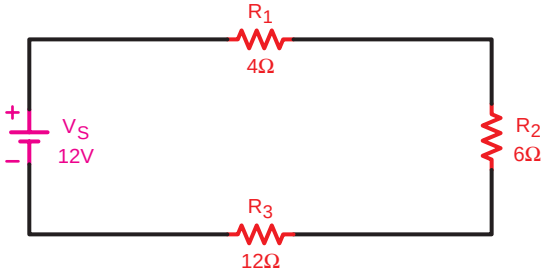
به طرف مولد الکتریسیته

شکل ۱۲-۶

$$P_T = R_T . I_T^2$$

$$P_T = V_T . I_T$$

$$P_T = \frac{V_T^2}{R_T}$$



شکل ۱۳-۶

مثال: در مدار شـکل ۱۳ـ۶ تـوان مصرفی مقاومت های R_1 و R_2 و R_3 و توان کل مدار را به دست آورید.

حل: ابتدا جریان کل مدار را به دست می آوریم و سپس بـا کمک آن توان هـای هر یک از مقاومت هـا را به صورت مقابل محاسبه می کنیم.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \Rightarrow R_T = 4 + 6 + 12 = 22\Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{12}{22} = 0/54A$$

$$P_1 = R_1 I^2 \Rightarrow P_1 = 4 \times (0/54)^2 = 1/74w$$

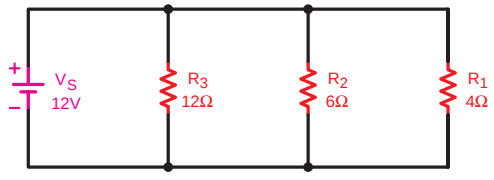
$$P_2 = R_2 I^2 \Rightarrow P_2 = 6 \times (0/54)^2 = 1/74w$$

$$P_3 = R_3 I^2 \Rightarrow P_3 = 12 \times (0/54)^2 = 3/49w$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

$$P_T = 1/16 + 1/74 + 3/49 = 6/39w$$

مثال: توان مصرفی هر یک از مقاومت ها و توان کل مدار شکل ۱۴ـ۶ را محاسبه کنید.



شکل ۱۴ـ۶ـ مدار موازی

حل: چون مدار موازی است و ولتاژ در دو سر همه مقاومت ها مساوی می باشد لذا توان تک تک مقاومت ها را به راحتی می توان براساس روابط مقابل محاسبه کرد.

$$P_1 = \frac{V_2}{R_1} = \frac{(12)^2}{4} = 36w$$

$$P_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{(12)^2}{6} = 24w$$

$$P_3 = \frac{V_2}{R_3} = \frac{(12)^2}{12} = 12w$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_T = 36 + 24 + 12 = 72w$$

مثال: در مدار شکل ۱۵ـ۶ مطلوب است:

الف ـ توان هر یک از مقاومت ها

ب ـ توان کل مدار

حل:

$$R_T = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} + R_1$$

$$R_T = \frac{6 \times 12}{6 + 12} + 4 = 8\Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{12}{8} = 1/5A$$

$$I_2 = I_T \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 1/5A \times \frac{12}{6+12} = 1A$$

$$I_3 = I_T \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 1/5A \times \frac{12}{6+12} = 0/5A$$

$$P_1 = R_1.I_1^2 = 4 \times (1/5)^2 = 9w$$

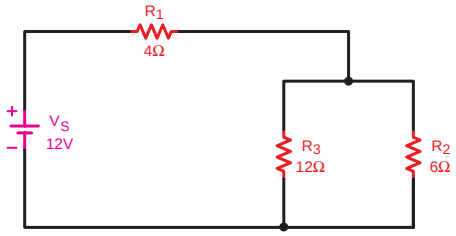
$$P_2 = R_2.I_2^2 = 6 \times (1)^2 = 6w$$

$$P_3 = R_3.I_3^2 = 12 \times (./5)^2 = 3w$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 9 + 6 + 3 = 18w$$

ویـا توان کل را به صورت زیر می توان به دست آورد:

$$P_T = R_T.I_T^2 = 8 \times (1/5)^2 = 18w$$



شکل ۱۵ـ۶

سؤال: از مقایسه مقادیر به دست آمده برای توان کل و توان هر یک از مقاومت ها در اشکال ۶ـ۱۳، ۶ـ۱۴ و ۶ـ۱۵ چه نتیجه ای می گیرید؟

حل: نتیجه می شود که در محاسبه توان هر یک از مقاومت ها و یا توان کل مدار علاوه بر مقدار مقاومت، جریان عبوری و افت ولتاژ دو سر آن ها شکل مدار و محل قرار گرفتن مقاومت مهم است. به همین دلیل است حتی با وجود مساوی بودن مقدار مقاومت ها نتایج یکسانی برای توان ها به دست نیامده است.

مثال: ابتدا مقدار جریان را در هر یک از مدارهای شکل ۶ـ۱۶ بدست آورید. سپس با توجه به توان مجاز هر مقاومت جریان عبوری از آن را محاسبه کنید. از مقایسه مقادیر به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟

حل الف: به طور کلی براساس 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 می تواند برابر با مقدار زیر باشد.

$$P_{max} = R.I^{۲}_{max} \Rightarrow I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}}$$

$$= \sqrt{\frac{۰/۲۵}{۱۰}} = ۰/۰۵A$$

حل ب: مقدار جریان مدار در این حالت نیز برابر ۰/۵ آمپر است در صورتی که مقدار جریان عبوری از مقاومت برابر:

$$P_{max} = R.I^{۲}_{max} \Rightarrow I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}} = \sqrt{\frac{۰/۵}{۱۰}} = ۰/۲۲A$$

$$۲/۵w > ۰/۵w$$

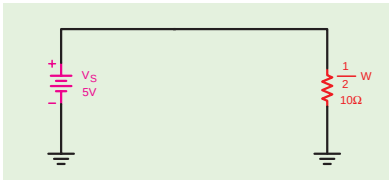
$$P = R.I^{۲} = ۲/۵w$$

حل ج: در این شرایط جریان مدار نیز ۰/۵ آمپر است ولی ماکزیمم جریان قابل تحمل مقاومت برابر است با:

$$P_{max} = R.I^{۲}_{max} \Rightarrow I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}} = \sqrt{\frac{۱}{۱۰}} = ۰/۳۱۶A$$

(الف)

(ب)



(ج)

شکل ۶ـ۱۶ـ بررسی جریان مصرف کننده براساس توان مجاز

نتیجه: در صورتی که از این مقاومت ($\frac{۱}{۴}$ وات) در مدار استفاده کنیم با عبور جریان ۰/۵ آمپری مقاومت می سوزد زیرا توان تلف شده در آن بیشتر از توان قابل تحمل مقاومت است.

$$P = R.I^{۲}$$

$$P = ۱۰ \times (./۵)^{۲} = ۲/۵w$$

نتیجه: از مقایسه جریان مدار با ماکزیمم جریان قابل تحمل مقاومت نتیجه می شود که با قرار دادن مقاومت $\frac{۱}{۲}w - ۱۰\Omega$ نیز مقاومت می سوزد چرا که توان تلف شده مقاومت در این شرایط نیز بیشتر از توان قابل تحمل مقاومت است.

نتیجه گیری کلی: از مشاهده و مقایسه جریان های به دست آمده می توان نتیجه گرفت که در انتخاب اجزای مختلف یک مدار مانند: فیوز، کلید، سیم های رابط، مصرف کننده و ... می بایست علاوه بر جریان به توان آن ها نیز توجه داشت زیرا هرچه توان مصرف کننده بیشتر باشد، مقدار جریان دریافتی از شبکه بیشتر بوده و میزان تحمل آن نیز زیادتر است.

نتیجه: در این شرایط نیز چون مقدار جریان عبوری از مدار بیشتر از جریان قابل تحمل مقاومت است نتیجه می شود با قرار دادن مقاومت ۱W-۱۰Ω نیز مقاومت می سوزد.

۱ـ۳ـ۶ـ استاندارد توان در مقاومت های اهمی:

از آنجایی که هر مقاومت الکتریکی قدرت تحمل یک جریان الکتریکی معین را دارد طبق رابطه: $P = R.I^2$ نتیجه می گیریم هر مقاومت الکتریکی دارای یک قدرت مجاز ثابت است.

کارخانجات سازنده، مقاومت های الکتریکی را در توان های استاندارد تولید می کنند. معمولاً مقاومت های کربنی در توان های $2w, 1w, \frac{1}{2}w, \frac{1}{4}w$ مقاومت های سیمی در توان های بیشتر از $2W$ ساخته می شوند.

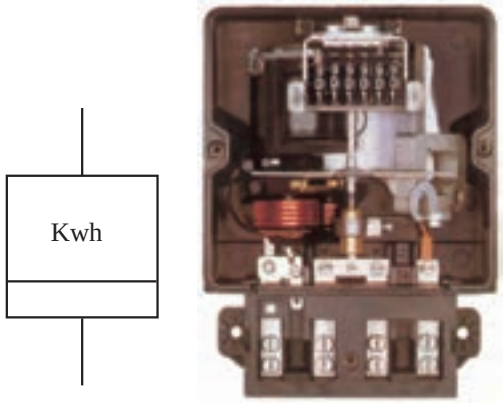
با افزایش توان مجاز (توان قابل تحمل) مقاومت ها اندازه فیزیکی آن ها نیز بزرگ تر می شود (شکل ۱۷ـ۶) تصاویری از انواع مقاومت های اهمی را در توان های مختلف با توجه به ابعاد آن ها نشان می دهد.

شکل ۱۷ـ۶ـ استانداردهای توان در مقاومت ها

۲ـ۳ـ۶ـ محاسبه هزینه برق مصرفی:

کار الکتریکی به وسیله دستگاهی به نام «کنتور» اندازه گیری می شود. تصویری از این وسیله را به همراه علامت اختصاری آن در شکل ۱۸ـ۶ مشاهده می کنید. کار الکتریکی را از رابطه زیر می توان محاسبه کرد:

$w = V.I.t \Rightarrow \boxed{W = P.t}$



شکل ۱۸ـ۶

در رابطــه کار الکتریکــی اگر (P) بر حســب وات و t بر حســب ثانیه باشد W برحســب وات ثانیه یا ژول به دست می آیــد. چون وات ثانیه بــا ژول واحد کوچکی اســت، لذا برای محاســبه هزینه برق مصرفی منــازل و کارخانجات از واحدهای بزرگ تر استفاده می شود. در مقیاس تجارتی توان را بر حســب کیلووات (kw) و زمان را بر حسب ساعت (h) در نظــر می گیرنــد. به همین دلیل مبنای محاســبه قیمت برق مصرفی بر حســب کیلووات ســاعت (kwh) سنجیده می شود.

رابطه ای که برای محاســبه هزینه بــرق مصرفی به کار می رود برابر است با:

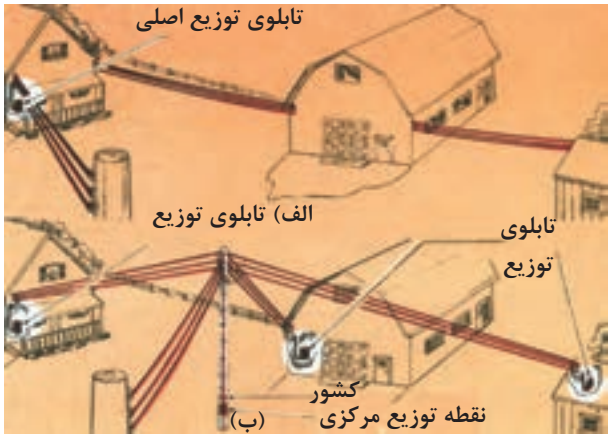
$$C_k = C.w$$

C ـ قیمت یک کیلووات ساعت برق

W ـ انرژی (کار الکتریکی) مصرفی برحسب کیلووات ساعت

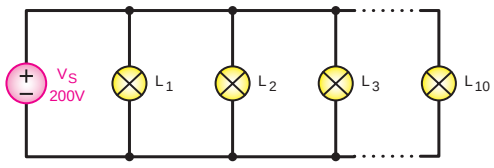
C_K ـ قیمت کل برق مصرفی

همان گونه که از روابط (W) و (C_K) مشــخص اســت هر قدر توان مصرف کننده و یا زمان اســتفاده از آن بیشــتر باشد، کار الکتریکی و هزینه برق مصرفی بیشتر خواهد شد. (شکل ۱۹ـ۶)



شکل ۱۹-۶

مثال: اگر ده لامپ ۱۰۰ واتی طبق شکل ۲۰ـ۶ به مدت ۲ ساعت روشن باشد هزینه برق مصرفی آن ها چقدر است؟ در صورتــی که قیمت هر کیلووات ســاعت ۵۰ ریال در نظر گرفته شود.



شکل ۲۰-۶

حل:

توان مصرفی کل: $P = ۱۰ \times ۱۰۰_w = ۱۰۰۰_w = ۱_{kw}$

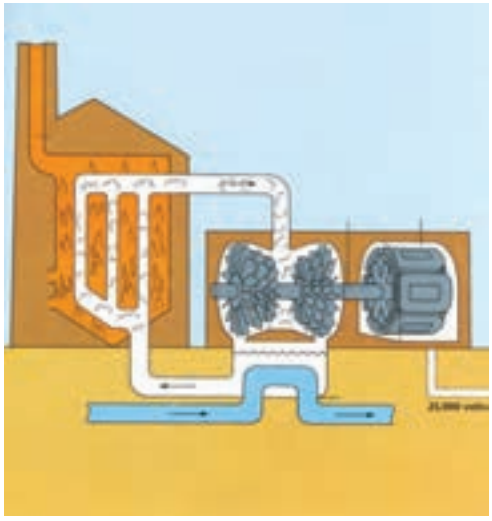
زمان روشن بودن لامپ ها: $t = ۲h$

انرژی مصرفی کل: $W = p.t = ۱ \times ۲ = ۲kwh$

کل هزینه: $C_K = C.W = ۵۰ \times ۲ = ۱۰۰$

۴ـ۶ـ ضریب بهره (راندمان الکتریکی)

طبق اصل «بقای انرژی» انرژی هیچ گاه از بین نمی رود و فقط از نوعی به نوع دیگر تبدیل می شـود. (شکل ۲۱ـ۶) در هنـگام تبدیل انرژی ها به یکدیگـر، مقداری از انرژی به مصرف مفید نمی رسـد و بـه نوعی دیگر از انـرژی تبدیل می شـود که موردنظر ما نیسـت. این انرژی را «انرژی تلف شده» می نامند.



شکل ۲۱ـ۶ـ چگونگی تبدیل انرژی گرمایی به انرژی الکتریکی

مثلاً در یک موتور الکتریکی که انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی تبدیل می شود بخشی از انرژی الکتریکی موتور به صورت های زیر تلف می شود:

الف ـ اصطکاک قسمت های مکانیکی گردنده

ب ـ حرارت در سیم های حامل جریان

ج ـ حرارت در سیم پیچی و هسته

شکل ۲۲ـ۶ـ موتور الکتریکی

در عمـل تمام انـرژی الکتریکی دریافتی از شـبکه به انرژی مکانیکی تبدیل نخواهد شـد. بـا توجه به توضیحات بالا می توان نتیجه گرفت که انرژی یا توان داده شـده به هر وسیله ای از انرژی یا توان دریافت شده از آن بیشتر است. از طرف دیگر مقدار توان تلف شـده در همه دستگاه ها یکسان نیسـت، لذا لازم اسـت تا با عاملی میزان کارآیی هر وسیله را بیـان کنیم که معمولاً از اصطلاح «کارآیی» یا «راندمان» استفاده می شود. شکل ۲۳ـ۶ وضعیت مصرف کننده ها را از نظر ورودی و خروجی نشان می دهد.

به طور کلی نسـبت توان گرفته شده (خروجی) به توان

شکل ۲۳ـ۶ـ بلوک دیاگرام توان ها

داده شـده (ورودی) را بـازده می گوینـد. ضریب بهره که معرف مقدار عددی راندمان اسـت همیشه بر حسب درصد بیان می شـود. هر قدر عدد راندمان بیشتر باشد نشان دهنده آن اسـت کـه کیفیت کاری دسـتگاه بهتر اسـت. اگر توان ورودی را بـا (P_1) و تـوان خروجـی را با (P_2) و ضریب بهـره را با (η ـ اِتا) نشـان دهیم رابطـه آن به صورت زیر خواهد شد:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

اگـر به جـای P_1 و P_2 معـادل آن هـا را قـرار دهیم رابطه دیگری برای راندمان به دسـت می آید که بر حسـب انرژی های ورودی و خروجی است.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{W_2}{t}}{\frac{W_1}{t}} \Rightarrow \eta = \frac{W_2}{W_1} \times 100$$

مثـال: مولدی بـا قدرت ۵Wk (شـکل ۲۵ـ۶) حداکثر می تواند انـرژی الکتریکی ۴۴ لامپ ۲۲۰ ولتی ۰/۵ آمپری را تأمین کند. حساب کنید راندمان آن چند درصد است؟

توان یک لامپ $P = V.I = ۲۲۰ \times ./۵ = ۱۱۰w$

توان همه لامپ $P_2 = ۴۴ \times P = ۴۴ \times ۱۱۰ = ۴۸۴۰w$

$P_1 = ۵kw = ۵ \times ۱۰۰۰ = ۵۰۰۰w$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100 = \frac{۴۸۴۰}{۵۰۰۰} \times 100 = ٪۹۶/۸$$

در محاسـبه میزان راندمان یک وسیله الکتریکی باید به نـوع توان یا انـرژی ورودی و خروجـی آن توجه کرد در محاسبه مقدار راندمان یا کارآیی را در نظر داشت.

الف ـ در مدت ۱ دقیقه سه جعبه را جابه جا کرده است.

ب ـ در مدت ۱ دقیقه ۴ جعبه را جابه جا کرده است.

شکل ۲۴ـ۶ـ جریان مقدار کار انجام شده در شکل ب بیشتر است. به همین خاطر راندمان کاری شکل ب بیشتر از شکل الف است.

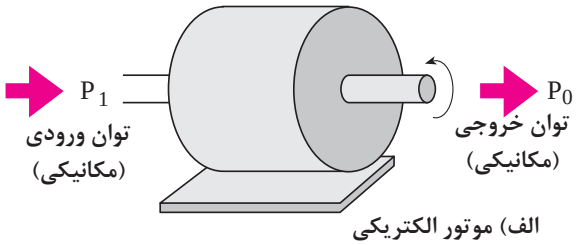
شکل ۲۵ـ۶ـ مولد جریان متناوب

توجه

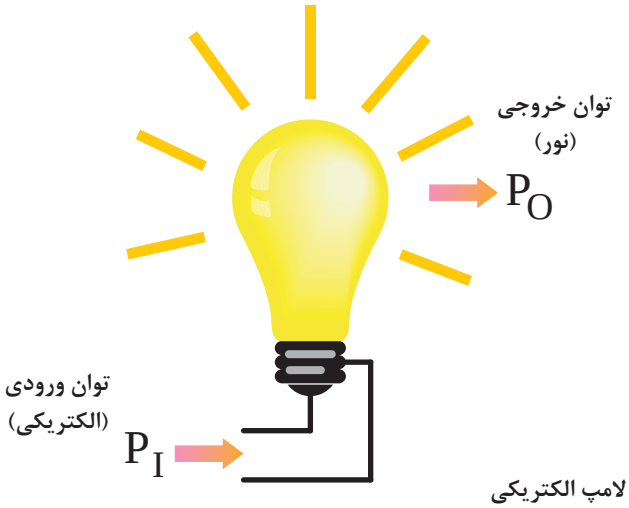
همان طـوری که مشـاهده می شـود راندمان یا کارآیی دسـتگاه از طریق نسبت توان دریافتی به توان داده شده به سیستم به دست می آید.

مثلاً همان طوری که در شـکل ٦ـ٢٦ مشاهده می شود، در یک موتور الکتریکی توان ورودی آن (P_1) از نوع انرژی الکتریکی اسـت در صورتی که تـوان خروجی آن (P_2) از نوع انرژی مکانیکی می باشد.

هم چنیـن در یـک لامـپ تـوان ورودی (P_1) انرژی الکتریکی است و توان خروجی (P_2) از نوع انرژی نورانی می باشد.



الف) موتور الکتریکی



ب) لامپ الکتریکی

شکل ۲۶ـ۶ـ مصرف کننده های الکتریکی با توان های خروجی متفاوت

توجه

روی پلاک مشخصات و یا بدنه تمامی دستگاه ها تـوان خروجـی نوشـته می شـود چـون مقدار کار مفیدی که وسـایل برای مـا انجام می دهند اهمیت دارد.

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 کدامیک از روابط زیر صحیح است؟

الف ـ $w = \frac{V.I}{t}$　　ب ـ $w = \frac{F}{d}$

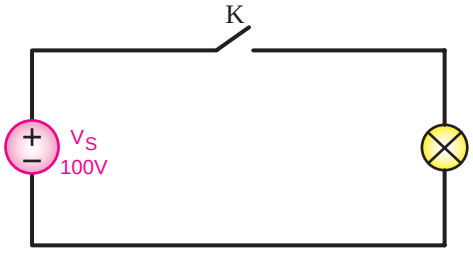
ج ـ $w = \frac{V}{q}$　　د ـ $w = R.I^{2}.t$

۳ـ علت به وجود آمدن حرارت در هنگام جاری شدن جریان در سیم چیست؟

الف ـ سرعت زیاد الکترون های آزاد　　ب ـ داشتن حرکت ضربانی

ج ـ اصطکاک ناشی از حرکت الکترون های آزاد　　د ـ کوچک بودن سطح مقطع سیم

۴ـ اگر کلید K مدار شکل ۶ـ۲۷ به مدت ۵ دقیقه بسته باشد در اطراف لامپ به ترتیب چه کالری گرما و چند ژول کار انجام شده است؟

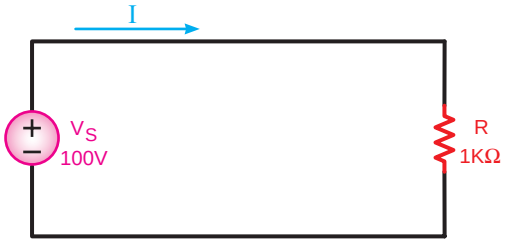


شکل ۶-۲۷

الف ـ ۱۲۵۰۰ و ۲۵۰۰۰　　ب ـ ۲۵۰۰۰ و ۱۲۵۰۰

ج ـ ۱۸۰۰۰ و ۴۳۲۰　　د ـ ۴۳۲۰ و ۱۸۰۰۰

۵ـ مقدار جریان I و توان مقاومت R مدار شکل ۶ـ۲۸ به ترتیب از راست به چپ چقدر است؟



الف ـ ۱۰۰ و ۰/۱　　ب ـ ۰/۱ و ۱۰

ج ـ ۱۰ و ۰/۰۱　　د ـ ۰/۱ و ۱۰۰

۶ـ جرثقیلی با نیروی ۴۰۰۰ نیوتن طی ۲ دقیقه باری را ۲/۵ متر جابه جا کرده است. شکل ۶-۲۸

تون این ماشین چند وات است؟

الف ـ ۱۲۰۰　　ب ـ ۸۳/۳　　ج ـ ۵۶/۱　　د ـ ۴۲/۸

۷ـ توان ۰/۰۴۵ وات معادل کدامیک از موارد زیر است؟

الف ـ ۴۵kw　　ب ـ ۴۵mw　　ج ـ ۴,۵w　　د ـ ۰/۰۰۰۴۵ mw

۸ـ ضریب بهره منبع تغذیه‌ای با قدرت دریافتی ۰/w۶ و توان خروجی معادل ۰/w۵ چند درصد است؟

الف ـ ۵۰/۵ ب ـ ۶۰/۲ ج ـ ۸۳/۳ د ـ ۸۶/۶

۹ـ در صورتی که قیمت هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی ۵۰ ریال باشد، هزینه برق مصرفی یک المنت بخاری برقی با مشخصات A۵ و v۲۰۰ در مدت ۵ ساعت کار چند ریال است؟

الف ـ ۳۵۰ ب ـ ۲۵۰ ج ـ ۴۵۰ د ـ ۵۰۰

۱۰ـ توان خروجی یک موتور dc با مشخصات پلاک نشان داده شده در شکل ۲۹ـ۶ چند وات است؟

الف ـ ۹۹۰

ب ـ ۱۱۵۰

ج ـ ۱۲۲۲/۲

د ـ ۴۴

پلاک موتور
$U = ۲۲۰[V]$
$I = ۵[A]$
$\eta = ٪۹۰$

شکل ۲۹ـ۶

۱۱ـ انرژی گرمایی، که در اثر عبور جریان الکتریکی در سیم هدر می رود، ..... نام دارد.

۱۲ـ برای اندازه گیری توان مصرفی در مدارهای الکتریکی از وسیله‌ای به نام ..... استفاده می شود.

۱۳ـ هرچه توان مصرف کننده 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 می شود. ❑ صحیح ❑ غلط

توجه

مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرارکنید.

خودآزمایی عملی

۱ـ مشـــخصات چند نمونه اتو را یادداشـــت کنید (نمونه ای از این وســـیله در شکل ۳۰ـ۶ نشان داده شده است) و مقدار گرمایی را که در مدت یک دقیقه ایجاد می کنند، برحسب کیلو کالری به دست آورید.

شکل ۳۰-۶

۲ـ مشخصات کلیه وسایل الکتریکی موجود در منزل را به همراه مدت زمان استفاده از آن ها یادداشت کنید (نمونه هایی از این وســـایل در شـــکل ۳۱ـ۶ آمده است) ســـپس هزینه برق مصرفی را در طی دو ماه با فرض این که قیمت هر کیلووات ساعت ۴۰ ریال باشد، به دست آورید.

شکل ۳۱-۶

واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل هفتم: مغناطیس و الکترومغناطیس

هدف کلی

آشنایی با خواص مغناطیس و مدارهای الکترومغناطیس

هدف های رفتاری: در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

۱ـ مغناطیس، میدان مغناطیسی، فلوی مغناطیسی، چگالی میدان مغناطیسی و خاصیت الکترومغناطیسی را تعریف کند.

۲ـ نحوه تشخیص قطب های N و S یک آهنربا را شرح دهد.

۳ـ علت به وجود 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 میدن های مغناطیسی و میدان های مغناطیسی دو سیم حامل جریان بر یکدیگر را توضیح دهد.

۶ـ نیروی محرکه مغناطیسی، شدت میدان مغناطیسی، ضریب نفوذ مغناطیسی، مقاومت مغناطیسی را با ذکر رابطه آنها توضیح دهد.

۷ـ مسائل مربوط به محاسبه کمیت های مدار مغناطیسی را حل کند.

ساعت

نظری	عملی	جمع
۴	-	۴

۱ـ وقتی یک آهن، آهنربا می شود چه اتفاقی می افتد؟

الف ـ الکترون های آزاد از اطراف قطب جنوب و شمال دور می شوند.

ب ـ اتم های آهن دارای بار الکتریکی می شوند و الکترون های آزاد اطراف قطب شمال و جنوب دور می شوند.

ج ـ ذرات مغناطیسی موجود در آهن تنظیم می شود.

د ـ ساختمان مولکولی آنرا بر هم می زند.

۲ـ آهنربا کدام گروه از موارد زیر را جذب می کند؟

الف ـ آهن، آلومینیوم، برنج ب ـ فولاد، کبالت، مس

ج ـ فولاد، مس، نیکل د ـ نیکل، کبالت، آهن

۳ـ با کدام وسیله می توان به وجود میدان مغناطیسی پی برد؟

الف ـ با کمک حس لامسه ب ـ براده های آهن

ج ـ از طریق مشاهده 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

۵ـ نیرویی را که در یک جسم (هسته آهنی) براساس پدیده الکترومغناطیس به وجود می آید ..... می گویند.

الف ـ EMF ب ـ E ج ـ MMF د ـ F

۶ـ اساس کار قطب نما چیست؟

الف ـ جذب و دفع میدان های الکترو استاتیکی ب ـ جذب و دفع میدان های مغناطیسی

ج ـ جذب و دفع نیروی جاذبه زمین د ـ جذب و دفع بار یون ها بر هم

۷ـ در کارخانجات صنعتی بزرگ معمولاً برای انتقال آهن آلات از نقطه ای به نقطه دیگر از کدام ویژگی بهره گرفته اند؟

الف ـ باردار کردن ذرات آهن ب ـ فشرده کردن حجم آهن آلات

ج ـ استفاده از آهنربای مغناطیسی د ـ ایجاد میدان های الکترواستاتیکی اطراف آهن

۸ـ وقتی عقربه قطب نما در راستای شمال و جنوب جغرافیایی قرار می گیرد کدام قطب مغناطیسی عقربه مقابل قطب شمال است؟

الف ـ N ب ـ N-S ج ـ S د ـ هیچ کدام

۹ـ آیا آهن‌ربا کردن یک میله آهنی با طول آن رابطه ای دارد؟

الف ـ بله ب ـ خیر

ج ـ در برخی موارد د ـ با توجه به سطح مقطع پاسخ مثبت است.

پیش آزمون (۲)

۱۰ـ اگر یک آهنربای تخت را از وسط نصف کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟۳

الف ـ فقط بارهای منفی را جذب می کند.　　ب ـ فقط بارهای مثبت را جذب می کند.

ج ـ خاصیت آهنربایی آن بسیار کم می شود.　　د ـ تبدیل به دو آهنربای مستقل می شود.

۱۱ـ راندمان یک موتور به قدرت ۱hp (انگلیسی) که با ولتاژ ۲۲۰ ولت کار می کند و جریان ۳/۵ آمپر از شبکه دریافت می کند 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 می دهد؟

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 ۱۰ Ω با توان $\frac{۱}{۲}$w در مدت زمان ۱ دقیقه چند کالری گرما در اطراف آن به وجود می آید؟

الف ـ ۶/۴　　ب ـ ۵　　ج ـ ۷/۲　　د ـ ۱۴/۴

۱۵ـ کدام وسیله برای اندازه گیری کار الکتریکی استفاده می شود؟

الف ـ وات متر　　ب ـ کنتور　　ج ـ نیروسنج　　د ـ ولت متر

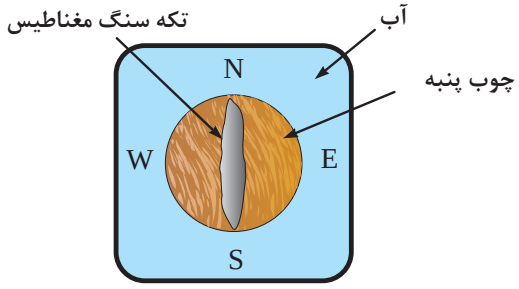
۱ـ۷ـ مغناطیس چیست؟

تقریباً از شش قرن پیش از میلاد مسیح یونانیان می دانستند یک نوع سنگ طبیعی وجود دارد تکه های کوچکی را می رباید. (شکل ۱ـ۷)

شکل ۱ـ۷ـ سنگ مغناطیس طبیعی

بعدها دیانوردان با قرار دادن قطعه ای از سنگ طبیعی روی یک تکه تخته کوچک و شناور کردن آن روی سطح آب درون یک ظرف برای خود قطب نماهای سادهای ساختند.

چون اولین بار این سنگ در منطقه ای به نام ماگنزیا[1] در آسیای صغیر پیدا شد، آن را «ماگنتیت»[2] یا «مغناطیس» نامگذاری کرده اند. (شکل ۲ـ۷)

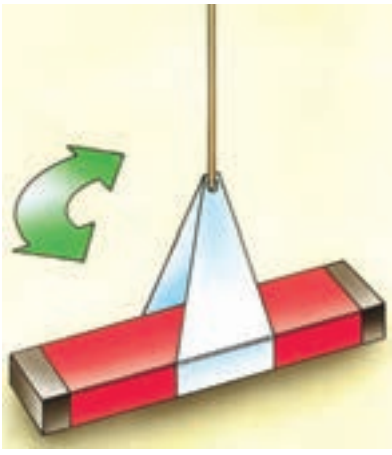


شکل ۲ـ۷ـ نحوه ساخت قطب‌نماهای اولیه

شکل ۳ـ۷ یک قطعه سنگ آهنربای طبیعی را نشان می دهد که براده های آهن به آن چسبیده است. براده ها بیشتر به دو سر آن می چسبند و در قسمت میان براده های کمتری جذب می شود. این نکته نشان می دهد که در هر آهنربا مکان هایی وجود دارد که در آن ها اثر نیروی جاذبه مغناطیسی بیشتر از نقاط دیگر ظاهر می شود. این مکان ها را «قطب های آهنربا» می گویند.

شکل ۳ـ۷ـ سنگ آهن طبیعی که براده های آهن به آن چسبیده است.

هرگاه یک آهنربای تیغه ای با نخ آویخته شود به طوری که بتواند آزادانه در یک سطح افقی به هر طرف بچرخد پس از چند نوسان در راستای تقریبی شمال و جنوب جغرافیایی قرار می گیرد. در این وضعیت قطبی از آهنربا که به سوی شمال متمایل است قطب شمال N[3] و قطبی را که به سوی جنوب می ایستد، قطب جنوب S[4] گویند. (شکل ۴ـ۷)



شکل ۴ـ۷ـ آهنربای آویخته با نخ

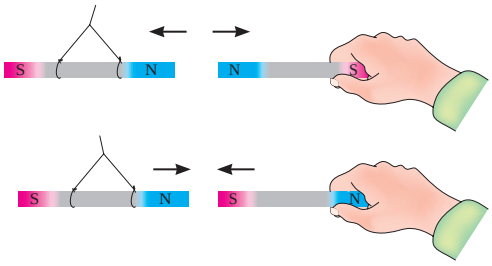
1-Magnesia

2-Magnetite

3-N-North

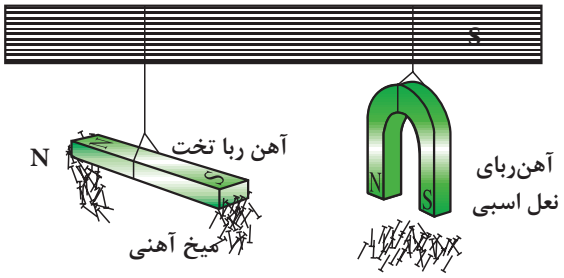
4-S-South

برای تشخیص قطب های یک آهنربا هر یک از قطب های آن را به ترتیب به قطب های مشخص یک آهنربای دیگر که آویزان است، نزدیک کنید. اگر دو قطب همدیگر را دفع کردند، «هم نام» و اگر دو قطب یکدیگر را جذب کردند، «غیرهم نام» هستند. (شکل ۵ـ۷)



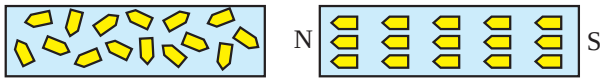
شکل ۵ـ۷ـ اثر قطب ها بر یکدیگر

سه عنصر آهن، نیکل و کبالت و بعضی از آلیاژهای آن ها که به شدت جذب آهنربا می شوند، «مواد مغناطیسی یا «فرومانیتیک»[1] می نامند. موادی مانند مس، برنج، شیشه و ... که جذب آهنربا نمی شوند مواد «غیرمغناطیسی» نام دارند. (شکل ۶ـ۷)



شکل ۶ـ۷ـ اثر قطب های آهنبا روی میخ آهنی و برنجی

مواد مغناطیسی وقتی در کنار یک آهنربا قرار می گیرند ملکول های آن ها منظم شده و خاصیت مغناطیسی پیدا می کنند. (شکل ۷ـ۷)

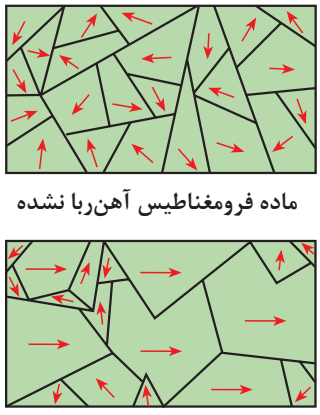


شکل ۷ـ۷ـ وضعیت ملکول های مواد مغناطیسی و غیرمغناطیسی

مواد مغناطیسی که در وسایل الکتریکی به کار می روند به دو دسته:

الف ـ نرم ب ـ سخت

تقسیم می شوند. مواد مغناطیسی نرم موادی مانند آهن هستند که خاصیت مغناطیسی ایجاد شده را خیلی زود و آسان از دست می هند. مواد مغناطیسی سخت موادی مانند فولاد هستند که خاصیت مغناطیسی تقریباً دائم پیدا می کنند و به راحتی از دست نمی دهند. هر دو دسته این مواد دارای اهمیت خاصی در صنایع هستند.



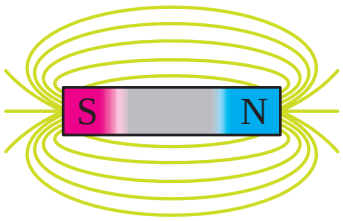
شکل ۸ـ۷ـ وضعیت ملکول های در مواد مغناطیسی مختلف

1-Ferromagnetic

۲ـ۷ـ خطوط نیروی مغناطیس و میدان مغناطیسی

یک آهنربا می تواند بدون اینکه با یک قطعه آهن تماس داشته باشد آن را جذب کند یا از یک فاصله بر روی آهنربای دیگـر اثر کند. دلیل این که یک آهنربا از فاصله های کم به آهنربای دیگر نیرو وارد می کند وجود «میدان مغناطیسی»[1] در اطراف آن اسـت. پس می توان میدان مغناطیسـی را به صورت زیر تعریف کرد:

فضایی از اطراف جسـم مغناطیسـی که می تواند روی اجسـام مغناطیسـی دیگر اثر بگذارد، «میدان مغناطیسی» می گویند. (شکل ۹ـ۷)

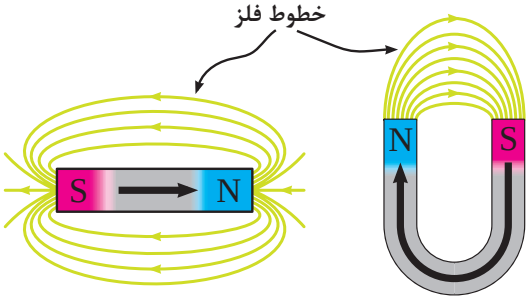


شکل ۹ـ۷ـ نیروی میدان اطراف یک جسم مغناطیسی

میدان مغناطیسی را می توان با خطوطی به نام «خطوط شـار مغناطیسـی»، «خطوط نیروی میدان مغناطیسـی»، «فلوی مغناطیسی» یا «فوران مغناطیسی» نشان داد.

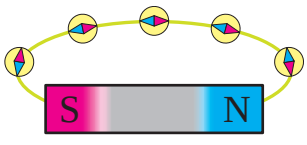
فلوی مغناطیسـی عبارت اسـت از کلیه خطوط میدان مغناطیسی که از آهنربا خارج می شود. فلوی مغناطیسی را با حرف « Φ ـ فی» نمایش می دهند و واحد آن بر حسـب «wb وبر»[2] اسـت. یک وبر برابر با 10^8 خط شار مغناطیسی می باشد. در اصطلاح به هر وبر یک ماکسول نیز می گویند.

جهت این خطوط در خارج آهنربا از قطب N به سـمت قطب S و در داخل آهنربا از قطب S به طرف قطب N است. (شکل ۱۰ـ۷)



شکل ۱۰ـ۷ـ میدان های مغناطیسی آهنرباها

اگـر یک عقربه مغناطیسـی در اختیار داشـته باشـیم بـا چرخانـدن آن در فضای اطـراف یک آهنربـا می توان قطب ها آهنربا و جهت فلوی مغناطیسـی را مشـخص کرد. (شکل ۱۱ـ۷)



طرح میدان مغناطیسی آهن رباها

شکل ۱۱ـ۷ـ وضیت عقربه مغناطیسی در فضای اطراف آهنربا

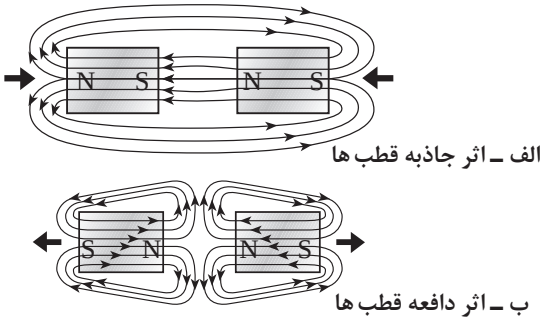
1-Magnetic Field

2-Wb-Weber

جهتی که عقربه مغناطیسی می‌ایستد قطب مخالف آهنربا را مشخص می‌کند زیرا قطب‌های غیرهم‌نام یکدیگر را جذب می‌کنند. (شکل ۱۲ـ۷)

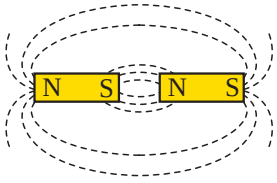
شکل ۱۲ـ۷ـ وضعیت عقربه مغناطیسی در کنار آهنربا

اثر جاذبه و دافعه میدان‌های مغناطیسی دو آهنربا را در شکل ۱۳ـ۷ مشاهده می‌کنید. در شکل الف قطب‌های غیرهم‌نام یکدیگر را جذب و در شکل ب قطب‌های هم‌نام یکدیگر را دفع نموده‌اند.



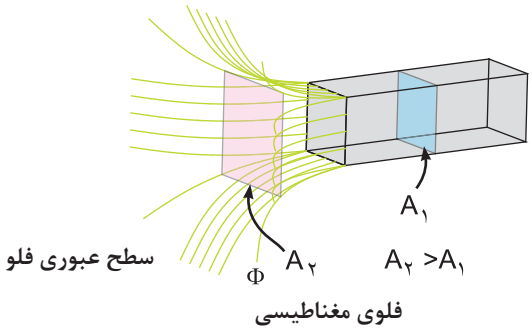
شکل ۱۳ـ۷ـ اثر قطب‌های مغناطیسی بر یکدیگر

اگر یک آهنربا از وسط نصف شود در دو لبه آن مجدداً دو قطب N و S پدید می‌آید. (شکل ۱۴ـ۷)



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 ۱۵ـ۷)



شکل ۱۵-۷

مقدار اندوکسیون مغناطیس 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 به نام گوس نیز بیان می‌کنند. یک گوس برابر است با:

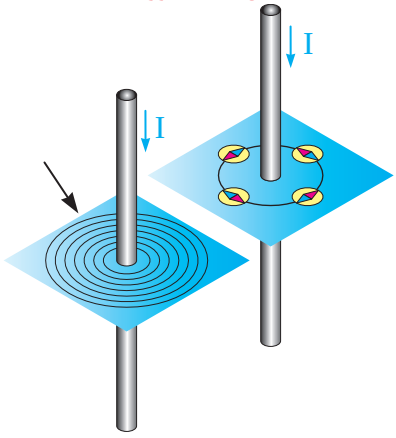
تسلا $۱۰^{-۴}$ = ۱ گوس

$$۱(G) = ۱۰^{-۴}(T)$$

۳ـ۷ـ الکترومغناطیس

در سال ۱۸۲۰ میلادی اورستد[1] (شکل ۱۶ـ۷) کشف کرد که اگر یک عقرب مغناطیسی در مجاورت یک سیم حامل جریان DC قرار گیرد از راستای خود منحرف می شود. همچنین اگر روی صفحه‌ای در فضای اطراف سیم براده آهن بریزیم مشاهده می کنیم که براده ها به دور سیم حلقه می زنند. این مطلب نشان می دهد که در فضای اطراف سیم میدان مغناطیسی وجود دارد. (شکل ۱۷ـ۷)

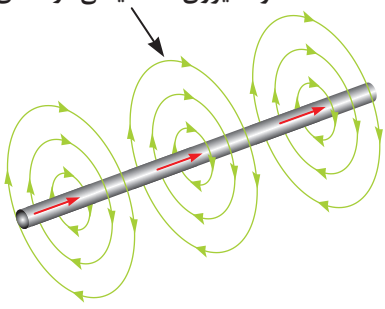
شکل ۱۶ـ۷ـ اورستد



شکل ۱۷-۷

هر قدر مقدار جریان عبوری از سیم بیشتر باشد میدان مغناطیسی قوی تر می شود و فلوی مغناطیسی افزایش می یابد. به میدان مغناطیسی که در اثر جریان عبوری از سیم و در فضای اطراف آن به وجود می آید (شکل ۱۸ـ۷) در اصطلاح «میدان الکترومغناطیسی» می گویند.

خطوط نیروی مغناطیسی در فضای اطراف سیم

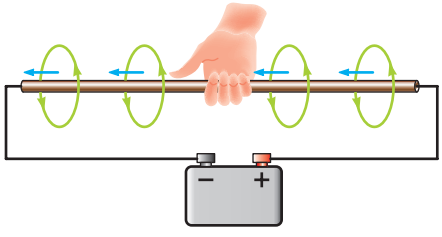


شکل ۱۸-۷

۴ـ۷ـ قانون دست راست برای یک هادی جریاندار

جهت میدان الکترومغناطیسی را به کمک قانون دست راست می توان تعیین کرد.

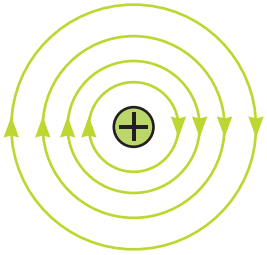
هرگاه سیم حامل جریان را طوری در دست راست بگیریم که انگشت شست جهت جریان را نشان دهد جهت بسته شدن چهار انگشت دیگر جهت میدان مغناطیسی را نشان می دهد. (شکل ۱۹ـ۷)



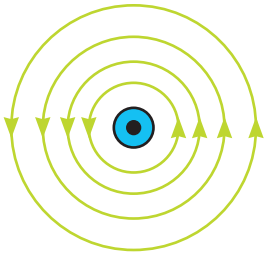
شکل ۱۹-۷

1-Hans chriestian oersted

یادآوری می شود این قانون برای جهت قراردادی جریان صادق اســت. در برخی موارد برای خلاصه نویســی وضعیت جریان و میدان مغناطیسی سیم حامل جریان رابا شکل های ۲۰ـ۷ نشان می دهند.



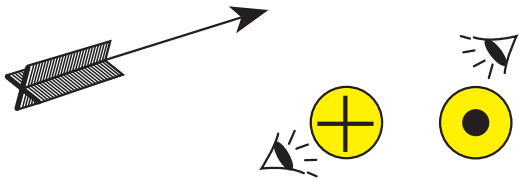
الف) جریان سیم به سمت داخل



ب) جریان سیم به سمت خارج

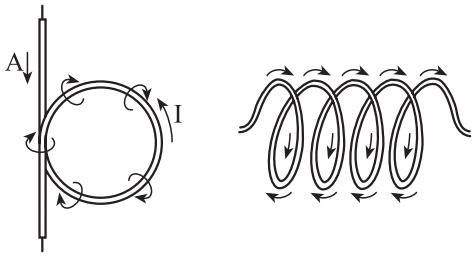
شکل ۲۰ـ۷

علامت ⊕ نشــان دهنده وارد شدن جریان به صفحه و علامت ⊙ بیان کننده خارج شــدن جریان ازصفحه است که مانند یک فلش (پیکان) است. (شکل ۲۱ـ۷)



شکل ۲۱-۷

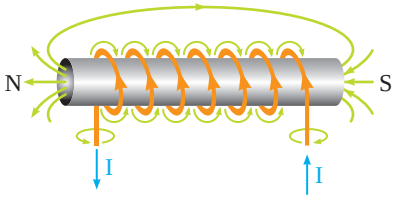
نتایــج آزمایش ها نشــان می دهد که اگر رشــته ســیم مســتقیمی را به صورت یک حلقه و یــا چند حلقه درآوریم میدان مغناطیسی اطراف هر حلقه با هم جمع می شود و تراکم میدان مغناطیسی B را افزایش می دهد. (شکل ۲۲ـ۷)



شکل ۲۲-۷

جهت میدان مغناطیسی اطراف یک سیم پیچ نیز با «قانون دست راست» قابل تعیین است.

هرگاه سیم پیچ حامل جریانی را طوری در دست راست خود بگیریم که جهت پیچیدن چهار انگشت جهت جریان را نشان دهد انگشت شصت جهت قطب N میدان مغناطیسی اطراف سیم را نشان می دهد. (شکل ۲۳ـ۷)



شکل ۲۳-۷- جهت جریان و میدان مغناطیسی

این جهت میدان با توجه به جهت قراردادی جریان تعیین می شود. برای افزایش چگالی میدان مغناطیسی علاوه بر تغییر شکل رشته سیم به سیم پیچ می توان به موارد زیر را اجرا کرد.

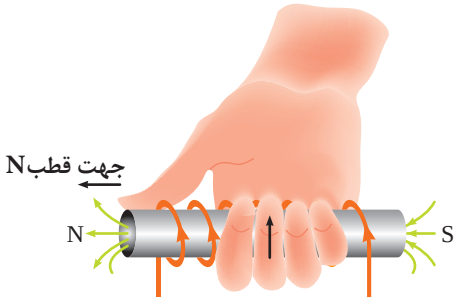
الف ـ افزایش تعداد دور سیم پیچ

ب ـ افزایش جریان عبوری از سیم

ج ـ استفاده از هسته آهنی در داخل سیم پیچ

د ـ کاهش فاصله بین حلقه های سیم پیچ

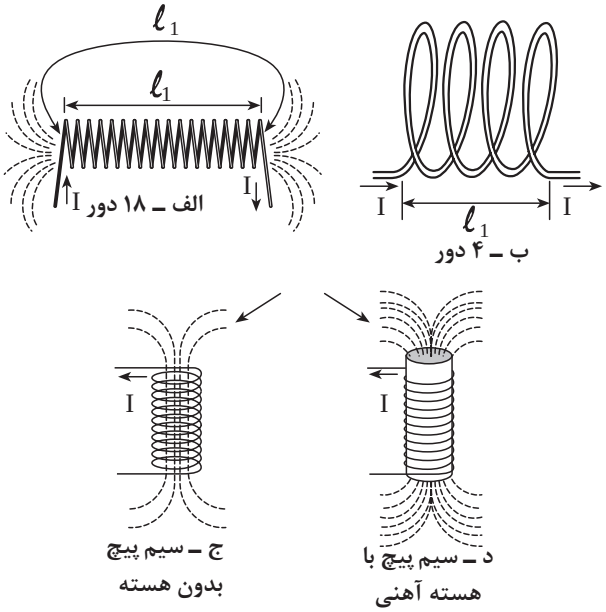
موارد فوق را در تصاویر شکل ۲۴ـ۷ مشاهده می کنید.



شکل ۲۴ـ۷

همانطور که در فصل اول فراگرفتید هر ذره باردار ساکن (بارالکترواستاتیکی) در فضای اطراف خود خاصیت یا میدانی را باجهت فرضی دارد. مثلاً بار منفی که جهت میدان آن به سمت داخل است) اصطلاحاً به آن میدان الکتریکی گویند. (شکل الف- ۲۵-۷)

حال نیز با این مطلب آشنا شدیم ، الکترون که دارای بارمنفی است هرگاه در حرکت باشد(مانند حرکت وضعی)، در اطراف خود میدانی را تولید می‌کند که به آن «میدان مغناطیسی) می‌گویند. معمولاً این میدان را به صورت دوایر متحدالمرکز در دور ذره باردار(الکترون)رسم می‌کنند. (شکل‌ب-۲۵-۷)



شکل ۲۵ـ۷

در هر نقطه خطوط میدان الکتریکی و خطوط میدان مغناطیسی بر یکدیگر عمودند. (شکل ج- ۲۵-۳)

اصطلاحاً به ترکیب این دو میدان « میدان الکترومغناطیسی » می‌گویند.در تصاویر شکل(۲۵-۷) وضعیت این میدان‌ها در فضای اطراف یک الکترون نشان داده شده است.

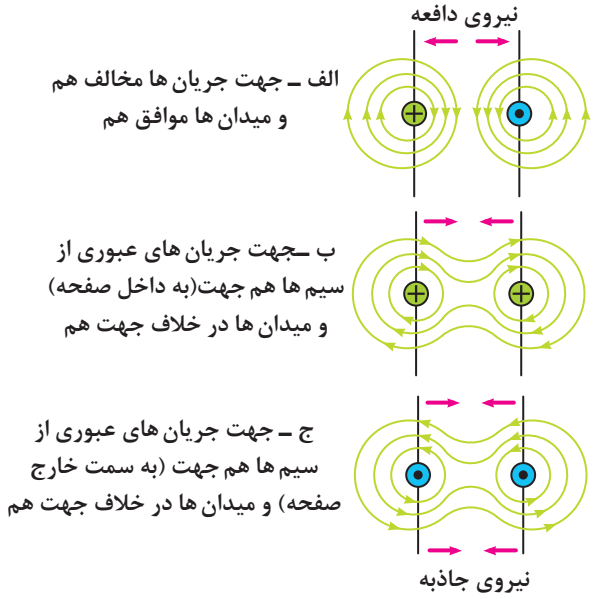
از کاربردهای میدان الکترومغناطیسی می توان آهن رباهای صنعتی را نام برد. (شکل ۲۶ـ۷)

شکل ۲۶ـ۷

۵ـ۷ـ نیروی وارد بر دو هادی جریاندار

هرگاه دو سیم حامل جریان در مقابل یکدیگر قرار گیرند متناسب با جهت و مقدار جریان عبوری از آن ها بر یکدیگرنیرو وارد می کنند. اگر جهت میدان های مغناطیسی دو سیم با هم موافق باشند میدان های دو سیم با هم جمع شده و یکدیگر را جذب می کنند. در صورتی که میدان های مغناطیسی دو سیم مخالف هم باشند میدان های دو سیم در مقابل یکدیگر قرار می گیرند و یکدیگر را دفع می کنند.

تصاویر الف، ب و ج شکل ۲۷ـ۷ گویای این مطلب است.



شکل ۲۷ـ۷ وضعیت میدان های مغناطیسی دو سیم حامل جریان در کنار هم

۶ـ۷ـ کمیت های مغناطیسی

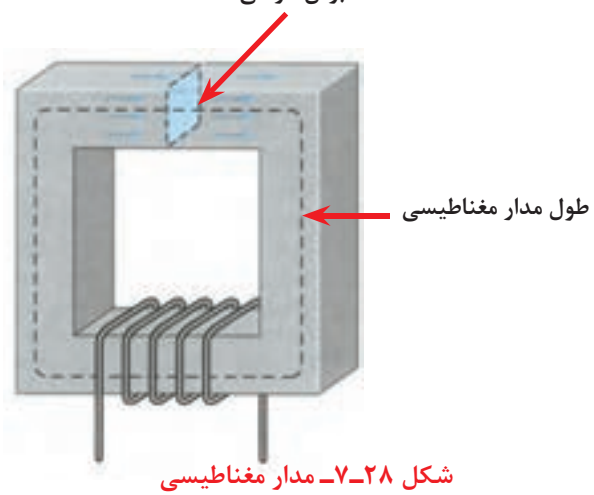
۱ـ۶ـ۷ـ نیروی محرکه مغناطیسی

همان طوری که اشاره شد در مدارهای الکتریکی نیروی باتری سبب جاری شدن الکترون ها در مدار می شود.

مشابه این شرایط در مدارهای مغناطیسی به وجود می آید. نیرویی که باعث جاری شدن فلو در مدارهای مغناطیسی می شود «نیروی محرکه مغناطیسی» می نامند.

این نیرو را از رابطه زیر می توان به دست آورد. (شکل ۲۸ـ۷)

$$Fm = \theta = N.I$$ [1]



شکل ۲۸ـ۷ـ مدار مغناطیسی

1- Fm = fmm-Magneto Motive Force

که در آن:

I ـ شدت جریان سیم پیچ بر حسب آمپر (I)

N ـ تعداد دور سیم پیچ

Fm ـ نیروی محرکه مغناطیسی بر حسب (A)

۲ـ۶ـ۷ـ شدت میدن مغناطیسی

مقدار نیروی محرکه مغناطیسی را که به واحد طول سیم پیچ وارد می شود، «شدت میدان مغناطیسی» می گویند. مقدار نیروی محرکه مغناطیسی از رابطه زیر به دست می آید:

$$H = \frac{Fm}{\ell} = \frac{\theta}{\ell} = \frac{N.I}{\ell}$$

که در آن:

θ ـ نیروی محرکه مغناطیسی بر حسب آمپر (A)

ℓ ـ طول متوسط مسیر مغناطیسی برحسب متر (m)

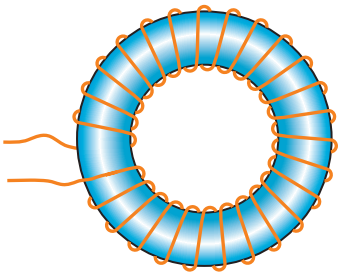
H ـ شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپرمتر $\left[\frac{A}{m}\right]$ است، رابطه (H) نشان می دهد هر قدر طول مسیر مغناطیسی بیشتر باشد شدت میدان مغناطیسی کم تری در هسته به وجود می آید.

به عبارت دیگر اگر تعداد دور یا جریان عبوری از سیم پیچ افزایش یابد، نیروی محرکه مغناطیسی نیز افزایش خواهد یافت. (شکل ۲۹ـ۷)

۳-۶-۷- ضریب نفوذ مغناطیسی

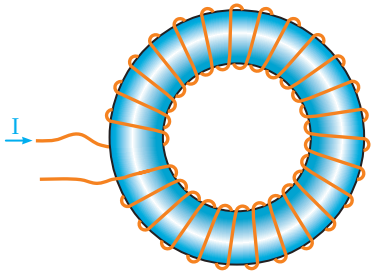
میزان نفوذپذیری مغناطیسی در اجسام مختلف با هم متفاوت است و به جنس جسم بستگی دارد. ضریب نفوذپذیری رابا (مو ـ μ) نشان می دهند و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\mu = \frac{B}{H}$$

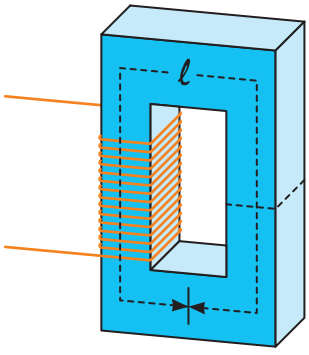


الف ـ تعداد دور کم

ب ـ تعداد دور زیاد



ج-طول مسیر مغناطیسی کم



د-طول مسیر مغناطیسی زیاد

شکل ۲۹ـ۷ـ مدارهای مغناطیسی با طول متوسط و تعداد دورهای مختلف

ضریب نفوذپذیری هوا را با (μ_0) نشان می دهند و مقدار آن برابر است با:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$$

که در آن:

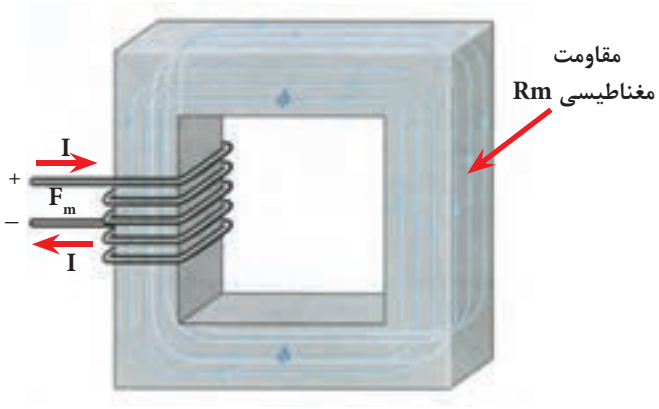
B ـ چگالی مغناطیسی بر حسب وبر (wb)

H ـ شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپرمتر $\left[\frac{A}{m}\right]$

μ ـ ضریب نفوذ مغناطیسی جسم برحسب وبر بر آمپرمتر $\left[\frac{wb}{A.m}\right]$ است.

۴ـ۶ـ۷ـ مقاومت مغناطیسی

مقدار مخالفتی که اجسام مغناطیسی در برابر عبور فلوی مغناطیسی از خود نشان می دهند، «مقاومت مغناطیسی» یا «رلوکتانس» گویند. (شکل ۳۰ـ۷) مقاومت مغناطیسی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:



شکل ۳۰ـ۷

$$R_m = \frac{\ell}{\mu A}$$

R_m ـ مقاومت مغناطیسی بر حسب آمپر برابر $\left[\frac{A}{wb}\right]$

مقدار (μ) معمولاً بر حسب پارامتری به نام «ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی» بیان می شود که آن را چنین تعریف می کنند: نسبت ضریب نفوذ مغناطیسی هر جسم (μ_r) به ضریب نفوذ مغناطیسی هوا (μ_0) را ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی (μ) می گویند و از رابطه مقابل محاسبه می شود.

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

بر پایه رابطه μ_r می توان نوشت:

$$\mu = \mu_r . \mu_0$$

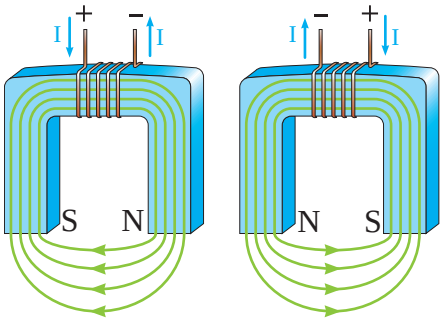
بر همین اساس رابطه رلوکتانس را چنین در نظر گرفت:

$$R_m = \frac{\ell}{\mu_r . \mu_0 A}$$

۵ـ۶ـ۷ـ مدارهای مغناطیسی:

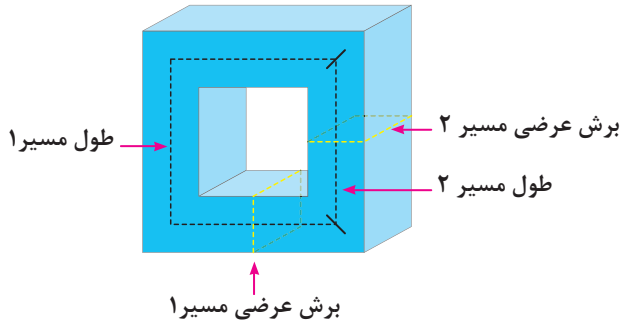
مدارهای مغناطیسی از جنس آهن نرم یا آهن سخت هستند. در صورتی که جهت جریان سیم پیچ مدارهای مغناطیسی عوض شود جهت فلوی مغناطیسی (قطب های N و S) عوض خواهد شد. (شکل ۳۱ـ۷)

اثر تعویض پلاریته های منبع تغذیه بر جهت میدان مغناطیسی هسته را نشان می دهد.

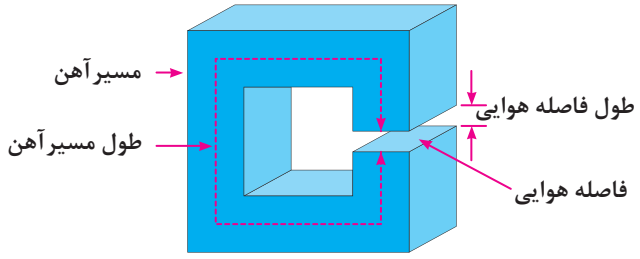


شکل ۳۱ـ۷ـ اثر تعویض جهت جریان روی جهت میدان مغناطیسی

اگر در طول مسیر مدارهای مغناطیسی فاصله هوایی وجود داشته باشد، محیط عبور فولی مغناطیسی تغییر می کند. در این حالت فلوی مغناطیسی با ماده ای روبه رو می شود که ضریب نفوذ مغناطیسی آن کمتر از آهن است. این امر سبب می شود که مقاومت مغناطیسی کل هسته افزایش یابد و در نتیجه کل فوران مغناطیسی کم شود. (شکل ۳۲ـ۷)



الف ـ مدار مغناطیسی بدون فاصله هوایی



ب ـ مدار مغناطیسی با فاصله هوایی

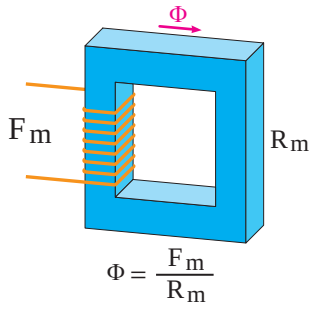
شکل ۳۲ـ۷

کمیت های مدار مغناطیسی مشابه مدار الکتریکی است و می توانیم این کمیت ها را با هم مقایسه کنیم. (جدول زیر)

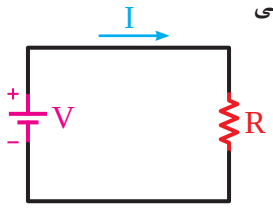
(پتانسیل الکتریکی) V	مشابه ←	θ یا F_m (نیروی محرکه مغناطیسی)	
(جریان الکتریکی) I	مشابه ←	Φ	(فلو)
(پتانسیل الکتریکی) R	مشابه ←	R_m	(رلوکتانس)

بر همین اســاس می توان روابط ســاده الکتریکی، مانند قانون اهم را نیز برای مدارهای مغناطیسی نوشت. به عنوان مثال برای محاســبه مقاومت مغناطیســی (شــکل ۳۳ـ۷) می توانیم رابطه دیگری را به صورت زیر بنویسیم:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow \boxed{R_m = \frac{\theta}{\Phi}}$$



الف-مدار مغناطیسی



ب-مدار الکتریکی

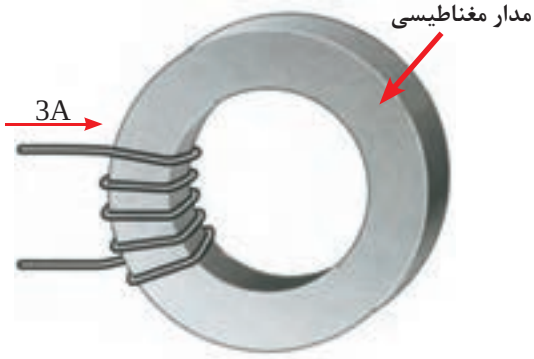
شکل ۳۳-۷

مثال: در مدار مغناطیســی شــکل (۳۴ـ۷) اگر مقاومت مدار مغناطیسی برابر $۳\times۱۰^{۳}\left(\frac{A}{Wb}\right)$ باشد فوران عبوری از هسته چقدر است؟

حل:

$$\Phi = \frac{F_m}{R_m} = \frac{N.I}{R_m}$$

$$\Phi = \frac{۵\times۳}{۳۰\times۱۰^{۳}} = \frac{۱۵}{۳۰\times۱۰^{۳}} = ./۵\times۱۰^{-۳}\,wb = ./۵mwb$$



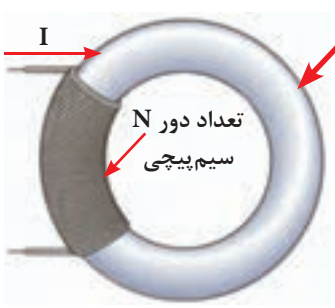
شکل ۳۴ـ۷ـ مدار مغناطیسی
به صورت حلقه با تعداد دور کم

مثــال: بــا توجه به مشــخصات (شــکل ۳۵ـ۷) مطلوب است:

الف ـ شدت میدان مغناطیسی

ب ـ فوران جاری در هسته

حل:



شکل ۳۵ـ۷

تعداد دور	N=۳۰۰۰
جریان عبوری	I=۰/۱ A
طول مدار مغناطیسی	l=۱۵ cm
چگالی لازم در هسته	$۰/۵\frac{wb}{m^{۲}}$
سطح مقطع هسته	$A = ۴m^{۲}$

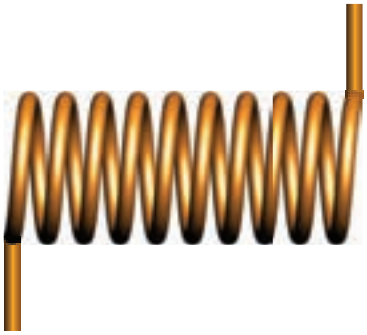
$$H = \frac{N.I}{\ell} = \frac{۳۰۰۰\times./۱}{۱۵\times۱۰^{-۲}} = ۲۰۰۰\frac{A}{m}$$

$$B = \frac{\Phi}{A} \Rightarrow \Phi = BA = ./۵\times۴\times۱۰^{-۴}$$

$$\Phi = ۲\times۱۰^{-۴}\,wb = ./۲mwb$$

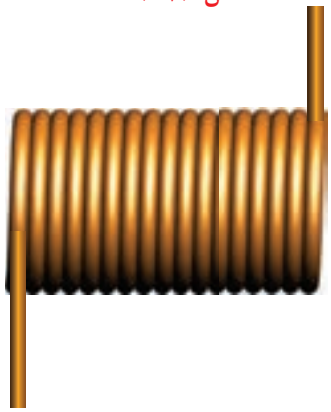
۷ـ۷ سلف (اندوکتانس L–)

از پیچیدن چند دور سیم به صورت شکل (۳۶-۷) یک سیم پیچ یا سلف ساخته می شود. یک سلف را با اسامی دیگر، مانند خودالقا و چوک نام گذاری می کنند.

