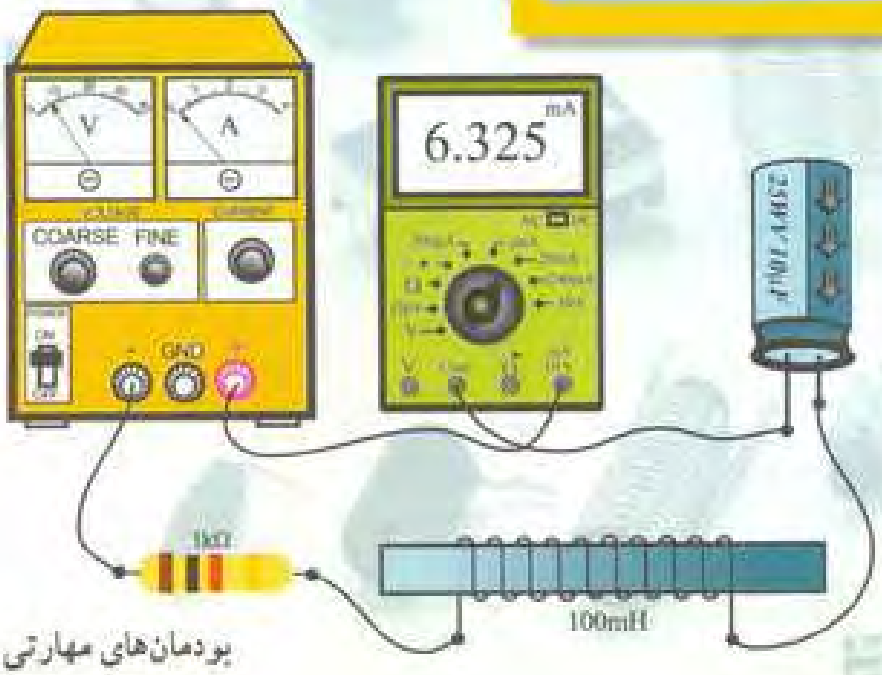
جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مقاومت ، سلف ، خازن در جریان مستقیم

شاخه‌ی کاردانش (گروه تحصیلی برق)

رشته‌های مهارتی: تعمیر تلویزیون رنگی و ...



بسم الله الرحمن الرحیم

مقاومت، سلف، خازن در جریان مستقیم

شاخه‌ی: کاردانش

زمینه‌ی: صنعت

گروه تحصیلی: برق

زیر گروه: الکترونیک

رشته‌های مهارتی: (تعمیر تلویزیون رنگی، الکترونیک صنعتی، کاربری کنترل‌کننده‌های منطقی (PLC)، تعمیر ماشین‌های اداری و تعمیر عمومی کامپیوتر)

شماره‌ی رشته‌های مهارتی: (۳۰۱ـ۲۰۱ـ۱۰ـ۱ و ۳۰۲ـ۲۰۱ـ۱۰ـ۱ و ۳۰۳ـ۲۰۱ـ۱۰ـ۱ و ۳۰۵ـ۲۰۱ـ۱۰ـ۱ و ۳۰۷ـ۳۰۱ـ۱۰ـ۱)

کد رایانه‌ی رشته‌های مهارتی: (۹۳۸۱، ۹۳۸۲، ۹۵۲۵ و ۹۷۸۴ و ۹۷۵۰)

نام استاندارد مهارتی مبنا: الکترونیک عمومی

کد استاندارد متولی: (۵۱/۱۱ـ۸ و ۷۴)

شماره‌ی درس: (نظری ۸۳۱۴/۲ عملی ۸۳۱۵/۲)

۶۲۱ نظریان، فتح اله

/۳۸۱۵ مقاومت، سلف، خازن در جریان مستقیم / مؤلف: فتح اله نظریان، ویراستار فنی فریدون علومی.

م۵۱۲ن/ ـ تهران: شرکت چاپ آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۸۲.

۱۳۸۲ ۱۲۸ص.: مصور. ـ (شاخه‌ی کاردانش؛ شماره‌ی درس ۸۳۱۴/۲ و ۸۳۱۵/۲)

متون درسی شاخه‌ی کاردانش، زمینه‌ی صنعت، گروه تحصیلی برق، زیرگروه الکترونیک، رشته‌های مهارتی تعمیر تلویزیون رنگی، الکترونیک صنعتی، کاربری کنترل کننده‌های منطقی(PLC) و تعمیر ماشین‌های اداری و تعمیر عمومی کامپیوتر.

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

۱. مقاومت‌ها(برق) ۲. سیم‌پیچ‌های برقی ۳. خازن‌ها. الف. علومی، فریدون، ویراستار فنی. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ج. عنوان.

۱۳۸۲

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:

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

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

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

نام کتاب: مقاومت مصالح، خازن در جریان مستقیم ـ ۴۱۵/۶

مؤلف: مهندس فتح‌الله نظریان

ویراستار فنی: مهندس فریدون علومی

ویراستار ادبی: ماهدخت طیفی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ: اداره‌ی کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی

رسام: مهندس فتح‌الله نظریان

صفحه‌آرا: خدیجه محمدی

طراح جلد: مریم کیوان

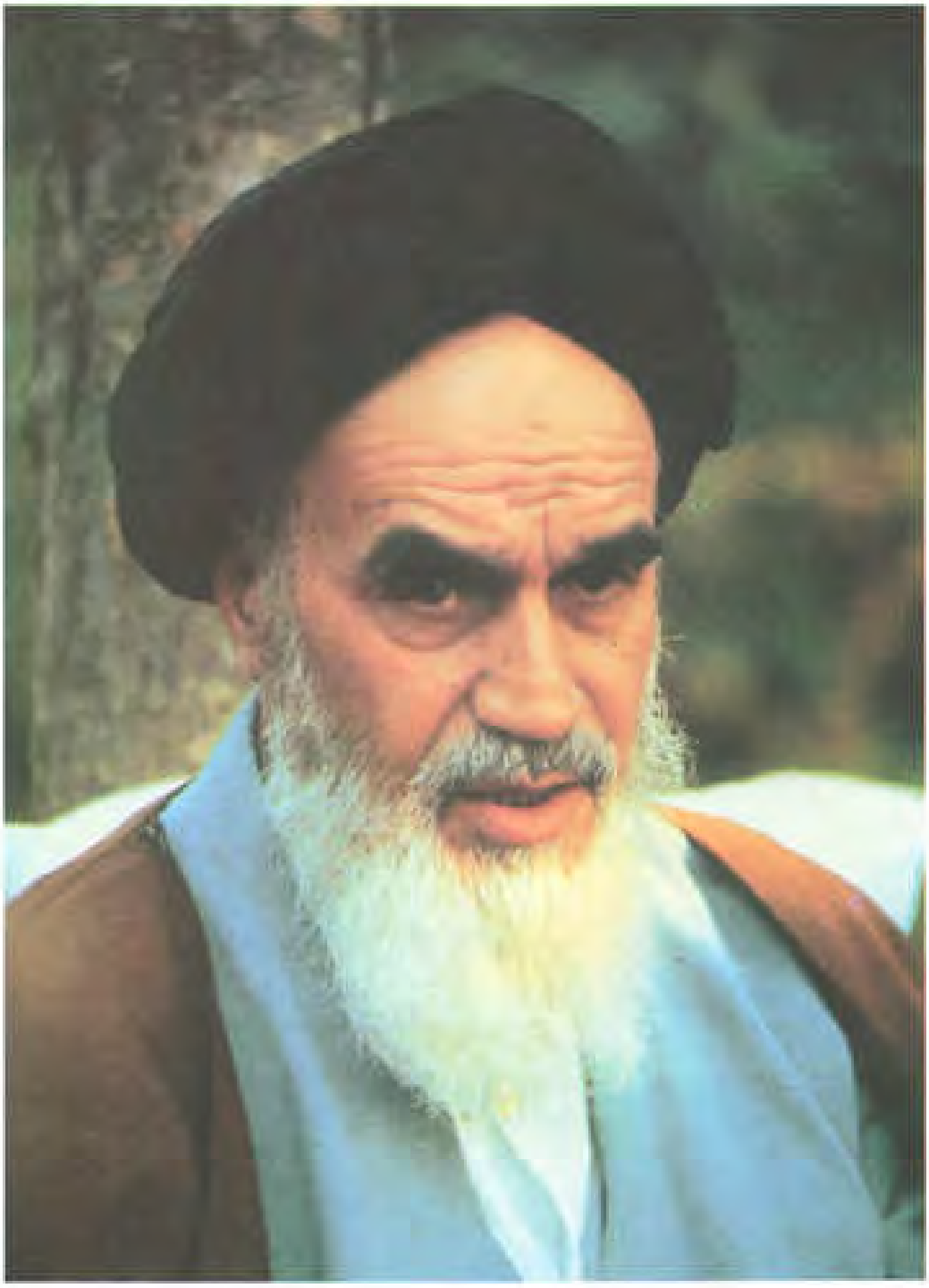
ناشر: شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش)

چاپخانه: ناشر

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۸۲

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۶-۰۰-۱۲۲۰-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-1220-6



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 انکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

مقدمه‌ای بر چگونگی برنامه‌ریزی کتاب‌های بودمانی

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

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

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

به‌طور کلی هر استاندارد مهارت به تعدادی بودمان مهارت (M_1 و M_2 و ...) و هر بودمان نیز به تعدادی واحد کار (U_1 و U_2 و ...) و هر واحد کار نیز به تعدادی توانایی ویژه (P_1 و P_2 و ...) تقسیم می‌شوند. نمون برگ شماره (۱) برای دسته‌بندی توانایی‌ها به‌کار می‌رود. در این نمون برگ مشاهده می‌کنیم که در هر واحد کار چه نوع توانایی‌هایی وجود دارد. در نمون برگ شماره (۲) واحدهای کار مرتبط با بودمان و در نمون برگ شماره (۳) اطلاعات کامل مربوط به هر بودمان درج شده است. بدیهی است هنرآموزان و هنرجویان ارجمند شاخه کاردانش و کلیه عزیزانی که در امر توسعه آموزش‌های مهارتی فعالیت دارند، می‌توانند ما را در غنای کیفی بودمان‌ها که برای توسعه آموزش‌های مهارتی تدوین شده است رهنمون و یاور باشند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های
فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پیشگفتار

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

هنرآموزان گرامی و فراگیران عزیز:

کتابی که اینک پیش رو دارید، یکی از کتاب‌های درسی نظام جدید آموزشی در شاخه کاردانش، زمینه صنعت می‌باشد که به کوشش شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش) تألیف و چاپ شده است. این شرکت در سال ۱۳۵۴ با هدف طراحی، تولید و تأمین تجهیزات آموزشی، کمک آموزشی، آزمایشگاهی و کارگاهی برای تمام مقاطع تحصیلی (از پیش‌دبستانی تا دانشگاه) تأسیس شده است. مهم‌ترین رسالت شرکت، حمایت و پشتیبانی همه جانبه از آموزش کشور می‌باشد. از این‌رو از آغاز تأسیس تاکنون همواره با بهره‌گیری از آخرین دستاوردها و فناوری‌های کشورهای پیشرفته صنعتی اقدام به تولید بسیاری از تجهیزات آموزشی برای کلاس‌ها، آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های مراکز آموزشی نموده است.

یکی دیگر از خدمات شرکت، همکاری با سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش برای تألیف و چاپ کتاب‌های درسی می‌باشد. در تألیف این کتاب پیشکسوتان و صاحب‌نظران آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و مهارتی در نهایت صمیمیت، شرکت را یاری داده‌اند تا کتابی آسان، روان و خودآموز تهیه و در اختیار فراگیران قرار داده شود. شیوه نگارش این کتاب منطبق با شیوه آموزش مهارت پودمانی (Modular) می‌باشد. این شیوه آموزش مهارت، هم‌اکنون در بسیاری از کشورهای پیشرفته صنعتی در حال اجرا می‌باشد.

امید است مدیران محترم مراکز آموزشی با تمام توان در جهت اجرای هر چه بهتر این شیوه نوین آموزش مهارت همت گمارند تا بتوانیم به کلیه اهداف آموزشی کتاب جامعه عمل بپوشانیم. با دستیابی به این اهداف آموزشی است که فراگیران عزیز می‌توانند در زمره صنعتگران خلاق و کارآفرین کشور عزیزمان قرار گیرند.

شرکت صنایع آموزشی
واحد تحقیقات و طرح و برنامه

مقدمه

از آن هنگام که بشر پا به عرصه علم و دانش نهاد تا از دوره‌های نخستین علم شاهراهی بسوی تکامل بگشاید و رموز نهفته در طبیعت را در جهت خدمت به خود به‌کار گیرد، همواره خواص الکتریکی و مغناطیسی مواد مورد توجه پویندگان راه علم بوده است. از زمان کشف خاصیت مغناطیسی اجسام سالیان متمادی می‌گذرد، مدت زمان مدیدی است که پیدران علم برق چون فارادی، لنز و کرشهف قوانین خود را که نتیجه بررسی و تحقیقات دقیق می‌باشد بیان داشته‌اند. امروزه با گسترش چشم‌گیر این علم نه‌تنها از ارزش این قوانین و اظهارات کاسته نشده بلکه بر قوت و اعتبار آن‌ها افزوده است.

امروزه بسیاری از مباحث علم الکترونیک با استفاده از اطلاعات پایه‌ای و قوانین این علم تحلیل شده و با ساخت انواع المان‌های الکتریکی تجزیه و تحلیل مدارات مربوط به آن‌ها از اهمیت فراوانی برخوردار گشته است. با این وجود نباید مهارت‌هایی را که در زمینه بررسی این قطعات به‌طور عملی حاصل گشته نادیده گرفت.

در کتابی که پیش روی دارید آموزه‌ای از نکات عملی و تئوریک مربوط به خازن‌ها، سلف‌ها، مقاومت‌ها، مدارات سری، مدارهای موازی و مدارهای سری ـ موازی، مدار RL سری و موازی، مدار RC سری و موازی و RLC سری و موازی و نقش بسیار مهم آن‌ها در ساخت مدارهای مختلف کاربردی گنجانده شده است. کاربرد این نکات فراگیر را در ساخت و بررسی و تحلیل مدارهای الکترونیکی یاری خواهد کرد. همچنین فراگیر می‌آموزد که چگونه می‌توان مدارهای بزرگ را به مدارهای مختصری مانند تونن و نورتن تبدیل کرد. فراگیر می‌آموزد که چگونه با بیانسیومتر می‌توان ولتاژ را تغییر داد و یا اینکه چگونه یک سلف کوچک ساخت و ضریب خودالقایی آن را با دستگاه LCR متر اندازه گرفت. همچنین فراگیر انواع خازن‌ها و تمارز و تشارژ شدن آن‌ها را فرا می‌گیرد. در این کتاب فراگیر مطالب تئوری را همراه با کار عملی انجام خواهد داد تا به‌طور عملی مطالب الکترونیک را تجزیه و تحلیل نماید. ان‌شاءالله...

مؤلف

فهرست مطالب

مقدمه

فصل اول ۱

۱ـ۱ـ تعریف مدار سری ۵

۱ـ۲ـ خواص مدار سری ۶

۱ـ۳ـ قانون ولتاژ کرشهف (KVL) ۸

۱ـ۴ـ آزمایش شماره (۱) ۱۳

۱ـ۵ـ پرسش و تمرین (۱) ۱۸

۱ـ۶ـ تعریف مدار موازی ۲۰

۱ـ۷ـ خواص مدار موازی ۲۱

۱ـ۸ـ قانون جریان کرشهف (KCL) ۲۴

۱ـ۹ـ آزمایش شماره (۲) ۲۶

۱ـ۱۰ـ پرسش و تمرین (۲) ۳۳

۱ـ۱۱ـ تعریف مدار سری ـ موازی ۳۵

۱ـ۱۲ـ آزمایش شماره (۳) ۳۹

۱ـ۱۳ـ پل مقاومتی وتستون ۴۳

۱ـ۱۴ـ آزمایش شماره (۴) ۴۴

۱ـ۱۵ـ قضایای تونن و نورتن ۴۶

۱ـ۱۶ـ آزمایش شماره (۵) ۵۰

۱ـ۱۷ـ رئوستا و پتانسیومتر ۵۷

۱ـ۱۸ـ آزمایش شماره (۶) ۶۰

۱ـ۱۹ـ مدار تقسیم کننده‌های ولتاژ ۶۵

۱ـ۲۰ـ آزمایش شماره (۷) ۶۷

۱ـ۲۱ـ انتقال توان ماکزیمم ۷۱

۱ـ۲۲ـ آزمایش شماره (۸) ۷۲

۱ـ۲۳ـ پرسش و تمرین (۳) ۷۴

آزمون عملی پایانی (۱) ۷۸

فصل دوم ۷۹

۲ـ۱ـ ساختمان داخلی خازن و مفهوم ظرفیت ۸۲

۲ـ۲ـ انواع خازن‌ها ۸۵

۲ـ۳ـ عملکرد خازن در جریان DC ۸۹

۲ـ۴ـ نحوه اندازه‌گیری ظرفیت خازن با دستگاه اندازه‌گیری LCR متر ۹۰

۲ـ۵ـ اصول کار خازن ۹۱

۲ـ۶ـ روابط بین ولتاژ،جریان و بارالکتریکی دریک خازن ۹۳

۲ـ۷ـ ثابت زمانی و روش محاسبه آن در شارژ و دشارژ خازن ۹۴

۲ـ۸ـ آزمایش شماره (۱) ۹۵

۲ـ۹ـ آزمایش شماره (۲) ۹۹

۲ـ۱۰ـ اندازه‌گیری ظرفیت خازن با استفاده از روش ثابت زمانی ۱۰۲

۲ـ۱۱ـ آزمایش شماره (۳) ۱۰۳

۲ـ۱۲ـ روش آزمایش سلامت خازن با اهم‌متر عقربه‌ای ۱۰۵

۲ـ۱۳ـ تجزیه و تحلیل مدار RC سری و موازی در ولتاژ DC ۱۰۶

۲ـ۱۴ـ پرسش و تمرین (۱) ۱۰۷

۲ـ۱۵ـ ساختمان سلف (اجزای تشکیل دهنده) ۱۰۸

۲ـ۱۶ـ ضریب خودالقایی سلف ۱۰۹

۲ـ۱۷ـ محاسبه ضریب خودالقایی سلف (L) ۱۱۱

۲ـ۱۸ـ کار عملی شماره (۱) ۱۱۲

۲ـ۱۹ـ اصول کار سلف ۱۱۵

۲ـ۲۰ـ قانون لنز ۱۱۵

۲ـ۲۱ـ شارژ و دشارژ سلف ۱۱۶

۲ـ۲۲ـ ثابت زمانی در مدار RL سری ۱۱۶

۲ـ۲۳ـ مدار RL سری در ولتاژDC ۱۱۷

۲ـ۲۴ـ مدار RL موازی در ولتاژ DC ۱۱۷

۲ـ۲۵ـ ارتباط ولتاژ و جریان در مدار RL سری در جریان مستقیم ۱۱۸

۲ـ۲۶ـ روش آزمایش (تست) سلف به کمک اهم‌متر ۱۱۹

۲ـ۲۷ـ پرسش و تمرین (۲) ۱۲۰

۲ـ۲۸ـ مدارهای RLC سری ۱۲۱

۲ـ۲۹ـ مدار RLC موازی ۱۲۱

۲ـ۳۰ـ آزمایش شماره (۴) ۱۲۲

۲ـ۳۱ـ پرسش و تمرین (۳) ۱۲۷

۲ـ۳۲ـ آزمون عملی پایانی (۲) ۱۲۷

پاسخ آزمون‌ها ۱۲۸

منابع مورد استفاده ۱۲۸

هدف کلی پودمان

فراگیر پس از پایان این پودمان، توانایی بررسی مدارهای سری و موازی و ترکیب سری و موازی و همچنین محاسبه مقاومت معادل مدارها و بررسی اثرات سلف خازن، در جریان DC و ساخت سلف‌های کوچک و اندازه‌گیری ضریب خود القایی آن‌ها را به‌دست می‌آورد.

شماره واحد کار	عنوان توانایی	شماره توانایی	ساعت نظری	ساعت عملی	جمع
۱	توانایی به هم بستن مقاومت‌ها به‌صورت سری و اندازه‌گیری مربوطه	۴	۴	۶	۱۰
	توانایی به هم بستن مقاومت‌ها به‌صورت موازی و اندازه‌گیری آن‌ها	۵	۴	۴	۸
	توانایی به هم بستن مقاومت‌ها به‌صورت سری ـ موازی، پل و اندازه‌گیری آن‌ها	۶	۸	۱۰	۱۸
۲	توانایی اندازه‌گیری و محاسبه ظرفیت خازن در DC	۸	۶	۸	۱۴
	توانایی اندازه‌گیری و محاسبه ضریب خودالقا در DC	۹	۶	۶	۱۲
	توانایی اندازه‌گیری و محاسبه امپدانس RLC سری و موازی در جریان مستقیم	۱۰	۸	۸	۱۶
جمع کل		—	۳۶	۴۲	۷۸

فصل اول

الف ـ توانایی به هم بستن مقاومت‌ها به‌صورت سری و اندازه‌گیری‌های مربوطه
ب ـ توانایی به هم بستن مقاومت‌ها به‌صورت موازی و اندازه‌گیری آن‌ها
ج ـ توانایی به هم بستن مقاومت‌ها به‌صورت سری، موازی، پل و اندازه‌گیری آن‌ها

هدف کلی:
بررسی مدارهای سری، موازی و ترکیبی مقاومت، سلف و خازن در جریان مستقیم

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

۱ـ مدار سری را تعریف کند.
۲ـ خواص مدار سری را شرح دهد.
۳ـ مقاومت معادل در یک مدار سری را محاسبه کند.
۴ـ جریان در یک مدار سری را محاسبه کند.
۵ـ توان تلف شده در سر هر مقاومت را در یک مدار سری محاسبه کند.
۶ـ جریان، ولتاژ و مقاومت معادل عناصر سری شده در یک مدار را عملاً اندازه بگیرد.
۷ـ قانون ولتاژ کرشهف (KVL) را شرح دهد.
۸ـ مدارهای سری را تجزیه و تحلیل کند.
۹ـ جریان در یک مدار سری را با استفاده از قانون کرشهف (KVL) محاسبه کند.
۱۰ـ مدار موازی را تعریف کند.
۱۱ـ خواص مدار موازی را شرح دهد.
۱۲ـ قانون جریان کرشهف (KCL) را شرح دهد.
۱۳ـ مقاومت معادل و جریان هر عنصر موازی شده، و جریان کل در مدار موازی را محاسبه کند.
۱۴ـ توان در سر هر یک از عناصر موازی شده را محاسبه کند.
۱۵ـ جریان، ولتاژ و مقاومت معادل را در مدارهای موازی عملاً اندازه بگیرد.
۱۶ـ مدارهای موازی را تجزیه و تحلیل کند.
۱۷ـ مدارهای سری ـ موازی را تعریف کند.

۱۸ـ مقاومت معادل در یک مدار سری ـ موازی را محاسبه کند.
۱۹ـ جریان کل را در یک مدار سری ـ موازی محاسبه کند.
۲۰ـ اندازه‌گیری مقاومت معادل یک مدار سری ـ موازی را به کمک اهم متر و ولت‌متر ـ آمپرمتر انجام دهد.
۲۱ـ مدار الکتریکی پل وتستون را رسم کند.
۲۲ـ مقاومت مجهول در پل وتستون را محاسبه کند.
۲۳ـ طرز کار پل مقاومتی وتستون را عملاً آزمایش کند.
۲۴ـ قضایای تونن و نورتن را شرح دهد.
۲۵ـ مدار معادل تونن و نورتن یک مدار الکتریکی ساده را محاسبه کند.
۲۶ـ ولتاژ و مقاومت معادل مدارهای تونن و نورتن را عملاً به دست آورد.
۲۷ـ کاربرد رئوستا و پتانسیومتر را شرح دهد.
۲۸ـ چگونگی تغییرات مقاومت پتانسیومتر را عملاً تجربه کند.
۲۹ـ طرز کار تقسیم کننده‌ی ولتاژ را شرح دهد.
۳۰ـ کاربرد تقسیم کننده‌ی ولتاژ را شرح دهد.
۳۱ـ نحوه‌ی تقسیم ولتاژ بین مقاومت‌های سری‌شده در یک مدار و اثرات بارگذاری روی ولتاژ را عملاً تجربه کند.
۳۲ـ نحوه‌ی انتقال حداکثر توان منتقل‌شده از شبکه به بار را شرح دهد.
۳۳ـ شرایط انتقال ماکزیمم توان از یک مدار به بار را عملاً تجربه کند.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۱۶	۲۰	۳۶

پیش‌آزمون (۱)

۱ـ کدام یک از دستگاه‌های زیر، انرژی الکتریکی را اندازه می‌گیرد؟

الف: ☐ وات متر　　ب: ☐ کنتور برق　　ج: ☐ ولت‌متر

۲ـ انرژی الکتریکی با کدام رابطه تعریف می‌شود؟

الف: ☐ زمان × توان　　ب: ☐ $\frac{\text{توان}}{\text{زمان}}$

۳ـ کدام وسیله انرژی حرارتی را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند؟

الف: ☐ سلول خورشیدی　　ب: ☐ پیل ولتا

ج: ☐ ترموکوپل　　د: ☐ مقاومت تابع حرارت

۴ـ یک باتری، انرژی را به‌صورت ..... در خود ذخیره می‌کند.

الف: ☐ الکتریکی　　ب: ☐ شیمیایی

۵ـ یک اُوومتر حداقل کدام کمیت‌های الکتریکی را اندازه می‌گیرد؟

الف: ☐ ولتاژ ـ جریان ـ ظرفیت خازن

ب: ☐ ولتاژ ـ جریان

ج: ☐ ولتاژ ـ جریان DC ـ مقاومت اهمی

د: ☐ ولتاژ ـ جریان AC ـ مقاومت اهمی

۶ـ مقدار مقاومت شکل زیر چند اهم است؟

طلایی مشکی قرمز قرمز

الف: ☐ ۲۲Ω±٪۵　　ب: ☐ ۲۲Ω±٪۱۰

ج: ☐ ۲۲۰Ω±٪۱۰　　د: ☐ ۲۲۰Ω±٪۵

۷ـ چگونه دو قطعه سیم رشته‌ای را به یکدیگر لحیم می‌کنند؟

۸ـ برای روپوش برداری از سیم‌های مفتولی کدام وسیله مناسب‌تر است؟

الف: ☐ سیم لخت‌کن　　ب: ☐ سیم‌چین

۹ـ برای فرم دادن سیم از ..... استفاده می‌شود.

الف: ☐ دم‌باریک　　ب: ☐ سیم‌چین

ج: ☐ انبردست　　د: ☐ پیچ‌گوشتی

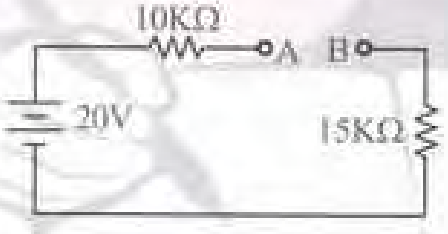
۱۰ـ چرا بعضی از مقاومت‌ها پنج نوار رنگی دارند؟

۱۱ـ بر روی باتری‌های قابل شارژ کدام واژه نوشته می‌شود؟

الف: ☐ Rechargable

ب: ☐ Nonrechargable

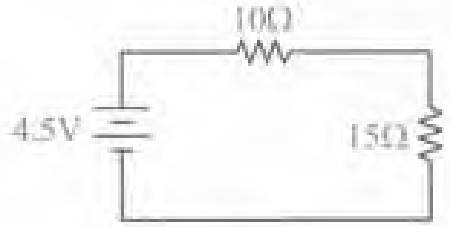
۱۲ـ در شکل زیر ولتاژ بین نقطه A و B چند ولت است؟



الف: ☐ ۰　　ب: ☐ ۲۰

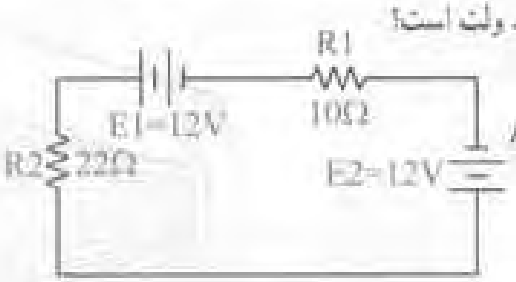
ج: ☐ ۸　　د: ☐ ۱۲

۱۳ـ در شکل روبرو جریان کل مدار چند آمپر است؟



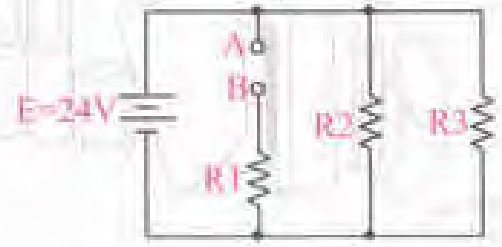
الف: ☐ ۰/۰۱۸ ب: ☐ ۰/۳
ج: ☐ ۱/۸ د: ☐ ۰/۱۸

۱۴ـ در شکل روبرو ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 به‌ترتیب چند ولت است؟



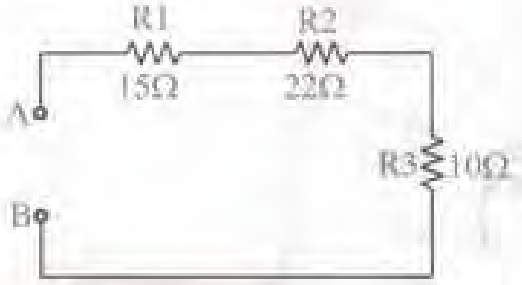
الف: ☐ ۱۲ و ۱۲ ب: ☐ ۷/۵ و ۱۶/۵
ج: ☐ ۰ و ۰ د: ☐ ۳/۷۵ و ۸/۲۵

۱۵ـ در شکل روبرو ولتاژ بین نقاط A و B چند ولت است؟



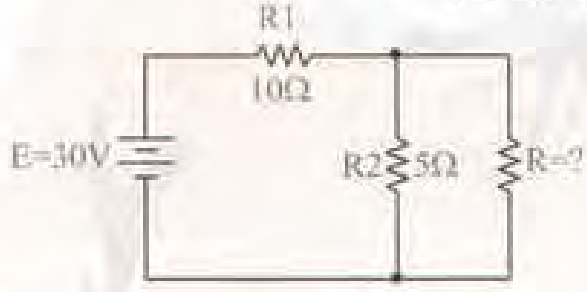
الف: ☐ ۰ ب: ☐ ۲۴
ج: ☐ بستگی به مقدار مقاومت دارد. د: ☐ ۱۲

۱۶ـ مقاومت معادل از دو نقطه A و B مدار زیر چند اهم است؟



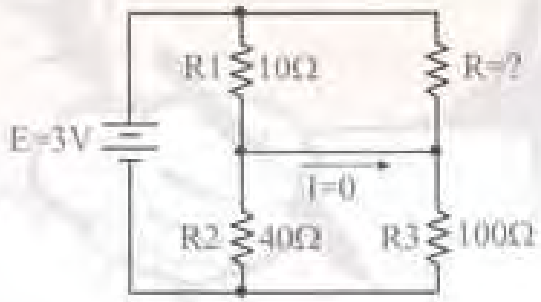
الف: ☐ ۴۷ ب: ☐ ۳۷
ج: ☐ ۳۲ زد: ☐ ۲۵

۱۷ـ در شکل روبرو مقدار R چند اهم باید باشد تا حداکثر توان به آن منتقل گردد؟



الف: ☐ ۵ ب: ☐ ۳/۳۳۰
ج: ☐ ۱۵ د: ☐ ۱۰

۱۸ـ در شکل روبرو R چند اهم است؟



الف: ☐ ۲۵ ب: ☐ ۲۶
ج: ☐ ۲۸ د: ☐ ۲۹

نکات ایمنی (۱)

۱ــ دستگاه‌های اندازه‌گیری بسیار حساس هستند هنگام حمل و نقل و کار نهایت دقت و احتیاط را مدنظر قرار دهید تا آسیبی به دستگاه‌ها وارد نیاید.