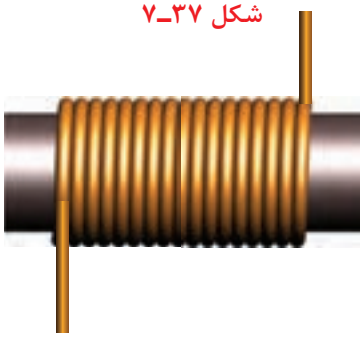


شکل ۳۶ـ۷

یک سلف ممکن است دارای هسته و یا بدون هسته باشد پس بطور کلی می توان گفت اجزاء یک اندوکتانس از دو قسمت کلی الف: سیم پیچ ب: هسته تشکیل شده است. تصاویر شکل های (۳۷-۷) و (۳۸-۷) سلف های بدون هسته و با هسته را نشان می دهد. هسته سلف ها از دو جنس مختلف با زمینه های کاربردی متفاوت ساخته می شود.



شکل ۳۷ـ۷



شکل ۳۸ـ۷

الف. سلف با هسته فریت

ب. سلف با هسته آهنی

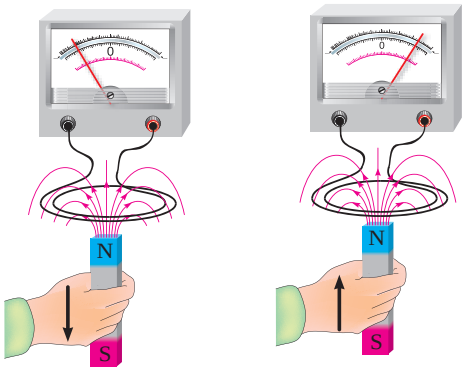
در شکل (۳۹-۷) تصویری از این دو نوع هسته نشان داده شده است. همان طوری که اشاره شد با عبور جریان از داخل سیم های سیم پیچ میدان مغناطیسی در فضای اطراف آن پدید می آید.

ب)

الف)

شکل ۳۹ـ۷

وجود هســته در داخل سیم پیچ باعث می شود تا فوران مغناطیســی پراکنده نشده و خاصیت سلفی افزایش یابد. در سال ۱۸۳۱ میلادی مایکل فارادی دانشمند انگلیسی و تقریباً هم زمان با او جوزف هانری دانشمند آمریکایی با انجام دادن آزمایش هایی مشــابه شــکل (۴۰-۷) دریافتند که با دور و نزدیک کردن آهنربا به ســیم پیچ، عقربــه گالوانمتر (میکرو آمپرســنج) منحرف شــده و عبور جریان را نشــان می دهد مانند وقتی که در یک مدار مولد وجود داشته باشد.



شکل ۴۰ـ۷- جریان القایی در جهتی است که با حرکت آهن‌ربا به طرف پیچه مخالفت می‌کند

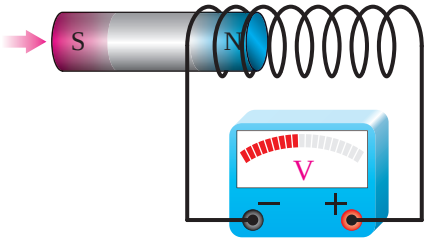
در واقــع بــا حرکــت آهنربا نســبت به ســیم پیچ یک جریــان الکتریکی در مدار القا می شــود. این پدیده را القای الکترومغناطیســی و جریان تولید شــده را جریان الکتریکی القایی می نامند.

فارادی و لنــز از جمله فیزیکدانانــی بودند که پدیدهی القا الکترومغناطیسی را بصورت فرمول هایی بیان کردند. بر پایه این قوانین خاصیت خودالقایی را می توان به صورت زیر تعریف کرد.

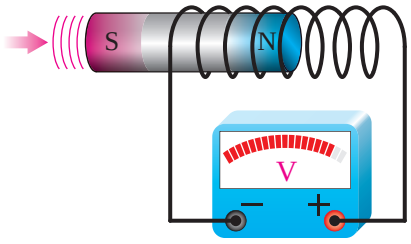
رابطه فارادی $E_{nmf} = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

رابطه لنز $E_{nmf} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$

به خاصیتی از سیم پیچ که به ازای تغییر جریان یا تغییر فــوران در آن حاصل شــده و باعث القا یــک نیروی محرکه مغناطیسی جدید در سیم پیچ می شود «خاصیت خودالقایی» و به مقــدار آن «ضریب خودالقایی» یــا «اندوکتانس ـ L» گفته می شود و واحد آن بر حسب هانری بیان می شود.



الف) هسته در حال ورود به سیم پیچ و افزایش نیروی محرک



ب)هسته بیشتر در داخل سیم‌پیچ قرارگرفته و نیروی محرکه القایی افزایش یافته است

شکل ۴۱-۷ - تغییر محل هسته موجب تغییر نیروی محرکه

۸ـ۷ عوامل فیزیکی مؤثر در ضریب خودالقایی

$$L = \mu \frac{N^2 . A}{\ell}$$

بـا بهره گیری از تعاریف مغناطیسـی و هم چنین رابطه فارادی می توان به یک رابطه دیگر دسـت یافت که براساس آن می توان خاصیت خودالقایی سیم پیچی را بر پایه عوامل فیزیکی مطابق رابطه مقابل بدست آورد.

ایـن رابطـه نشـان می دهد کـه ضریـب خودالقایی از مشخصه های یک سیم پیچی است و فقط به تغییرات فوران یا جریان وابسته نیست.

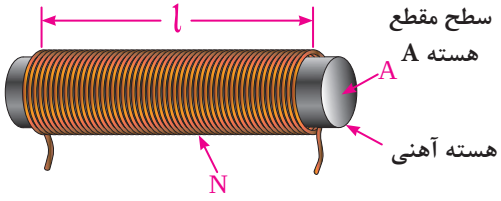
در این رابطه:

μ ـ ضریب نفوذ مغناطیسـی هسـته سیم پیچ برحسب وبر بر آمپر متر $\left[\frac{wb}{A.m}\right]$

N ـ تعداد دور سیم پیچ

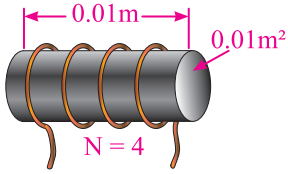
A ـ سطح مقطع سیم پیچ بر حسب مترمربع $\left[m^2\right]$

ℓ ـ طول سیم سیم پیچ بر حسب متر $\left[m\right]$



شکل ۷-۴۲

مثال: اندازه ضریب خودالقایی سیم پیچ نشان داده شده در شکل ( ) چند میلی هانری است. در صورتی که ضریب نفوذ مغناطیسی هسته $۰/۲۵\times۱۰^{-۳}$ باشد.

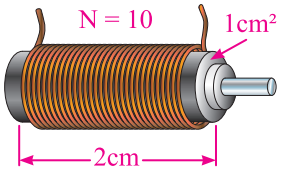


شکل ۷-۴۳

$$L = \mu \frac{N^2 . A}{\ell}$$

$$L = \frac{./۲۵\times۱۰^{-۳}\times(۴)^2\times./۰۱}{./۰۱} = ۴۰mh$$

مثال: اندازه ضریب خودالقایی سلفی با مشخصات نشان داده شـده در شـکل (۷-۴۴) چقدر اسـت؟ در صورتیکه ضریب نفوذ نسبی مغناطیسی هسته آن ۵۰۰۰ باشد. (مقدار $\pi=۳$ فرض شود).



شکل ۷-۴۴

$$L = \mu \frac{N^2 . A}{\ell} = \mu_r \mu_. \frac{N^2 . A}{\ell} :$$

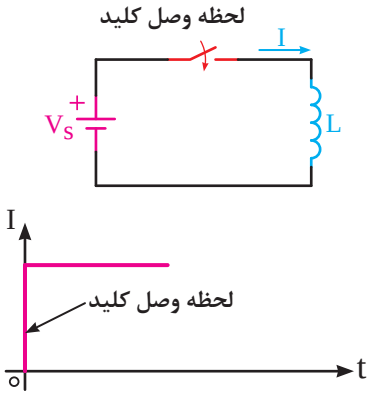
$$L = \frac{۵\times۱۰^{۳}\times۴\pi\times۱۰^{-۷}\times(۱۰)^2\times۱\times۱۰^{-۴}}{۲\times۱۰^{-۲}} = ۳۰\times۱۰^{-۴} h = ۳mh$$

۹ـ۷ عملکرد سلف در جریان الکتریکی

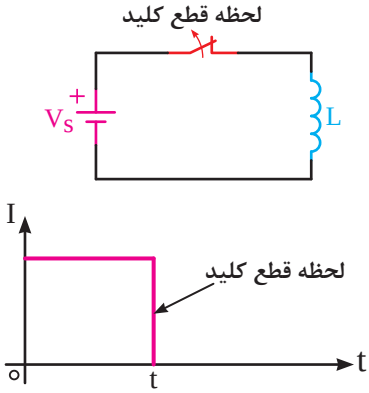
چگونگی عملکرد و رفتا یک سـلف در برابر عبور جریان الکتریکـی مسـتقیم (DC) بـا جریان الکتریکـی متناوب (AC) متفاوت است. در اینجا فقط به بررسی رفتار سلف در مدارهـای DC می پردازیم و خصوصیات AC آن در فصل نهم بررسی خواهد شد.

۱ـ۹ـ۷ رفتار سلف در جریان مستقیم (DC)

همان طوری که اشاره شد خاصیت اندوکتانس (L) یک سلف زمانی بروز می کند که تغییرات فوران یا تغییرات جریانی در آن پدید آید. اما از آنجایی که در جریان مستقیم فقط در لحظات وصل و قطع کلید تغییرات جریان را مطابق تصاویر شکل های (۵۴-۷) و (۵۴-۷) داریم.

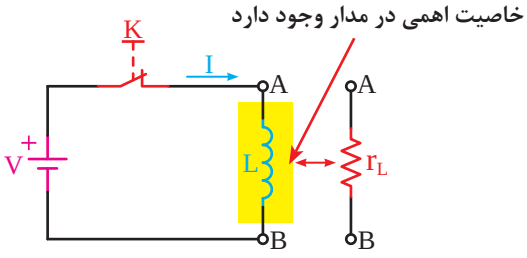


شکل ۴۵-۷



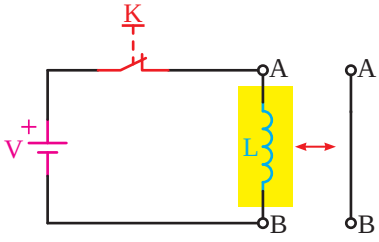
شکل ۴۶-۷

به همین دلیل در طول مدت زمانی که کلید مدار بسته (وصل) می باشد سلف دارای خاصیت خودالقایی (اندوکتانسی) نیست. اما از آنجایی که هر سیم پیچ از چند متر سیم تشکیل شده است. به همین خاطر در این شرایط فقط از خود خاصیت مقاومتی را نشان می دهد که مربوط به خاصیت مقاومت اهمی سیم است که مقدار آن را طبق رابطه r_L بدست آورد.



شکل ۴۷-۷

$$r_L = \frac{V_L}{I} = \frac{V_{AB}}{I}$$ ❋



شکل ۴۸-۷

توضیح

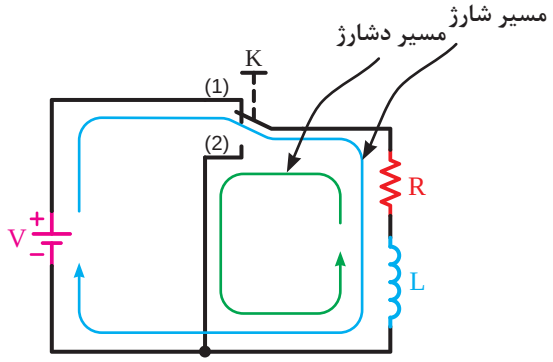
مقدار خاصیت اهمی اغلب سیم پیچ ها کم می باشد به همین دلیل است که در اکثر کتب تخصصی رفتار سلف در شرایط دایم کار جریان dc (شکل۴۸-۷) به حالت اتصال کوتاه[1] تشبیه می شود و گفته می شود در این شرایط جریان زیادی از مدار می گذرد.

1- Short Circuit -SC

۲ـ۹ـ۷ شارژ و دشارژ (ثابت زمانی سلفی)

چون در یک مدار سلفی خالص تمامی این اتفاقات یعنی زیاد و کم شدن جریان مدار در یک لحظه کوتاه (آنی) اتفاق می‌افتد اگر بخواهیم مدت زمان افزایش (شارژ) و یا کاهش (دشارژ) را طولانی تر کنیم باید از یک مقاومت سری با سلف استفاده کنیم.

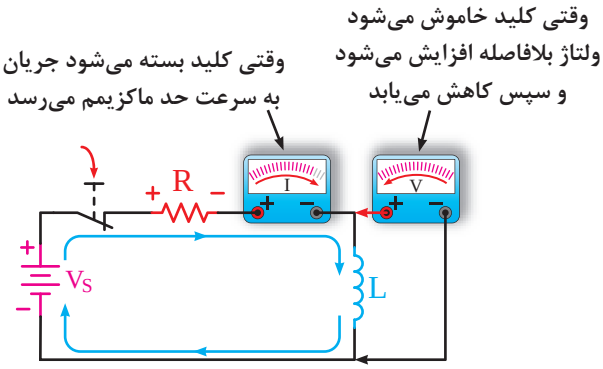
در شکل (۴۹ ـ۷) حالت ۱ کلید مسیر شارژ و حالت ۲ کلید مسیر دشارژ سلف L را نشان می دهد.



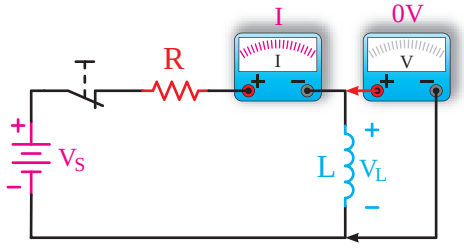
شکل ۷-۴۹

شکل (۵۰ ـ۷ـ الف) مدار سلفی را در لحظه وصل کلید از نظر ولتاژ و جریان نشان می دهد.

شکل (۵۰ ـ۷ـ ب) یک مدار سلفی را در شرایطی نشان می دهد که کلید مدت زمانی طولانی وصل بوده است. شرایط ولتاژ و جریان نسبت به حالت الف بر عکس شده است.



الف- در حال شارژ: رفته رفته ولتاژ سلف کاهش و جریان افزایش می‌یابد

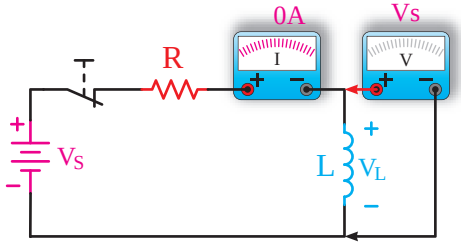


ب- شارژ کامل: ولتاژ سلف صفر شده و جریان مدار برابر مقدار حداکثر می‌شود

شکل ۷-۵۰

در صورتی که منبع تغذیه را برداشته و دو سر سلف را از طریق مقاومت اهمی R دشارژ کنیم مقدار ولتاژ و جریان سلف مطابق شکل (۵۱ ـ۷) خواهد شد.

همان طوری که در تصاویر شکل های (۵۰-۷) و (۵۱-۷) مشخص است مشاهده می کنیم در صورت استفاده از مقاومت در مسیر سلف ها جریان سلف چه در مسیر افزایش (شارژ) و چه در مسیر کاهش (دشارژ) با یکسری پرش های زمانی و در طی یک بازهای مشخص به مقدار حداکثر و حداقل خود می رسد.

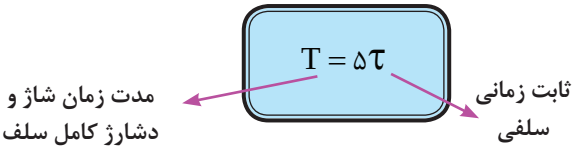


شکل ۷-۵۱

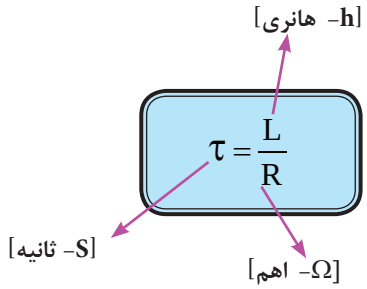
اصطلاحاً به مدت زمانیکه طول می‌کشد تا جریان سلف بـه اندازه ۶۳/۲٪ مقدار ماکزیمم خود افزایش یا کاهش یابد «ثابت زمانی» گفته می شود و با حرف (Z ـ تاو) و بر حسب ثانیه مطابق رابطه مقابل محاسبه می کنند.

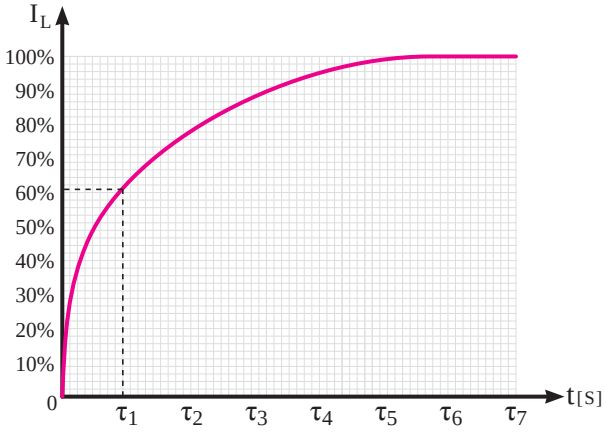
بر اساس آزمایشات صورت گرفته مشخص شده است در هر سـلف پس از گذشت ۵ ثابت زمانی جریان عبوری از آن مقدار به حداکثر (در شـرایط شـارژ) و به مقدار حداقل (در شرایط دشارژ) می رسد.

مدت زمان شـارژ یا دشـارژ کامل یک سـلف را مطابق رابطه مقابل می توان چنین بدست آورد .

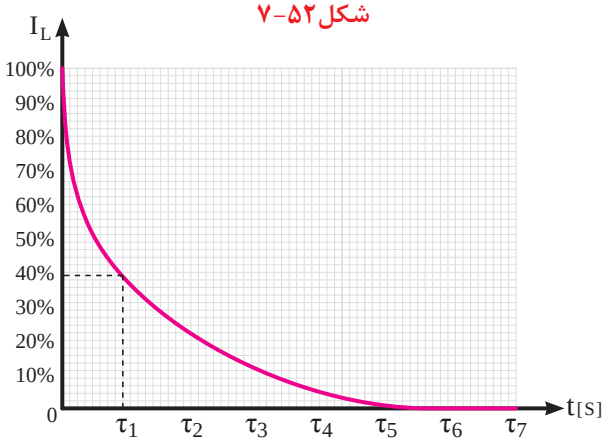


بر پایه ایـن مطالب پس می توان منحنی های شـارژ و دشـارژ یک خازن را مطابق شکل های (۵۲ ـ۷) و (۵۳ـ۷) در شکل کلی رسم کرد.



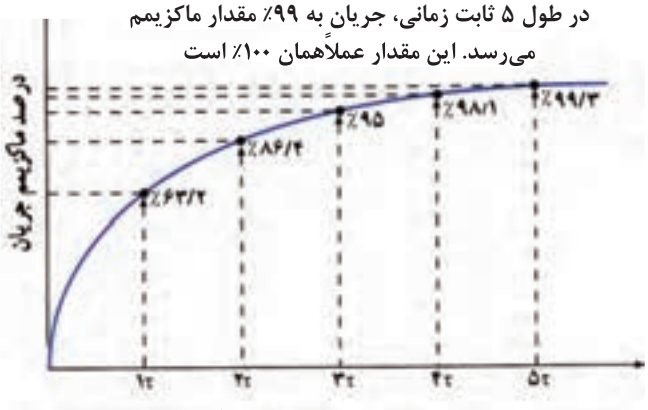


شکل ۵۲-۷



شکل ۵۳-۷

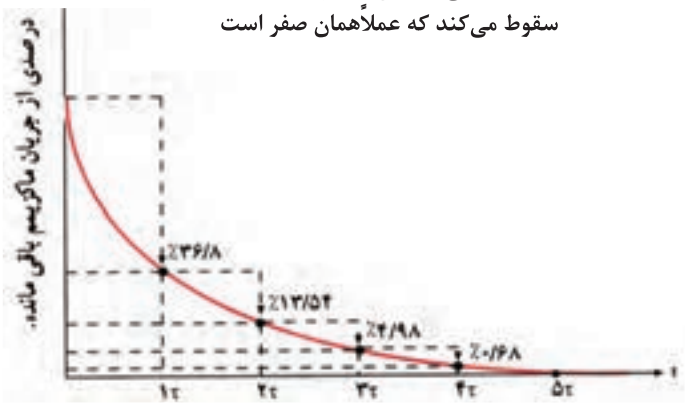
شـکل (۵۴ ـ۷) منحنـی تغییرات جریان سـلف را در حالت شارژ نشان می دهد.



شکل ۵۴-۷- منحنی شارژ

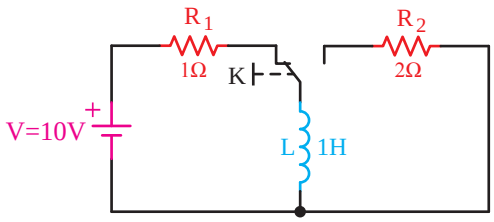
در طول ۵ ثابت زمانی، جریان به کم‌تر ۱٪ مقدار ماکزیمم سقوط می‌کند که عملاًهمان صفر است

منحنی تغییرات جریان ســلف در شرایط دشارژ مطابق شکل (۵۵-۷) خواهد شد.



شکل ۵۵-۷

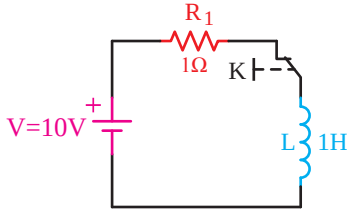
مثال: مدت زمان شــارژ و دشارژ کامل سلف نشان داده شــده در شــکل (۵۶ـ۷) در صورت تغییر وضعیت کلید K چقدر است؟



شکل ۵۶-۷

حل: در شرایط شارژ وضعیت مدار مطابق شکل (۵۷ـ۷) است.

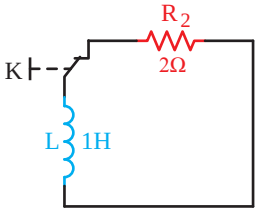
$$\eta = \frac{L}{R_1} = \frac{1}{1} = 1s$$



شکل ۵۷-۷

زمان شارژ $T = 5\tau = 5 \times 1 = 5s$

وضعیت مدار در شــرایط دشــارژ مطابق شکل (۵۸ ـ۷) است.

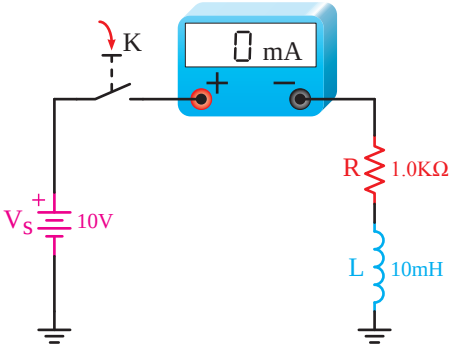


شکل ۵۸-۷

$$\eta = \frac{L}{R_2} = \frac{1}{2} = 0/5s$$

$$T = 5Z = 5 \times 0/5 = 2/5s$$

با توجه به توضیحات داده شــده پس برای مداری مانند شکل (۵۸-۷) می توان مطابق روشی که مشاهده می کنید مقــدار ثابت زمانی، مدت زمان شــارژ و مقدار جریان در هر ثابت زمانی را تعیین کرد.



شکل ۵۹-۷

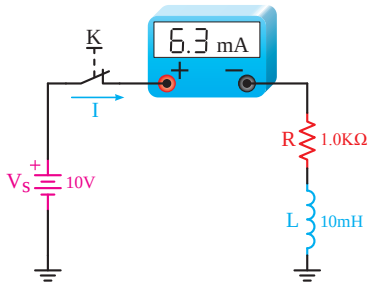
$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{10 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{3}} = 10 \times 10^{-6}s = 10_{\mu s}$$

$$T = 5\tau = 5 \times 10 = 50_{\mu s}$$

$$I = \frac{Vs}{R} = \frac{10v}{1k\Omega} = 10mA$$

وضعیـــت مدار از نظر مقدار جریـــان عبوری در هر ثابت زمانـــی به همـــراه محاســـبات مربوطه که در زیر هر شـــکل نوشـــته است را در تصاویر الف تا ه شکل (۶۰-۷) مشاهده می کنید.

$$i_1 = \%63/2 \times 10 = 6/3mA$$

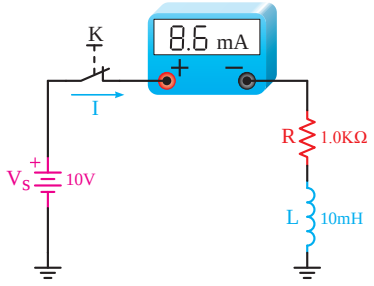


الف) جریان در ثابت زمانی اول (τ)

$$Ld = i - i_1 = 10 - 6/32 = 3/68mA$$

$$i' = \%63/2 \times 3/68 = 2/3mA$$

$$i_2 = i_1 + i' = 6/3 + 2/3 = 8/5mA$$

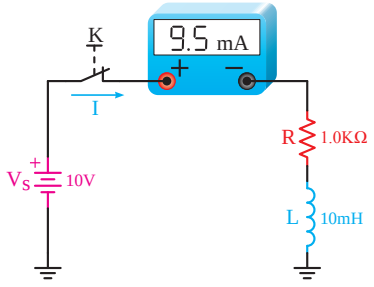


ب) جریان در ثابت زمانی دوم (τ_2)

$$i_d = i - i_2 = 10 - 8/5 = 1/5mA$$

$$i' = \%63/2 \times 1/5 = 1mA$$

$$i_3 = i_2 + i' = 8/5 + 1 = 9/5mA$$

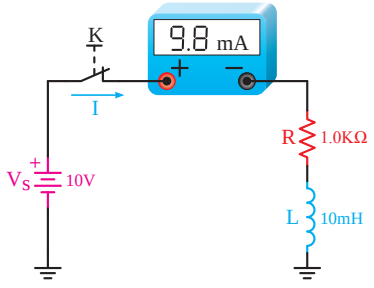


ج) جریان مدار در ثابت زمانی سوم (τ_3)

$$i_d = i - i_3 = 10 - 9/5 = 0/5mA$$

$$i' = \%63/2 \times 0/5 = 0/3mA$$

$$i_4 = i_3 + i' = 9.5 + 0/3 = 9/8mA$$

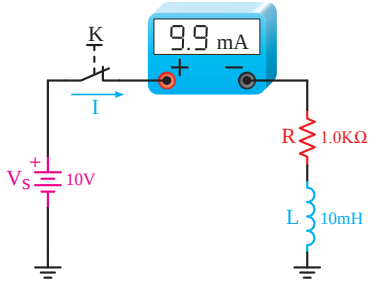


د) جریان مدار در ثابت زمانی چهارم (τ_4)

$$i_d = i - i_4 = 10 - 9/8 = 0/2mA$$

$$i' = \%63/2 \times 0/2 = 0/1mA$$

$$i_{5=} i_4 + i' = 9/8 + 0/1 = 9/9mA$$

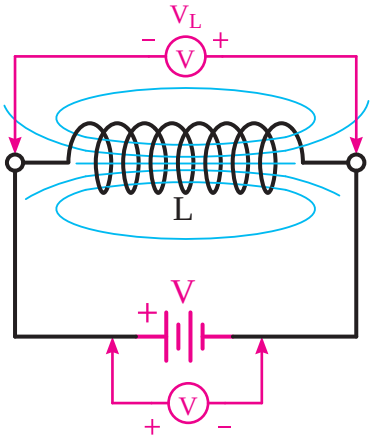


هـ) جریان مدار در ثابت زمانی پنجم (τ_5)

شکل ۶۰-۷

۷ـ۱۰ نیروی ضد محرکه

اچ.اف.آی.لنز فزیکـــدان آلمانی تحقیقات تکمیلی را در مورد خاصیت القایی و نیروی محرکه القایی یک ســیم پیچ انجــام داد دریافت اندازه این نیروی محرکه اولاً به تغییرات جریان جاری در ســلف ثانیاً حاصیت اندوکتانسی سلف و ثالثاً جهت این نیروی محرکه القایی (پلاریته دو سر سلف) با جهت نیروی محرکه (ولتاژ) اعمال شده به سلف مخالف است. به همین خاطر لنز در رابطه نهایی خود از یک علامت منفی برای بیان این مطلب استفاده کرد.[1]



شکل ۷-۶۱

$$V_L = Cemf = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

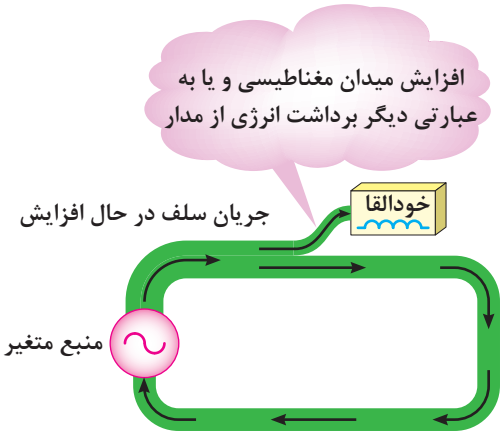
علامت نیروی ضد محرکه سلف

خاصیت اندوکتانس سلف

تغییرات جریان نسبت به زمان در سلف

۷ـ۱۱ خودالقایی از نقطه نظر انرژی

پدیــده خودالقایی از نقطه نظر انــرژی نیز قابل توصیف است. هنگامی که این عمل اتفاق می افتد ممکن است فرض کرد که میدان مغناطیسی اطراف هادی حامل جریان با مدار مبادلــه انرژی می کند. وقتی که جریان مدار زیاد می شــود انــرژی از مدار خارج شــده و در میدان مغناطیســی مطابق شــکل (۷-۶۲) در اطراف آن ذخیره می شــود. همین امر باعث قوی تر شــدن میدان مغناطیسی می گردد. این انتقال انرژی از مدار به صورت افت پتانسیل در دو سر سلف نمایان می شود که منطبق با همان نیروی ضدمحرکه القایی است.



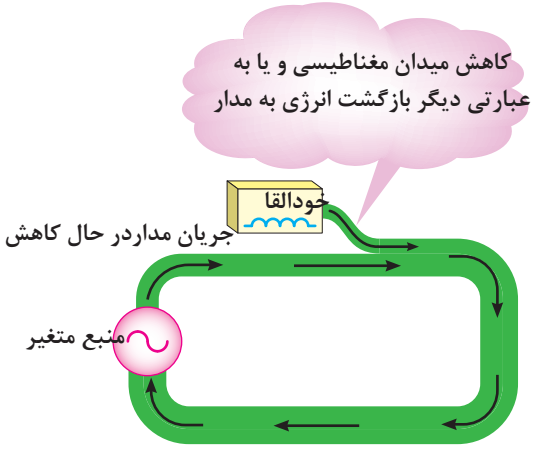
شکل ۷-۶۲

۱ ـ در برخی کتب این نیروی محرکه القایی با عنوان نیروی ضدمحرکه و حرف fmeC نیز معرفی شده است.

وقتی که افزایش جریان متوقف می شود میدان مغناطیسی ثابت می ماند و مبادله انرژی از مدار به میدان قطع می شود و تمام انرژی ایجاد شده بوسیله منبع در مدار مصرف می شود و میدان مغناطیسی تا هنگامی که جریان شروع به کم شدن نکرده است تمام انرژی را که به آن منتقل شده ذخیره می کند.

هنگامی که جریان شروع به کم شدن می کند، میدان مغناطیسی شروع به کم شدن کرد و انرژی ذخیره شده در خود را به مدار از می گرداند. و اثر آن بالا رفتن پتانسیل و خودالقا است.

این یعنی آنکه نیروی محرکه القایی در جهت ولتاژ منبع بوده و بنابراین با آن جمع می شود. شکل ۶۳-۷



شکل ۶۳-۷

توجه

ازنقطه‌نظرانرژی،خودالقایی‌یعنی‌تبادل انرژی از یک‌مدارهنگامی‌که‌جریان زیادمی شود و بازگشت انرژی به مدار هنگامی‌که جریان کم می‌شود.

۱۲ـ۷ انرژی ذخیره شده در سلف

مقدار انرژی ذخیره شده در یک سلف را از رابطه مقابل می توان بدست آورد.

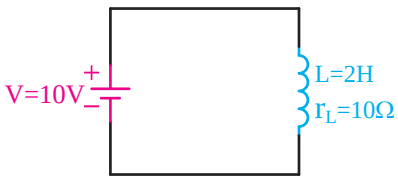
$$W_L = \frac{1}{2} L I_L^2$$

L ـ خاصیت اندوکتانسی سلف بر حسب هانری

I_L ـ جریان عبوری از سلف بر حسب آمپر

W_L ـ انرژی ذخیره شده در سلف برحسب ژول

مثال: مقدار انرژی ذخیره شده در سلفی با مشخصات نشان داده شده در شکل (۶۴-۷) را در صورتی که کلید K برای مدت زمان طولانی بسته شده باشد چند ژول است؟



شکل ۶۴-۷

حل: در شـرایط دایم کار خاصیت سـلفی وجود ندارد و فقط خاصیت اهمی وجود دارد.

$$I_L = \frac{V}{r_L} = \frac{۱۰}{۱۰} = ۱[A]$$

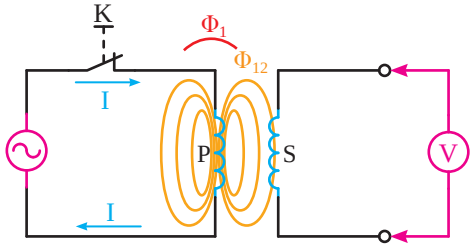
$$W_L = \frac{۱}{۲} L I_L^۲$$

$$W_L = \frac{۱}{۲}(۲)(۱)^۲$$

$$W_L = ۱[j]$$

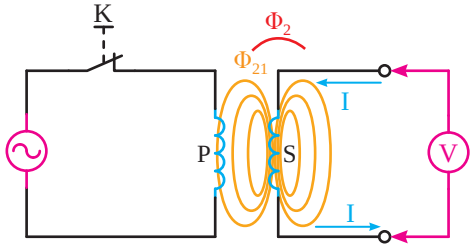
۱۳-۷- القا متقابل

هرگاه مانند شـکل (۶۵-۷) سـیم پیچ P به یک منبع ولتاژ متغیری متصل شده باشد و در مقابل آن یک سیم پیچ دیگر (مانند سـیم پیچ S) قرار گیرد به طوری که به دو سر سـیم پیچ یک ولت متر متصل شـده باشد مشاهده خواهیم کرد که هرگاه کلید K وصل شده و جریان در سیم پیچ (P) جاری شـود ولت متری که در طرف دیگر به سـیم پیچ (S) متصل است مقداری را نشان می دهد.



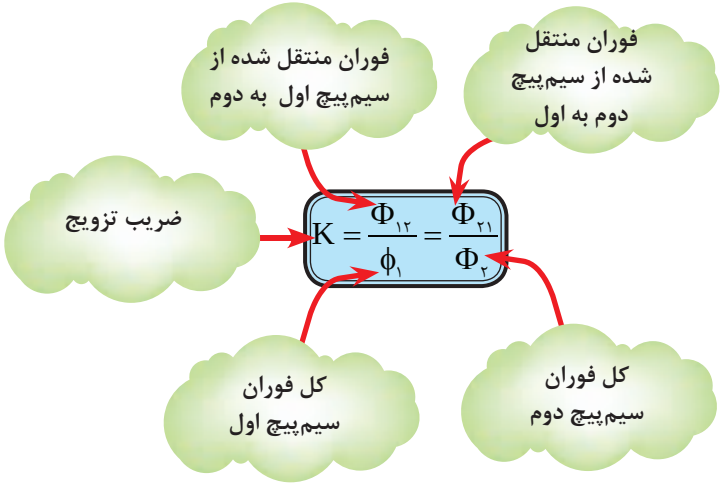
شکل ۶۵-۷

این آزمایش نشـان دهنده آن اسـت که هـر چند بین سیم پیچ (S) و سیم پیچ (P) ارتباط الکتریکی مداری برقرار نیسـت اما به ازای تغییر جریانی که در سیم پیچ اول ایجاد شده ولتاژ در سیم پیچ دوم القا شده است. همان گونه که در شـکل (۶۶-۷) مشاهده می شود چون مدار سیم پیچ (S) از طریق ولت متر بسته شده است



شکل ۶۶-۷

لذا جریانی از سـیم پیچی آن عبور کـرده و فورانی در فضای اطراف بوبین (S) بوجود می آید که روی سیم پیچ اول اثر مخالف می گذارد. بر همین اسـاس در مباحث الکتریکی به این پدیـده القا متقابل می گویند. بـه بیانی دقیق تر القا متقابـل را می توان بـه منزله مقدار یا درجـه القایی که دو سـیم پیچ بر یکدیگر اعمـال می کنند در نظـر گرفت. القا متقابل دو بوبین بر همدیگر به چگونگی اتصال خطوط قوای بین دو بوبین که به نوبه خود بسـتگی به وضعیت نسبی دو بوبین دارد وابسته است.



اصطلاحاً به نسبت فوران منتقل شده از سیم پیچ اول به دوم ($\Phi_{۱۲}$) به کل فوران بوجود آمده در سیم پیچ اول ($\Phi_۱$) و یا نسبت فوران منتقل شده از سیم پیچ دوم به اول ($\Phi_{۲۱}$) بـه کل فـوران بوجود آمده در سـیم پیچ دوم ($\Phi_۲$) ضریب تزویج (ضریب پیوسـت) گفته شـده و مقـدار آن را بر پایه

رابطه مقابل می توان محاسبه کرد.

هــرگاه درجه اتصــال خطوط قوا مانند شــکل (۶۷-۷) خوب و کامل باشــد مقدار ضریب تزویــج ماکزیمم (K=۱) است.

اگر وضعیت قرار گرفتن ســیم پیچ ها مانند تصاویر الف و ب و ج شــکل (۶۸-۷) دارای فاصله یا زاویه باشــد و باعث شود که خطوط قوای سیم پیچ ها یکدیگر را بصورت ناقص و یــا کلاً قطع نکنند مقدار ضریب تزویج کاهش خواهد یافت. محدوده تغییرات ضریب تزویج بین صفر تا یک است

یعنی: $0 \le K \le 1$

هــرگاه اندازه ضریب القا متقابــل (کوپلینگ) مابین دو ســیم پیچ را بخواهیم از رابطه مقابل می توان بدست آورد.

L_1 ـ ضریب خودالقایی سیم پیچ اول بر حسب هانری [h]

L_2 ـ ضریب خودالقایی سیم پیچ دوم بر حسب هانری [h]

K ـ ضریب تزویج

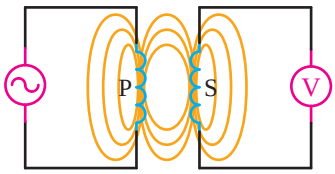
M ـ ضریب القا متقابل بر حسب هانری [h]

$$M = K\sqrt{L_1 L_2}$$

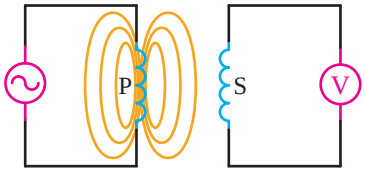
معمولاً ســرهای ورودی جریان یا ســرهای شروع پیچش سیم ها را با علامت «نقطه» نشان می دهند.

اگر دو ســلف مطابق شــکل (۶۹-۷) با هم ســری شده باشند به طوری که جهت پیچش هر دو بوبین یکسان باشد جهت جریان ورودی به سرهای هر دو سیم پیچ با هم موافق بوده و در نتیجه میدان های مغناطیسی ایجاد شده دو بوبین یکدیگر را تقویت می کنند.

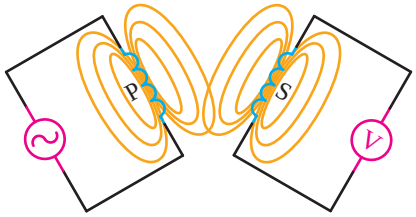
اندوکتانس کل مدار در حالت تقویت دو میدان را از رابطه مقابل می توان بدست آورد.



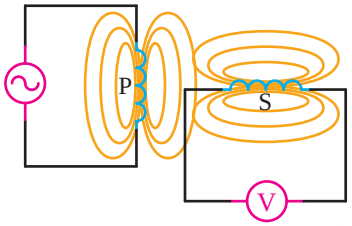
شکل ۶۷-۷



الف) در صورتی که دو ســیم‌پیچ با فاصله از یکدیگر قرار گیرند فوران سیم‌پیچ اول روی سیم‌پیچ دوم اثر نمی‌گذارد



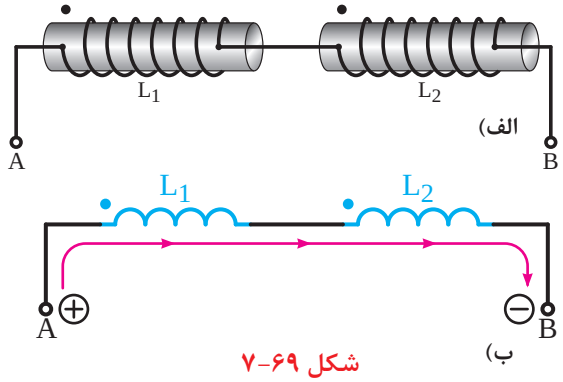
ب) اگر دو ســیم‌پیچ نســبت به هم بــا زاویه قرار گیرند میــزان القا و ضریب تزویج کاهش می‌یابد



ج) مینیمــم کوپلینگ وقتی دو بوبین با هم زاویه ۹۰ درجه می‌ســازند بوجود می‌آید.

شکل ۶۸-۷

سلف‌های سری با میدان موافق

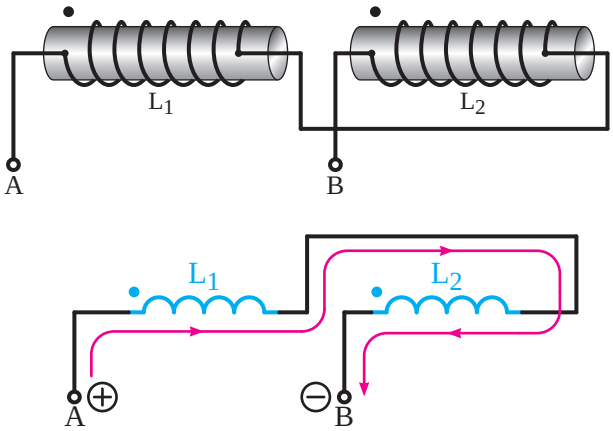


شکل ۶۹-۷

$$L_T = L_1 + L_2 + 2M$$

اگر دو سلف مطابق شکل (۷-۷۰) با هم سری شده باشند بطوری که جهت پیچش هر دو بوبین مخالف هم باشد جهت جریان ورودی به سرهای هر دو سیم پیچ مخالف هم بوده و در نتیجه میدان های مغناطیسی ایجاد شده دو بوبین یکدیگر را تضعیف می کنند.

سلف‌های سری با میدان مخالف

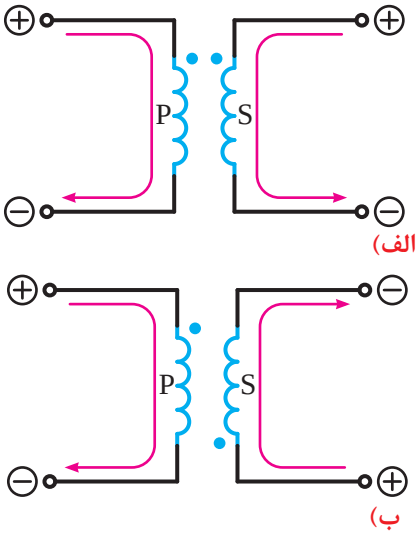


شکل ۷-۷۰

اندوکتانس کل مدار در حالت تضعیف دو میدان را از رابطه مقابل می توان بدست آورد.

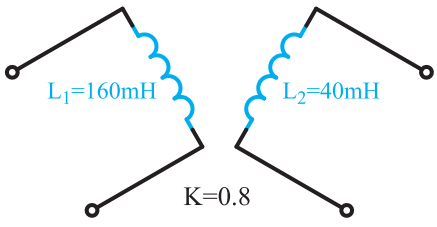
$$L_T = L_1 + L_2 - 2M$$

چگونگی القا نیروی محرکه از یک سیم پیچ به سیم پیچ دیگر که در مقابل هم قرار گرفته اند و وضعیت پلاریته آن ها یکی از دو حالت شکل (۷-۷۱) خواهد بود.



شکل ۷-۷۱

مثال ـ اندازه ضریب القا متقابل شکل (۷-۷۲) معادل چند هانری است؟

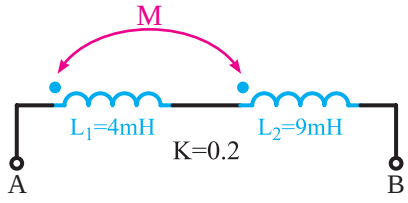


شکل ۷-۷۲

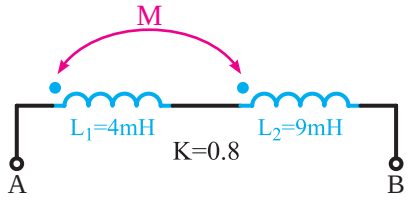
حل: با در نظر گرفتن رابطه ضریب القا متقابل مقدار آن را چنین می توان بدست آورد.

$$M = K\sqrt{L_1 L_2}$$
$$M = ./۸ \times \sqrt{۱۶۰ \times ۴۰}$$
$$M = ./۸ \times ۸۰ = ۶۴[mh]$$
$$M = ./۰۶۴[h]$$

مثال ـ اندازه اندوکتانس کل هر یک از مدارهای نشـان داده شده در شکل (۷-۷۳) را بدست آورید.



الف)



ب)

شکل ۷-۷۳

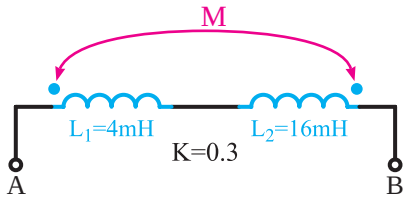
حل الف)

$$M = K\sqrt{L_1 L_2} = ./۲ \times \sqrt{۴ \times ۹}$$
$$M = ./۲ \times ۶ = ۱/۲[mh]$$
$$L_T = L_1 + L_2 + ۲M$$
$$L_T = ۴ + ۱۶ - (۲ \times ۲/۴) = ۱۵/۲[mh]$$

حل ب)

$$M = K\sqrt{L_1 L_2} = ./۸ \times \sqrt{۴ \times ۹}$$
$$M = ./۸ \times ۶ = ۴/۸[mh]$$
$$L_T = L_1 + L_2 + ۲M$$
$$L_T = ۴ + ۹ + (۲ \times ۴/۸) = ۲۲/۶[mh]$$

مثال ـ اندازه اندوکتانس کل هر یک از مدارهای نشـان داده شده در شکل (۷-۷۴) را بدست آورید.

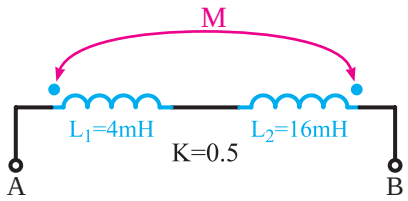


حل الف)

$$M = K\sqrt{L_1 L_2} = ./۳ \times \sqrt{۴ \times ۱۶}$$
$$M = ./۳ \times ۸ = ۲/۴[mh]$$
$$L_T = L_1 + L_2 - ۲M$$
$$L_T = ۴ + ۱۶ - (۲ \times ۲/۴)$$

حل ب)

الف)



ب)

شکل ۷-۷۴

$$M = K\sqrt{L_1 L_2} = ./۵ \times \sqrt{۴ \times ۱۶}$$
$$M = ./۵ \times ۸ = ۴[mh]$$
$$L_T = L_1 + L_2 - ۲M$$
$$L_T = ۴ + ۱۶ - (۲ \times ۴) = ۱۲[mh]$$

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 اثر 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 می توان قطب های جغرافیایی را تشخیص داد؟

الف ـ با آهنربای تیغ های آویز　　ب ـ با یک تخته چوب

ج ـ با سنگ آهن　　د ـ با آهنربای نعل اسبی شکل

۴ـ اگر قطب ؟ یک آهنربا را به قطب S آهنربای آویزی نزدیک کنیم آهنربای آویز .....

الف ـ دقع می شود.　　ب ـ جذب می‌شود.

ج ـ به سمت چپ می چرخد.　　د ـ به سمت راست می چرخد.

۵ـ کدام یک از موارد زیر، مواد فرومانیتیک نیستند؟

الف ـ آهن　　ب ـ آلومینیوم　　ج ـ نیکل　　د ـ کبالت

۶ـ وقتی جسمی خاصیت مغناطیسی پیدا می کند، ملکول های آن .....

الف ـ به صورت افقی منظم می شوند.　　ب ـ نامنظم می شود.

ج ـ تغییر نمی کند.　　د ـ به صورت دورانی می چرخد.

۷ـ مواردی که خاصیت مغناطیسی خود را زود از دست می دهند ..... نامند.

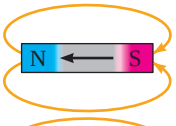
الف ـ آهن سخت　　ب ـ آهن نرم　　ج ـ فولاد　　د ـ چدن

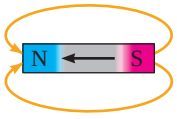
۸ـ میدان مغناطیسی عبارت است از فضایی در اطراف جسم مغناطیسی که می تواند روی ..... اثر بگذارد.

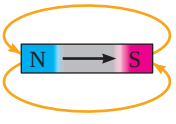
الف ـ همه اجسام　　ب ـ اجسام غیر مغناطیسی

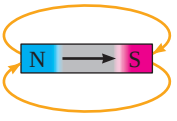
ج ـ اجسام مغناطیسی　　د ـ اجسام یونیزه شده

۹ـ کدام یک از اشکال زیر صحیح است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

۱۰ـ با یک عقربه مغناطیسی می توان ..... مغناطیسی را مشخص نمود.

الف ـ جهت فلو　　ب ـ تعداد خطوط قوا　　ج ـ میزان وبر فلو　　د ـ نوع ماده

۱۱ـ کدام گزینه به ترتیب از راست به چپ جمله زیر را تکمیل می کند.

قطب های هم نام یکدیگر را ..... و قطب های غیرهم نام یکدیگر را ..... می نمایند.

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 می گذرد ..... گویند.

الف ـ شدت میدان مغناطیسی　　ب ـ نیروی محرکه مغناطیسی

ج ـ اندوکسیون مغناطیسی　　د ـ رلوکتانس مغناطیسی

۱۳ـ کدامیک از گزینه ها دربارهٔمنحرف شدن یک عقربه مغناطیسی در مجاورت یک سیم حامل جریان صحیح‌نیست؟

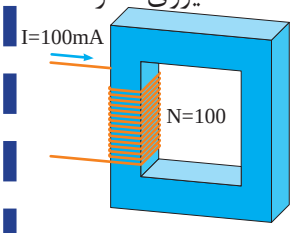
الف ـ وجود جریان الکتریکی　　ب ـ وجود میدان مغناطیسی

ج ـ عقربه خاصیت آهنربایی پیدا می کند.　　د ـ عقربه تحت تأثیر موقعیت جغرافیایی قرار گرفته است.

۱۴ـ «وبر α» واحد کدام یک از کمیت های مغناطیسی زیر است؟

الف ـ اندوکسیون　　ب ـ شدت میدان　　ج ـ فوران　　د ـ نیروی محرکه

۱۵ـ فوران عبوری از مدار مغناطیسی شکل ۷ـ۷۵ چقدر است؟



شکل ۷-۷۵

$R_m = ۶۷۵/۵ \times ۱۰^{۶}\ A/Wb$

الف ـ $./۵۷_{\mu wb}$　　ب ـ $./۰۳۴_{\mu wb}$

ج ـ $./۰۱۴۸_{\mu wb}$　　د ـ $./۷۹_{\mu wb}$

۱۶ـ به میدان ایجادشده 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 هاون جریاندار 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 نشان دهنده چیست؟

الف ـ جهت نیروی وارد بر سیم　　ب ـ جهت جریان عبوری از سیم

ج ـ قطب N مغناطیسی　　د ـ قطب Sمغناطیسی

۲۱ـ کدام یک از عوامل زیر در افزایش چگالی میدان مغناطیسی مؤثر نیست؟

الف ـ افزایش تعداد دور سیم پیچ　　ب ـ افزایش فاصله حلقه های سیم پیچ

ج ـ قرار دادن هسته آهنی در سیم پیچ　　د ـ افزایش جریان عبوری از بوتین

۲۲ـ اگر جهت میدان های مغناطیسی دو سیم جریاندار با هم موافق باشند دو سیم یکدیگر را ..... می کنند.

الف ـ جذب　　ب ـ دفع　　ج ـ دفع و جذب　　د ـ جذب و دفع

۲۳ـ نیرویی که موجب جاری شدن فلو در مدارهای مغناطیسی میشود، را با ..... مشخص می کنند.

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 رلوکتانس کل هسته ..... می یابد.

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 ۷۶ـ۷ را در صورتی که قطر متوسط حلقه ۱۰cm باشد حساب کنید (π=۳).

شکل ۷۶-۷

الف ـ ۱۰۰۰　　ب ـ ۱۰　　ج ـ ۱۰۰　　د ـ ۱

۲۸ـ دو قطب غیرهم نام یکدیگر را ..... می کنند.

۲۹ـ موادی که خاصیت مغناطیسی القاء شده در خود را زود از دست می دهند، مواد ..... گویند.

۳۰ـ نیرویی که موجب جاری شدن فلو در مدار مغناطیسی می شود ..... نام دارد.

۳۱ـ در قانون دست راست سیم حامل جریان جهت خم شدن چهار انگشت جهت ..... را نشان می دهد.

۳۲ـ شدت میدان مغناطیسی با مقدار طول مسیر مغناطیسی رابطه مستقیم دارد.　　صحیح ❐　غلط ❐

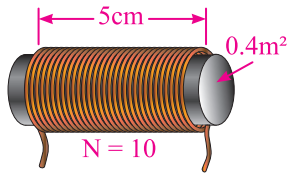
۳۳ـ میزان نفوذپذیری مغناطیسی اجسام به جسن هر جسم بستگی ندارد.　　صحیح ❐　غلط ❐

۳۴ـ وجود فاصله هوایی در طول مسیر مدارهای مغناطیسی باعث می شود تا رلوکتانس افزایش یابد.　　صحیح ❐　غلط ❐

۳۵ـ میزان فوران عبوری از هسته با تعداد دور سیم پیچ رابطه مستقیم دارد.　　صحیح ❐　غلط ❐

مطالب مربوط به سئوالاتی را که نتوانسته اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

۳۶ـ اندکتانس سلفی با مشخصات نشان داده شده در شکل (۷-۷۷) چقدر است؟ (هسته هوا)



شکل ۷-۷۷

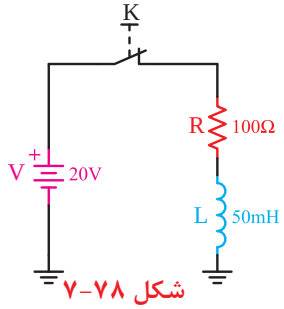
۳۷ـ سیم پیچی به طول ۵۰ سانتیمتر و سطح مقطع ۰/۰۲ مترمربع با هسته‌ای به ضریب نفوذ ۲۰۰۰ و دارای ۱۰۰۰دور مطلوبست:

الف) ضریب خودالقایی آن چند میلی هانری است؟

ب) در صورتی که بخواهیم ضریب خودالقایی آن سه برابر شود ضریب نفوذ هسته چقدر باید شود؟

۳۸ـ ثابت زمانی مداری با یک مقاومت ۲/۲ کیلواهم و سلفی با اندوکتانس ۵۰۰ میکروهانری چند ثانیه است؟ ضمناً مدت زمان شارژ را حساب کنید.

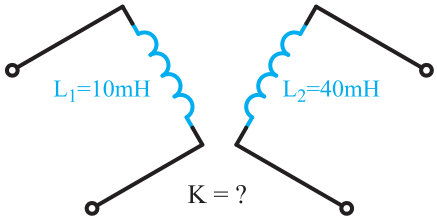
۳۹ـ ثابت زمانی، مدت زمان شارژ و جریان عبوری از مدار شکل (۷-۷۸) در هم ثابت زمانی را حساب کنید.



شکل ۷-۷۸

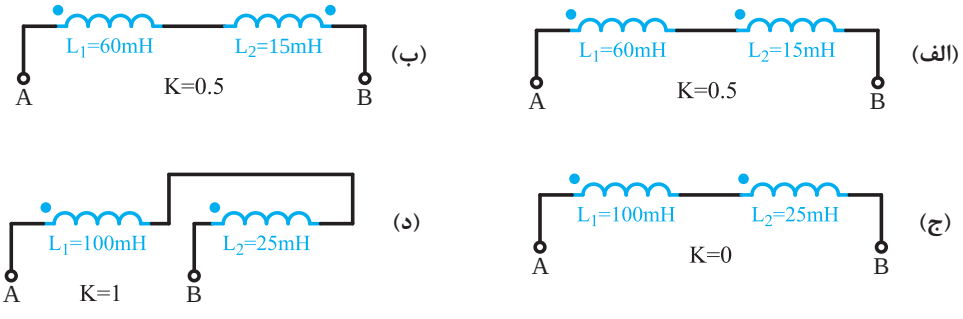
۴۰ـ اگر اندازه ضریب القا متقابل شکل مقابل ۱۰mh باشد اندازه ضریب تزویجی شکل (۷-۷۹) چقدر است؟

۴۱ـ هرگاه از سلفی با اندوکتانس ۵۰mh جریانی برابر ۴ آمپر عبور کند انرژی ذخیره شده در سیم پیچ چند ژول است؟



شکل ۷-۷۹

۴۲ـ اندوکتانس کل هر یک از مدارهای نشان داده شده در شکل (۷-۸۰) چند میلی هانری است؟



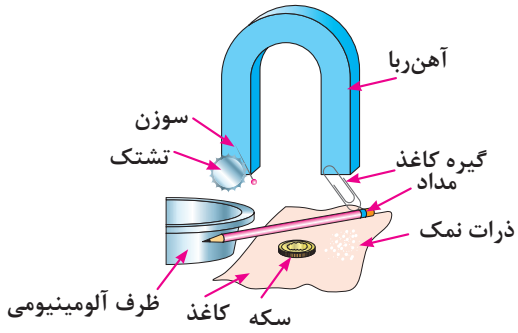
شکل ۷-۸۰

خودآزمایی عملی

توضیح: کارهای عملی پیشـــبینی شـــده را می توانید در منزل انجام داده و از نتایج آن ها در جهت بالابردن شناخت خود نسبت به مغناطیسی استفاده کنید.

۱ـ یک آهنربای نعل اســـبی را به قطعات (شـــکل ۸۱ـ۷) نزدیک کنید. نتیجه مشـــاهده خود را یادداشت کرده و علت را توضیح دهید.

پاسخ سؤال



شکل ۸۱ـ۷

۲ـ یک آهنربای تخت را مطابق شکل ۸۲ـ۷ زیر یک صفحه شیشه‌ای قرار دهید و براده های آهن را به عکس آن روی سطح شیشه‌ای بریزید. از شکل به دست آمده چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

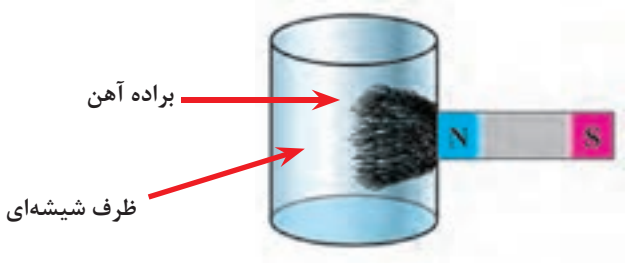
پاسخ سؤال

شکل ۸۲ـ۷

۳ـ در داخل یک ظرف شیشه‌ای براده های آهن بریزید و آهنربا را از طرفین ظرف مطابق شـــکل ۸۳ـ۷ روی سطح شیشـــه‌ای قرار دهیـــد. از وضعیت های به دســـت آمده چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال

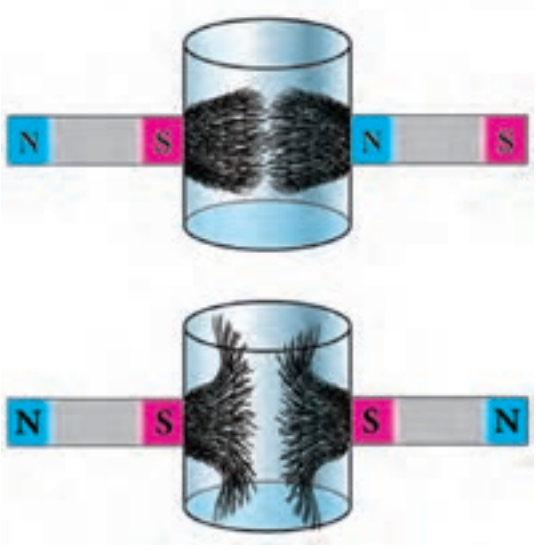
٤ـ مقداری خاک و براده آهن را مخلوط کنید و سپس آن ها را از یکدیگر جدا کنید. روش به کار رفته را شرح دهید.



شکل ۸۳-۷

پاسخ سؤال

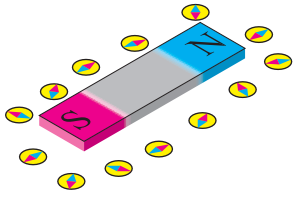
۵ـ مقداری براده آهن را در داخل آب بریزید و آن را با آهنربا جدا کنید.



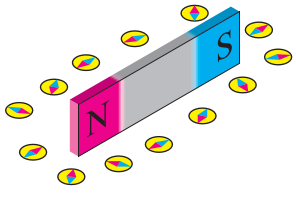
شکل ۸۴-۷

پاسخ سؤال

۶ـ یک عقربه مغناطیسی را مشابه شکل ۸۵ـ۷ در اطراف یک آهنربای تخت بخوابانید، از وضعیت های به دست آمده برای عقربه چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.



الف ـ آهنربا به صورت خوابیده

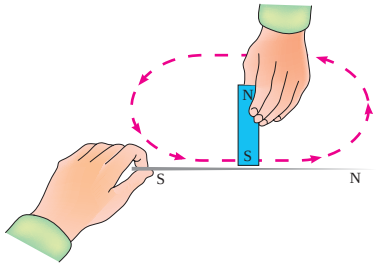


ب ـ آهنربا به صورت ایستاده

شکل ۸۵ـ۷

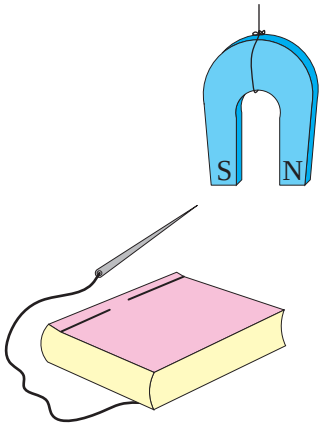
پاسخ سؤال

۷ـ یک آهنربا را طبق شـکل ۸۶ـ۷ روی یک سـوزن و در یک جهت بکشید. سپس مشابه شکل ۸۷ـ۷ سوزن را به یک نخ وصل کنید یکبار قطب N و بار دیگر قطب S آهنربا را به آن نزدیک کنید. از وضعیت های به دسـت آمده برای سـوزن چه نتیجه ای می گیرید؟



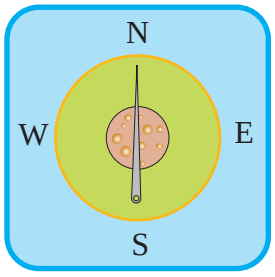
شکل ۸۶-۷

پاسخ سؤال



شکل ۸۷-۷

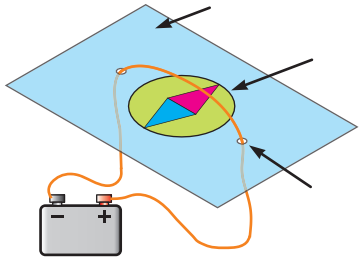
۸ـ سوزن را مطابق شکل ۸۶ـ۷ مجدداً با آهنربا مالش دهید و آن را روی یک تکه چوب پنبه که بر روی سطح آب مانند شکل ۸۸ـ۷ شناور است، قرار دهید. از نتایج به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.



شکل ۸۸-۷

پاسخ سؤال

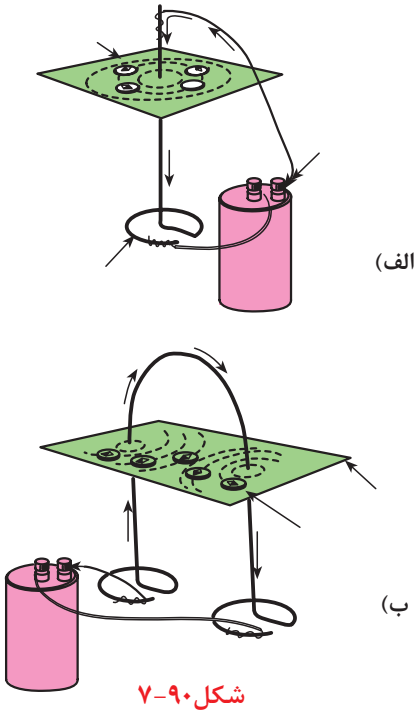
۹ـ دو سر سیمی را که از باتری خارج شده اند را از زیر یک کاغذ مقوایی طبق شکل ۸۹ـ۷ خارج کنید. سپس آن را از روی یک عقربه مغناطیسی عبور دهید. مدار را وصل کنید و درباره مشاهدات خود توضیح دهید.