۲ــ اگر یک دستگاه اندازه‌گیری عقربه‌ای، به زمین بیفتد احتمال خراب شدن آن برای همیشه وجود دارد. معمولاً این‌گونه دستگاه‌ها قابل تعمیر نیستند. لذا خیلی مواظب باشید دستگاه اندازه‌گیری از دست شما به‌زمین نیفتد.

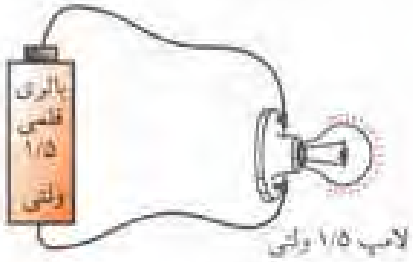
۳ــ قبل از اتصال منبع تغذیه به مدار، ابتدا ولتاژ موردنیاز را روی آن تنظیم کنید و سپس آن را به مدار وصل کنید.

۴ــ قبل از اندازه‌گیری هر کمیتی، سعی کنید کلید رنج مربوطه را به‌درستی انتخاب کنید. اگر حدود اندازه‌گیری را نمی‌دانید سعی کنید رنج کلید مربوطه را در بیشترین مقدار خود قرار دهید.

الف ــ توانایی به‌هم‌بستن مقاومت‌ها به‌صورت سری

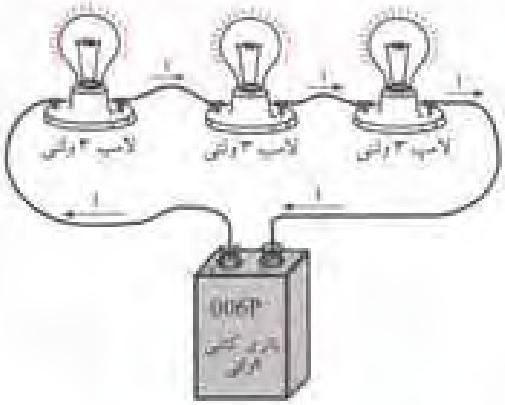
۱ــ۱ــ تعریف مدار سری

یک تولیدکننده انرژی الکتریکی (مثلاً باتری) از طریق سیم‌های رابط، انرژی الکتریکی را به یک مصرف‌کننده (مثلاً یک لامپ) منتقل می‌کند. به مجموعه‌ی تولیدکننده انرژی، سیم‌های رابط و مصرف‌کننده، **مدار الکتریکی** می‌گویند. در شکل مقابل یک مدار الکتریکی ساده نشان داده شده است.



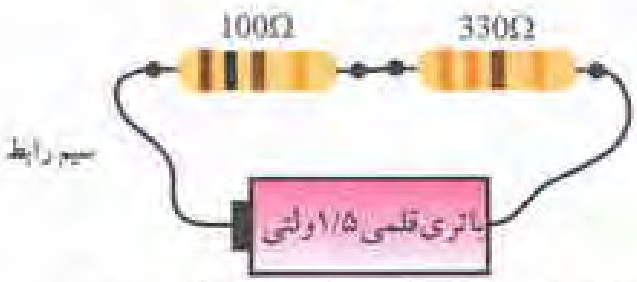
شکل ۱ــ۱ــ یک مدار الکتریکی ساده

اگر در یک مدار الکتریکی، به جای یک مصرف‌کننده دو یا چند مصرف‌کننده با مقاومت اهمی مساوی یا متفاوت طوری قرار بگیرند که جریان گذرنده از همه آن‌ها یکسان باشد، گوییم این دو یا چند مصرف‌کننده به‌طور سری به یکدیگر متصل شده‌اند. در شکل (۲ــ۱) سه عدد لامپ می‌بینید که با یکدیگر سری شده‌اند.



شکل ۲ــ۱ــ یک مدار الکتریکی که در آن سه عدد لامپ به‌صورت سری بسته شده‌اند.

شکل (۳ــ۱) دو مقاومت را که با یکدیگر به‌صورت سری بسته شده‌اند نشان می‌دهد.



شکل ۳ــ۱ــ دو مقاومت ۱۰۰Ω و ۳۳۰Ω با یکدیگر سری شده‌اند.

به‌جای مدار عملی شکل (۳ـ۱)، می‌توان از شماتیک مدار عملی استفاده کرد. در مدار شماتیک، به‌جای هر قطعه از علامت قراردادی آن قطعه استفاده می‌شود. در شکل (۴ـ۱) شماتیک مدار عملی شکل (۳ـ۱) رسم شده است.

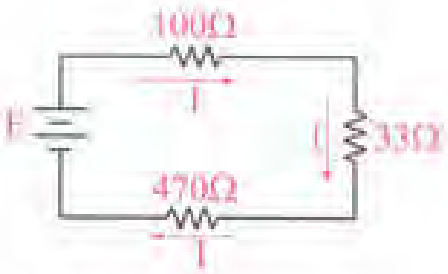
شکل ۴ـ۱ـ شماتیک مدار شکل ۳ـ۱

۲ـ۱ـ خواص مدار سری

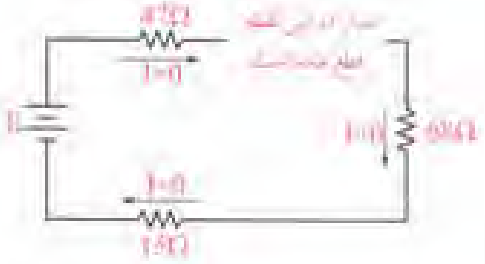
ـ چون مقاومت‌هایی که به‌صورت سری به‌هم بسته می‌شوند فقط یک مسیر را تشکیل می‌دهند لذا در یک مدار سری جریان گذرنده از تمامی مقاومت‌ها یکی است.

ـ در یک مدار سری، اگر یک قسمت از مدار باز شود جریان گذرنده از تمامی عناصر آن صفر خواهد شد. به‌همین دلیل در مدارهای الکتریکی فیوز را به‌صورت سری در مدار قرار می‌دهند تا اگر سوخت، مدار قطع و جریان در مدار صفر شود.

ـ قانون اهم در یک مدار سری کامل، یا قسمتی از مدار سری کاملاً صادق است.



شکل ۵ـ۱ـ در یک مدار سری جریان گذرنده از تمامی عناصر آن یکسان است.

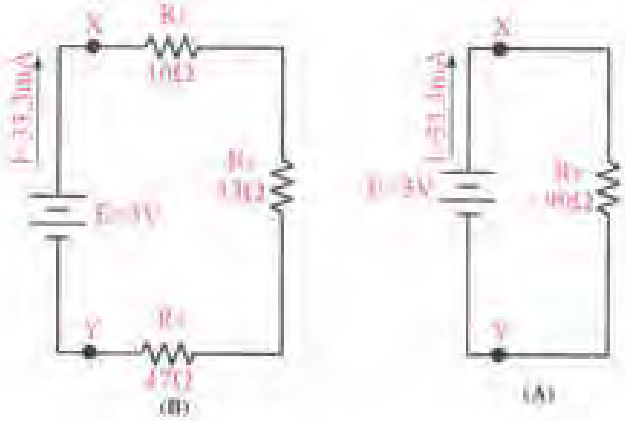


شکل ۶ـ۱ـ در یک مدار سری، اگر یک قسمت از مدار قطع شود جریان منبع و تمام عناصر سری صفر خواهد شد.

ـ مقاومت کل در مدار سری برابر مجموع مقاومت‌های مدار است(شکل ۷ـ۱).

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = 10 + 33 + 47 = 90\Omega$$



شکل ۷ـ۱ـ مقاومت دو مدار A و B از دو نقطه x و y با یکدیگر برابر است.

در یک مدار سری شامل n مقاومت، مقاومت معادل مدار (مقاومت کل) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$R_T = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

طبق قانون اهم، جریان در مدار سری شکل (۸ـ۱) برابر است با:

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

مثال ۱: در شکل (۹ـ۱)، جریان هریک از مقاومت‌های مدار و مقاومت کل مدار چند میلی آمپر است؟

حل:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$$R_T = 100 + 150 + 220 + 100 = 570\Omega$$

$$I = I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = I_{R_4} = \frac{E}{R_T}$$

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{12}{570} = 0/021A$$

برای تبدیل جریان برحسب آمپر به جریان برحسب میلی‌آمپر کافی است مقدار جریان برحسب آمپر را در عدد ۱۰۰۰ ضرب کنیم.

$$1A = 1000mA = 10^3 mA$$

$$I = 0/021 \times 1000 = 21mA$$

ـ طبق قانون اهم ولتاژ V_1 (افت ولتاژ دو سر مقاومت R_1) در شکل (۱۰ـ۱) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$V_1 = I.R_1$$

و ولتاژهای V_2 و V_3 نیز از روابط زیر به‌دست می‌آیند:

$$V_2 = I.R_2$$

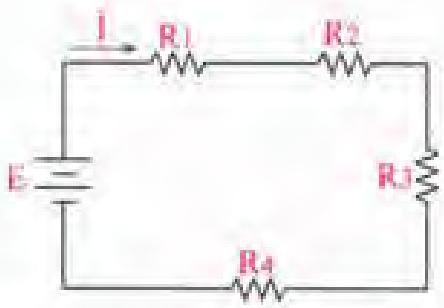
$$V_3 = I.R_3$$

و ولتاژ اعمال شده به مدار (منبع ولتاژ) برابر است با:

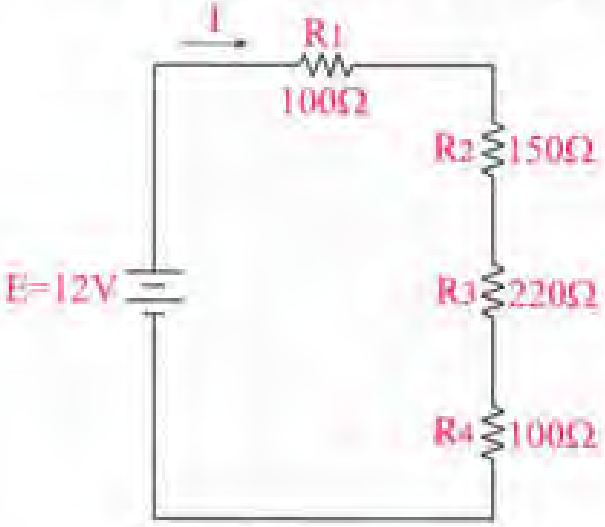
$$E = V_1 + V_2 + V_3$$

$$E = I.R_1 + IR_2 + IR_3$$

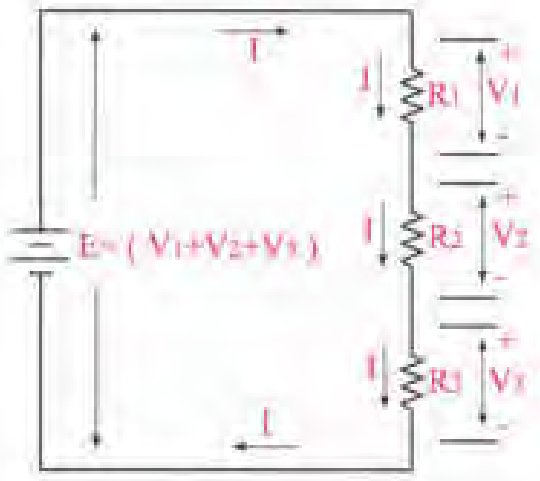
$$E = I(R_1 + R_2 + R_3) = I.R_T$$



شکل ۸ـ۱ـ مقاومت‌های R_1 تا R_4 با یکدیگر سری شده‌اند.



شکل ۹ـ۱ـ جریان در تمام مقاومت‌های سری شده یکسان است.



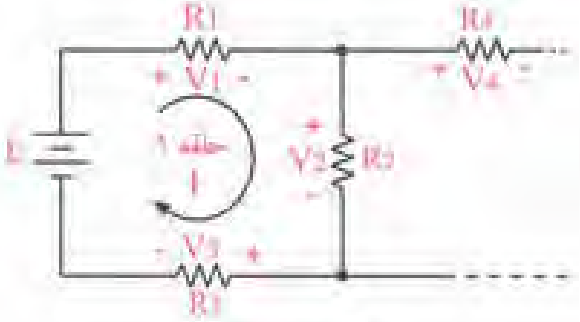
شکل ۱۰ـ۱ـ در یک مدار سری مجموع افت ولتاژهای دو سر مقاومت‌ها برابر ولتاژ منبع است.

۳ـ۱ـ قانون ولتاژ کریشهف (KVL)

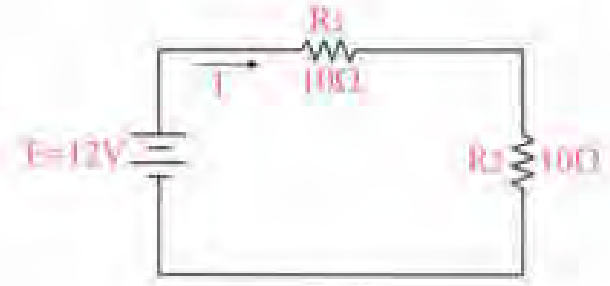
طبق قانون ولتاژ کریشهف یا به اختصار (KVL) جمع جبری ولتاژهای اعمال شده (نیروی محرکه) و افت ولتاژها در یک مدار بسته برابر صفر است. به‌عبارت دیگر در یک مدار بسته جمع جبری ولتاژها برابر صفر است. علامت جبری نیروی محرکه را معمولاً «+» و علامت افت ولتاژها را «-» درنظر می‌گیریم. با توجه به شکل (۱۱ـ۱) در حلقه ۱ داریم:

$$+E \quad -V_1 \quad -V_2 \quad -V_3 \quad =0$$

افت ولتاژ در R_3 — افت ولتاژ در R_2 — افت ولتاژ در R_1 — نیروی محرکه



شکل ۱۱ـ۱



شکل ۱۲ـ۱

مثال ۲: در شکل (۱۲ـ۱) افت ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 را به‌دست آورید.

حل:

$$V_1 = R_1 . I = 10 I$$

$$V_2 = R_2 . I = 20 I$$

طبق قانون KVL داریم:

$$E - V_1 - V_2 = 0$$

$$12 - 10I - 20I = 0$$

$$12 - 30I = 0$$

$$12 = 30I$$

$$I = \frac{12}{30} = 0/4 A$$

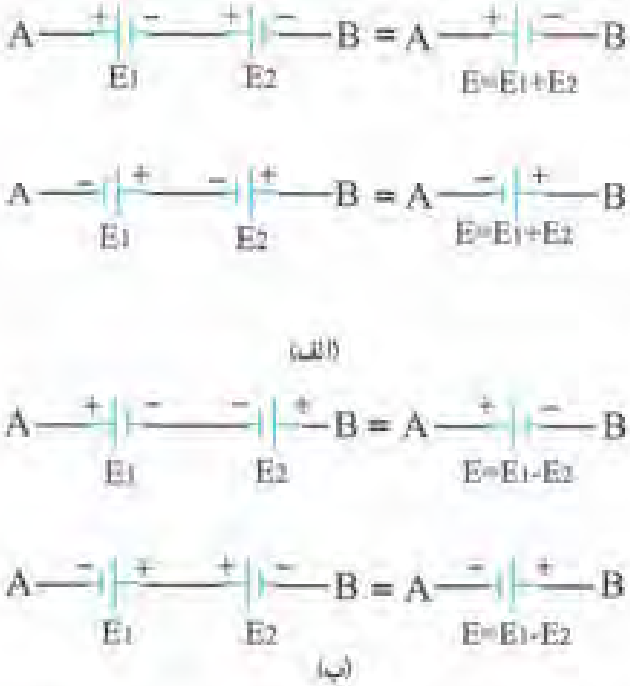
$$V_1 = 10I = 10 \times 0/4 = 4V$$

$$V_2 = 20I = 20 \times 0/4 = 8V$$

اگر دو منبع را به‌صورت شکل (۱۳ـ۱ـ الف) با یکدیگر سری کنیم، منبع معادل جمع دو منبع با قطب‌های نشان داده شده در شکل خواهد بود.

و اگر دو منبع در یک مدار به‌صورت شکل (۱۳ـ۱ـ ب) با یکدیگر سری شوند منبع معادل، تفریق دو منبع با قطب‌های نشان داده شده در شکل خواهد بود.

در مداری که بیش از یک منبع وجود دارد به‌جای n منبع می‌توان منبع معادل منابع موجود را در رابطه قانون KVL قرار



شکل ۱۳ـ۱ـ نحوه‌ی جمع جبری دو منبع ولتاژ (نیروی محرکه)

داد. در شکل (۱۴ـ۱) قانون KVL به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$E_2 + E_1 - V_1 - V_2 - V_3 = 0$$

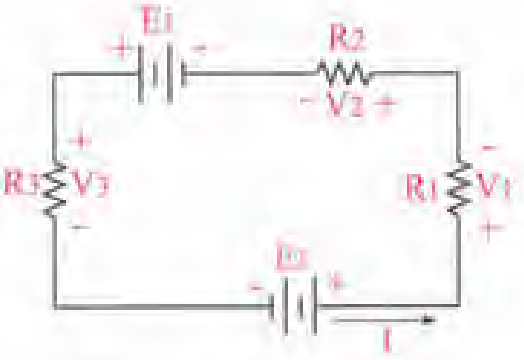
$$E - V_1 - V_2 - V_3 = 0 \quad (E \text{ معادل منبع } E_1 \text{ و } E_2)$$

هنگام نوشتن قانون KVL در یک حلقه مسدود به نکات زیر توجه کنید:

ـ اگر جریان از قطب مثبت منبع خارج می‌شود، علامت منبع «+» و اگر به قطب «+» وارد شود علامت آن را «-» درنظر بگیرید.

ـ علامت «+» ولتاژ دو سر یک مقاومت، جایی است که جریان به آن نقطه وارد می‌شود.

مثال ۳: رابطه KVL را برای مدار شکل (۱۵ـ۱) بنویسید.



شکل ۱۴ـ۱

شکل ۱۵ـ۱

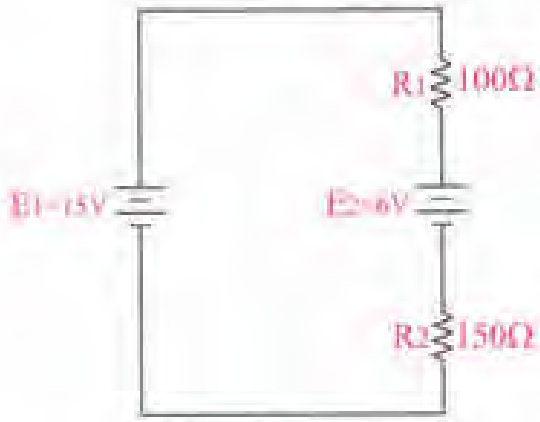
حل:

$$-V_1 - V_2 - V_3 = 0$$

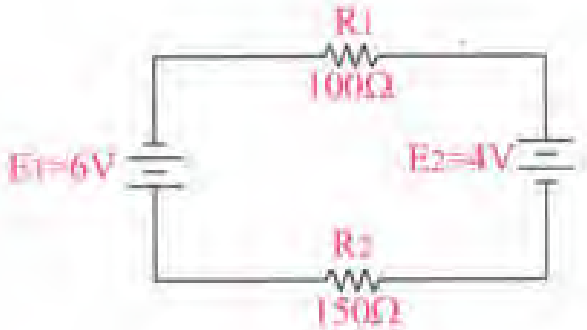
$-E_3$	$+E_2$	$+E_1$
جریان به قطب مثبت وارد می‌شود	جریان از قطب مثبت آن خارج می‌شود	جریان از قطب مثبت آن خارج می‌شود

توجه داشته باشید که جهت جریان (I) اختیاری است

مثال ۴: در شکل (۱۶ـ۱ـ الف) ولتاژ دو سر هریک از مقاومت‌های مدار را به‌دست آورید.



(الف)



(ب)

شکل ۱۶ـ۱

حل: ابتدا یک جهت جریان دلخواه برای مدار درنظر می‌گیریم و سپس رابطه KVL را در آن می‌نویسیم:

$$E_2 - E_1 - V_1 - V_2 = 0$$

$$6 - 15 - R_1 I - R_2 I = 0$$

$$6 - 15 - 100I - 150I = 0$$

$$-9 = 250I \qquad I = \frac{-9}{250} = -0/036A$$

علامت منفی نشان می‌دهد که جهت واقعی جریان خلاف جهت جریان اختیار شده است.

$$V_1 = R_1 I = 100 \times (-0/036) = -3/6V$$

$$V_2 = R_2 I = 150 \times (-0/036) = -5/4V$$

علامت منفی V_1 و V_2 به این معنی است که قطب‌های انتخاب شده «+» و «-» باید معکوس شوند.

مثال ۵: در شکل (۱۷ـ۱ـ الف) توان تلف شده در مقاومت‌های R_1 و R_2 چقدر است؟

حل:

$$P_1 = R_1 I^2$$

$$P_2 = R_2 I^2$$

برای به‌دست آوردن I، قانون KVL را در مدار بسته شکل (۱۶ـ۱) می‌نویسیم:

$$E_1 + E_2 - V_2 - V_1 = 0$$

جریان از قطب مثبت هر دو منبع خارج می‌شود

$$V_1 = R_1 . I$$

$$V_2 = R_2 . I$$

$$E_1 + E_2 - R_2 . I - R_1 . I = 0$$

$$6 + 4 - 150 I - 100 I = 0$$

$$10 - 250 I = 0$$

$$10 = 250 I$$

$$I = \frac{10}{250} = 0/04 A$$

$$P_1 = R_1 I^2 = 100 \times (0/04)^2 = 0/16 W = 160 mW$$

$$P_2 = R_2 I^2 = 150 \times (0/04)^2 = 0/24 W = 240 mW$$

در مدار سری، ولتاژ منبع (به‌عنوان مثال باتری) بین تمامی مقاومت‌های سری شده تقسیم می‌شود. مقدار ولتاژ دو سر هر مقاومت بستگی به مقدار مقاومت دارد. امّا نسبت تقسیم ولتاژ بین مقاومت‌ها ثابت است. به‌عنوان مثال در مدار سری، اگر ولتاژ منبع دو برابر شود، ولتاژ دو سر همه‌ی مقاومت‌ها دو برابر می‌شود.

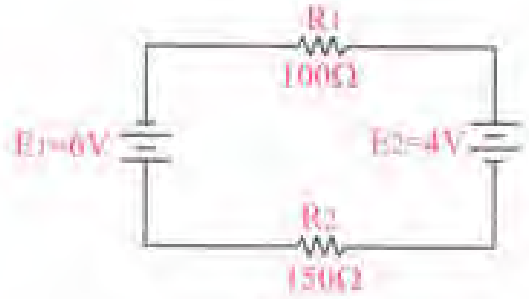
در شکل (۱۹ـ۱)، ولتاژ دو سر مقاومت R_1 و R_2 را به‌دست آورید.

$$V_1 = R_1 . I$$

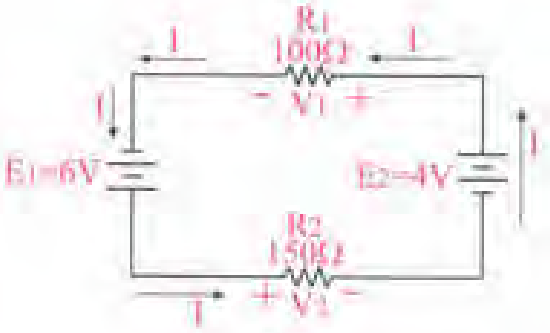
$$V_2 = R_2 . I$$

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

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

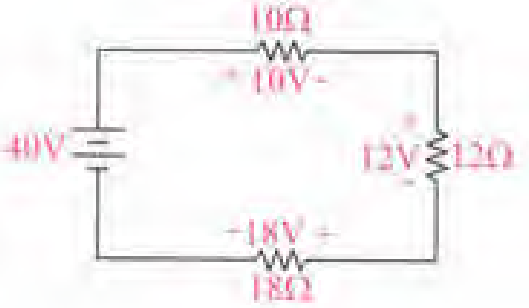


(الف)

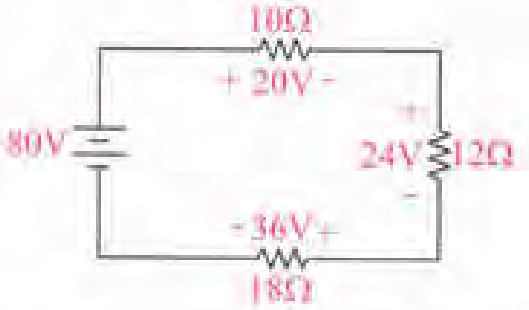


(ب)

شکل ۱۷ـ۱

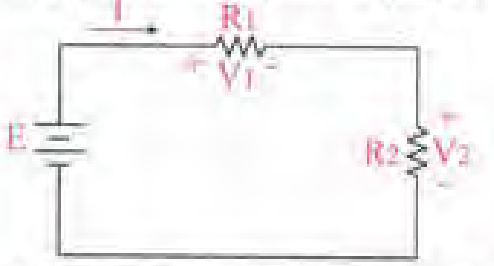


(الف)



(ب)

شکل ۱۸ـ۱ـ در یک مدار سری اگر ولتاژ منبع دو برابر شود، ولتاژ دو سر تمامی مقاومت‌های سری شده، نیز دو برابر می‌شود.



شکل ۱۹ـ۱ـ ولتاژ منبع به نسبت مقاومت‌ها بین دو مقاومت R_1 و R_2 تقسیم می‌شود.

$$V_2 = R_2 . \frac{E}{R_1 + R_2} = E \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

در رابطه V_1 نسبت $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ ثابت است و در رابطه V_2 نسبت $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ ثابت است. یعنی در مدار سری اگر مقاومت‌های R_1 و R_2 ثابت باشند مقدار E به نسبت ثابت بین دو سر R_1 و R_2 تقسیم می‌شود.

مثال ۶: در شکل (۲۰ـ۱)، ولتاژ دو سر هریک از مقاومت‌های مدار را به‌دست آورید.

حل:

$$V_1 = R_1 . I \ , V_2 = R_2 . I \ , V_3 = R_3 . I$$

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$V_1 = R_1 . I = R_1 \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} = E \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$V_1 = ۲۴ \frac{۳۳}{۳۳ + ۱۰۰ + ۶۸} = ۳/۹۴V$$

$$V_2 = R_2 . I = R_2 \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} = E \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$V_2 = ۲۴ \frac{۱۰۰}{۳۳ + ۱۰۰ + ۶۸} = ۱۱/۹۲V$$

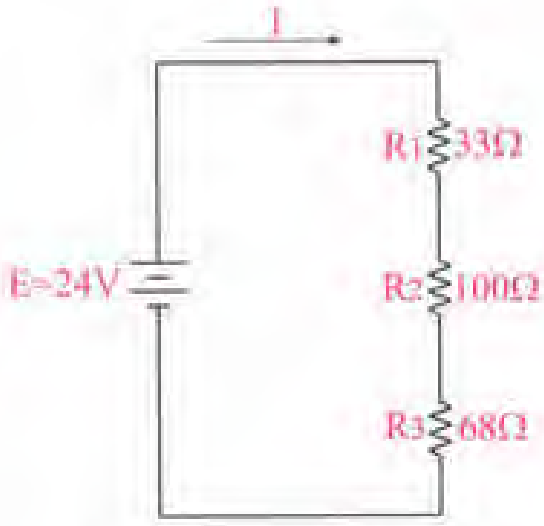
$$V_3 = R_3 . I = R_3 \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} = E \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$V_3 = ۲۴ \frac{۶۸}{۳۳ + ۱۰۰ + ۶۸} = ۸/۱۲V$$

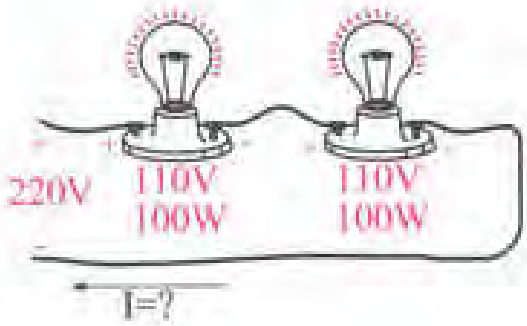
مثال ۷: در شکل (۲۱ـ۱)، دو عدد لامپ ۱۱۰ ولت، ۱۰۰ وات سری شده و به ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل شده‌اند. جریان عبوری از هر لامپ چند آمپر است؟

حل: می‌توانیم به‌جای دو عدد لامپ، دو عدد مقاومت درنظر بگیریم و به‌جای مدار عملی شکل (۲۱ـ۱) از نمای مدار شکل (۲۲ـ۱) برای محاسبات استفاده کنیم. در مدار سری، توان کل مصرفی برابر مجموع توان‌های مصرفی در سر هر مصرف‌کننده است.

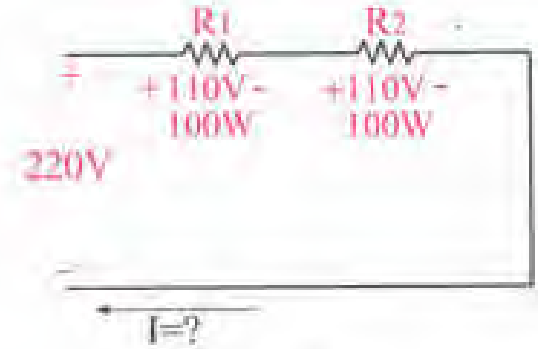
$$P_T = P_1 + P_2$$



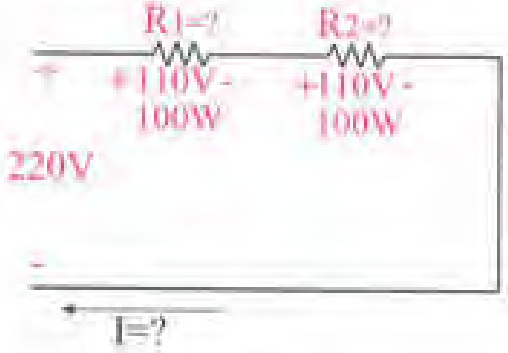
شکل ۲۰ـ۱ـ در یک مدار سری ولتاژ به نسبت مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.



شکل ۲۱ـ۱



شکل ۲۲ـ۱



شکل ۲۳ـ۱

$$P_T = ۱۰۰ + ۱۰۰ = ۲۰۰W$$

$$P_T = E.I$$

$$I = \frac{P_T}{E} = \frac{۲۰۰}{۲۲۰} = ۰/۹۱A$$

راه حل دوم: ابتدا مقاومت اهمی هریک از مصرف کننده‌ها و سپس مقاومت کل مدار را به‌دست می‌آوریم آن‌گاه مقدار I را طبق قانون اهم محاسبه می‌کنیم:

$$R_۱ = \frac{V_۱^۲}{P_۱} = \frac{(۱۱۰)^۲}{۱۰۰} = ۱۲۱\Omega$$

$$R_۲ = \frac{V_۲^۲}{P_۲} = \frac{(۱۱۰)^۲}{۱۰۰} = ۱۲۱\Omega$$

$$R_T = R_۱ + R_۲ = ۱۲۱ + ۱۲۱ = ۲۴۲\Omega$$

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{۲۲۰}{۲۴۲} = ۰/۹۱A$$

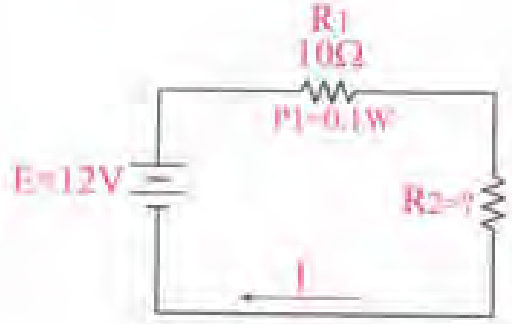
راه حل سوم: با استفاده از رابطه $I_۱ = \frac{P_۱}{V_۱}$ نیز می‌توان مقدار I را محاسبه کرد.

$$I = I_۱ = I_۲$$

$$I = \frac{P_۱}{V_۱} = \frac{۱۰۰}{۱۱۰} = ۰/۹۱A$$

مثال ۸: در شکل (۲۴ـ۱) مقاومت $R_۲$ چند اهم است؟

حل: طبق قانون KVL داریم:



شکل ۲۴ـ۱

$$P_۱ = V_۱.I_۱ = R_۱.I^۲$$

$$۰/۱ = ۱۰I^۲ \Rightarrow I^۲ = \frac{۰/۱}{۱۰} = ۰/۰۱$$

$$I = ۰/۱A$$

$$V_۱ = R_۱.I = ۱۰ \times ۰/۱ = ۱V$$

$$E - V_۱ - V_۲ = ۰$$

$$۱۲ - ۱ - V_۲ = ۰$$

$$V_۲ = ۱۱V$$

$$V_۲ = R_۲.I, \quad ۱۱ = R_۲ \times ۰/۱$$

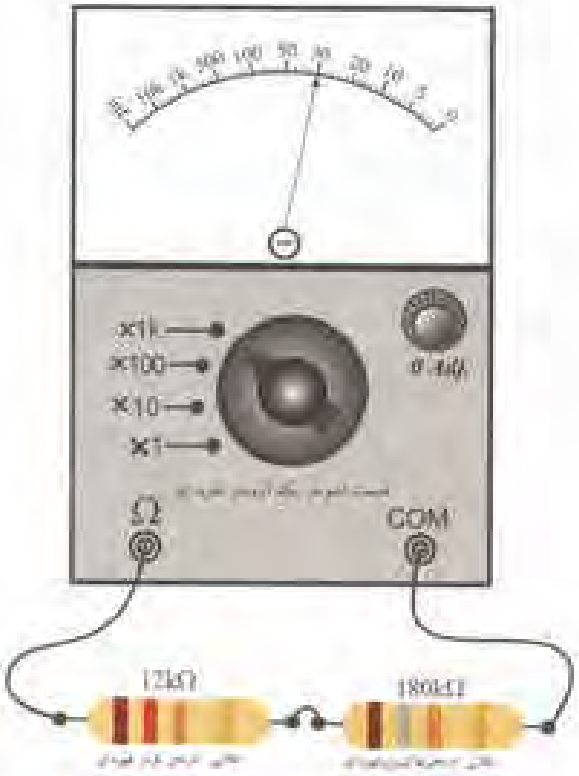
$$R_۲ = \frac{۱۱}{۰/۱} = ۱۱۰\Omega$$

۴ـ۱ـ آزمایش شماره (۱)

نام آزمایش: به هم بستن مقاومت‌ها به صورت سری و اندازه‌گیری‌های مربوطه

۱ـ۴ـ ۱ـ هدف‌های آزمایش:

- به‌دست آوردن مقاومت معادل در یک مدار سری
- بررسی خواص مدار سری



۲ـ۴ـ۱ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش ابتدا مقدار حداقل دو مقاومت را با اهم‌متر اندازه می‌گیرید و سپس این دو مقاومت را به صورت سری بسته و مقاومت مجموعه اتصال سری را با اهم‌متر اندازه می‌گیرید. مقدار مقاومت مجموعه‌ی مقاومت‌های سری شده را با رابطه $R_T = R_1 + R_2$ در یک مدار سری مقایسه می‌کنید و همچنین در یک مدار سری با اندازه‌گیری‌های ولتاژ و جریان در نقاط مختلف مدار، عملاً به خواص مدار سری پی‌خواهید برد.

۳ـ۴ـ۱ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ مقاومت ۱۸۰Ω ـ ۰/۵ وات	یک عدد
۲ـ مقاومت ۵۶۰Ω ـ ۰/۵ وات	یک عدد
۳ـ آوومتر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۴ـ میلی آمپرمتر DC	سه دستگاه
۵ـ ولت‌متر DC	دو دستگاه
۶ـ منبع تغذیه ۱۸ ،۱۵V ـ ۰	یک دستگاه
۷ـ سیم‌های یک سرگیره‌دار	چهار رشته
۸ـ سیم‌های دو سر گیره‌دار	دو رشته
۹ـ سیم‌های رابط معمولی	چهار رشته
۱۰ـ لامپ ۶ ولت همراه با سرپیچ	سه عدد

۴ـ۴ـ۱ـ مراحل اجرای آزمایش: به دست‌آوردن مقاومت معادل در یک مدار سری

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ اگر نوع اهم‌متر شما عقربه‌ای(آنالوگ) است، قبل از هر اندازه‌گیری ابتدا صفر آن را تنظیم کنید.

■ به کمک اهم‌متر مقدار دقیق مقاومت‌های ۱۸۰Ω و ۵۶۰Ω را اندازه بگیرید. مقاومت ۱۸۰Ω را R_1 و مقاومت ۵۶۰Ω را R_2 نام‌گذاری و یادداشت کنید.

$R_1 =$ Ω

$R_2 =$ Ω

شکل ۲۵ـ۱

■ مقاومت‌های R_1 و R_2 را به‌صورت سری ببندید و سپس مقاومت اهمی مجموعه سری را به کمک اهم‌متر (مطابق شکل ۲۶ـ۱) اندازه گرفته و یادداشت کنید.

$R_T =$ Ω

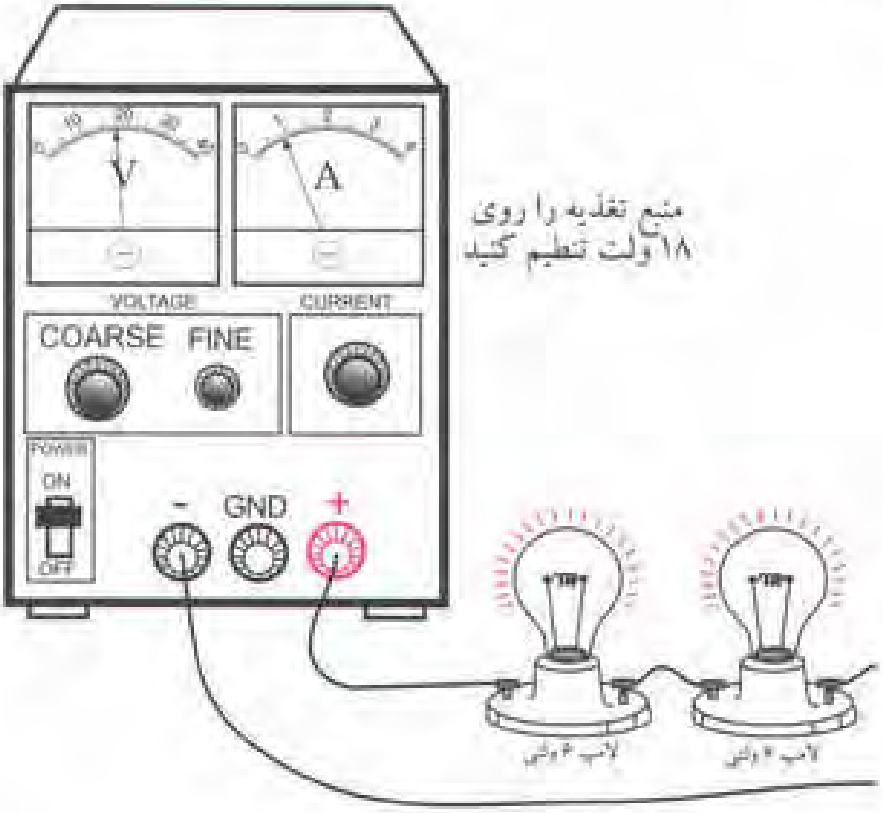
سؤال: آیا R_T اندازه‌گیری شده به کمک اهم‌متر با $R_T = R_1 + R_2$ که از طریق محاسبه به‌دست می‌آید یکی است؟ توضیح دهید.

شکل ۲۶ـ۱

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید دانشید به قسمت (۲ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

خواص مدار سری

■ مداری مطابق شکل (۲۷ـ۱) ببندید.



شکل ۲۷ـ۱

■ منبع تغذیه را روی ۱۸ ولت تنظیم کنید. هر سه لامپ باید با نور عادی خود روشن شوند.

■ یکی از لامپ‌ها را از داخل سرپیچ باز کنید، تمامی لامپ‌ها خاموش می‌شوند.

پاسخ دهید: چرا وقتی یک لامپ را باز می‌کنیم (در شکل ۲۷ـ۱) بقیه لامپ‌ها خاموش می‌شوند؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ مداری مطابق شکل (۲۸ـ۱) ببندید.

■ رنج میلی آمپرمترها را روی ۱۰۰mA قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۶ ولت تنظیم کنید.

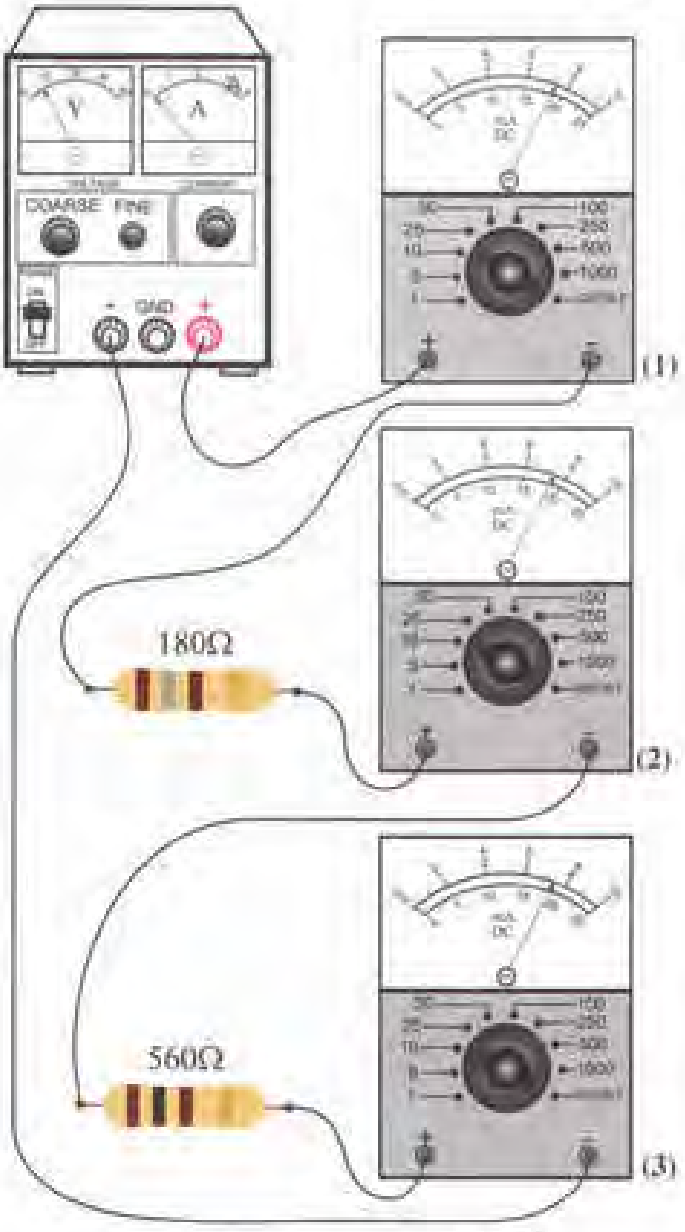
■ جریانی که میلی آمپرمترها نشان می‌دهند بخوانید و یادداشت کنید.

mA = جریانی که میلی‌آمپرمتر شماره ۱ نشان می‌دهد.

mA = جریانی که میلی‌آمپرمتر شماره ۲ نشان می‌دهد.

mA = جریانی که میلی‌آمپرمتر شماره ۳ نشان می‌دهد.

پاسخ دهید: آیا هر سه میلی‌آمپرمتر جریان یکسانی نشان می‌دهند؟ چرا؟ توضیح دهید.



شکل ۲۸ـ۱

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ ولتاژ منبع تغذیه را صفر کنید.

■ مداری مطابق شکل (۲۹ـ۱) ببندید.

■ رنج ولت‌متر شماره (۱) روی ۱۰ ولت و رنج ولت‌متر شماره (۲) را روی ۲٫۵ ولت و رنج ولت‌متر شماره (۳) را روی ۵ یا ۶ ولت قرار دهید.

■ منبع تغذیه را طوری تنظیم کنید که ولت‌متر شماره (۱) مقدار ۶ ولت ولتاژ را نشان دهد.

■ مقدار ولتاژی را که ولت‌مترها نشان می‌دهند بخوانید و یادداشت کنید:

$V_1 = ۶V$ = مقدار ولتاژی را که ولت‌متر شماره (۱) نشان می‌دهد.

$V_2 =$ = مقدار ولتاژی را که ولت‌متر شماره (۲) نشان می‌دهد.

$V_3 =$ = مقدار ولتاژی را که ولت‌متر شماره (۳) نشان می‌دهد.

پاسخ دهید: آیا مقدار $V_1 = V_2 + V_3$ است؟ چرا؟ توضیح دهید.

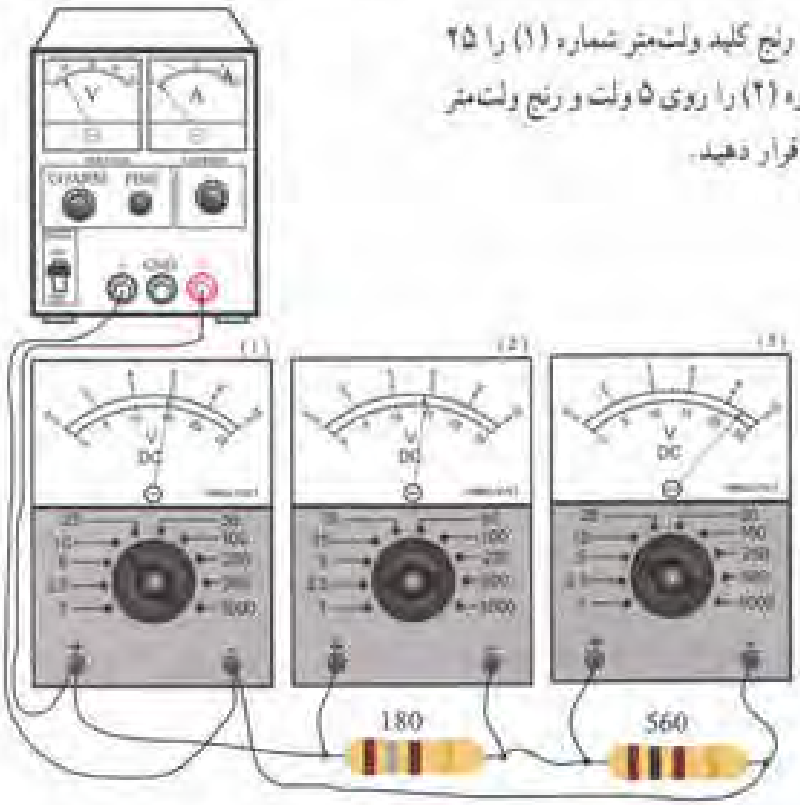
.....

.....

.....

در صورتی که توانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ در شکل (۲۹ـ۱)، رنج کلید ولت‌متر شماره (۱) را ۲۵ ولت و رنج کلید ولت‌متر شماره (۲) را روی ۵ ولت و رنج ولت‌متر شماره (۳) را روی ۱۰ ولت قرار دهید.



شکل ۲۹ـ۱

■ ولتاژ منبع تغذیه را به آرامی زیاد کنید تا ولت‌متر شماره (۱) مقدار ۱۲ ولت را نشان دهد. ولت‌متر شماره (۲) و ولت‌متر شماره (۳) را بخوانید و مقدار آن‌ها را یادداشت کنید:

V_1 = ۱۲V = مقدار ولتاژی را که ولت‌متر شماره (۱) نشان می‌دهد.

V_2 = ۷ = مقدار ولتاژی را که ولت‌متر شماره (۲) نشان می‌دهد.

V_3 = ۷ = مقدار ولتاژی را که ولت‌متر شماره (۳) نشان می‌دهد.

مقادیر V_2 و V_3 را به ازای V_1 = ۶V و V_1 = ۱۲V با یکدیگر مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ دقیقاً توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۳ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۴ـ۱ـ خلاصه آزمایش: آنچه در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

.....

.....

۶ـ۴ـ۱ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از آزمایش‌ها را به صورت تیتروار در چند جمله بیان کنید.

.....

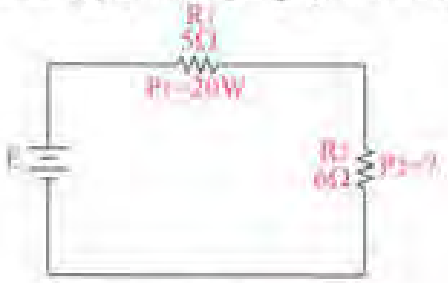
.....

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای فصل اول آزمون پایانی عملی (۱) مراجعه کنید.

۵ـ۱ـ پرسش و تمرین (۱)

۱ـ در یک مدار سری اگر یک نقطه از مدار قطع شود چه اتفاقی می‌افتد؟

۲ـ در شکل (۳۰ـ۱) توان تلف شده دو سر مقاومت R_2 و توان تلف شده کل چند وات است؟

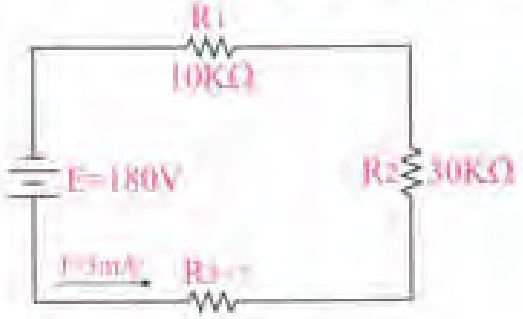


شکل ۳۰ـ۱

۳ـ در شکل (۳۱ـ۱) انرژی تلف شده در هر مقاومت در مدت ۳۰ ثانیه چند ژول است؟

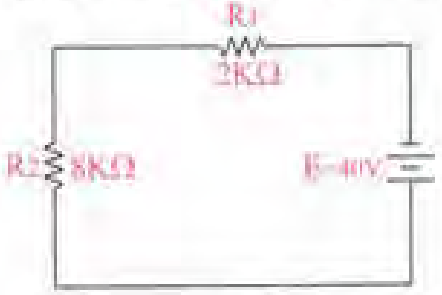
شکل ۳۱ـ۱

۴ـ در شکل (۳۴ـ۱) مقاومت R_3 چند اهم است؟



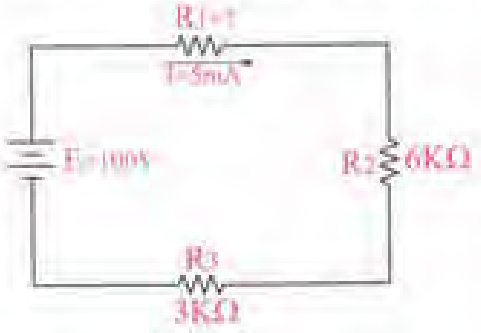
شکل ۳۴ـ۱

۵ـ در شکل (۳۳ـ۱) توان تلف شده دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 را به‌دست آورید.



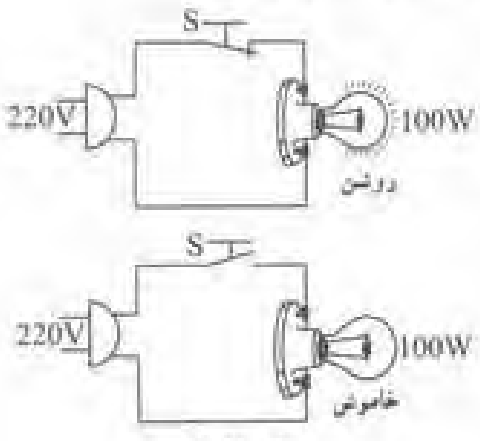
شکل ۳۳ـ۱

۶ـ در شکل (۳۴ـ۱) افت ولتاژ دو سر مقاومت R_1 چند ولت است؟



شکل ۳۴ـ۱

۷ـ در شکل (۳۵ـ۱)، هنگامی که کلید بسته است ولتاژ دو سر لامپ و کلید چقدر است و هنگامی که لامپ خاموش است ولتاژ دو سر کلید و لامپ چه مقدار خواهد بود؟

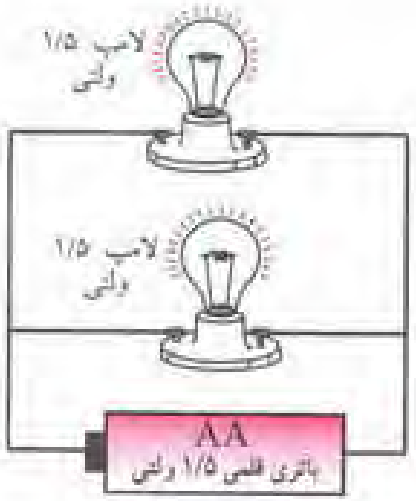


شکل ۳۵ـ۱

ب ــ توانایی به هم بستن مقاومت‌ها به صورت موازی

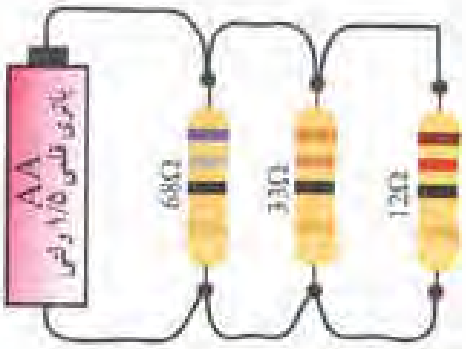
۶ــ۱ــ تعریف مدار موازی

اگر در یک مدار الکتریکی، دو یا چند مصرف‌کننده طوری به هم متصل شوند که علیرغم یکسان نبودن مقاومت اهمی آن‌ها ولتاژ دو سر همه‌ی آن‌ها یکی باشد گوییم این مصرف‌کننده‌ها با یکدیگر موازی شده‌اند. شکل (۳۶ــ۱) دو عدد لامپ ۱/۵ ولتی که با یکدیگر موازی بسته شده‌اند را نشان می‌دهد.

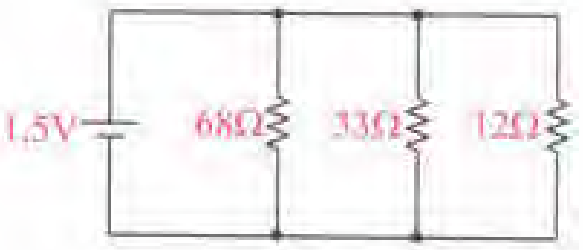


شکل ۳۶ــ۱ــ دو عدد لامپ به صورت موازی بسته شده‌اند.

شکل (۳۷ــ۱)، سه عدد مقاومت را که به صورت موازی بسته شده‌اند نشان می‌دهد. برای محاسبات پارامترهای الکتریکی یک مدار، به جای نقشه مدار عملی، از نمای مدار استفاده می‌کنند. در نمای مدار به جای هر قطعه عملی، از علامت قراردادی آن قطعه استفاده می‌کنند. در شکل (۳۸ــ۱) نمای مدار شکل (۳۷ــ۱) نشان داده شده است.



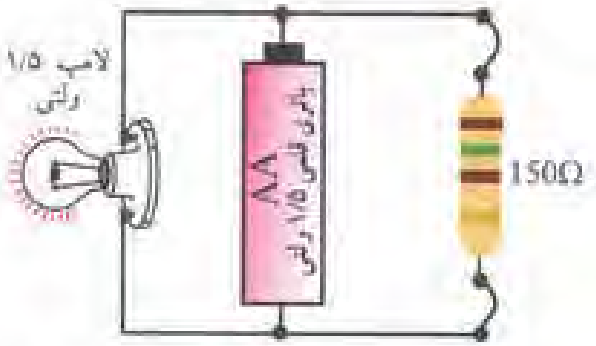
شکل ۳۷ــ۱ــ سه عدد مقاومت با یکدیگر موازی شده‌اند.



شکل ۳۸ــ۱ــ نمای مدار شکل (۳۷ــ۱)

۷ـ۱ـ خواص مدار موازی

ـ در مدار موازی ولتاژ دو سر تمام عناصر با یکدیگر برابر است.



شکل ۳۹ـ۱ـ مقاومت ۱۵۰Ω و لامپ ۱/۵ ولتی با یکدیگر موازی شده‌اند و ولتاژ دو سر هر دو ۱/۵ ولت است.

ـ در یک مدار موازی، اگر یک عنصر موازی شده قطع شود، این قطع‌شدگی روی بقیه عناصر تأثیری نمی‌گذارد. در شکل (۴۰ـ۱)، سه لامپ با یکدیگر موازی شده‌اند. اگر یکی از لامپ‌ها قطع شود بقیه لامپ‌ها همچنان روشن می‌مانند.

شکل ۴۰ـ۱ـ در مدار موازی، اگر یکی از مصرف‌کننده‌ها قطع شود، تأثیری روی بقیه مصرف‌کننده‌ها نمی‌گذارد.

ـ قانون اهم برای هر مصرف‌کننده در مدار موازی صادق است.

ـ در مدار موازی جریانی که از منبع کشیده می‌شود، بین مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. یا به عبارت دیگر داریم:

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

جریان عنصر دوم — جریان عنصر اول — جریانی که از منبع کشیده می‌شود — جریان عنصر nام

شکل ۴۱ـ۱ـ جریانی که از منبع کشیده می‌شود (I) متناسب با مقدار مقاومت معادل عناصر موازی، بین عناصر تقسیم می‌شود.