شکل ۸۹-۷

پاسخ سؤال

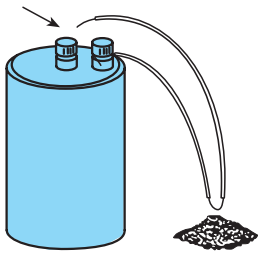
۱۰ـ تکه سیمی را یکبار مطابق شکل ۹۰ـ۷ الف به یک باتری وصل کنید و عقربه مغناطیس را در فضای اطراف آن حرکت دهید و سپس سیم را مطابق شکل ۹۰ـ۷ـ ب به صورت انحنا درآورید و آهنربای عقربه ای را در فضاف اطراف دو بازوی سیم بچرخانید. نتایج را شرح دهید.



شکل ۹۰-۷

پاسخ سؤال

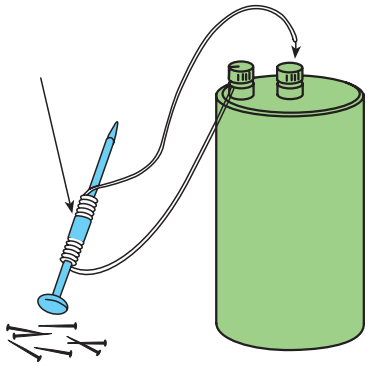
۱۱ـ تکه سیمی بدون روکش را مطابق شکل ۹۱ـ۷ به دو قطب یک باتری وصل کنید و به براده های آهن نزدیک کنید. از مشاهدات خود چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.



شکل ۹۱-۷

پاسخ سؤال

۱۲ـ تکه سیم را مانند شکل ۹۲ـ۷ به صورت چند حلقه روی یک میخ بپیچانید. سپس میخ را به سوزنهای نازک کوچک نزدیک کنید. از مشاهده خود چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.



شکل ۹۲-۷

پاسخ سؤال

واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل هشتم: خازن

هدف کلی

شناسایی ساختمان و اصول کار خازن ها و ظرفیت مدارهای خازنی و عملکرد آن

هدف های رفتاری: در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

۱ـ میدان الکتریکی و میدان الکتریکی یکنواخت را توضیح دهد.

۲ـ ساختمان داخلی خازن را شرح دهد.

۳ـ رابطه ظرفیت خازن را بیان کند.

٤ـ مفهوم شارژ و دشارژ خازن را توضیح دهد.

۵ـ انواع خازن های ثابت و متغیر را مختصراً توضیح دهد.

٦ـ مشخصات مهم در انتخاب خازن را بیان کند.

۷ـ مشخصات خازن ها را با کد رنگی و رمزهای عدد بخواند.

۸ـ مدارهای سری، موازی و ترکیبی خازن ها را تعریف کند.

۹ـ مدارهای سری، موازی و ترکیبی خازن ها را ازنظر ظرفیت خازن معادل، ولتاژ و بار الکتریکی توضیح هد.

۱۰ـ آزمایش های ساده مربوط به مدارهای سری، موازی و ترکیبی خازن ها 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 می شود.

الف ـ مقاومت　　ب ـ سلف　　ج ـ خازن　　د ـ موتور

۲ـ در دوربین های عکاسی برای ایجاد نور فلاش از چه وسیله ای استفاده می شود؟

الف ـ لامپ رشته ای　　ب ـ پروژکتور گازی　　ج ـ خازن　　د ـ مقاومت

۳ـ در بعضی از موتورهای الکتریکی هنگامی که موتور به برق اتصال ندارد وقتی دو سر سیم های آن را برای یک لحظه کوتاه به هم اتصال می دهیم جرقه می زند. علت چیست؟

الف ـ اتصال بدنه در موتور　　ب ـ اتصال داشتن سیم پیچ های موتور

ج ـ تخلیه ولتاژ دو سر خازن　　د ـ خرابی کلیدهای موتور

۴ـ چرا در کنار پایه بعضی خازن ها علامت مثبت و منفی می نویسند؟

الف ـ برای اتصال صحیح پایه های خازن به مدار　　ب ـ چون مقدار بار ذخیره شده مشخص شود.

ج ـ برای بررسی بارهای مثبت و منفی صفحات خازن　　د ـ مقدار ولتاژ را اندازه گیری کرد.

۵ـ از خازن در مدارهای الکتریکی برای چه منظور استفاده نمی شود؟

الف ـ صافی ها (فیلترها)　　ب ـ ذخیره انرژی مغناطیسی

ج ـ عامل به وجود آوردن اختلاف فاز　　د ـ ذخیره انرژی الکترواستاتیکی

۶ـ در تنظیم ایستگاه و تعیین موج یک رادیو از کدام وسیله استفاده می شود؟

الف ـ خازن ثابت　　ب ـ خازن متغیر　　ج ـ مقاومت متغیر　　د ـ سلف متغیر

۷ـ مواد مغناطیسی که خاصیت مغناطیسی تقریباً دائم پیدا می کنند، را مواد ..... می گویند.

الف ـ فرومغناطیس نرم　　ب ـ دیامغناطیس　　ج ـ فرومغناطیس سخت　　د ـ پارا مغناطیس

۸ـ کدام یک از روابط زیر شکل صحیح رابطه رلوکتانس است؟

الف ـ $R = \frac{V}{I}$　　ب ـ $R_m = \frac{\Phi}{\theta}$　　ج ـ $\theta = N.I$　　د ـ $R_m = \frac{\ell}{\mu A}$

۹ـ افزایش جریان عبوری از سیم راست موجب ..... می شود.

الف ـ افزایش میدان مغناطیسی　　ب ـ کاهش میدان مغناطیسی

ج ـ کاهش میدان الکترواستاتیکی　　د ـ افزایش میدان الکترواستاتیکی

۱۰ـ ایجاد فاصله هوایی در مدار مغناطیسی موجب افزایش ..... مغناطیسی می شود.

الف ـ فلوی　　ب ـ نیروی محرکه　　ج ـ مقاومت　　د ـ ضریب نفوذ

۱۱ـ با حرکت دادن عقربه مغناطیسی در فضای اطراف یک آهنربا می توان ..... و ..... را مشخص کرد.

الف ـ قطب های آهنربا، جهت فلوی مغناطیسی　　ب ـ اثر جاذبه، جهت فلوی مغناطیسی

ج ـ فلوی مغناطیسی، اثر جاذبه　　د ـ مقدار شار مغناطیسی، قطب های آهنربا

۱۲ـ یک تسلا (T) برابر است با:

الف ـ $\frac{۱wb}{۱m}$　　ب ـ $\frac{۱wb}{۱m^۲}$　　ج ـ $\frac{۱m}{۱wb}$　　د ـ $\frac{۱m^۲}{۱wb}$

۱۳ـ قطب های مغناطیسی عبارتند از:

الف ـ مکان هایی که اثر جاذبه مغناطیسی کمی دارند.　　ب ـ نقاطی هستند که همه فلزات را جذب می کنند.

ج ـ نقاطی که همه فلزات را دفع می کنند.　　د ـ مکان هایی که اثر جاذبه مغناطیسی زیادی دارند.

۱۴ـ بوبینی به طول متوسط ۱۲ سانتی متر ۶۰۰ حلقه سیم بر روی آن پیچیده شده است. اگر جریان ۰/۴A از سیم پیچ عبور کند، شدت میدان مغناطیسی چند $\frac{A}{m}$ است؟

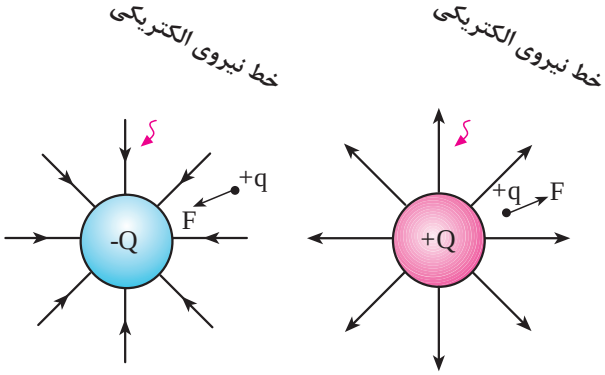
الف ـ ۲۰۰　　ب ـ ۲۳۰　　ج ـ ۱۲۰۰　　د ـ ۲۰۰۰

۱۵ـ سطح مقطع بوبینی $۸۱mm^۲$ است. اگر بخواهیم چگالی شار هسته ۰/۹ تسلا باشد فوران موردنیاز چند وبر (bw) است؟

الف ـ $۷۲/۹\times۱۰^{-۶}$　　ب ـ ۹×۱۰^{-۳}　　ج ـ $۷۲/۹\times۱۰^{-۳}$　　د ـ ۸۱×۱۰^{-۳}

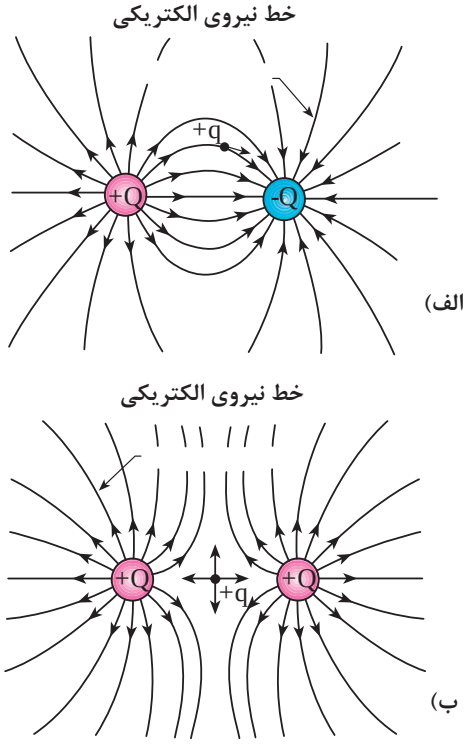
۱ـ۸ـ میدان الکتریکی

مفهوم میدان مربوط به ناحیه‌ای است در فضای اطراف یک جسم باردار (Q) که می تواند عملاً مورد استفاده قرار گیرد. مانند ذره باردار (Q-) در صورتی که یک جسم باردار دیگر مانند ذره (Q+) (شکل ۱ـ۸ـ الف) در این ناحیه قرار گیرد طبق قانون کولن به آن نیرویی وارد می شود. بنابراین در یک ناحیه از فضا وقتی می توان گفت میدان الکتریکی وجود دارد که به بار الکتریکی واقع در آن ناحیه یک نیرو وارد شود.



شکل ۱ـ۸ـ چهت نیروی الکتریکی در اطراف بارهای *

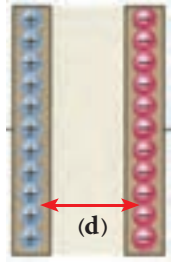
شکل ۲ـ۸ وضعیت میدان الکتریکی دو بار همنام و غیرهمنام را در کنار یکدیگر نشان می دهد. شدت و جهت خطوط میدان الکتریکی به اندازه بار هر ذره و فاصله بین آن ها بستگی دارد.



شکل ۲ـ۸ـ اثر میدان های الکتریکی بارهای همنام و غیرهمنام بر یکدیگر.

(Q_1) (Q_2)

اگر دو صفحه تخت باردار را مطابق شکل ۳ـ۸ در مقابل یکدیگر و در حد فاصل یک مادهی دیالکتریک قرار دهیم میدان الکتریکی که در بین دو صفحه به وجود می آید در تمام نقاط ثابت است. این نوع میدان را «میدان الکتریکی یکنواخت» می گویند.

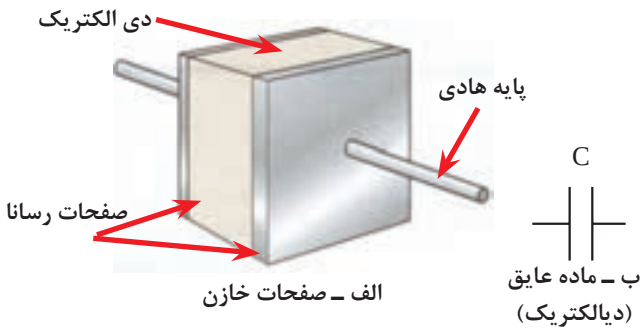


شکل ۳ـ۸ـ میدان الکتریکی موجود بین دو صفحه

۲ـ۸ـ ساختمان خازن[1]

اگر دو صفحه رسانا (هادی) را توسط یک نارسانا (عایق) از هـم جدا کنیم یک «خازن» شـکل می گیرد. خازن برای ذخیره بار الکتریکی به کار می رود.

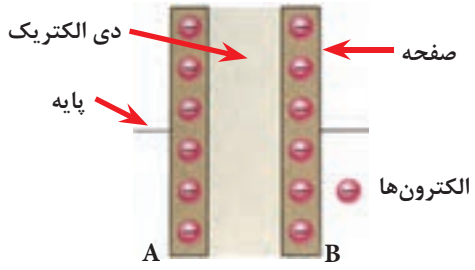
شکل ۴ـ۸ تصویر سـادهای از یک نمونه خازن را نشان می دهد. همانطوری که از شکل ۴ـ۸ مشاهده می شود خازن از دو قسمت اصلی تشکیل شده است.



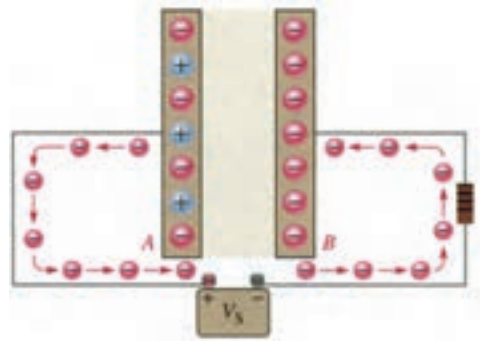
شکل ۴ـ۸ـ اجزای داخلی خازن

هـرگاه صفحات یک خازن به ولتاژی اتصال داده شـود بار الکتریکی در صفحات خازن ذخیره می شـود. این شرایط تا زمانی که خازن خالی نشود باقی می ماند. به همین دلیل از خـازن در مدارهـای الکتریکی به منظـور ذخیره انرژی الکتریکی استفاده می شود. (شکل ۶ـ۸)

ذخیـره انرژی الکتریکی به این معنی اسـت که پس از قطع منبع ولتاژ بارهای الکتریکی همچنان باقی بمانند.



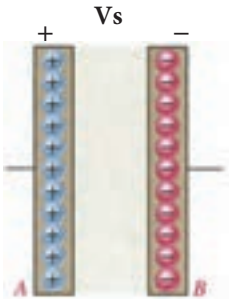
شکل ۵-۸-صفحات باردار خازن



شکل ۶-۸

۳ـ۸ـ ظرفیت خازن

میزان توانایی یـک خازن در ذخیره کردن بار الکتریکی را «ظرفیـت خازن» می گوینـد و آن را با حرف C نمایش می دهند. (شکل ۷ـ۸)



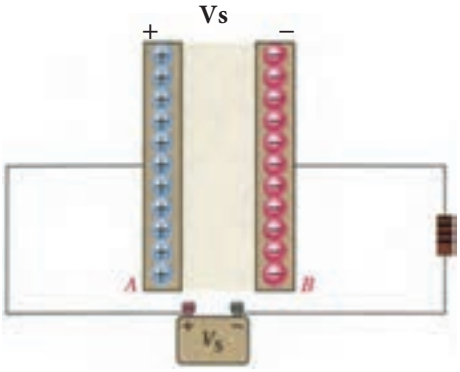
شکل ۷-۸

1- Capacitor

اگـر دو خازن را بـه یک منبع ولتاژ اتصـال دهیم و بار الکتریکی در آن ها ذخیره کنیم چنانچه بار ذخیره شـده در یکی بیشـتر از دیگری باشد، ظرفیت آن خازن بیشتر است. (شکل ۸ـ۸)

ظرفیت خازن را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

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



شکل ۸ـ۸

C ـ ظرفیت خازن

Q ـ بار الکتریکی ذخیره شده در صفحات

V ـ ولتاژ دو سر خازن

برای بررسـی اثـر افزایش یا کاهش یـک عامل بر روی یکی از کمیت ها، می بایست کمیت سوم ثابت در نظر گرفته شـود. مثلاً در صورت ثابت در نظر گرفتن بار Q مشـاهده می شـود که C با V رابطه عکس دارد. واحد اصلی ظرفیت خازن «فاراد» اسـت و این در صورتی صادق است که Q بر حسب کولن و V بر حسب ولت باشد.

چون فاراد واحد بسـیار بزرگی اسـت. لـذا از واحدهای کوچکتـر منـند میکروفاراد و نانوفاراد اسـتفاده می شـود. جـدول ۱ـ۸ واحدهـای کوچکتر خازن و ضرایـب آن ها را نشان می دهد.

جدول ۱ـ۸

چگونگی تبدیل	ضریب	حرف اختصاری	واحد
برای تبدیل از واحد بالا به واحد پایین در ضرایب ضرب می‌شود	واحد اصلی	f	فاراد
	10^3	mf	میلی فاراد
	10^6	μf	میکروفاراد
	10^9	nf	نانو فاراد
	10^{12}	pf	بیکوفاراد

مثال: خازنی با ظرفیت ۱۰۰ نانو فاراد برابر با چند فاراد است؟

حل:

$$C = ۱۰۰nf$$

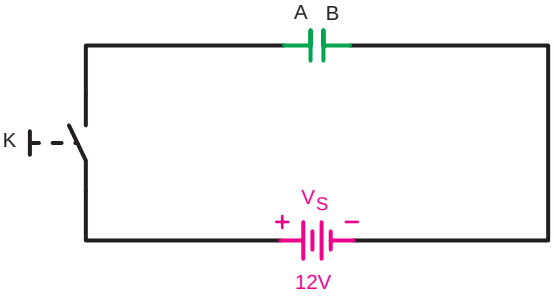
$$C = ۱۰^۲ \div ۱۰^۹ = ۱۰^{-۷} [f]$$

توجه

در صورتـی که بخواهیم از واحد کوچکتر به واحـد بزرگتر تبدیل کنیم بایـد بر ضرایب فوق تقسیم کنیم.

۴ـ۸ـ شارژ و دشارژ خازن در جریان مستقیم

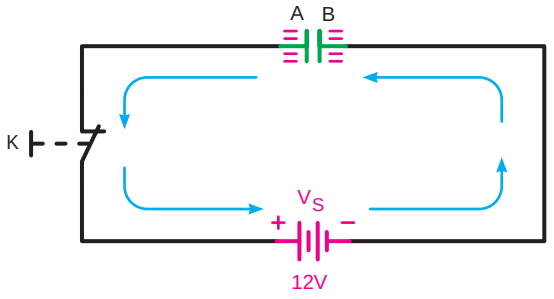
وقتی یک خازن را به ولتاژ DC وصل کنیم خازن شارژ می‌شود. شکل ۹ـ۸ یک خازن خالی را نشان می‌دهد. در این حالت تعداد الکترون‌های آزاد صفحات A و B با هم برابر هستند.



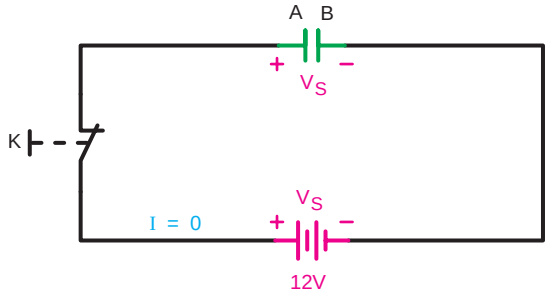
شکل ۹ـ۸ـ خازن خالی

زمانی که کلید بسته شود (شکل ۱۰ـ۸) با برقراری جریان، الکترون‌های آزاد در صفحه B جمع می‌شوند و صفحه A که به قطب مثبت منبع (V_S) متصل است الکترون‌های آزاد خود را از دست می‌دهد. (جهت جریان، جهت حرکت الکترون‌ها فرض شده است.)

فرآیند فوق آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا وقتی که پتانسیل بین دو صفحه A و B خازن برابر ولتاژ منبع تغذیه (V_S) شود. با افزایش ولتاژ بین صفحات خازن، جریان دار رفته رفته کاهش یافته تا اینکه به صفر برسد، در این حالت گفته می‌شود که خازن شارژ کامل شده است. (شکل ۱۱ـ۸)



شکل ۱۰ـ۸ـ خازن در حال شارژ

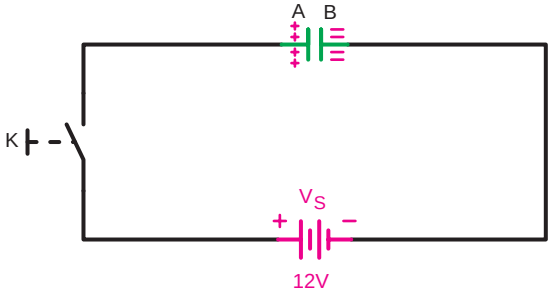


شکل ۱۱ـ۸ـ خازن شارژ کامل

توجه داشته باشید که نقش دیالکتریک در برقراری جریان و رد و بدل شدن بارهای الکتریکی بسیار مهم است. چرا که با انتخاب یک دیالکتریک خوب می‌توان مقدار بار الکتریکی جابه‌جا شده را کاهش و یا به عبارتی ظرفیت خازن را افزایش داد.

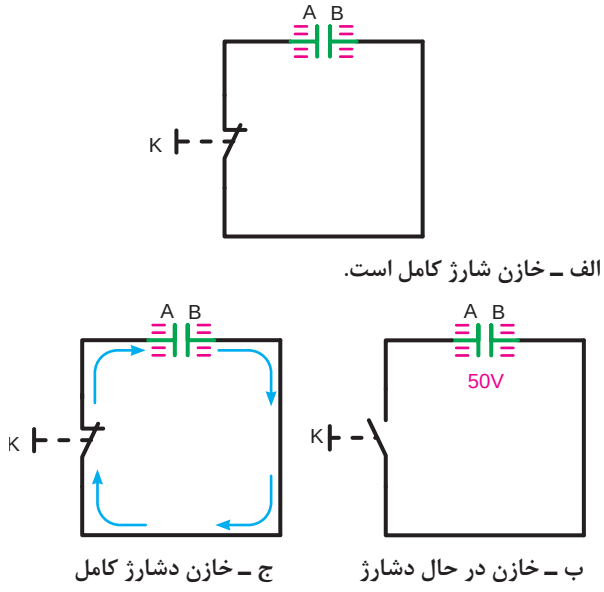
حال اگر کلید را باز کنیم ولتاژ ذخیره شده در صفحات خازن باقی می‌ماند و ما می‌توانیم از این ولتاژ استفاده کنیم. (شکل ۱۲ـ۸)

از جمله این موارد می‌توان ایجاد شوک الکتریکی یا شارژ خازن فلاش دوربین‌های عکاسی را نام برد.



شکل ۱۲ـ۸ـ در صفحات خازن بار ذخیره شده.

برای تخلیه بار الکتریکی صفحات خازن می بایست 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 می دهد.



الف ـ خازن شارژ کامل است.

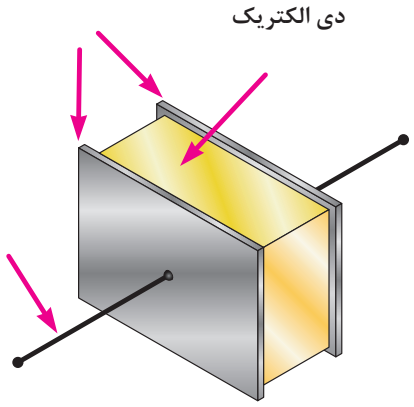
ب ـ خازن در حال دشارژ

ج ـ خازن دشارژ کامل

شکل ۸ـ۱۳ـ خازن شارژ در حال تخلیه

۸ـ۵ـ عوامل مؤثر در ظرفیت خازن

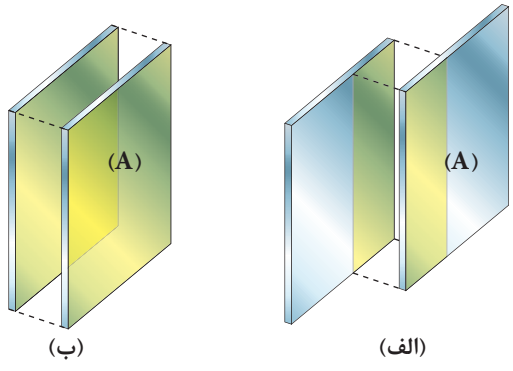
عوامل الکتریکی و فیزیکی گوناگونی در ظرفیت یک خازن مؤثر هستند که در اینجا فقط به بررسی عوامل فیزیکی می پردازیم. شکل ۸ـ۱۴ تصویر سادهای از خازن را نشان می دهد.



شکل ۸ـ۱۴ـ قسمت های مختلف یک خازن

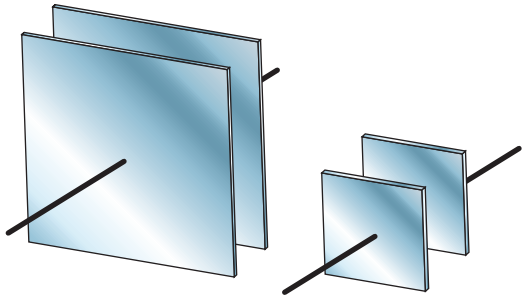
۸ـ۵ـ۱ـ سطح صفحات خازن (A):

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 ۸ـ۱۵)



شکل ۸ـ۱۵ـ سطوح مؤثر صفحات خازن

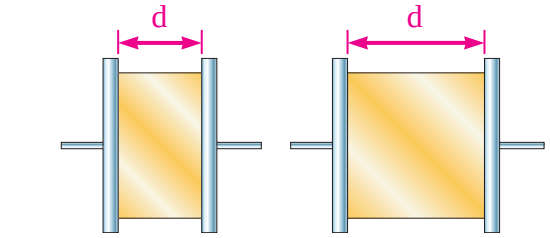
هرچه سطح مؤثر بین صفحات بیشتر باشد ظرفیت خازن نیز افزایش می یابد. ظرفیت خازن نشان داده شده در شکل ۱۶ـ۸ـ ب دو برابر ظرفیت خازن شکل ۱۶ـ۸ـ الف است.



شکل ۱۶ـ۸ـ خازن با سطح صفحات متفاوت

۲ـ۵ـ۸ـ فاصله بین صفحات خازن (d):

ظرفیت خازن با فاصلـه صفحات آن رابطه عکس دارد. چـون هر چه فاصله بین صفحـات افزایش می یابد ظرفیت خازن کم می شـود. (شـکل ۱۷ـ۸) دو خـازن A و B را با هم مقایسـه می کند. چون فاصله صفحات خازن b دو برابر صفحات خازن a اسـت، بنابراین ظرفـی خازن الف دو برابر ظرفیت خازن ب می شود.



الف ـ خازن با ظرفیت زیاد ب ـ خازن با ظرفیت کم

شکل ۱۷ـ۸ـ اثر تغییر فاصله بین صفحات بر روی ظرفیت

۳ـ۵ـ۸ـ ماده عایق (دیالکتریک ـ K):

یکی دیگر از عواملی که در ظرفیت خازن تأثیر مستقیم دارد، ماده عایق (دی الکتریک) به کار رفته در بین دو صفحه خازن اسـت. هر چه خاصیت عایقی ماده بـکار رفته زیادتر باشـد ظرفیت خازن بیشتر خواهد شد. جدول ۲ـ۸ خاصیت عایقی چند ماده را نشـان می دهد. ضریب دی الکتیک همه مواد نسبت به هوا سنجیده می شوند.

جدول ۲ـ۸

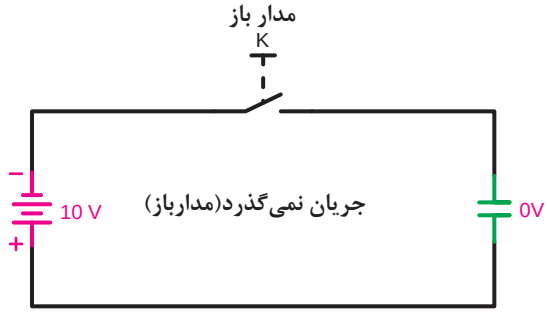
ماده دی الکتریک	ضریب دی الکتریک
هوا	۱
شیشه	۴/۲
میکا	۵-۹
باکلیت	۴/۵-۷/۵
لاستیک	۲/۸
کاغذ	۳/۵
پارافین	۲/۲

۶ـ۸ـ عملکرد خازن در جریان الکتریکی

۱ـ۶ـ۸ـ رفتار خازن در جریان مستقیم (DC)

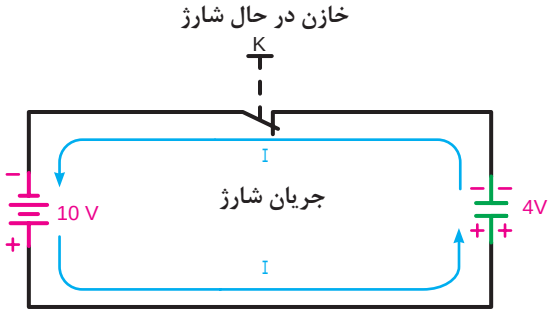
هرگاه خازنی در مدار جریان مسـتقیم قرار گیرد مقدار جریان الکتریکی مدار آن در تمام لحظات پس از وصل کلید یکسان نیست.

در لحظـه اول که صفحات خازن خالی اسـت به محض وصل کلید، الکترون های زیادی با سـرعت به طرف سـطح صفحات حرکت می کنند. (شکل ۱۸ـ۸) عایق بین صفحات خازن باعث می شـود تـا الکترون های جمع شـده در یک



شکل ۱۸ـ۸ـ کلید قطع و مدار خازن باز می شود.

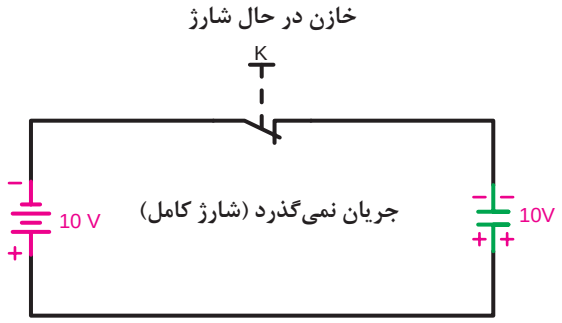
صفحــه ارتباطی با صفحه مقابل نداشــته باشــد و صفحات خازن باردار شوند. (شکل ۱۹ـ۸)



شکل ۱۹ـ۸ـ کلید وصل و خازن در حال شارژ می باشد.

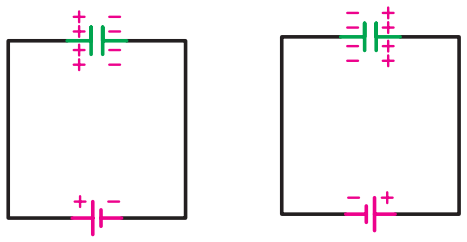
حرکــت الکترون ها تا زمانی که عمل شــارژ در صفحات وجود دارد، ادامه می یابد و رفته رفته مقدار جریان عبوری از مدار کم می شود. زیرا سطح صفحات خازن شارژ کامل شده و از عبور جریان جلوگیری می کنند. (شکل ۲۰ـ۸)

در واقع در لحظه اول ولتاژ دو ســر خازن صفر بوده ولی جریــان عبوری از آن زیاد اســت. در صورتی که چند لحظه پس از وصل کلید جریان به صفر رسیده و ولتاژ بین صفحات خازن، به مقدار حداکثر خود می رسد.



شکل ۲۰ـ۸ـ کلید وصل و خازن شارژ کامل شده است.

وضعیت صفحات خــازن از نظر نوع بار الکتریکی ذخیره شــده به نحوه اتصال پلاریته منبع تغذیه بستگی دارد. یعنی اگــر جهت قطب های خازن را عــوض کنیم نوع بارهایی که در صفحات خازن ذخیره می شــوند، نیز تغییر خواهد کرد. (شکل ۲۱ـ۸)

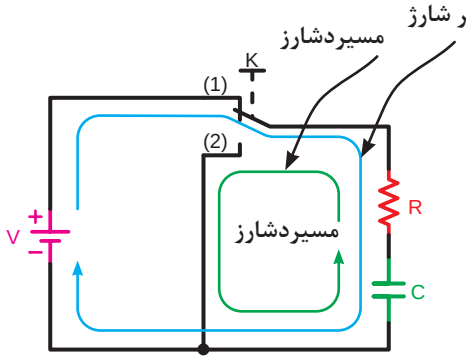


شکل ۲۱ـ۸ـ وضعیت صفحات خازن از نظر نحوه اتصال به پلاریته منبع تغذیه

۲ـ۶ـ۸ـ شارژ و دشارژ (ثابت زمانی خازنی)

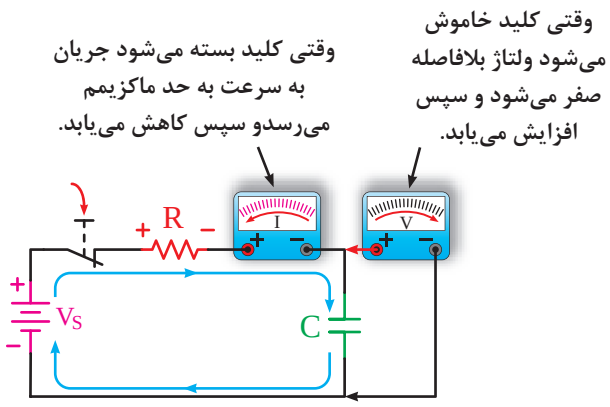
تمام مراحل و اتفاقات اشــاره شــده در یک لحظه کوتاه اتفاق می افتــد. در مدار خازن ها برای افزایش زمان شــارژ و دشــارژ از یک مقاومت سری در مســیر خازن ها استفاده می کنیم.

در شــکل ۲۲ـ۸ـ مسیر شــارژ (کلید حالت ۱) و دشارژ (کلید حالت ۲) خازن C نشان داده شده است.



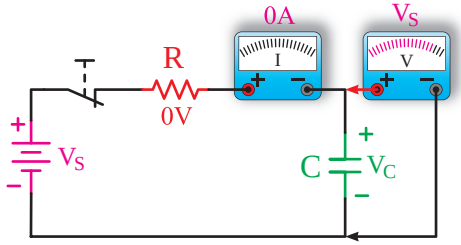
شکل ۲۲ـ۸ـ مسیر شارژ و دشارژ خازن

شـــکل ۲۳ـ۸ـ الف مدار خازنی را در لحظه وصل کلید از نظر ولتاژ و جریان نشان می دهد.



الف ـ در حال شارژ: ولتاژ خازن با کاهش ولتاژ مقاومت و جریان افزایش می یابد.

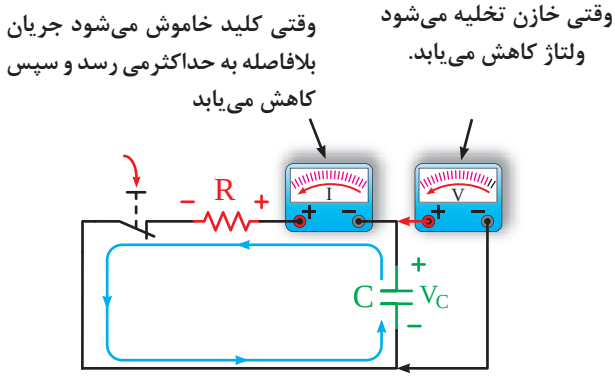
شـــکل ۲۳ـ۸ـ ب یک مدار خازنی را در شـــرایطی نشان می دهد که کلیـــد، مدت زمانی طولانی وصل بوده و ولتاژ و جریان نسبت به حالت الف عکس شده است.



ب ـ شارژ کامل: ولتاژ خازن با ولتاژ منبع برابر شده و جریان صفر می شود.

شکل ۲۳ـ۸

اگـــر منبع تغذیه را برداشـــته و ولتاژ دو ســـر خازن را از طریق مقاومت اهمی دشارز کنیم مقدار ولتاژ و جریان خازن مطابق شکل ۲۴ـ۸ خواهد شد.

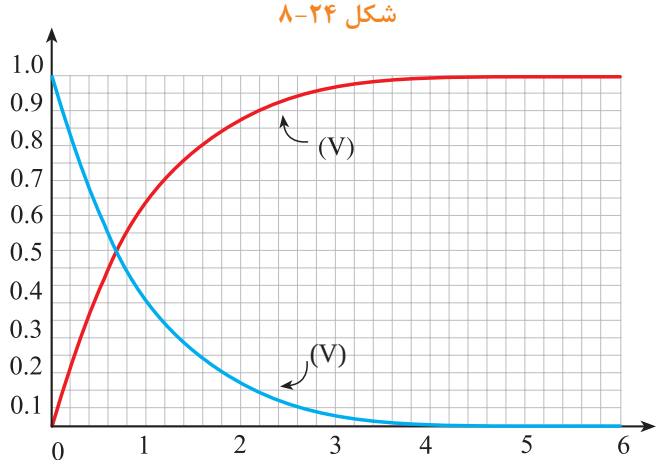


تخلیه بار ولتاژ مقاومت و جریان از مقدار حداکثر اولیه کاهش می یابد. توجه داشته باشید که جریان تخلیه بار مخالف با جریان بار می باشد.

شکل ۲۴-۸

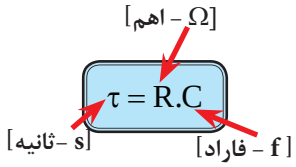
شـــکل ۲۵ـ۸ منحنی تغییرات ولتاژ خـــازن را در حالت شارژ و دشارژ نشان می دهد.

همانگونه که از منحنی های شارژ و دشارژ خازن مشخص است در صورت استفاده از مقاومت در مسیر آن ولتاژ خازن چه در مسیر افزایش (شارژ) و چه در مسیر کاهش (دشارژ) با یکســـری پرش های زمانی و در طی یک بازهای مشخصی به مقدار حداکثر و حداقل خود می رســـد. اصطلاحاً به مدت زمانی که طول می کشد تا ولتاژ خازن به اندازه ۶۳/۲٪ مقدار ماکزیمم خود افزایش یا کاهش یابد «ثابت زمانی» گفته و با



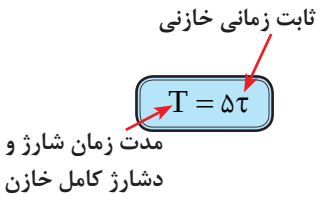
شکل ۲۵ـ۸ـ منحنی های ولتاژ خازن در حالت شارژ و دشارژ

حرف (τ ـ تاو) و برحسب ثانیه مطابق رابطه مقابل محاسبه می کنند.



بر پایه آزمایش های انجام شده روی یک خازن مشخص گردیـده پس از گذشـت ۵ ثابت زمانی ولتاژ دو سـر آن به مقدار حداکثر (در شـرایط شـارژ) و به مقـدار حداقل (در شرایط دشارژ) می رسد.

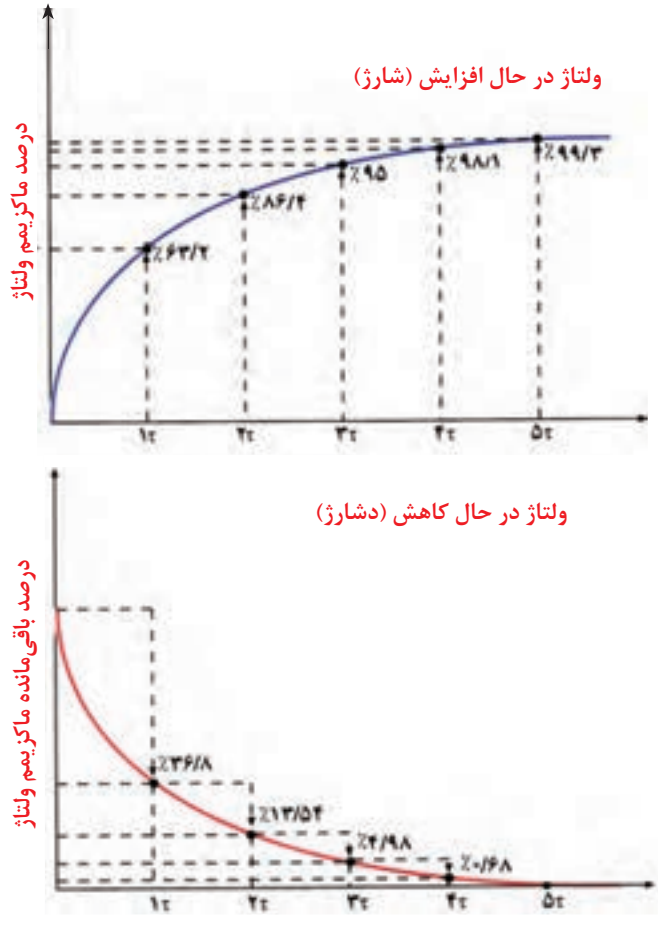
مدت زمان شـارژ یا دشـارژ کامل یک خـازن را مطابق رابطه مقابل می توان چنین محاسبه کرد.



براسـاس این مطالـب پس می توان منحنی های شـارژ و دشـارژ یک خازن را به همراه جداول شـارژ و دشـارژ را بـه ترتیب مطابق شـکل های (۲۵ـ۸) و (۲۶ـ۸) مشـاهده می کنید.

درصد ماکزیمم ولتاژ شارژ	تعداد ثابت زمانی
۶۳	۱
۸۶	۲
۹۵	۳
۹۸	۴
۹۹	۵
تقریباً٪۱۰۰	

درصد ماکزیمم ولتاژ شارژ	تعداد ثابت زمانی
۳۷	۱
۱۴	۲
۵	۳
۲	۴
۱	۵
تقریباً صفر	

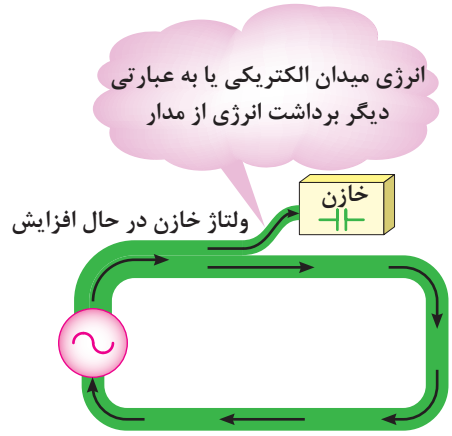


شکل (۲۶ـ۸)

۸ـ۷ خازن از نقطه نظر انرژی

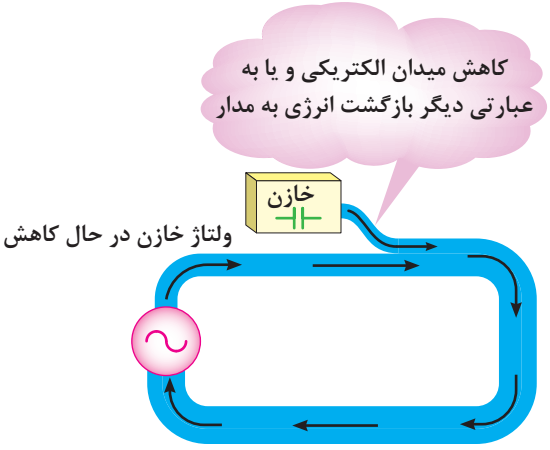
خازن ها نیز مشابه سلف ها هرگاه به جریان متغیری متصل شوند بطوری که ولتاژ دو سر آنها تغییر کند دائماً در حال تبادل انرژی خواهد بود.

انرژی ذخیره شده در یک خازن به صورت ذخیره سای بارهای الکتروستاتیکی در سطح صفحات آن صورت می گیرد.



شکل ۸-۲۷

یک خازن در لحظاتی که ولتاژ دو سر آن در حال افزایش است یعنی در شرایط دریافت و ذخیره سازی انرژی مطابق شکل (۸ـ۲۷) است. هنگامی که ولتاژ خازن شروع به کاهش کند بارهای الکترواستاتیکی شروع به کم شدن کرده و انرژی ذخیره شده را مطابق شکل (۸ـ۲۸) به مدار باز می گرداند.



شکل ۸-۲۸

۸ـ۸ انرژی ذخیره شده در خازن

مقدار انرژی ذخیره شده در یک خازن را از رابطه ی مقابل می توان بدست آورد.

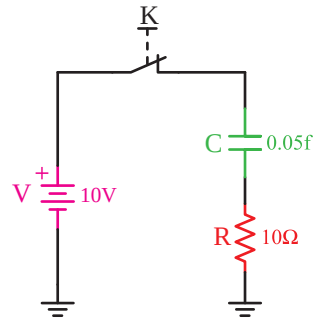
$$W_c = \frac{1}{2} C.V_c^2$$

C ـ ظرفیت خازن بر حسب فاراد [f]

Vc ـ ولتاژ دو سر خازن بر حسب ولت [v]

Wc ـ انرژی ذخیره شده در خازن بر حسب ژول [j]

مثال ـ مقدار انرژی ذخیره شده در خازنی با مشخصات نشان داده شده در شکل (۸ـ۲۹) را در صورتی که کلید K برای مدت زمان طولانی بسته شده باشد چند ژول است؟



شکل ۸-۲۹

حل: در شرایط دائم کار خاصیت خازنی وجود ندارد و همه ولتاژ منبع در دو سر خازن قرار می گیرد.

$$Vc = V = ۱۰v$$

$$Wc = \frac{1}{2} C.Vc^2$$

$$Wc = \frac{1}{2} \times ۰/۵ \times (۱۰)^2 = ۲/۵[J]$$

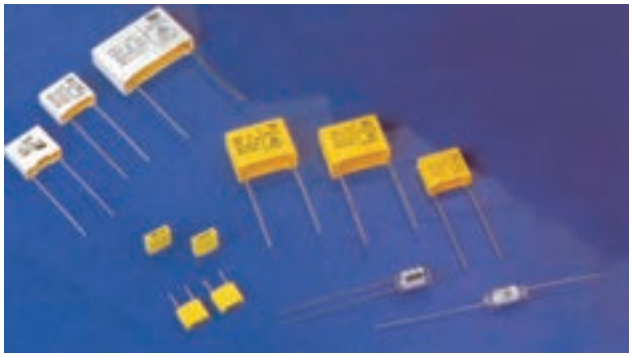
۹ـ۸ـ ظرفیت نامی خازن

مقـدار ظرفیتی که روی بدنه خازنها نوشـته می شـود، «ظرفیت اسمی» یا «ظرفیت نامی» می نامند و مقدارظرفیت واقعی خازن معمولاً بیشتر یا کمترازظرفیت اسمی آن‌است.

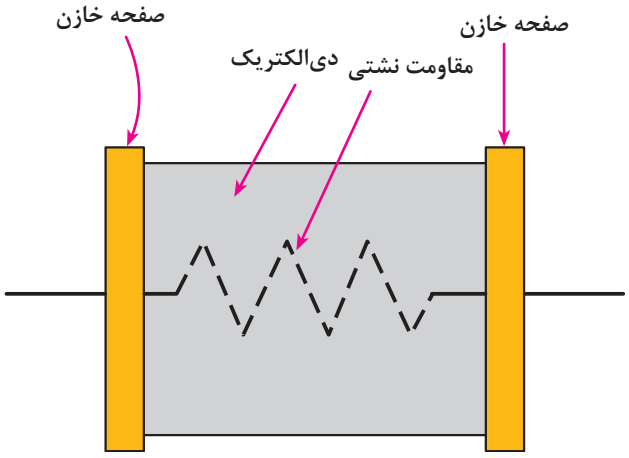
یکی از علل این افت مربوط به مقاومت داخلی (مقاومت نشتی) بین دو صفحه خازن است.

چون در عمل مادهای با خاصیت عایقی صددرصد وجود ندارد، مواد عایقی که بین صفحات خازن قرار می گرند مقدار بسیار کمی جریان از خود عبور می دهند. دیالکتریک خازن دارای مقاومت زیادی اسـت که آن را مقاومت نشتی گویند. هرقدر مقاومت نشـتی بیشـتر باشـد ظرفیت خازن زیادتر می شود.

خازن هـای بزرگ چون دارای سـطح صفحـات بزرگی هسـتند، لـذا مقاومتت نشـتی آن ها کم بـوده و در نتیجه ظرفیت واقعی خوبی ندارند. (شکل ۳۱ـ۸)



شکل ۳۰-۸



شکل ۳۱-۸

۱۰ـ۸ـ انواع خازن ها و کدهای رنگی آن ها

به طور کلی خازن ها به دو دسته زیر تقسیم می شوند:

۱ـ خازن های ثابت

۲ـ خازن های متغیر

۱ـ۱۰ـ۸ـ خازن های ثابت

ظرفیـت ایـن خازن ها ثابت اسـت و نمی تـوان مقدار آن هـا را تغییر داد. این نوع خازن ها براسـاس جنس ماده دیالکتریک نام گذاری می شـوند. از انـواع خازن های ثابت می توان خازن های کاغذی، سـرامیکی و میکایی را نام برد. (شـکل ۳۲ـ۸) این خازن هـا در ظرفیت های کم سـاخته می شـوند. نوع دیگـری از خازن های ثابت وجـود دارد که در ظرفیت هـای زیاد سـاخته می شـود. ایـن خازن ها را «خازن های الکترولیتی» می نامند.

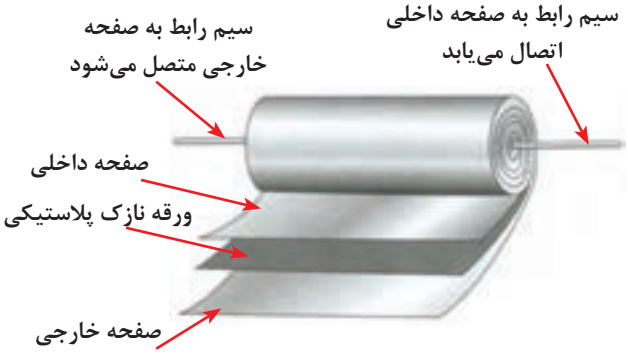
الف- شکل ظاهری خازن الکترولیتی

ب- شکل ظاهری خازن سرامیکی

ج- شکل ظاهری خازن

شکل ۳۲ـ۸ـ شکل ظاهری چند خازن به همراه مشخصات اسمی

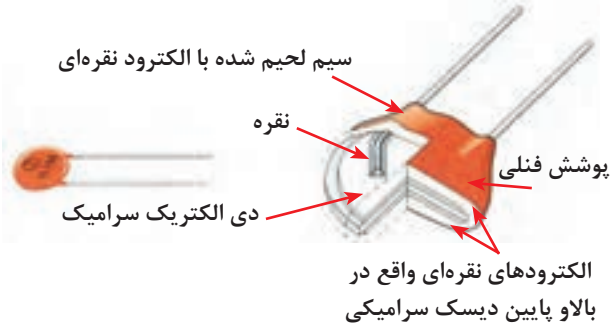
خازن‌های کاغذی: دی الکتریک این نوع خازن یک کاغذ مشـــبک آغشته به یک دی الکتریک مناسب است صفحات هادی خازن از جنس آلومینیوم ســـاخته می شود. از این خازن ها بیشـــتر در ولتاژها و جریان های زیاد استفاده می شود.



شکل ۳۳ـ۸ـ مقاومت نشتی خازن ها در حد مگان اهم است.

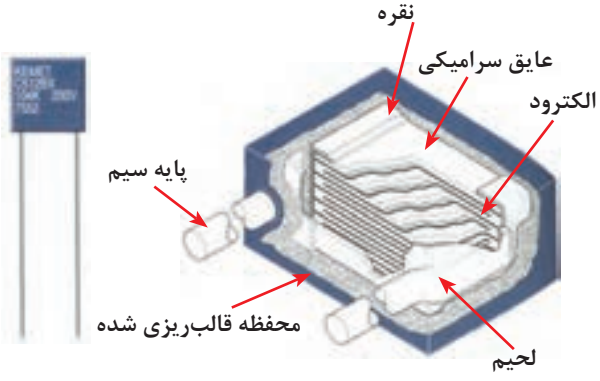
شـــکل ۳۳ـ۸ ســـاختمان داخلی و شـــکل ۳۴ـ۸ شـــکل ظاهری این خازن ها را نشان می دهد.

خازن هـــای ســـرامیکی: عایـــق بـــه کار رفته در ایـــن خازن ها از جنس ســـرامیک و صفحـــات هادی آن آلومینیومی است. سیم های رابط را به صفحات آلومینیومی وصل می کنند.



شکل۳۵-۸

مجموع خازن سرامیکی را با محلول مومی شکلی به نام فتولیک می پوشانند.این خازن ها بیشتر در مدارهای گیرنده رادیویی به کار می روند. (شکل های ۳۵ـ۸ و ۳۶ـ۸)



شکل ۳۶-۸

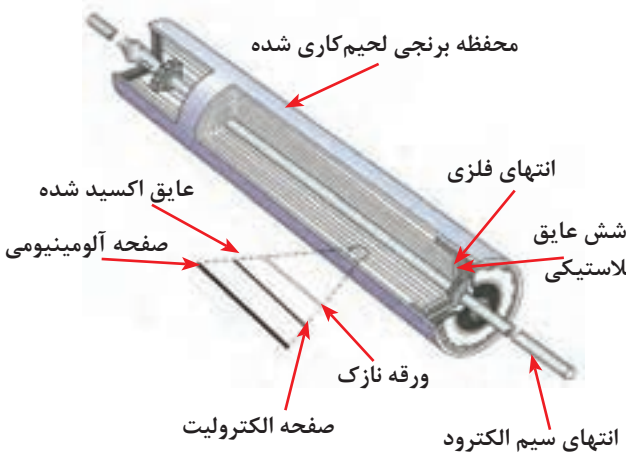
خازن هـای میکا: در این خازن ها عایق به کار رفته از جنس میکا و صفحات هادی از جنس نقره اسـت که در دمای بالا روی ورقه های میکا را به صورت یک در میان روی یک دیگر قرار می دهند و در نهایت سـریه ای صفحات را با سیم به هم لحیم می کنند. (شکل ۳۷ـ۸)

الف- آرایش لایه‌ای در قطبی

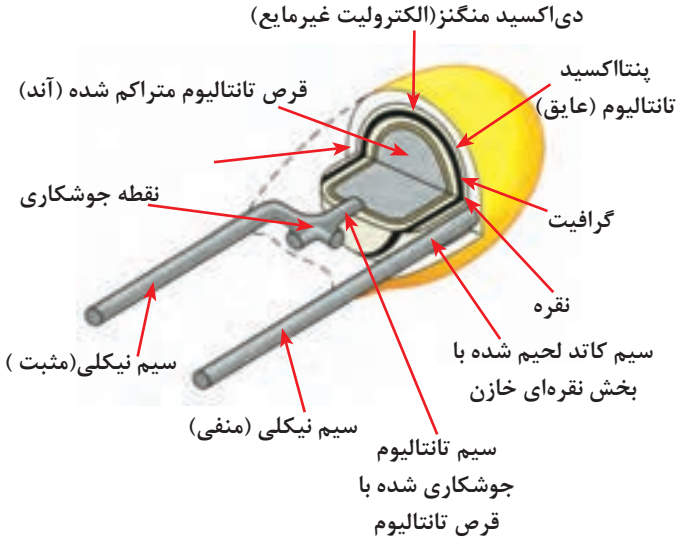
ب- لایه‌ها به هم فشرده می‌شوند و در کپسول قرار می‌گیردند

شکل ۳۷-۸

خازن هـای الکترولیتـی: این نـوع خازن ها ظرفیت هـای نسـبتاً بالایـی دارند. صفحـات آن از جنس آلومینیوم یا تانتالیوم اسـت. اکثر خازنها الکترولیتی قطبی هسـتند یعنی قطب های مثبت و منفـی روی پایه های آن مشخص شده اسـت. چگونگی سـاخت آن ها بدین صورت است که در هنگام سـاخت یک ورقه آلومینیومی به نام آند بـا یک ورقه آلومینیومی دیگـر به نام کاتد به همراه دو لایه کاغذ مشـبک به عنوان عایق در بیـن دو ورقه آلومینیومی قرار می گیرند. مجموعه به صورت استوانه روی هم پیچیده می شود. (شکل ۳۸ـ۸)



شکل ۳۸-۸



شکل ۳۹ـ۸- ساختمان داخلی خازن تانتالیوم

از خازن های الکترولیتـی در منابع تغذیه الکترونیکی و تایمرهای الکترونیکی اسـتفاده می شود. شکل های ۳۹ـ۸ و شکل ۴۰ـ۸ سـاختمان داخلی و ظاهری نمونه هایی از این خازن ها را نشان می دهند.

الف- خازن الکترولیتی

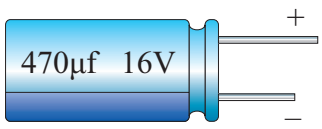
ب- الکترولیت‌های سیمی شعاعی

شکل ۴۰ـ۸ـ ساختمان خازن الکترولیتی

۲ـ۱۰ـ۸ـ اطلاعاتی درمورد خازن‌های الکترولیتی:

خازن هـای الکترولیـت در چند نوع مختلـف نیز تولید می شوند:

۱ـ نوع اسـتوانه ای یک طرفه[1]: در این نوع سیم های خازن از یک طرف بیرون می آید. (شکل ۴۱ـ۸)



شکل ۸-۴۱

۲ـ نوع هم محور[2]: سـیم های این خـازن از دو طرف آن بیـرون می آید و روی بدنه خـازن در طرف قطب مثبت فرورفتگی دارد. (شکل ۴۲ـ۸)

شکل ۸-۴۲

۳ـ نـوع غیرقطبی[3]: این خازن ها قطب مثبت و منفی ندارنـد و آن ها را می توان از هر طـرف در مدار به کار برد. روی بدنه بسیاری از این خازن ها در هر دو طرف فرورفتگی وجود دارد. (شکل ۴۳ـ۸)

شکل ۸-۴۳

۴ـ نوع قوطی[4]: این خازن ها به شـکل استوانه هستند و ترمینال های مربوط به قطب مثبت و منفی آن ها از طرف یکی از قاعده های استوانه بیرون آمده است. روی بدنه خازن در آن طرف که ترمینال های بیرون آمده اند، یک فرورفتگی وجود دارد. این خازن ها به وسیله بست کمربندی مخصوصی روی دستگاه نصب می شوند. (شکل ۴۴ـ۸)

شکل ۸-۴۴

1- Single-End or Radial

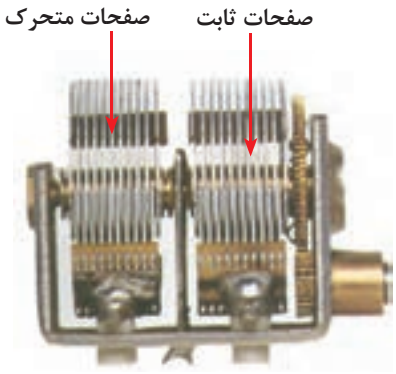
2- Axial

1-Non-Polar

2- Can type

۳ـ۱۰ـ۸ـ خازن های متغیر:

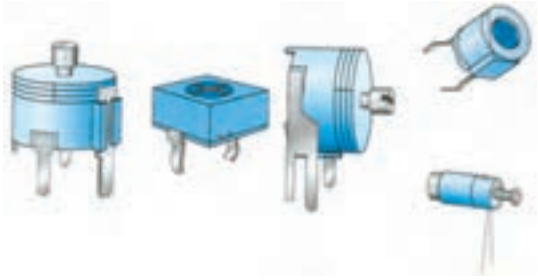
به خازن هایی گفته می شـود کـه دارای ظرفیت ثابت نیسـتند. ظرفیت آن ها بـا تغییر در یکی از عوامل سـطح صفحات یا فاصله بین آن ها تغییر می کند. ماده دی الکتریک این خازن ها هوا یا پلاسـتیک است. از خازن های متغیر در گیرنده های رادیویی اسـتفاده می شود. این خازن ها در دو شـکل «خازن واریابل» و یـا «تریمر» مورد اسـتفاده قرار می گیرند. (شکل ۴۵ـ۸)



شکل ۴۵ـ۸ـ خازن واریابل

شکل ۴۶ـ۸ خازن های تریمر را نشان می دهد.

ظرفیت خازن واریابل با کمک دست و با چرخاندن محور ولی ظرفیت خازن تریمر با چرخاندن محور به وسـیله پیچ گوشتی تغییر می کند.



شکل ۴۶-۸

در انتخاب یک خازن می بایست به مشخصه های زیر که مربوط به خازن می باشد، توجه داشت:

۱ـ ظرفیت: مقدار گنجایش بار الکتریکی خازن.

۲ـ ولتـاژ کار: حداکثر ولتاژی که می توان به طور دائم به خازن اعمال کرد.

۳ـ تلرانس: حداکثـر انحراف مجاز نسـبت به ظرفیت اسمی خازن

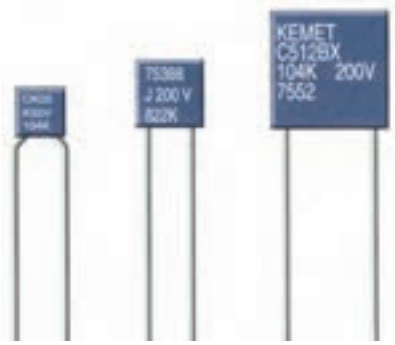
۴ـ ضریب حرارتی: حداکثر میزان تغییر ظرفیت خازن به ازای تغییر یک درجه حرارت.

برخی از مواردفوق را در شکل ۴۷ـ۸ مشاهده می کنید.

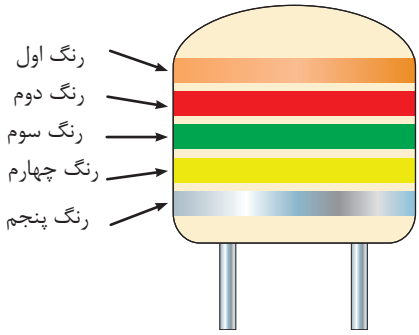
شکل ۴۷-۸

مقادیر مربوط به مشـخصات فـوق را در بعضی خازن ها روی بدنه آن ها می نویسند و در برخی دیگر به کمک کدهای رنگی مشخص می کنند که در اینجا به ذکر نمونه هایی برای هر دو حالت می پردازیم. (شکل ۴۸-۸)

هر یک ازروش های نوار رنگی یا نوشتن ظرفیت خازن ها خود به راه های مختلف انجام می شـود که به بررسی آن ها می پردازیم.



الف)

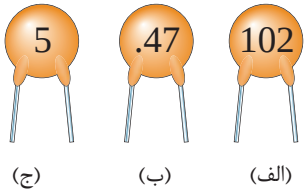


ب)

شکل ۴۸-۸

۴ـ۱۰ـ۸ـروش مقدار نویسی ظرفیت روی بدنه خازن ها:

در برخـی مـوارد روی بدنه خازن هـا ظرفیت را با یک عدد اعشـاری و یا یک عدد صحیح (به صورت رمز) مشخص می کنند. اگر عدد به صورت اعشاری باشد ظرفیت برحسب میکروفاراد و در صورتی که عدد به صورت عدد صحیح بیان شـود بر حسب پیکوفاراد است. به عنوان مثال اگر روی بدنه خازن ها مطابق شـکل ۵۰ـ۸ اعداد ۱۰۲، ۰/۴۷ و ۵ نوشته شده باشد ظرفیت آن ها برابر است با:



شکل ۴۹-۸

a) ۱۰۲ = ۱۰۰۰ pf

b) ۰۴۷ = ۰/۴۷ μf

c) ۵ = ۵ pf

در این روش برای بیان تلرانس خازن از حروف اختصاری مشابه جدول ۴۷ـ۸ استفاده می شود.

جدول ۴۷-۸

تلرانس	حرف اختصاری
٪ ۰/۱	B
٪ ۰/۲۵	C
٪ ۰/۵	D
٪۱	F
٪۲	G
٪۳	H
٪۵	J
٪۱۰	K
٪۲۰	M

۵ـ۱۰ـ۸ـ روش نوارهای رنگی روی بدنه خازن ها:

روش نوارهـای رنگی که بر روی بدنـه خازن ها به کار مـی رود در خازن های مختلـف با یکدیگـر تفاوت هایی را دارند.

ـ روش پنج نـواری: از این روش برای تعیین ظرفیت، تلرانـس و ولتـاژ کار خازن های سـرامیکی، کاغذی و میکا اسـتفاده می شود. شـکل ۸ـ۵۰ جدول نوارهای رنگی را که روی بدنه خازن ها ثبت می شود، نشان می دهد.

در این روش مفهوم نوارهای رنگی به ترتیب عبارتند از:

نوار رنگی اول[1] ـ بیانگر عدد اول

نوار رنگی دوم ـ بیانگر عدد دوم

نوار رنگی سوم ـ ضریب

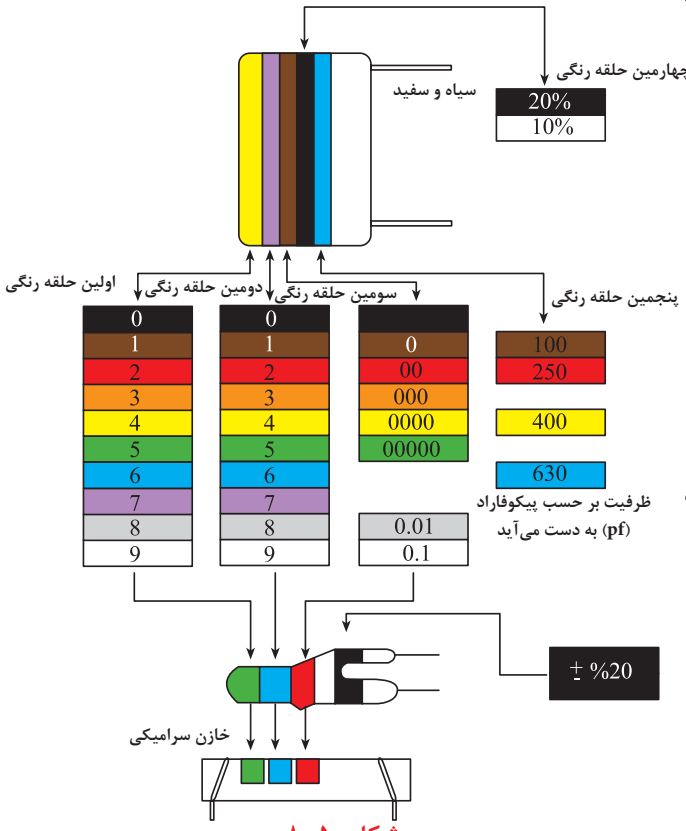
نوار رنگی چهارم ـ تلرانس

نوار رنگی پنجم ـ ولتاژ کار

تذکـر: در مـواردی که نوار ئرنگـی تلرانس وجود ندارد، مقدار تلرانس خازن ۲٪ است.

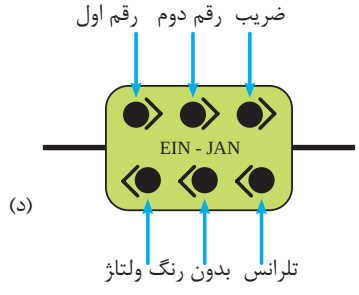
توجه

بـرای خواندن مقدار ظرفیت و تلرانس خازن ها با اسـتفاده از کد رنگی باید حتماً جداول مربوطه داده شود. ضرورتی به حفظ کردن اعداد جدول نیست.



شکل ۸ـ۵۰

شـکل ۸ـ۵۱ـ انواع مختلف شـکل های ظاهری و نحوه قرار گرفتن نوارهای رنگـی روی بدنه خازن ها را در حالات گوناگون نشان می دهد.