ـ جریان در مدار موازی بین عناصر به نسبت عکس مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.

ـ مقاومت کل مدار از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$E = I.R_T$$

$$I = \frac{E}{R_T}$$

$$I_1 = \frac{E}{R_1} \text{ و } I_2 = \frac{E}{R_2} \text{ و } I_3 = \frac{E}{R_3} \quad \text{و}$$

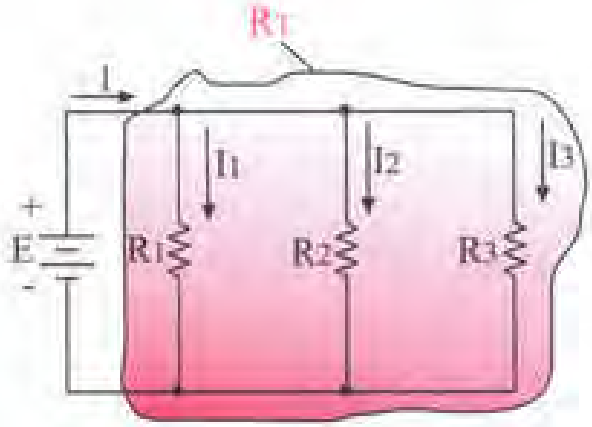
$$\ldots\ldots I_n = \frac{E}{R_n}$$

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

$$\frac{E}{R_T} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3} + \cdots + \frac{E}{R_n}$$

از طرفین رابطه E را حذف می‌کنیم.

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



شکل ۴۲ـ۱ـ به جای سه مقاومت موازی R_1 و R_2 و R_3 می‌توان یک مقاومت معادل R_T در مدار قرار داد.

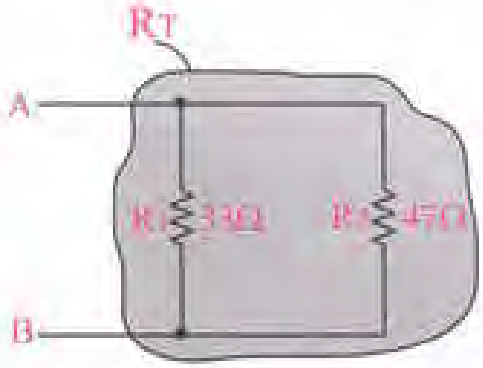
مثال۱: مقاومت معادل (R_T) مدار شکل (۴۳ـ۱) را به دست آورید.

حل:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{۳۳} + \frac{1}{۴۷} = \frac{۴۷ + ۳۳}{۳۳ \times ۴۷} = \frac{۸۰}{۱۵۵۱}$$

$$R_T = \frac{۱۵۵۱}{۸۰} = ۱۹/۳۸\Omega$$



شکل ۴۳ـ۱

شکل (۴۴ـ۱) مقاومت معادل R_1 و R_2 در شکل (۴۳ـ۱) آمده‌است. همان‌طور که از مقدار R_T (۱۹/۳۸Ω) مشخص است در یک مدار موازی مقاومت معادل R_T از کم‌ترین مقدار مقاومت موازی یک شاخه نیز کم‌تر است.

شکل ۴۴ـ۱

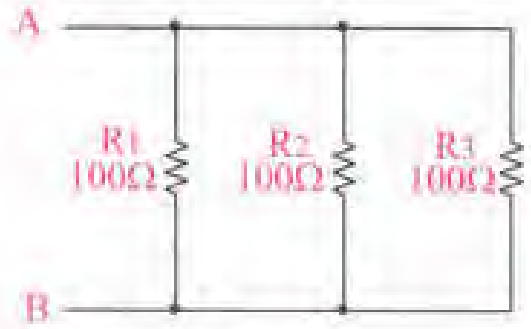
مثال ۲: مقاومت کل R_T مدار از دو نقطه A و B مدار شکل (۴۵ـ۱) را به دست آورید.

حل:

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

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{100}+\frac{1}{100}+\frac{1}{100}=\frac{1+1+1}{100}=\frac{3}{100}$$

$$R_T=\frac{100}{3}=33/33\Omega$$

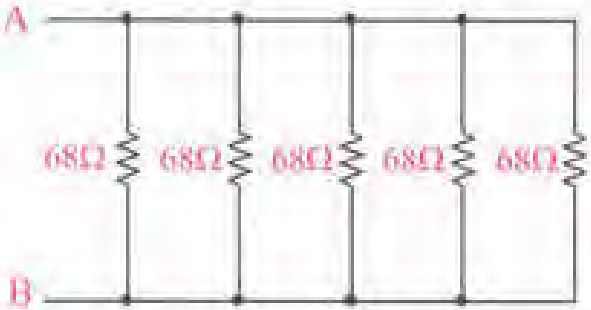


شکل ۴۵ـ۱

توجه: اگر n **مقاومت مساوی** با یکدیگر موازی شده باشند، برای به‌دست آوردن مقاومت معادل R_T کافی است که مقدار یک مقاومت را به n تقسیم کنیم.

در شکل (۴۶ـ۱) پنج عدد مقاومت ۶۸Ω با یکدیگر موازی شده‌اند لذا مقاومت معادل برابر است با:

$$R_T=\frac{R}{n}=\frac{68}{5}=13/6\Omega$$



شکل ۴۶ـ۱

اگر در مدار موازی، فقط دو عدد مقاومت اهمی وجود داشته باشد، برای به‌دست آوردن مقاومت معادل آن، از رابطه زیر نیز می‌توان استفاده کرد:

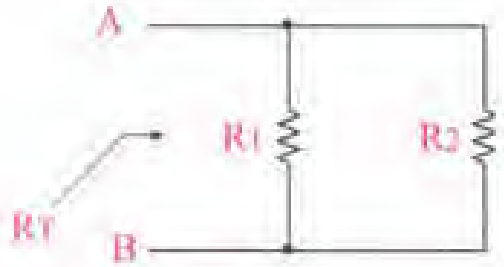
$$\boxed{R_T=\frac{R_1.R_2}{R_1+R_2}}$$

زیرا:

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=\frac{R_1+R_2}{R_1.R_2}$$

در نتیجه

$$R_T=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$$



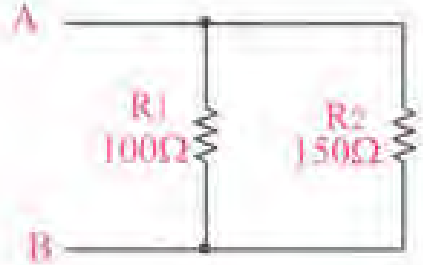
شکل ۴۷ـ۱

مثال ۳: مقاومت معادل (R_T) مدار شکل (۴۸ـ۱) را به‌دست آورید.

حل:

$$R_T=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{100\times150}{100+150}=\frac{15000}{250}=60\Omega$$

$$R_T=60\Omega$$



شکل ۴۸ـ۱

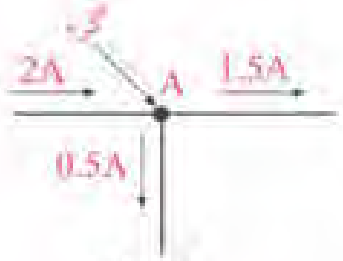
۸ــ۱ــ قانون جریان کریشهف (KCL)

طبق این قانون (KCL)، **جمع جبری** جریان‌هایی که در یک مدار الکتریکی به یک نقطه وارد می‌شوند برابر صفر است. یا به عبارت دیگر جمع جریان‌هایی که به یک نقطه وارد می‌شوند برابر جمع جریان‌هایی است که از آن نقطه خارج می‌شوند. در شکل (۱ــ۴۹)، ۲A جریان به نقطه A وارد می‌شود و ۲A جریان (۱/۵A + ۰/۵A) از آن نقطه خارج می‌شود جریان‌های وارده به نقطه یا گره (Node) را معمولاً با علامت «+» و جریان‌هایی که از نقطه یا گره خارج می‌شوند با علامت «−» نشان می‌دهند. در شکل (۱ــ۵۰) در گره A می‌توانیم بنویسیم:

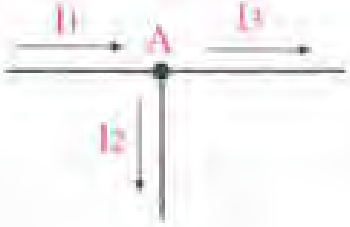
$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

گاهی رابطه فوق را به صورت زیر می‌نویسند:

$$\sum I = 0$$

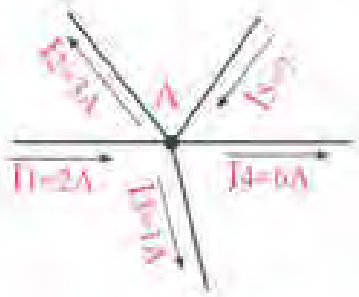


شکل ۱ــ۴۹



شکل ۱ــ۵۰

مثال ۴: در شکل (۱ــ۵۱) جریان I_5 چند آمپر است؟



شکل ۱ــ۵۱

حل: قانون KCL را در گره A می‌نویسیم:

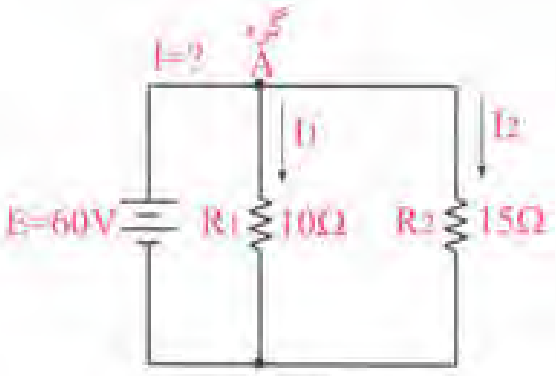
$$I_1 - I_2 - I_3 - I_4 + I_5 = 0$$

$$2 - 3 - 1 - 6 + I_5 = 0$$

$$2 - 10 + I_5 = 0$$

$$\boxed{I_5 = 8A}$$

مثال ۵: در شکل (۱ــ۵۲) جریان I چند آمپر است؟



شکل ۱ــ۵۲

حل: قانون KCL را در گره A می‌نویسیم:

$$I - I_1 - I_2 = 0$$

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{60}{10} = 6A$$

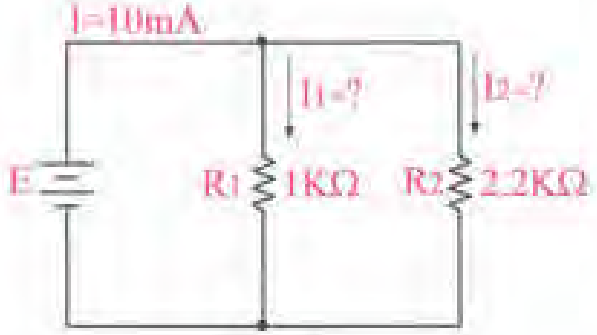
$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{60}{15} = 4A$$

$$I - 6 - 4 = 0$$

$$I - 10 = 0 \Rightarrow I = 10A$$

---

* Σ = علامت مجموع



شکل ۵۳ـ۱

مثال ۶: در شکل (۵۳ـ۱)، مقدار جریان‌های I_1 و I_2 را به دست آورید.

حل: ابتدا مقدار E را با استفاده از رابطه $E = R_T . I$ به‌دست می‌آوریم و سپس با استفاده از روابط $I_1 = \frac{E}{R_1}$ و $I_2 = \frac{E}{R_2}$، مقدار جریان‌های I_1 و I_2 را محاسبه می‌کنیم.

$$E = R_T . I$$

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{۱۰۰۰ \times ۲۲۰۰}{۱۰۰۰ + ۲۲۰۰} = ۶۸۷/۵\Omega$$

$$E = ۶۸۷/۵ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} = ۶/۸۷۵ \ V$$

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{۶/۸۷۵}{۱۰۰۰} = ۰/۰۰۶۸۷۵A = ۶/۸۷۵mA$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{۶/۸۷۵}{۲۲۰۰} = ۰/۰۰۳۱۲۵A = ۳/۱۲۵mA$$

راه حل دوم: با استفاده از روابط زیر که به تقسیم جریان بین دو شاخه موازی مشهور است می‌توان جریان‌های I_1 و I_2 را محاسبه نمود.

$$I_1 = I\frac{R_2}{R_1 + R_2} = ۱۰mA\frac{۲۲۰۰}{۱۰۰۰ + ۲۲۰۰} = ۶/۸۷۵mA$$

$$I_2 = I\frac{R_1}{R_1 + R_2} = ۱۰mA\frac{۱۰۰۰}{۱۰۰۰ + ۲۲۰۰} = ۳/۱۲۵mA$$

شکل ۵۴ـ۱

مثال ۷: توان تلف شده در هر مقاومت شکل (۵۴ـ۱) و همچنین توان مصرفی کل مدار چقدر است؟

حل:

$$P_1 = \frac{E^2}{R_1} = \frac{(۲۴)^2}{۲/۲} = ۲۶۱/۸W$$

$$P_2 = \frac{E^2}{R_2} = \frac{(۲۴)^2}{۳/۳} = ۱۷۴/۵W$$

$$P_3 = \frac{E^2}{R_3} = \frac{(۲۴)^2}{۴/۷} = ۱۲۲/۵W$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_T = ۲۶۱/۸ + ۱۷۴/۵ + ۱۲۲/۵ = ۵۵۸/۸W$$

۹ـ۱ـ آزمایش شماره (۲)

به هم بستن مقاومت‌ها به صورت موازی و اندازه‌گیری‌های مربوطه

۱ـ۹ـ۱ـ هدف‌های آزمایش: به دست‌آوردن مقاومت معادل در یک مدار موازی

ـ بررسی خواص مدار موازی

۲ـ۹ـ۱ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش ابتدا مقدار سه مقاومت را با اهم‌متر اندازه می‌گیریم و سپس این سه مقاومت را به صورت موازی بسته و مقاومت مجموعه اتصال موازی را با اهم‌متر اندازه می‌گیریم. مقدار مقاومت مجموعه مقاومت‌های موازی شده را با رابطه $\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}$ در یک مدار موازی مقایسه می‌کنیم و همچنین در یک مدار موازی با اندازه‌گیری‌های ولتاژ و جریان در نقاط مختلف مدار عملاً به خواص مدار موازی پی می‌بریم.

۳ـ۹ـ۱ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ آوومتر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۲ـ مقاومت‌های ۱۸Ω، ۲۲Ω، ۵۶Ω	
از هر کدام	یک عدد
۳ـ منبع تغذیه ۱۸-۱۵۷-۰۰	یک دستگاه
۴ـ لامپ ۶ ولت همراه با سرپیچ	سه عدد
۵ـ سیم‌های دو سرگیره‌دار ۲۰cm	چهار رشته
۶ـ سیم‌های یک سرگیره‌دار ۲۰cm	چهار رشته
۷ـ سیم معمولی ۲۰cm	چهار رشته

۲ــ۹ــ۱ــ مراحل اجرای آزمایش: به‌دست آوردن مقاومت معادل در یک مدار موازی

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ قبل از هر اندازه‌گیری، صفر اهم‌متر عقربه‌ای را تنظیم کنید.

■ به کمک اهم‌متر مقدار دقیق مقاومت‌های ۱۸۰Ω و ۲۲۰Ω و ۵۶۰Ω را اندازه بگیرید (مقاومت ۱۸۰Ω را R_1 و مقاومت ۲۲۰Ω را R_2 و مقاومت ۵۶۰Ω را R_3 نام‌گذاری کنید) و در زیر یادداشت کنید.

$R_1 =$ Ω

$R_2 =$ Ω

$R_3 =$ Ω

شکل ۵۵ــ۱

■ مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 را به صورت موازی ببندید و سپس مقاومت اهمی مجموعه‌ی اتصال موازی را به کمک اهم‌متر (مطابق شکل ۵۶ــ۱) اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$R_T =$ Ω

پاسخ دهید: آیا R_T اندازه‌گیری شده به کمک اهم‌متر با R_T ($\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$) که از طریق محاسبه به دست می‌آید یکی است؟ توضیح دهید.

شکل ۵۶ــ۱

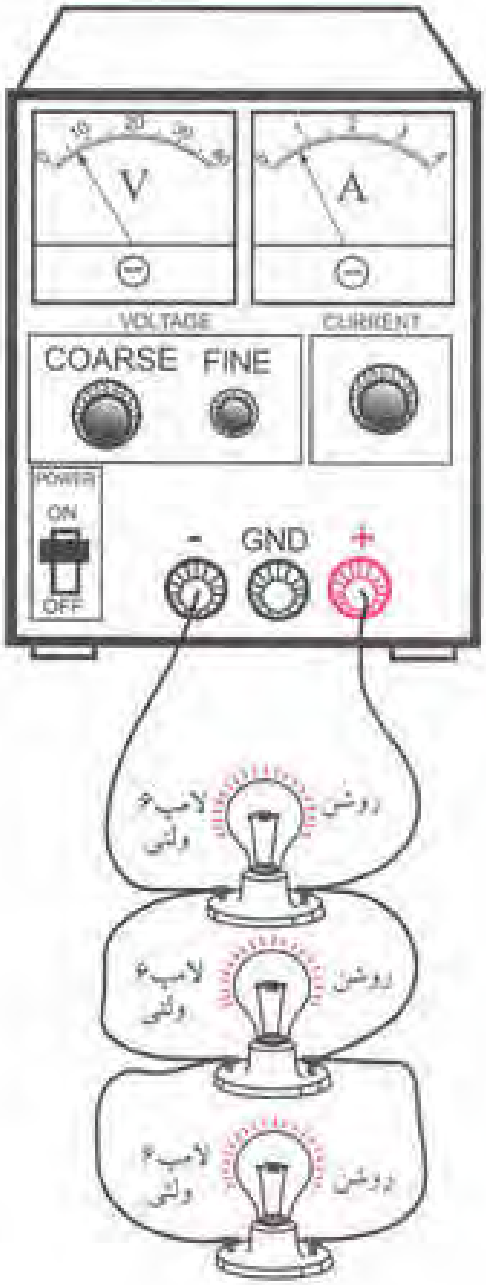
در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به متن درس مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

خواص مدار موازی

■ ولتاژ منبع تغذیه را صفر کنید.

■ یک مدار مطابق شکل (۵۷ـ۱) ببندید.

■ منبع تغذیه را روی ۶ ولت تنظیم کنید. در این صورت هر سه لامپ باید با نور عادی روشن شوند.



شکل ۵۷ـ۱

■ یکی از لامپ‌ها را از داخل سرپیچ باز کنید. در این صورت فقط لامپ باز شده خاموش می‌شود و بقیه لامپ‌ها همچنان روشن می‌مانند.

پاسخ دهید: چرا وقتی یک لامپ را باز می‌کنیم، بقیه لامپ‌ها همچنان روشن باقی می‌مانند؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به متن درس مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

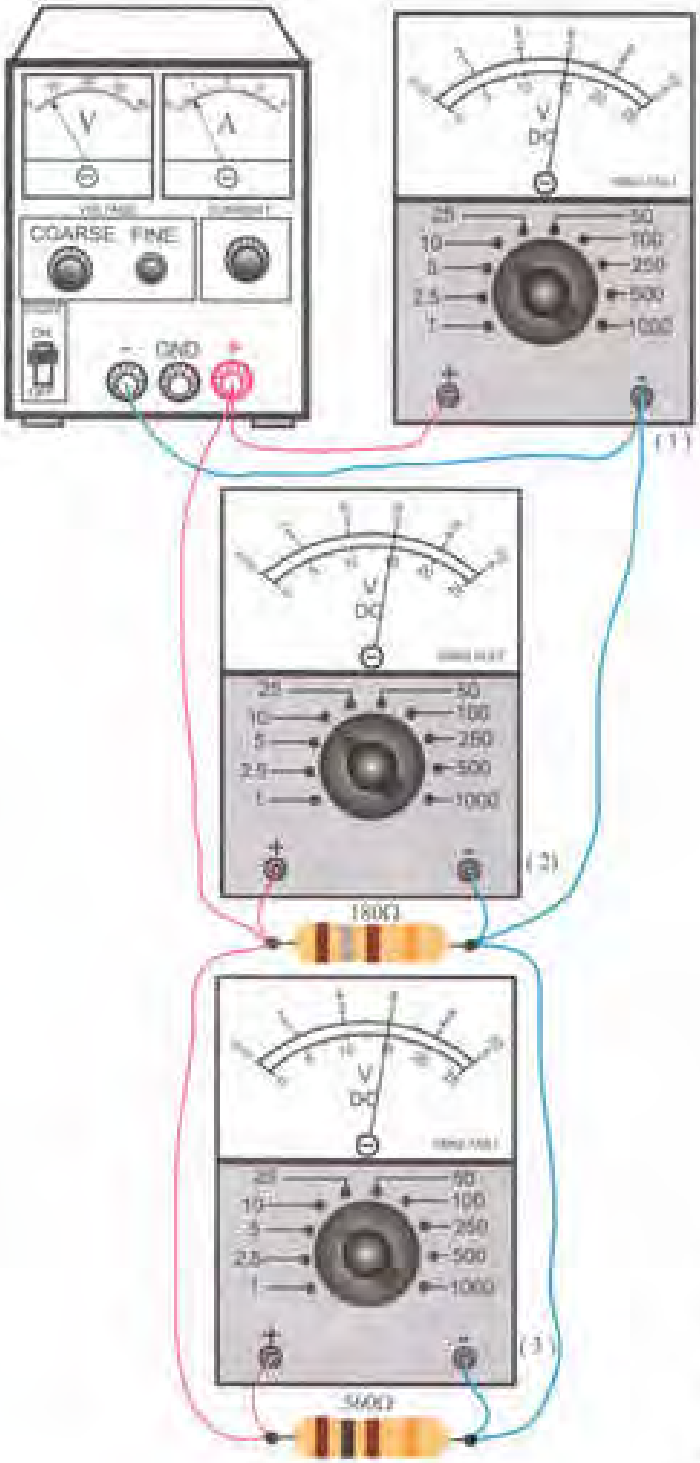
■ منبع تغذیه را روی صفر ولت تنظیم کنید.

■ مداری مطابق شکل (۵۸ـ۱) ببندید.

■ رنج ولت‌مترها را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید.

■ ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۶ ولت تنظیم کنید.

■ ولتاژی را که ولت‌مترها نشان می‌دهند بخوانید و یادداشت کنید.



شکل ۵۸ـ۱

ولت = V_1 = ولتاژی را که ولت‌متر شماره (۱) نشان می‌دهد.

ولت = V_2 = ولتاژی را که ولت‌متر شماره (۲) نشان می‌دهد.

ولت = V_3 = ولتاژی را که ولت‌متر شماره (۳) نشان می‌دهد.

پاسخ دهید: آیا هر سه ولت‌متر ولتاژ یکسانی را نشان می‌دهند؟ چرا؟ توضیح دهید.

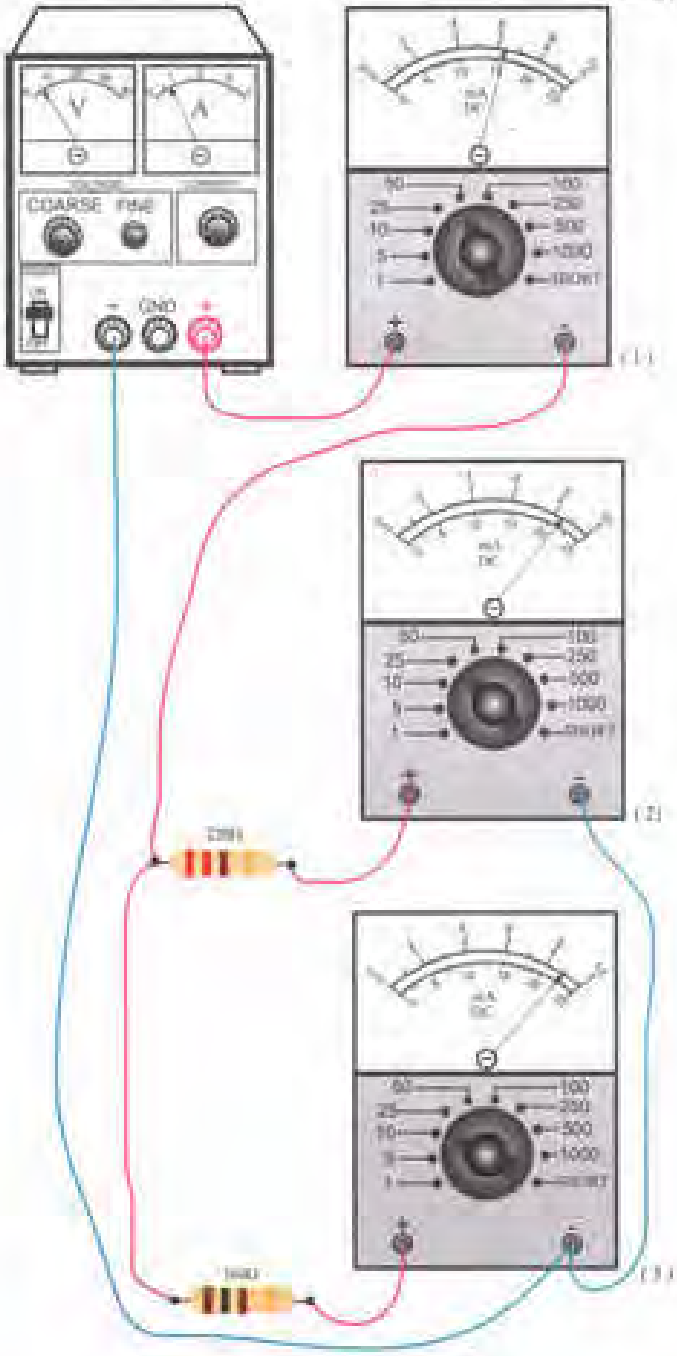
.....

.....

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید دارید به متن درس مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ ولتاژ منبع تغذیه را صفر کنید.

■ مداری مطابق شکل (۵۹ـ۱) ببندید.



شکل ۵۹ـ۱

■ رنج میلی‌آمپرمتر شماره (۱) را روی ۵۰mA قرار دهید.

■ رنج میلی‌آمپرمتر شماره (۲) را روی ۲۵mA قرار دهید.

■ رنج میلی‌آمپرمتر شماره (۳) را روی ۱۰mA قرار دهید.

■ ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم کنید.

■ مقادیری که میلی‌آمپرمترها نشان می‌دهند را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_1 =$ ____ mA = مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر شماره (۱) نشان می‌دهد.

$I_2 =$ ____ mA = مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر شماره (۲) نشان می‌دهد.

$I_3 =$ ____ mA = مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر شماره (۳) نشان می‌دهد.

پاسخ دهید: آیا مقدار $I_1 = I_2 + I_3$ صحیح است؟ چرا؟ توضیح دهید.

> در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۸ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ ولتاژ منبع تغذیه را کمی کم کنید تا میلی‌آمپرمتر شماره (۱) جریان ۱۰mA را نشان دهد. در این حالت مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر شماره (۲) و میلی‌آمپرمتر شماره (۳) نشان می‌دهند را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_1 = 10$ mA مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر شماره (۱) نشان می‌دهد.

$I_2 =$ ____ mA مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر شماره (۲) نشان می‌دهد.

$I_3 =$ ____ mA مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر شماره (۳) نشان می‌دهد.

پاسخ دهید (۱): آیا رابطه $I_1 - I_2 - I_3 = 0$ (قانون KCL) با توجه به مقادیر به‌دست آمده در مدار شکل (۵۹ـ۱) صادق است؟ توضیح دهید.

پاسخ دهید (۱): آیا رابطه‌ی تقسیم جریان به دو شاخه موازی در مدار شکل (۵۹ـ۱) صادق است؟ توضیح دهید.

روابط تقسیم جریان به دو شاخه موازی

$$I_2 = I_1 \frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

$$I_3 = I_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

> در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۸ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ مقاومت اهمی لامپ ۱۲ ولت، ۰/۱ وات و لامپ ۱۲ ولت، ۰/۵ وات را محاسبه و یادداشت کنید.

Ω = مقاومت اهمی لامپ ۱۲ ولت، ۰/۱ وات هنگام روشن‌بودن

Ω = مقاومت اهمی لامپ ۱۲ ولت، ۰/۵ وات هنگام روشن‌بودن

■ ولتاژ منبع تغذیه را روی صفر ولت قرار دهید.

■ رنج میلی‌آمپرمترها را روی ۵ mA قرار دهید.

■ مدار شکل (۶۰ـ۱) را ببندید.