شکل ۸ـ۵۱

۱ ـ در برخی خازن‌ها نوار رنگی اول نشان دهنده ضریب حرارتی است.

مثـال: ظرفیت خازن هایی که کد رنگی آن ها در جدول ۴ـ۸ بیان شده است را تعیین کنید.

حل: با توجه به کدهای رنگی می توان نوشت:

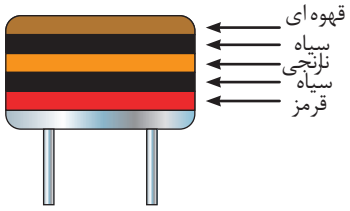
$$C_۱ = ۲۲۰nF / ۲۵۰V \pm ٪۲۰$$
$$C_۲ = ۴/۷nF / ۴۰۰V \pm ٪۱۰$$
$$C_۳ = ۱/۵\mu F / ۱۰۰V \pm ٪۲۰$$
$$C_۴ = ۳/۳\mu F / ۶۳۰V \pm ٪۲۰$$

جدول ۴ـ۸

خازن	نوار اول	نوار دوم	نوار سوم	نوار چهارم	نوار پنجم
$C_۱$	قرمز	قرمز	زرد	سیاه	قرمز
$C_۲$	زرد	بنفش	قرمز	سفید	زرد
$C_۳$	قهوه ای	سبز	سبز	سیاه	قهوه ای
$C_۴$	نارنجی	نارنجی	سبز	سیاه	آبی

مثال: مشـخصات خازن های شـکل ۵۲ـ۸ را به دست آورید.

حل:



شکل ۵۲ـ۸

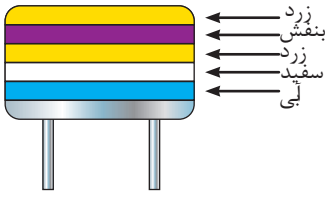
قرمز سیاه نارنجی سیاه قهوه ای

۱ ۰ ۰۰۰ ±٪۲۰ ۲۵۰

$$C = ۱۰۰۰۰_{pf} \pm ٪۲۰, ۲۵۰_{V}$$

مثال: ظرفیت و ولتاژ کار خازن شـکل ۵۳ـ۸ را به دست آورید.

حل:



شکل ۵۳ـ۸

آبی سفید زرد بنفش زرد

جدول ۵ـ۸

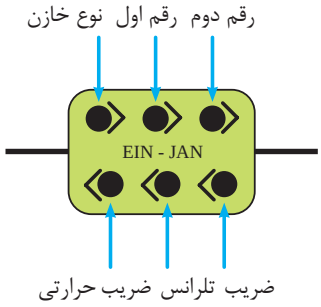
رنگ		ضریب حرارتی
Black	سیاه	۰
Brown	قهوه ای	-۳۰
Red	قرمز	-۸۰
Orange	نارنجی	-۱۵۰
Yellow	زرد	-۲۲۰
Green	سبز	-۳۳۰
Blue	آبی	-۴۷۰
Violet	بنفش	-۷۵۰
Gray	خاکستری	+۳۰
White	سفید	+۱۲۰
Gold	طلایی	----
Silver	نقره ای	----

نوار رنگی مربوط بـه ضریب حرارتی معمولاً پهن تر از سایر نوارها می باشـد. جدول ۵ـ۸ مفهوم رنگ های ضریب حرارتی را نشان می دهد.

۴ ۷ ۰۰۰۰ ±٪۱۰, ۶۳۰$_{V}$

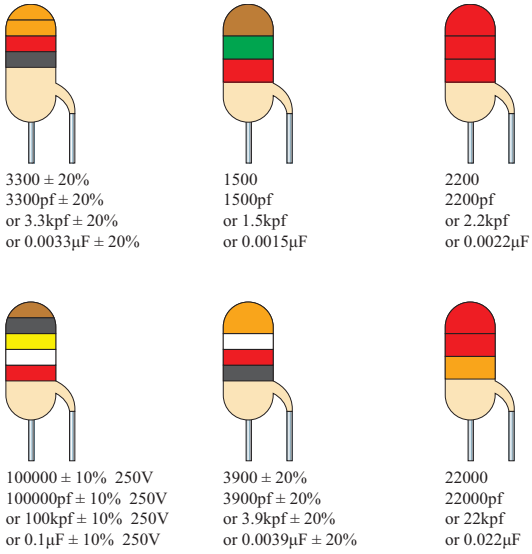
$$C = ۴۷۰۰۰۰_{p} \pm ٪۱۰, ۶۳۰_{V}$$

ـ روش های شـش نقطـه ای: شـکل ۵۴ـ ۸ نحوه کدگـذاری رنگی خازن های شـش رنگ را نشـان می دهد. مقادیر کدهای رنگی را از جدول ۵ـ۸ و شکل ۵۵ـ۸ می توان به دست آورد.



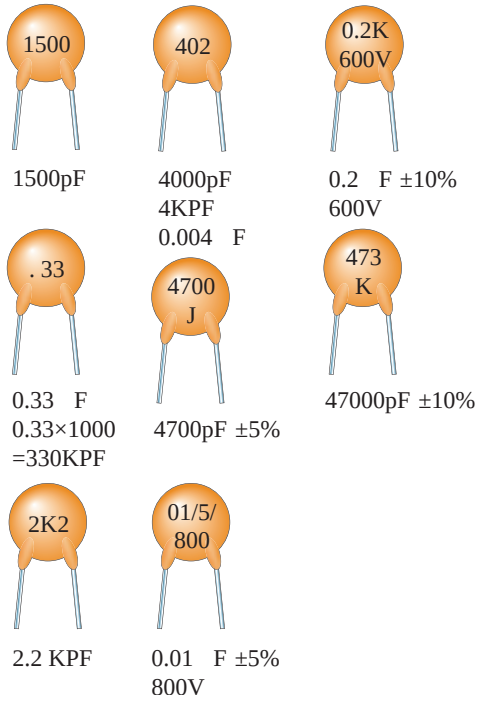
شکل ۵۴-۸

شکل ۵۵ـ۸ مثال هایی از خازن هایی که تعداد نوارهای رنگی آن ها پنج یا کمتر است، نشان می دهد.



شکل ۵۵-۸

شـکل ۵۶ـ۸ مثال هایی از خازن های مشـخص شده به روش کدگذاری را نشان می دهد.



شکل ۵۶-۸

توضیح

برای بیان واحد ظرفیت خازن های نشـان داده شـده در شـکل های ۵۵ـ۸ و ۵۶ـ۸ از حـروف اختصاری استفاده شده که به شرط زیر می باشد.

pf (پیکـو فـاراد)، Kpf (کیلو پیکوفـاراد یا نانو فاراد) μf (میکرو فاراد)

۱۱ـ۸ـ به هم بستن خازن ها

اگـر ظرفیت خازنـی مورد نیاز باشـد کـه در محدوده ظرفیت های استاندارد نباشد، می توان با متصل کردن چند خازن به صورت سری، موازی یا ترکیبی، خازن مورد نظر را به دست آورد.

۱ـ۱۱ـ۸ـ اتصال سری خازن ها:

هـرگاه دو یـا n خازن به صـورت متوالی اتصـال 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 «سـری» گویند. (شکل ۵۷ـ۸) (مانند اتصال سری مقاومت ها) روابط حاکم بر این مدارها به صورت زیر است:

ـ عامل مشترک مدار:

چـون یک مسـیر عبور جریـان وجود دارد لـذا جریان عبوری یا به عبارت دیگر بار الکتریکی ذخیره شـده Q در همه خازن ها یکسان است. (شکل ۵۸ـ۸)

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \ldots\ldots\ldots = Q_n = Q_T$$

ـ عامل غیرمشترک مدار:

در یک مدار سـری خازنی مشـابه مدار سری مقاومتی ولتاژ بین اجزای مدار تقسیم می شود.

ولتاژ کل مدار بین عناصر مدار به نسـبت عکس ظرفیت $\left(V = \frac{Q}{C}\right)$ بین خازن های تقسیم می شود. (شکل ۵۹ـ۸)

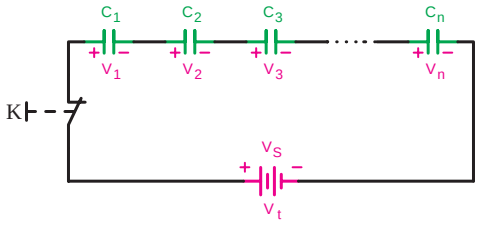
$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots + V_n$$

ـ ظرفیت خازن معادل مدار:

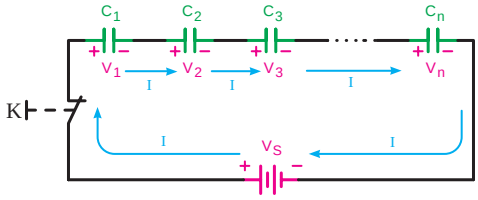
با اسـتفاده از رابطه $V = \frac{Q}{C}$ و در نظـر گرفتن رابطه تقسیم ولتاژ بین خازن های سری می توانیم بنویسیم (شکل ۶۰ـ۸)

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots + V_n$$

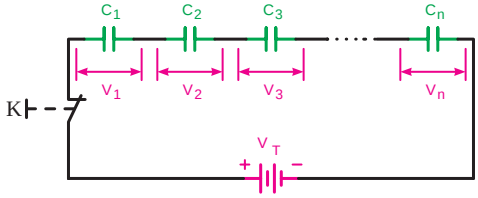
$$\frac{Q_T}{C_T} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3} + \ldots\ldots + \frac{Q_n}{C_n}$$



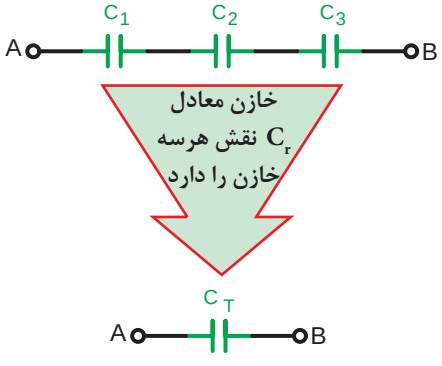
شکل ۵۷ـ۸



شکل ۵۸ـ۸



شکل ۵۹ـ۸



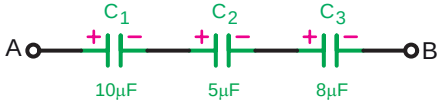
شکل ۶۰ـ۸

چون در مدار سری $Q_1 = Q_2 = ...Q_n$ است میتوان از Q فاکتور گرفت و آن را از طرفین تساوی حذف کرد. بنابراین رابطه ظرفیت خازن معادل براساس رابطه مقابل برابر است با:

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

همانگونه از رابطه نهایی مشخص است ظرفیت خازن معادل در مدارهای سری عکس رابطه مربوط به مقاومت های سری است.

مثال: ظرفیت خازن معادل از دو نقطه A و B در شکل ۶۱ـ۸ چند میکروفاراد است؟



شکل ۶۱-۸

حل: برای محاسبه خازن معادل به صورت مقابل می توان 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 می آید.

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{8}}$$

$$C_T = \frac{1}{0/425} = 2/35\mu F$$

نکته مهم:

مقدار ظرفیت خازن معادل از کوچک ترین ظرفیت خازن در مدار کوچکتر است.

- حالات خاص در مدارهای سری خازنی:

اگر n خازن مساوی به طور سری قرار گیرند ظرفیت خازن از رابطه زیر قابل محاسبه است.

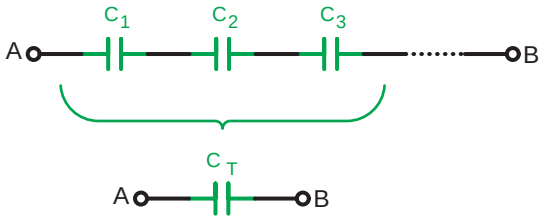
$$C_T = \frac{C}{n}$$

c ـ ظرفیت یک خازن

n ـ تعداد خازن ها

اگر دو خازن به طور سری بسته شوند می توانیم از رابطه ساده شده نهایی به صورت زیر استفاده کنیم:

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



$$(C_1 = C_2 = C_3 = ...C_n)$$

شکل ۶۲-۸

مثال: ظرفیت خازن معادل شکل ۸ـ۶۳ چند میکروفاراد است؟

حل: ظرفیت خازن ها مساوی است.

$$C_۱ = C_۲ = C_۳ = C_۴ = C = ./۰۲$$

پس می توانیم بنویسیم.

$$C_T = \frac{C}{n} = \frac{./۰۲\mu f}{۴} = ./۰۰۵\mu f$$

مثـال: ظرفیت خازن معادل شکل ۸ـ۶۴ چند پیکوفاراد است؟

$$\frac{۱}{C_T} = \frac{۱}{C_۱} + \frac{۱}{C_۲}$$

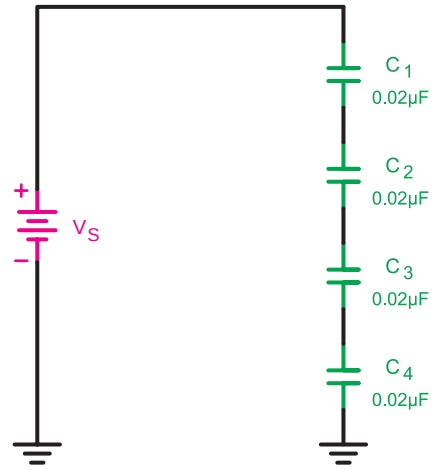
$$\frac{۱}{C_T} = \frac{۱}{۱۰۰} + \frac{۱}{۳۰۰} = \frac{۳+۱}{۳۰۰} = \frac{۴}{۳۰۰}$$

$$C_T = \frac{۳۰۰}{۴} = ۷۵pf$$

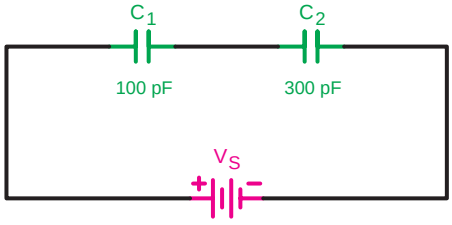
یا با استفاده از رابطه ساده زیر می توانیم بنویسیم:

$$C_T = \frac{C_۱ C_۲}{C_۱ + C_۲} = \frac{۱۰۰ \times ۳۰۰}{۱۰۰ + ۳۰۰}$$

$$C_T = \frac{۳۰۰۰۰}{۴۰۰} = ۷۵pF$$



شکل ۸ـ۶۳



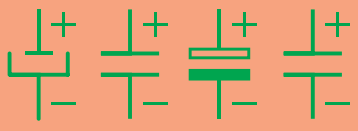
شکل ۸ـ۶۴

نکات ایمنی

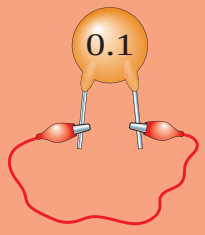
۱ـ ضروری است در آزمایش های مربوط به خازن علاوه بر نکات ایمنی کارهای عملی قبل به دو نکته زیر نیز توجه شود.

۲ـ در صورت به کارگیری خازن های الکترولیتی در موقع اتصال آن ها به قطب های خازن توجه کنید. ضمناً این خازن ها را پیش از اتصال در مدار ابتدا مطابق شکل aدشارژ (تخلیه) کنید.

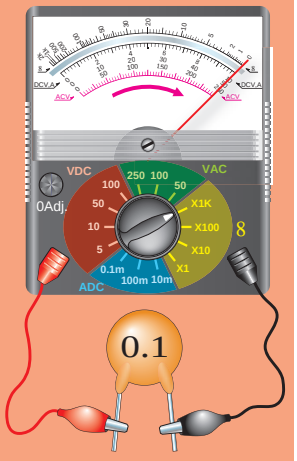
۳ـ قبـل از انجام آزمایش های مربوط به خازن ها مطابق تصاویر نشان داده شده از سالم بودن آن ها اطمینان حاصل کنید و سپس آن ها را در مدار قرار دهید. (شکل های الف، ب، ج، د)



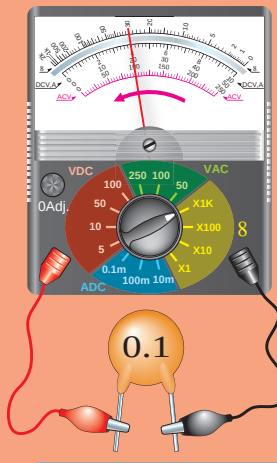
الـف ـ دو پایـه خازن را با سـیمی بـه هم وصل کنید تا اتصال کوتاه شـده و خازن دشارژ شود (روش تخلیه خازن)



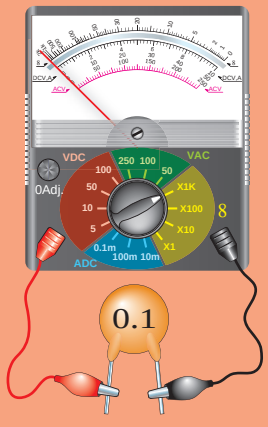
ب ـ اگر عقربه اهم متر روی عدد صفر قرار گرفت نشـان می دهـد، خازن اتصال کوتاه است.



ج ـ اگر عقربه اهم متر در ابتـدا روی صفـر قرار گرفت و سپس به آهستگی بازگشـت نشـان می دهد خازن سالم است.



د ـ اگـر عقربه اهم متر حرکتی نداشته باشند نشان می دهد که خازن قطع بوده و اشکال دارد.



نکته مهم:

گاهی ممکن اسـت خازن در تست اهمی سالم نشان دهد (عقربه اهم متر حرکت کند و بازگردد) 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
(کار عملی ۷)

ساعت آموزشی		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: بررسی مدارهای مقاومتی موازی در جریان مستقیم

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲ـ آوومتر عقربه ای	۱ دستگاه
۳ـ آوومتر دیجیتالی	۱ دستگاه
۴ـ بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ـ LC متر	۱ عدد
۶ـ مقاومت $R = ۱M\Omega\,(۱W)$	۱ عدد
۷ـ خازن‌ها	
$C_۱ = ۲/۲\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
$C_۲ = ۱۰\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۳ عدد
$C_۳ = ۴/۷\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
۸ـ باتری ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۹ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر

تذکر: در صورت کم بودن زمان اجرای آزمایش و یا تجهیزات آزمایشگاهی از انجام مراحلی که با علامت (*) مشخص شده اند خودداری کنید.

توجه برای اندازه گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولت متری و بار دیگر به صورت آمپرمتری به طور جداگانه استفاده کنید.

الف اندازه‌گیری و محاسبه ظرفیت خازن معادل

مراحل اجرای آزمایش

۱ـ هر یک از خازن های C_1 و C_2 و C_3 را با توجه به مقادیری که روی آن ها نوشته شده با LC متر اندازه گیری کنید و مقادیر را در جدول ۶ـ۸ بنویسید.

۲ـ در صورتی که بین مقدار اندازه گیری 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 ۶۵ـ۸ روی بردبرد به صورت سری اتصال دهید و با استفاده از یک دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل مدار را از دو نقطه A و B اندازه بگیرید.

(اندازه گیری) $C_{AB}=$ ☐ μf

۴ـ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه زیر محاسبه کنید

$$\frac{۱}{C_T}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}+\frac{۱}{C_۳}$$

(محاسبه) $C_{AB}=$ ☐ μf

۵ـ آیا مقدار اندازه گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

۶ـ خازن $C_۴=۱۰\mu f$ را مطابق شکل ۶۶ـ۸ به مدار شکل ۶۵ـ۸ اضافه کنید و سپس ظرفیت خازن معادل را با استفاده از LC متر اندازه بگیرید.

(اندازه گیری) $C_{AB}=$ ☐

۷ـ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه زیر محاسبه کنید

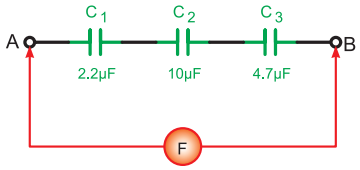
$$\frac{۱}{C_T}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}+\frac{۱}{C_۳}+\frac{۱}{C_۴}$$

۸ـ ظرفیت خازن معادل نسبت به مرحله ۳ چه تغییری دارد؟ توضیح دهید.

جدول ۶ـ۸

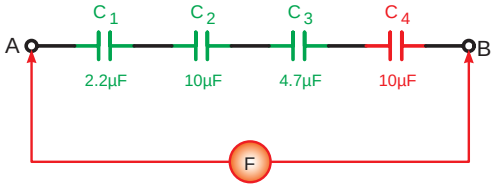
خازن	مقدار نوشته شده	مقدار اندازه گیری شده	میزان اختلاف
C_1			
C_2			
C_3			

الف–شکل واقعی



ب–شکل مداری

شکل ۶۵ـ۸



شکل ۶۶ـ۸

۹ـ آیا ظرفیت خازن معادل اندازه گیری شده و محاسبه شـده با هم مطابقت دارد؟ در صورتی که جواب منفی است علت را شرح دهید.

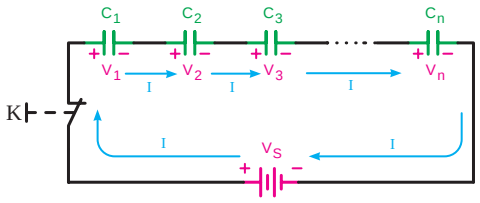
۱۰ـ سـه خازن $10\mu f$ را مطابق شـکل ۶۷ـ۸ به صورت سـری اتصال دهیـد و ظرفیت خازن معـادل را با LC متر اندازه گیری کنید.

$C_{AB}=$ ☐ μf

$C_{AB}=$ ☐ μf

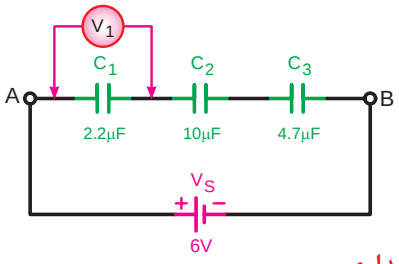
۱۱ـ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه $C_T=\frac{C}{n}$ محاسبه کنید.

۱۲ـ از مقادیر به دسـت آمده چه نتیجه‌ای می گیرید؟ آیا مقادیر اندازه گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.



شکل ۶۷ـ۸

الف-شکل واقعی



ب-شکل مداری

شکل ۶۸ـ۸

ب محاسبه و اندازه گیری ولتاژ خازن

۱ـ مدار شکل ۶۸ـ۸ را روی برد برد ببندید.

تذکـر: از ولت متـر عقربه‌ای یا دیجیتالی بـا 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.

$V_{C_1}=$ ☐

۳ـ منبـع تغذیه را خاموش کنید و سـپس ولت متر را یکبار در دو سـر خازن C_2 و بار دیگر در دو سـر خازن C_3 اتصال دهید. سپس با وصل منبع تغذیه ولتاژ دو سر هر یک را مشابه مرحله ۲ اندازه گیری کنید.

$V_{C_2}=$ ☐

$V_{C_3}=$ ☐

۴ـ از مقایسـه مقادیر به دست آمده با ولتاژ منبع تغذیه چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال

۵ـ مقـدار ولتاژ دو سـر هر یک از خازن هـا را با کمک روابط $Q_T = C_T.V_T$ $V = \frac{Q_T}{C}$ محاسبه کنید.

۶ـ آیا مقادیر محاسبه شـده با مقادیر اندازه گیری شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۷ـ سه خازن $10\mu F$ را مطابق شکل ۸ـ۶۹ بصورت سری اتصال دهید و ولتاژ دو سـر هر یک را به طور جداگانه اندازه بگیرید.

V_{C_1} = ☐

V_{C_2} = ☐

V_{C_3} = ☐

۸ـ از مقادیر اندازه گیری شده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

پ مشاهده و اندازه گیری جریان در مدارهای dc خازنی

تذکر مهم:

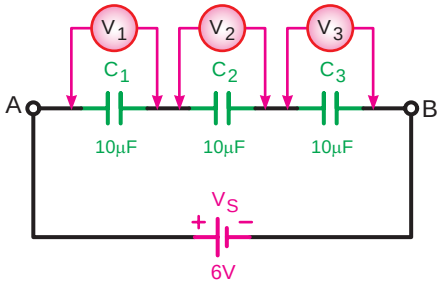
چون با وصل مسـتقیم ولتاژ بـه دو صفحه خازن صفحات آن یک مرتبه پر (شارژ) می شود و قابل مشاهده نیسـت لذا یک مقاومت اهمی که در حد مگا اهم باشـد به صورت سـری در مدار خازنی استفاده می کنیم تا بتوان جریان و ولتاژ را مشاهده و یادداشت کرد.

۱ـ در ابتـدا همه خازن ها را به کمک یک قطعه سـیم دشارژ کنید.

۲ـ مدار شکل ۸ـ۷۰ را روی بردبرد ببندید.

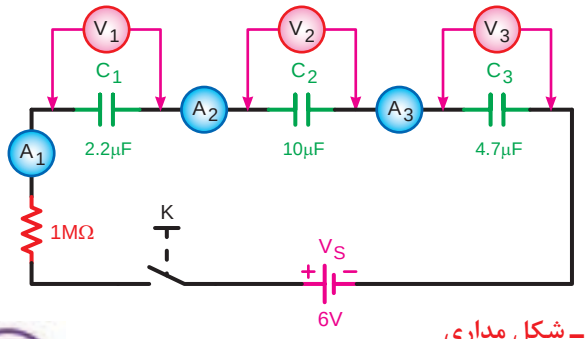
پاسخ سؤال

پاسخ سؤال



شکل ۸ـ۶۹

الف ـ شکل واقعی



ب ـ شکل مداری

شکل ۸ـ۷۰

۳ـ پس از وصل کلید منبع تغذیه صفحه نمایش آمپرمترها و ولت مترهای دیجیتالی را مشاهده کنید و ولتاژ دو سر هر خازن و جریان عبوری از مدار را پس از گذشت هر ۵ ثانیه اندازه بگیرید و یادداشت کنید. این کار را تا ثانیه ۴۲ برای هر خازن بطور جداگانه ادامه دهید.

		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								

نکته مهم:

توصیه می شود این آزمایش را در دو مرحله انجام دهید یک بار برای خواندن مقادیر جریان ها و بار دیگر برای خواندن ولتاژها

۴ـ در صورتی که موفق به انجام آزمایش به صورت کامل نشدید لازم است خازن ها را از مدار جدا و آن ها 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 نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۶ـ تغییرات جریان در آمپرمترها در ابتدا و انتهای آزمایش چگونه است؟ چرا؟ شرح دهید.

۷ـ تغییرات ولتاژ در ولت مترها در طول انجام آزمایش چگونه بوده است؟ چرا؟ شرح دهید.

۸ـ از مقایسه مقادیر ولتاژها در حالت پایدار مدار چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۹ـ آیا مقادیر اندازه گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟

۱۰ـ با توجه به مقادیر ولتاژ و جریان اندازه گیری شده آیا می توانید منحنی شارژ خازن را رسم کنید؟ شرح دهید؟

پاسخ سؤال‌های

۵-

۶-

۷-

۸-

۹-

۱۰-

۲ـ۱۱ـ۸ـ اتصال موازی خازن ها

هرگاه دو یا n خازن مطابق شکل ۸ـ۷۰ به یکدیگر وصل شوند. این اتصال را «موازی» می گویند.

اتصال موازی خازن ها مشابه مقاومت ها است.

ـ عامل مشترک مدار

همان گونه که در مدارهای مقاومتی موازی بیان شـد و در شکل ۸ـ۷۱ نیز مشاهده می شود، ولتاژ برای تمام عناصر در مدارهای موازی یکسان است پس برای مدارهای خازنی موازی نیز می توانیم بنویسیم:

$$V_S = V_1 = V_2 = V_3 = ... = V_n$$

ـ عامل غیرمشترک مدار

در مدار موازی شـکل ۸ـ۷۲ جریان یـا به عبارت دیگر بار الکتریکی Q به نسبت ظرفیت خازن ها در بین شاخه ها تقسیم می شود. بنابراین می توانیم بنویسیم:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + ... + Q_n$$

ـ ظرفیت خازن معادل مدار

خازنی را که میتواند جایگزیـن تمام خازن های موجود در مدار باشد، خازن معادل می گویند. شکل ۸ـ۷۳ و مقدار ظرفیت خازن معادل از روابط زیر قابل محاسبه است:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + ... + Q_n$$

مقدار بار هرخازن $Q = C.V$ دررابطه‌فوق قرارمی دهیم.

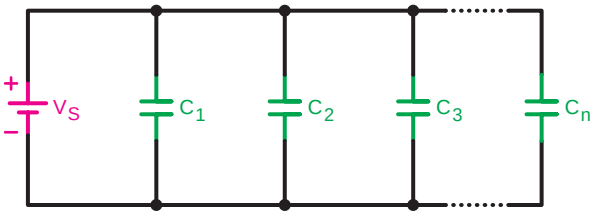
$$C_T V_T = C_1 V_1 + C_2 V_2 + C_3 V_3 + ... + C_n V_n$$

چون: $V_1 = V_2 = V_3 = ... = V_n$

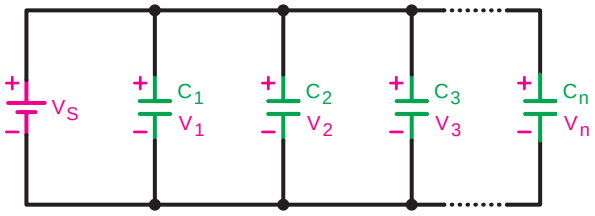
از ولتاژهـا می توانیـم فاکتور بگیریم و رابطه را سـاده کنیم.

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

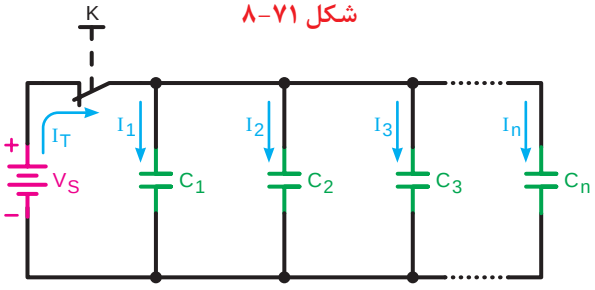
رابطـه نهایی ظرفیت خازن معـادل در مدارهای موازی عکس مقاومت های موازی است.



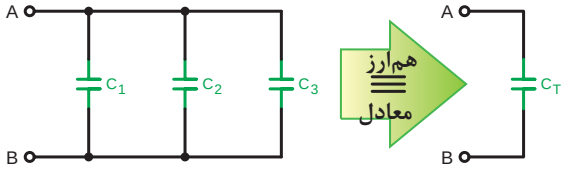
شکل ۸ـ۷۰



شکل ۸ـ۷۱



شکل ۸ـ۷۲



شکل ۸ـ۷۳

تذکر مهم:

مقدار ظرفیت خـازن معادل از ظرفیت هـر یک از خازن های موجود در مدار بیشتر است.

مثال: ظرفیت خازن معادل شـکل ۸ـ۷۴ چند پیکو فاراد است؟

حل:

$$V_s = V_۱ = V_۲ = ۵۷$$

$$C_T = C_۱ = C_۲ = ۳۳۰pf + ۲۲۰pf = ۵۵۰pf$$

ـ حالت خاص:

هرگاه (n) خازن مسـاوی به صورت موازی اتصال یابند شـکل ۸ـ۷۵ ظرفیت خـازن معادل از رابطه زیر به دسـت می آید.

c ـ ظرفیت هر خازن

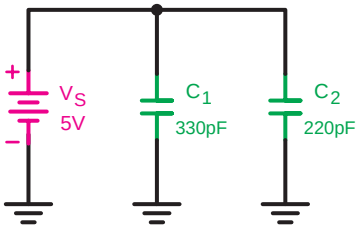
n ـ تعداد خازن ها

$$C_T = n.C$$

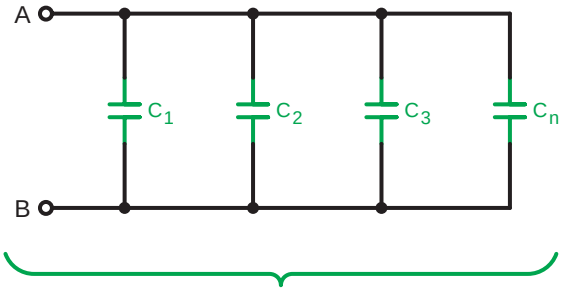
مثال: ظرفیت خازن معادل شکل ۸ـ۷۶ چند میکرو فاراد استز؟

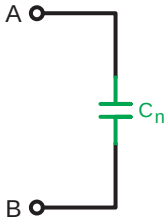
حل: چون خازن ها مساوی هستند. پس:

$$C_T = n.C = (۶)(۰/۰۱\mu f) = ۰/۰۶\mu f$$



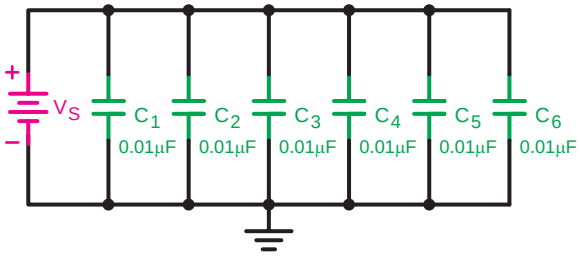
شکل ۸ـ۷۴





$(C_1 = C_2 = C_3 = ... = C_n)$

شکل ۸ـ۷۵



شکل ۸ـ۷۶

عملیات کارگاهی
(کار عملی ۸)

ساعت آموزشی		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: بررسی مدارهای مقاومتی 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 بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ـ LC متر	۱ عدد
۶ـ مقاومت $R = 1M\Omega(1W)$	۱ عدد
۷ـ خازن‌ها	
$C_1 = 2/2\mu f$ 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
۸ـ باتری ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۹ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر

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 می توانید از یک آووتر دیجیتالی یکبار به صورت ولت متری و بار دیگر به صورت آمپرمتری به طور جداگانه استفاده کنید.

الف اندازه گیری و محاسبه ظرفیت خازن معادل

مراحل اجرای آزمایش

۱ـ هر یک از خازن های C_1 تا C_4را با توجه به مقادیری که روی آن ها نوشته شده با LC متر اندازه گیری نموده و مقادیر را در جدول ۸ـ۸ یادداشت کنید.

جدول ۸-۸

خازن	مقدار نوشته شده	مقدار اندازه گیری شده	میزان اختلاف

۲ـ در صورتی که بین مقدار اندازه گیری 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 ۷۷ـ۸ روی بردبرد به صورت موازی اتصال دهید و با استفاده از یک دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل مدار را از دو نقطه A و B اندازه بگیرید.

(اندازه گیری) $C_{AB}=$ ☐ μf

۴ـ مقدار ظرفیت معال را از رابطه $C_T = C_1 + C_2 + C_3$ محاسبه کنید.

(محاسبه) $C_{AB}=$ ☐ μf

۵ـ آیا مقدار اندازه گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

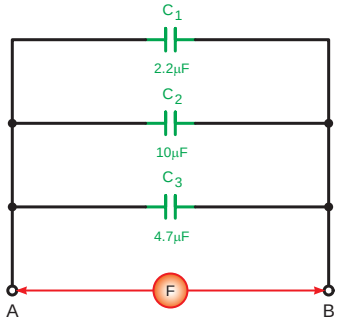
۶ـ خازن $C_4 = 10\mu f$ را مطابق شکل ۷۸ـ۸ به مدار اضافه کنید و سپس ظرفیت خازن معادل را با استفاده از متراندازه بگیرید.

(اندازه گیری) $C_{AB}=$ ☐ μf

۷ـ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه $C_T = C_1 + C_2 + C_3$ محاسبه کنید.

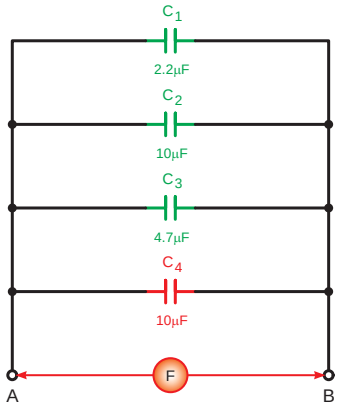
(محاسبه) $C_{AB}=$ ☐ μf

الف-شکل واقعی



ب- شکل مداری

شکل ۷۷-۸



شکل ۷۸-۸

۸ـ ظرفیت خازن معادل نسبت به مرحله ۳ چه تغییری دارد؟ شرح دهید.

۹ـ آیا ظرفیت خازن معادل اندازه گیری شده و محاسبه شـده با هم مطابقت دارد؟ درصورتی که جواب منفی است علت را شرح دهید.

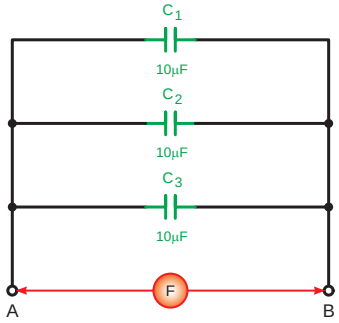
۱۰ـ سـه خازن ❋۱۰ را مطابق شـکل ۸ـ۷۹ به صورت موازی اتصـال دهید و ظرفیت خازن معـادل را با LC متر اندازه گیری کنید.

$C_{AB}=$ ☐ μf (اندازه گیری)

۱۱ـ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه $C_T=\frac{C}{n}$ محاسبه کنید.

$C_{AB}=$ ☐ μf (محاسبه)

۱۲ـ از مقادیر به دسـت آمده چه نتیجه‌ای می گیرید؟ آیا مقادیر اندازه گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.

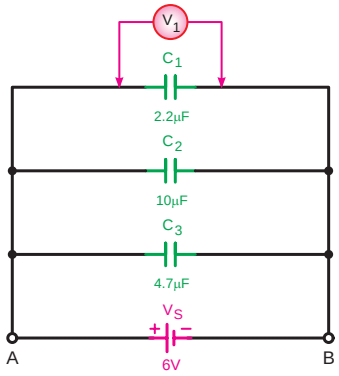


شکل ۸ـ۷۹

پاسخ سؤال

۱۲ـ

الف- شکل واقعی



ب- شکل مداری

شکل ۸ـ۸۰

ب محاسبه و اندازه گیری ولتاژ خازن

۱ـ مدار شکل ۸ـ۸۰ را روی بردبرد ببندید.

تذکـر: از ولت متـر عقربه‌ای یا دیجیتالی بـا حوزه کار حداقل ۵ ولت استفاده کنید. (شکل ۸ـ۸۰)

۲ـ کلید منبع تغذیه را وصل کرده و پس از سپری شدن مدت زمان ده ثانیه ولتاژ دو سـر خـازن C_1 را اندازه گیری کنید.

$V_{C_1}=$ ☐ V (محاسبه)

۳ـ منبـع تغذیـه را خاموش کنید و سـپس ولت متر را یکبار در دو سـر خازن $C_۲$ و بار دیگر در دو سـر خازن $C_۳$ اتصال دهید سپس با وصل کلید منبع تغذیه ولتاژ دو سر هر یک را مشابه مرحله ۲ اندازه گیری کنید.

$V_{C_۱}$ = ☐ V

$V_{C_۲}$ = ☐ V

۴ـ از مقایسه مقادیر بدست آمده با ولتاژ منبع تغذیه چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۵ـ با توجه به مقادیر معلوم آیا ولتاژ دو سـر هر خازن را می توانید محاسبه کنید؟ شرح دهید.

۶ـ در صورت محاسبه ولتاژ خازن ها آیا مقادیر محاسبه شده با مقادیر اندازه گیری شده مطابق دارد؟ شرح دهید.

۷ـ سـه خازن ۱۰μf را مطابق شـکل ۸ـ۸۱ به صورت موازی اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک را به طور جداگانه اندازه بگیرید.

$V_{C_۱}$ = ☐ V

$V_{C_۲}$ = ☐ V

$V_{C_۳}$ = ☐ V

۸ـ از مقادیر اندازه گیری شده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

پ مشـاهده و اندازه گیـری جریان در مدارهای dc خازنی

۱ـ در ابتـدا همه خازنهـا را به کمک یک قطعه سـیم دشارژ کنید.

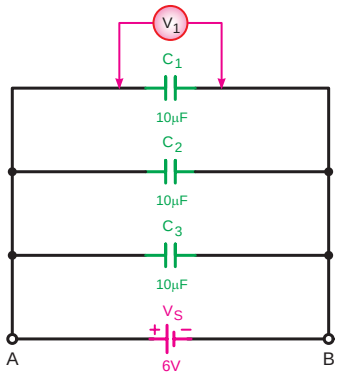
۲ـ مدار شکل ۸ـ۸۲ را روی بردبرد ببندید و کلید $K_۴$ را در حالت وصل قرار دهید.

پاسخ سؤال‌های

۴ـ

۵ـ

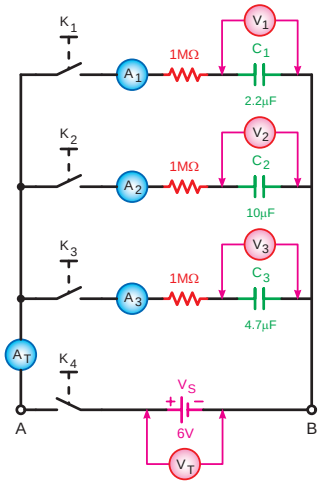
۶ـ



شکل ۸ـ۸۱

پاسخ سؤال

۸ـ



شکل ۸ـ۸۲

۳ـ با وصل کلید K_1 جریان عبوری و ولتاژ دو سر خازن $C_1 = 2/2\mu f$ 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 ۹ـ۸ یادداشت کنید.

جدول ۹-۸

		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								

۵ـ مراحل فوق را به طور جداگانه و با وصل کلیدهای K_2 و K_3 از ابتدا تکرار کنید و مقادیر اندازه گیری شده را در جدول ۹ـ۸ ثبت کنید.

۶ـ منبع تغذیه و همه کلیدها را قطع نموده و خازن ها را از مدار جدا کرده و دشارژ کنید و سپس آن ها را در جای خود قرار دهید.

۷ـ مطابق شکل ۸ـ۸۲ 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 * و در 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 ۹ـ۸ یادداشت کنید.

۱۰ـ از مقایسه مقادیر اندازه گیری شده چه نتیجه ای 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 مطابق دارد؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال‌های

۱۰-

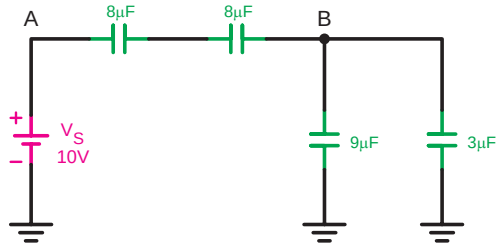
۱۱-

۱۲-

۱۳-

۳ـ۱۱ـ۸ـ اتصال ترکیبی خازن ها:

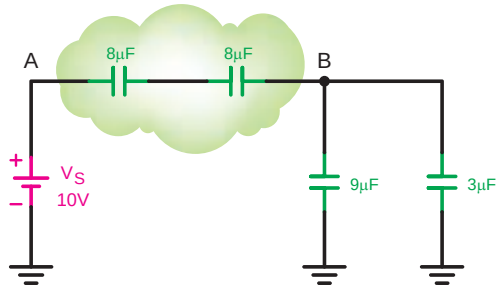
بـه مدارهایـی که نحـوه اتصـال خازن هـا ترکیبی از اتصالات سـری و موازی است مدار «ترکیبی» یا «مختلط» گفته می شـود. برای حل این مدارها با توجه به نوع مدارها باید برای هر قسـمت به طور جداگانه روابط سری یا موازی را بکار برد.



شکل ۸-۸۳

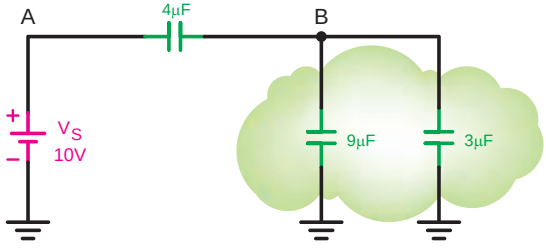
مثال: ظرفیت خازن معادل مدار شـکل ۸ـ۸۳ را حساب کنید.

حال: خازن های موجود بین گروه های A و B به صورت سری و خازن های بین گره های B و C به شکل موازی قرار دارند که در نهایت مجموعه خازن های بین گره های A و B با خازن های بین گره های B و C به صورت سری با یکدیگر قرار می گیرند.



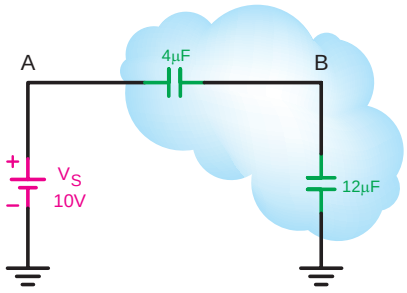
شکل ۸-۸۴

$$C_{T_{AB}} = \frac{C}{n} = \frac{۸}{۲} = ۴\mu f$$



شکل ۸-۸۵

$$C_{T_{BG}} = ۹ + ۳ = ۱۲\mu f$$



شکل ۸-۸۶

$$C_T = \frac{C_{T_{AB}} \times C_{T_{BG}}}{C_{T_{AB}} + C_{T_{BG}}}$$

$$C_T = \frac{۴ \times ۱۲}{۴ + ۱۲} = \frac{۴۸}{۱۶} = ۳\mu f$$

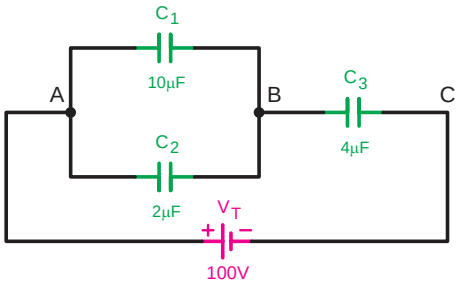
مثال:

در مدار شکل ۸ـ۸۷ 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:

$$C_{T_{AB}} = ۱۰ + ۲ = ۱۲\mu f$$

$$C_T = \frac{C_{T_{AB}} \times C_۳}{C_{T_{AB}} + C_۳} = \frac{۱۲ \times ۴}{۱۲ + ۴} = \frac{۴۸}{۱۶} = ۳\mu f$$

$$Q_T = V_T . C_T = ۱۰۰ \times ۳ = ۳۰۰\mu C$$

$$Q_T = Q_۳ = ۳۰۰\mu C$$

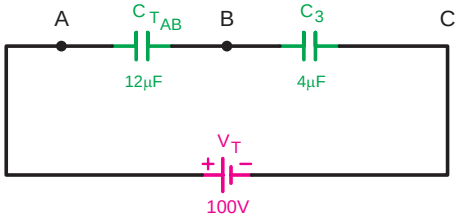
$$V_{BC} = V_۳ = \frac{Q_۳}{C_۳} = \frac{۳۰۰}{۴} = ۷۵v$$

$$V_T = V_{AB} + V_{BC} \Rightarrow V_{AB} = V_T - V_{BC}$$

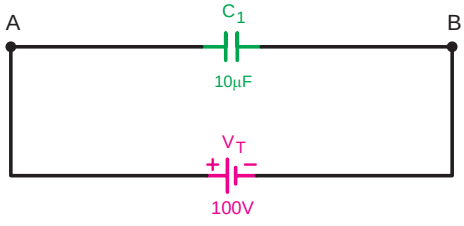
$$V_{AB} = V_۱ = V_۲ = ۱۰۰ - ۷۵ = ۲۵v$$

$$Q_۱ = V_۱ C_۱ = ۲۵ \times ۱۰ = ۲۵۰\mu C$$

$$Q_۲ = V_۲ C_۲ = ۲۵ \times ۲ = ۵۰\mu C$$



شکل ۸-۸۹



شکل ۸-۹۰

عملیات کارگاهی
(کار عملی ۹)

ساعت آموزشی		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: بررسی مدارهای مقاومتی موازی در جریان مستقیم

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲ـ آوومتر عقربه ای	۱ دستگاه
۳ـ آوومتر دیجیتالی	۱ دستگاه
۴ـ بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ـ LC متر	۱ عدد
۶ـ مقاومت $R = ۱M\Omega(۱W)$	۱ عدد
۷ـ خازن‌ها	
$C_۱ = ۲/۲\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
$C_۲ = ۱۰\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۳ عدد
$C_۳ = ۴/۷\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
۸ـ باتری ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۹ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر

تذکر: در صورت کم بودن زمان اجرای آزمایش و یا تجهیزات آزمایشگاهی از انجام مراحلی که با علامت (✱) مشخص شده اند خودداری کنید.

توجه برای اندازه گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می توانید از یک آووتر دیجیتالی یکبار به صورت ولت متری و بار دیگر به صورت آمپرمتری به طور جداگانه استفاده کنید.

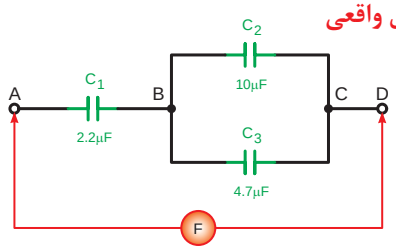
الف محاسبه و اندازه گیری ظرفیت خازن معادل

مراحل اجرای آزمایش:

۱ـ مدار شـکل ۹۱ـ۸ را روی بردبرد اتصال دهید و با اسـتفاده از LC متر ظرفیت خازن معادل بین دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید.

$C_{AD}=$ ☐ μf

الف ـ شکل واقعی

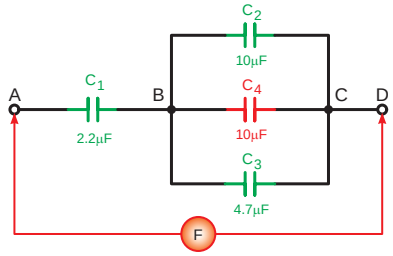


ب ـ شکل مداری

شکل ۹۱ـ۸

۲ـ خـازن $C_4=10\mu f$ را بین دو نقطـه C و B قرار دهیـد و ظرفیـت خازن معـادل بین دو نقطـه A و D را اندازه گیری کنید. (شکل ۹۲ـ۸)

$C_{AD}=$ ☐ μf

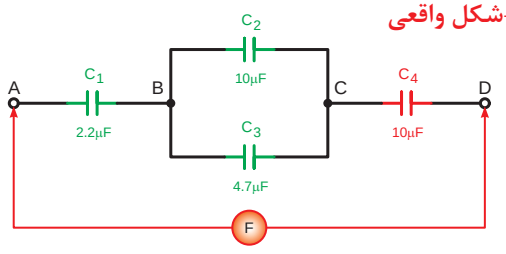


شکل ۹۲ـ۸

۳ـ خـازن $C_4=10\mu f$ را طبق شـکل ۹۳ـ۸ بین دو نقطـه C و D قرار دهیـد و ظرفیت خازن معادل دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید.

$C_{AD}=$ ☐ μf

الف–شکل واقعی



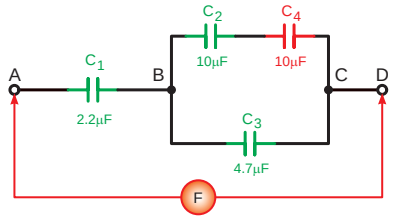
ب– شکل مداری

شکل ۹۳ـ۸

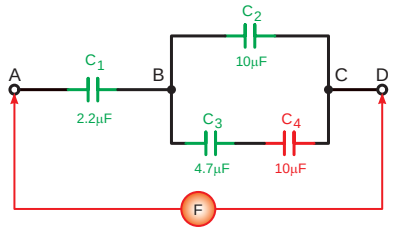
❋۴ـ خازن C_4 را یکبار سری با خازن C_2 و بار دیگر سری با خازن C_3 قرار دهید و ظرفیت خازن معادل را به تفکیک اندازه بگیرید. (شکل ۸ـ۹۴ و ۸ـ۹۵)

$C_{AD}=$ ☐ μf

$C_{AD}=$ ☐ μf

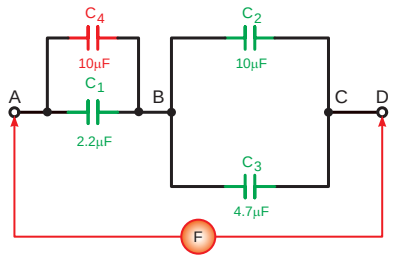


شکل ۸ـ۹۴



شکل ۸ـ۹۵

۵ـ خازن C_4 را مطابق شکل ۸ـ۹۶ موازی با خازن C_1 قرار دهید و ظرفیت شکل ۸ـ۹۵ خازن معادل را از دو نقطه A و D اندازه بگیرید.



شکل ۸ـ۹۶

$C_{AD}=$ ☐ μf

۶ـ از مقادیر به دست آمده آزمایش های فوق چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۷ـ ظرفیت خازن معادل از دو نقطه A و D شکل های مراحل ۴ تا۵ را محاسبه کنید.

۸ـ آیا نتایج آزمایش ها با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟

۹ـ ایا رابطه کلی برای تعیین ظرفیت معادل مدارهای سری ـ موازی خازنی می توان ارائه کرد؟ چرا؟

پاسخ سؤال‌های

۶ـ

۷ـ

۸ـ

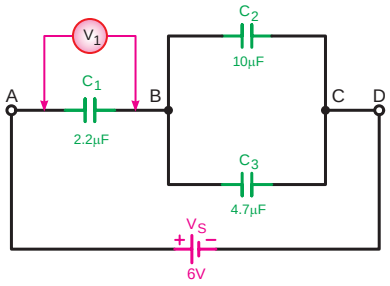
۹ـ

ب محاسبه و اندازه گیری ولتاژ

۱ـ مدار شکل ۹۷ـ۸ را روی بردبرد اتصال دهید.

۲ـ بـه کمک یک ولت متر دیجیتالـی که روی حداقل حوزه کار ۵ ولت قرار دارد ولتاژ دو سـر خازن C_1 را مطابق شکل ۹۵ـ۸ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{C_1} =$ ☐ V



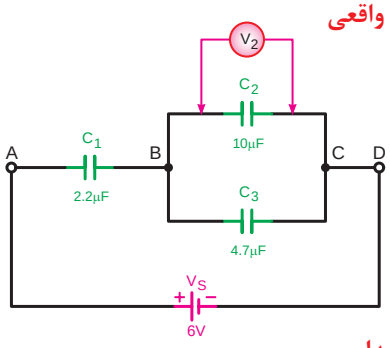
شکل ۹۷ـ۸

۳ـ محل قرار گرفتن ولت متر را مطابق شـکل ۹۸ـ۸ به دو نقطه B و C انتقال دهید و ولتاژ دو سـر خازن های C_2 و C_3 را اندازه گیری کنید.

الف- شکل واقعی

$V_{C_2} =$ ☐ V

$V_{C_3} =$ ☐ V



ب- شکل مداری

شکل ۹۸ـ۸

۴ـ مقـدار ولتاژ دو سـر هر یـک از خازن ها را با کمک روابط محاسبه کنید.

۵ـ با اسـتفاده از رابطـه $Q = C.V$ مقدار بار الکتریکی ذخیره شـده در هر یک از خازن های C_1 و C_2 و C_3 را حساب کنید.

۶ـ از آزمایش های انجام شده چه نتیجه ای می گیرید؟

۷ـ آیـا مقادیر به دسـت آمده در آزمایش هـا با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ تحقیق کنید.

پاسخ سؤال‌های

۴-

۶-

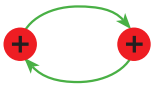
۷-

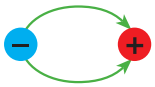
آزمون پایانی (۸)

۱ـ مفهوم میدان الکتریکی برای بررسی فضای اطراف یک جسم ..... مفید است.

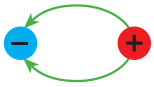
الف ـ باردار　　ب ـ مغناطیسی　　ج ـ نارسانا　　د ـ رسانا

۲ـ کدامیک از تصاویر زیر صحیح است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ

د ـ 

۳ـ 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.

٤ـ از خازن برای ..... استفاده می شود.

الف ـ ایجاد میدان مغناطیسی　　ب ـ دفع بارهای الکتریکی

ج ـ ذخیره بار الکتریکی　　د ـ جذب بارهای الکتریکی

۵ـ ذخیره بار الکتریکی در خازن به این معنی است که بار:

الف ـ در آن حرکت می کند.　　ب ـ پس از قطع برق از بین می رود.

ج ـ در صفحات آن تخلیه می شود.　　د ـ پس از قطع برق باقی می ماند

٦ـ ظرفیت یک خازن عبارت است از:

الف ـ توانایی مقدار باری که خازن می تواند ذخیره کند.　　ب ـ میزان سطح مشترک صفحات خازن

ج ـ توانایی عمل مقدار ولتاژی که به خازن وصل می شو　　د ـ میزان جریانی که از خازن عبول می کند.

۷ـ کدام یک از روابط زیر صحیح می باشد؟

الف ـ $V=\frac{C}{Q}$　　ب ـ $Q=\frac{V}{C}$　　ج ـ $V=\frac{Q}{C}$　　د ـ $Q=\frac{C}{V}$

۸ـ خازن ۱۰۰pf معادل چند میکروفارو است؟

الف ـ 10^{8}　　ب ـ 10^{-5}　　ج ـ 10^{10}　　د ـ 10^{-4}

۹ـ دشارژ کردن خازن یعنی:

الف ـ قطع و وصل کلید موجود در مدار خازن　　ب ـ اتصال کوتاه کردن دو پایه خازن

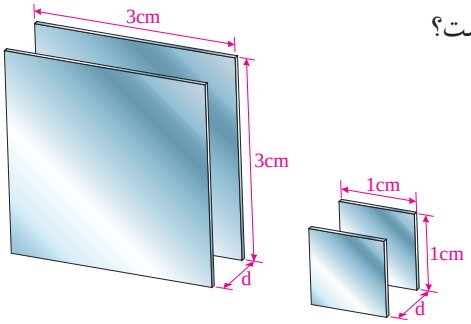
ج ـ اعمال ولتاژ به دو سر خازن　　د ـ تخلیه میدان مغناطیسی صفحات خازن

۱۰ـ 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

۱۱ـ در شکل ۸ـ۹۷ ظرفیت خازن (الف) چند برابر خازن (ب۹ است؟

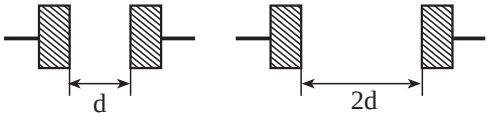
الف ـ $\frac{۱}{۳}$
ب ـ ۳
ج ـ ۹
د ـ $\frac{۱}{۲}$



شکل ۸ـ۹۹

۱۲ـ نسبت ظرفیت خازن (ب) نسبت به ظرفیت خازن (الف) شکل ۸ـ۹۹ در صورتی که سطح صفحات برابر و جنس دی الکتریک یکسان باشد چقدر است؟

الف ـ ۱۶
ب ـ $\frac{۱}{۲}$
ج ـ ۴
د ـ ۲



شکل ۸ـ۱۰۰

۱۳ـ هرچه ضریب دی الکتریک ماده عایق به کار رفته در خازن زیادتر باشد ظرفیت خازن .....

الف ـ کمتر می شود.
ب ـ زیادتر می شود.
ج ـ تغییر نمی کند.
د ـ با توان دو تغییر می کند.

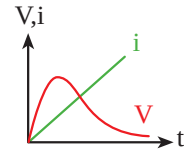
۱۴ـ سرعت حرکت الکترون ها برای مدار خازنی در لحظه اول وصل کلید ..... می باشد.

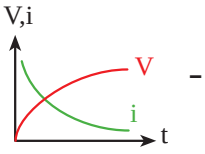
الف ـ سریع
ب ـ آهسته
ج ـ متوسط
د ـ اول آهسته و سپس سریع

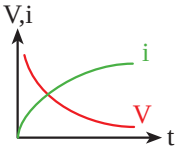
۱۵ـ علت استفاده از مقاومت سری در مسیر خازن ها به خاطر:

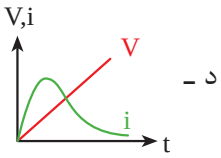
الف ـ افزایش زمان تناوب
ب ـ کاهش زمان لازم برای بروز خاصیت عایقی
ج ـ کاهش زمان تناوب
د ـ افزایش زمان شارژ و دشارژ خازن

۱۶ـ منحنی تغییرات ولتاژ و جریان مدار خازنی در حالت شارژ خازن کدام مورد است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

۱۷ـ مقاومت نشتی 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 کم متر باشد
ج ـ ظرفیت واقعی خازن با ظرفیت نامی آن برابر باشد.
د ـ تحمل ولتاژ کار خازن افزایش یابد.

۱۸ـ از تانتالیوم در کدامیک از خازن های زیر استفاده می شود؟

الف ـ کاغذی　　ب ـ سرامیکی　　ج ـ میکا　　د الکترولیتی

۱۹ـ از محلول مومی شکل فنولیک در کدامیک از خازن های زیر استفاده می شود؟

الف ـ کاغذی　　ب ـ سرامیکی　　ج ـ میکا　　د الکترولیتی

الف ـ الکترولیتی　　ب ـ میکا　　ج ـ سرامیکی　　د ـ کاغذی

۲۰ـ جنس صفحات کدامیک از خازن های زیر از جنس آلومینیومی نمی باشد؟

الف ـ کاغذی　　ب ـ میکا　　ج ـ سرامیکی　　د الکترولیتی

۲۱ـ خازن های شکل ۸ـ۱۰۰ از چه نوعی است؟

الف ـ کاغذی　　ب ـ میکا

ج ـ الکترولیتی　　د ـ متغیر

۲۲ـ خازن ..... یک خازن متغیری است که با پیچ گوشتی ظرفیتش تغییر می کند.

الف ـ واریابل　　ب ـ کاغذی　　ج ـ میکا　　د تریمر

۲۳ـ حداکثر میزان تغییر ظرفیت خازن به ازای تغییر یک درجه سانتیگرد را ..... گویند.

الف ـ تلرانس　　ب ـ ظرفیت　　ج ـ ضریب حرارتی　　د واریابل

۲۴ـ کدامیک از موارد زیر در انتخاب یک خازن مؤثر نیست؟

الف ـ شکل ظاهری　　ب ـ ظرفیت　　ج ـ ولتاژ کار　　د ضریب حرارتی

۲۵ـ ظرفیت خازن معادل سه خازن مساوی موازی ..... ظرفیت هر یک از خازن های مدار است.

الف ـ $\frac{۱}{۳}$　　ب ـ ۳ برابر　　ج ـ $\sqrt{۳}$ برابر　　د $\frac{۱}{\sqrt{۳}}$

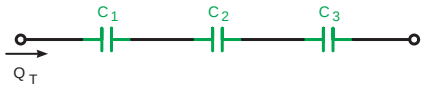
۲۶ـ مشخصات خازن شکل ۸ـ۱۰۱ کدام است؟

شکل ۸ـ۱۰۱

الف ـ $۳/۹kpf \pm ٪۱۰$　　ب ـ $۳/۹kpf \pm ٪۵$

ج ـ $۳۹۰۰kpf \pm ٪۱۰$　　د ـ $۳۹۰۰kpf \pm ٪۵$

۲۷ـ کدام یک از روابط زیر بار الکتریکی خازن های $C_۱$ و $C_۲$ و $C_۳$ را نشان می دهد؟

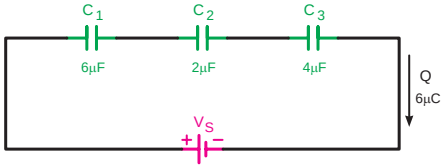


شکل ۸ـ۱۰۲

الف ـ $Q_۱ > Q_۲ > Q_۳$　　ب ـ $Q_۱ < Q_۲ < Q_۳$

ج ـ $Q_۱ = Q_۲ = Q_۳$　　د ـ $Q_۱ > Q_۲, Q_۲ < Q_۳$

۲۸ـ ولتاژ دو سر خازن $C_۳$ در مدار شکل ۸ـ۱۰۳ چند ولت است؟



شکل ۸ـ۱۰۳

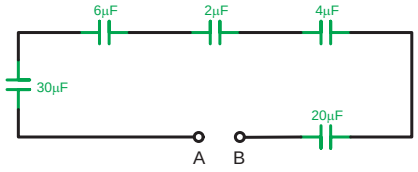
الف ـ ۲۴　　ب ـ ۰/۷

ج ـ ۱/۵　　د ـ ۱/۲

۲۹ـ ظرفیت خازن معادل C_T شکل ۸ـ۱۰۴ چند میکروفاراد است؟

الف ـ $\frac{۱}{۹۰}$ ب ـ ۳

ج ـ ۹۰ د ـ $\frac{۱}{۳}$

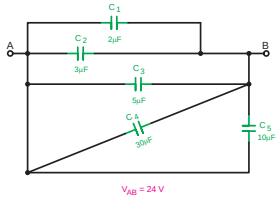


شکل ۸ـ۱۰۴

۳۰ـ مقدار بار الکتریکی خازن $C_۲$ در شکل ۸ـ۱۰۵ چند میکروکولن است؟

الف ـ ۷۲ ب ـ ۰/۵

ج ـ ۱۸ د ـ ۲

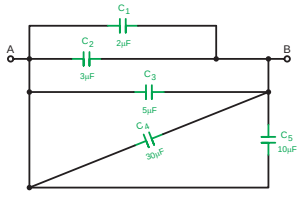


شکل ۸ـ۱۰۵

۳۱ـ ظرفیت خازن معادل دو نقطه A و B شکل ۸ـ۱۰۶ چند میکروفاراد است؟

الف ـ ۱۵۰ ب ـ ۵۰

ج ـ ۸۰ د ـ ۲۰

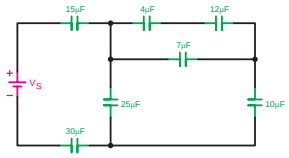


شکل ۸ـ۱۰۶

۳۲ـ ظرفیت خازن معادل شکل ۸ـ۱۰۷ چند میکروفاراد است؟

الف ـ ۷/۵ ب ـ ۱۵

ج ـ ۳۰ د ـ ۴/۵

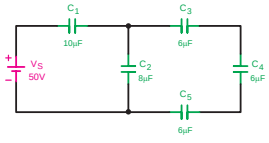


شکل ۸ـ۱۰۷

۳۳ـ ولتاژ دو سر خازن $C_۲$ شکل ۸ـ۱۰۸ چند ولت است؟

الف ـ ۱۴/۵ ب ـ ۲۵

ج ـ ۱۲ د ـ ۱۷



شکل ۸ـ۱۰۸

۳۴ـ از خازن در مدارهای الکتریکی برای ذخیره انرژی الکتریکی استفاده می شود. ❐ صحیح ❐ غلط

۳۵ـ ظرفیت یک خازن با فاصله بین صفحات آن رابطه مستقیم دارد. ❐ صحیح ❐ غلط

۳۶ـ با افزایش سطح صفحات خازن مقاومت نشتی آن نیز افزایش می یابد. ❐ صحیح ❐ غلط

۳۷ـ حداکثر ولتاژی که می توان به طور دائم به خازن اعمال کرد را ولتاژ ذخیره شده گویند . ❐ صحیح ❐ غلط

۳۸ـ ظرفیت خازن معادل در مدار سری از ظرفیت خازن های موجود در مدار ..... است.

۳۹ـ مقدار ظرفیت واقعی خازن معمولاً ..... از ظرفیت اسمی آن است.