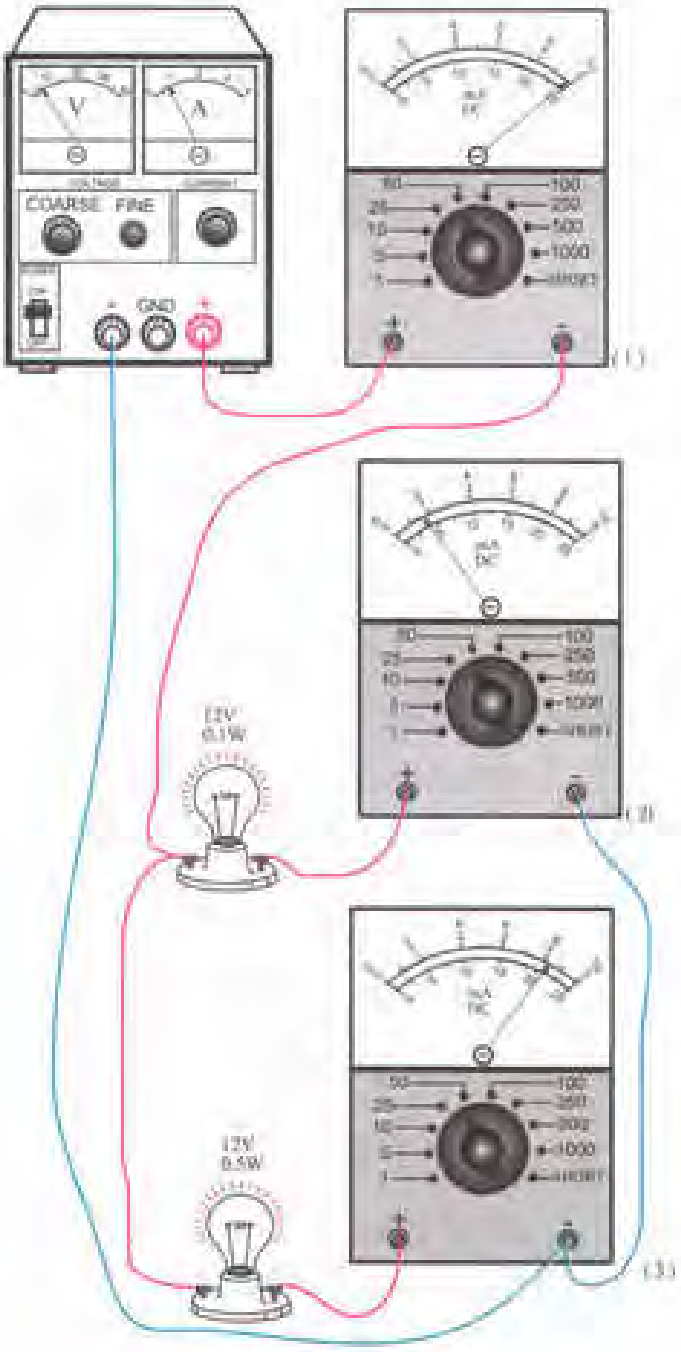
■ ولتاژ منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

■ مقدار جریانی را که میلی‌آمپرمترها نشان می‌دهند بخوانید و یادداشت کنید.

mA = جریان میلی‌آمپرمتری که با لامپ ۰/۱ وات سری شده است.

mA = جریان میلی‌آمپرمتری که با لامپ ۰/۵ وات سری شده است.

■ آیا جریان متناسب با مقدار مقاومت اهمی لامپ‌ها تقسیم شده است؟ در این مورد دقیقاً مدار را تحلیل کنید.



شکل ۶۰ـ۱

۵ـ۹ـ۱ـ خلاصه آزمایش: آنچه در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

.....

.....

۶ـ۹ـ۱ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از آزمایش‌ها را در چند جمله بیان کنید.

.....

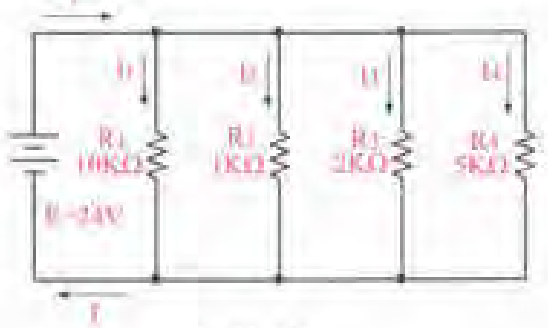
.....

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای فصل اول آزمون پایانی عملی (۲) مراجعه کنید.

۱۰ـ۱ـ پرسش و تمرین (۲)

۱ـ در یک مدار موازی، اگر یک مصرف‌کننده از مدار خارج شود چه اتفاقی می‌افتد؟

۲ـ در شکل (۶۱ـ۱) جریان‌های I، I_1، I_2، I_3 و I_4 را به‌دست آورید.

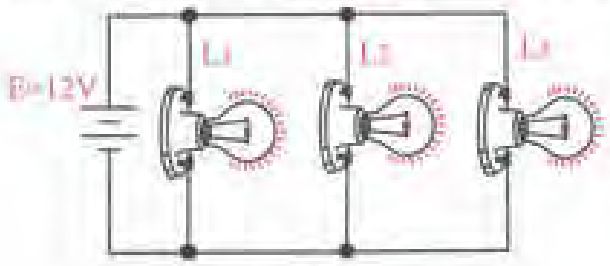


شکل ۶۱ـ۱

۳ـ در شکل (۶۲ـ۱)، $I=10mA$ است، جریان‌های I_1 و I_2 را به‌دست آورید.

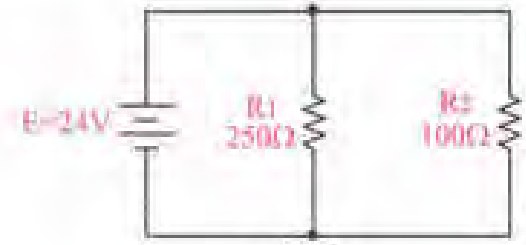
شکل ۶۲ـ۱

۴ـ در شکل (۶۳ـ۱) لامپ L_1، $100\ mA$ و لامپ L_2، $200\ mA$ و لامپ L_3، $50\ mA$ جریان از منبع دریافت می‌کند. توان مصرفی هر لامپ چند میلی‌وات است و در مجموع منبع چند وات توان به لامپ‌ها تحویل می‌دهد؟



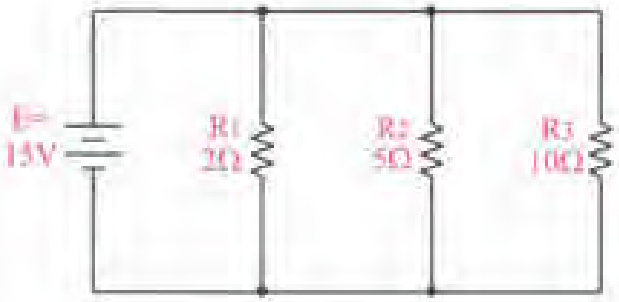
شکل ۶۳ـ۱

۵ـ در شکل (۶۴ـ۱) توان تلف شده در مقاومت‌های R_1 و R_2 را به‌دست آورید.



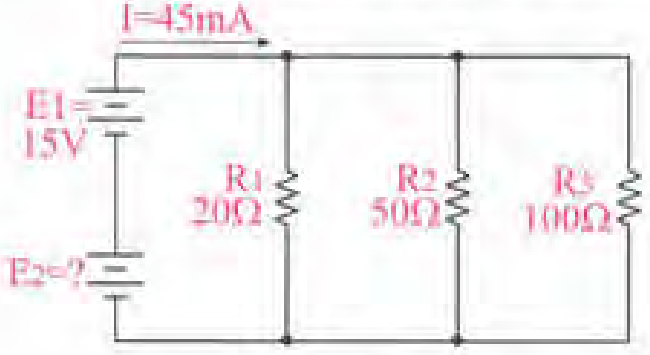
شکل ۶۴ـ۱

۶ـ در شکل (۶۵ـ۱) منبع چند وات توان به مدار تحویل می‌دهد؟



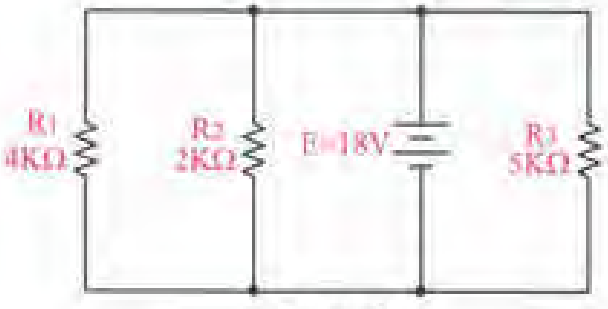
شکل ۶۵ـ۱

۷ـ در شکل (۶۶ـ۱)، ولتاژ منبع E_2 چند ولت است؟



شکل ۶۶ـ۱

۸ـ در شکل (۶۷ـ۱) منبع E چند میلی‌آمپر جریان به مدار تحویل می‌دهد؟



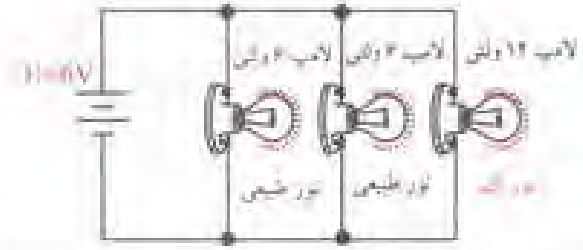
شکل ۶۷ـ۱

ج ــ توانایی به‌هم بستن مقاومت‌ها به‌صورت سری ــ موازی

۱۱ــ۱ــ تعریف مدار سری ــ موازی

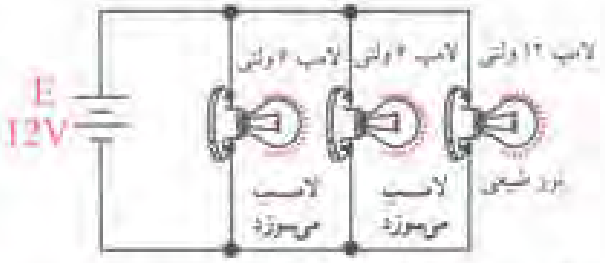
فرض کنید دو عدد لامپ ۶ ولت و یک عدد لامپ ۱۲ولت داریم می‌خواهیم هر سه لامپ را با یک منبع تغذیه روشن کنیم. حالات زیر اتفاق می‌افتد.

ــ هر سه لامپ را به‌صورت موازی ببندیم و به منبع ۶ ولت وصل کنیم. در این صورت لامپ‌های ۶ ولتی دارای نور طبیعی هستند ولی لامپ ۱۲ ولت دارای نور طبیعی نیست زیرا به ولتاژ ۶ولت متصل شده است شکل (۶۸ــ۱ــ الف).



الف ــ اگر لامپ ۱۲ ولتی به ولتاژ ۶ ولتی وصل شود نور آن کم خواهد بود.

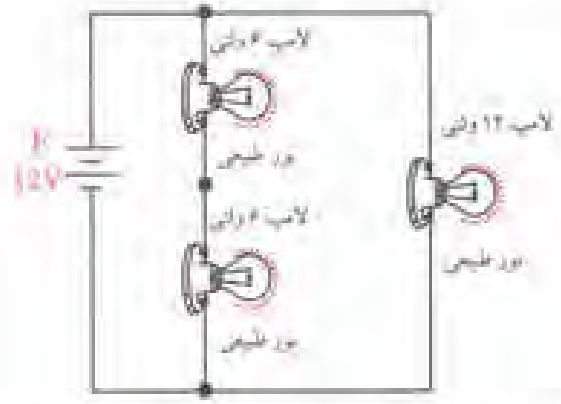
ــ هر سه لامپ را به‌صورت موازی ببندیم و به منبع ۱۲ولت وصل کنیم. در این صورت لامپ ۱۲ ولتی دارای نور طبیعی خواهد بود ولی لامپ‌های ۶ ولتی هر دو می‌سوزند. زیرا به دو سر آن‌ها ولتاژ ۱۲ ولت وصل شده است شکل (۶۸ــ۱ــ ب).



ب ــ اگر به دو سر لامپ ۶ ولتی، ۱۲ ولت ولتاژ وصل شود لامپ می‌سوزد.

شکل ۶۸ــ۱

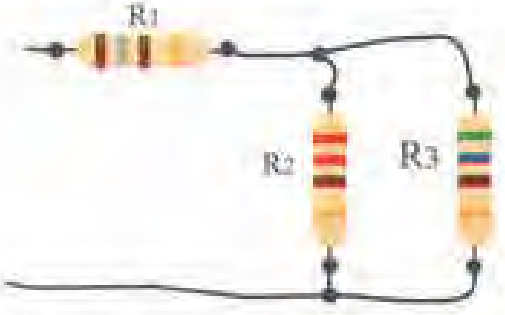
ــ دو عدد لامپ ۶ ولتی را با یک دیگر سری و به ولتاژ ۱۲ولت وصل می‌کنیم. در این صورت دو سر هر لامپ ۶ ولتی، ۶ ولت ولتاژ خواهیم داشت و لامپ‌ها نور طبیعی خود را خواهند داشت. لامپ ۱۲ ولت را نیز به مجموعه دو لامپ سری، موازی می‌کنیم. لامپ ۱۲ ولت نیز نور طبیعی خود را خواهد داشت. شکل (۶۹ــ۱) این اتصالات را نشان می‌دهد.



شکل ۶۹ــ۱ــ هر سه لامپ دارای نور طبیعی خود خواهند بود.

به مدار الکتریکی شکل (۶۹ــ۱)، مدار سری ــ موازی می‌گویند. پس در مدارهای سری ــ موازی، بعضی از عناصر با یکدیگر سری شده‌اند و بعضی دیگر یا یکدیگر یا مجموعه‌های سری عناصر، موازی می‌شوند.

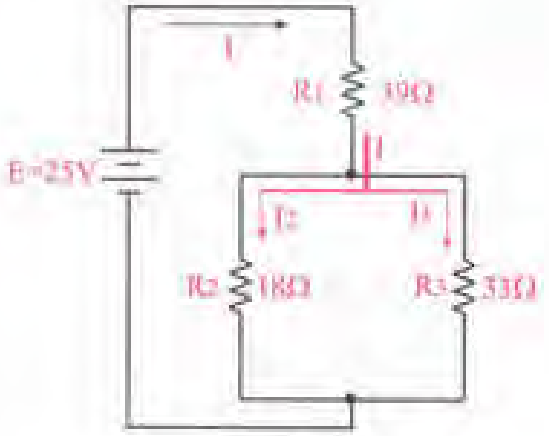
در شکل (۷۰ــ۱)، مقاومت‌های R_2 و R_3 با یکدیگر موازی شده‌اند و مجموعه‌ی این مدار موازی با R_1 به صورت سری بسته شده‌است. برای تحلیل مدارهای سری ــ موازی، معمولاً باید مدار را به صورت سری و یا موازی درآورد تا بتوان پارامترهای لازم را محاسبه کرد. قسمت‌هایی از مدار که به صورت سری است تمام خواص مدار سری را دارد و قسمت‌هایی از مدار که به صورت موازی است تمام خواص مدار موازی را دارد.



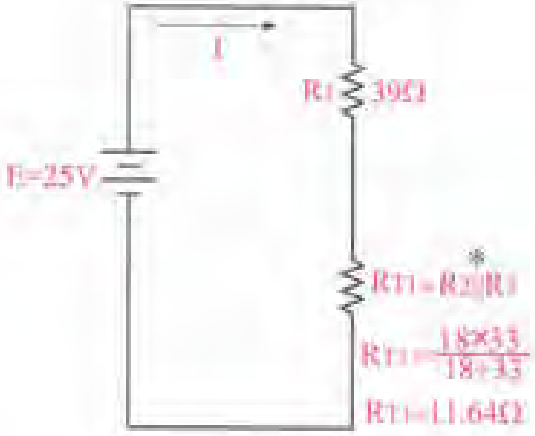
شکل ۷۰ــ۱ــ یک نمونه مدار مقاومتی سری ــ موازی

۱۱ــ۱ــ تعریف مدار سری ــ موازی

در شکل (۷۱ـ۱) یک مدار سری ـ موازی نشان داده شده است مقاومت‌های R_2 و R_3 با یک‌دیگر موازی شده‌اند و این مجموعه موازی با مقاومت R_1 به‌صورت سری در مدار قرار گرفته‌است. به‌جای مدار شکل (۷۱ـ۱)، می‌توان از مدار شکل (۷۲ـ۱) در تحلیل مدار استفاده کرد.



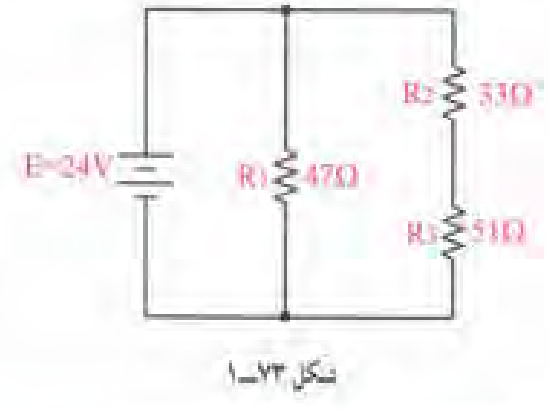
شکل ۷۱ـ۱



شکل ۷۲ـ۱ـ مدار معادل سری مدار شکل (۷۱ـ۱)

در مدار شکل (۷۳ـ۱)، یک نمونه دیگر مدار سری ـ موازی نشان داده شده است. مقاومت‌های R_1 و R_2 با یک‌دیگر سری شده‌اند و مجموعه‌ی این مدار سری با مقاومت R_3 به‌صورت موازی بسته شده است.

به‌جای مدار شکل (۷۳ـ۱) می‌توان از مدار معادل موازی آن مانند شکل (۷۴ـ۱) برای تحلیل مدار استفاده کرد.

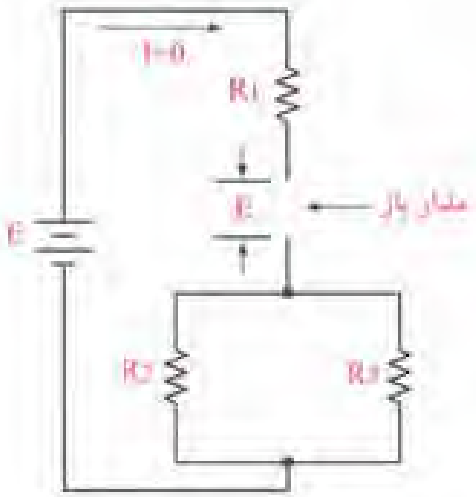


شکل ۷۳ـ۱

شکل ۷۴ـ۱ـ مدار معادل موازی مدار شکل (۷۳ـ۱)

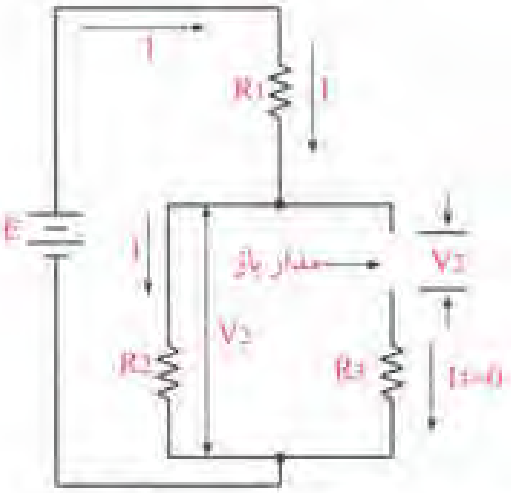
* علامت // به معنی موازی است.

اگر در یک مدار سری ـ موازی، یک قطع شدگی در قسمت سری آن پیش آید، جریان کل مدار قطع می‌شود. در شکل (۷۵ـ۱) یک قطع‌شدگی در مسیر سری مدار پیش آمده است لذا جریان درهمه‌ی قسمت‌های مدار برابر صفر است.



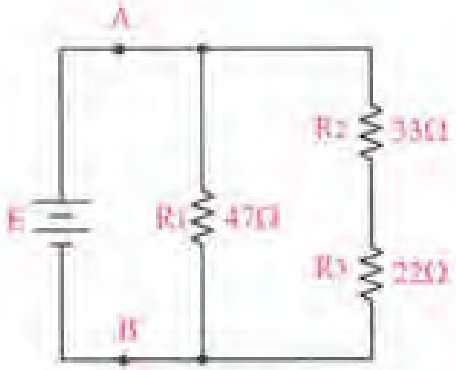
شکل ۷۵ـ۱ـ یک قطع‌شدگی در قسمت سری مدار سری ـ موازی باعث قطع جریان کل (I) شده است.

اگر در قسمت موازی یک مدار سری ـ موازی قطع‌شدگی به‌وجود آید، فقط جریان شاخه‌ی موازی که در آن قطع‌شدگی به‌وجود آمده است قطع می‌شود. در شکل (۷۶ـ۱) یک قطع‌شدگی در یکی از مسیرهای موازی به‌وجود آمده است بنابراین فقط در همان مسیر جریان صفر شده است.



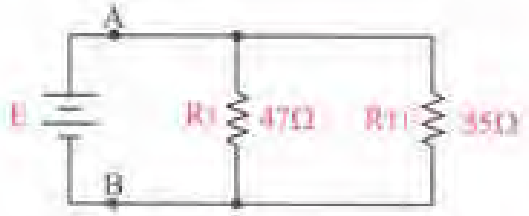
شکل ۷۶ـ۱ـ یک قطع‌شدگی در قسمت موازی مدار سری ـ موازی باعث قطع جریان در شاخه موازی می‌گردد.

مثال ۱: مقاومت معادل از دو نقطه A و B مدار شکل (۷۷ـ۱) را به‌دست آورید.



شکل ۷۷ـ۱

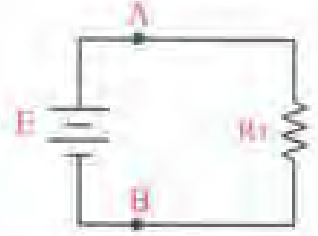
حل: ابتدا دو مقاومت سری شده را تبدیل به یک مقاومت (R_{T_1}) می‌کنیم (شکل ۷۸ـ۱). سپس معادل مقاومت R_{T_1} را با مقاومت R_1 که به‌صورت موازی وصل شده‌اند به‌دست می‌آوریم(شکل ۷۹ـ۱). مقاومت R_T مقاومت معادل بین دو نقطه A و B است.



شکل ۷۸ـ۱

$$R_{T_1} = R_2 + R_3$$

$$R_{T_1} = ۳۳ + ۲۲ = ۵۵\Omega$$



شکل ۷۹ـ۱

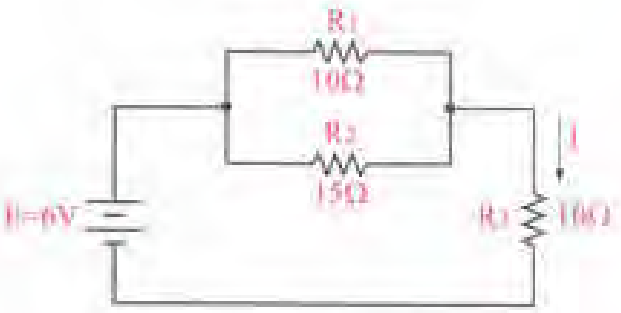
$$R_T = R_1 \| R_{T_1} = \frac{R_1 . R_{T_1}}{R_1 + R_{T_1}} = \frac{۴۷ \times ۵۵}{۴۷ + ۵۵} = ۲۵/۳۹\Omega$$

مثال ۲: در شکل (۸۰ـ۱) ولتاژ دو سر مقاومت R_2 را به‌دست آورید.

حل:

$$V_{R_2} = R_2 . I$$

$$I = \frac{E}{R_T}$$

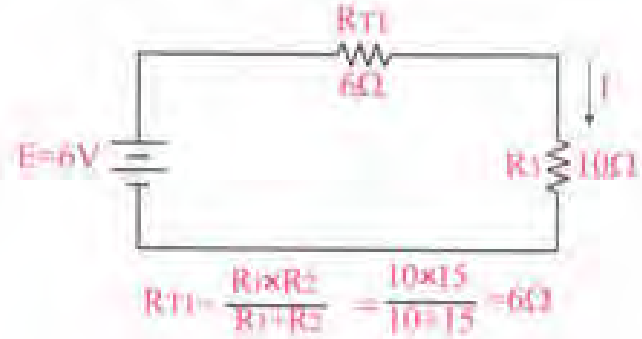


شکل ۸۰ـ۱

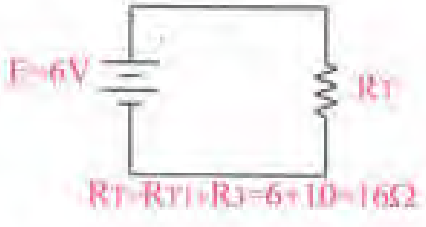
برای به‌دست آوردن R_T ابتدا مقاومت‌های موازی R_1 و R_2 را تبدیل به یک مقاومت معادل می‌کنیم (شکل ۸۱ـ۱). آن‌گاه مقاومت معادل R_1 و R_2 (R_{T_1}) را با R_3 جمع می‌کنیم تا R_T به‌دست آید.

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{۶}{۱۶} = ۰/۳۷۵A$$

$$V_{R_2} = R_2 . I = ۱۰ \times ۰/۳۷۵ = ۳/۷۵V$$



شکل ۸۱ـ۱ـ مدار معادل شکل (۸۰ـ۱)



شکل ۸۲ـ۱ـ مدار معادل شکل (۸۱ـ۱)

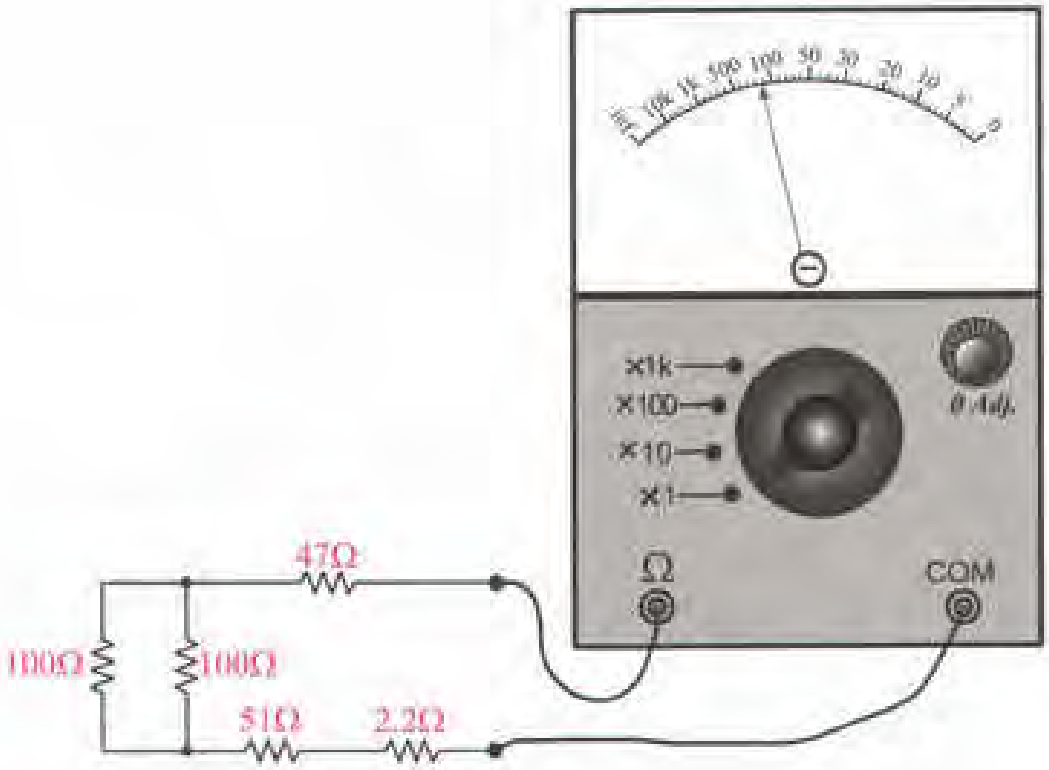
۱۲ـ۱ـ آزمایش شماره (۳)

بررسی مدارهای سری ـ موازی

۱ـ۱۲ـ۱ـ هدف‌های آزمایش:

ـ اندازه‌گیری مقاومت معادل یک مدار سری ـ موازی به کمک اهم‌متر

ـ اندازه‌گیری مقاومت معادل یک مدار سری ـ موازی به کمک ولت‌متر ـ آمپرمتر



۲ـ۱۲ـ۱ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما عملاً با مدارهای سری ـ موازی آشنا می‌شوید. همچنین به کمک اهم‌متر مقاومت معادل یک مدار سری ـ موازی را اندازه می‌گیرید و با مقادیری که از طریق محاسبه با روابط ریاضی به‌دست می‌آورید مقایسه کنید.

یک شیوه بسیار رایج دیگر اندازه‌گیری مقاومت اهمی دو سر یک مدار الکتریکی، استفاده از ولت‌متر ـ آمپرمتر است. در این آزمایش، شما با این شیوه اندازه‌گیری نیز آشنا شده و عملاً آن را انجام می‌دهید.

۳ـ۱۲ـ۱ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ آوومتر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۲ـ میلی‌آمپرمتر DC	یک دستگاه
۳ـ ولت‌متر DC	یک دستگاه
۴ـ مقاومت‌های ۲۲۰Ω، ۳۳۰Ω و ۵۶۰Ω (از هر کدام)	یک عدد
۵ـ سیم رابط	به رشته

۴ـ۱۲ـ۱ـ مراحل اجرای آزمایش:

ـ اندازه‌گیری مقاومت معادل یک مدار سری ـ موازی به کمک اهم‌متر

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ به کمک اهم‌متر مقدار دقیق مقاومت‌های ۲۲۰Ω، ۳۳۰Ω و ۵۶۰Ω را اندازه بگیرید و یادداشت کنید. مقاومت ۲۲۰Ω را R_1، مقاومت ۳۳۰Ω را R_2 و مقاومت ۵۶۰Ω را R_3 نام‌گذاری کنید.

$R_1 =$ Ω

$R_2 =$ Ω

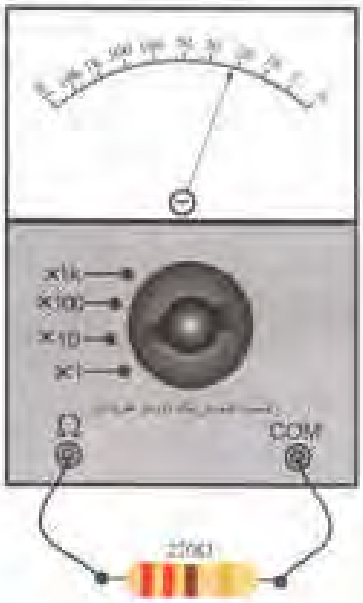
$R_3 =$ Ω

■ مداری مطابق شکل (۸۴ ـ ۱) ببندید.