۴۰ـ مقدار بار الکتریکی ذخیره شده در خازن از رابطه ..... به دست می آید.

توجه

مطالب مربوط به سئوالاتی را که نتوانسته اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

واحد کار مبانی 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

هدف های رفتاری: در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

۱ـ جریان مستقیم و متناوب را تعریف کند.

۲ـ شکل موج را تعریف کند و انواع شکل موج های ac و dc را رسم کند.

۳ـ اجزای یک مولد ساده ac و عوامل 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 به وجود 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 به دست آورد.

۱۰ـ بردار را تعریف کرده و نحوه نمایش کمیت های برداری در مدارهای مختلف را توضیح دهد.

۱۱ـ مدارهای RLC,LC,RC,LR سری و موازی را از نظر امپدانس، ضرایب قدرت، ضرب کیفیت، زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان، دیاگرام های برداری را تجزیه کند.

۱۲ـ حالت رزنانس را در مدارهای LC و RLC بررسی کند.

۱۳ـ انواع توان در جریان متناوب را با ذکر روابط توضیح دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۲۰	۱۲	۳۲

۱ـ ظرفیت خازن به کدام یک 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:

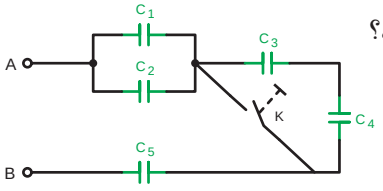
الف ـ متوقف ساختن عبور جریان برق AC　　ب ـ کمک به عبور جریان برق DC

ج ـ ذخیره سازی انرژی الکتریکی　　د ـ ذخیره ساختن گرما

۳ـ راکتانس خازنی یک خازن $7900\ \Omega$ است اگر ظرفیت خازن $0/1\mu f$ باشد فرکانس مدار چقدر است؟

الف ـ ۵۰HZ　　ب ـ ۶۰HZ۳　　ج ـ ۱۰۰HZ　　د ـ ۲۰۰HZ

۴ـ در شکل ۱ـ۹ با بسته شدن کلید K ظرفیت خازن معادل چه تغییری می کند؟



$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5$

شکل ۱ـ۹

الف ـ افزایش می یابد.　　ب ـ کاهش می یابد.

ج ـ نصف می شود.　　د ـ دو برابر می شود.

۵ـ جریانی که در سیم های برق شهری جاری است از چه نوع جریانی است؟

الف ـ DC　　ب ـ AC　　ج ـ DC ضرباندار　　د ـ AC ضرباندار

۶ـ وضعیت جریان عبوری از مدار یک خازن در شرایط شارژ کامل چگونه است؟

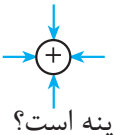
الف ـ حداکثر　　ب ـ صفر　　ج ـ دو برابر　　د ـ حداقل

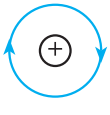
۷ـ ولتاژ AC بر چه اساسی به وجود می آید؟

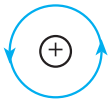
الف ـ القا　　ب ـ مالش　　ج ـ شیمیایی　　د ـ حرارت

۸ـ جهت خطوط نیروی الکتریکی ذره باردار مثبت (Q+) کدام یک از موارد زیر است؟

الف ـ

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

۹ـ ظرفیت خازن شکل ۲ـ۹ کدام گزینه است؟

۹ـ۲

الف ـ $122\mu f$　　ب ـ $22\mu f$　　ج ـ $1/22Pf$　　د ـ $1200Pf$

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 ۱۰۰μf معادل چند پیکوفاراد است؟

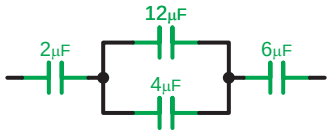
الف ـ 10^{-3} ب ـ 10^{5} ج ـ 10^{8} د ـ 10^{-8}

۱۲ـ اگر ده خازن ۱۰ میکروفارادی را به صورت سری ببندیم ظرفیت معادل چند میکروفاراد است؟

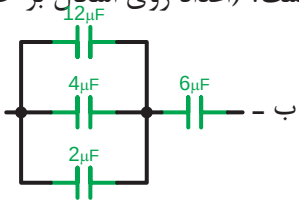
الف ـ ۱ ب ـ ۱۰۰ ج ـ ۱۰ د ـ ۰/۱

۱۳ـ ظرفیت معادل کدامیک از اشکال زیر ۱/۳۷ میکروفاراد است؟ (اعداد روی اشکال بر حسب میکروفاراد)

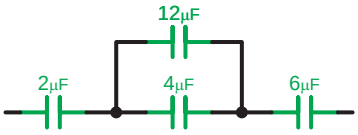
الف ـ



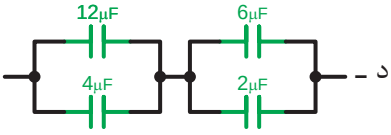
ب ـ



ج ـ



د ـ



۱۴ـ مدار معادل سیم پیچ های یک موتور الکتریکی معادل کدام گزینه است؟

الف ـ

ب ـ

ج ـ

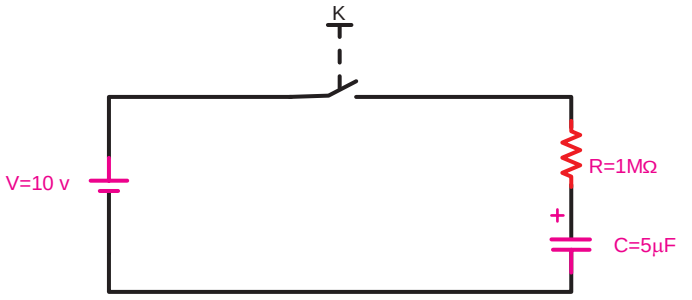
د ـ

۱۵ ـ توانی که مربوط به مصرف کننده های اهمی می باشد چه نام دارد؟

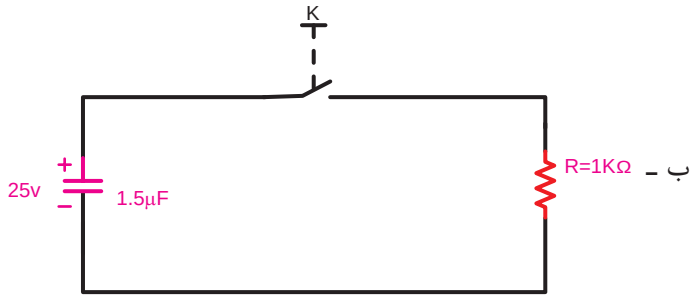
الف ـ ظاهری ب ـ اکتیو ج ـ راکتیو د ـ غیرحقیقی

۱۶ـ ثابت زمانی و مدت زمان شارژ و دشارژ کامل هر یک از مدارهای مقابل چند ثانیه است؟

الف ـ

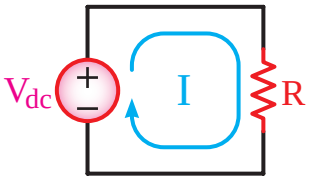


ب ـ



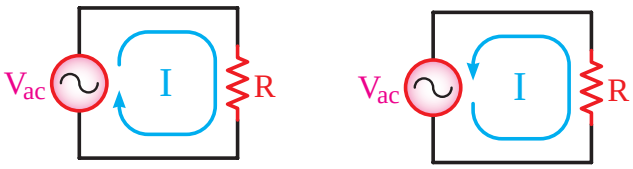
۱ـ۹ـ جریان متناوب چیست؟

در هر مدار الکتریکی که ولتاژ وجود داشته باشد جریان الکتریکی نیز جاری خواهد شـد. اگـر قطب های ولتاژ مدار هرگـز تغییر نکند جهت جریان ثابـت می ماند، در غیر این صورت به آن «جریان مسـتقیم یا dc»[1] می گویند. (شـکل ۹ـ۳)



شکل ۹-۳

جریان الکتریکی دیگری نیز وجود دارد که همیشـه در یک جهت نیسـت یعنی ابتدا دریـک جهت جریان می یابد. سپس جهت خود را عوض می کند و در خلاف جهت حالت قبل جاری می شـود. به این نوع جریـان اصطلاحاً «جریان متناوب یا AC»[2] می گویند. (شکل ۹ـ۴)

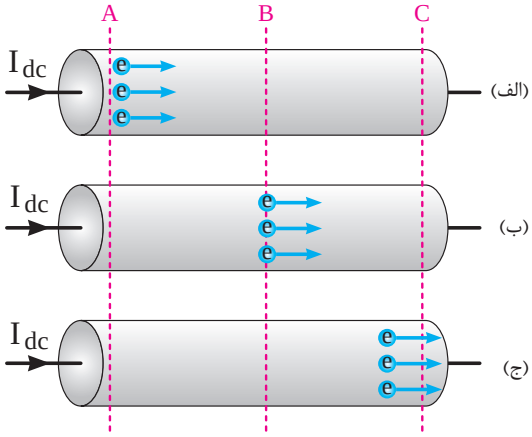


(الف) (ب)

شکل ۹-۴

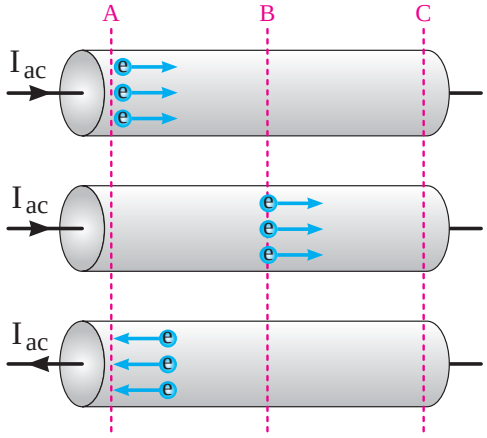
۲ـ۹ـ مقایسـه جریان مسـتقیم و جریان متناوب در یک سیم

اگر جریان dc از قطعه سیمی عبور کند، جریان از قطب مثبت شـروع شده و به قطب منفی ختم می شود و در این حالـت یک تعداد الکترون به قطب منفی منتقل می شـوند. (شکل ۹ـ۵)



شکل ۹-۵

حال چنانچه جریان ac از قطعه سـیم عبور کند در یک مدت زمان معین ابتدا جریان در یک مسـیر حرکت می کند سـپس جهت جریان عوض شده و الکترون ها در مسیر طی شـده اول باز می گردند. شکل ۹ـ۶ نحوه حرکت الکترون ها را در جریان AC نشان می دهد.



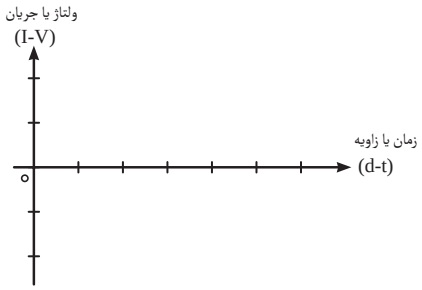
شکل ۹-۶

1 - Direct Current - DC

2 - Alternativ Current-AC

۳ـ۹ـ شکل موج ها در جریان متناوب

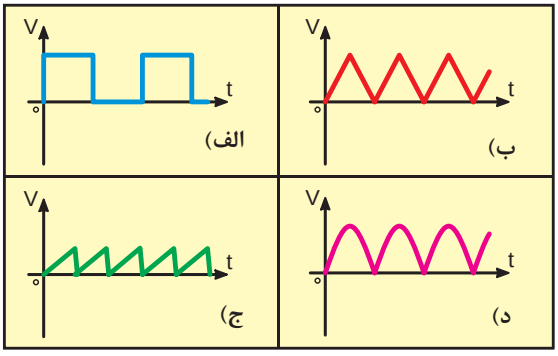
تغییـرات ولتاژ یا جریـان در مدارهـای الکتریکی را به صورت «شکل موج»[1] نشان می دهند. برای رسم شکل موج محورهای مختصاتی مطابق شـکل ۷ـ۹ نیـاز داریم. محور عمـودی بیانگر انـدازه ولتاژ یا جریان و محـور افقی معرف زمان یا زاویه اسـت. بالای محور افقی را قسمت مثبت موج و پایین محور افقی را قسمت منفی موج می گویند.



شکل ۷-۹

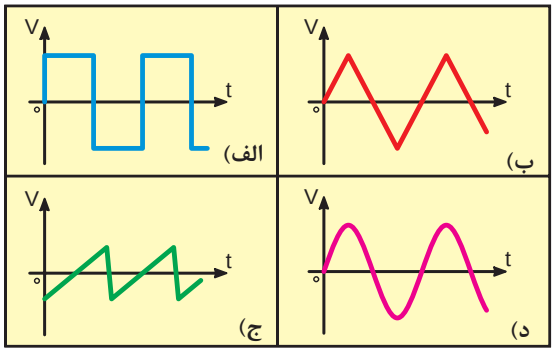
شکل ۸-۹

برای مشاهده و اندازه گیری شکل موج های ولتاژ و جریان از وسیله‌های به نام «اسیلوسکوپ»[2] استفاده می کنند. (شکل ۸ـ۹) دو نمونه اسیلوسـکوپ را نشان می دهد. اسیلوسکوپ به معنای نوسان نما یا نشان دهنده شکل موج است.



شکل ۹ـ۹ـ انواع شکل موج های dc

از انواع شکل موج ها می توان شکل موج مربعی، مثلثی، دندانه اره‌ای و سینوسی را نام برد. در جریان متناوب معمولاً شـکل موج سینوسـی از سـایر انواع موج ها متداولتر است. یادآوری می شود که همه شکل موج ها قابل تبدیل به شکل موج سینوسی هستند.



شکل ۱۰ـ۹ـ انواع شکل موج های ac

بطور کلی جریان‌های ac و dc دارای شکل موج هستند. آن دسته از شکل موج ها را که دارای قسمت منفی نیستند موج dc و آن گروه از شـکل موج ها که دارای قسمت مثبت و منفی هستند را موج ac می گویند. شکل ۹ـ۹ نمونه هایی از امواج dc و شکل ۱۰ـ۹ نمونه هایی از امواج AC را نشان می دهد.

1 - Wave form

2 - Osiloscope

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 هرگاه سیمی در مسیر حرکت خود خطوط میدان مغناطیسی را قطع کند ولتاژی در دو سر آن به وجود می آید. (شکل ۱۱ـ۹)

همچنین در صورتی که سیم ثابت باشد و میدان مغناطیسی به گونه ای حرکت کند و خطوط قوای مغناطیسی توسط سیم قطع شود مانند حالت قبل ولتاژ به وجود می آید. (شکل ۱۲ـ۹) به این ولتاژ در اصطلاح «ولتاژ القایی» می گویند.

مقدار این ولتاژ به عوامل مختلفی به شرح زیر بستگی دارد:

الف ـ اندوکسیون میدان مغناطیسی (B)

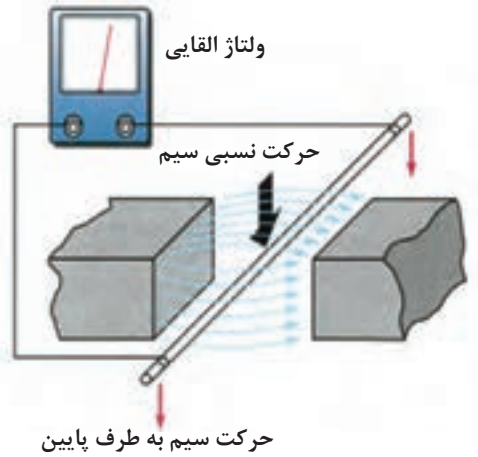
ب ـ سرعت حرکت سیم یا سرعت حرکت میدان مغناطیسی (V)

ج ـ طول مؤثر سیم (طولی از سیم که در میدان مغناطیسی قرار می گیرد. (L)

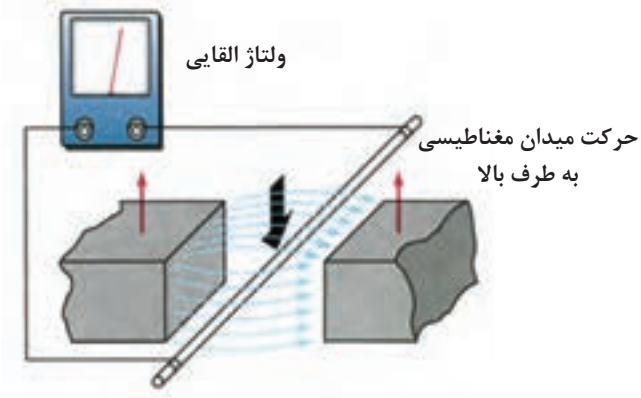
د ـ زاویه سیم با میدان مغناطیسی (α)

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 خوهد شد. (شکل ۱۳ـ۹)

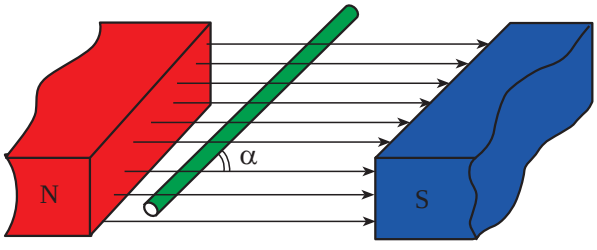
اگر مدار الکتریکی سیمی که در داخل میدان مغناطیسی حرکت می کند بسته شود جریان القایی در سیم جاری خواهد شد. (شکل ۱۴ـ۹)



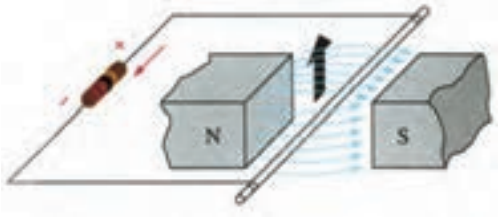
شکل ۱۱ـ۹ـ نحوه تولید جریان متناوب (حرکت سیم)



شکل ۱۲ـ۹ـ نحوه تولید جریان متناوب
(حرکت میدان مغناطیسی)



شکل ۱۳ـ۹ـ وضعیت قرار گرفتن سیم با میدان مغناطیسی



شکل ۱۴ـ۹ـ اگر مدار سیم متحرک بسته شود جریان القایی
در مدار مصرف کننده جاری می شود.

در ژنراتورهـــا برای اینکه تمام فضـــای داخلی مولد برای تولید ولتاژ مورد اســـتفاده قرار گیرد، معمولاً به جای ســـیم، یک قاب ســـیمی یا یک کلاف ســـیمی کـــه دارای چند دور اســـت به کار می رود. مجموعه تولید کننده انرژی را «مولد» می نامند.

اجزای یک مولد ساده ac به شرح زیر است:

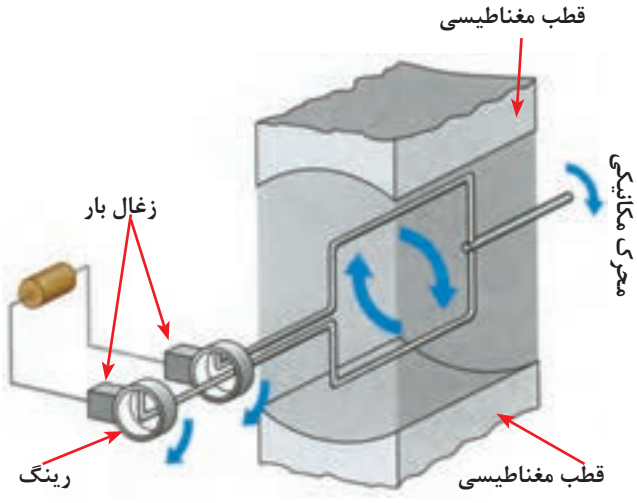
۱ـ قطب های مغناطیسی

۲ـ کلاف سیم

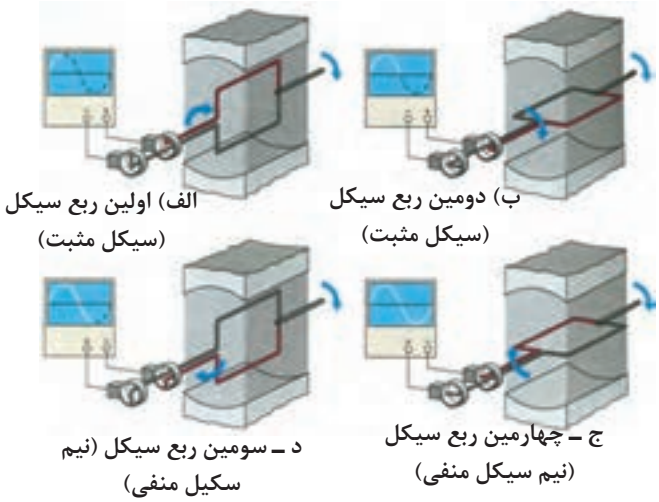
۳ـ رینگ ها[1] (حلقه های لغزنده)

۴ـ زغال ها[2]

شکل ۱۵ـ۹ ساختمان ساده‌ای از مولد ac را نشان می دهد. حرکت کلاف در داخل میان مغناطیسی به صورت دایره ای و متناسب با سینوس زاویه کلاف با میدان مغناطیسی است لذا شکل موجی که روی صفحه اسیلوسکوپ ظاهر می شود بصورت سینوسی خواهد بود.



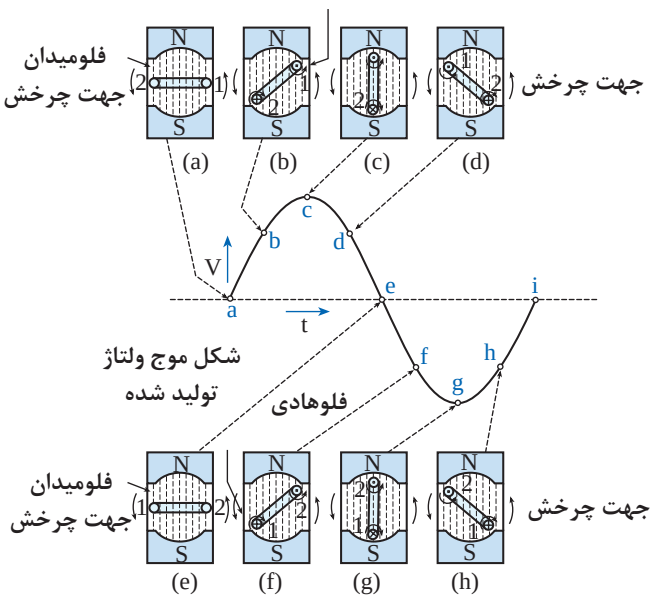
شکل ۱۵ـ۹ـ شکل ساده یک مولد جریان متناوب به همراه بار



شکل ۱۶ـ۹ـ وضعیت قرار گرفتن کلاف سیم

شـــکل ۱۶ـ۹ وضعیت کلاف و شکل موج خروجی را در لحظاتـــی که کلاف در زاویه ها 90^{o} ، 180^{o} ، 270^{o} ، 360^{o} چرخش قرار دارد نشان می دهد.

وضعیت کلاف، میدان مغناطیســـی و مقـــدار ولتاژ روی شـــکل موج سینوســـی در لحظات مختلف روی شکل ۱۷ـ۹ نشان داده شده است.



شکل ۱۷ـ۹

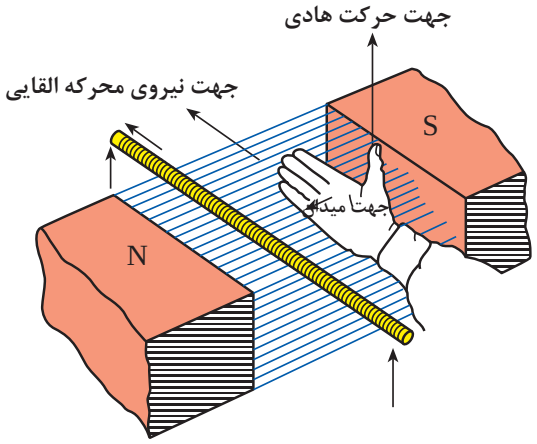
1 - Slip rings

2 - Brushes

۵ـ۹ـ قانون دست راست در مورد ژنراتورها

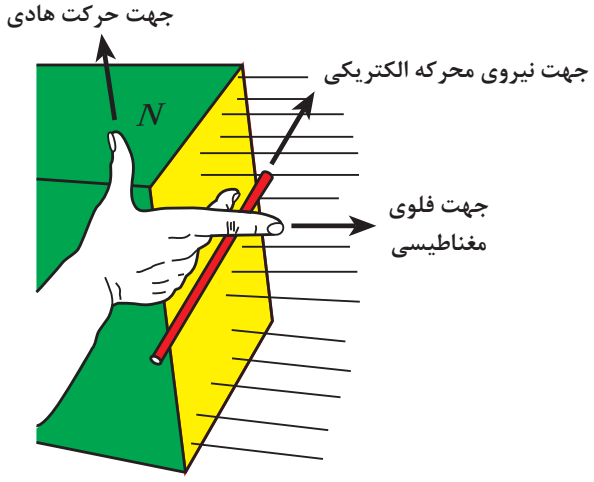
برای نشـان دادن جهت جریان القایی جاری شـده در سیم از قانون دسـت راسـت به دو طریق زیر می توانیم استفاده کنیم:

الف ـ هرگاه دست راست خود را طوری در داخل میدان مغناطیسـی قرار دهیم که فوران 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)

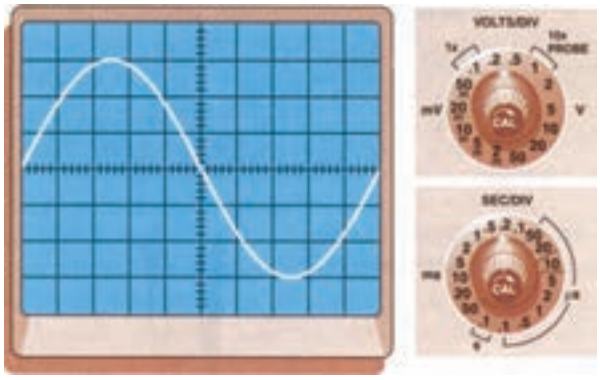
ب ـ اگر دسـت راسـت خود را طـوری در داخل میدان مغناطیسی بگیرید که انگشت شست، سبابه (اشاره) و میانی بر هم عمود باشـند در این حالت انگشت سبابه جهت فلوی مغناطیسـی و انگشـت شست جهت حرکت سـیم را نشان دهد، انگشـت میانی جهت جریان جاری شـده را مشخص می کند. (شکل ۱۹ـ۹)



شکل ۱۹ـ۹ـ قانون دست راست (به صورت سه انگشت)

۶ـ۹ـ مشخصات جریان متناوب

۱ـ۶ـ۹ـ سیکل: شکل موجی که در اثر گردش یک دور کلاف در داخل میدان مغناطیسی به وجود می آید را یک «سیکل» می گویند. (شکل ۲۰ـ۹)



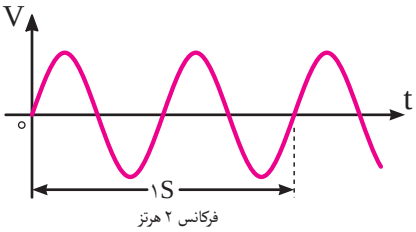
شکل ۲۰ـ۹ـ تصویر یک سیکل روی صفحه اسیلوسکوپ

۲ـ۶ـ۹ـ فرکانس (f): به تعداد سیکل‌ها (نوسانات) در مدت زمان یک ثانیه «فرکانس» می گویند. (شکل ۲۱ـ۹)

واحد فرکانس $\frac{۱}{S}$ یا هرتز (HZ) است. فرکانس برق ایران ۵۰ هرتز است.

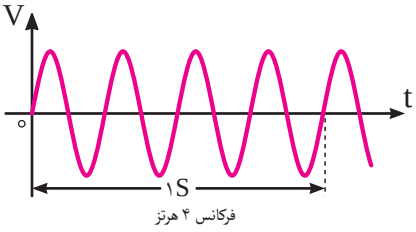
مثال: فرکانس شکل موج داده شده در شکل ۲۲ـ۹ چند هرتز است؟

حل: چون چهار سیکل در مدت زمان یک ثانیه طی می شود پس فرکانس برابر با $f = ۴H_z$ است.



فرکانس ۲ هرتز

شکل ۲۱ـ۹



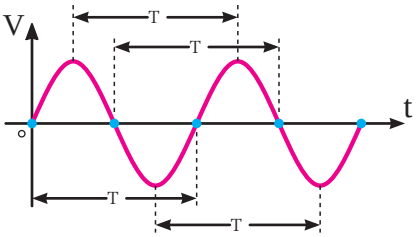
فرکانس ۴ هرتز

شکل ۲۲ـ۹

۳ـ۶ـ۹ـ زمان تناوب (T): مدت زمانی که طول می کشد تا یک سیکل کامل طی شود را «زمان تناوب» یا «پریود» می گویند.

واحد زمان تناوب هرتز یا ثانیه (s) است. پریود و فرکانس عکس یکدیگرند.

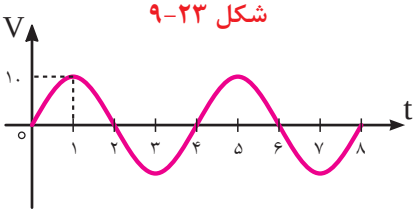
$$T = \frac{۱}{f} \quad \text{یا} \quad f = \frac{۱}{T}$$



شکل ۲۳ـ۹

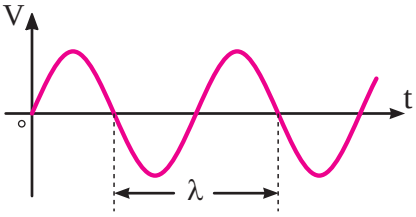
مثال: زمان تناوب شکل ۲۴ـ۹ چه قدر است؟

حل: مدت زمان یک سیکل روی شکل برابر با: $T=۴ms$ است زیرا برای کامل شدن سیکل ۴ میلی ثانیه طی می شود.



شکل ۲۴ـ۹

۴ـ۶ـ۹ـ طول موج (λ): مسافتی را که یک موج در یک سیکل کامل طی کند «طول موج» می نامند. واحد طول موج بر حسب متر(m) است. سرعت طول موج بستگی به محیطی که در آن منتشر می شود دارد. طول موج را از رابطه زیر می توان به دست آورد.



شکل ۲۵ـ۹

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{\text{سرعت نور}}{\text{فرکانس}} = \frac{۳۰۰۰۰۰۰۰}{f}$$

۵ـ۶ـ۹ـ سرعت زاویه ای (ω[1] امگا):

سـرعت زاویه ای عبارت اسـت از زاویه ای که شعاع مربوط به متحرک نسـبت به شـعاع مبنا در عرض یک ثانیه طی می کند. شکل ۲۶ـ۹ واحد سرعت زاویه ای رادیان بر ثانیه است. چون یک دور چرخش داخل دایره برابر ۲π رادیان اسـت لذا اگر متحرکی در هر ثانیه f دور بزند خواهیم داشت:

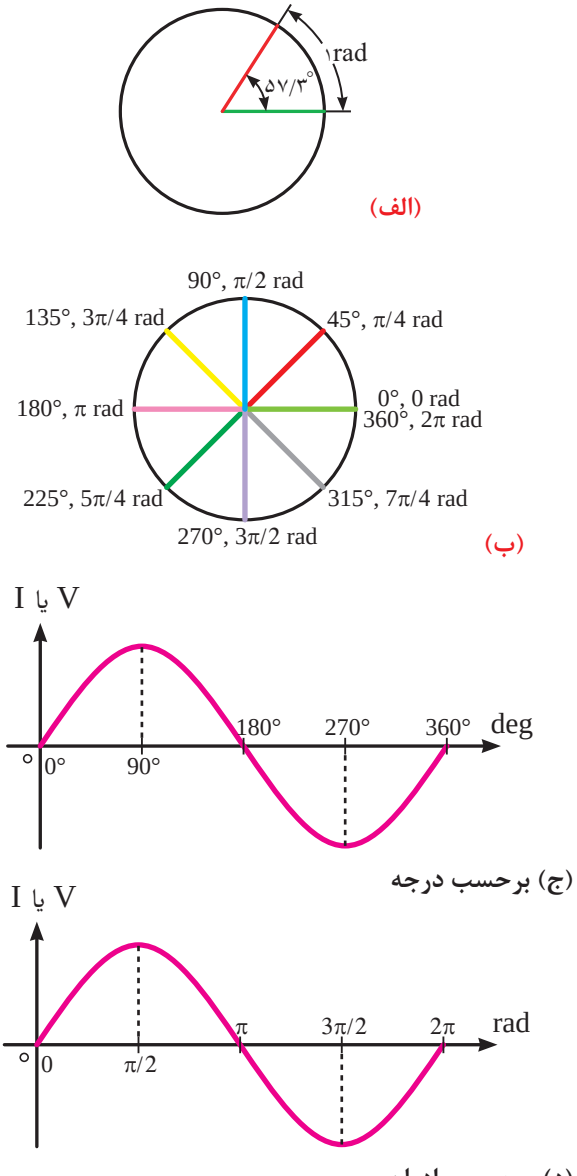
$$\omega = 2\pi f$$

مثال: سـرعت زاویه ای متحرکی بـا فرکانس ۱۰۰ هرتز چقدر است؟

حل:

$$\omega = 2\pi f \Rightarrow 2\times 3/14\times 100 = 628_{Rad/s}$$

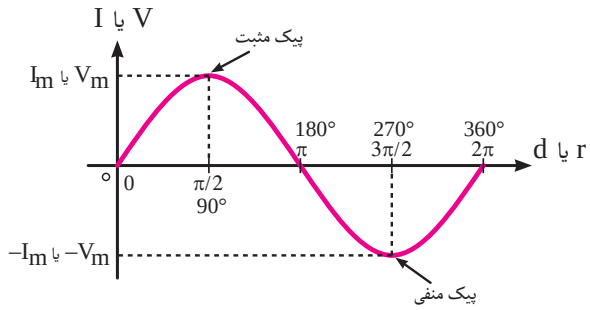
شکل های ۲۶ـ۹ـ ج و ۲۶ـ۹ـ د نحوه تقسیم بندی محور افقی شکل موج سینوسی بر حسب درجه و رادیان را نشان می دهند.



شکل ۲۶-۹

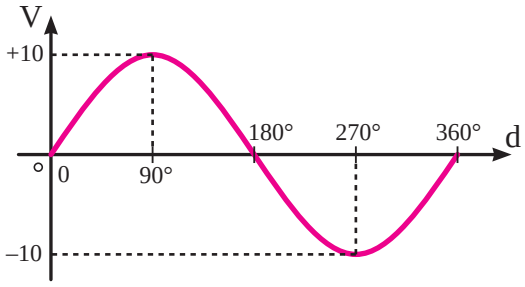
۶ـ۶ـ۹ـ مقدار پیک یا ماکزیمم (max-peak)

حداکثر مقداری که ولتاژ یا جریان سینوسـی در هر نیم سـیکل دارد را مقدار ماکزیمم می گویند. در شکل ۲۷ـ۹ نقاط پیک مثبت و منفی نشان داده شده است.



شکل ۲۷-۹

۱ ـ ω (امگا) یکی از حروف یونانی است.



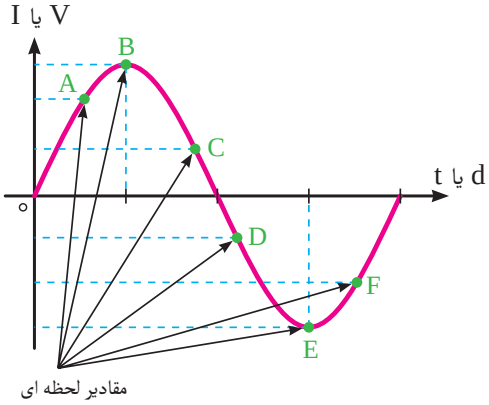
شکل ۹-۲۸

مثال: مقدار پیک شـــکل موج ۹ـ۲۸ چند ولت است ودر چه زاویه ای قرار دارد؟

حل: مقـــدار ماکزیمم ولـــت و در زاویه ای $\theta = ۲۷۰$ و $\theta = ۹۰$ قرار دارد.

۷ـ۶ـ۹ـ دامنه: مقدار موج در هر لحظه از زمان را اصطلاحاً دامنه یا «مقدار لحظه ای» می گویند.

در شکل ۹ـ۲۹ دامنه لحظه ای در نقاط F,E,D,C,B,A نشان داده شده است.



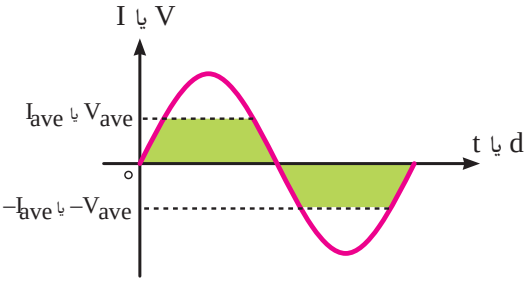
شکل ۹-۲۹

۸ـ۶ـ۹ـ مقدار متوسط (ave)[1]:

به میانگین مقادیر لحظه ای موج سینوســـی در یک نیم سیکل اصطلاحاً متوسط موج می گویند. (شکل ۹ـ۳۰) چون در هر نیم سیکل موج سینوسی از صفر شروع شده به مقدار حداکثر (ماکزیمم) می رســـد و مجدداً بـــه صفر برمی گردد لـــذا مقدار میانگین یک نیم ســـیکل نیـــز چیزی بین صفر و مقدار ماکزیمم می باشد. مقدار متوسط برای نیم سیکل موج سینوسی از روابط زیر قابل محاسبه است.

$$V_{ave} = \frac{۲}{\pi} \times V_m = ۰/۶۳۷ \times V_m$$

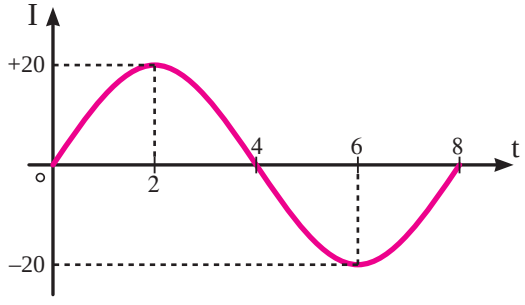
$$I_{ave} = \frac{۲}{\pi} \times I_m = ۰/۶۳۷ \times I_m$$



شکل ۹-۳۰

از آنجایی که هر دو نیم سیکل موج سینوسی مشابه یک-دیگر هستند و فقط در 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 ۹ـ۳۱ چند آمپر است؟



شکل ۹-۳۱

حل:

$$I_{ave} = \frac{۲}{\pi} \times I_m = ./۶۳۷ \times I_m$$

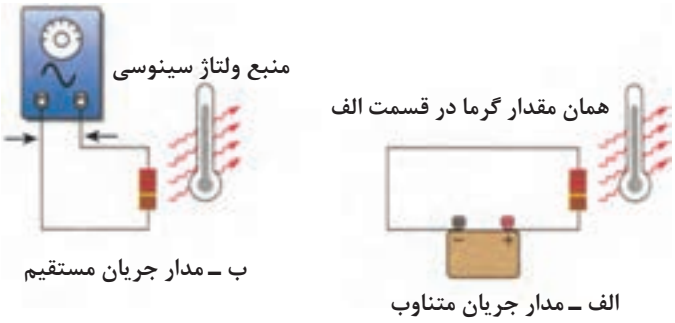
$$I_{ave} = ./۶۳۷ \times ۲۰$$

$$I_{ave} = ۱۲/۷۴A$$

1 - Average Values

۹ـ۶ـ۹ـ مقدار مؤثر (e-eff)[1]:

مقدار مؤثر یک ولتاژ AC عبارت اســت از مقدار ولتاژی که در یک مدار اهمی خالص (مانند اتوی برقی) همان مقدار گرمایی را تولید می کند که یک جریان DC با همان مقدار دامنه تولید می کند. (شکل ۹ـ۳۲)

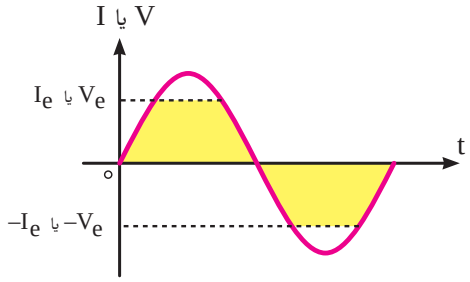


شکل ۹ـ۳۲

مقدار مؤثر یک موج سینوسی از روابط زیر قابل محاسبه است:

$$V_e = \frac{۱}{\sqrt{۲}} \times V_m = ./۷۰۷ \times Vm$$

$$I_e = \frac{۱}{\sqrt{۲}} \times I_m = ./۷۰۷ \times Im$$



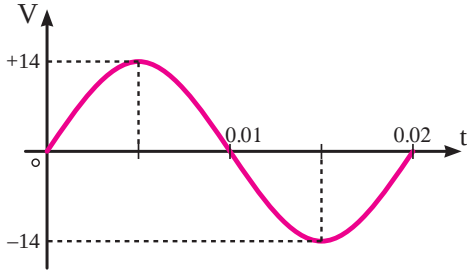
شکل ۹-۳۳

مقــدار مؤثر یک موج سینوســی را بــا اندیس $_{rms}$ ۲ نیز نشان می دهند.

$$V_e = V_{rms} = ۰/۷۰۷ \times V_m$$
$$I_e = I_{rms} = ۰/۷۰۷ \times I_m$$

مثال: مقدار مؤثر شــکل موج ولتاژ نشــان داده شده در شکل ۹ـ۳۴ چه قدر است؟

حل:



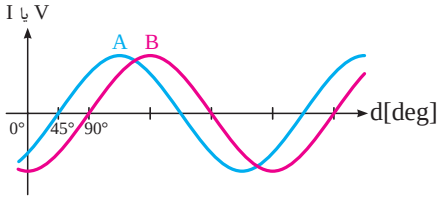
شکل ۹-۳۴

$$V_e = \frac{V_m}{\sqrt{۲}} = ./۷۰۷ \times Vm$$
$$V_e = ./۷۰۷ \times ۱۴$$
$$V_e = ۹/۸۹۸V$$

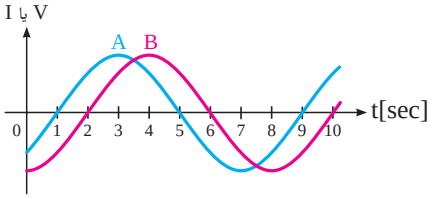
1 - Effective Values

۱۰ـ۶ـ۹ـ فاز[1]: کلمه یا اصطلاحی است که ارتباط زمانی یا مکانی بین دو یا چند موج را بیان می کند.

از این کلمه بیشتر به صورت پسوند برای بیان فاصله بین دو موج استفاده می شود.



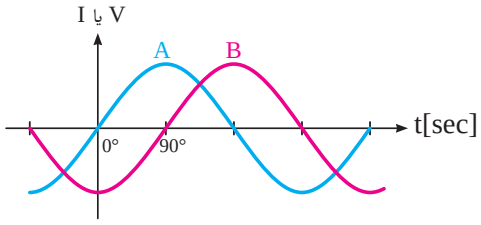
الف ـ موج A با B باندازه ۴۵ درجه فاصله دارد. (۴۵ درجه اختلاف فاز دارند)



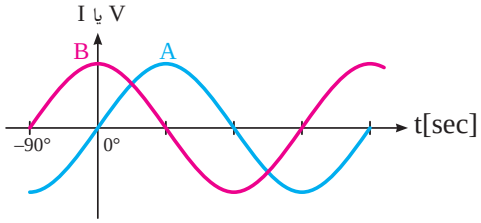
ب ـ موج A با B باندازه ۱ ثانیه فاصله دارد.

شکل ۳۵ـ۹

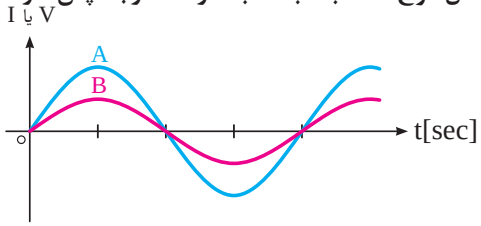
۱۱ـ۶ـ۹ـ اختلاف فاز: برای تعیین میزان اختلاف فاز بین دو شکل موج ابتدا دو نقطه مشابه (نقطه صفر ـ نقطه ماکزیمم یا نقطه مینیمم) از شکل موج ها را بر حسب کمیت محور افقی با یکدیگر مقایسه می کنیم و سپس مقدار آن را با ذکر کلمه پسوند «فاز» می نویسیم. مثلاً در صورتی که شکل موجی از موج دیگر جلوتر (زودتر) شروع شده باشد اصطلاح «پیش فاز»[2] و در صورتی که عقب-تر (دیرتر) شروع شده باشد کلمه «پس فاز»[3] و چنانچه دو شکل کاملاً مشابه باشند کلمه «هم فاز» را به کار می بریم. شکل (۹ـ۳۶)



الف ـ شکل موج A نسبت به B باندازه ۹۰ درجه پس فاز است.



ب ـ شکل موج * نسبت به A باندازه B درجه پس فاز است.



ج ـ شکل موج A و B با هم هم‌فاز هستند.

شکل ۳۶ـ۹

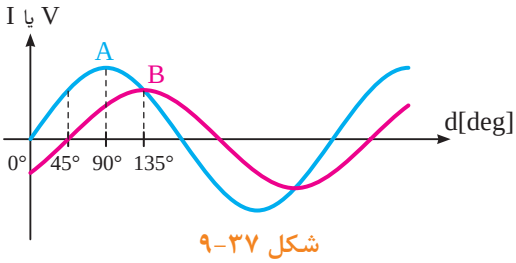
1 - Phase

2 - Leads

3 - Lags

مثال: ارتباط فازی بین دو شـکل موج A و B در شکل ۹ـ۳۷ چگونه است؟

حل: شـکل موج A نسـبت بـه B به انـدازه ۴۵ درجه پیش فـاز یا به عبارت دیگر شـکل موج B نسـبت به A به اندازه ۴۵ درجه پس فاز است.

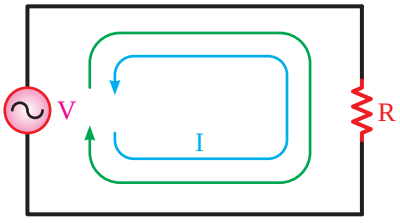


شکل ۹ـ۳۷

۷ـ۹ـ مدارهای جریان متناوب

۱ـ۷ـ۹ـ مدارهای اهمی خالص:

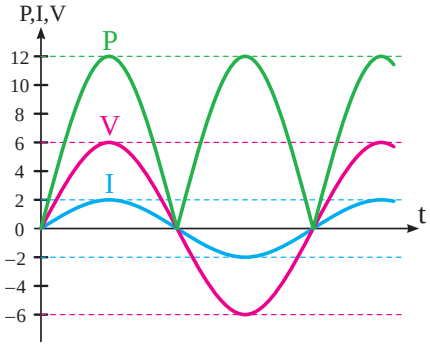
مدارهایی مانند شکل ۹ـ۳۸ را مدارهای «اهمی خالص» می گویند. در این نـوع مدارها هیچ گونه اختلاف فازی بین ولتـاژ و جریان وجود ندارد و تغییراتشـان مشـابه یکدیگر اسـت یعنی با هم در یک نقطه بـه حداقل، حداکثر و صفر می رسند.



شکل ۹ـ۳۸

همان طـوری که می دانید تـوان از رابطه $P = V.I$ به دسـت می آید. شـکل موج های ولتاژ و جریـان و توان این مدارها را در شکل ۹ـ۳۹ مشاهده می کنید.

در محاسبات مدارهای جریان متناوب چون با مقدار مؤثر ولتاژ و جریان سـروکار داریم بـرای توان مصرفی می توانیم بنویسیم.



شکل ۹ـ۳۹

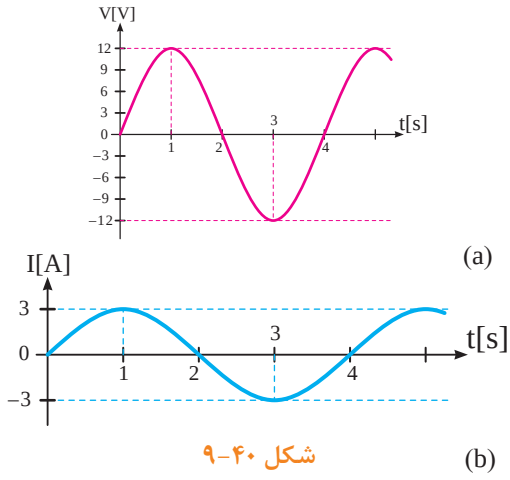
$$P = V_e.I_e \quad \text{یا} \quad P = R.Ie^{۲} \quad \text{یا} \quad P = \frac{Ve^{۲}}{R}$$

مثـال: اگر ولتاژی با مقـدار ماکزیمم ۱۲ ولت را به یک مقاومت اهمی اتصال دهیم در این صورت جریان ماکزیممی برابر با ۳ آمپر از آن عبور می کند. شکل ۹ـ۴۰ توان مصرفی مقاومت را حساب کنید.

حل:

$$P = V_e.I_e$$

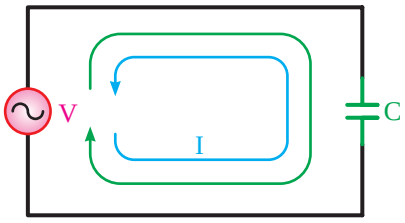
$$P = \frac{V_m}{\sqrt{۲}} \times \frac{I_m}{\sqrt{۲}} = \frac{۱۲}{\sqrt{۲}} \times \frac{۳}{\sqrt{۲}} = \frac{۳۶}{۲} = ۱۸w$$



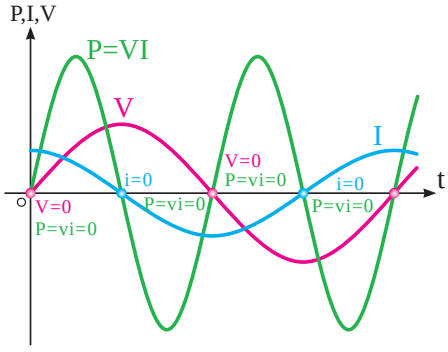
شکل ۹ـ۴۰

۲ـ۷ـ۹ـ مدارهای خازنی خالص:

مدارهایی که در آنها فقط از خازن استفاده شود را مدارهای «خازنی خالص» می گویند. (شکل ۴۱ـ۹) در این مدارها به خاطر وجود خاصیت خازنی، بین ولتاژ و جریان مدار ۹۰ درجه اختلاف فاز به وجود می آید. این اختلاف فاز به گونه ای است که در این مدارها در لحظاتی که جریان یا ولتاژ صفر است توان صفر خواهد شد. در زمان هایی 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 می گیرد و در خود ذخیره می کند و در زمانی دیگر به شبکه بازمی گرداند. به عبارت دیگر خازن توانی را مصرف نمی کند. (شکل ۴۲ـ۹)



شکل ۴۱-۹-مدار خازنی خالص



شکل ۴۲-۹

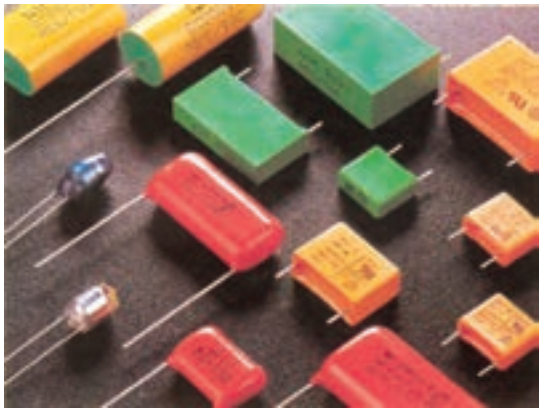
مقدار انرژی ذخیره شده در یک خازن را از رابطه زیر می توان به دست آورد.

$$W = \frac{1}{2} C.V^2$$

خازن در جریان متناوب از خود مقاومتی را نشان می دهد که اصطلاحاً به آن «راکتانس خازنی» می گویند. واحد آن برحسب اهم است و از رابطه زیر به دست می آید.

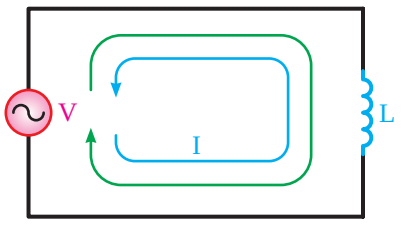
$$Xc = \frac{1}{\omega.c} = \frac{1}{2\pi fc}$$

خاصیت مقاومتی خازن در مقابل عبور جریان از خود مخالفت نشان می دهد.


شکل ۴۳ـ۹ـ تصاویری از انواع خازن ها

۳ـ۷ـ۹ـ مدارهای سلفی خالص:

مدارهایی که مشابه شکل ۴۴ـ۹ هستند و از سیم پیچ (سلف) تشکیل شده اند باعث می شوند تا جریان به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ عقب (پس فاز) بیفتد.

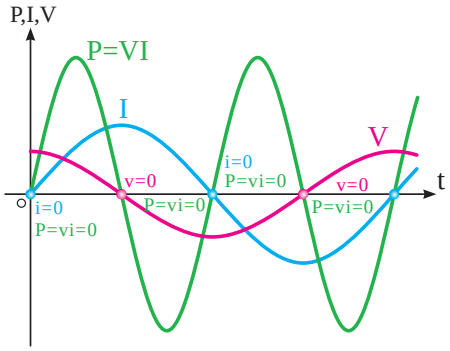


شکل ۴۴ـ۹ـ مدار سلفی خالص

خاصیت سلفی (اندوکتانسی) یک سیم پیچ را با حرف L نشان می دهند و آن را بر حسب هانری H می سنجند. سلف از نظر توان مصرفی مشابه خازن است چرا که مقدار انرژی دریافت شده و داده شده به شبکه آن در هر سیکل برابر است و در واقع عملاً سلف در شبکه متناوب توانی را مصرف نمی کند. (شکل ۴۶ـ۹)

مقدار انرژی ذخیره شده یک سلف ر از رابطه زیر می توان محاسبه کرد.

$$W = \frac{1}{2} L.I^2$$



شکل ۴۵ـ۹ـ منحنی ولتاژ و جریان و توان در مدار خازنی خالص

سلف نیز مانند خازن در جریان متناوب از خود مقاومتی نشان می دهد که آن را «رکتانس‌سلفی» می نامند. راکتانس سلفی را با (X_L) نمایش می دهند. واحد راکتانس سلفی اهم است و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$X_L = \omega.L = 2\pi f.L$$

شکل ۴۶ـ۹ـ تصاویری از انواع سلف ها

شکل ۴۶ـ۹ تصاویری از انواع سلف ها را نشان می دهد. برای به دست آوردن اندوکتانس خالص در مدارها، سلف ها را به صورت سری و موازی به کار می برند. روابط حاکم بر هر یک از حالت فوق به شرح زیر است.

اتصال سری سلف ها:

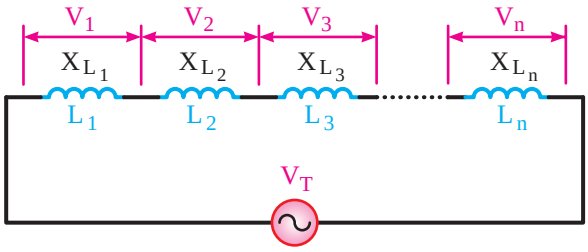
هرگاه با دو n سلف مطابق شکل ۴۷ـ۹ به یکدیگر اتصال یابند سلف معادل و راکتانس معادل مانند مقاومت های اهمی و با استفاده از روابط زیر به دست می آید.

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + ... + V_n$$

$$X_T.I_T = X_{L_1}.I_1 + X_{L_2}.I_2 + X_{L_3}.I_3 + ... + X_n.I_n$$

$$X_T.I_T = I_T(X_{L_1} + X_{L_2} + ... + X_n)$$

$$X_T = X_{L_1} + X_{L_2} + V_{L_3} ..... + X_{L_n})$$



شکل ۴۷-۹

اگر به جای X_L ها مقادیر معادل آن ها را قرار دهیم خواهیم داشت:

$$L_T\omega = L_1\omega + L_2\omega + L_3\omega + ... + L_n\omega$$

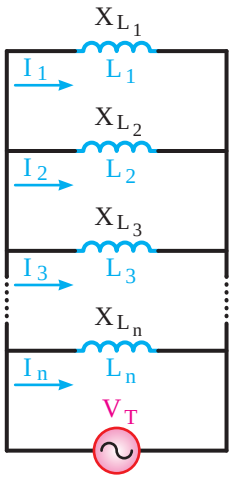
چون ω ثابت است پس:

$$L_T.\omega = \omega(L_1 + L_2 + L_3 + \ldots\ldots + L_n)$$

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \ldots\ldots + L_n$$

اتصال موازی سلف ها:

اگر دو یا n سلف مطابق شکل ۴۸ـ۹ به یکدیگر اتصال داده شوند، سلف معادل و راکتانس معادل مانند مقاومت های اهمی و با استفاده از روابط زیر به دست می آید.



شکل ۴۸-۹

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots\ldots + I_n$$

$$\frac{V_T}{X_{L_T}} = \frac{V_T}{X_{L_1}} + \frac{V_T}{X_{L_2}} + \frac{V_T}{X_{L_3}} + \ldots\ldots + \frac{V_T}{X_{L_n}}$$

$$\not{V}_T \frac{1}{X_{L_T}} = \not{V}_T \left(\frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}} + \frac{1}{X_{L_3}} + \ldots\ldots + \frac{1}{X_{L_n}} \right)$$

$$\frac{1}{X_{L_T}} = \frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}} + \frac{1}{X_{L_3}} + \ldots\ldots + \frac{1}{X_{L_n}}$$

اگر به جای هر X_L مقدار معادل آن یعنی $L.\omega$ را قرار داریم:

$$\frac{1}{L_T.\omega} = \frac{1}{L_1.\omega} + \frac{1}{L_2.\omega} + \frac{1}{L_3.\omega} + \ldots\ldots\ldots + \frac{1}{L_n.\omega}$$

$$\frac{\not{1}}{\not{\omega}}.\frac{1}{L_T} = \frac{\not{1}}{\not{\omega}} \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \ldots\ldots\ldots + \frac{1}{L_n} \right)$$

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \ldots\ldots\ldots + \frac{1}{L_n}$$

در شرایط مساوی بودن سلف ها $L_T = \frac{L}{n}$

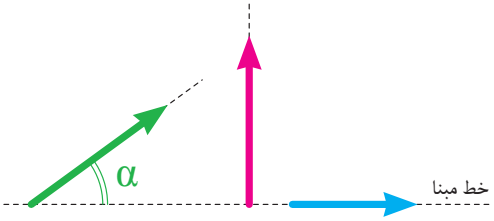
در شرایطی که دو سلف نامساوی باشند. $L_T = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$

تذکر ۱: حالات خاصی که برای مقاومت های سری و موازی بیان شد برای سلف ها نیز صادق است.

تذکر ۲: در صورتی که سلف ها به صورت سری ـ موازی اتصال یابند برای به دست آوردن سلف معادل می بایست هر قسمت را با استفاده از قواعد سری یا موازی مربوط به آن حل کنیم.

۴ـ۷ـ۹ـ بردار:

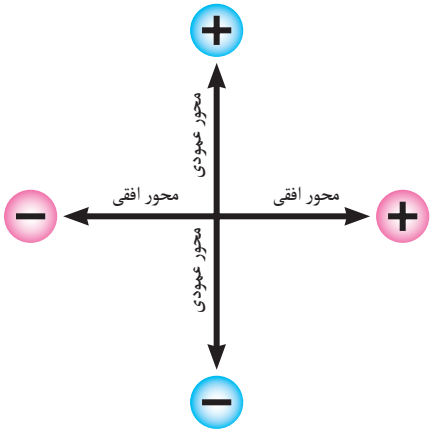
بردار پاره خطی است که دارای اندازه (طول) و جهت (فلش) اســت. از بردار در مدارهای الکتریکی به عنوان وسیله ای جهت نمایش و محاســبه کمیت های مختلف الکتریکــی مانند ولتاژ، جریان، مقاومت و توان استفاده می شود. (شکل ۴۹ـ۹)



شکل ۴۹-۹

در مدارهای الکتریکی برای رسم بردار مربوط به کمیت های الکتریکی قواعد زیر را به کار می برند.

برای رســم بردارهــا از محورهــای مختصات اســتفاده می شود. (شکل ۵۰ـ۹)

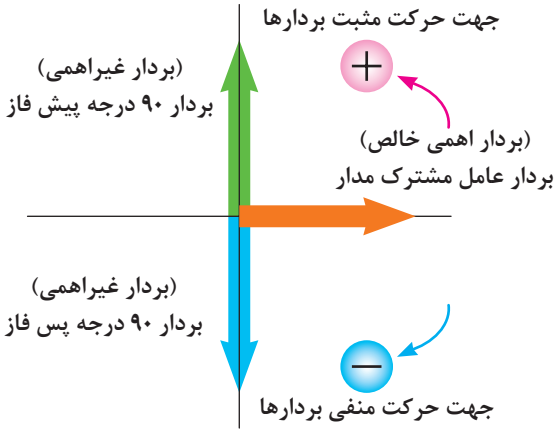


شکل ۵۰-۹

کمیت های مختلف مربوط به عناصر اهمی خالص روی محور افقی و در جهت مثبت رسم می شوند.

کمیت های مختلف مربوط بــه عناصر غیراهمی خالص روی محور عمودی رسم می شوند.

در مدارهای ترکیبی ac برای رسم بردارها نخست بردار عامل مشــترک مــدار را روی محور افقی (جهت مثبت) رســم می شود و ســپس بقیه عوامل غیرمشترک نســبت به آن رسم می شوند مثلاً برای ترسیم ۹۰ درجه پیش فازی باید بردار روی محــور عمودی مثبت یا برای ترســیم ۹۰ درجه پس فازی باید بردار روی محور عمودی منفی قرار گیرد. (شکل ۵۱ـ۹)

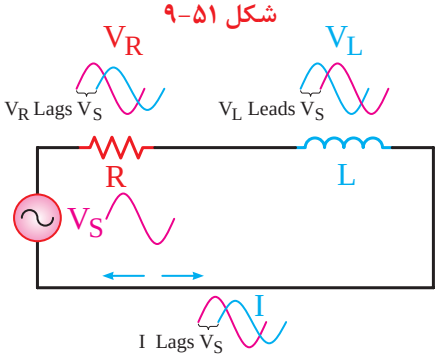


شکل ۵۱-۹

۵ـ۷ـ۹ـ مدارهای ترکیبی جریان متناوب:

الف مدار RLسری:

این مدارها که از مقاومت اهمی و ســلفی تشــکیل شده اند دارای خاصیتــی هســتند کــه در برگیرنده هر دو عامل اســت. (شکل ۵۲ـ۹)



شکل ۵۲ـ۹ـ مدار RL سری

در این مدارها اختلاف فازی بین ولتاژ و جریان کل مدار وجود دارد. (شکل ۹ـ۵۳)

میزان زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان می تواند بین صفر تا ۹۰ درجه باشد.

به طور کلی مقاومت معادل در مدارهای جریان متناوب را «امپدانس»[1] می گویند. امپدانس مدارهای RL سری ترکیبی از خاصیت اهمی و راکتانس سلفی است.

می دانیم مدار سری است و عامل مشترک مدار جریان است و از طرف دیگر ولتاژ و جریان در عناصر اهمی هم فاز و در عناصر سلفی ولتاژ به اندازه ۹۰ درجه از جریان جلوتر است. با توجه به موارد فوق دیاگرام برداری ولتاژها در این مدار مطابق شکل ۹ـ۵۵ ترسیم می شود.

همانگونه که در شکل ۹ـ۵۵ مشاهده می شود برای به دست آوردن ولتاژ کل مدار سری باید ولتاژهای دو سر مقاومت 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.

به همین خاطر شکل به دست آمده به صورت یک مثلث قائم الزاویه درآمده است

در مباحث ریاضی سال های گذشته قضیه فیثاغورث را فرا گرفته اید. در این قضیه ارتباط بین اضلاع یک مثلث قائم الزاویه بیان می شود که خلاصه آن چنین است. بنابر قضیه فیثاغورث در هر مثلث قائم الزاویه (شکل ۹ـ۵۶) مجذور وتر مثلث برابر با حاصل جمع مربع دو ضلع دیگر مثلث است یعنی:

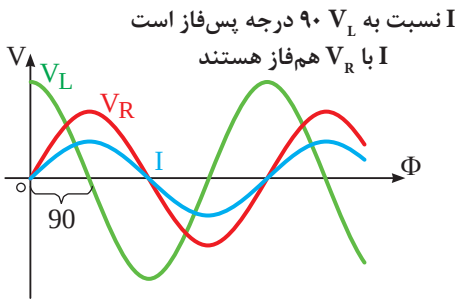
(وتر)^2=(ضلع عمودی)^2+(ضلع افقی)^2

$$(BC)^2=(AB)^2+(AC)^2$$

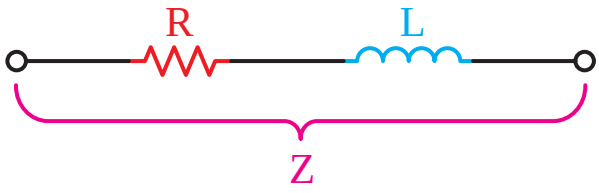
$$c^2=a^2+b^2$$

بر همین اساس و طبق رابطه فیثاغورث برای دیاگرام برداری ولتاژهای مدار RL سری در شکل ۹ـ۵۵ می توانیم بنویسیم.

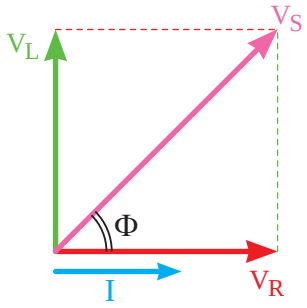
$$V_S=\sqrt{V_R^2+V_L^2}$$



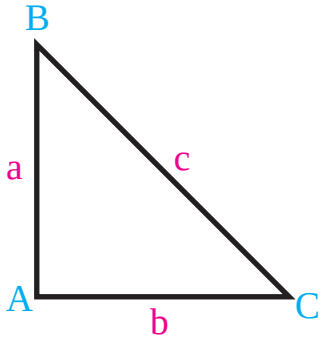
شکل ۹ـ۵۳ـ شکل موج های ولتاژ جریان مدار RL سری



شکل ۹-۵۴-مقاومت معادل (امپدانس)



شکل ۹-۵۵



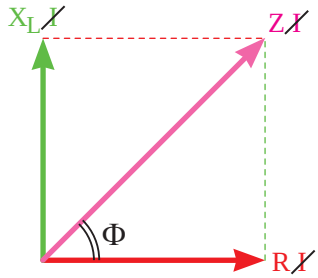
شکل ۹ـ۵۶ـ مثلث قائم الزاویه

1 - Impedance

در دیاگرام برداری ولتاژها اگر بجای ولتاژها معادل آن ها را قرار دهیم و سپس عامل مشترک (جریان) را حذف کنیم. دیاگرام برداری امپدانس به دست می آید. (شکل ۵۷ـ۹)

امپدانس را بر حسب اهم و با استفاده از رابطه زیر می توان محاسبه کرد.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$



شکل ۵۷ـ۹

در مثلث تشکیل شده شکل ۵۷ـ۹ برای زاویه Φ نسبت های مثلثاتی sin و tg را می توانیم به صورت مقابل بنویسیم:

$$\sin\Phi = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}}$$

$$\cos\Phi = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}}$$

$$tg\Phi = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}}$$

در مدار RL سری برای ضرایب فوق روابط مقابل را می توان نوشت:

$$\sin\Phi = \frac{V_L}{V_S} = \frac{X_L}{Z}$$

$$\cos\Phi = \frac{V_R}{V_S} = \frac{R}{Z}$$

$$tg\Phi = \frac{V_L}{V_R} = \frac{X_L}{R}$$

نسبت های مثلثاتی $\sin\Phi$ و $\cos\Phi$ را تحت عناوین زیر می شناسیم.

$\sin\Phi$ ـ ضریب قدرت دواته، غیرحقیقی، غیرمفید، غیرمؤثر

$\cos\Phi$ ـ ضریب قدرت واته، حقیقی، مفید، مؤثر

در مدارهای ترکیبی جریان متناوب پارامتر دیگری تحت عنوان «ضریب کیفیت»[1] مطرح است که با حرف Q نشان می دهیم. ضریب کیفیت را در حالت کلی به صورت زیر تعریف می کنیم.

$$Q = 2\pi \times \frac{\text{ماکزیمم انرژی ذخیره شده}}{\text{انرژی مصرفی کل در هر سیکل}}$$

انرژی ذخیره شده در مدارها مربوط به مقاومت های سلفی و خازنی است در صورتی که انرژی مصرفی را براساس مقاومت اهمی به دست می آوریم مقدار ضریب کیفیت Q در مدارهای RC و RL با مقدار tgφ برابر است.

در مدار RL سری هر قدر فرکانس افزایش یابد، امپدانس بیشتر می شود. هم چنین از طرف دیگر زاویه

1-Quality Factor

اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان کل مدار نیز افزایش می یابد. (شکل ۵۸ـ۹)

تغییـــرات امپدانس موجب تغییـــر در مقدار جریان مدار می شود زیرا:

$$I = \frac{V_S}{Z}$$

از مـــدار RL ســـری بـــرای نشـــان دادن مـــدار معـــادل ترانسفورماتورها و موتورهای الکتریکی استفاده می شود.

مثال: در مدار شکل ۵۹ـ۹ مقابل مطلوب است:

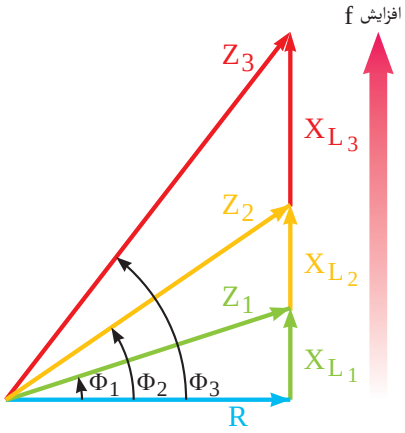
الف ـ امپدانس مدار

ب ـ افت ولتاژ دو سر هر عنصر

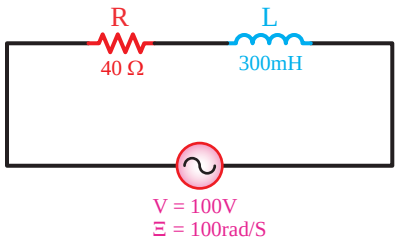
ج ـ ضریب کیفیت و ضریب توان دوواته

حل: مقادیر خواســـته شده را براســـاس روابط مدارهای RL سری به صورت مقابل به دست آورد.

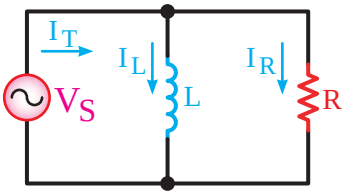
$$X_L = ۲\pi f.L = \omega.L$$
$$X_L = ۱۰۰ \times ۳۰۰ \times ۱۰^{-۳}$$
$$X_L = ۳۰\Omega$$
$$Z = \sqrt{R^۲ + X_L^۲}$$
$$Z = \sqrt{(۴۰)^۲ + (۳۰)^۲}$$
$$Z = ۵۰\Omega$$
$$I = \frac{V}{Z} = \frac{۱۰۰}{۵۰} = ۲A$$
$$V_R = R.I_e = ۴۰ \times ۲ = ۸۰v$$
$$V_L = X_L.I_e = ۳۰ \times ۲ = ۶۰v$$
$$\sin \Phi = \frac{X_L}{Z} = \frac{۳۰}{۵۰} = ./۶$$

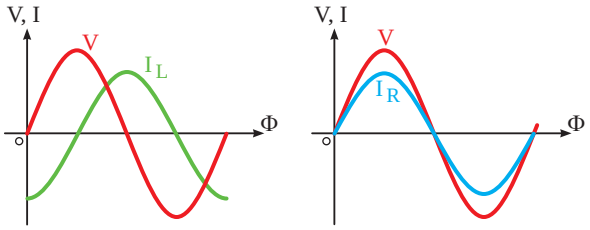


شکل ۵۸ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس های مختلف



شکل ۵۹ـ۹



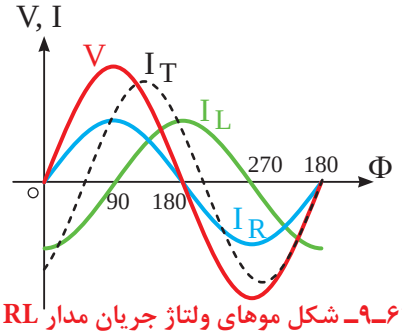


شکل ۶۰ـ۹ـ مدار RL موازی

ب مدار RL موازی:

در ایـــن مدارها مقاومت اهمی و ســـلف به صورت موازی وصـــل شـــده اند. عامل مشـــترک در مدارهای مـــوازی ولتاژ اســـت و جریان بین عناصر موجود در مدار به نسبت عکس مقاومت ها تقسیم می شود. (شکل ۶۰ـ۹)

در شـــاخه اهمی ولتاژ و جریان با هم هم فاز اســـت و در شـــاخه سلفی ولتاژ و جریان نسبت به هم ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند در نتیجه در این مدارها جریان کل نسبت به ولتاژ کل به اندازه Φ درجه ($۰ \leq \phi \leq ۹۰$) پس فاز خواهند شـــد. (شکل ۶۱ـ۹)

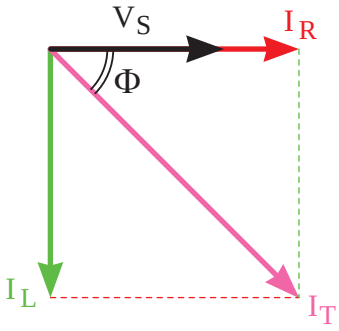


شکل ۶۱ـ۹ـ شکل موهای ولتاژ جریان مدار RL موازی

دیاگرام برداری جریان ها در این مدار به صورت شـــکل ۶۲ـ۹ است. براساس دیاگرام جریان ها رابطه زیر را می توانیم بنویسیم:

$$I_T = \sqrt{I_R^{۲} + I_L^{۲}}$$

مانند مدارهای سری اگر به جای جریان ها معادل آن ها را قرار دهیم شـــکل دیگری از دیاگرام های مدار RL موازی را خواهیم داشت که اصطلاحاً به آن دیاگرام «ادمیتانس» یا عکس امپدانس گویند.(شکل ۶۲ـ۹)



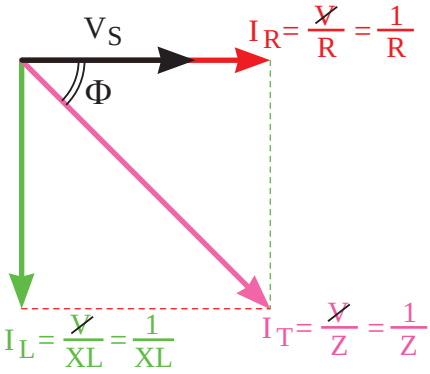
شکل ۶۲ـ۹ـ دیاگرام برداری جریان ها

رابطـــه امپدانس مدارهای RL موازی به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\frac{۱}{Z^{۲}} = \frac{۱}{R^{۲}} + \frac{۱}{X_L^{۲}}$$

و پس از ساده شدن رابطه می توان نوشت:

$$Z = \frac{R.X_L}{\sqrt{R^{۲} + X_L^{۲}}}$$



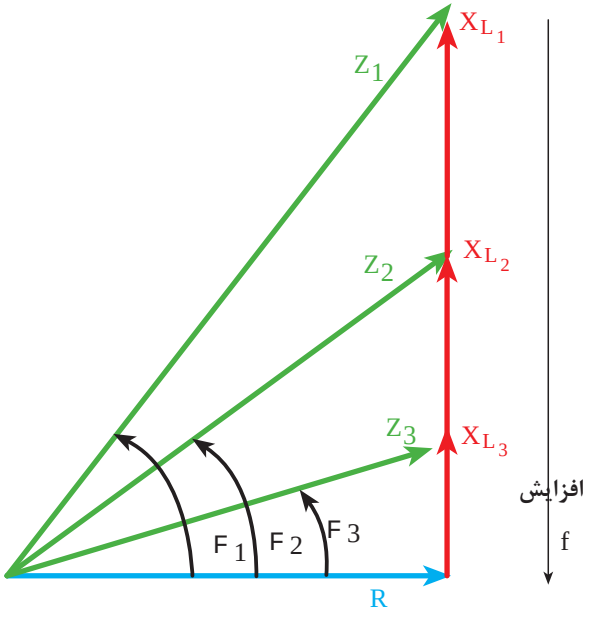
شکل ۶۳ـ۹ـ دیاگرام برداری جریان ها

با توجه به دیاگرام های برداری جریان ها و ادمیتانس ها برای ضرایب قدرت می توانیم بنویسیم:

$$\sin\Phi = \frac{I_L}{I_T} = \frac{1/X_L}{1/Z} = \frac{Z}{X_L}$$

$$\cos\Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{1/R}{1/Z} = \frac{Z}{R}$$

$$tg\Phi = \frac{I_L}{I_R} = \frac{1/X_L}{1/R} = \frac{R}{X_L}$$

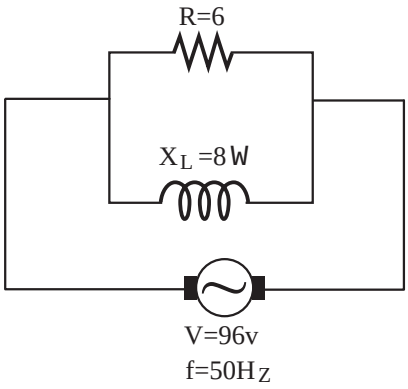


شکل ۶۴ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس های مختلف

در ایـن مدارها بـا افزایش فرکانس خاصیـت راکتانس سلفی افزایش می یابد و جریان عبوری از سلف کم می شود. در این حالت زاویه اختلاف فاز کم شـده و مدار به سـمت خاصیت اهمی بیشتر میل می کند.

در شـکل ۶۴ـ۹ کاهـش زاویه اختلاف فـاز را به خوبی می توان مشاهده کرد.

$(\phi_3 < \phi_2 < \phi_1)$



شکل ۶۵-۹

مثال: در مدار شکل ۶۵ـ۹ مطلوب است:

الف ـ امپدانس مدار

ب ـ جریان کل مدار

ج ـ جریان هر شاخه

د ـ ضریب قدرت واته

حل: مقادیر خواسـته شـده را به صورت مقابل محاسبه می کنیم:

$$Z = \frac{R.X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

$$Z = \frac{6 \times 8}{\sqrt{(6)^2 + (8)^2}} = \frac{48}{10} = 4/8\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{96}{4/8} = 20A$$

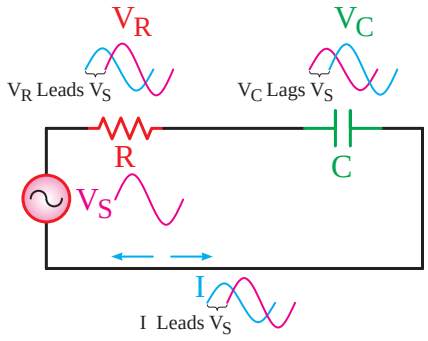
$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{96}{6} = 16A$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{96}{8} = 12A$$

$$\cos\Phi = \frac{Z}{R} = \frac{4/8}{Z} = ./8$$

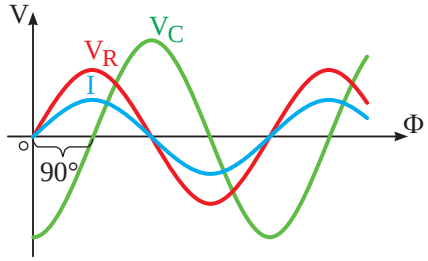
پ مدار RC سری:

شـــکل ۶۶ـ۹ نمونه‌ای از این مدارها را نشان می دهد. از نظر فازی رابطه ی که بین ولتاژ و جریان وجود دارد شـــامل خصوصیات هر دو عنصر مدار است.



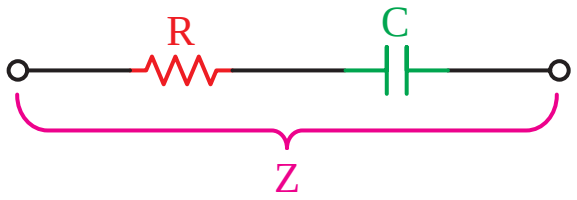
شکل ۶۶ـ۹ـ مدار RC سری

اندازه زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان کل مدار بین صفر تا ۹۰ درجه است. (شکل ۶۷ـ۹)



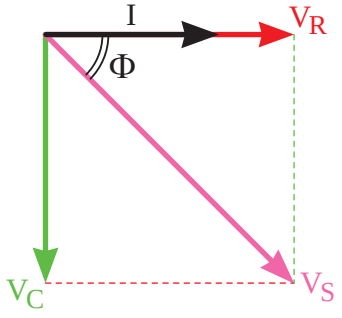
شکل ۶۷ـ۹ـ شکل موج های ولتاژی و جریان مدار RC سری

مقاومـــت معادل این مـــدار را تحت عنـــوان «امپدانس» می نامیم کـــه در برگیرنده هر دو خاصیـــت اهمی و خازنی مدار است. (شکل ۶۸ـ۹)



شکل ۶۸ـ۹- دیاگرام برداری امپدانس

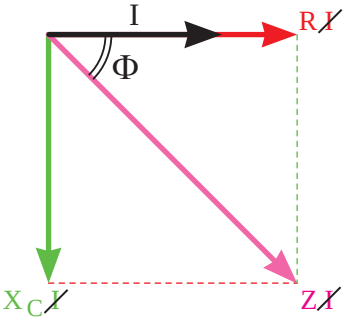
در یک مدار ســـری جریان تمامی عناصر یکسان است و ولتاژ بین اجزای مدار و به نسبت مقاومت ها تقسیم می شود. در مقاومت اهمی ولتاژ و جریان هم‌فاز ولی در خازن جریان به اندازه ۹۰ درجه پیش‌فاز اســـت. بر همین اساس دیاگرام برداری ولتاژهای مدار RC سری مطابق شکل ۶۹ـ۹ خواهد شد. مقدار * از رابطه زیر به دست می آید:



شکل ۶۹ـ۹ـ دیاگرام برداری ولتاژها

$$V_S = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

مشـــابه 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 امپدانس ها به دست می آید. (شکل ۷۰ـ۹)



شکل ۷۰ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس

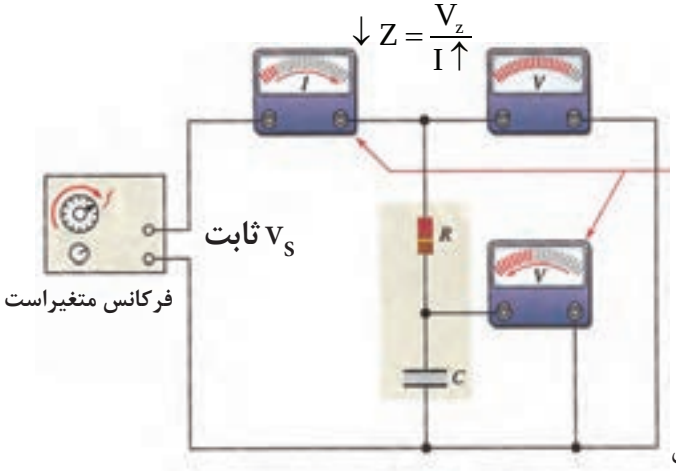
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

از روی دیاگرام هـای برداری ولتاژها و امپدانس می توان ضرایب قدرت و ضریب کیفیت را به صور زیر نوشت:

$$\sin\Phi = \frac{V_C}{V_S} = \frac{X_C}{Z}$$

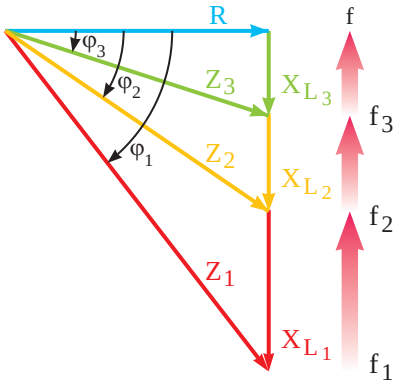
$$\cos\Phi = \frac{V_R}{V_S} = \frac{R}{Z}$$

$$tg\Phi = \frac{V_C}{V_R} = \frac{X_C}{R}$$



شکل ۹-۷۱

بـا افزایش فرکانس در مدار RC سـری مقدار راکتانس خازنـی کاهـش می یابد. در ایـن حالت افت ولتاژ دو سـر خازن کم می شـود و زاویه اختلاف فـاز آن کاهش می یابد و مدار به سـمت مقاومت اهمی میل می نماید. شکل ۹ـ۷۱ وضعیت مدار و شـکل ۹ـ۷۲ دیاگرام برداری امپدانس را در فرکانس های مختلف نشان می دهد.



شکل ۹ـ۷۲ـ دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس های مختلف

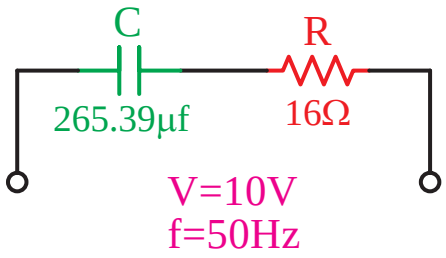
مثال: در مدار شـکل ۹ـ۷۳ از یک مقاومت اهمی و یک خازن تشکیل شده است مطلوب است:

الف ـ امپدانس مدار

ب ـ جریان مدار

ج ـ ولتاژ دو سر هر عنصر

د ـ مقدار $tg\Phi$



شکل ۹-۷۳

حل:

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi f.c}$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\times۳/۱۴\times۵۰\times۲۶۵/۳۹\times۱۰^{-۶}} = ۱۲\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^۲ + X_C^{\ ۲}} = \sqrt{(۱۶)^۲ + (۱۲)^۲} = ۲۰\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{۱۰۰}{۲۰} = ۵A$$

$$V_R = R.I = ۱۶\times۵ = ۸۰v$$

$$V_C = X_C.I = ۱۲\times۵ = ۶۰۷$$

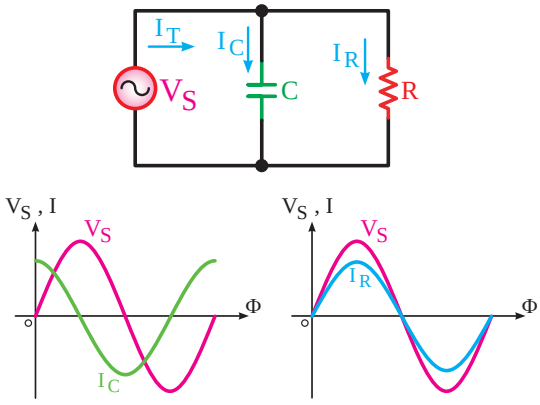
$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{۱۶}{۲۰} = ۰/۸$$

$$tg\Phi = \frac{X_C}{R} = \frac{۱۲}{۱۶} = ./۷۵$$

ت مدار RC موازی:

در این مدارها یک مقاومت و یک خازن به صورت موازی قرار می گیرند. (شکل ۷۴ـ۹)

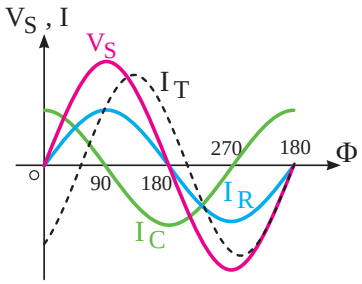
عامل مشترک در این مدارها مانندسایرمدارهای موازی، ولتاژ است در صورتی که جریان کل در بین شاخه ها به نسبت عکس مقدار مقاومت های مدار تقسیم می شود. جریان در شاخه اهمی با ولتاژ هم فاز است و جریان در شاخه خازنی به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ جلوتر (پیش فاز) است.



شکل ۷۴ـ۹ـ مدار RC موازی

مجموع (برآیند) زوایای اختلاف فاز ایجاد شده در دو شاخه مدار، جریان کل مدار I_T را نسبت به ولتاژ کل SV صفر تا ۹۰ درجه پیش فاز می کند. (شکل ۷۵ـ۹) همانگونه که می دانید مقاومت معادل بین دو شاخه موازی را امپدانس می نامند. مقدار امپدانس از رابطه زیر محاسبه می شود:

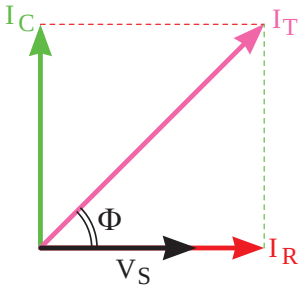
$$Z = \frac{R.X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$



شکل ۷۵ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ و جریان مدار RC موازی

دیاگرام برداری جریان های مدار مطابق شکل ۷۶ـ۹ رسم می شود و رابطه نهایی جریان کل به صورت زیر است:

$$L_T = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

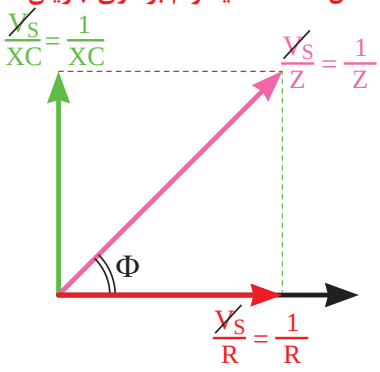


شکل ۷۶ـ۹ـ دیاگرام برداری جریان ها

در صورت جایگزینی معادل جریان ها در دیاگرام شکل ۷۶ـ۹ دیاگرام برداری ادمیتانس ها به دست می آید. شکل ۷۷ـ۹ مقدار امپدانس که عکس ادمیتانس است با توجه به بردارهای مدار از رابطه زیر محاسبه می شود.

(طبق رابطه فیثاغورث)

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{X_C^2} + \frac{1}{R^2}$$



شکل ۷۷ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس (ادمیتانس)

پـــس از مخرج مشـــترک گرفتن و ســـاده کـــردن رابطه امپدانس چنین به دست می آید.

$$Z=\frac{R.X_C}{\sqrt{R^2+X_C^2}}$$

برای محاسبه روابط ضرایب قدرت می توان از دیاگرام های برداری جریان ها و امپدانس ها اســـتفاده کرد و روابط مقابل را به دست آورد.

افزایش فرکانـــس در این مدارها باعث می شـــود تا Xc کاهش یابد و جریان شاخه خازنی زیاد شود. در این حالت:

$$\downarrow X_C=\frac{1}{2\pi f.c}\Rightarrow\uparrow I_C=\frac{V_S}{X_C\downarrow}$$

خاصیـــت خازنی مدار بیشـــتر شـــده و در نتیجـــه زاویه اختلاف فاز مدار افزایش می یابد. (شکل ۷۸ـ۹)

مثـــال: خازنی به ظرفیت ۱۰۶۱/۵۷μf با یک مقاومت ۴ اهمـــی به طور موازی به ولتاژ متناوب ۱۲۰ ولتی با فرکانس ۵۰ هرتز اتصال داده شده است. مطلوب است:

الف ـ جریان هر یک از عناصر

ب ـ جریان کل مدار

ج ـ امپدانس مدار

د ـ ضریب قدرت واته و دواته مدار

حل: با توجه به توضیحات فوق شـــکل مدار را به صورت شکل ۷۹ـ۹ می توان رسم کرد:

$$X_C=\frac{1}{2\pi f.c}=\frac{1}{2\times3/14\times50\times1061/57\times10^{-6}}$$

$$=3\Omega$$

$$I_R=\frac{V}{R}=\frac{120}{4}=30A$$

$$I_C=\frac{V}{X_C}=\frac{120}{3}=40A$$

$$I=\sqrt{I_R^2+I_C^2}=\sqrt{(30)^2+(40)^2}=50A$$

$$Z=\frac{V}{I}=\frac{120}{50}=2/4\Omega$$

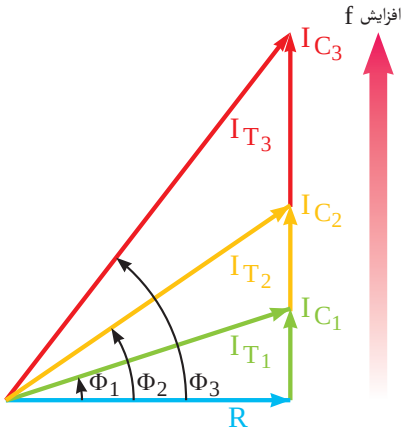
$$\cos\varphi=\frac{Z}{R}=\frac{2/4}{4}=0/6$$

$$\sin\varphi=\frac{Z}{X_C}=\frac{2/4}{3}=0/8$$

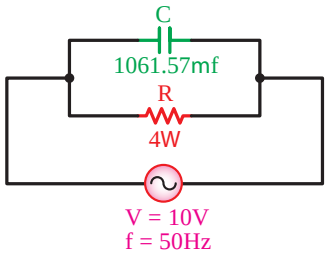
$$\sin\Phi=\frac{I_C}{I_T}=\frac{1/X_C}{1/Z}=\frac{Z}{X_C}$$

$$\cos\Phi=\frac{I_R}{I_T}=\frac{1/R}{1/Z}=\frac{Z}{R}$$

$$tg\Phi=\frac{I_C}{I_R}=\frac{1/X_C}{1/R}=\frac{R}{X_C}$$



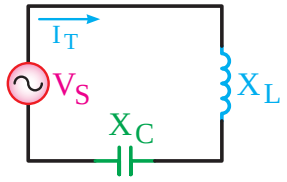
شکل ۷۸ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس های مختلف



شکل ۷۹ـ۹ـ مدار L_C سری

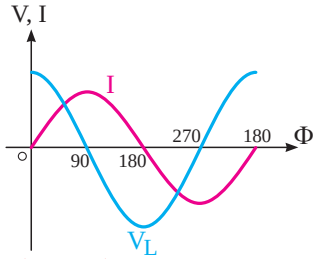
ث مدار LC سری:

در شکل ۹ـ۸۰ تصویر مدار LC سری را ملاحظه می کنید. در این مدار جریان عبوری برای سلف و خازن ثابت است (عامل مشترک) ولی ولتاژ کل در بین عناصر سلفی و خازنی تقسیم می شود.



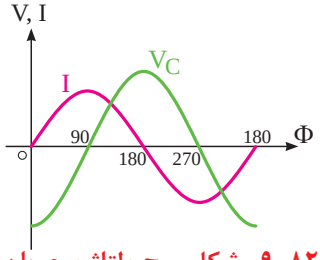
شکل ۹ـ۸۰ـ مدار L_C سری

شکل ۹ـ۸۱ رابطه فازی بین ولتاژ و جریان در سلف را نشان می دهد.



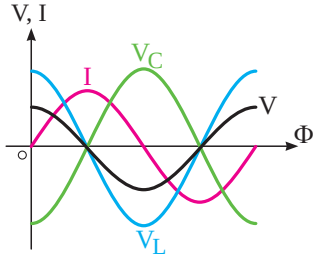
شکل ۹ـ۸۱ـ شکل موج ولتاژ و جریان سلف

در شکل ۹ـ۸۲ رابطه فازی بین ولتاژ و جریان خازن را مشاهده می کنید.



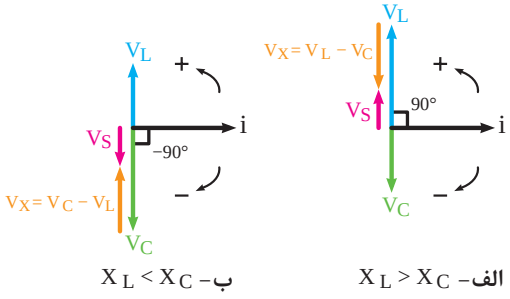
شکل ۹ـ۸۲ـ شکل موج ولتاژ و جریان خازن

رابطه فازی بین ولتاژ و جریان در کل مدار را برای حالتی که $X_L \rangle X_C$ است در شکل ۹ـ۸۳ نشان داده شده است. چون عملکرد خازن و سلف عکس یکدیگر است اثرات یکدیگر را خنثی می کنند. بنابراین در حالتی که $X_L \rangle X_C$ است مدار دارای خاصیت سلفی می شود. در صورتی که $X_C > X_L$ باشد مدار دارای خاصیت خازنی خواهد بود.



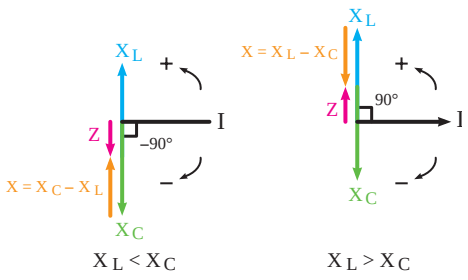
شکل ۹ـ۸۳ـ شکل موج ولتاژ و جریان مدار CL سری در حالت $X_L \rangle X_C$

دیاگرام برداری ولتاژها و امپدانس در اینگونه مدارها را می توان در دو حالت $X_L < X_C, X_L > X_C$ رسم کرد. در شکل ۹ـ۸۴ دیاگرام های ولتاژ را مشاهده می کنید.



شکل ۹ـ۸۴ـ دیاگرام برداری ولتاژها در حالت های مختلف

در شکل ۸۵ـ۹ دیاگرام برداری امپدانس ها در دو حالت $X_C > X_L$ ترسیم شده است.



شکل ۸۵ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس ها در حالت های مختلف

چون بردارها با هم ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند لذا می توان آن ها به صورت خطی با هم جمع برداری (تفریق) کرد. بنابراین روابط ولتاژ کل و امپدانس به صورت مقابل در می آید.

$$V_S = V_L - V_C \quad X_L > X_C$$
یا
$$V_S = V_C - V_L \quad X_L < X_C$$

$$Z = X_L - X_C \quad X_L \rangle X_C$$
یا
$$Z = X_C - X_L \quad X_L \langle X_C$$

در مدارهای LC سری زاویه بین ولتاژ V_S و جریان I برابر با (+۹۰) درجه یا (−۹۰) درجه است. بنابراین در این مدارها ضرایب cos و tg را نمیتوان مطرح کرد زیرا:

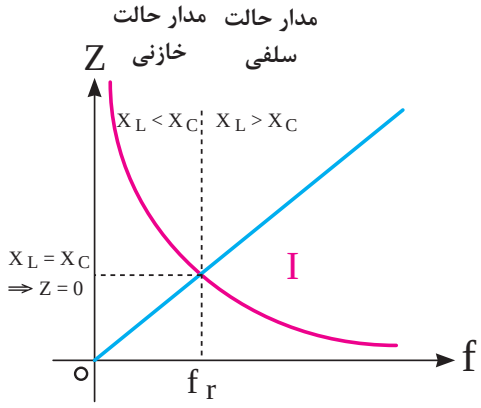
$$\cos(۹۰) = ۰ \qquad \cos(-۹۰) = ۰$$
$$tg(۹۰) = \text{نامشخص} \qquad tg(-۹۰) = \text{نامشخص}$$

ضریب $\sin\varphi$ در این مدارها برابر با (+۱) یا (−۱) است.

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 می شود

$$\sin(۹۰) = ۱ \qquad \sin(-۹۰) = -۱$$

$$\uparrow X_L = ۲\pi f \uparrow L \qquad \downarrow X_C = \frac{۱}{۲\pi f \uparrow c}$$



شکل ۸۶ـ۹ـ منحنی های تغییرات CX و LX به ازای تغییرات فرکانس

به همین دلیل در مدارهای LC نقطه خاصی وجود دارد که آن را نقطه «رزنانس»[1] می نامند. نقطه رزنانس نقطه ای است که در آن نقطه، خازن موجود در مدار اثر سلف را خنثی می کند. منحنی تغییرات امپدانس نسبت به فرکانس در این مدارها مشابه شکل ۸۶ـ۹ است. با توجه به شکل در نقطه ای که $X_L = X_C$ است حالت رزنانس به وجود می آید. فرکانس رزنانس از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$f = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$

1 - Resonance

چـون در حالـت رزنانـس $X_L = X_C$ اسـت. بنابراین جریـان کل مدار در حالت رزنانس خیلی زیاد (بی نهایت∞) می شود.

مثال: جریان مدار شکل ۸۷ـ۹ چند آمپر است؟

حل:

$$X_L = ۲\pi f.L$$

$$X_L = ۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۵۱\times ۱۰^{-۳} = ۱۶\Omega$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi f.c}$$

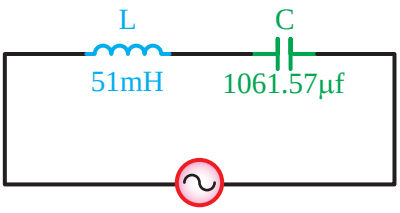
$$X_C = \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۱۰۱۶/۵۷\times ۱۰^{-۶}} = ۳\Omega$$

چـون مقـدار X_L بزرگتـر از مقـدار X_C اسـت و مدار خاصیت سـلفی دارد لذا رابطه امپدانس را به صورت زیر به کار می بریم.

$$Z = X_L - X_C$$

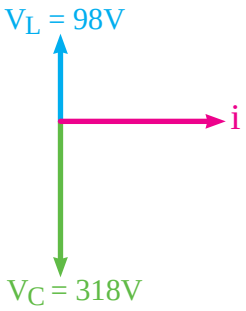
$$Z = ۱۶ - ۳ = ۱۳\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{۲۲۰}{۱۳} = ۱۶/۹A$$



شکل ۸۷ـ۹ـ مدار LC سری

مثال: دیاگرام برداری یک مدار LC سـری مطابق شکل ۸۸ـ۹ اسـت در صورتی که مقدار راکتانس خازنی ۳۱۸ اهم باشد مقدار راکتانس سلف و ولتاژ کل مدار چقدر است؟



شکل ۸۸ـ۹ـ دیاگرام برداری ولتاژهای مدار LC سری

حل:

$$V_S = V_C - V_L$$

$$V_S = ۳۱۸ - ۹۸ = ۲۲۰v$$

$$V_C = X_C.I \Rightarrow I = \frac{V_C}{X_C}$$

$$I = \frac{۳۱۸}{۳۱۸} = ۱A$$

$$V_L = X_L.I \Rightarrow I = \frac{V_L}{I}$$

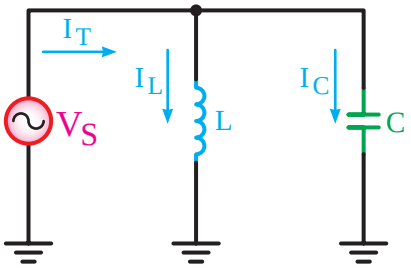
$$X_L = \frac{۹۸}{۱} = ۹۸\Omega$$

$$X_L = ۲\pi f.L \Rightarrow L = \frac{X_L}{۲\pi f} = \frac{۹۸}{۲\times ۳/۱۴\times ۵۰} = ۰/۳۱h$$

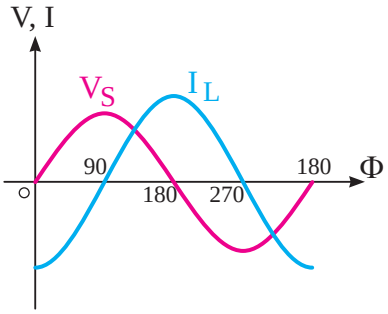
ج مدار LC موازی:

شـکل ۸۹ـ۹ تصویر مدار LC موازی را نشـان می دهد. ولتاژ (V_S) برای هر دو عنصر مدار یکسـان اسـت و جریان کل (I_T) این دو شـاخه به نسبت عکس راکتانس ها تقسیم می شود.

در شـاخه خازنی جریان I_C نسبت به ولتاژ V_S به اندازه ۹۰ درجه جلوتر و در شـاخه سـلفی جریان (I_L) نسبت به ولتاژ (V_S) به اندازه ۹۰ درجه عقبتر.

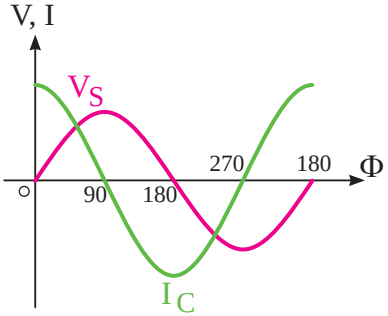


شکل ۸۹ـ۹ـ مدار LC موازی



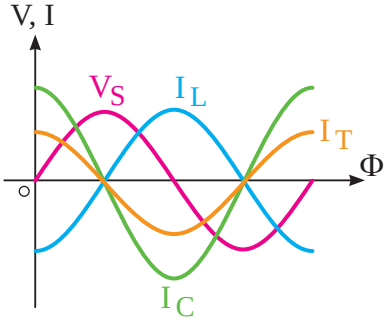
شکل ۹۰ـ۹ـ شکل موج ولتاژ و جریان سلف

شـکل ۹۰ـ۹ رابطه فازی جریان و ولتاژ شـاخه سلفی و شکل ۹۱ـ۹ رابطه فازی جریان و ولتاژ شاخه خازنی را نشان می دهند.



شکل ۹۱ـ۹ـ شکل موج ولتاژ و جریان خازن

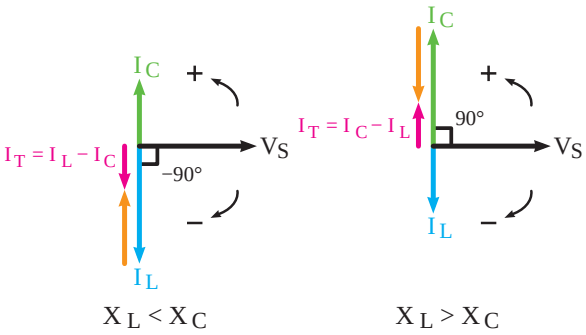
این مـدار می تواند یکـی از دو حالـت $X_C \rangle X_L$ یا $X_L \rangle X_C$ را داشـته باشـد. بنابراین شـکل مربوط به رابطه فـازی ولتـاژ و جریـان را می توان برای هـر دو حالت فوق رسم کرده. در شکل ۹۲ـ۹ فقط حالت $X_L \rangle X_C$ رسم شده است.



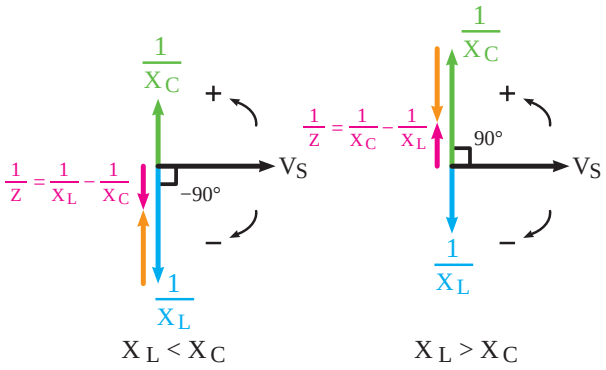
شکل ۹۲ـ۹ـ شکل موجهای ولتاژ و جریان مدار LC موازی در حالت $X_L \rangle X_C$

دیاگـرام برداری جریان های مدار در دو حالت $X_L \rangle X_C$ و $X_C \rangle X_L$ درشکل ۹۳ـ۹ نشان داده شده است.

می توانیم به جای جریان ها از معادل آن ها یعنی: $\frac{V_S}{I_T}$ و $\frac{V_S}{I_L}$ و $\frac{V_S}{I_C}$ استفاده کنیم و دیاگرام برداری ادمیتانس ها (Y) را طبق شکل ۹۴ـ۹ به دست آوریم.



شکل ۹۳ـ۹ـ دیاگرام برداری جریان I_L در حالت های مختلف



شکل ۹۴ـ۹ـ دیاگرام برداری عکس امپدانس ها (ادمیتانس ها) در حالت های مختلف

بردار برآیند جریان ها و ادمیتانس ها در مدار LC موازی نیز مشـابه مدار L_C سـری به صورت جبری (خطی) با هم جمع می شوند. یعنی:

$$I_T = I_C - I_L \qquad X_L \rangle X_C$$
$$I_T = I_L - I_C \qquad X_C \rangle X_L$$

$$\frac{۱}{Z} = \frac{۱}{X_C} - \frac{۱}{X_L} \qquad X_L \rangle X_C$$
$$\frac{۱}{Z} = \frac{۱}{X_L} - \frac{۱}{X_C} \qquad X_C \rangle X_L$$

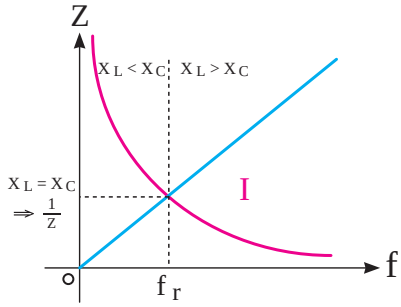
در مدارهای LC موازی ـ مشـابه مدارهای سـری بین ولتاژ و جریان یک اختلاف فاز ۹۰ درجه وجود دارد. ضرایب قدرت به شرح زیر است:

$\cos(۹۰) = ۰$	$\cos(-۹۰) = ۰$
$\sin(۹۰) = ۱$	$\sin(-۹۰) = -۱$
$tg(۹۰) =$ نامشخص	$tg(-۹۰) =$ نامشخص

متناسب با تغییرات فرکانس، مدار در یکی از حالت های سلفی، خازنی و یا رزنانس منحنی تغییرات امپدانس نسبت به فرکاس در شکل ۹۵ـ۹ ترسیم شده است.

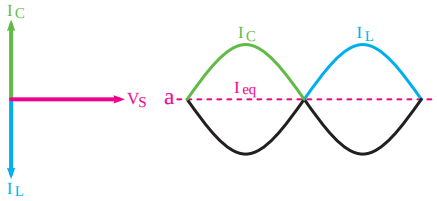
مقـدار فرکانـس رزنانس مـدار از رابطه زیر به دسـت می آید.

$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$



شکل ۹۵ـ۹ـ منحنی تغییرات X_L و X_C به ازای تغییرات فرکانس

به علت مخالفت سلف با خازن اگر I_C با I_L مساوی باشد جریان کل مدار در حالت رزنانس برابر با صفر است. (شکل ۹۶ـ۹)



شکل ۹۶ـ۹ـ وضعیت بردارها در حالت رزنانس

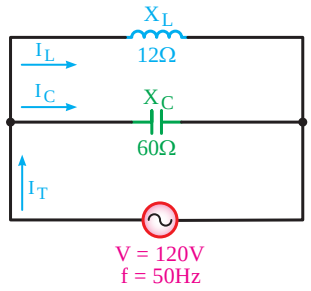
مثال: جریان کل و جریان هر شاخه شکل ۹۷ـ۹ را به دست آورید.

حل:

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{۱۲۰}{۱۲} = ۱۰A$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{۱۲۰}{۶۰} = ۲A$$

$$I_T = I_L - I_C = ۱۰ - ۲ = ۸A$$



شکل ۹۷ـ۹ـ مدار LC موازی

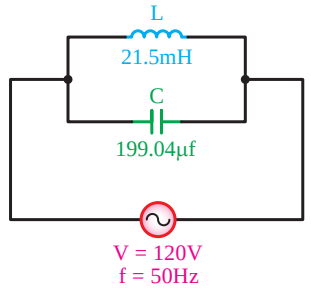
مدار حالت سلفی دارد.

مثال: در مدار شکل ۹۸ـ۹ مطلوب است:

الف ـ امپدانس مدار

ب ـ جریان کل مدار

ج ـ فرکانس رزنانس



شکل ۹۸ـ۹

حل:

$$X_L = ۲\pi fL = ۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۲۱/۵\times ۱۰^{-۳} = ۸\Omega$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi f.c} = \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۱۹۹/۰۴\times ۱۰^{-۶}} = ۱۶\Omega$$

$$Z = \frac{X_C.X_L}{X_C - X_L} = \frac{۱۶\times ۸}{۱۶-۸} = \frac{۱۲۸}{۸} = ۱۶\Omega$$

$$I = \frac{V_S}{Z} = \frac{۱۰۰}{۱۶} = ۶/۲۵A$$

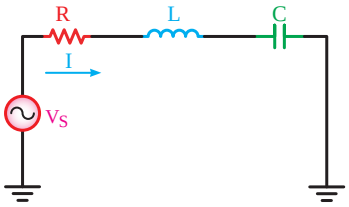
$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times \sqrt{۲۱/۵\times ۱۰^{-۳}\times ۱۹۹/۰۴\times ۱۰^{-۶}}}$$

$$f_r = ۷۶/۹۷H_Z$$

ج مدار RLC سری:

در شکل ۹۹ـ۹ تصویر مدار RLC سری نشان داده شده است. در این مدار چون خازن، مقاومت و سلف با هم وجود دارد. سه نوع اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان می آید. در مدار سری، جریان در تمامی عناصر یکسان است و ولتاژ V_S بین اجزای مدار به نسبت مقاومت ها تقسیم می شود.



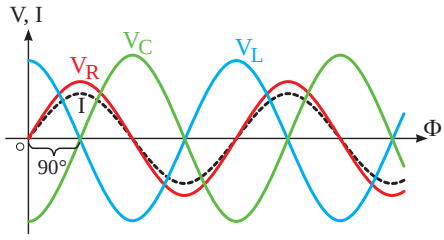
شکل ۹۹ـ۹ـ مدار RLC سری

همانگونه که در شـکل ۱۰۰ـ۹ مشاهده می شود روابط فازی بین ولتاژها و جریان کل مدار به شرح زیر است:

۱ـ V_L نسبت به I ، ۹۰ درجه پیش فاز می شود.

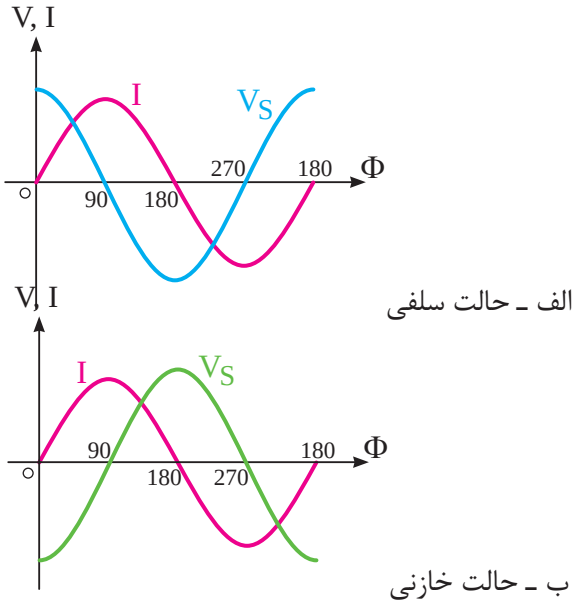
۲ـ V_C ۹۰ درجه نسبت به I پس فاز است.

۳ـ V_R با جریان I هم فاز است.



شکل ۱۰۰ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ و جریان عناصر مدار RLC سری

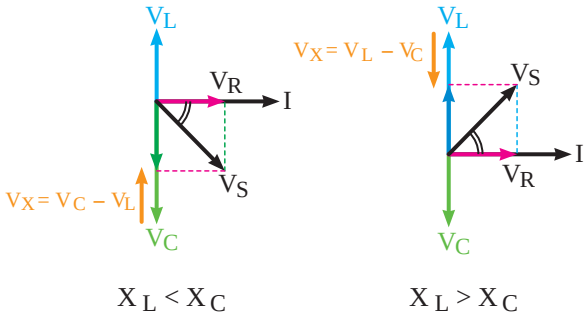
با توجه به روابط فازی اشاره شده می توان نتیجه گرفت بیـن ولتاژ و جریان کل مدار با توجـه به مقادیر مقاومت ها می توانـد یک زاویه اختلاف فاز در محـدوده ۹۰- درجه تا ۹۰+ درجـه به وجـود آید. در ازاء افزایش راکتانس سـلفی مدار (X_L) مدار حالت سلفی پیدا می کند و اختلاف فاز به ۹۰+ درجه نزدیک می شـود (شکل ۱۰۱ـ۹ـ الف) و چنانچه راکتانس خازنی مدار (X_C) نسبت به راکتانس سلفی (X_L) افزایش یابد مدار خاصیت خازنی پیدا می کند و زاویه اختلاف فاز به ۹۰- درجه نزدیک می شود. (شکل ۱۰۱ـ۹ـ ب)



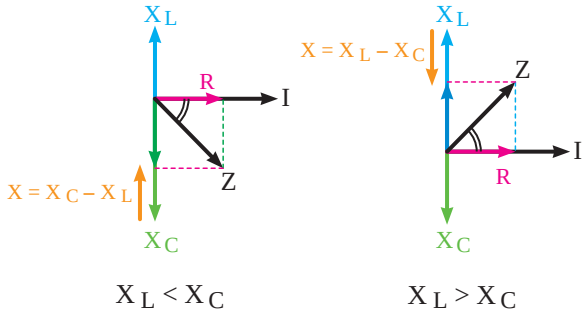
شکل ۱۰۱ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ و جریان کل مدار در حالت های سلفی و خازنی

دیاگـرام بـرداری ولتاژهـا را در دو حالـت $X_L \rangle X_C$ ، $X_C \rangle X_L$ می توان رسم کرد.

شـکل ۱۰۲ـ۹ دیاگرام برداری ولتاژها و شـکل ۱۰۳ـ۹ دیاگرام برداری امپدانس ها را نشان می دهد.



شکل ۱۰۲ـ۹ـ دیاگرام برداری ولتاژها در حالت های مختلف



شکل ۱۰۳ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس ها در حالت های مختلف

مانند مدارهای سری قبل برای مثلث های تشکیل شده در دیاگرام های برداری می توان رابطه فیثاغورث را به شرح زیر نوشت. شکل موج ولتاژهای دو سر سلف، خازن و ترکیب آن ها را در شکل ۱۰۴ـ۹ مشاهده می کنید.

$$V_S = \sqrt{V_R^{۲} + (V_L - V_C)^{۲}} \qquad V_L \rangle V_C$$
$$V_S = \sqrt{V_R^{۲} + (V_C - V_L)^{۲}} \qquad V_C \rangle V_L$$

$$Z = \sqrt{R^{۲} + (X_L - X_C)^{۲}} \qquad X_L \rangle X_C$$
$$Z = \sqrt{R^{۲} + (X_L - X_C)^{۲}} \qquad X_C \rangle X_L$$

ضریب قدرت و ضریب کیفیت در مدارهای RLC براساس روابط زیر قابل محاسبه است.

$$\cos\Phi = \frac{V_R}{V_S} = \frac{R}{Z}$$
$$\sin\Phi = \frac{V_X}{V_S} = \frac{X^{(۱)}}{Z}$$
$$tg\Phi = \frac{V_X}{V_R} = \frac{X}{R}$$

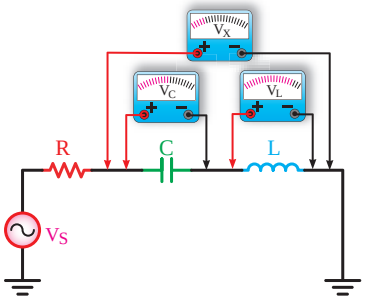
در این مدارها افزایش فرکانس روی X_L و X_C مؤثر است به طوری که سبب افزایش X_L و کاهش X_C می شود. زیرا:

$$\uparrow X_L = ۲\pi f \uparrow .L \qquad \downarrow X_C = \frac{۱}{۲\pi f \uparrow .c}$$

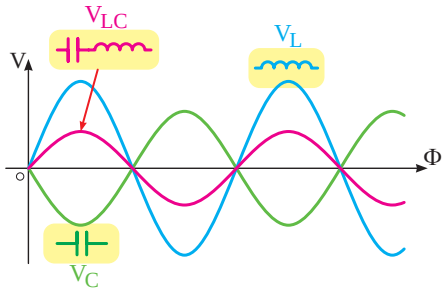
در مدارهای RCL به ازای تغییر فرکانس نقطه ای به وجود می آید که در آن نقطه مقدار X_L با X_C برابر می شود.

این حالت را در اصطلاح «رزنانس یا تشدید» می نامند. فرکانس آن را با (fr) نمایش می دهند. (شکل ۱۰۵ـ۹)

شکل ۱۰۵ـ۹ منحنی تغییرات X_L و X_C را نسبت به تغییر فرکانس نشان می دهد. با توجه به این که در

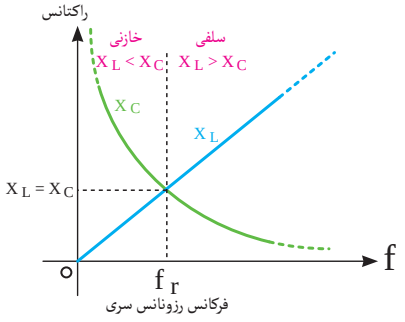


الف-وضعیت مداری عناصر



ب)شکل موج دو سر عناصر

شکل ۱۰۴ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ، سلف، خازن و ترکیب آن ها به همراه وضعیت مداری



شکل ۱۰۵ـ۹ـ منحنی تغییرات X_C و X_L به ازای تغییرات فرکانس

۱- منظور از X راکتانس معادل بین X_L و X_C مدار است.

لحظه رزنانس خاصیت های سلفی و خازنی یکدیگر را خنثی می کنند امپدانس مدار برابر با $Z = R$ خواهد شد.

فرکانس رزنانس مدار را به صورت زیر می توان محاسبه کرد.

در حالت رزنانس $X_L = X_C$

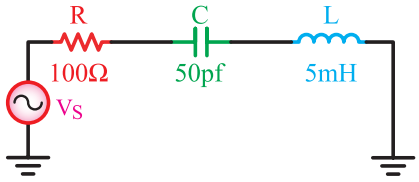
$$۲\pi f_r L = \frac{۱}{۲\pi fr.C}$$

$$f_r^{۲} = \frac{۱}{۴\pi^{۲} LC}$$

$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$

مثال: فرکانس رزنانس مدار شکل ۱۰۶ـ۹ چقدر است؟

حل: با استفاده از رابطه fr داریم:



شکل ۱۰۶ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ و جریان کل مدار در شرایط مختلف

$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}} = \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times\sqrt{(۵mh)(۵۰pf)}}$$

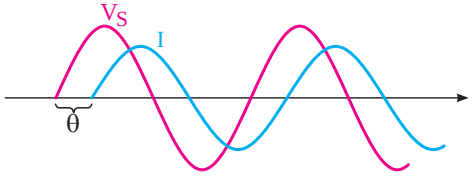
$$f_r = \frac{۱}{۶/۲۸\sqrt{۵\times۱۰^{-۳}\times۵۰\times۱۰^{-۱۲}}}$$

$$= \frac{۱}{۶/۲۸\sqrt{۲۵\times۱۰^{-۱۴}}}$$

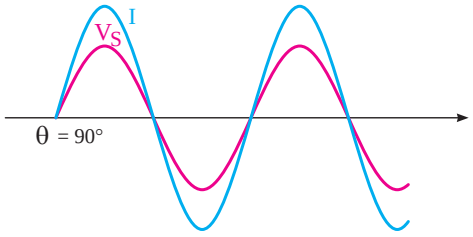
$$f_r = \frac{۱}{۶/۲۸\times۵\times۱۰^{-۷}} = \frac{۱۰^{۷}}{۳/۱۴} = ۳۱۸۰۰۰Hz$$

$$= ۳۱۸kHz$$

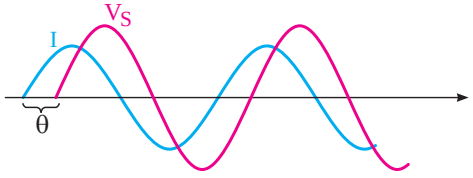
از مجموعــه مطالب فوق می توان نتیجــه گرفت که در فرکانس های کمتر از فرکانس رزنانس X_C زیاد است و مدار حالت خازنی دارد به عبارت دیگر جریان مدار (I) نسبت به ولتاژ کل (V_S) به اندازه θ درجه جلوتر اســت. در شرایطی که فرکانس مدار بیشتر از فرکانس رزنانس باشد مقدار (X_L) زیادتر می شود و جریان I اندازه θ درجه از ولتاژ (V_S) عقب می ماند. بنابراین در حالت رزنانس مدار فقط خاصیت اهمی دارد و ولتاژ (V_S) با جریان I هم فاز است. در شکل ۱۰۷ـ۹ این مطلب نشان داده شده است.



الف ـ بالاتر از f_r، I عقب‌تر از V_S



ب ـ برابر f_r، I هم فاز V_S



ج ـ زیر f_r ، Iجلوتر از V_S

شکل ۱۰۷ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ و جریان کل مدار در شرایط مختلف

مثـال: بـا در نظر گرفتـن مدار شـکل ۱۰۸ـ۹ مطلوب است:

الف ـ امپدانس مدار

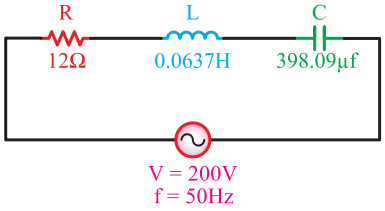
ب ـ جریان مدار

ج ـ ولتاژ دو سر عناصر مدار

د-ضریب قدرت و اته و دو اته

هـ ـ ضریب کیفیت مدار

و ـ فرکانس رزنانس



شکل ۱۰۸-۹

حل:

$$X_L = ۲\pi f.L = ۲\times ۳/۱۴\times ./۰۶۳۷\times ۵۰ = ۲۰\Omega$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi f.C} = \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۳۹۸/۰۹\times ۱۰^{-۶}}$$

$$= ۸\Omega$$

چون $X_L \rangle X_C$ اسـت پس مدار خاصیت سلفی دارد و در نتیجه:

$$Z = \sqrt{R^۲ + (X_L - X_C)^۲} = \sqrt{(۱۲)^۲ + (۲۰-۸)}$$

$$= ۲۰\Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{۲۰۰}{۲۰} = ۱۰A$$

$$V_R = R.I = ۱۲\times ۱۰ = ۱۲۰v$$

$$V_L = X_L.I = ۲۰\times ۱۰ = ۲۰۰v$$

$$V_C = X_C.I = ۸\times ۱۰ = ۸۰v$$

$$\cos\Phi = \frac{R}{Z} = \frac{۱۲}{۲۰} = ./۶$$

$$\sin\Phi = \frac{X}{Z} = \frac{۲۰-۸}{۲۰} = ./۸$$

$$Q = tg\Phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{۲۰-۸}{۱۲} = ۱$$

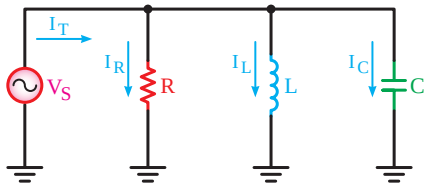
$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times \sqrt{./۰۶۳۷\times ۳۹۸/۰۹\times ۱۰^{-۶}}}$$

$$= ۳۱/۶۲Hz$$

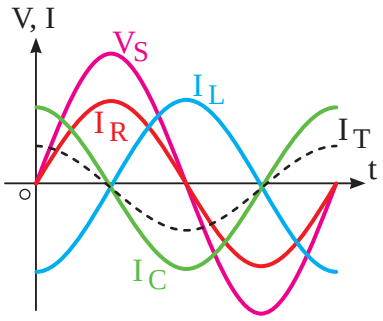
ح مدار RLC موازی:

هرگاه سه عنصر مقاومت، سلف و خازن طبق شکل ۹ـ۱۰۹ اتصال یابند، این اتصال را اتصال موازی می گویند. ولتاژ در این مدارها برای همه عناصر و جریان بین شاخه ها به نسبت عکس مقاومت ها تقسیم می شود.



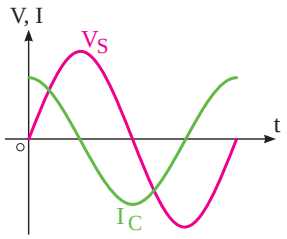
شکل ۹ـ۱۰۹ـ مدار RLCموازی

روابط فازی بین ولتاژ و جریانها به صورت شکل ۹ـ۱۱۰ 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_Sعقب‌تر و جریان I_R با ولتاژ V_S هم فاز است.



شکل ۹ـ۱۱۰ـ شکل موج های ولتاژ و جریان در مدار ۸ موازی

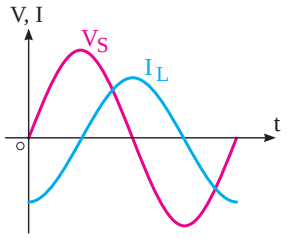
چون جریان شاخه خازنی ۹۰ درجه جلوتر و جریان شاخه سلفی ۹۰ درجه عقبتر از ولتاژ است لذا جریان های سلفی و خازنی با یکدیگر به اندازه ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند، بنابراین دو جریان در دو جهت برآیند بین این دو (I_X) از تفاصل آن ها به دست می آید. شکل ۹ـ۱۱۱ و شکل ۹ـ۱۱۲ شکل موج های جریان های I_C و I_L را نسبت به ولتاژ نشان می دهد.



شکل ۹ـ۱۱۱ـ شکل موج ولتاژ و جریان در شاخه I و V خازنی

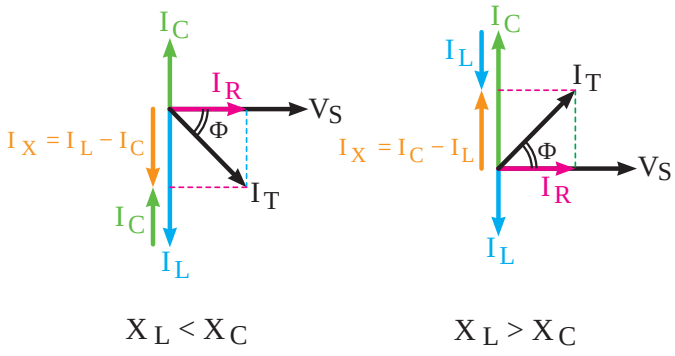
در مدارهای رزنانس با اضافه شدن X_L جریان شاخه سلفی کم می شود و مدار خاصیت خازنی بیشتری پیدا می کند در این حالت زاویه اختلاف فاز بین I_T و V_S در محدوده صفر و ۹۰ درجه در حالت خازنی قرار می‌گیرد. در صورتی که X_C افزایش یابد شرایط عکس اتفاق می افتد و مدار سلفی می شود.

دیاگرام های برداری جریان ها و امپدانس برای دو حالت $X_L \rangle X_C$ و $X_C \rangle X_L$ قابل ترسیم است.



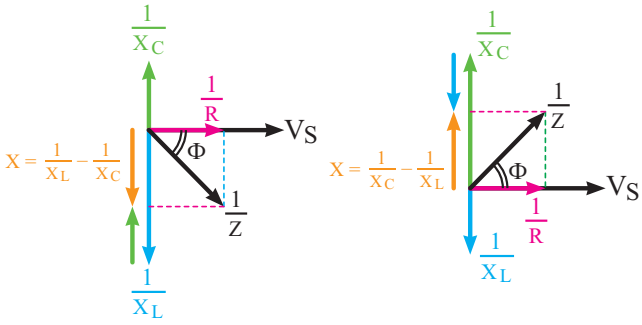
شکل ۹ـ۱۱۲ـ شکل موج ولتاژ و جریان در شاخه سلفی

شـــکل ۱۱۳ـ۹ دیاگرام جریان ها را در دو حالت و شکل ۱۱۴ـ۹ دیاگـــرام عکـــس امپدانس ها را در دو حالت نشـــان می دهد.



$X_L < X_C$ $X_L > X_C$

شکل ۱۱۳ـ۹ـ دیاگرام برداری جریان ها در حالت های مختلف



$X_L < X_C$ $X_L > X_C$

شکل ۱۱۴ـ۹ـ دیاگرام برداری عکس امپدانس (ادمیتانس) در حالت های مختلف

با استفاده از دیاگرام های برداری و رابطه فیثاغورث برای جریان‌ها می توانیم بنویسیم:

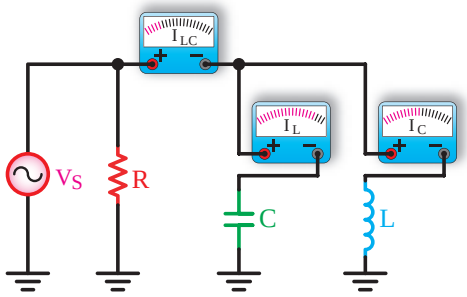
$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} \qquad X_C \rangle X_L$$

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} \qquad X_L \rangle X_C$$

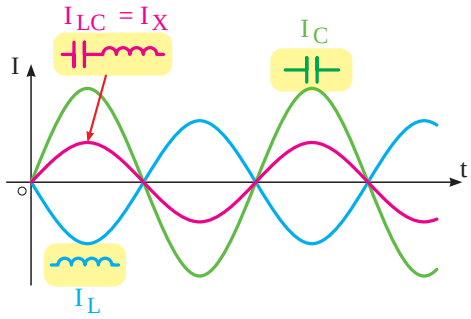
بـــرای محاســـبه امپدانس بایـــد ابتدا راکتانـــس معادل بین ســـلف و خازن مدار را مانند یک مـــدار موازی از رابطه $X = \left|\frac{X_L . X_C}{X_L - X_C}\right|$ [1] به دســـت آورد و ســـپس Z را از روابط زیر به دست آورد. (شکل ۱۱۵ـ۹)

$$Z = \frac{R.X}{\sqrt{R^2 + X^2}} \qquad X_C \rangle X_L$$

$$Z = \frac{R.X}{\sqrt{R^2 + X^2}} \qquad X_L \rangle X_C$$



الف ـ وضعیت مداری عناصر



ب ـ شکل موج دو سر عناصر

شکل ۱۱۵ـ۹ـ شکل موج های جریان سلف ، خازن و ترکیب آن ها به همراه وضعیت مداری

۱- منظور از X راکتانس معادل بین X_L و X_C مدار است.

ضرایب قدرت و ضریب کیفیت در مدارهای RLC موازی از روابط زیر به دست می آید.

$$\cos\Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{Z}} = \frac{Z}{R}$$

$$\sin\Phi = \frac{I_X}{I_T} = \frac{\frac{1}{X}}{\frac{1}{Z}} = \frac{Z}{X}$$

$$tg\Phi = \frac{I_X}{I_R} = \frac{\frac{1}{X}}{\frac{1}{R}} = \frac{R}{X}$$

در حالت رزنانس $\frac{1}{X_L} = \frac{1}{X_C}$ (برابر شدن ادمیتانس ها) می شود و می توانیم بنویسیم $X_L = X_C$ است.

چگونگی محاسبه فرکانس رزنانس (f_r) مانند مدارهای RLC سری است.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

در لحظه رزنانس امپدانس مدار برابر خواهد شد با:

$$X_L = X_C \Rightarrow \boxed{Z = R}$$

در حالت تشدید حداقل جریان از مدار عبور می کند.