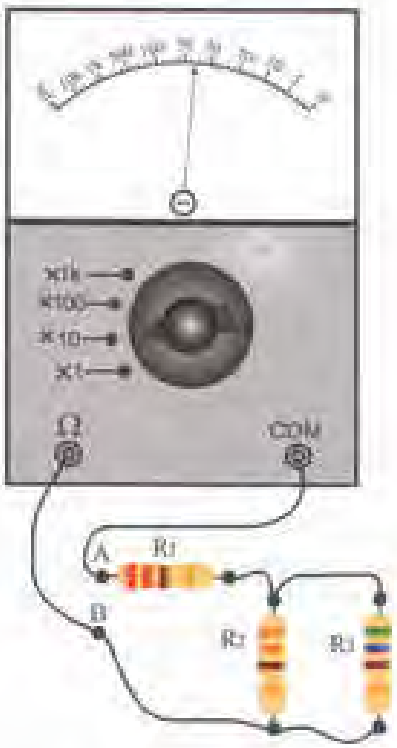
■ اگر برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی از اهم‌متر عقربه‌ای استفاده می‌کنید قبل از اندازه‌گیری صفر آن را تنظیم کنید.

■ به کمک اهم‌متر مقدار مقاومت معادل از دو نقطه A و B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$R_{AB} =$ Ω



شکل ۸۳ـ۱ـ نحوه اندازه‌گیری مقاومت اهمی با اهم‌متر



شکل ۸۴ـ۱

■ از طریق محاسبه نیز مقدار R_{AB} را به‌دست آورید و با مقداری که اهم‌متر نشان داده مقایسه کنید.

$$R_{AB} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \qquad \Omega$$

پاسخ دهید: آیا مقدار R_{AB} که توسط اهم‌متر اندازه گرفته شده است با مقدار R_{AB} که از طریق محاسبه به‌دست آمده دقیقاً یکی است؟ توضیح دهید.

> در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۱ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

ـ اندازه‌گیری مقاومت معادل یک مدار سری ـ موازی به کمک ولت‌متر ـ آمپرمتر

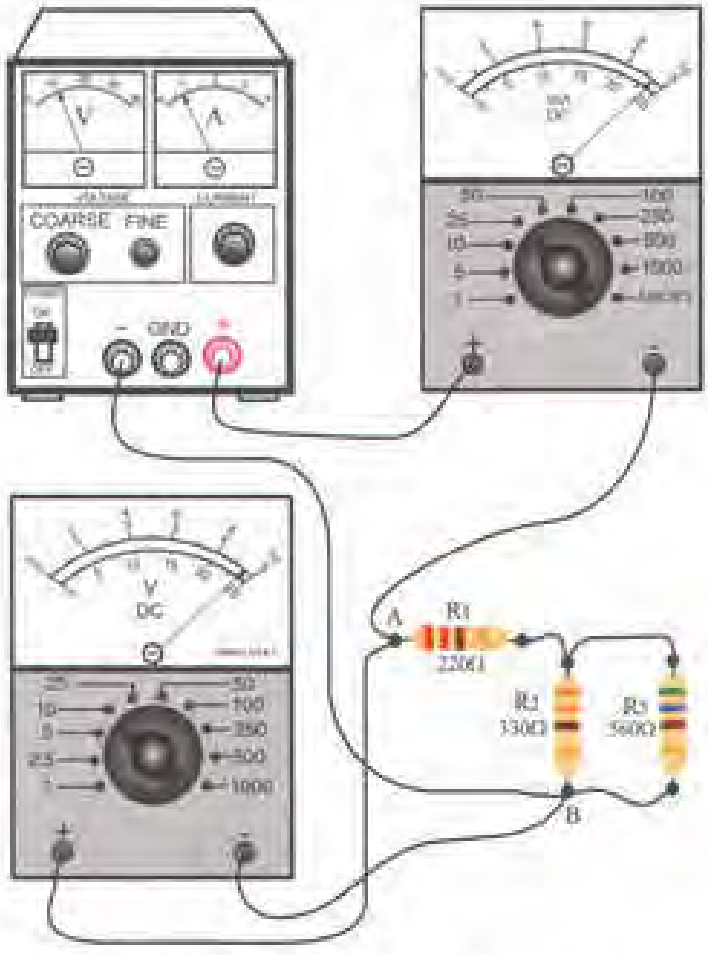
■ ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی صفر ولت تنظیم کنید.

■ مداری مطابق شکل (۸۵ـ۱) ببندید.

■ رنج میلی‌آمپرمتر را روی ۲۵ mA تنظیم کنید.

■ رنج کلید ولت‌متر را روی ۱۰ ولت قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۹ ولت تنظیم کنید.



شکل ۸۵ـ۱ـ مدار آزمایش اندازه‌گیری مقاومت به روش ولت‌متر ـ آمپرمتر

■ مقادیری را که ولت‌متر و میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهند یادداشت کنید.

V = مقدار ولتاژی که ولت‌متر نشان می‌دهد.

mA = مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد.

■ برای اندازه‌گیری مقاومت بین نقطه A و B ،طبق قانون اهم، ولتاژ دو سر مدار را به جریان عبوری از مدار تقسیم می‌کنیم.

⇨ مقاومت بین نقطه A و B طبق قانون اهم

$$R_{AB} = \frac{\text{ولتاژی که ولت‌متر نشان می‌دهد}}{\text{جریانی که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد}} = \frac{\qquad}{\times 10^{-3}} = \qquad \Omega$$

پاسخ دهید: مقدار به‌دست آمده را با مقادیری که از طریق محاسبه و همچنین اندازه‌گیری با اهم‌متر به‌دست آورده‌اید با یک‌دیگر مقایسه کنید و نتیجه‌ی مقایسه را بنویسید.

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۱ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۱۲ـ۱ـ خلاصه آزمایش: آنچه در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

.....

.....

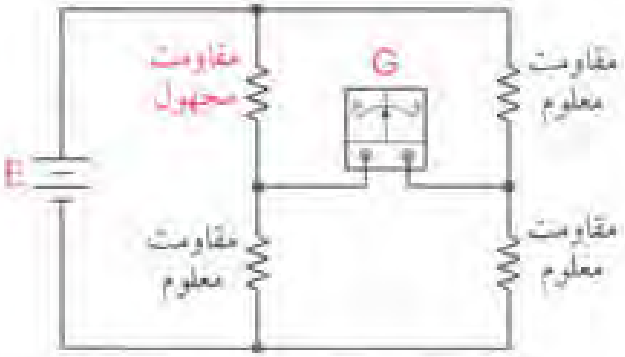
۶ـ۱۲ـ۱ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از آزمایش‌ها را در چند جمله بیان کنید.

.....

.....

۱۲ـ۱ـ پل مقاومتی وتستون

۱ـ۱۳ـ۱ـ ساختمان پل مقاومتی وتستون : یکی دیگر از شیوه‌های اندازه‌گیری مقاومت اهمی، شیوه مقایسه است. در این روش مقاومت مجهول را با یک سری از مقاومت‌های معلوم و استاندارد مقایسه می‌کنند. اساس کار پل وتستون که برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی به‌کار می‌رود، بر مبنای مقایسه‌ی مقاومت مجهول با مقاومت‌های معلوم و استاندارد است. در شکل (۸۶ـ۱) مدار الکتریکی پل مقاومتی وتستون نشان داده شده است.



شکل ۸۶ـ۱ـ مدار الکتریکی پل وتستون

در شکل (۸۶ـ۱) (G) علامت قراردادی یک گالوانومتر صفر وسط است که نمونه‌ای از آن در شکل (۸۷ـ۱) نشان داده شده است. با توجه به جهت جریان اعمالی به گالوانومتر (صفر وسط)، عقربه‌ای از وسط به سمت چپ یا راست منحرف می‌شود.

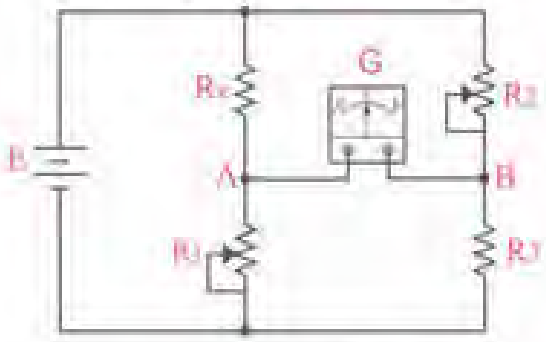
شکل ۸۷ـ۱ـ یک نمونه گالوانومتر صفر وسط

در شکل (۸۸ـ۱)، اگر پتانسیل نقطه A با پتانسیل نقطه B برابر باشد جریانی از گالوانومتر عبور نمی‌کند. در این صورت رابطه زیر برقرار است:

$$R_X . R_2 = R_1 . R_3$$

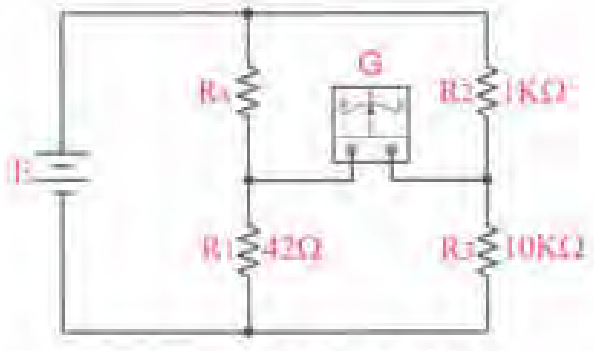
$$R_X = \frac{R_1 . R_3}{R_2}$$

در عمل مقاومت‌های متغیر R_1 و R_3 را متغیر انتخاب می‌کنند و این مقاومت را به قدری تغییر می‌دهند تا از گالوانومتر جریانی عبور نکند (عقربه گالوانومتر دقیقاً روی عدد صفر باشد) درضمن مقادیر R_1 و R_3 به‌وسیله صفحه مدرج و یا وسایل مشابه هر لحظه مشخص است لذا با معلوم بودن R_1 و R_2 و R_3 می‌توان مقدار R_X را محاسبه کرد.



شکل ۸۸ـ۱ـ مدار الکتریکی پل وتستون

مثال : در شکل (۸۹ـ۱) از گالوانومتر جریانی عبور نمی‌کند. R_X چند اهم است؟



شکل ۸۹ـ۱ـ پل وتستون در حالت تعادل

حل: اگر از گالوانومتر جریانی عبور نکند می‌گوییم پل در حالت تعادل قرار دارد. اگر پل در حالت تعادل قرار داشته باشد رابطه زیر در آن صادق است:

$$R_X . R_2 = R_1 . R_3$$

$$R_X = \frac{R_1 . R_3}{R_2} =$$

پس:

$$R_X = \frac{۴۲ \times ۱۰۰۰}{۱۰۰۰۰} = ۴/۲\Omega$$

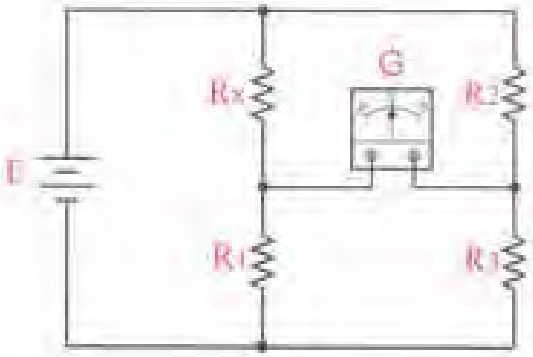
۱۴ـ۱ـ آزمایش شماره (۴)

پل مقاومتی وستون

۱ـ۱۴ـ۱ـ هدف‌های آزمایش:

ـ بررسی طرز کار پل مقاومتی وستون

۲ـ۱۴ـ۱ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک پل وستون را می‌بندید و مورد آزمایش قرار می‌دهید تا عملاً به اساس کار پل پی ببرید.

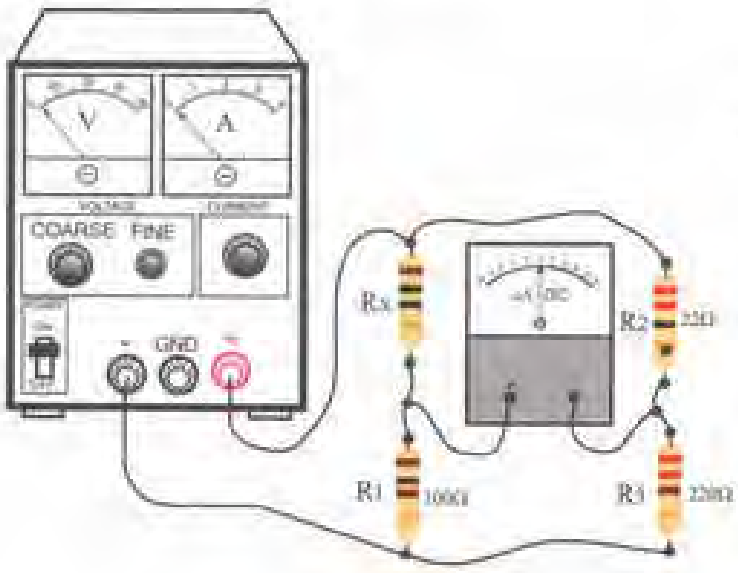


۳ـ۱۴ـ۱ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ مقاومت‌های ۱۰Ω، ۲۲Ω، ۱۰۰Ω، ۱۵۰Ω، ۲۲۰Ω و ۵/۶kΩ	از هرکدام یک عدد
۲ـ گالوانومتر صفر وسط	یک دستگاه
۳ـ منبع تغذیه ۱۵V ـ	یک دستگاه
۴ـ سیم‌های دو سر گیره‌دار ۳۰ سانتی‌متر	شش رشته
۵ـ سیم‌های یک سر گیره‌دار ۳۰ سانتی‌متر	شش رشته

۴ـ۱۴ـ۱ـ مراحل اجرای آزمایش: بررسی طرز کار پل مقاومتی وستون

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مقاومت ۱۰Ω را R_1 و مقاومت‌های ۱۰۰Ω را R_3، ۲۲Ω را R_x و ۲۲۰Ω را R_2 نام‌گذاری کنید.
- مدار شکل (۹۰ـ۱) را ببندید.
- منبع تغذیه را روی ۱/۵ ولت تنظیم کنید.
- در پل وستون شکل (۹۰ـ۱) رابطه $R_x.R_2 = R_1.R_3$ برقرار است پس از گالوانومتر عبور نمی‌کند.



شکل ۹۰ـ۱

- منبع تغذیه را قطع کنید.
- مقدار R_x را از مقدار ۱۰Ω به ۱۵Ω تغییر دهید.
- ولتاژ منبع تغذیه را روی ۱ولت تنظیم و به مدار وصل کنید.
- مشاهده می‌کنید که عقربه گالوانومتر از وسط به سمت چپ منحرف می‌شود.
- منبع تغذیه را قطع کنید.

پاسخ دهید: چرا وقتی به‌جای $R_x = 10\Omega$، مقاومت ۱۵Ω را قرار می‌دهیم عقربه از وسط به سمت چپ منحرف

می‌شود؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۳ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ به‌جای مقاومت $R_x = 15\Omega$، مقاومت $5/6\Omega$ قرار دهید.

■ منبع تغذیه را که هم‌چنان روی ۱ ولت تنظیم است به مدار وصل کنید.

■ مشاهده می‌کنید که عقربه گالوانومتر از وسط به سمت راست منحرف می‌شود.

پاسخ دهید: چرا وقتی به‌جای $R_x = 15\Omega$، مقاومت $5/6\Omega$ قرار می‌دهیم، عقربه از وسط به سمت راست منحرف می‌شود؟ توضیح دهید.

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۳ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۱۴ـ۱ـ خلاصه آزمایش: آن‌چه در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

.....

.....

.....

۶ـ۱۴ـ۱ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از آزمایش‌ها را در چند جمله بیان کنید.

.....

.....

.....

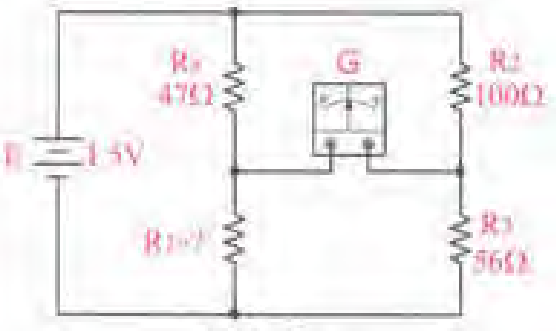
۷ـ۱۴ـ۱ـ آزمون: مقدار R_x در شکل مقابل چند اهم باشد تا پل به حالت تعادل درآید و از گالوانومتر جریانی عبور نکند.

الف: ☐ ۲۵/۸۴

ب: ☐ ۲۶/۳۲

ج: ☐ ۳۴/۸۴

د: ☐ ۴۳/۳۲

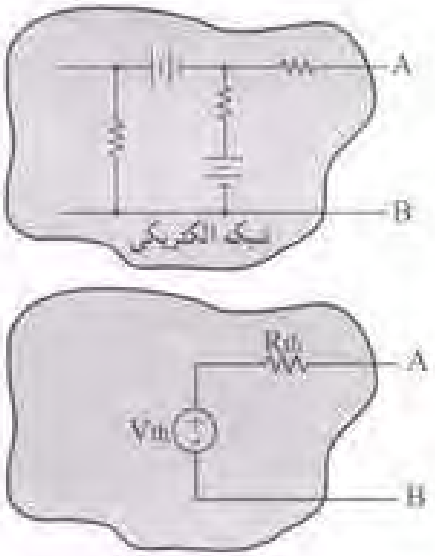


شکل ۱۱ـ۱

۱۵ـ۱ـ قضایای تونن و نورتن

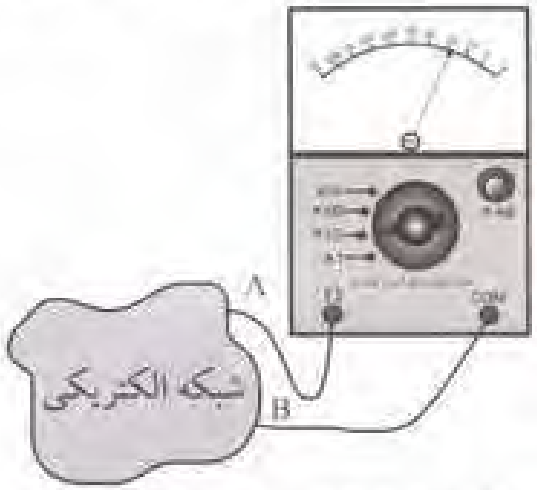
۱ـ۱۵ـ۱ـ قضیه تونن: طبق قضیه تونن، هر شبکه الکتریکی از دو نقطه مشخص را می‌توان به‌صورت یک منبع ولتاژ و یک مقاومت سری شده با آن معادل نمود (شکل ۹۲ـ۱).

از دو نقطه A و B، ولتاژ مدار معادل شده با ولتاژ شبکه‌ی اصلی دقیقاً یکی است؛ همچنین مقاومت اهمی شبکه اصلی با شبکه معادل شده، نیز یکی است.

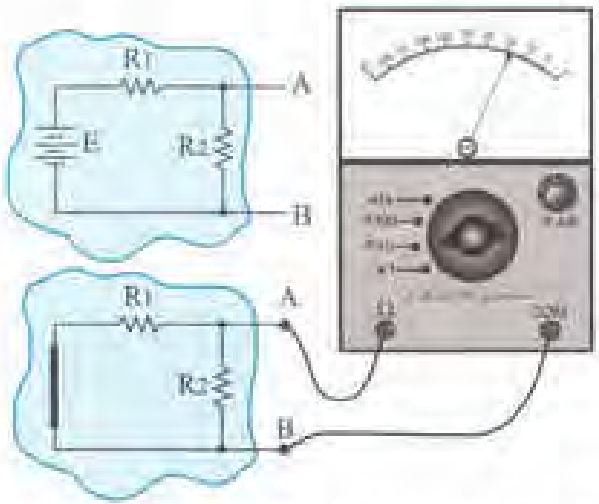


شکل ۹۲ـ۱ـ هر شبکه الکتریکی از دو نقطه مشخص A و B را می‌توان به صورت یک منبع ولتاژ و یک مقاومت سری شده با آن معادل نمود.

برای به‌دست آوردن مقاومت معادل تونن می‌توان مقاومت معادل از دو نقطه A و B را به کمک روابط محاسبه و یا به کمک اهم‌متر مستقیماً اندازه گرفت (در هر دو حالت اگر در مدار منبع ولتاژ وجود داشته باشد باید منبع را از مدار جدا و دو سری که به منبع وصل بودند را از اتصال کوتاه کرد).



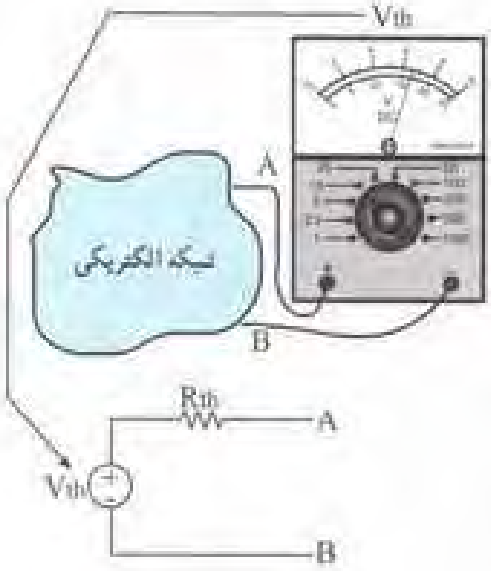
شکل ۹۳ـ۱ـ اهم‌متر مقاومت R_{th} را نشان می‌دهد.



شکل ۹۴ـ۱ـ هنگام محاسبه یا اندازه‌گیری مقاومت اهمی اگر در مدار منبع ولتاژ وجود داشته باشد باید منبع را از مدار جدا کرده، جای آن را اتصال کوتاه کرد.

برای اندازه‌گیری ولتاژ معادل تونن مدار، باید از نظر محاسبه ولتاژ بین دو نقطه مشخص را محاسبه کرد و یا با ولت‌متر مستقیماً ولتاژ را اندازه گرفت.

مثال: مدار معادل تونن شکل (۹۵ـ۱) را از دو نقطه A و B به‌دست آورید.



شکل ۹۵ـ۱ـ نحوه به‌دست آوردن ولتاژ معادل تونن

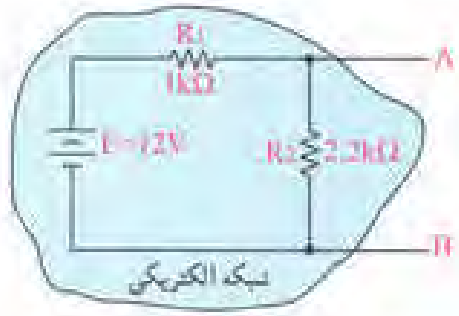
حل: ولتاژ معادل تونن یا ولتاژ بین نقاط A و B مدار شکل (۹۵ـ۱)، همان ولتاژ دو سر مقاومت R_2 است.

$$V_{AB} = V_{th} = R_2 . I$$

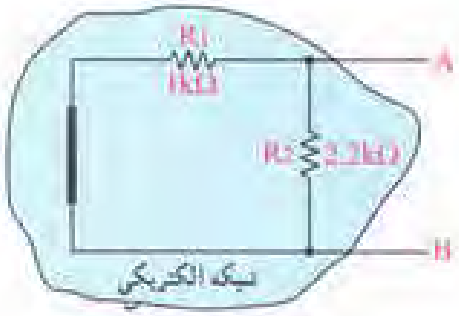
$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{۱۲}{۱۰۰۰ + ۲۲۰۰} = \frac{۱۲}{۳۲۰۰} = ۰/۰۰۳۷۵A$$

$$V_{th} = ۲۲۰۰ \times ۰/۰۰۳۷۵ = ۸/۲۵V$$

برای به‌دست آوردن مقاومت معادل تونن، منبع ولتاژ (E) را از مدار جدا و جای آن را اتصال کوتاه می‌کنیم. سپس از دو نقطه A و B مقاومت معادل را محاسبه می‌کنیم.



الف



ب

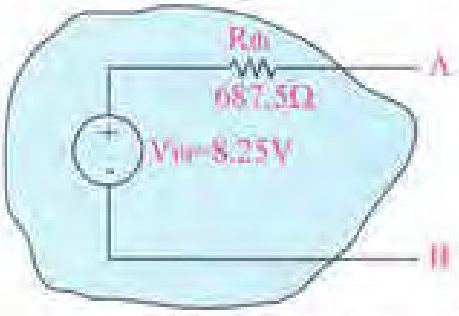
شکل ۹۶ـ۱

از دو نقطه A و B، R_1 و R_2 با یکدیگر موازی هستند. لذا داریم:

$$R_{AB} = R_{th} = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{th} = \frac{۱۰۰۰ \times ۲۲۰۰}{۱۰۰۰ + ۲۲۰۰} = ۶۸۷/۵\Omega$$

مدار معادل تونن مدار شکل (۹۵ـ۱) به صورت شکل (۹۷ـ۱) است.



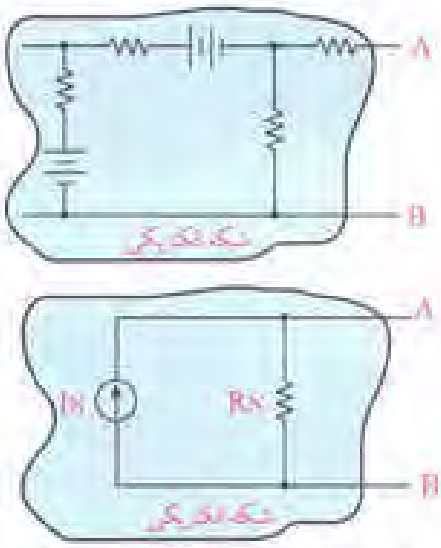
شکل ۹۷ـ۱ـ این مدار با مدار شکل (۹۵ـ۱) از دو نقطه A و B از نظر الکتریکی معادل یکدیگرند.

۲ـ۱۵ـ۱ـ قضیه نورتن: طبق قضیه نورتن، هر شبکه الکتریکی از دو نقطه مشخصی را می‌توان به‌صورت یک منبع جریان و یک مقاومت موازی با آن معادل نمود.

منبع جریان عنصری است که می‌تواند جریان ثابتی را به مدار تزریق کند. این جریان کاملاً ثابت بوده و به ولتاژ دو سر آن یعنی به منبع بستگی ندارد. منبع جریان را با عناصر الکترونیکی و با استفاده از منبع ولتاژ می‌سازند و با علامت قراردادی شکل (۹۸ـ۱) نشان می‌دهند.

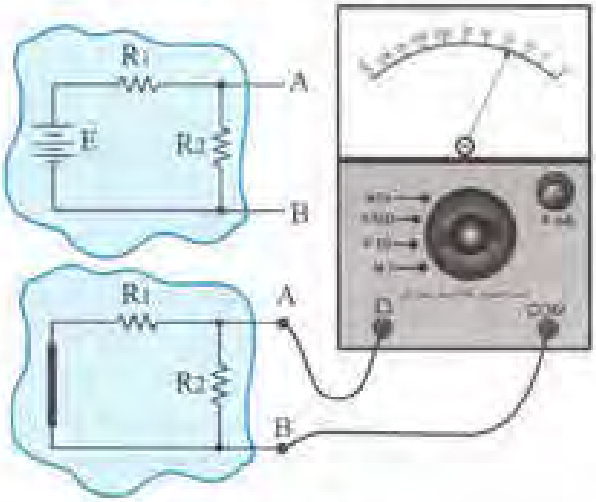
شکل ۹۸ـ۱ـ علامت قراردادی منبع جریان

شکل (۹۹ـ۱)، معادل نورتن یک شبکه الکتریکی را نشان می‌دهد.



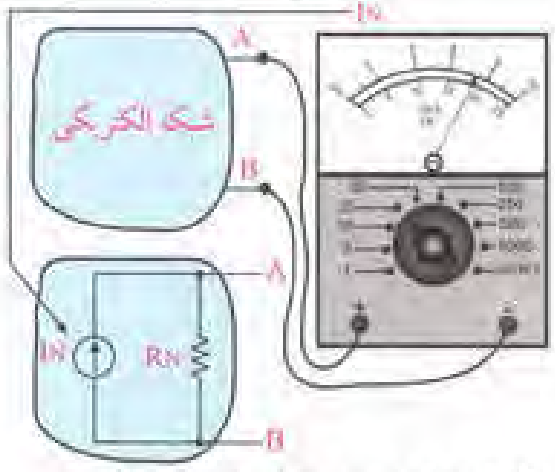
شکل ۹۹ـ۱ـ یک شبکه الکتریکی از دو نقطه مشخص را می‌توان به‌صورت یک منبع جریان و یک مقاومت موازی با آن معادل نمود.

برای به‌دست آوردن مقاومت معادل نورتن می‌توان مقاومت معادل از دو نقطه A و B را به کمک روابط محاسبه و یا به کمک اهم‌متر مستقیماً اندازه گرفت. در هر دو حالت، اگر در مدار منبع ولتاژ وجود داشته باشد باید منبع را از مدار جدا کرده و دو سری که به منبع وصل بودند را اتصال کوتاه کرد (شکل ۱۰۰ـ۱).



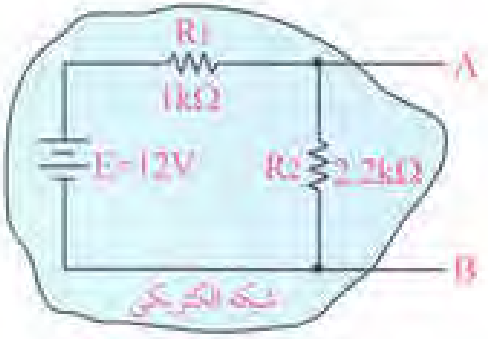
شکل ۱۰۰ـ۱

برای به‌دست آوردن جریان معادل نورتن مدار، باید بین دو نقطه A و B در شکل (۱۰۰ـ۱) را اتصال کوتاه کرد. این جریان اتصال کوتاه، که همان جریان نورتن است را می‌توان به کمک روابط محاسبه کرد یا با یک آمپرمتر دو سر A و B را اتصال کوتاه کرده و جریان را اندازه گرفت.



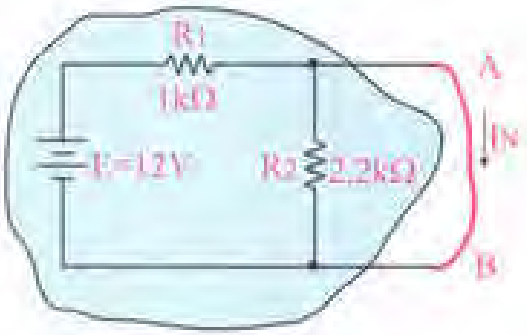
شکل ۱۰۱ـ۱ـ نحوه به‌دست آوردن جریان معادل نورتن

مثال: مدار معادل نورتن شکل (۱۰۲ـ۱) را از دو نقطه A و B به‌دست آورید.



شکل ۱۰۲ـ۱

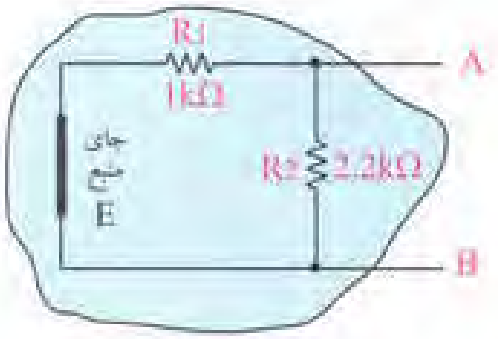
حل: برای به‌دست آوردن جریان نورتن، نقطه A و B را اتصال کوتاه و جریان گذرنده از آن را محاسبه می‌کنیم. در شکل (۱۰۳ـ۱) بین نقاط A و B اتصال کوتاه شده است لذا از مقاومت R_2 جریانی عبور نمی‌کند. دو سر مقاومت R_2 هم پتانسیل شده است. جریان I_N از رابطه زیر به‌دست می‌آید:



شکل ۱۰۳ـ۱

$$I_N = \frac{E}{R_1} = \frac{۱۲}{۱K} = ۰/۰۱۲A = ۱۲mA$$

برای به‌دست آوردن مقاومت معادل نورتن، منبع ولتاژ (E) را از مدار جدا و جای آن را اتصال کوتاه می‌کنیم. سپس از دو نقطه A و B مقاومت معادل را محاسبه می‌کنیم.

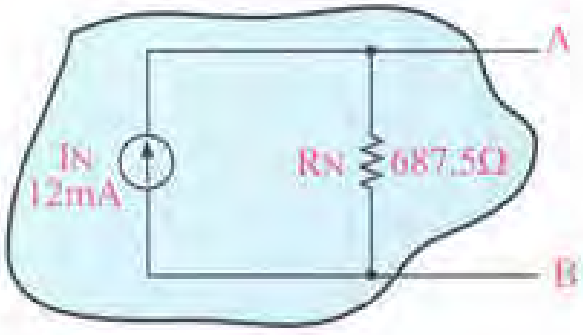


شکل ۱۰۴ـ۱

از دو نقطه A و B، R_1 و R_2 موازی هستند لذا داریم:

$$R_N = R_{AB} = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2} = \frac{۱۰۰۰ \times ۲۲۰۰}{۱۰۰۰ + ۲۲۰۰} = ۶۸۷/۵\Omega$$

مدار معادل نورتن شکل (۱۰۲ـ۱) به‌صورت شکل (۱۰۵ـ۱) می‌باشد.



شکل ۱۰۵ـ۱

توجه: همیشه R_N و R_{th} با یکدیگر برابرند و نحوه محاسبه و یا اندازه‌گیری هر دو یکی است.

در مدار معادل نورتن و تونن روابط زیر همیشه برقرار است:

$$V_{th} = I_N . R_N$$

یا

$$I_N = \frac{V_{th}}{R_{th}}$$

بنابراین مدار معادل تونن و نورتن می‌توانند به‌هم تبدیل شوند.

۱۶ـ۱ـ آزمایش شماره (۵)

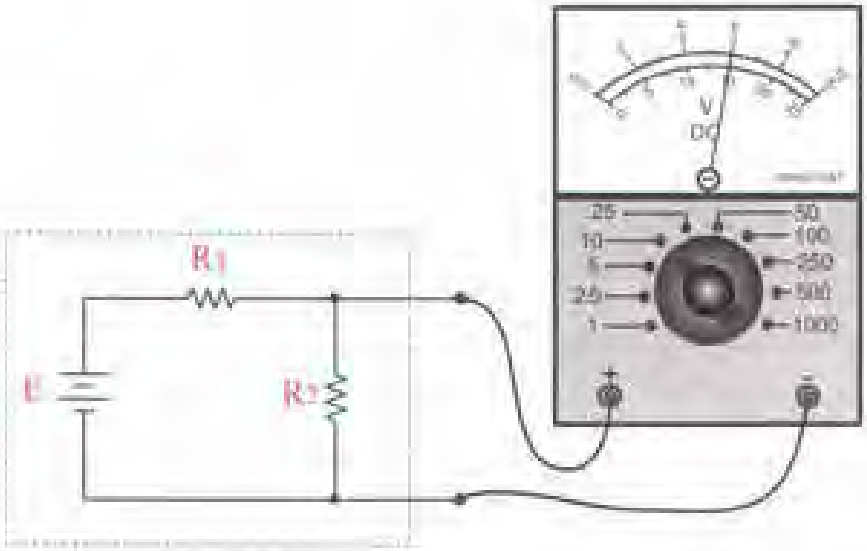
مدارهای معادل تونن و نورتن

۱ـ۱۶ـ۱ـ هدف‌های آزمایش:

ـ به‌دست آوردن ولتاژ و مقاومت معادل تونن یک مدار الکتریکی

ـ به‌دست آوردن جریان و مقاومت معادل نورتن یک مدار الکتریکی

۲ـ۱۶ـ۱ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش، شما یک مدار الکتریکی ساده را می‌بندید و به کمک آزمایش، عملاً مدار معادل تونن یک مدار الکتریکی را به‌دست می‌آورید. هم‌چنین با بستن یک مدار ساده دیگر مدار معادل نورتن آن را به‌دست می‌آورید.

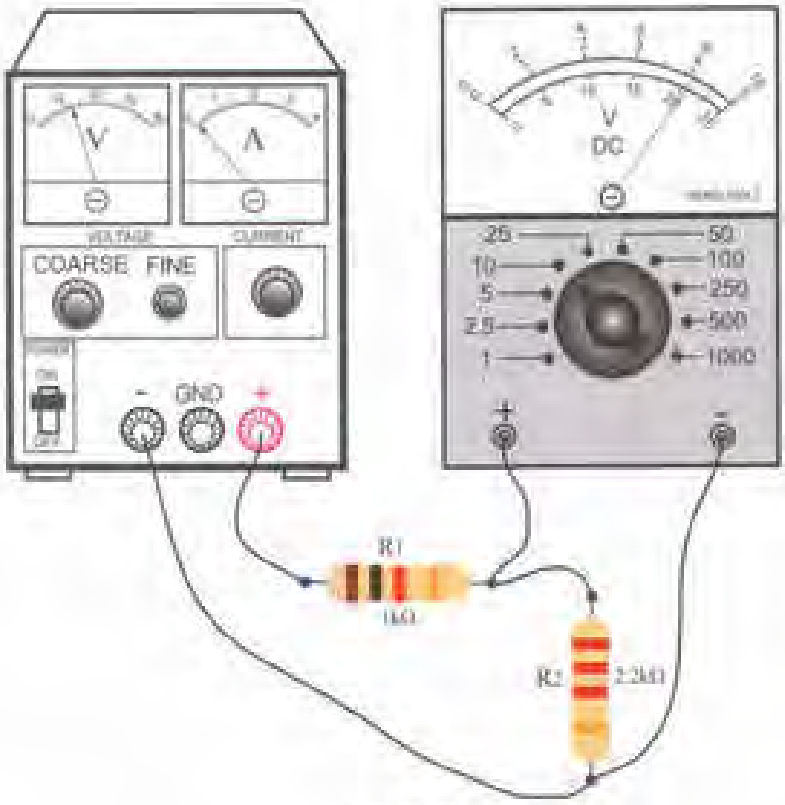


۳ـ۱۶ـ۱ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ مقاومت ۲/۲kΩ	یک عدد
۲ـ اُوِمتر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۳ـ ولت‌متر DC	یک دستگاه
۴ـ منبع تغذیه ۱۵V ـ	یک دستگاه
۵ـ سیم دو سر گیره‌دار ۴۰cm	چهار رشته
۶ـ سیم یک سر گیره‌دار ۴۰cm	چهار رشته
۷ـ مقاومت 1kΩ	دو عدد
۸ـ سیم معمولی بدون گیره ۴۰cm	دو رشته
۹ـ میلی‌آمپرمتر DC	یک دستگاه

۴ـ۱۶ـ۱ـ مراحل اجرای آزمایش: به‌دست آوردن ولتاژ و مقاومت معادل تونن

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- ولتاژ منبع تغذیه را روی صفر ولت تنظیم کنید.
- مدار شکل (۱۰۶ـ۱) را ببندید.



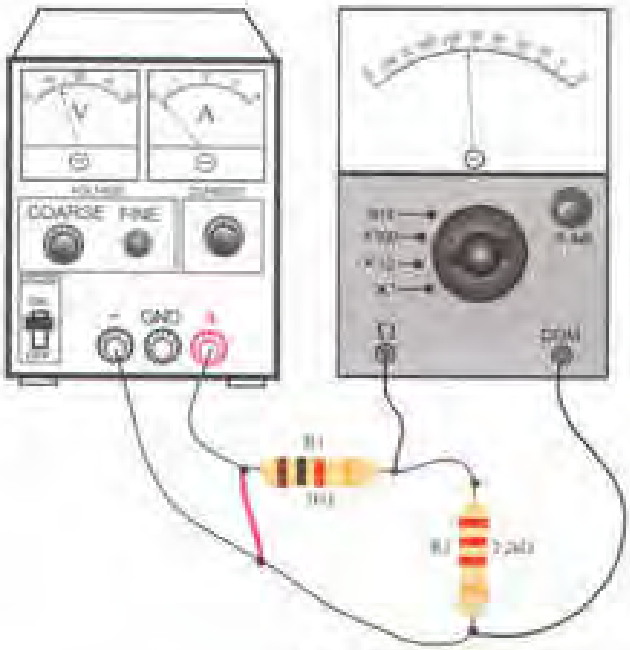
شکل ۱۰۶ـ۱

- ربع کلید ولت‌متر را روی ۱۰ ولت قرار دهید.
- منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.
- مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید. این همان ولتاژ معادل تونن مدار موردنظر است.

$V_{th} =$ V

- منبع تغذیه را از مدار جدا کنید.
- دو سر مدار که به منبع تغذیه وصل بودند به‌هم وصل کنید. (اتصال کوتاه کنید)
- ولت‌متر را از مدار جدا کنید و به‌جای آن اهم‌متر قرار دهید (اگر اهم‌متر شما عقربه‌ای است حتماً صفر آن را تنظیم کنید برای این کار دو ترمینال اهم‌متر که مقاومت به آن‌ها وصل می‌شود را اتصال کوتاه و با ولوم روی آن صفر را تنظیم کنید اهم‌متر دیجیتالی نیاز به تنظیم صفر ندارد.) (شکل ۱۰۷ـ۱).

شکل ۱۰۷ـ۱ـ نحوه تنظیم صفر اهم‌متر عقربه‌ای



شکل ۱۰۸ـ۱

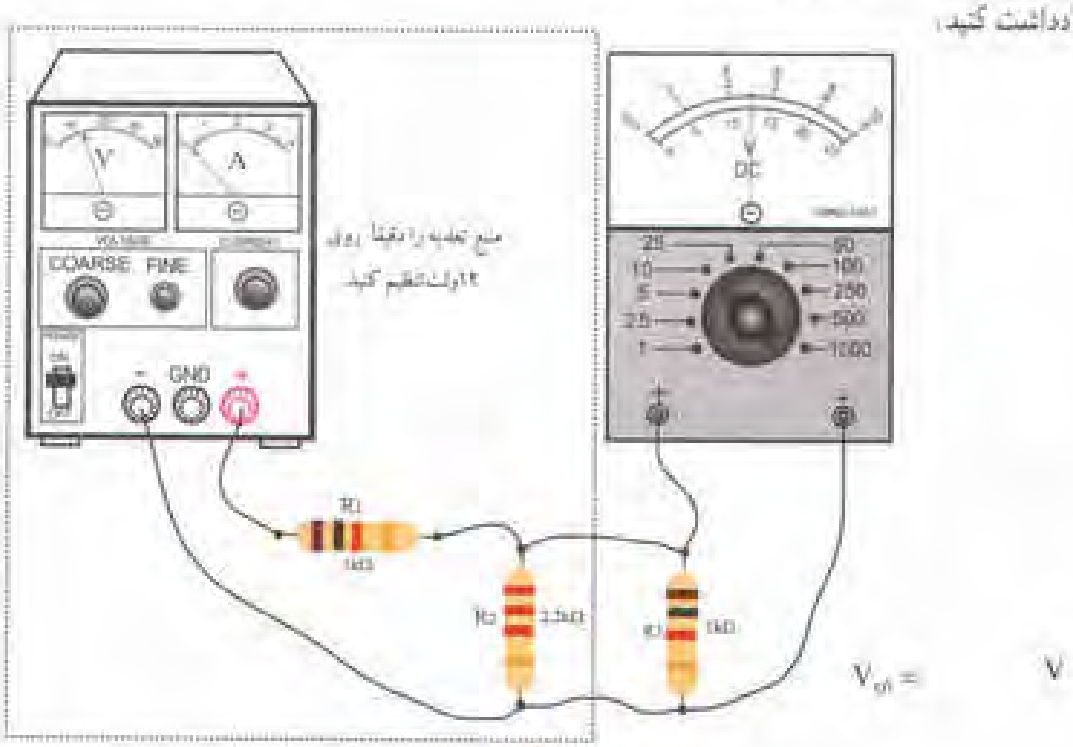
■ مقاومتی را که اهم‌متر اندازه می‌گیرد، مقاومت معادل تونن مدار شکل (۱۰۶ـ۱) است، مقدار آن را بخوانید و یادداشت کنید.

$R_{th} =$ Ω

■ معادل تونن مدار شکل (۱۰۶ـ۱) به صورت شکل (۱۰۹ـ۱) درمی‌آید.

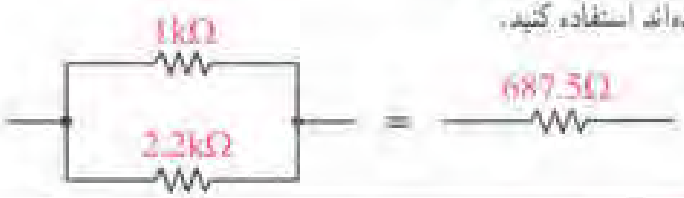
شکل ۱۰۹ـ۱

■ حال که مدار معادل تونن را به‌دست آوردید مدار شکل (۱۱۰ـ۱) و (۱۱۱ـ۱) را ببندید و ولتاژ دو سر مقاومت 1kΩ را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

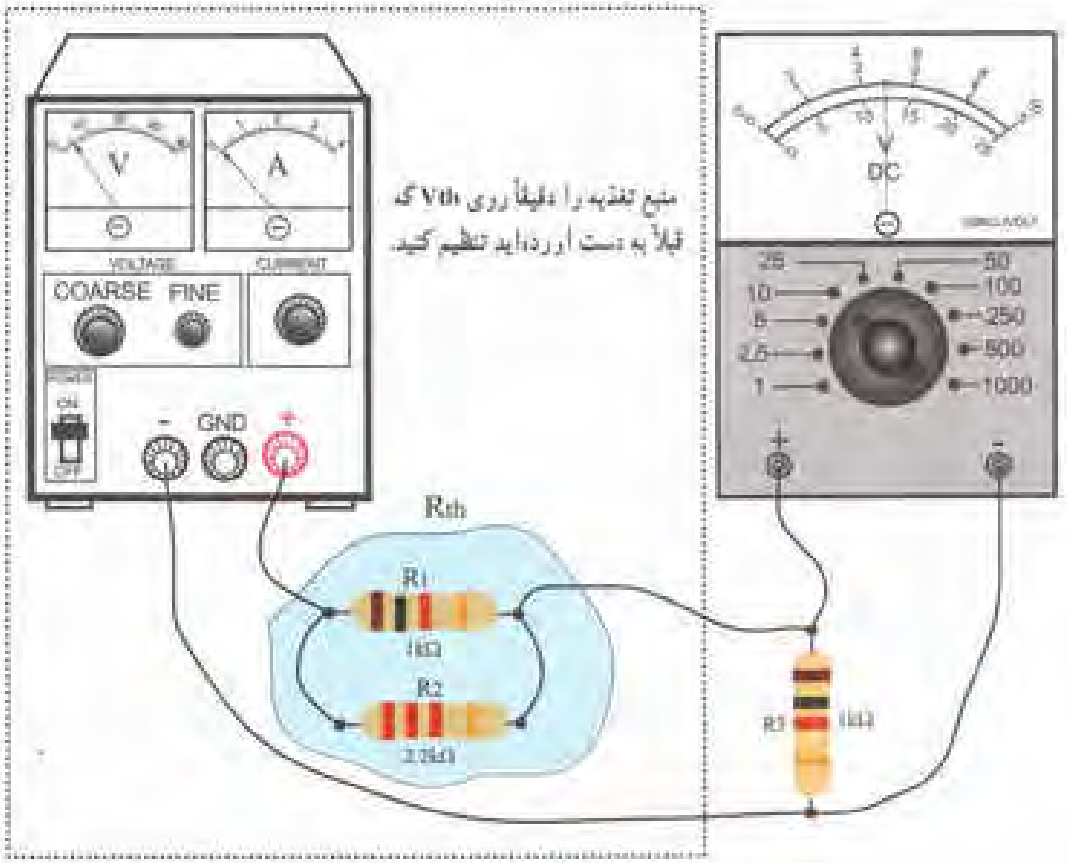


شکل ۱۱۰ـ۱

به جای $R_{th} = 687.5\Omega$ می‌توانید از دو مقاومت $1k\Omega$ و $2.2k\Omega$ که با یکدیگر موازی شده‌اند استفاده کنید.



(الف)



(ب)

شکل ۱۱۱ـ۱

$V_{th} =$ V

پاسخ دهید: آیا مقدار V_{th} (خروجی مدار واقعی) یا V_{th} (خروجی معادل تونن) دقیقاً برابرند؟ چرا؟ توضیح دهید.

.....

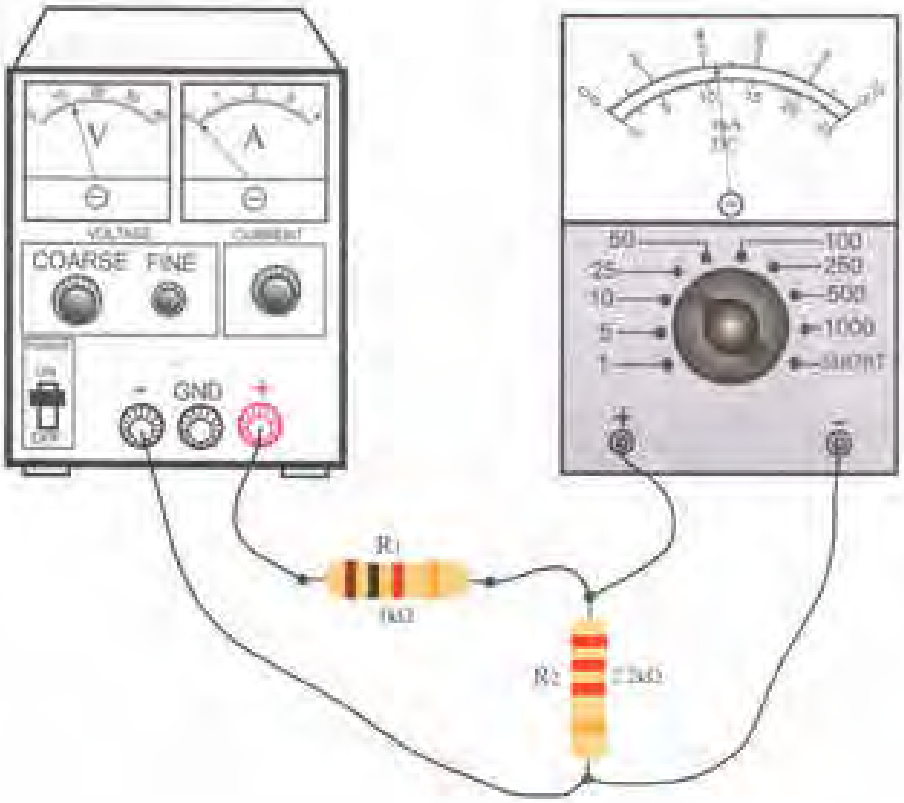
.....

.....

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید دانشید به قسمت (۱۵ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

ـ به‌دست آوردن جریان و مقاومت معادل نورتن

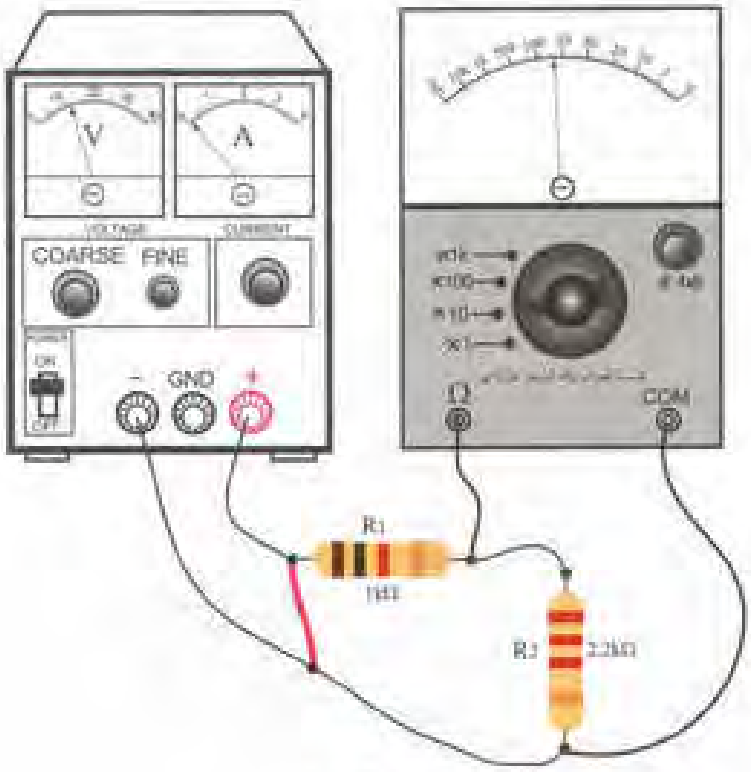
- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- منبع تغذیه را روی صفر ولت تنظیم کنید.
- مدار شکل (۱۱۲ـ۱) را ببندید.
- رنج میلی‌آمپرمتر را روی ۲۵ mA قرار دهید.
- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.
- جریانی که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد را بخوانید و یادداشت کنید؛ این مقدار جریان همان جریان نورتن است.



شکل ۱۱۲ـ۱

$I_N =$ mA

- منبع تغذیه را از مدار جدا کنید.
- دو سر مدار که به منبع تغذیه وصل بود را به هم وصل کنید. (اتصال کوتاه کنید)
- میلی‌آمپرمتر را از مدار جدا کنید و به‌جای آن در مدار اهم‌متر قرار دهید (اگر اهم‌متر شما عقربه‌ای است حتماً صفر آن را قبل از وصل تنظیم کنید.)

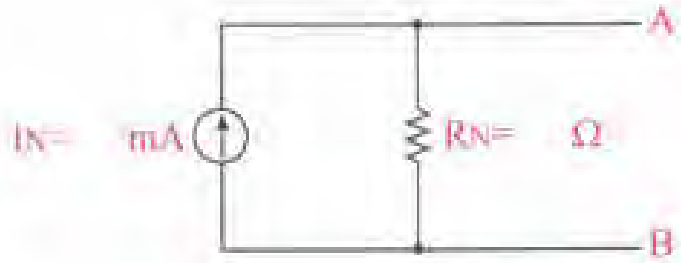


شکل ۱۱۳ـ۱

■ مقاومتی را که اهم‌متر اندازه می‌گیرد، مقاومت معادل نورتن مدار شکل (۱۱۲ـ۱) است مقدار آن را بخوانید و یادداشت کنید.

$R_N =$ Ω

مدار معادل نورتن شکل (۱۱۲ـ۱) به‌صورت شکل (۱۱۴ـ۱) درمی‌آید.



شکل ۱۱۴ـ۱

پاسخ دهید: مدار معادل نورتن شکل (۱۱۴ـ۱) را به مدار معادل تونن تبدیل کنید. آیا شکل و مقدار عناصر آن مانند شکل (۱۰۹ـ۱) خواهد شد؟ توضیح دهید.

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۵ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۱۶ـ۱ـ خلاصه آزمایش: آن‌چه در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

.....

.....

.....

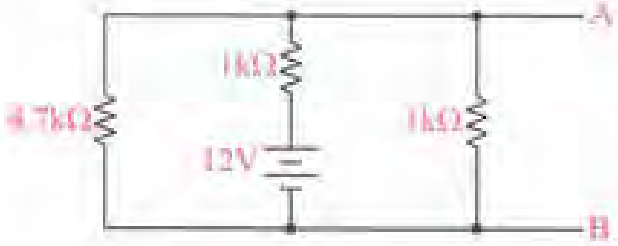
۶ـ۱۶ـ۱ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از آزمایش‌ها را در چند جمله بیان کنید.

.....

.....

.....

۷ـ۱۶ـ۱ـ آزمون: ابتدا مدار معادل تونن و سپس مدار معادل نورتن شکل (۱۱۵ـ۱) را از دو نقطه A و B به‌دست آورید.

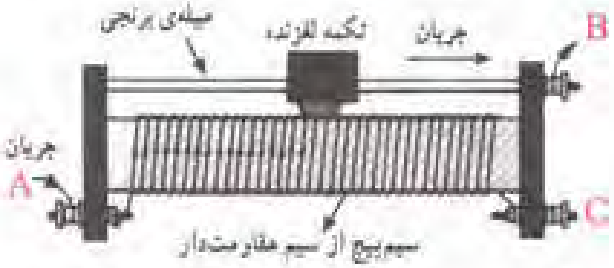


شکل ۱۱۵ـ۱

ـ مدار معادل نورتن به‌دست آمده را به کمک روابط محاسبه و به مدار معادل تونن تبدیل کنید و سپس نتیجه را با نتیجه‌ی قسمت اول مقایسه کنید.

۱۷ـ۱ـ رئوستا و پتانسیومتر

رئوستا و پتانسیومتر، هر دو مقاومت‌های اهمی هستند که می‌توان با جابه‌جا کردن یا چرخاندن یک اهرم مکانیکی که روی آن‌ها قرار دارد مقدار مقاومت اهمی آن‌ها را تغییر داد. رئوستا در الکترونیک به مقاومت‌های متغیر سیمی بزرگ گفته می‌شود که در جریان‌های زیاد از آن استفاده می‌کنند. در شکل (۱۱۶ـ۱) یک نمونه رئوستا نشان داده شده است.

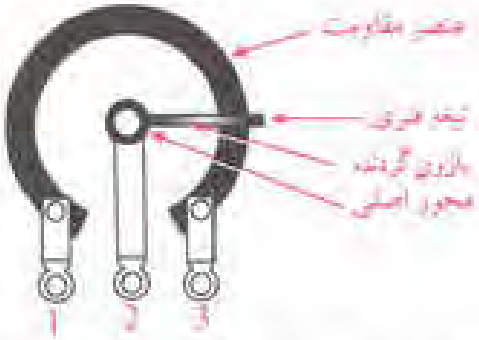


شکل ۱۱۶ـ۱ـ با تغییر تکمه لغزنده روی میله برنجی مقاومت اهمی بین A و B تغییر می‌کند.

پتانسیومتر معمولاً به مقاومت‌های متغیر کوچک‌تر اطلاق می‌شود. مقدار مقاومت اهمی پتانسیومترها را نیز می‌توان با اهرمی که روی آن‌ها قرار دارد تغییر داد. در شکل (۱۱۷ـ۱) نمونه‌هایی از پتانسیومتر نشان داده‌شده است. همان‌طور که در شکل (۱۱۷ـ۱) دیده می‌شود پتانسیومترها از نظر ابعاد و شکل ظاهری از تنوع نسبتاً زیادی برخوردارند. پتانسیومترها با مقدار مقاومت اهمی مختلف ساخته می‌شوند مانند ۱۰۰Ω، ۵۰۰Ω، ۱kΩ، ۵kΩ، ۱۰kΩ، ۵۰kΩ، ۱۰۰kΩ، ۱MΩ و ...

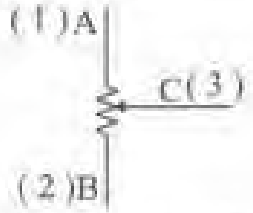
شکل ۱۱۷ـ۱ـ چند نمونه پتانسیومتر پرکاربرد در الکترونیک

هر پتانسیومتر دارای سه سر است. مقاومت اهمی بین دو سر آن ثابت است ولی مقاومت اهمی سر سوم و یکی از دو سر دیگر را با تغییر اهرم مکانیکی می‌توان تغییر داد. ساختمان داخلی یک نمونه پتانسیومتر در شکل (۱۱۸ـ۱) نشان داده شده است. مقاومت اهمی بین پایه ۱ و ۳ ثابت و مقاومت بین پایه ۲ و ۱ و یا ۲ و ۳ با تغییر اهرم قابل تغییر است.