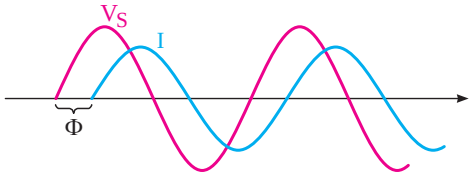
$$I_T = \frac{V_S}{Z} \Rightarrow \boxed{I = \frac{V_S}{R}}$$

در صورت تغییر فرکانس، مدار در سه حالت می تواند قرار گیرد.

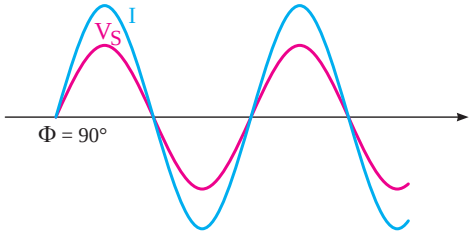
۱ـ به ازای فرکانس های کمتر از فرکانس رزنانس مدار سلفی‌تر می شود.

۲ـ در صورت افزایش فرکانس به مقداری بیشتر از fr مدار دارای خاصیت خازنی می شود.

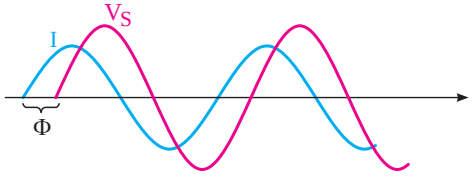
۳ـ در شرایط رزنانس مدار اهمی خالص است. شکل ۱۱۶ـ۹ منحنی های ولتاژ و جریان را در سه حالت نشان می دهد.



الف ـ پایین‌تر از f_r، I عقب‌تر V_S (پس فاز)



ب ـ برابر f_r، I هم فاز با V_S است(هم‌فاز)



ج ـ بالاتر از فرکانس f_r، Iجلوتر از V_S (پیش فاز)

شکل ۱۱۶ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ و جریان کل مدار در شرایط مختلف

تذکر مهم:

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 براساس آن به صورت زیر محاسبه کرد:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

مثال: در مدار شکل ۱۱۷ـ۹ مطلوب است:

الف ـ جریان I_R

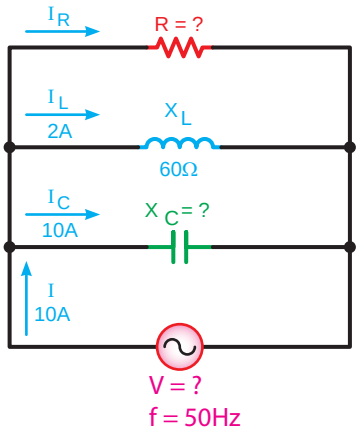
ب ـ ولتاژ مدار

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 می توان عمل کرد:

$$I_T = \sqrt{I_R^{۲} + (I_C - I_L)^{۲}}$$

$$I_R = \sqrt{I_T^{۲} - (I_C - I_L)^{۲}} = \sqrt{(۱۰)^{۲} - (۱۰-۲)^{۲}}$$

$$I_R = ۶A$$

$$V = X_L . I_L = ۶۰ \times ۲ = ۱۲۰v$$

$$R = \frac{V}{I_R} = \frac{۱۲۰}{۶۰} = ۲\Omega$$

$$X_C = \frac{V}{I_C} = \frac{۱۲۰}{۱۰} = ۱۲\Omega$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{۱۲۰}{۱۰} = ۱۲\Omega$$

$$Q = tg\Phi = \frac{I_X}{I_R} = \frac{۱۰-۲}{۶} = \frac{۸}{۶} = ۱/۳$$

$$L = \frac{X_L}{۲\pi f} = \frac{۶۰}{۲ \times ۳/۱۴ \times ۵۰} = ./۱۹\Omega$$

$$C = \frac{۱}{۲\pi f . xc} = \frac{۱}{۲ \times ۳/۱۴ \times ۵۰ \times ۱۲}$$

$$= ۲/۵۶ \times ۱۰^{-۴} f$$

$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$

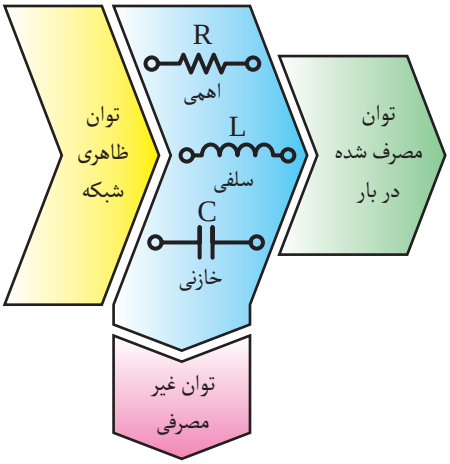
$$= \frac{۱}{۲ \times ۳/۱۴ \times \sqrt{./۱۹ \times ۲/۶۵ \times ۱۰^{-۴}}}$$

$$f_r = ۲۲/۴H_z$$

۸ـ۹ـ انواع توان در جریان متناوب تکفاز

در مدارهـای جریان متناوب از عناصر اهمی ـ سـلفی و خازنی به صورت مستقل و یا ترکیبی استفاده می شود. این عناصر انرژی الکتریکی دریافتی از شـبکه را به صورت های گوناگون ظاهر می کنند.

گروهی از عناصر توان الکتریکی را مورد مصرف قرار داده و گروهی دیگر بـه صورت انرژی ذخیره می کنند. به همین خاطر در شـبکه های متناوب سـه نوع توان خواهیم داشت. (شکل ۱۱۸ـ۹)



شکل ۱۱۸ـ۹ـ بلوک دیاگرام توان ها در جریان متناوب

۱- توان «ظاهری» (S):

طبـق تعریف به حاصل‌ضرب ولتـاژ و جریان مؤثر توان ظاهـری گفته می شـود و به صورت زیر می توان به دسـت آورد.

$$S = V_e.I_e$$

واحد توان ظاهری «ولت آمپر (V.A)» است.

شکل ۱۱۹ـ۹ـ بار اهمی خالص که توان حقیقی مصرف می کند.

۲ـ توان حقیقی ـ مفید ـ اکتیو[1] (P):

توانی که از طرف بار الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته و کار مؤثـر انجـام می دهد را توان حقیقـی (اکتیو ـ مفید) می گویند. این توان مربوط به مصرف کننده های اهمی (R) بوده (شکل ۱۱۹ـ۹) و از روابط زیر محاسبه می شود.

$$P = V_e.I_e.\cos\Phi$$
$$P = R.I_e^{2}$$
$$P = \frac{V_e^{2}}{R}$$

واحد توان حقیقی بر حسب (وات W) است.

1- Active

۳ـ توان «غیرحقیقی ـ غیرمفید ـ راکتیو[1]»:

مقـدار توانی کـه در مقاومت های سـلفی و خازنی ظاهر می شـود ولـی نمی تواند به کار مفید تبدیـل گردد را توان غیرحقیقی (غیرمفید ـ راکتیو) مینامند. (شکل ۱۲۰ـ۹)

ایـن توان به صورت تناوبی بین مصرف کننده و شـبکه رفت و برگشت می شود.

توان غیرمفید را بر حسـب «وار ـ (VAR)» محاسـبه می کنند. در محاسبات مربوط به توان راکتیو معمولاً بارهای سلفی را با علامت مثبت و بارهای خازنی را با علامت منفی در روابط نشان می دهند.

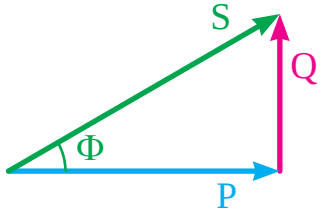
شکل ۱۲۰-۹

$$Q = \pm\left(V_e.I_e.\sin\Phi\right)$$
$$Q = \pm\left(X.I_e^{۲}\right)$$
$$Q = \pm\left(\frac{V_e^{۲}}{X}\right)$$

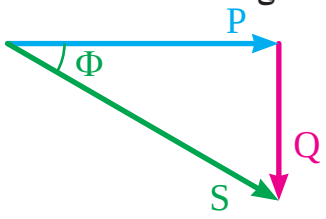
در روابط فوق X معرف راکتانس معادل X_L و X_C مدار است.

توضیح

حاصـل جمـع توان هـای داده شده و گرفته شده (توان ظاهری) بـه صورت بـرداری اسـت و از رابطه $S = \sqrt{P^{۲} + Q^{۲}}$ محاسـبه می شود. (شکل ۱۲۱ـ۹)



الف ـ در حالت سلفی



ب ـ در حالت خازنی

شکل ۱۲۱ـ۹ـ دیاگرام برداری مثلث توان ها در حالت های مختلف

1 - Reactive

مثال: در شکل ۱۲۲ـ۹ مطلوب است:

الف ـ توان های ظاهری، اکتیو و راکتیو مدار

ب ـ ضریب قدرت دواته

حل:

ابتدا امپدانس را به دست می آوریم تا بتوان براساس آن توان ها و ضریب کیفیت را محاسبه کرد.

$$Z=\sqrt{R^{۲}+(X_L-X_C)^{۲}}=\sqrt{(۴۰)^{۲}=(۸۰-۵۰)^{۲}}$$

$$Z=۵۰\Omega$$

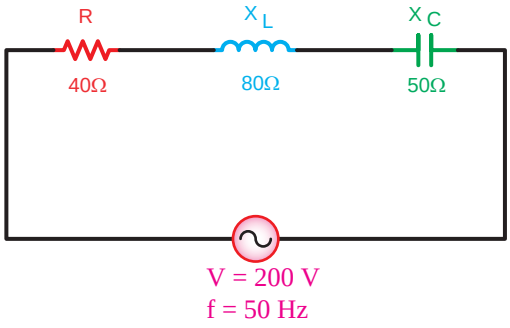
$$I=\frac{V}{Z}=\frac{۲۰۰}{۵۰}=۴A$$

$$S=Z.I^{۲}=۵۰\times(۴)^{۲}=۸۰۰VA$$

$$P=R.I^{۲}=۴۰\times(۴)^{۲}=۶۴۰w$$

$$Q=X.I^{۲}=(۸۰-۵۰)\times(۴)^{۲}=۴۸۰VAR$$

$$\sin\varphi=\frac{X}{Z}=\frac{۸۰-۵۰}{۵۰}=\frac{۳۰}{۵۰}=۰/۶$$



شکل ۱۲۲ـ۹ـ مدار RLC سری

مثال:

در مدار شکل ۱۲۳ـ۹ مطلوب است:

الف ـ ضریب قدرت واته مدار

ب ـ توان ظاهری مدار

ج ـ توان اکتیو و راکتیو مدار

حل:

$$V=I_R.R=۱۲\times۲۰=۲۴۰V$$

$$I_L=\frac{V}{X_L}=\frac{۲۴۰}{۱۲}=۲۰A$$

$$I_L=\sqrt{I_R{}^{۲}+(I_L-I_C)^{۲}}$$

$$I_T=\sqrt{(۱۲)^{۲}+(۲۰-۴)^{۲}}\Rightarrow I_T=۲۰A$$

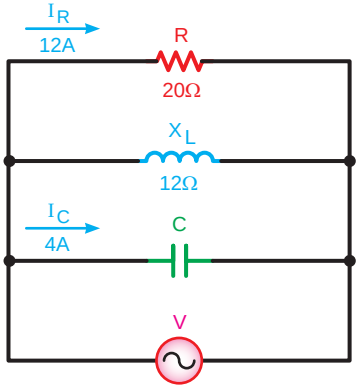
$$\cos\Phi=\frac{I_R}{I_T}=\frac{۱۲}{۲۰}=./۶$$

$$\sin\Phi=\frac{I_X}{I_T}=\frac{۲۰-۴}{۲۰}=\frac{۱۶}{۲۰}=./۸$$

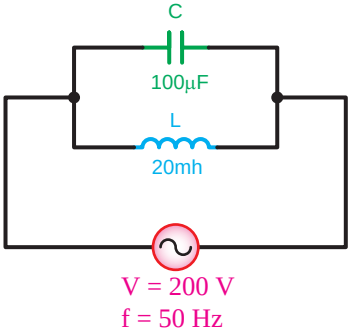
$$S=V_e.I_e=۲۴۰\times۲۰=۴۸۰۰V.A$$

$$P=V_e.I_e.\cos\Phi=۴۸۰۰\times./۶=۲۸۸۰W$$

$$Q=V_e.I_e.\sin\Phi=۴۸۰۰\times./۸=۳۸۴۰VAR$$



شکل ۱۲۳ـ۹ـ مدار RLC موازی



شکل ۱۲۴ـ۹

چون جریان شاخه سلفی بیشتر از شاخه خازنی است لذا توان راکتیو سلفی است و با علامت مثبت نشان می دهیم.

مثال: یک سلف به خودالقایی ۲۰ میلی هانری بایک خازن به ظرفیت ۱۰۰ میکروفاراد مطابق شکل ۱۲۴ـ۹ به صورت موازی به ولتاژ مؤثر ۱۰۰ ولت با فرکانس ۵۰ هرتز متصل شده اند، مطلوب است:

الف ـ جریان مدار

ب ـ توان های اکتیو، راکتیو و ظاهری

حل: مقادیر مجهول به کمک روابط مقابل چنین به دست می آید.

چون مصرف کننده اهمی نداریم توان مصرفی مدار صفر است.

$$X_L = ۲\pi f.L$$

$$X_L = ۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۲۰\times ۱۰^{-۳} = ۶/۲۸\Omega$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi f.C}$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۱۰۰\times ۱۰^{-۶}} = ۳۱/۸\Omega$$

$$\frac{۱}{Z} = \frac{۱}{X_L} - \frac{۱}{X_C} = \frac{X_C - X_L}{X_L.X_C}$$

$$Z = \frac{X_C.X_L}{X_C - X_L} = \frac{۳۱/۸\times ۶/۲۸}{۳۱/۸ - ۶/۲۸} = ۷/۸۲\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{۱۰۰}{۷/۸۲} = ۱۲/۷۸A$$

$$P = ۰$$

$$Q = S = V_e.I_e = ۱۰۰\times ۱۲/۷۸ = ۱۲۷۸VA$$

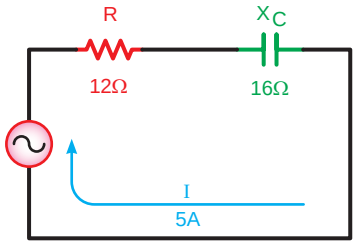
مثال: در مدار شکل ۱۲۵ـ۹ مطلوب است:

الف ـ ولتاژ کل مدار

ب ـ ضرایب واته و دواته مدار

ج ـ توان اکتیو و راکتیو و ظاهری

حل: براساس روابط مدارهای RC سری مقادیر خواسته شده به صورت مقابل به دست می آید.



شکل ۱۲۵-۹

$$Z = \sqrt{R^۲ + X^۲_C}$$

$$Z = \sqrt{(۱۲)^۲ + (۱۶)^۲} = ۲۰\Omega$$

$$V = I.Z$$

$$V = ۵\times ۲۰ = ۱۰۰V$$

$$\cos\Phi = \frac{R}{Z} = \frac{۱۲}{۲۰} = ./۶$$

$$\sin\Phi = \frac{X_C}{Z} = \frac{۱۶}{۲۰} = ./۸$$

$$S = V.I = ۱۰۰\times ۵ = ۵۰۰V.A$$

$$P = S.\cos\Phi = ۵۰۰\times ./۶ = ۳۰۰W$$

$$Q = S.\sin\Phi = ۵۰۰\times ./۸ = ۴۰۰VAR$$

عملیات کارگاهی
(کار عملی ۱۰)

ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: بررسی مدارهای خازنی سری د رجریان

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ سیکنال ژنراتور	۱ دستگاه
۲ـ مولتی‌متر دیجیتالی	۱ دستگاه
۳ـ LC متر	۱ دستگاه
۴ـ بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ـ خازن‌ها	
$C_1 = ۰/۲۲\mu f$ 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
۶ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۷ـ سیم چین	۱ عدد
۸ـ سیم لخت کن	۱ عدد

توجه

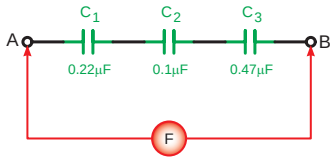
برای اندازه‌گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می‌توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولت‌متری و بار دیگر به صورت آمپرمتری بطور جداگانه استفاده کنید.

مراحل اجرای آزمایش

۱ـ سه خازن C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل ۹ـ۱۲۶ روی بردبرد اتصال دهید و با استفاده از دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل مدار در نقطه A و B را اندازه گیری کنید.

$C_{AB}=$ ☐ μf

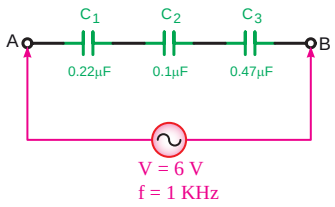
الف ـ شکل واقعی



ب ـ شکل مداری

شکل ۹ـ۱۲۶

۲ـ سیگنال ژنراتور را روی ولتاژ ۶ ولت سینوسی با فرکانس ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و طبق شکل ۹ـ۱۲۷ به دو نقطه A و B مدار وصل کنید.



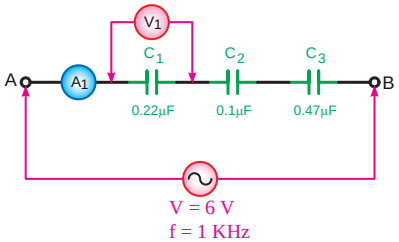
شکل ۹ـ۱۲۷

۳ـ با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی جریان عبوری و ولتاژ دوسر خازن C_1 را اندازه گیری کنید. (شکل ۹ـ۱۲۸)

$V_{C_1}=$ ☐ V

$I_{C_1}=$ ☐ mA

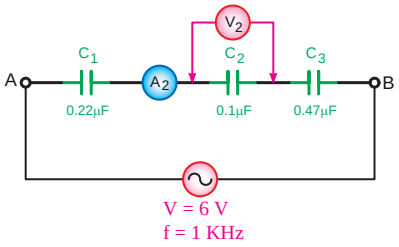
الف ـ شکل واقعی



ب ـ شکل مداری

شکل ۹ـ۱۲۸

۴ـ بـه طور جداگانـه جریان و ولتاژ دو سـر خازن های $C_۲$ و $C_۳$ را طبق شکل های ۱۲۹ـ۹ و ۱۳۰ـ۹ اندازه گیری کنید.



شکل ۱۲۹ـ۹

$V_{C_۲}$ = ☐ V

$V_{C_۳}$ = ☐ V

$I_{C_۲}$ = ☐ mA

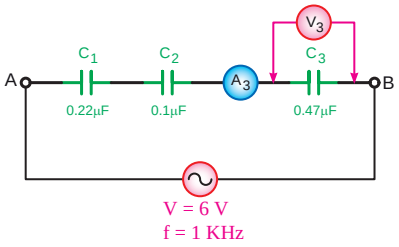
$I_{C_۳}$ = ☐ mA

۵ـ آیا آمپرمترها و ولت مترها مقادیر مسـاوی را نشـان می دهند؟ چرا؟

۶ـ مقـدار جریان و ولتـاژ هر خازن را بـا کمک روابط:

$X_{C_T} = \frac{۱}{۲\pi f.C_T}$ و $I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}}$ و $V_{C_۱} = X_{C_۱}.I_T$،

$V_{C_۲} = X_{C_۲}.I_T$ ، $V_{C_۳} = X_{C_۳}.I_T$ محاسبه کنید.



شکل ۱۳۰ـ۹

$V_{C_۱}$ = ☐ V

$V_{C_۲}$ = ☐ V

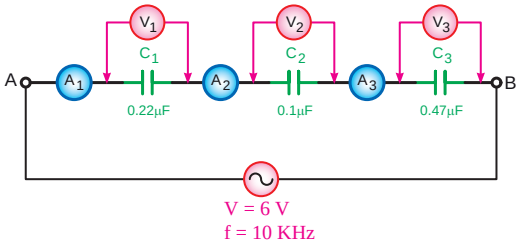
$V_{C_۳}$ = ☐ V

$I_{C_۱}$ = ☐ mA

$I_{C_۲}$ = ☐ mA

$I_{C_۳}$ = ☐ mA

۷ـ فرکانس سـیگنال ژنراتور را به ۱۰kHz تغییر دهید و سـپس جریان و ولتاژ هر خازن را به طور جداگانه مطابق مراحل ۳ و ۴ اندازه گیری کنید.



شکل ۱۳۱ـ۹

$V_{C_۱}$ = ☐ V

$V_{C_۲}$ = ☐ V

$V_{C_۳}$ = ☐ V

$I_{C_۱}$ = ☐ mA

$I_{C_۲}$ = ☐ mA

$I_{C_۳}$ = ☐ mA

۸ـ آیا مقادیر اندازه گیری شـده ولتاژ و جریان خازن ها در فرکانس ۱kHz با فرکانس ۱۰kHz مسـاوی هستند؟ چرا؟

۹ـ مقادیـر جریـان و ولتاژ هر خـازن را با کمک روابط:

$$X_{C_T} = \frac{۱}{۲\pi f.C_T} \quad و \quad I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}} \quad و \quad V_{C_۱} = X_{C_۱}.I_T$$

$V_{C_۲} = X_{C_۲}.I_T$ $V_{C_۳} = X_{C_۳}.I_T$ محاسبه کنید.

$V_{C_۱}$ = ☐ V

$V_{C_۲}$ = ☐ V

$V_{C_۳}$ = ☐ V

$I_{C_۱}$ = ☐ mA

$I_{C_۲}$ = ☐ mA

$I_{C_۳}$ = ☐ mA

۱۰ـ از مقادیر محاسـبه شـده و اندازه گیری شده برای ولتـاژ و جریان هر خازن طی مراحـل ۲ تا ۹ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۱ـ یک خازن ۰/۱μf را مطابق شکل ۹ـ۱۳۲ به صورت سری به مدار اضافه کنید.

۱۲ـ ولتاژ و فرکانس سیگنال ژنراتور را به ترتیب روی ۶ ولت و ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و سپس طبق شکل ۹ـ۱۳۲ به مدار اتصال دهید.

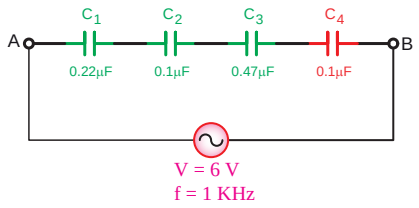
۱۳ـ با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی و طبق شکل ۹ـ۱۳۳ ولتاژ و جریان خازن $C_۱$ را اندازه بگیرید.

$V_{C_۱}$ = ☐ V

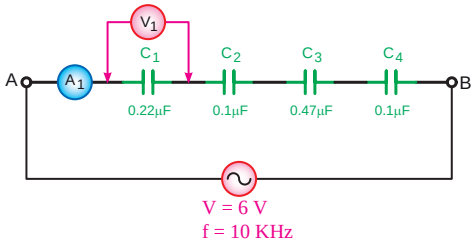
$I_{C_۱}$ = ☐ mA

پاسخ سؤال

۱۰-

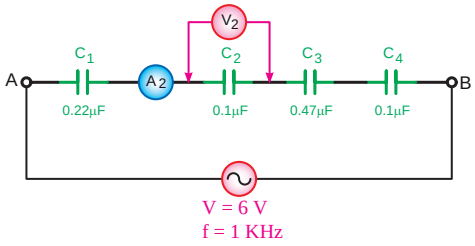


شکل ۹ـ۱۳۲

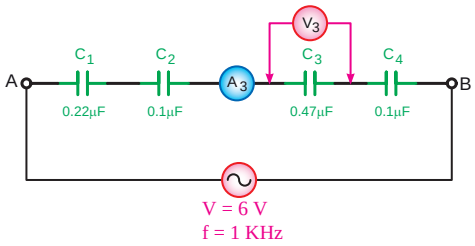


شکل ۹ـ۱۳۳

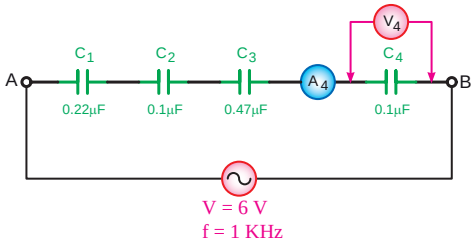
۱۴ـ با تغییر دادن محـل قرار گرفتن مولتی متر جریان عبوری و ولتاژ دو سـر خازن هـای $C_۲$ و $C_۳$ و $C_۴$ را مطابق شکل های ۱۳۴ـ۹ و ۱۳۵ـ۹ و ۱۳۶ـ۹ اندازه گیری کنید.



شکل ۱۳۴-۹



شکل ۱۳۵-۹



شکل ۱۳۶-۹

$V_{C_۲}$ = ☐ V
$V_{C_۳}$ = ☐ V
$V_{C_۴}$ = ☐ V
$I_{C_۲}$ = ☐ mA
$I_{C_۳}$ = ☐ mA
$I_{C_۴}$ = ☐ mA

۱۵ـ مقـدار جریان و ولتاژ هر خـازن را با کمک روابط:

$X_{C_T} = \frac{۱}{۲\pi f.C_T}$ و $I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}}$ و $V_{C_۱} = X_{C_۱}.I_T$،

$V_{C_۲} = X_{C_۲}.I_T$ ، $V_{C_۳} = X_{C_۳}.I_T$ محاسبه کنید.

$V_{C_۱}$ = ☐ V
$V_{C_۲}$ = ☐ V
$V_{C_۳}$ = ☐ V
$V_{C_۴}$ = ☐ V
$I_{C_۱}$ = ☐ mA
$I_{C_۲}$ = ☐ mA
$I_{C_۳}$ = ☐ mA
$I_{C_۴}$ = ☐ mA

۱۶ـ از مقادیر محاسـبه شـده و اندازه گیری شده برای ولتـاژ جریـان هر خازن طـی مراحـل ۱۳ و ۱۴ و ۱۵ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال

۱۶-

۱۷ـ براساس مقادیر به دست آمده از آزمایش های انجام شده ظرفیت واقعی هر یک از خازن های C_1 تا C_4 را به کمک روابط $X_{C_T} = \frac{V}{I}$ ، $I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}}$ 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

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.

$W_{C_1} = \frac{1}{2}C_1V_1^2 =$ ☐

$W_{C_2} = \frac{1}{2}C_2V_2^2 =$ ☐

$W_{C_3} = \frac{1}{2}C_3V_3^2 =$ ☐

$W_{C_4} = \frac{1}{2}C_4V_4^2 =$ ☐

۱۹ـ آیا نتایج به دست آمده از آزمایش، با مطالب محاسباتی مطابقت دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال

-۱۹

عملیات کارگاهی
(کار عملی ۱۱)

ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: بررسی مدارهای خازنی موازی د رجریان 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 خازن‌ها	
$C_1 = ۰/۲۲\mu f$ 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
۶ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۷ـ سیم چین	۱ عدد
۸ـ سیم لخت کن	۱ عدد

توجه

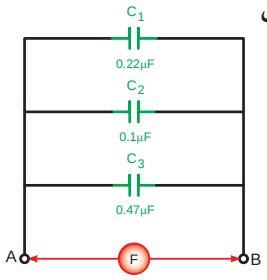
برای اندازه‌گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می‌توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولت‌متری و بار دیگر به صورت آمپرمتری بطور جداگانه استفاده کنید.

مراحل اجرای آزمایش

۱ـ سه خازن C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل ۹ـ۱۳۷ روی بردبرد اتصال دهید و با استفاده از دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل در نقطه A و B را اندازه گیری کنید.

$C_{AB}=$ ☐ μf

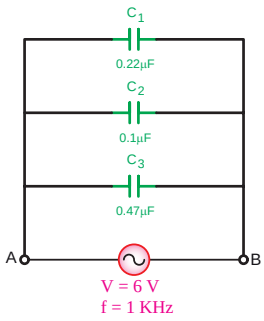
الف ـ شکل واقعی



ب ـ شکل مداری

شکل ۹ـ۱۳۷

۲ـ سیگنال ژنراتور را روی ولتاژ ۶ ولت سینوسی با فرکانس ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و طبق شکل ۹ـ۱۳۸ به دو نقطه A و B مدار وصل کنید.



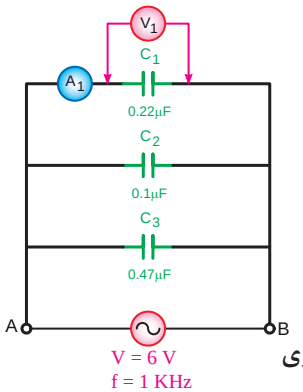
شکل ۹ـ۱۳۸

۳ـ با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی جریان عبوری و ولتاژ دو سر خازن C_1 را اندازه گیری کنید. (شکل ۹ـ۱۳۹)

$V_{C_1}=$ ☐ V

$I_{C_1}=$ ☐ mA

الف ـ شکل واقعی



ب ـ شکل مداری

شکل ۹ـ۱۳۹

۴ـ بـه طور جداگانـه جریان و ولتاژ دو سـر خازن های $C_۲$ و $C_۳$ را طبـق شـکل های ۹ـ۱۴۰، ۹ـ۱۴۱ و ۹ـ۱۴۲ اندازه گیری کنید.

$V_{C_۲}$ = ☐ V

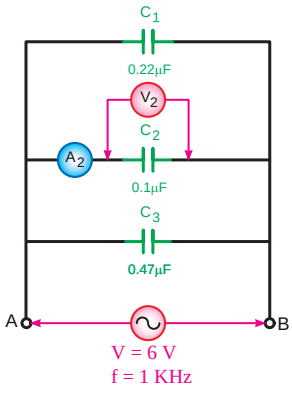
$V_{C_۳}$ = ☐ V

V_T = ☐ V

$I_{C_۲}$ = ☐ mA

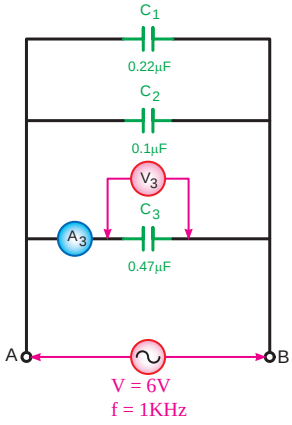
$I_{C_۳}$ = ☐ mA

I_T = ☐ mA



شکل ۹ـ۱۴۰

۵ـ آیا آمپرمترها و ولت مترها مقادیر مسـاوی را نشـان می دهند؟ چرا؟



شکل ۹ـ۱۴۱

۶ـ مقـدار جریان و ولتـاژ هر خازن را بـا کمک روابط:

$X_{C_T} = \frac{۱}{۲\pi f.C_T}$ و $V_C = X_C.I_C$ و $I_{C_۱} = \frac{V_{C_۱}}{X_{C_۱}}$ و

$I_{C_۳} = \frac{V_{C_۳}}{X_{C_۳}}$ محاسبه کنید.

$V_{C_۱}$ = ☐ V

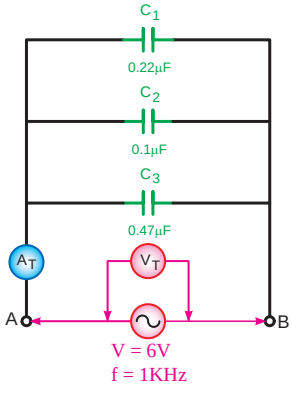
$V_{C_۲}$ = ☐ V

$V_{C_۳}$ = ☐ V

$I_{C_۱}$ = ☐ mA

$I_{C_۲}$ = ☐ mA

$I_{C_۳}$ = ☐ mA



شکل ۹ـ۱۴۲

۷ـ فرکانس سیگنال ژنراتور را مطابق شکل ۹ـ۱۴۳ به ۱۰kHz تغییر دهید و سپس جریان و ولتاژ هر خازن را به طور جداگانه مطابق مراحل ۳ و ۴ اندازه گیری کنید.

V_{C_1} = ☐ V

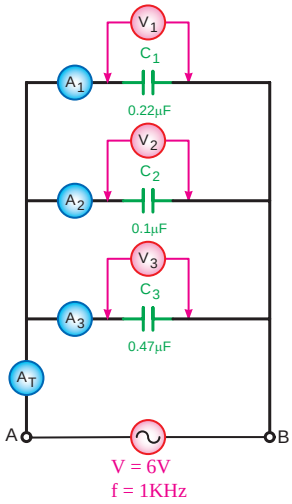
V_{C_2} = ☐ V

V_{C_3} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

I_{C_2} = ☐ mA

I_{C_3} = ☐ mA



شکل ۹ـ۱۴۳

۸ـ آیا مقادیر اندازه گیری شده ولتاژ و جریان خازن ها در فرکانس ۱kHz با فرکانس ۱۰kHz مساوی هستند؟ چرا؟

۹ـ مقادیر جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

$X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f . C_T}$ و $I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}}$ 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

V_{C_2} = ☐ V

V_{C_3} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

I_{C_2} = ☐ mA

I_{C_3} = ☐ mA

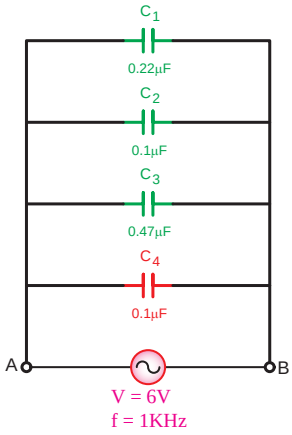
۱۰ـ از مقادیر محاسبه شده و اندازه گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۲ تا ۹ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۱ـ یک خازن ۰/۱μf را مطابق شکل ۹ـ۱۴۴ به صورت موازی به مدار اضافه کنید.

پاسخ سؤال

۸ـ

۱۰ـ



۹ـ۱۴۴

۱۲ـ ولتاژ و فرکانس سیگنال ژنراتور را به ترتیب روی ۶ ولت و ۱ کیلوهرتز kHz تنظیم کنید و سپس طبق شکل ۹ـ۱۴۴ به مدار اتصال دهید.

۱۳ـ با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی و طبق شکل ۹ـ۱۴۵ ولتاژ و جریان خازن C_1 را اندازه بگیرید.

V_{C_1} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

۱۴ـ با تغییر دادن محل قرار گرفتن مولتی متر جریان عبوری و ولتاژ دو سر خازن های C_2 و C_3 و C_4 را مطابق شکل های ۹ـ۱۴۶ و ۹ـ۱۴۷ و ۹ـ۱۴۸ اندازه گیری 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

۱۵ـ مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط

$$X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f . C_T} \quad \text{و} \quad V_C = X_C . I_C \quad \text{و} \quad I_{C_1} = \frac{V_{C_1}}{X_{C_1}}$$

محاسبه کنید. $I_{C_2} = \frac{V_{C_3}}{X_{C_2}}$

V_{C_1} = ☐ V

V_{C_2} = ☐ V

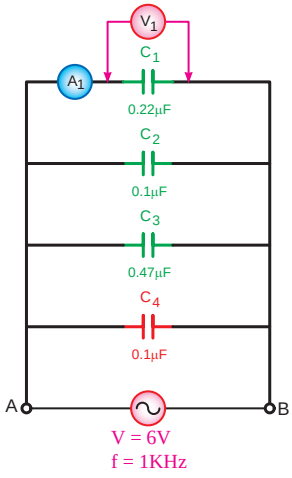
V_{C_3} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

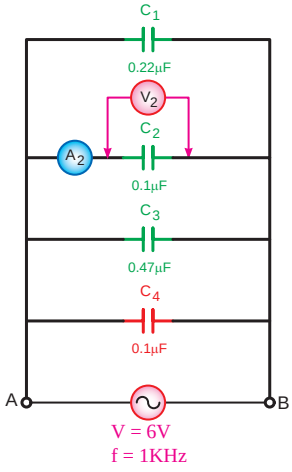
I_{C_2} = ☐ mA

I_{C_3} = ☐ mA

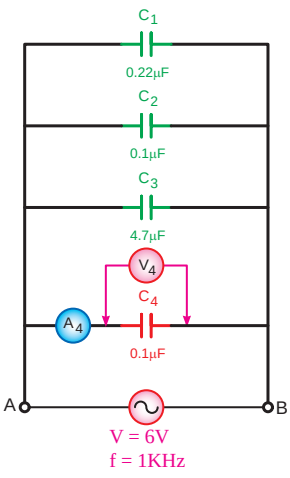
I_{C_4} = ☐ mA



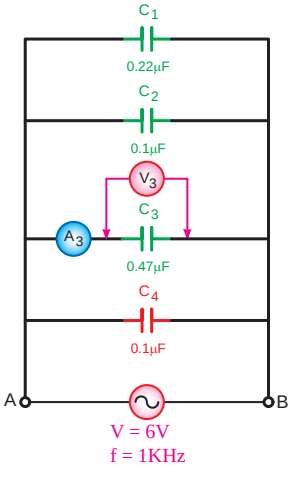
شکل ۹-۱۴۵



شکل ۹-۱۴۶



شکل ۹-۱۴۸



شکل ۹-۱۴۷

۱۶ـ از مقادیر محاسبه شده و اندازه گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۱۳ و ۱۴ و ۱۵ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال

۱۷ـ براساس مقادیر بدست آمده از آزمایش های انجام شده، ظرفیت واقعی هر یک از خازن های 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

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.

$W_{C_1} = \frac{1}{2}C_1V_1^2 =$ ☐

$W_{C_2} = \frac{1}{2}C_2V_2^2 =$ ☐

$W_{C_3} = \frac{1}{2}C_3V_3^2 =$ ☐

$W_{C_4} = \frac{1}{2}C_4V_4^2 =$ ☐

پاسخ سؤال

۱۹-

۱۹ـ آیا نتایج به دست آمده از آزمایش ها با مطالب محاسباتی مطابقت دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

عملیات کارگاهی
(کار عملی ۱۲)

ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱/۵	۱/۵

هدف: بررسی مدارهای خازنی سری - موازی د رجریان 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 خازن‌ها	
$C_1 = ۰/۲۲\mu f$ 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
۶ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۷ـ سیم چین	۱ عدد
۸ـ سیم لخت کن	۱ عدد

تذکر مهم: درصورت کم بودن زمان اجرای آزمایش و یا تجهیزات آزمایشگاهی از انجام مراحلی که با علامت (✱) مشخص شده‌اند خودداری کنید .

توجه

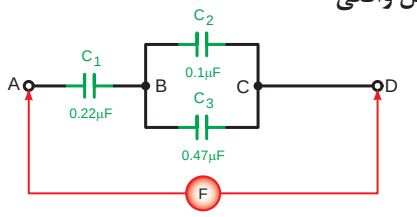
بـرای اندازه‌گیری ولتاژ و جریـان عناصر مدار می‌توانید از یک آوومتـر دیجیتالی یکبار به صورت ولت‌متری و بار دیگر به صورت آمپرمتری بطور جداگانه استفاده کنید.

مراحل اجرای آزمایش

۱ـ مـدار شـکل ۹ـ۱۴۹ را روی بردبـرد اتصال دهید و بـا LC متر ظرفیت خازن معادل بیـن دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید.

$C_{T_{AD}} =$ ☐ μf

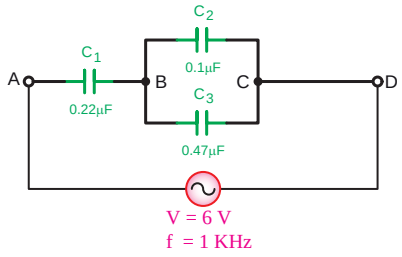
الف ـ شکل واقعی



ب ـ شکل مداری

شکل ۹ـ۱۴۹

۲ـ سـیگنال ژنراتـور را روی ولتاژ ۶ ولت سینوسـی با فرکانس ۱ کیلوهرتز kHz تنظیم کنید و طبق شکل ۹ـ۱۵۰ به دو نقطه A و D مدار وصل کنید.



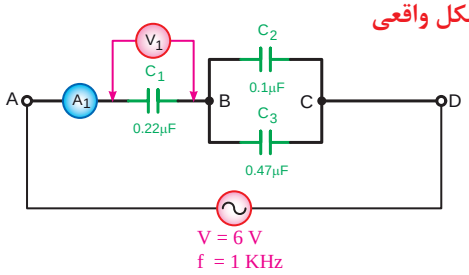
شکل ۹ـ۱۵۰

۳ـ با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی جریان عبوری و ولتاژ دو سر خازن C_1 را اندازه گیری کنید. (شکل ۹ـ۱۵۱)

$V_{C_1} =$ ☐ V

$I_{C_1} =$ ☐ mA

الف- شکل واقعی



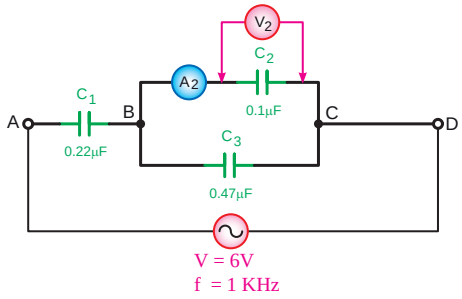
ب- شکل مداری

شکل ۹ـ۱۵۱

۴ـ به طور جداگانه جریان و ولتاژ دو سر خازن های $C_۲$ و $C_۳$ را طبق شکل های ۱۵۲ـ۹ و ۱۵۳ـ۹ اندازه گیری کنید.

$V_{C_۲}$ = ☐ V $I_{C_۲}$ = ☐ mA

$V_{C_۳}$ = ☐ V $I_{C_۳}$ = ☐ mA



شکل ۱۵۲ـ۹

پاسخ سؤال

۵ـ

۵ـ آیا آمپرمترها و ولت مترها مقادیر مساوی را نشان می دهند؟ چرا؟

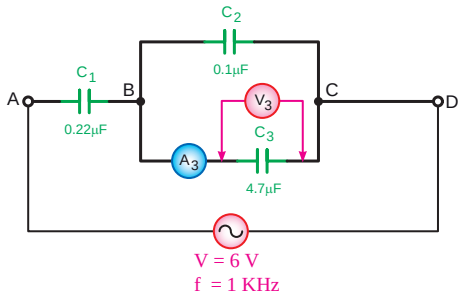
۶ـ مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط: $X_{C_T} = \frac{۱}{۲\pi f.C_T}$ و $I_C = \frac{V_C}{X_C}$ و $V_C = X_C.I$ محاسبه کنید.

$V_{C_۱}$ = ☐ V $I_{C_۱}$ = ☐ mA

$V_{C_۲}$ = ☐ V $I_{C_۲}$ = ☐ mA

$V_{C_۳}$ = ☐ V $I_{C_۳}$ = ☐ mA

$V_{C_۴}$ = ☐ V $I_{C_۴}$ = ☐ mA



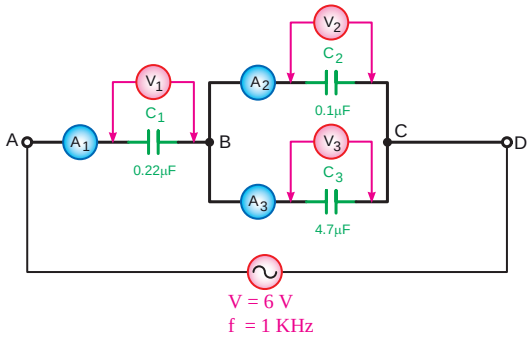
شکل ۱۵۳ـ۹

۷ـ فرکانس سیگنال ژنراتور را مطابق شکل ۱۵۴ـ۹ به ۱۰KHz تغییر دهید و سپس جریان و ولتاژ هر خازن را به طور جداگانه مطابق مراحل ۳ و ۴ اندازه گیری کنید.

$V_{C_۱}$ = ☐ V $I_{C_۱}$ = ☐ mA

$V_{C_۲}$ = ☐ V $I_{C_۲}$ = ☐ mA

$V_{C_۳}$ = ☐ V $I_{C_۳}$ = ☐ mA



شکل ۱۵۴ـ۹

۸ـ آیا مقادیر اندازه گیری شده ولتاژ و جریان ولتاژی در فرکانس ۱kHz با فرکانس ۱۰kHz مساوی هستند؟ چرا؟

پاسخ سؤال

-۸

۹ـ مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

$X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f.C}$ ، $I_C = \frac{V_C}{X_C}$ و $V_C = X_C.I_C$ محاسبه کنید.

پاسخ سؤال

-۱۰

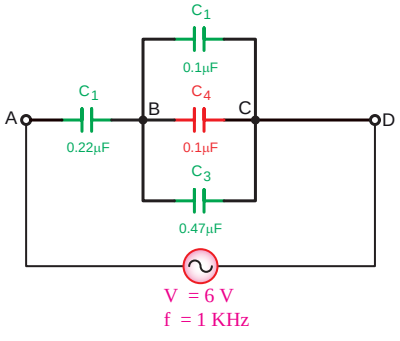
V_{C_1} = ☐ V I_{C_1} = ☐ mA

V_{C_2} = ☐ V I_{C_2} = ☐ mA

V_{C_3} = ☐ V I_{C_3} = ☐ mA

۱۰ـ از مقادیر محاسبه شده و اندازه گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۲ تا ۹ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۱ـ یک خازن ۰/۱μf را مطابق شکل ۹ـ۱۵۵ 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 ۱۵۶ـ۹ به مدار اتصال دهید.

۱۳ـ با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی و طبق شکل های ۱۵۶ـ۹ تا ۱۵۹ـ۹ ولتاژ و جریان خازن C_1 تا C_4 را اندازه گیری 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

۱۴ـ مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط: $X_C = \frac{1}{2\pi f.C}$ ، $I_C = \frac{V_C}{X_C}$ 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

V_{C_4} = ☐ V I_{C_4} = ☐ mA

۱۵ـ از مقادیر محاسبه شده و اندازه گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۱۳ و ۱۴ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

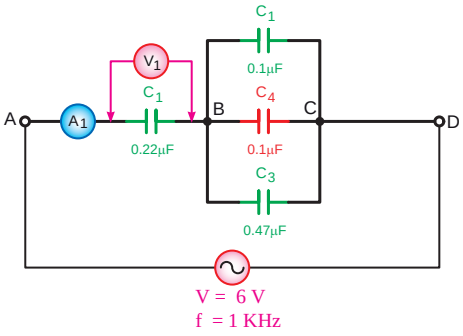
۱۶ـ با در نظر گرفتن ولتاژ دو سر هر خازن و ظرفیت واقعی آن ها مقدار انرژی ذخیره شده در هر خازن را طبق رابطه $W = \frac{1}{2}CV^2$ محاسبه کنید.

$W_{C_1} = \frac{1}{2}C_1V_1^2$ = ☐ mj

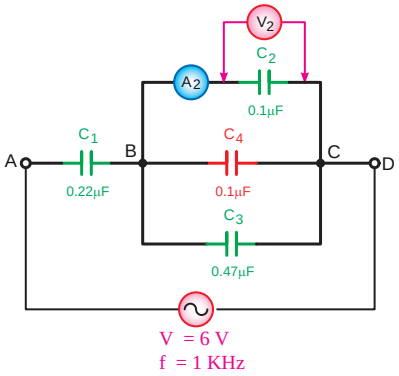
$W_{C_2} = \frac{1}{2}C_2V_2^2$ = ☐ mj

$W_{C_3} = \frac{1}{2}C_3V_3^2$ = ☐ mj

$W_{C_4} = \frac{1}{2}C_4V_4^2$ = ☐ mj



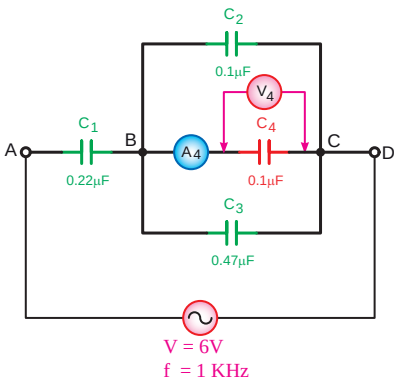
شکل ۱۵۶-۹



شکل ۱۵۷-۹

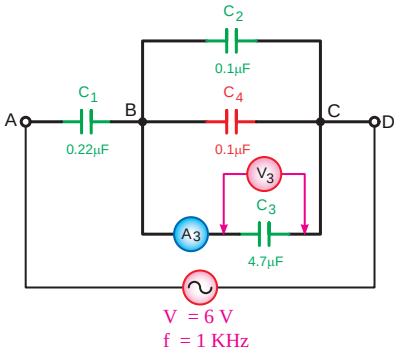
پاسخ سؤال

۱۵-



شکل ۱۵۸-۹

۱۷ـ از مقایسه نتایج مراحل ۱۰ و ۱۵ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.



شکل ۹-۱۵۹

پاسخ سؤال

۱۷-

آزمون پایانی (۹)

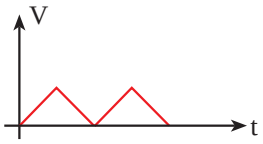
۱ـ جریانی که جهت آن همیشه ثابت است چه نوع جریانی است؟

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 ۱۶۰ـ۹ چه ولتاژی است؟



شکل ۱۶۰-۹

الف ـ AC　　ب ـ DC

ج ـ AC متغیر　　د ـ DC متغیر

۴ـ هرگاه سیمی در داخل میدان مغناطیسی حرکت کند در دو سر آن..... به وجود می آید.

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 با میدان

۷ـ کدام مورد از اجزای مولد AC نیست؟

الف ـ فلوی مغناطیسی　　ب ـ زغالها　　ج ـ کموتاتور　　د ـ سیم تحرک (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 باز چه عاملی را نشان می دهد؟

الف ـ جهت حرکت سیم　　ب ـ جهت جریان القایی

ج ـ جهت میدان مغناطیسی　　د ـ جهت نیروی محرکه القایی

۱۰ـ انگشت اشاره در قانون دست راست سه انگشت عمود بر هم نشان دهنده کدام کمیت است؟

الف ـ جهت حرکت میدان　　ب ـ جهت نیروی محرکه

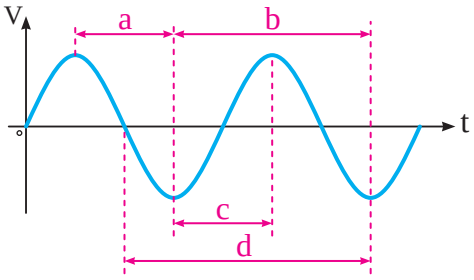
ج ـ جهت حرکت هادی　　د ـ جهت فلوی مغناطیسی

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 در شکل ۱۶۱ـ۹ کدامیک از موارد زیر شکل صحیح زمان تناوب را نشان می دهد؟



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 می دهد؟

الف ـ $\lambda = \frac{C}{f}$　　ب ـ $\lambda = \frac{f}{C}$　　ج ـ $\lambda = \frac{C}{q}$　　د ـ $\lambda = ۲\pi f$

۱۴ـ سرعت زاویه ای عبارت است از:

الف ـ سرعت متحرک در داخل میدان مغناطیسی

ب ـ زاویه چرخش متحرک در مسیر دایرهای به شعاع ۲π

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 مؤثر یک موج را نشان می دهد؟

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 $Vav = ۰/۷۰۷ \times Vm$
$Ve = ۰/۶۳۷ \times Vm$

۱۶ـ معیار سنجش مقدار مؤثر موج متناوب چست؟

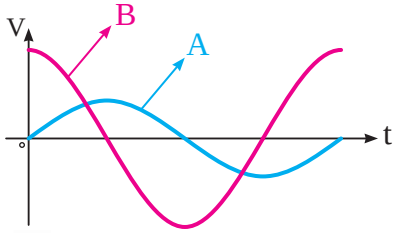
الف ـ برابری مقدار گرمای ایجاد شده در مدارات جریان مستقیم

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 ۱۶۲ـ۹ کدام مورد صحیح است؟



شکل ۱۶۲-۹

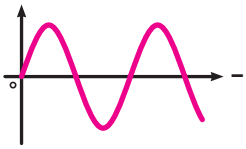
الف ـ موج B نسبت به موج A پیشفاز است.

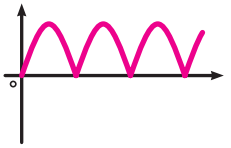
ب ـ موج A نسبت به موج B پیشفاز است.

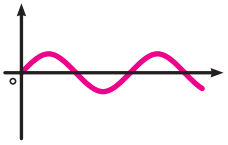
ج ـ موج A نسبت به موج B همفاز است.

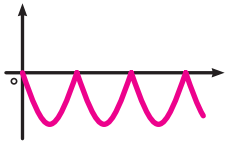
د ـ دو موج ارتباطی با هم ندارند.

۱۸ـ شکل موج توان در مدار اهمی خالص کدام است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

۱۹ـ 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

۲۰ـ عملکرد خازن در مدارهای جریان متناوب بدین صورت است که .....

الف ـ از شبکه انرژی می گیرد و مصرف می کند.

ب ـ از شبکه انرژی می گیرد و به حرارت تبدیل می کند.

ج ـ از شبکه انرژی می گیرد و در خود ذخیره می کند.

د ـ از شبکه انرژی می گیرد و در خود ذخیره و سپس باز می گرداند.

۲۱ـ جریان در یک مدار سلفی نسبت به ولتاژ مدار چه وضعیتی دارد؟

الف ـ ۹۰ درجه پس‌فاز　　ب ـ ۹۰ درجه پیش‌فاز

ج ـ همفاز　　د ـ ۴۵ درجه پس‌فاز

۲۲ـ خاصیت مقاومتی سلف در جریان متناوب را ..... سلفی گویند.

الف ـ اندوکتانس　　ب ـ راکتانس　　ج ـ رزیستانس　　د ـ کاپاسیتانس

۲۳ـ کدام یک از گزینه های 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 $X_{L_T} = X_{L_1} + X_{L_2}$

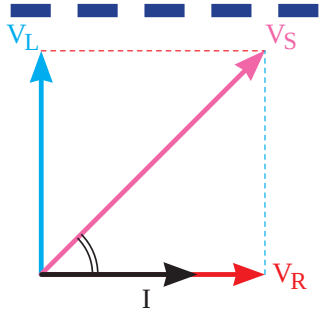
$L_T = L_1 + L_2$

۲۴ـ بردار کمیت های اهمی خالص و غیراهمی خالص به ترتیب روی محورهای ..... و ..... رسم می شوند.

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 ۱۶۳ـ۹ مربوط به چه مداری است؟

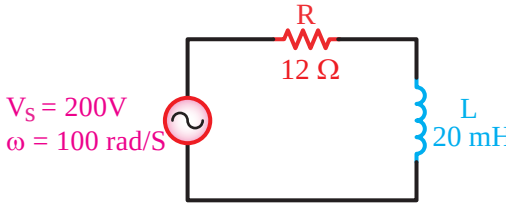


شکل ۱۶۳ـ۹

الف ـ RL موازی　　ب ـ RL سری

ج ـ RC موازی　　د ـ RC سری

۲۶ـ در مدار شکل ۱۶۴ـ۹ ضریب قدرت مدار چه قدر است؟



شکل ۱۶۴ـ۹

الف ـ ۰/۸　　ب ـ ۰/۷

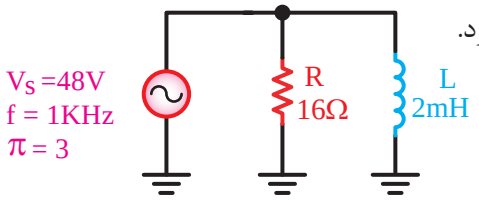
ج ـ ۰/۶　　د ـ ۰/۵

۲۷ـ افزایش فرکانس در مدار RL سری موجب می شود تا مدار خاصیت ..... پیدا کند.

الف ـ اهمی‌تر　　ب ـ سلفی‌تر

ج ـ اهمی و سلفی　　د ـ تغییر فرکانس تأثیری در مدار ندارد.

۲۸ـ جریان کل مدار شکل ۱۶۵ـ۹ چند است؟



شکل ۱۶۵ـ۹

الف ـ ۱۰　　ب ـ ۴/۸

ج ـ ۳/۲　　د ـ ۵

۲۹ـ در صورت کاهش فرکانس در یک مدار RL موازی زاویه اختلاف فاز مدار .....

الف ـ افزایش می یابد.　　ب ـ کاهش می یابد.

ج ـ تغییری نمی کند.　　د ـ ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد.

۳۰ـ در مدار RL سری ..... به نسبت ..... با مقاومت ها بین اجزا مدار مستقیم می شود.

الف ـ ولتاژها ـ مستقیم　　ب ـ ولتاژها ـ معکوس

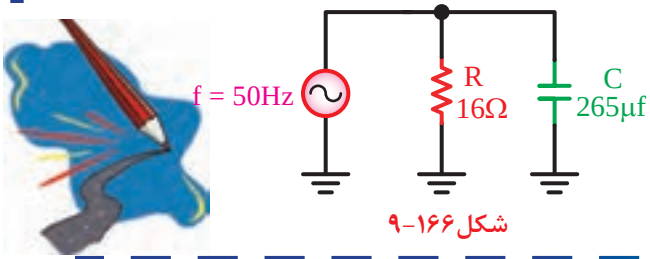
ج ـ جریان ها ـ مستقیم　　د ـ جریان ها ـ معکوس

۳۱ـ کدام رابطه شکل صحیح فرمول ضریب قدرت در مدارهای RC سری را نشان می دهد؟

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 ۱۶۶ـ۹ چند اهم است؟



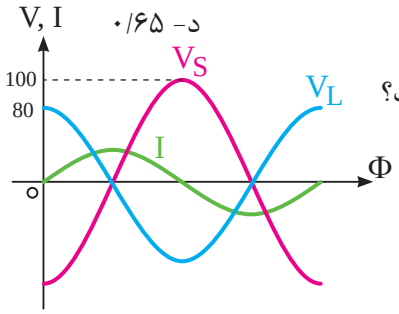
شکل ۱۶۶ـ۹

الف ـ ۲۸　　ب ـ ۱۹۲

ج ـ ۲۰　　د ـ ۹/۶

۳۳ـ مقدار ضریب قدرت غیرحقیقی مدار شکل ۱۶۷ـ۹ چقدر است؟

الف ـ ۰/۸ ب ـ ۰/۷۵ ج ـ ۰/۷ د ـ ۰/۶۵



شکل ۱۶۷ـ۹

۳۴ـ با توجه به شکل موج های شکل ۱۶۷ـ۹ مدار در چه حالتی است؟

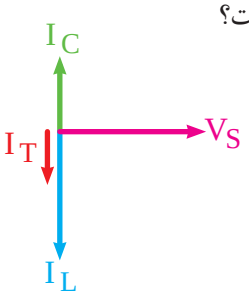
الف ـ $X_L \langle X_C$ ب ـ $X_C \langle X_L$

ج ـ $X_L = X_C$ د ـ $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$

۳۵ـ امپدانس در مدارهای LC سری در شرای رزنانس چقدر است؟

الف ـ $Z = 0$ ب ـ $Z = Z\max$ ج ـ $Z = R$ د ـ $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

۳۶ـ دیاگرام برداری شکل ۱۶۸ـ۹ مربوط به کدام مدار و در چه شرایطی است؟



شکل ۱۶۸ـ۹

الف ـ LC سری $X_L \rangle X_C$ ب ـ LC سری $X_C \rangle X_L$

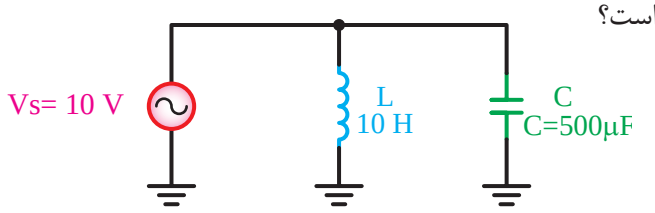
ج ـ LC موازی $X_L \rangle X_C$ د ـ LC موازی $X_C \rangle X_L$

۳۷ـ در یک مدار LC موازی اگر فرکانس مدار بیشتر از فرکانس رزنانس شود، وضعیت مدار چگونه است؟

الف ـ حالت خازنی $X_L \rangle X_C$ ب ـ حالت خازنی $X_C \rangle X_L$

ج ـ حالت خازنی $X_L \rangle X_C$ د ـ حالت خازنی $X_C \rangle X_L$

۳۸ـ فرکانس رزنانس مدار شکل ۱۶۹ـ چند کیلوهرتز است؟



شکل ۱۶۹ـ۹

الف ـ ۳/۱ ب ـ ۷/۰۷

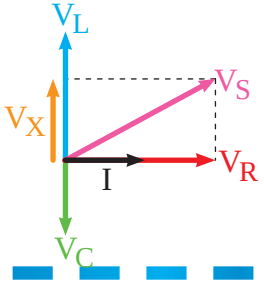
ج ـ ۲/۲ د ـ ۱۴

۳۹ـ اگر راکتانس خازنی مدار RC سری افزایش یابد زاویه اختلاف فاز به ..... نزدیک می شود.

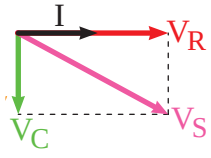
الف ۹۰+ درجه ب ـ ۹۰- درجه ج ـ صفر د ـ ۴۵+ درجه

۴۰ـ کدامیک از دیاگرام های برداری ولتاژها در حالت مدار RLC سری را نشان می دهد؟

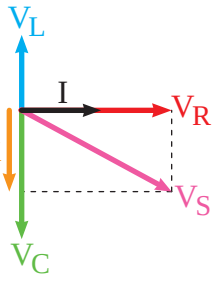
الف ـ



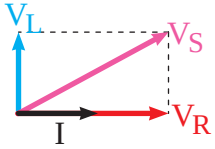
ب ـ



ج ـ



د ـ



۴۱ـ در حالت رزنانس مدار RLC سری امپدانس مدار برابر است با:

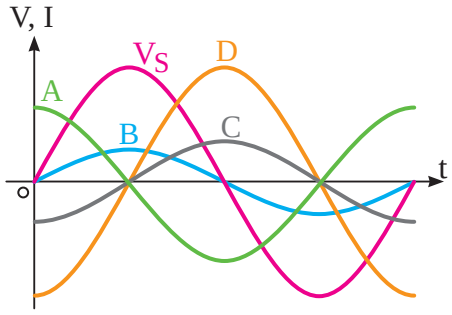
الف ـ ۰/۸ ب ـ ۰/۷۵ ج ـ ۰/۷ د- ۰/۶۵

الف ـ R ب ـ $\frac{۱}{R}$ ج ـ X_C د ـ X_L

۴۲ـ در فرکانس هـای کمتر از fr مدارهای RLC سـری جریان (I) ..... از V_S اسـت و مـدار در حالت ..... قرار دارد.

الف ـجلوتر ـ سلفی ب ـ عقبتر ـ خازنی ج ـ جلوتر ـ خازنی د- عقبتر ـ سلفی

۴۳ـ درشکل ۹ـ۱۷۰ که مربوط به مدار RLC موازی است کدام شکل موج نشان دهنده جریان I_L است؟

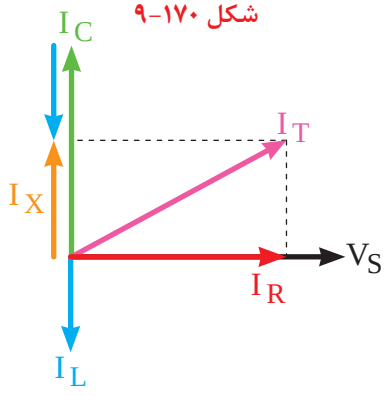


شکل ۹-۱۷۰

الف ـ A ب ـ B

ج ـ C د ـ D

۴۴ـ دیاگرام برداری شکل ۹ـ۱۷۱ مربوط به چه مداری است؟

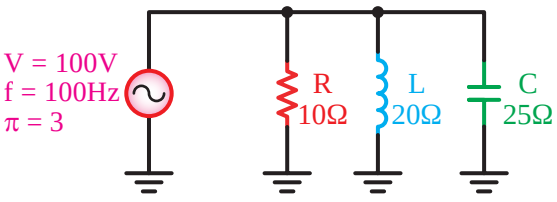


شکل ۹-۱۷۱

الف ـ RLC موازی ب ـ RL موازی

ج ـ RLCسری د ـ RL سری

۴۵ـ ضریب قدر مدار شکل ۹ـ۱۷۲ چقدر است؟



شکل ۹-۱۷۲

الف ـ ۰/۴ ب ـ ۰/۹

ج ـ ۰/۸ د ـ ۰/۶

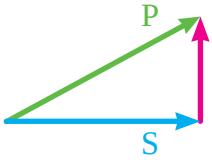
۴۶ـ توانی را که از طرف تولید کننده به مدار فرستاده می شود را توان ..... گویند.

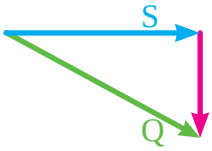
الف - ظاهری (Q) ب ـ اکتیو (S) ج ـ ظاهری (S) د- اکتیو (Q)

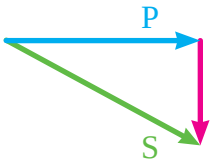
۴۷ـ کدامیک از روابط زیر غلط است؟

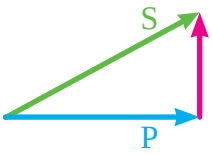
الف ـ $P=\sqrt{S^۲+Q^۲}$ ب ـ $Q=X.Ie^۲$ ج ـ $P=\frac{Ve^۲}{R}$ د ـ $S=\frac{Ve}{Ie}$

۴۸ـ کدام یک از گزینه های زیر شکل صحیح مثلث توان ها را در حالت سلفی نشان می دهد؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

۴۹ـ اگر شکل موجی از موج دیگر زودتر شروع شود، در اصطلاح به آن موج ..... می گویند.

۵۰ـ مقاومتی که سلف از خود در جریان متناوب نشان میدهد، راکتانس سلفی نامند. صحیح ❑ غلط ❑

۵۱ـ در مدارهای سلفی ولتاژ مدار نسبت به جریان ۹۰ درجه ..... است.

۵۲ـ در مدارهای RLC به ازاء تغییرات فرکانس هیچ گاه مقادیر X_L و X_C برابر نخواهند شد. صحیح ❑ غلط ❑

۵۳ـ در محاسبات توان، توان راکتیو سلفی را با علامت ..... و توان راکتیو خازنی را با علامت ..... نشان می دهند.

۵۴ـ در مدارهای RLC موازی و در حالت رزنانس جریان کل مدار حداکثر است. صحیح ❑ غلط ❑

۵۵ـ سلف معادل چند سلف موازی از مقدار هر یک ازسلف های مدار ..... است.

توجه

مطالب مربوط به سوالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل دهم: اصول کار مولدهای جریان مستقیم

هدف کلی

آشنایی با ساختمان و اصول کار مولدهای جریان مستقیم

هدف های رفتاری: در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

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 به وجود آمدن شکل موج خروجی مولدهای dc را با رسم شکل توضیح دهد.

۴ـ اثر افزایش تعداد دور و گروه کلاف ها و تیغه های کلکتور را توضیح دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۴	-	۴

۱ـ در داخل دستگاه های جوش ممکن است کدام یک از وسایل زیر استفاده نشود؟

الف - ترانس ب ـ مولد dc ج ـ سیم مسی د- الکترود

۲ـ ولتاژ تولید شده توسط باتری قلمی مشابه کدام یک از موارد زیر نیست؟

الف - مولد ac ب ـ مولد dc ج ـ باتری کتابی د- باتری ماشین

۳ـ برای شارژ باتری اتومبیل کدام یک از وسایل زیر استفاده می شود؟

الف - باتری ب ـ دلکو ج ـ آفتامات د- دینام

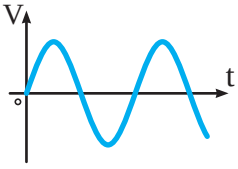
۴ـ کدامیک از موارد زیر از اجزای یک دینام دوچرخه نیست؟

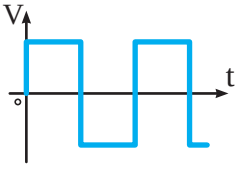
الف - آرمیچر ب ـ هرزگرد ج ـ آهنربا د- سیم پیچ قطب های N و S

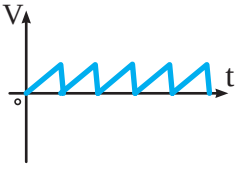
۵ـ در کدام وسیله زیر زغال (جاروبک) به کار نمی رود؟

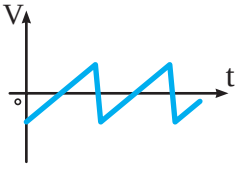
الف - دریل ب ـ جارو برقی ج ـ همزن د- موتور کولر

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 کمیت است؟

الف ـ جهت حرکت هادی ب ـ جهت نیروی محرکه

ج ـ جهت میدان مغناطیسی د ـ جهت قطب ها

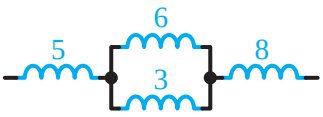
۸ـ فرکانس موجی با زمان متناوب ۵ میلی ثانیه بر هرتز است؟

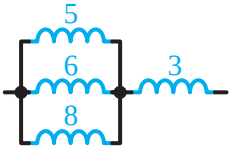
الف - ۱۰۰ ب ـ ۲۰۰ ج ـ ۲۰ د- ۰/۰۰۵

۹ـ مقدار مؤثر یک موج سینوسی با ماکزیمم دامنه ۱۰ ولت چقدر است؟

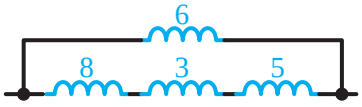
الف - ۱۲/۷۴ ب ـ ۷/۰۷ ج ـ ۱۴/۱۴ د- ۰/۶۳۶

۱۰ـ راکتانس معادل کدام یک از اشکال زیر برابر با ۱۵Ω است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ

د ـ 

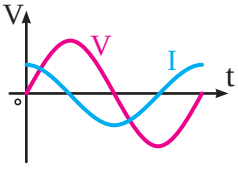
۱۱ـ کدام گزینه رابطه ضریب قدرت در مدار RC موازی است؟

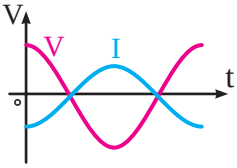
الف ـ $\frac{R}{Z}$ ب ـ $\frac{Xc}{R}$ ج ـ $\frac{Z}{Xc}$ د ـ $\frac{Z}{R}$

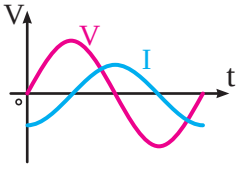
۱۲ـ در مدار RLC موازی با افزایش اندوکتانس، مدار حالت ..... پیدا می کند.

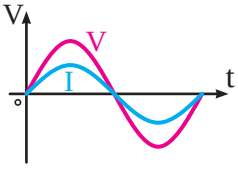
الف ـ اهمی ـ سلفی ب ـ اهمی ـ خازنی ج ـ سلفی د ـ سلفی ـ خازنی

۱۳ـ کدام شکل رابطه قانونی بین ولتاژ و جریان را در مدارهای سلفی خالص نشان می دهد؟

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 $R=۱۰۰\Omega$ ، $C=۰/۴\mu f$ چند هرتز است؟ ($\pi=۳$)

الف ـ ۳۹۶ ب ـ ۳۷۲ ج ـ ۳۴۰ د ـ ۳۳۵

۱ـ۱۰ـ شناسایی اصول کار مولد جریان مستقیم

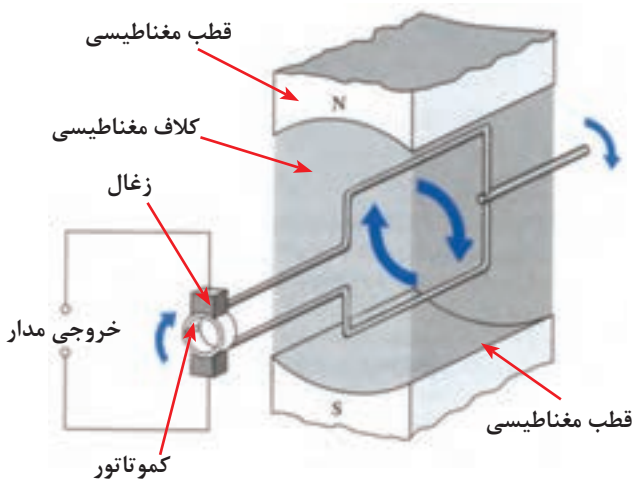
یک ماشین جریان مستقیم ساده طبق شکل ۱ـ۱۰ از چهار قسمت اصلی تشکیل شده است.

۱ـ میدان مغناطیسی (قطب ها)

۲ـ حلقه القا شونده (کلاف سیم)

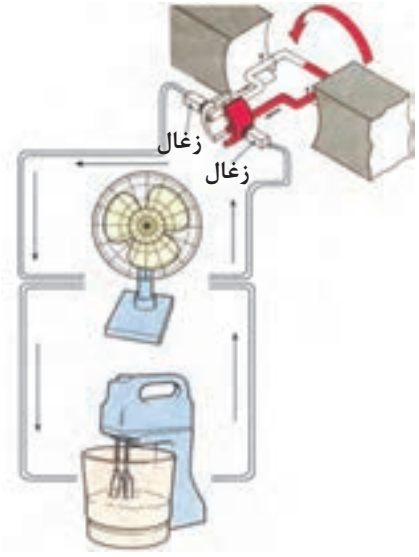
۳ـ کموتاتور (حلقه های لغزنده)

۴ـ جاروبک ها (زغال ها)



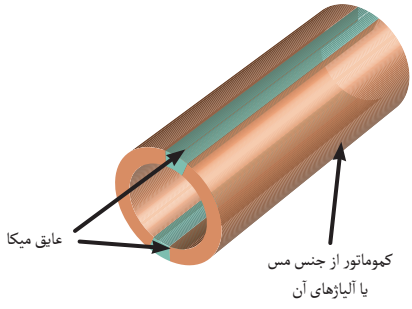
شکل ۱ـ۱۰

نحوه تولید ولتاژ در مولدهای dc نیز مشابه مولدهای ac است یعنی با حرکت درآوردن کلاف در میان مغناطیسی ولتاژی در دو سر آن القا می شود که از طریق حلقه های لغزنده به زغال ها و در نهایت به مصرف کننده انتقال می یابد. (شکل ۲ـ۱۰)



شکل ۲ـ۱۰

تفاوت اصلی مولدهای dc و ac در شکل کموتاتور استفاده شده در آن است. زیرا در جریان dc این حلقه ها دو تکه است و توسط یک عایق از یکدیگر جدا می شوند. (شکل ۳ـ۱۰)



شکل ۳ـ۱۰

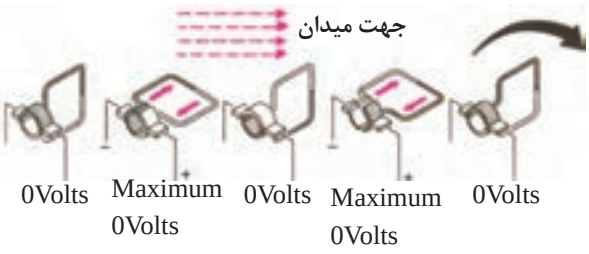
دو تکه بودن کموتاتور سبب می شود تا بازویی که به آن متصل است در زمانی که کلاف نیم دور میزند و به زیر قطب مخالف برود. در این حالت جهت جریان در سیم عوض نمی شود و به همان صورت باقی بماند. (شکل ۴ـ۱۰)

اگر فضای گردش کلاف در داخل میدان مغناطیسی را برای هر ۹۰ درجه به صورت شکل ۵ـ۱۰ نامگذاری کنیم با گردش کلاف در داخل میدان مغناطیسی هر ۱۸۰ درجه ولتاژ یکبار به حداکثر میرسد و مجدداً صفر می شود.

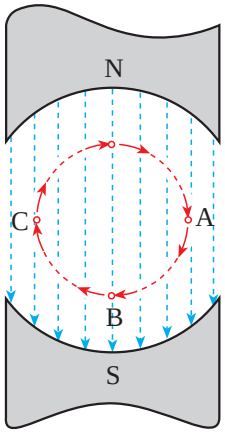
بنابراین در یک دور گردش کلاف در میدان مغناطیسی دو نیم سیکل سینوسی به وجود می آید.

در شکل ۶ـ۱۰ از تصویر الف تا د مراحل مختلف و چگونگی به وجود آمدن ولتاژ را نشان می دهد.

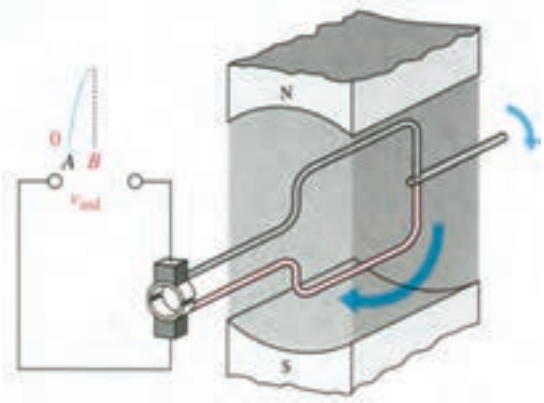
برای درک بهتر چگونگی تولید ولتاژ القایی dc در هر ۹۰ درجه چرخش به زیرنویس تصاویر توجه کنید.



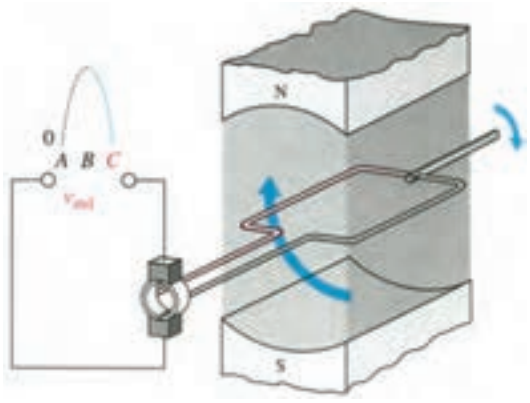
شکل ۴ـ۱۰



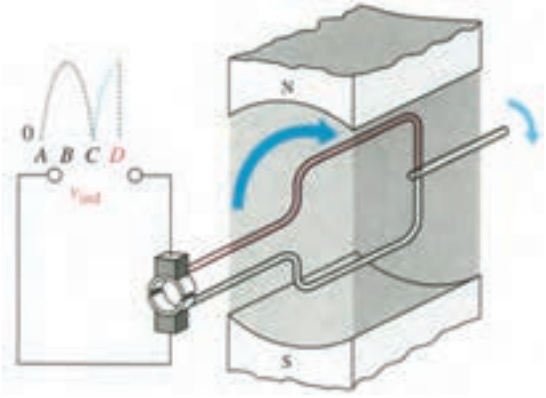
شکل ۵ـ۱۰



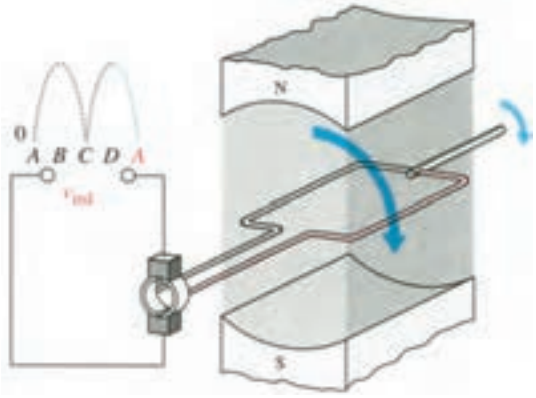
حالت الف ـ حلقه به طور عمودی به طرف خطوط شار حرکت می کند و ولتاژ حداکثر می باشد.



حالت ب ـ حلقه به موازات خطوط شار حرکت می کند و ولتاژ صفر است.



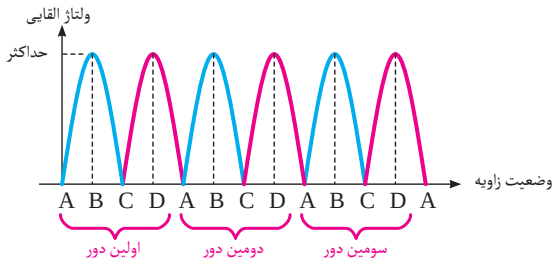
حالت ج ـ حلقه به طور عمودی به طرف خطوط شار حرکت می کند و ولتاژ حداکثر می باشد.



حالت د ـ حلقه به موازات خطوط شار حرکت می کند و ولتاژ صفر می باشد.

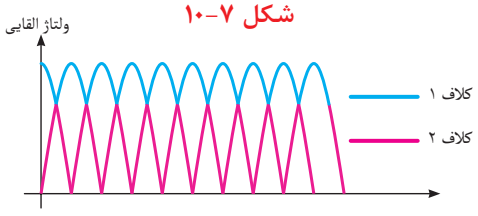
شکل ۶ـ۱۰

شـــکل موج خروجی مولد در طـــی چرخش های متوالی کلاف در داخل میدان به صورت شکل ۷ـ۱۰ می شود.



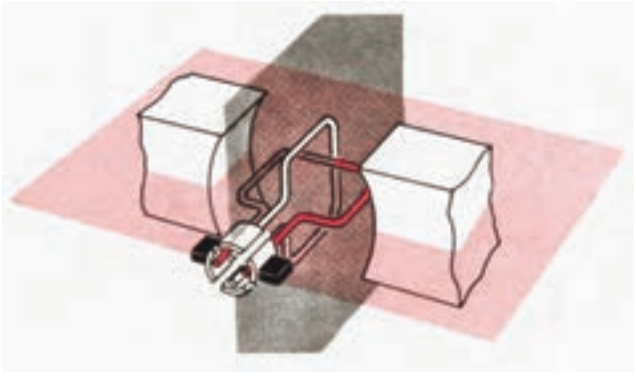
شکل ۷ـ۱۰

در صورتی کـــه تعداد کلاف های موجـــود داخل میدان مغناطیســـی را به دو کلاف یا بیشـــتر افزایـــش دهیم فاصله بین نقاط ماکزیمم ولتاژ خروجی کمتر می شود و شکل موج خروجی به صورت شکل ۸ـ۱۰ درمی آید.



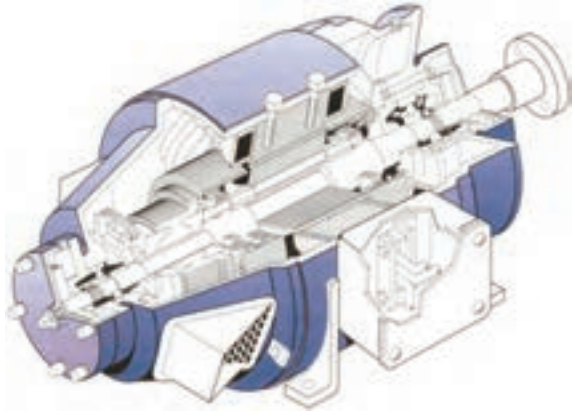
شکل ۸ـ۱۰

یـــادآور می شـــود کـــه با اضافه شـــدن هـــر کلاف تعداد تقســـیم های تیغه هـــای کلکتـــور بیشـــتر می شـــود و برای ســـرهای اضافه شـــده دو تیغه جدید جهت اتصال لازم است (شکل۹ـ۱۰)



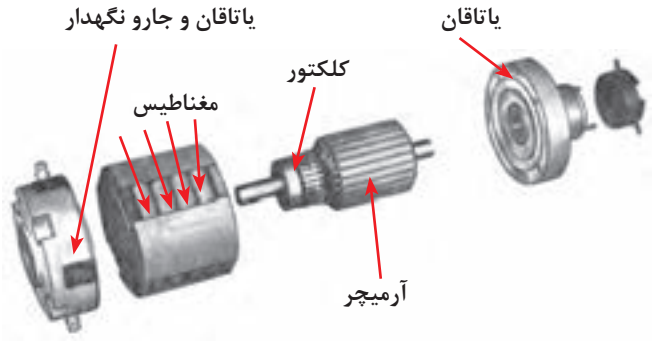
شکل ۹ـ۱۰

شکل ۱۰ـ۱۰ تصویر برش خورده یک مولد dc را نشان می دهد.



شکل ۱۰ـ۱۰

در عمل اجـزای یک مولد dc با نام های دیگری معرفی می کنند. شکل ۱۱ـ۱۰ تصویری از اجزای اصلی و فرعی یک مولد dc را نشان می دهد.



شکل ۱۱-۱۰

از جمله مولدهای dc ساده می توان دینام یک دوچرخه و یا دینام یک ماشـین را نام برد. نیروی محرک این مولدها بـه ترتیب حرکت دوچرخه و اتومبیل اسـت و اسـاس کار آن ها نیز چرخش کلاف سـیم در داخل میدان مغناطیسی و القا ولتاژ اسـت. در شکل ۱۲ـ۱۰ تصویر یک نمونه دینام دوچرخه را مشاهده می کنید.

شکل ۱۲-۱۰

آزمون پایانی (۱۰)

۱ـ کموتاتور نام دیگر کدامیک از موارد زیر است؟

الف - حلقه القا شونده　　ب ـ زغال ها　　ج ـ قطب ها　　د- حلقه های لغزنده

۲ـ ولتاژ القایی توسط کدام مورد به مصرف کننده اتصال می یابد؟

الف - جاروبک ها　　ب ـ قطب ها　　ج ـ سیم های رابط　　د- حلقه القا شونده

۳ـ نقش اصلی حلقه های لغزنده در مولدهای * چیست؟

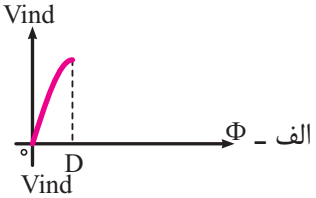
الف ـ چرخاندن کلاف سیم　　ب ـ یکسوسازی جریان

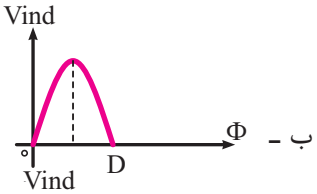
ج ـ رساندن جریان به مصرف کننده　　د ـ ارتباط بین زغال و مصرف کننده

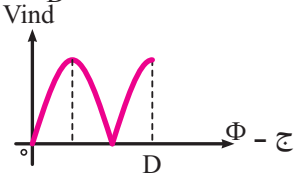
۴ـ در کدامیک از زوایای میدان مغناطیسی داده شده زیر ولتاژ القای ماکزیمم است؟

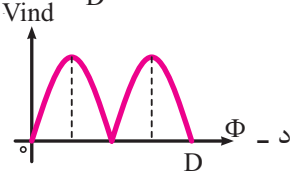
الف ـ ۹۰ و ۱۸۰ درجه　ب ـ ۱۸۰ و ۳۶۰ درجه　ج ـ ۹۰ و ۲۷۰ درجه　د ـ ۰ و ۱۸۰ درجه

۵ـ با توجه به شکل ۱۳ـ۱۰ در صورتی که از نقطه * حرکت کنیم شکل موج خروجی فاصله * تا * کدام است؟

الف ـ


ب ـ


ج ـ


د ـ


۶ـ شکل موج خروجی مولد دو قطب شکل ۱۴ـ۱۰ در فاصله A تا G به ازای چرخش چند دور کلاف در میدان مغناطیسی به دست آمده است؟

الف - $1\frac{1}{2}$　　ب ـ $2\frac{1}{2}$　　ج ـ ۳　　د- ۶

۷ـ چگونه می توان شکل موج خروجی مولد را صافتر کرد؟

الف ـ افزایش تعداد زغال ها　　ب ـ افزایش تعداد کلاف ها

ج ـ کاهش تعداد قطب ها　　د ـ کاهش سرعت محرک مکانیکی

۸ـ کدام یک از موارد زیر از اجزای اصلی الکتریکی یک مولد dc نیست؟

الف - جاروبک ها　　ب ـحلقه های لغزنده　　ج ـ یاتاقان ها　　د- حلقه القا شونده

۹ـ در صورت افزایش تعداد کلاف های 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 یک بار به حداکثر رسیده و مجدداً صفر می شود.

صحیح ❑ غلط ❑

۱۳ـ تفاوت اصلی مولدهای dc با ac در ..... استفاده شده آن ها است.

۱۴ـ یک ماشین جریان مستقیم از قطب ها، 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.

واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل یازدهم: اصول کار آلترناتورهای سه‌فاز

هدف کلی

آشنایی با ساختمان و اصول کار مولدهای متناوب سه‌فاز

هدف های رفتاری: در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

۱ـ وجود تشابه و تفاوت کار مولدهای تک فاز و سه فاز را بیان کند.

۲ـ چگونگی بوجود آمدن شکل موج سه فاز 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 و فازی را تعریف کند.

۵ـ ارتباط جریانها و ولتاژهای خطی و فازی 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

۱ـ اختلاف فاز بین دو فاز در ولتاژهای سه فاز چند درجه است؟

الف - ۹۰ ب ـ ۶۰ ج ـ ۱۸۰ د- ۱۲۰

۲ـ اغلب موتورهای صنعتی به کار رفته در صنایع از نوع ..... است.

الف - یک فاز ب - دو فاز ج ـ سه فاز د- شش فاز

۳ـ آیا از سیم نول در شبکه های سه فاز، استفاده می شود؟

الف ـ همیشه ب ـ هیچ وقت

ج ـ در برخی از موارد د ـ فقط در اتصال مثلث

۴ـ ولتاژ بین دو فاز در شبکه سه فاز ایران چند ولت است؟

الف - ۱۱۰ ب - ۲۲۰ ج ـ ۱۸۰ د- ۳۸۰

۵ـ آیا در شبکه های سه فازه تمامی توان تولید شده توسط مول در مصرف کننده مصرف می شود؟

الف ـ بلی ب ـ خیر

ج ـ به نوع مولد بستگی دارد. د ـ به نوع اتصال مدار بستگی دارد.

۶ـ جنس عایق بین تیغه های کموتور از چیست؟

الف - مواد نفتی ب ـ لاستیک ج ـ آلیاژ د- میکا

۷ـ اگر یک مولد دارای چهار کلاف باشد چند تیغه کلکتور دارد؟

الف - ۲ ب- ۴ ج ـ ۸ د- ۱۶

۸ـ در کدام یک از زوایای زیر ولتاژ مولد در حال افزایش است؟

الف - صفر ب ـ ۱۸۰° ج ـ بین صفر تا ۹۰° د- بین ۹۰° تا ۱۸۰°

۹ـ کدام یک از موارد زیر به عنوان محرک و تأمین کننده انرژی در مولدهای برق به کار نمی رود؟

الف - آب ب - باد ج ـ خاک د- خورشید

۱۰ـ کدام یک از حروف اختصاری زیر برای نشان دادن فازها در شبکه سه فاز به کار می رود؟

الف - PH ب - L2 ج ـ N د- MP

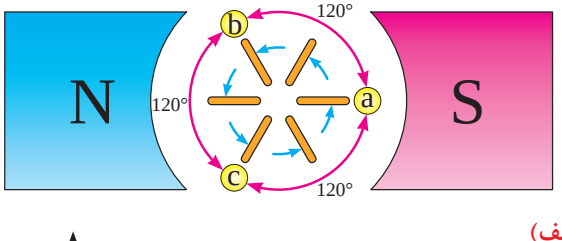
۱ـ۱۱ـ اتصالات آلترناتور سه فاز

اساس کار آلترناتورهای سه فاز مشابه مولدهای تک فاز است در این مولدها با حرکت کلاف در داخل میدان مغناطیسی یا با حرکت میدان مغناطیسی در مقابل کلاف ولتاژ القایی تولید می شود. شکل ۱ـ۱۱ تفاوت اصلی این مولدها در ساختمان داخلی آن ها است.

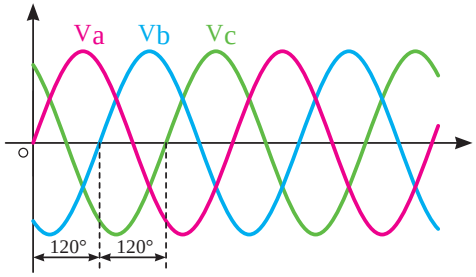
شکل ۱-۱۱

هر مولد سه فاز دارای سه دسته سیم پیچی است که در فضای دایرهای شکل با زاویه مکانی ۱۲۰° نسبت به هم قرار می گیرند. با قطع خطوط قوا توسط این سیم پیچ ها سه نوع جریان القایی متقارن با اختلاف فاز مکانی ۱۲۰° به وجود می آید، به این نوع جریان «سه فاز» می گویند.

شکل ۲ـ۱۱ وضعیت سیم پیچ های داخل میدان مغناطیسی و شکل موج های تولید شده توسط آن ها را نشان می دهد.

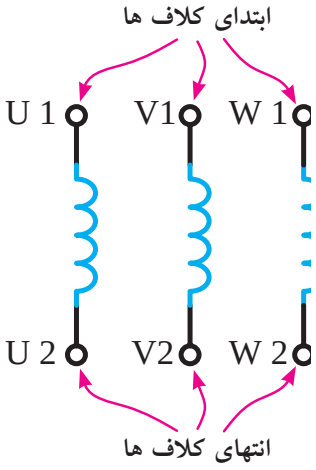


(الف)



شکل ۲-۱۱ (ب)

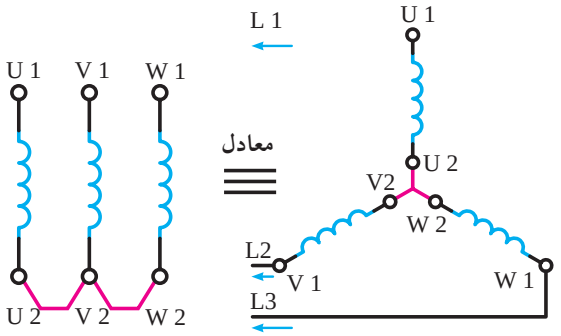
شکل ۳ـ۱۱ سه سیم پیچ مولد را به همراه حروف اختصاری در استاندارد IEC را نشان می دهد که معرف سه گروه کلاف در مولدهای سه فازه است.



شکل ۳-۱۱

۱ـ۱ـ۱۱ـ اتصال کلاف ها: کلاف ها به دو صورت به هم اتصال داده می شوند.

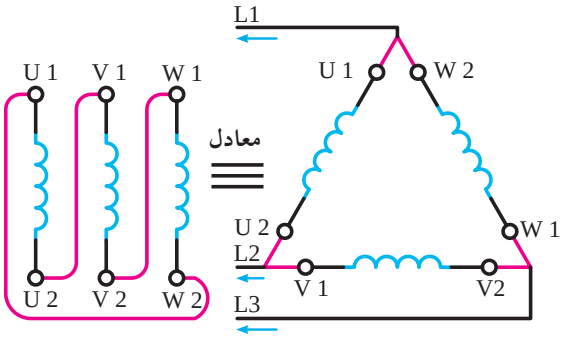
ـ اتصال ستاره: اگر انتهای کلاف های اول و دوم و سوم به یکدیگر اتصال یابند و از ابتدای کلاف جریان دریافت شود این نوع اتصال را «اتصال ستاره» می گویند و آن را با علامت ( ) نشان می دهند. در شکل ۴ـ۱۱ نحوه اتصال کلاف های مولد به حالت ستاره را مشاهده می کنید.



شکل ۴ـ۱۱

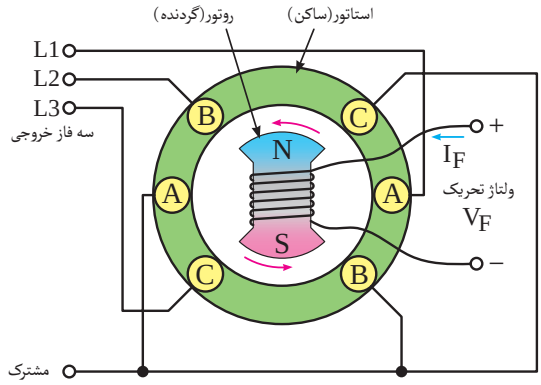
ـ اتصال مثلث: هرگاه انتهای کلاف اول به ابتدای کلاف دوم، انتهای کلاف دوم به ابتدای کلاف سوم، انتهای کلاف سوم، به ابتدای کلاف اول متصل شود و ابتدای کلاف ها جریان دریافت شود این نوع اتصال را اتصال مثلث می گویند و آن را با علامت (Δ) نشان می دهند.

نحوه اتصال کلاف های مولد به حالت مثلث در شکل ۵ـ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۵ـ۱۱

شکل (۶ـ۱۱) تصویر یک مولد را نشان می دهد که سیم پیچ های آن به صورت ( ) وصل شده است. از محل اتصال انتهای کلاف ها در اتصال ستاره معمولاً سمی خارج می شود که آن را «سیم مشترک» یا «سیم نول یا صفر» می نامند.



شکل ۶ـ۱۱

در شکل ۷ـ۱۱ قسمت الف تصویری از روتور، قسمت ب بخشی از سیم بندی استاتور و قسمت ج شکل ظاهری یک مولد ac واقعی که در نیروگاه ها برای تولید انرژی الکتریکی استفاده می شوند را نشان داده شده است.

شکل ۷ـ۱۱

ـ ترمینال اتصال (تخته کلم): نحوه قرار گرفتن سر و ته کلاف های مولد روی ترمینال اتصال (تخته کلم) جهت اتصال به مدار مطابق شکل ۸ـ۱۱ است.

برای اتصال کلاف ها به صورت ستاره یا مثلث از تیغه های مسی در روی ترمینال اتصال استفاده می شود. در شکل ۹ـ۱۱ چگونگی اتصال تیغه های مسی در زیر پیچ های تخته کلم برای ایجاد اتصالات ستاره و مثلث را نشان داده شده است.

توضیح: در برخی کتب طبق استاندارد VDE آلمان حروف U۱ ، V۱ ، W۱ به ترتیب با حروف U ، V ، W و حروف ته کلاف ها U۲ ، V۲ ، W۲ به ترتیب با حروف * مشخص می کنند. در شکل ۱۰ـ۱۱ این مطلب نشان داده شده است.

۲ـ۱۱ـ فرکانس خروجی آلترناتور

فرکانس مولدهای سه فازه از رابطه زیر به دست می آید:

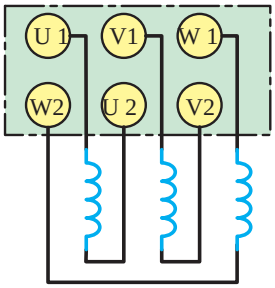
$$f = \frac{n.p}{۶۰}$$

که در این رابطه:

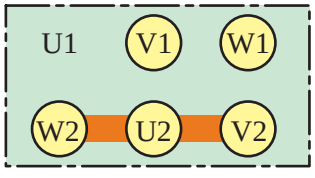
n ـ تعداد دور روتور بر حسب دور بر دقیقه

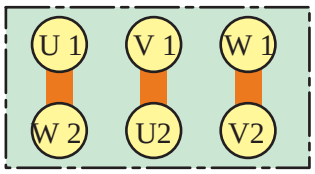
p ـ تعداد زوج قطب های استاتور است.

همان طوری که از رابطه فوق مشخص است فرکانس مولد با دو عامل دور و تعداد زوج قطب ها رابطه مستقیم دارد. یعنی هر قدر تعداد قطب ها و یا سرعت محرک مکانیکی مولد بیشتر شود فرکانس نیز افزایش می یابد. در هر دو حالت با چرخش یک دور روتور، تعداد قطب ها با فوران بیشتری قطع می شود. فرکانس مولدهای برق شهر ۵۰HZ است. در شکل ۱۱ـ۱۱ تصویر دو مولد ۲ قطب و ۸ قطب نشان داده شده است.

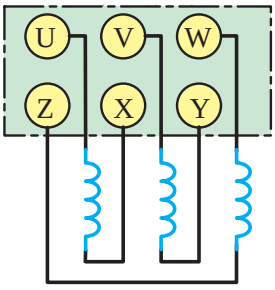


شکل ۸-۱۱

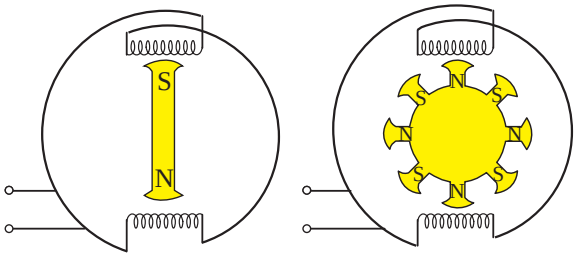




شکل ۹-۱۱



شکل ۱۰-۱۱



شکل ۱۱-۱۱- در صورتی که سرعت چرخش هر دو مولد مساوی باشد فرکانس مولد شکل ب چهار برابر فرکانس مولد شکل الف است.

۳ـ۱۱ـ جریان هـا و ولتاژها در اتصالات ستاره مثلث متعادل

قبل از بررسـی روابط و خصوصیـات اتصالات $\curlyvee$ و Δ لازم است با چهار مفهوم در مدارهای سه فازه آشنا شویم:

الف ـ جریان خطی (I_L): جریانی که از خطوط خارجی مولد برای مصرف کننده ها فرسـتاده می شـود، را «جریان خطی» گویند.

ب ـ جریان فازی (I_P): جریانی که از داخل هر یک از سیم پیچ های مولد سه فازه عبور می کنند را «جریان فازی» می گویند.

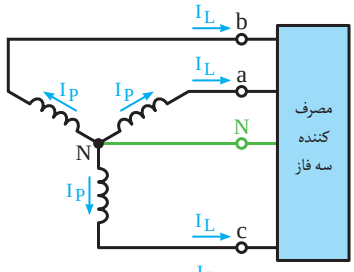
شـکل ۱۲-۱۱ جریان I_L و I_P) اتصالهای ستاره و مثلث را نشان می دهد.

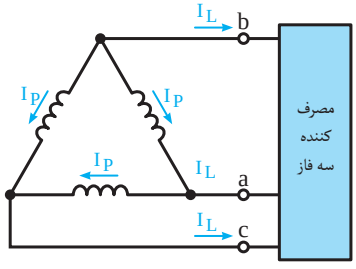
ج ـ ولتـاژ خطـی (VL): ولتاژ بین دو فـاز از فازهای خروجی یک مولد سه فازه را «ولتاژ خطی» گویند.

د ـ ولتـاژ فـازی (V_P): ولتاژ در دو سـر هـر یک از سیم‌پیچ‌های مولد را «ولتاژ فازی» گویند.

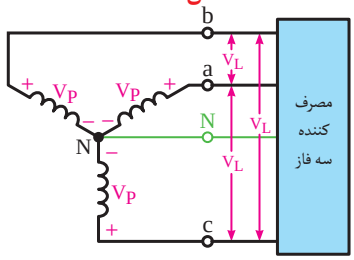
در شـکل ۱۳ـ۱۱ ولتاژهای خطی و فـازی اتصال‌های ستاره و مثلث نشان داده شده است.

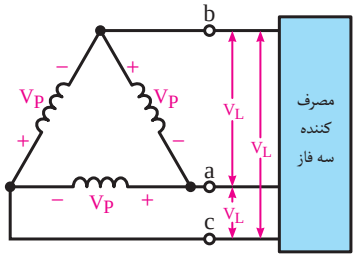
توضیح: در مدارهای سه فاز هر یک از فازها را با حروف اختصاری * نشان می دهند. (شکل ۱۴ـ۱۱)



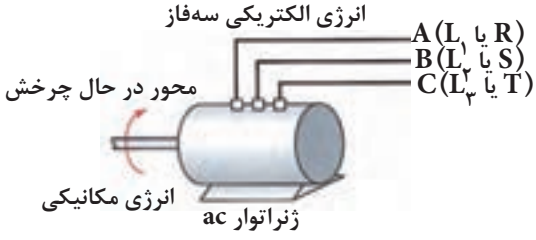


شکل ۱۲-۱۱

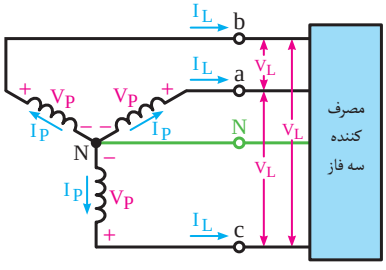




شکل ۱۳-۱۱



شکل ۱۴-۱۱



شکل ۱۵-۱۱

۱-۳-۱۱- مقـدار ولتـاژ و جریان در اتصال ستاره و مثلث:

در شکل ۱۵ـ۱۱ وضعیت سـیم پیچ ها در اتصال ستاره و مقـدار ولتاژهـا و جریان هـای فازی و خطی را مشـاهده می کنید. در این اتصال روابط زیر در مدار برقرار است:

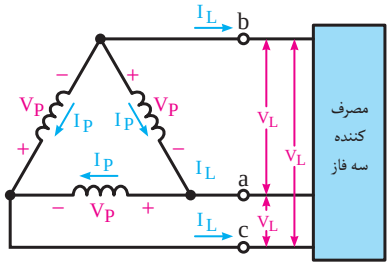
$$I_L = I_P$$
$$V_L = \sqrt{3} V_P$$

توضیح:

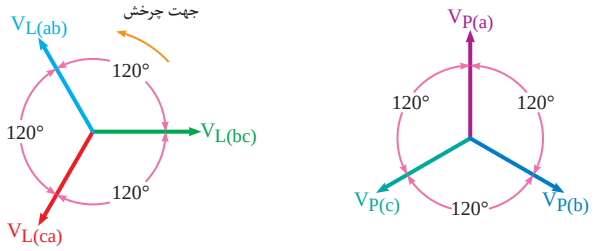
از محل اتصال مشترک انتهای کلاف ها معمولاً سیم خارجی می شود که آن را «سیم نول» یا «صفر» می نامند. شکل ۱۶ـ۱۱ وضعیت سیم پیچ ها ولتاژها و جریان های خطی و فازی مولد سه فازه را در اتصال مثلث نشان می دهد.

در این اتصال روابط زیر برقرار است.

$$V_L = V_P$$
$$I_L = \sqrt{3} I_P$$



شکل ۱۶ـ۱۱

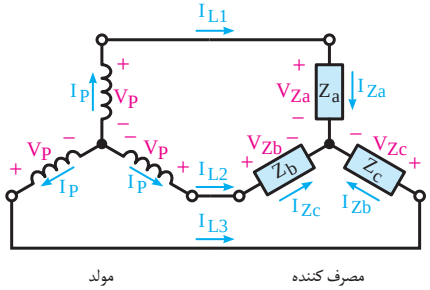


الف ـ دیاگرام ولتاژهای فازی ب ـ دیاگرام ولتاژهای خطی

شکل ۱۷ـ۱۱

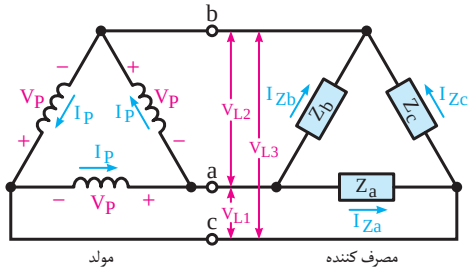
دیاگرام های برداری ولتاژهای خطی و فازی در مدارهای سه فازه به صورت شکل ۱۷ـ۱۱ ترسیم می شود.

برای اینکه مصرف کننده های سه فازه بتوانند از مولد سه فازه استفاده کند، در داخل آن ها 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) می باشد.



شکل ۱۸ـ۱۱

در شکل ۱۸ـ۱۱ یک مصرف کننده با اتصال ستاره (Y) و در شکل ۱۹ـ۱۱ مصرف کننده‌ای با اتصال مثلث (Δ) نشان داده شده که به مولدهای سه فازهای با اتصال ستاره (Y) و مثلث (Δ)متصل شده اند.



شکل ۱۹ـ۱۱

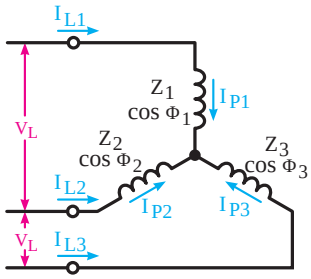
در شکل ۲۰ـ۱۱ تصویر یک نیروگاه جریان متناوب واقعی را مشاهده می کنید.

شکل ۲۰ـ۱۱

۲ـ۳ـ۱۱ـ بار متعادل و نامتعادل:

قبل از بررسی توان ها در مدارهای سه فازه می بایست با اصطلاحات متعادل و نامتعادل آشنا شویم.

ـ وضعیت متعادل: هرگاه تمامی مشخصات سیم پیچ های مصرف کننده و یا مولد سه فاز از قبیل امپدانس ها، جریان ها و ولتاژهای خطی و فازی، زاویه اختلاف فاز با هم برابر باشند، آن مدار سه فازه را در «حالت متعادل» می گویند.



شکل ۲۱ـ۱۱

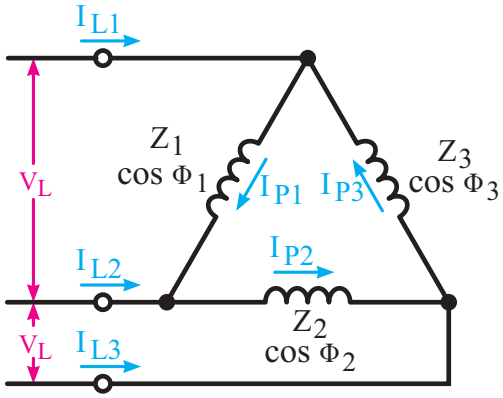
شکل ۲۱ـ۱۱ اتصال سیم پیچ های بار در حالت متعادل را نشان می دهد.

در این حالت روابط متقابل 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 فوق را برای اتصال مثلث (△) نیز می توان بیان کرد.

ـ وضعیت نامتعادل: اگر یکی از مشخصه های مصرف کننده یا مدار سه فاز از قبیل امپدانس، جریان ها و ولتاژهای خطی و فازی، زاویه اختلاف فاز با هم برابر نباشند آن مدار سه فازه را در «حالت نامتعادل» می گویند.



شکل ۲۲ـ۱۱

پس در این حالت رابطه تساوی بین همه مشخصه ها وجود ندارد. شکل ۲۲ـ۱۱ اتصال سیم پیچ های بار در حالت مثلث نامتعادل را نشان می دهد.

وضعیت نامتعادل به همراه شرایط آن در اتصال ستاره (⅄) نیز به وجود می آید.

۴ـ۱۱ـ انواع توان در مدارات سه فاز

توان هایی که در شبکه های سه فازه مطرح می شوند مشابه مدارهای تک فازه و شامل (توان ظاهری، توان اکتیو و توان راکتیو) است. چگونگی محاسبه توانها در شبکه سه فاز با تک فاز تفاوت دارد. روابط توان ها در مدارهای سه فازه

به صورت زیر است:

$$\text{توان ظاهری}\quad S=\sqrt{3}V_L I_L \quad [V.A]$$
$$\text{توان اکتیو}\quad P=\sqrt{3}V_L I_L \cos\phi \quad [W]$$
$$\text{توان راکتیو}\quad P=\sqrt{3}V_L I_L \sin\phi \quad [VAR]$$

در تصاویر شکل ۲۳ـ۱۱ مصرف کننده‌های اهمی و غیراهمی نشان داده شده است.

اگر روابط فوق را بر حسب مقادیر فازی بخواهیم می‌توانیم به صورت زیر نوشت:

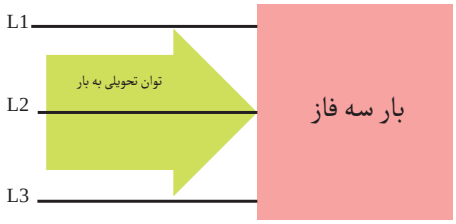
$$S=3V_p I_p \quad [V.A]$$
$$P=3V_L I_L \cos\phi \quad [W]$$
$$P=3V_L I_L \sin\phi \quad [VAR]$$

ϕ ـ زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان

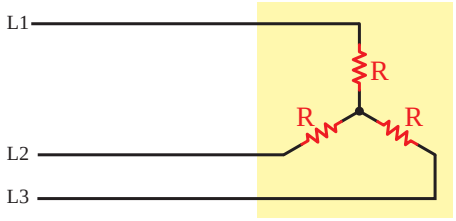
اگر یک مصرف کننده سه فاز را بتوان به صورت ستاره مثلث راهاندازی کرد، توان نامی در اتصال ستاره متعادل آن $\frac{1}{3}$ توان نامی در اتصال مثلث متعادل است. به همین دلیل ازاین اتصالات به عنوان روش راهاندازی مصرف کنندههای سه فاز با قدرت زیاد استفاده می‌شود چرا که به خاطر کم شدن توان، جریان راهاندازی آنها کاهش می‌یابد.

$$P_{\curlywedge}=\frac{1}{3}P_{\Delta}$$

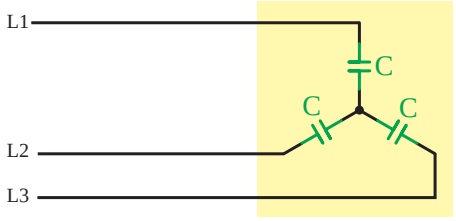
در تصاویر شکل ۲۴ـ۱۱ اتصالات ستاره و مثلث را به همراه پارامترهای آن مشاهده میکنید.



(الف)

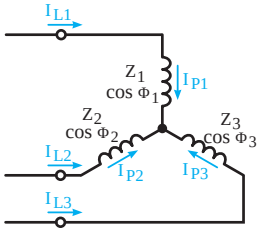


ب ـ مصرف کننده اهمی خالص توان دریافتی را مصرف می کند.



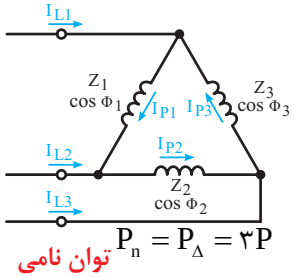
ج ـ مصرف کننده غیر اهمی (سلفی ـ خازنی) توان را مصرف نمی کند.

شکل ۲۳ـ۱۱ـ بارهای سه فاز



$$\begin{cases} ZP_1 = ZP_2 = ZP_3 \\ IP_1 = IP_2 = IP_3 \\ \cos\Phi_1 = \cos\Phi_2 = \cos\Phi_3 \end{cases}$$

$$P = 3V_P I_P \cos\Phi$$



شکل ۲۴ـ۱۱ـ اتصالات ستاره و مثلث

آزمون پایانی (۱۱)

۱ـ علت قرار گرفتن کلاف‌های آلترناتور با اختلاف فاز ۲۰ درجه چیست؟

الف ـ برای ایجاد تقارن در جریان‌ها　　ب ـ به علت دو 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 W۲　　ب ـ V۲　　ج ـ V۱　　د ـ U۲

۳ـ برای ایجاد اتصال مثلث به ترتیب ته کلاف اول و سوم مولد را به کدام سرها باید اتصال داد؟

الف ـ W۱ ـ V۱　　ب ـ W۱ ـ U۱　　ج ـ V۱ ـ U۱　　د ـ U۱ ـ V۱

۴ـ فرکانس یک مولد شش قطب با سرعت ۱۵۰۰ دور بر دقیقه میچرخد چند هرتز است؟

الف ـ ۵۰　　ب ـ ۳۰۰　　ج ـ ۱۵۰　　د ـ ۷۵

۵ـ جریانی که به طرف مصرف کننده جاری میشود را با حروف ..... نشان میدهند.

الف ـ I_P　　ب ـ I_Z　　ج ـ I_L　　د ـ I_T

۶ـ کدام رابطه ولتاژی در اتصال (Y) صحیح است؟

الف ـ $V_P = V_L$　　ب ـ $V_P = \sqrt{۳}V_L$　　ج ـ $V_L = \sqrt{۳}V_P$　　د ـ $V_L = \frac{V_P}{۳}$

۷ـ کدامیک از روابط زیر رابطه صحیح جریانها در اتصال مثلث است؟

الف ـ $I_L = \frac{I_P}{\sqrt{۳}}$　　ب ـ $I_P = \frac{I_L}{\sqrt{۳}}$　　ج ـ $I_L = I_P$　　د ـ $I_L = ۳I_P$

۸ـ در دیاگرام برداری ولتاژهای شکل ۲۵ـ۱۱ بردارهای X و Y به ترتیب چچه ولتاژی هستند؟

الف ـ ab و ca　　ب ـ cb و ca　　ج ـ ab و cb　　د ـ cb و ab

۹ـ کدامیک از موارد زیر روابط توان اکتیو را نشان میدهد؟

الف ـ $\sqrt{۳}V_L I_L$　　ب ـ $۳V_P I_P \cos\phi$　　ج ـ $۳V_P I_P \sin\phi$　　د ـ $ab\sqrt{۳}V_L I_L \sin\phi$

۱۰ـ کدامیک از روابط زیر صحیح است؟

الف ـ $P = \frac{۱}{۳}P_\Delta$　　ب ـ $P_\Delta = \frac{۱}{۳}P_\lambda$　　ج ـ $P_\lambda = \frac{۲}{۳}P_\Delta$　　د ـ $P_\lambda = \frac{۳}{۲}P_\Delta$

۱۱ـ در اتصال ستاره انتهای کلاف‌های اول و دوم و سوم به یکدیگر متصل است. ❑ صحیح ❑ غلط

۱۲ـ فرکانس خروجی مولد از رابطه $f = \frac{P \times ۶۰}{n_S}$ به دست میآید. ❑ صحیح ❑ غلط

۱۳ـ جریانی که از خطوط خارجی مولد در مصرف کنندهها جاری میشود را از جریان فازی می‌گویند. ❑ صحیح ❑ غلط

۱۴ـ در اتصال ستاره جریان خط $\sqrt{3}$ برابر جریان فازی است. صحیح ❑ غلط ❑

۱۵ـ توان راکتیو یک شبکه سه فازه از رابطه ..... محاسبه می‌شود.

۱۶ـ سیمی که از محل اتصال انتهای کلاف‌ها در اتصال ستاره خارج میشود، را ..... می‌گویند.

۱۷ـ ولتاژ دو سر هر یک از سیم پیچ‌های مولد را ..... می‌گویند.

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 کلم (ترمینال اتصال) مولد براساس استاندارد IEC رسم کنید.

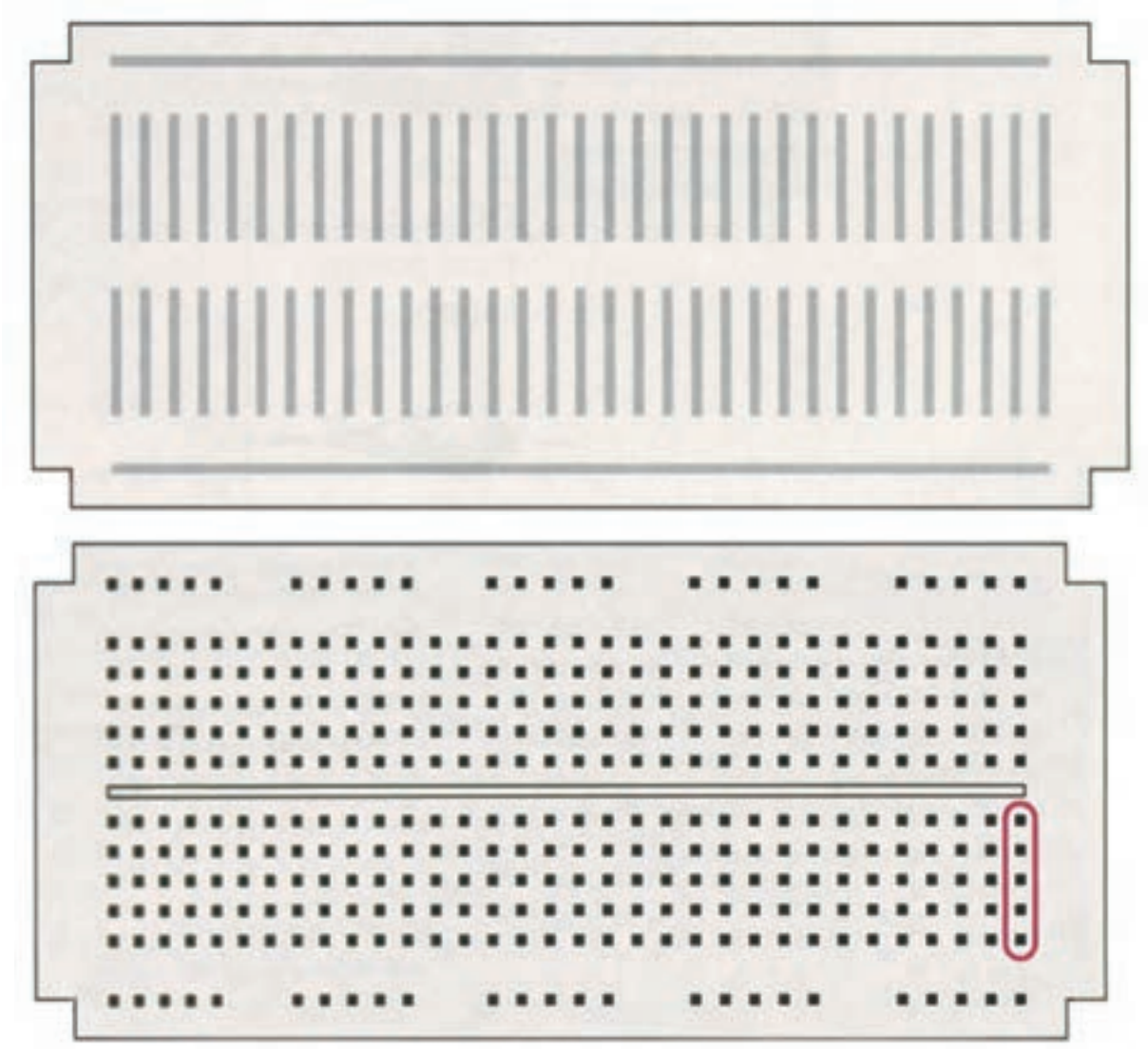
توجه: مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

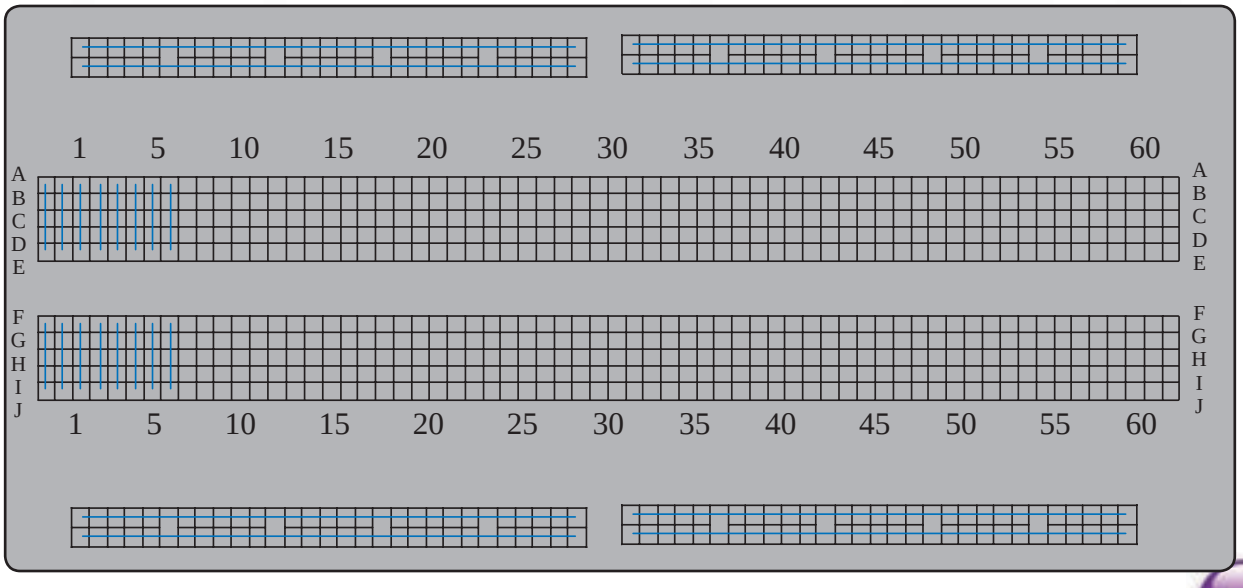
توجه

مطالب مربوط به سوالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

ضمیمه

تصویر واقعی و اتصالات صفحه بِرِد بُرد





پاسخ سؤالات فصل ۱

پیش آزمون ۱

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

آزمون پایانی (۱)

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

پاسخ خودآزمایی عملی

۱-

الف - شیء پلاستیکی باردار ذرات نمک را جذب می‌کند.

ب- شیء پلاستیکی باردار توپ پینگ پنگ را جذب می‌کند.

ج- شیء پلاستیکی باردار رشته نخ نایلونی را جذب می‌کند.

د - شیء پلاستیکی باردار آب جاری با فشار کم را جذب می‌کند.

۲- 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.

پاسخ سؤالات فصل ۲

پیش آزمون ۲

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

آزمون پایانی (۲)

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

پاسخ خودآزمایی عملی

۱-

الف - چون هادی است لامپ روشن می‌شود.

ب- چون عایق است لامپ روشن نمی‌شود.

ج- چون عایق است لامپ روشن نمی‌شود.

د- چون هادی است لامپ روشن می‌شود.

هـ - چون هادی است لامپ روشن می‌شود.

و - چون عایق است لامپ روشن نمی شود.

ز- چون عایق است لامپ روشن نمی‌شود.

پاسخ سؤالات فصل ۳

پیش آزمون ۳

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

آزمون پایانی (۳)

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

سؤال تشریحی

۱۳-
الف- $۲۷\Omega \pm ٪۱۰$ د- $۶/۸k\Omega \pm ٪۱۰$
ب- $۱۰۰\Omega \pm ٪۱۰$ هـ- $۳۳\Omega \pm ٪۱۰$
ج- $۵۶۰k\Omega \pm ٪۵$ و - $۴۷k\Omega \pm ٪۲۰$

۱۴-
الف) b ب) d ج) l د) f هـ) a

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

پاسخ سؤالات فصل ۴

پیش آزمون ۴

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

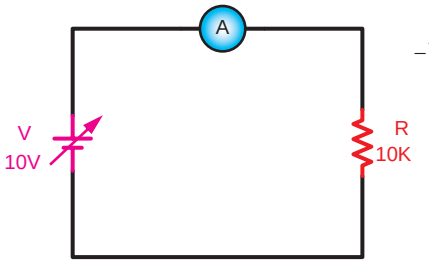
آزمون پایانی (۴)

۱- ج	۶- ب	۱۱- د	۱۶- فیوز	۱۹- غلط ☒
۲- ب	۷- ج	۱۲- منبع تغذیه	۱۷- مستقیم	۲۰- صحیح ☒
۳- د	۸- الف	۱۳- منبع تغذیه	۱۸- غلط ☒	
۴- ج	۹- د	۱۴- $I(R_1+R_4)$ یا R_1I+R_4I		
۵- د	۱۰- الف	۱۵- KVL یا ولتاژهای کیرشهف		

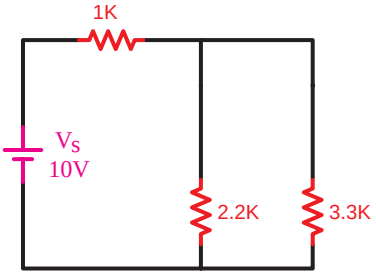
پاسخ خودآزمایی عملی

۱-

۲-



۳-



پاسخ سؤالات فصل ۵

پیش آزمون ۵

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

آزمون پایانی (۵)

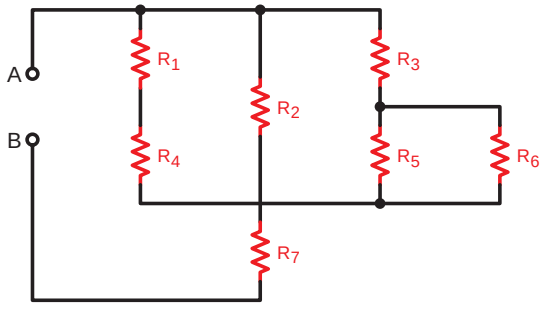
۱- د	۶- ب	۱۱- ب	۱۶- الف	۲۱- ج
۲- الف	۷- الف	۱۲- الف	۱۷- ب	
۳- الف	۸- الف	۱۳- ج	۱۸- ب	
۴- ب	۹- ج	۱۴- ب	۱۹- ب	
۵- د	۱۰- ب	۱۵- د	۲۰- د	

۲۲- 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.

۲۳- الف : دوشاخه مدار موازی $pin_1 || pin_4$ (شامل مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 و R_4 و R_{11} و R_{12})

$pin_2 || pin_3$ (شامل مقاومت‌های R_5 و R_6 و R_7 و R_8 و R_9 و R_{10})

۲۳- ب: شکل مدار به صورت سری موازی است.



۲۴- صفر

۲۵- مقاومت کل (مقاومت معادل)

۲۶- اهم‌متر

۲۷- صحیح ☒

۲۸- غلط ☒

۲۹- غلط ☒

پاسخ سؤالات فصل ۶

پیش آزمون ۶

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

آزمون پایانی (۶)

۱- ج	۴- د	۷- ب	۱۰- الف	۱۳- زیادتر(بیشتر)
۲- د	۵- ب	۸- ج	۱۱- توان تلف‌شده	۱۴- صحیح ☒
۳- ج	۶- ب	۹- ب	۱۲- وات‌متر	۱۵- غلط ☒

پاسخ سؤالات فصل ۷

پیش آزمون ۷

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

آزمون پایانی (۷)

۱- د
۲- ج
۳- الف
۴- ب
۵- ب
۶- الف
۷- ب
۸- ج
۹- الف
۱۰- الف
۱۱- ب
۱۲- ج
۱۳- د
۱۴- ج
۱۵- ج
۱۶- ج
۱۷- ج
۱۸- د
۱۹- الف
۲۰- ج
۲۱- ب
۲۲- الف
۲۳- ج
۲۴- الف
۲۵- د
۲۶- ب
۲۷- ج
۲۸- جذب
۲۹- نرم
۳۰- نیروی محرکه مغناطیسی
۳۱- میدان مغناطیسی
۳۲- غلط ☒
۳۳- غلط ☒
۳۴- صحیح ☒
۳۵- صحیح ☒

پاسخ سؤالات فصل ۸

پیش آزمون ۸

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

آزمون پایانی (۸)

۱- الف	۹- ب	۱۷- الف	۲۵- ب	۳۳- ب
۲- د	۱۰- ج	۱۸- د	۲۶- ب	۳۴- صحیح
۳- ب	۱۱- ب	۱۹- ج	۲۷- ج	۳۵- غلط
۴- ج	۱۲- ب	۲۰- ب	۲۸- ج	۳۶- غلط
۵- د	۱۳- ب	۲۱- ج	۲۹- ب	۳۷- غلط
۶- الف	۱۴- الف	۲۲- د	۳۰- الف	۳۸- کمتر
۷- ج	۱۵- د	۲۳- ج	۳۱- ب	۳۹- بیشتر یا کمتر
۸- د	۱۶- ب	۲۴- الف	۳۲- الف	۴۰- $Q = C.V$

پاسخ سؤالات فصل ۹

پیش آزمون ۹

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

آزمون پایانی (۹)

۱- ب
۲- ج
۳- د
۴- الف
۵- ب
۶- ج
۷- الف
۸- ج
۹- الف
۱۰- د
۱۱- ب
۱۲- ب
۱۳- الف
۱۴- د
۱۵- ج
۱۶- ب
۱۷- الف
۱۸- ب
۱۹- ب
۲۰- د
۲۱- الف
۲۲- ب
۲۳- د
۲۴- ج
۲۵- ب
۲۶- ج
۲۷- ب
۲۸- د
۲۹- الف
۳۰- الف
۳۱- ج
۳۲- د
۳۳- الف
۳۴- الف
۳۵- الف
۳۶- د
۳۷- الف
۳۸- ج
۳۹- ب
۴۰- الف
۴۱- الف
۴۲- ج
۴۳- د
۴۴- الف
۴۵- ب
۴۶- ج
۴۷- الف
۴۸- د
۴۹- پیش‌قاز
۵۰- راکتانس سلفی
۵۱- جلوتر
۵۲- غلط ☒
۵۳- مثبت - منفی
۵۴- غلط ☒
۵۵- کوچکتر(کمتر)

پاسخ سؤالات فصل ۱۰

پیش آزمون ۱۰

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

آزمون پایانی (۱۰)

۱- د
۲- الف
۳- ب
۴- ج
۵- ج
۶- الف
۷- ب
۸- ج
۹- غلط ☒
۱۰- صحیح ☒
۱۱- غلط ☒
۱۲- غلط ☒
۱۳- حلقه‌های لغزنده
۱۴- جاروبک‌هایازغال‌ها
۱۵- تعداد تیغه‌های کلکتور

پاسخ سؤالات فصل ۱۱

پیش آزمون ۱۱

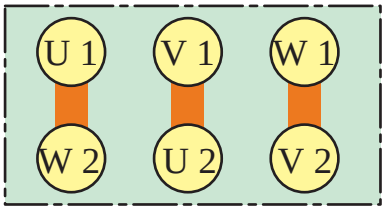
۱- د	۳- ج	۵- ب	۷- ج	۹- ج
۲- الف	۴- د	۶- د	۸- ج	۱۰- ب

آزمون پایانی (۱۱)

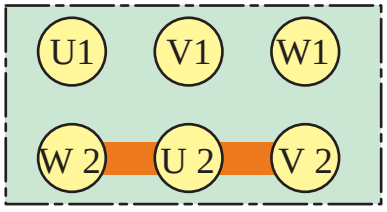
۱- الف	۵- ج	۹- ج	۱۳- غلط ☒	۱۷- ولتاژ فازی
۲- ب	۶- ج	۱۰- الف	۱۴- غلط ☒	۱۸- دور - تعداد زوج قطب
۳- د	۷- ب	۱۱- صحیح ☒	۱۵- $\sqrt{۳}V_L \sin\phi$	
۴- د	۸- الف	۱۲- غلط ☒	۱۶- سیم تول	

۱۹- هرگاه تمام مشخصات سیم پیچی‌های مصرف‌کننده و یا مولد سه فاز از قبیل امپدانس‌ها، جریان‌ها، ولتاژهای خطی ، فازی و زاویه اختلاف فاز با هم برابر باشند آن مدار را متعادل گویند.

۲۰-



اتصال مثلث (△)



اتصال (Y)

منابع و مآخذ

1- Principles Of Electric Circuits by: Thomasl.Floyd

2- Electric Circuits by: David.Bell

3- safe and Simple Electrical Experiments by:Rudolff.Graf

4-Click Flash Buzz Whirr by:Simon Schvster

۵- موتورهای الکتریکی ترجمه: مهندس عین‌الله احمدی - مهندس حسین مظفری

۶- الکترونیک کاربردی مؤلفین: مهندسین شهرام نصیری سواد کوهی - شهرام خدادادی

۷- مبانی برق ترجمه : مهندس عین الله احمدی - حسین مظفری - فریدون قیطرانی

۸- اصول مقدماتی الکتریسیته مؤلف: مهندس غلامعلی سرابی

۹- الکتروتکنیک آزمایشگاهی ترجمه: مهندس محمود ربیع زاده