شکل ۱۱۸ـ۱ـ ساختمان داخلی یک پتانسیومتر با جابه‌جایی تیغه فلزی روی عنصر مقاومت، مقاومت بین پایه ۲ و ۱ و یا ۲ و ۳ تغییر می‌کند.

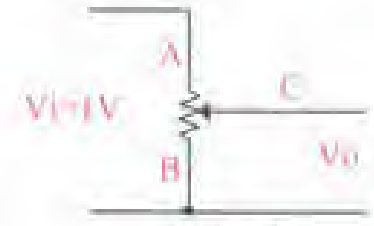
علامت قراردادی برای نمایش یک پتانسیومتر یا رئوستا به صورت شکل (۱۱۹ـ۱) است.



شکل ۱۱۹ـ۱ـ علامت قراردادی پتانسیومتر یا رئوستا

بیشترین کاربرد مقاومت‌های متغیر به ویژه پتانسیومترها، در تقسیم ولتاژ است مانند تغییر حجم صدای یک وسیله صوتی.

در شکل (۱۲۰ـ۱)، با تغییر سر وسط پتانسیومتر می‌توان ولتاژ خروجی را از صفر تا یک ولت تغییر داد. اگر سر وسط پتانسیومتر در وضعیت A قرار داشته باشد، ولتاژ خروجی برابر یک ولت می‌شود (شکل ۱۲۱ـ۱).

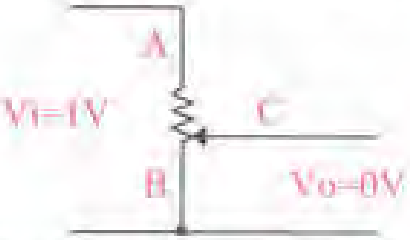


شکل ۱۲۰ـ۱

شکل ۱۲۱ـ۱ـ اگر سر وسط پتانسیومتر در وضعیت A قرار داشته باشد ولتاژ خروجی و ورودی با یکدیگر برابر می‌شوند.

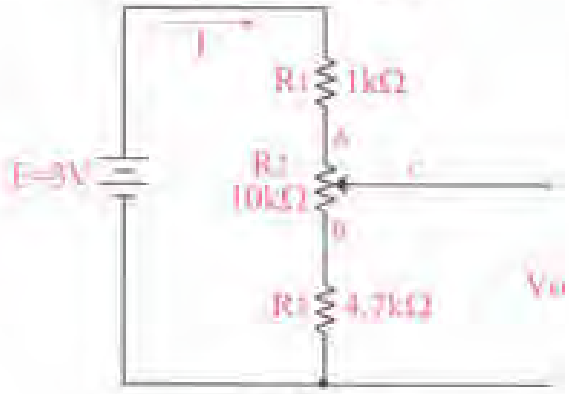
اگر سر وسط پتانسیومتر در وضعیت B قرار گیرد ولتاژ خروجی برابر صفر ولت خواهد شد (شکل ۱۲۲ـ۱).

اگر سر وسط پتانسیومتر بین A و B حرکت کند ولتاژ خروجی بین صفر تا یک ولت تغییر می‌کند.



شکل ۱۲۲ـ۱ـ اگر سر وسط پتانسیومتر در وضعیت B قرار گیرد، ولتاژ خروجی برابر صفر ولت می‌شود.

مثال ۱: در شکل (۱۲۳ـ۱)، حداقل و حداکثر V_o را محاسبه کنید.



شکل ۱۲۳ـ۱

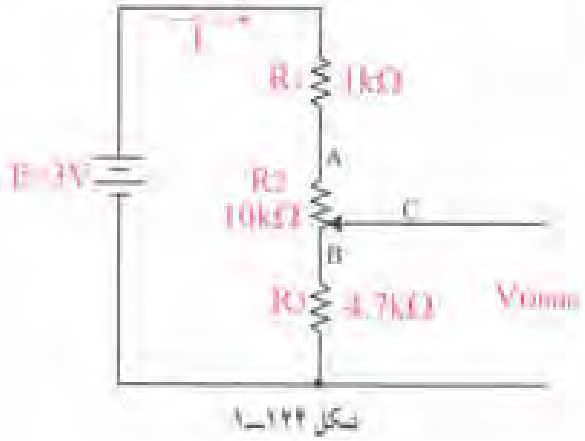
حل: ولتاژ خروجی زمانی در حداقل مقدار خود قرار دارد که تیغه لغزنده (C) روی نقطه B باشد (شکل ۱۲۴ـ۱). در این صورت:

$$V_{o_{min}} = R_3 . I$$

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{3}{1000 + 10000 + 4700}$$

$$= 0/000191$$

$$V_{o_{min}} = 4700 \times 0/000191 = 0/9V$$



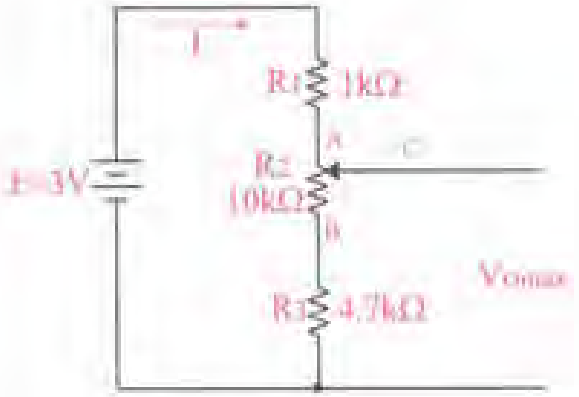
شکل ۱۲۴ـ۱

ولتاژ خروجی زمانی حداکثر مقدار خود را دارد که تیغه لغزنده (C) بر نقطه A منطبق باشد (شکل ۱۲۵ـ۱).

$$V_{o_{max}} = (R_1 + R_2).I$$

$$V_{o_{max}} = (۱۰۰۰ + ۴۷۰۰) \times ۰/۰۰۰۱۹۱$$

$$V_{o_{max}} = ۲/۸۷V$$



شکل ۱۲۵ـ۱

مثال ۲: در شکل (۱۲۶ـ۱)، تیغه لغزنده پتانسیومتر دقیقاً در وسط قرار گرفته است. ولتاژ خروجی را در دو حالت زیر به دست آورید:

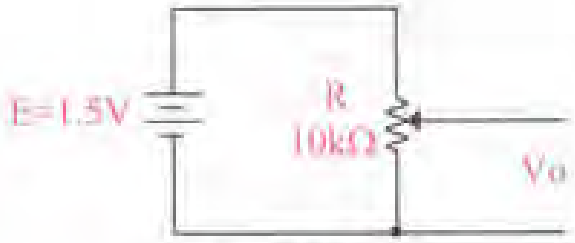
الف: به خروجی هیچ مقاومتی وصل نیست.

ب: یک مقاومت ۱kΩ به خروجی متصل است.

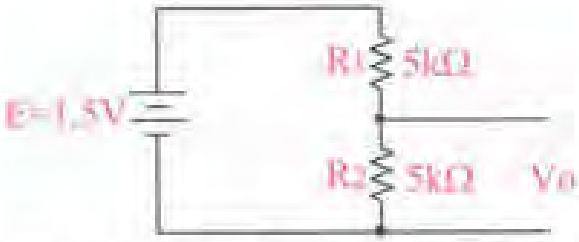
حل:

الف ـ چون تیغه لغزنده در وسط قرار گرفته است لذا مقاومت پتانسیومتر دقیقاً نصف شده است و ولتاژ ورودی بین دو مقاومت مساوی تقسیم می‌شود. بنابراین:

$$V_o = \frac{E}{۲} = \frac{۱/۵}{۲} = ۰/۷۵V$$



شکل ۱۲۶ـ۱



شکل ۱۲۷ـ۱ـ اگر تیغه لغزنده پتانسیومتر درست در وسط باشد مقاومت اهمی پتانسیومتر دقیقاً نصف می‌شود.

ب ـ مقاومت اهمی ۱kΩ را با خروجی موازی می‌کنیم بنابراین شکل مدار به صورت شکل (۱۲۸ـ۱) درمی‌آید. به جای مقاومت‌های ۱ و ۵kΩ که به صورت موازی بسته شده‌اند، مقاومت معادل آن را در مدار قرار می‌دهیم و ولتاژ دو سر آن را حساب می‌کنیم.

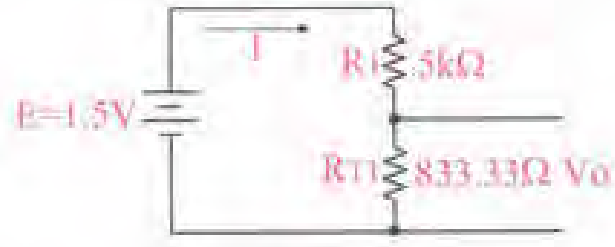
$$R_{T_1} = \frac{۵۰۰۰ \times ۱۰۰۰}{۵۰۰۰ + ۱۰۰۰} = \frac{۵۰۰۰۰۰۰}{۶۰۰۰} = ۸۳۳/۳۳\Omega$$

$$V_o = R_{T_1}.I$$

$$I = \frac{E}{R_{T_1} + ۵۰۰۰} = \frac{۱/۵}{۸۳۳/۳۳ + ۵۰۰۰} = ۰/۰۰۰۲۵VA$$

$$V_o = ۸۳۳/۳۳ \times ۰/۰۰۰۲۵V = ۰/۲۱۲V$$

شکل ۱۲۸ـ۱

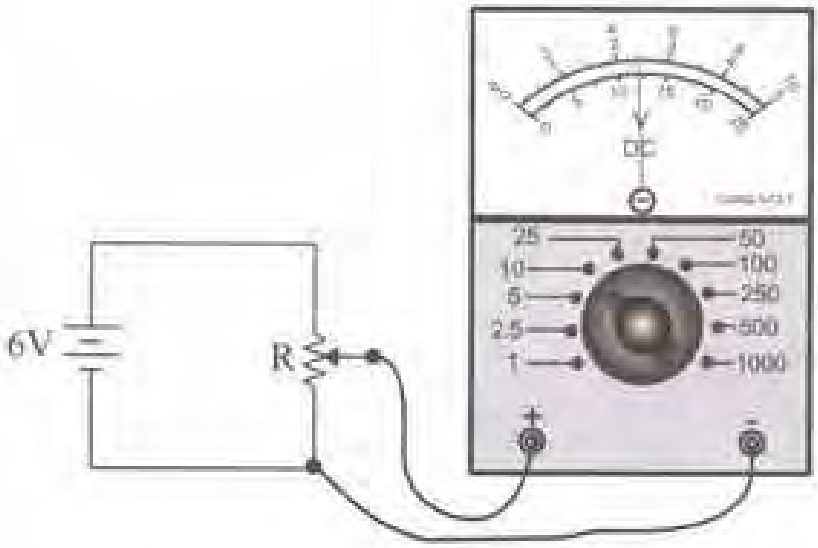


شکل ۱۲۹ـ۱

۱۸ـ۱ـ آزمایش شماره (۶)

پتانسیومتر

۱ـ۱۸ـ۱ـ هدف‌های آزمایش: بررسی تغییرات مقاومت پتانسیومتر



۲ـ۱۸ـ۱ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما ابتدا با چگونگی تغییرات مقاومت اهمی یک پتانسیومتر عملاً آشنا می‌شوید و سپس یکی از عملکردهای پتانسیومتر یعنی تغییر ولتاژ را مورد آزمایش قرار می‌دهید و می‌بینید که چگونه با تغییر اهم پتانسیومتر می‌توانید ولتاژ را تغییر دهید.

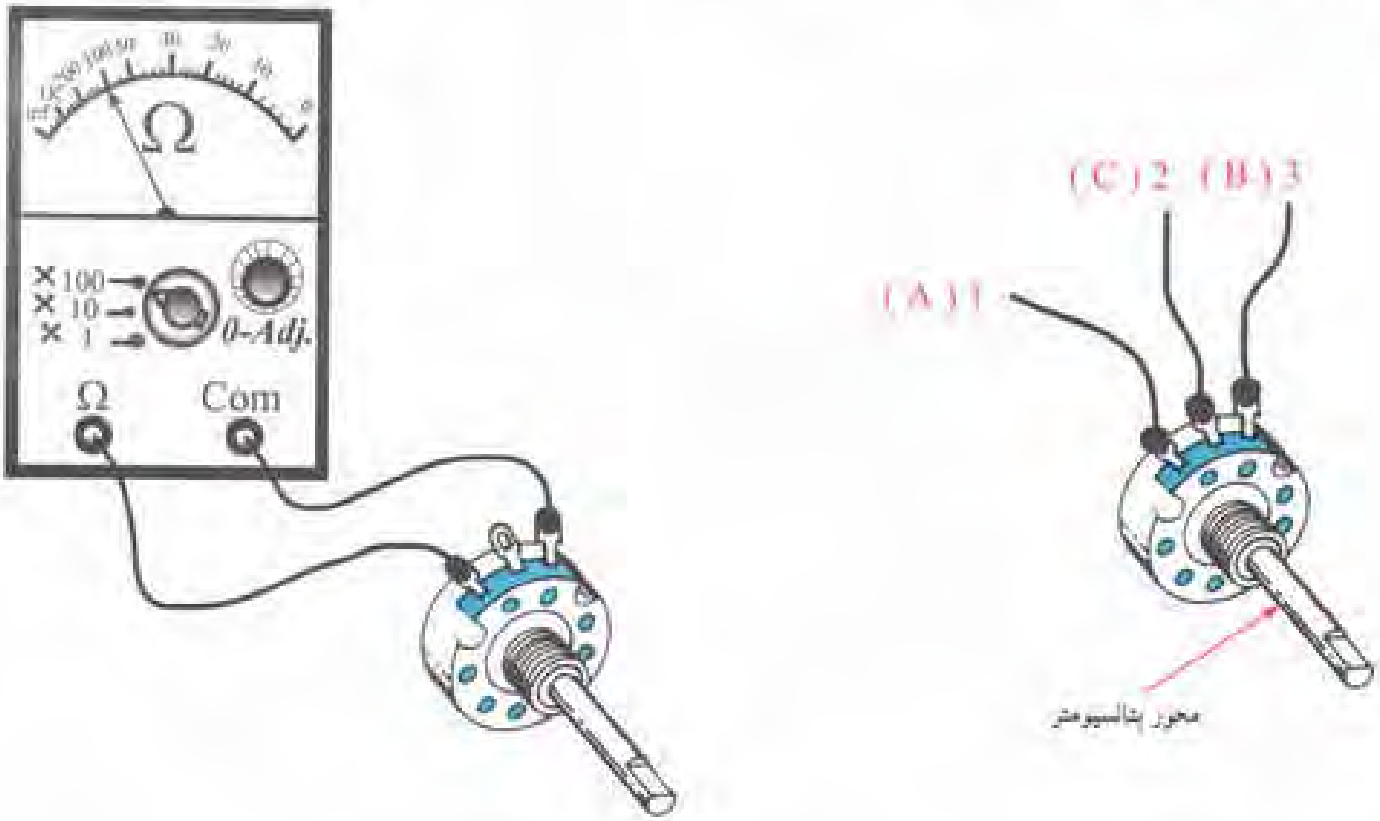
۳ـ۱۸ـ۱ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ ولت‌متر DC	یک دستگاه
۲ـ آوومتر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۳ـ پتانسیومتر ۱۰kΩ	یک عدد
۴ـ منبع تغذیه ۱۵۷ـ۰	یک دستگاه
۵ـ سیم رابط یک سرگیره‌دار	شش رشته
۶ـ سیم رابط بدون گیره	دو رشته

۴ـ۱۸ـ۱ـ مراحل اجرای آزمایش: بررسی تغییرات مقاومت اهمی پتانسیومتر

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ مقاومت بین دو پایه ۱ و ۳ را مطابق شکل (۱۳۰ـ۱) با اهم‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



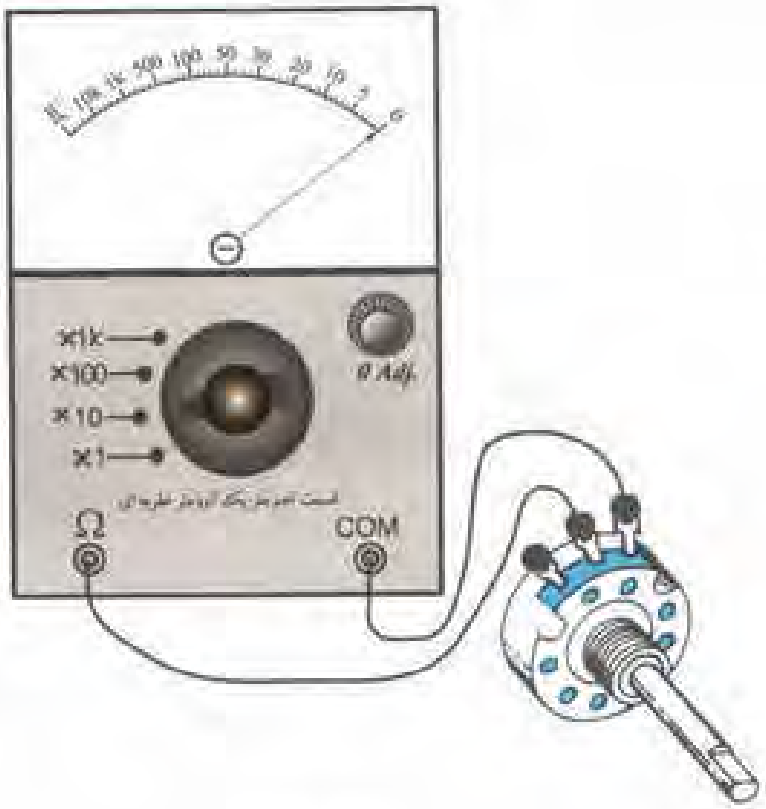
شکل ۱۳۰ـ۱

R_{AB} = KΩ

■ هنگامی که مقاومت بین پایه ۱ و ۳ را با اهم‌متر اندازه می‌گیرید، محور پتانسیومتر را بچرخانید؛ آیا مقاومت اهمی در این حالت تغییر می‌کند؟ چرا؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید دارید به قسمت (۱۷ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ پایه ۲ و ۳ پتانسیومتر را مطابق شکل (۱۳۱ـ۱) به اهم‌متر وصل کنید. محور پتانسیومتر را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید. مقاومتی را که اهم‌متر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید.



شکل ۱۳۱ـ۱

Ω = مقاومت بین پایه ۲ و۳ هنگامی که محور پتانسیومتر در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر چرخانده شده است.

■ بار دیگر محور پتانسیومتر را تقریباً تا وسط بچرخانید و مقدار مقاومتی را که اهم‌متر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید.

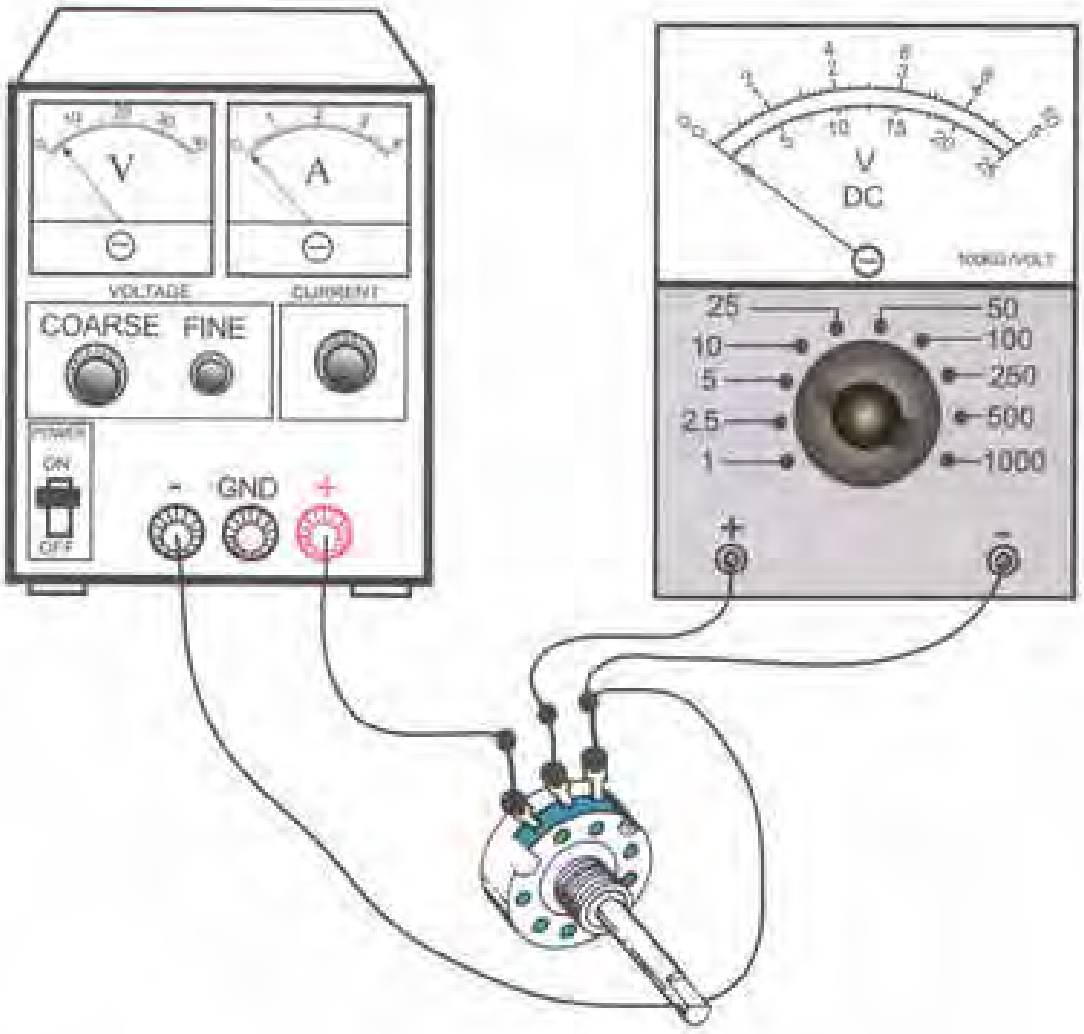
Ω = مقاومت بین پایه ۲ و۳ هنگامی که محور پتانسیومتر تا وسط چرخانده شود.

■ این بار پتانسیومتر را در جهت عکس عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید و مقاومتی را که اهم‌متر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید.

Ω = مقاومت بین پایه ۲ و ۳ هنگامی که محور پتانسیومتر در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت تا آخر چرخانده شده است.

همان‌طور که از مقادیر اندازه‌گیری فوق مشخص است، مقاومت پتانسیومتر از صفر تا ماکزیمم تغییر کرده است.

- ولتاژ منبع تغذیه را صفر کنید.
- مدار شکل (۱۳۲ـ۱) را ببندید.
- رنج کلید ولت‌متر را روی ۵ ولت قرار دهید.
- منبع تغذیه را روی ۳ ولت تنظیم کنید.
- محور پتانسیومتر را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید.
- ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید.



شکل ۱۳۲ـ۱

V_1 = ... V (محور پتانسیومتر در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر پیچانده شده است).

■ محور پتانسیومتر را در جهت خلاف عقربه‌های ساعت تقریباً تا وسط بچرخانید. مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

V_2 = ... V (محور پتانسیومتر تقریباً در وسط قرار دارد)

■ محور پتانسیومتر را در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت تا آخر بپیچانید و ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید.

V_3 = ... V (محور پتانسیومتر در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت تا آخر پیچانده شده است).

همان‌طور که از آزمایش بالا مشاهده گردید پتانسیومتر می‌تواند به عنوان مقسم ولتاژ در مدارهای الکترونیکی کاربرد داشته باشد.

۵ـ۱۸ـ۱ـ خلاصه آزمایش: آنچه در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

.....

.....

.....

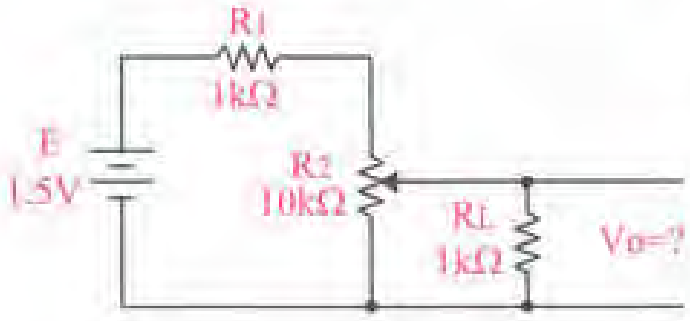
۶ـ۱۸ـ۱ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از آزمایش‌ها را در چند جمله بیان کنید.

.....

.....

.....

۷ـ۱۸ـ۱ـ آزمون: در شکل (۱۳۳ـ۱) محور پتانسیومتر دقیقاً در وسط قرار دارد، مقدار ولتاژ خروجی (V_o) را به‌دست آورید.

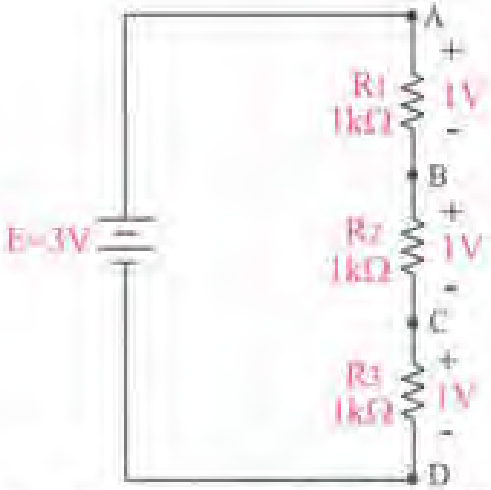


شکل ۱۳۳ـ۱

۱۹ــ۱ ــ مدار تقسیم‌کننده‌های ولتاژ

وقتی چند مقاومت به صورت اتصال سری بسته شده و به یک منبع وصل شوند، ولتاژ منبع، بین دو سر مقاومت‌های سری‌شده تقسیم می‌شود.

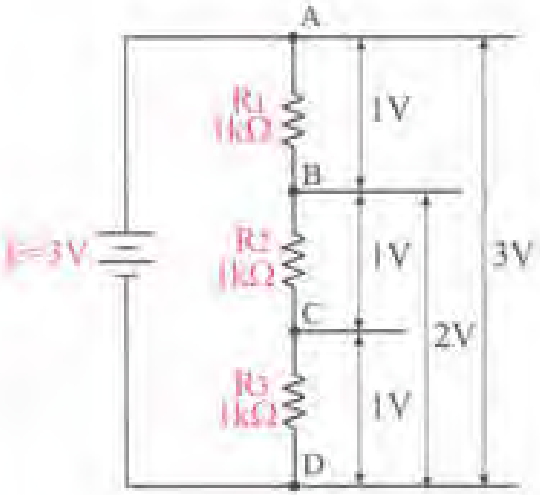
در شکل (۱۳۴ــ۱) ولتاژ منبع ۳ ولتی بین سه مقاومت سری شده توزیع شده است.



شکل ۱۳۴ــ۱ــ در یک مدار سری ولتاژ منبع بین مقاومت‌های مدار تقسیم می‌شود.

در شکل (۱۳۵ــ۱)، ولتاژ نقطه A نسبت به نقطه B، یک ولت و ولتاژ نقطه‌ی B نسبت به C نیز برابر یک ولت است. ولتاژ نقطه A نسبت به C برابر ۲ ولت و نسبت به نقطه D برابر ۳ ولت است.

با انتخاب مناسب مقاومت‌های سری شده می‌توان ولتاژ منبع را به دلخواه بین مقاومت‌ها تقسیم کرد.



شکل ۱۳۵ــ۱

در شکل (۱۳۶ــ۱) توزیع ولتاژهای دو سر مقاومت‌ها به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$V_{AB} = R_1 . I$$

$$V_{BC} = R_2 . I$$

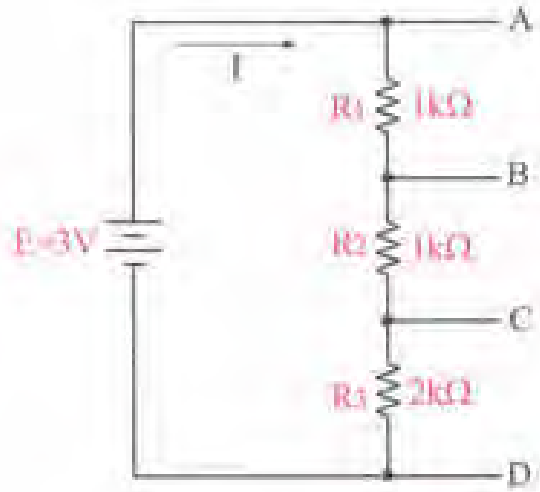
$$V_{CD} = R_3 . I$$

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{3}{1000 + 1000 + 2000} = 0/00075$$

$$V_{AB} = 1000 \times 0/00075 = 0/75V$$

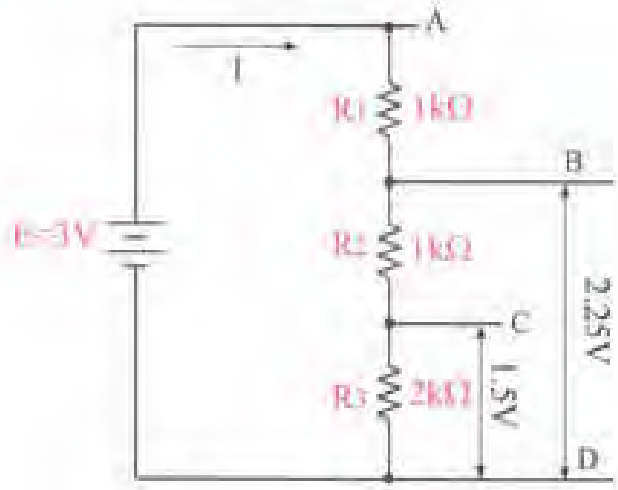
$$V_{BC} = 1000 \times 0/00075 = 0/75V$$

$$V_{CD} = 2000 \times 0/00075 = 1/5V$$



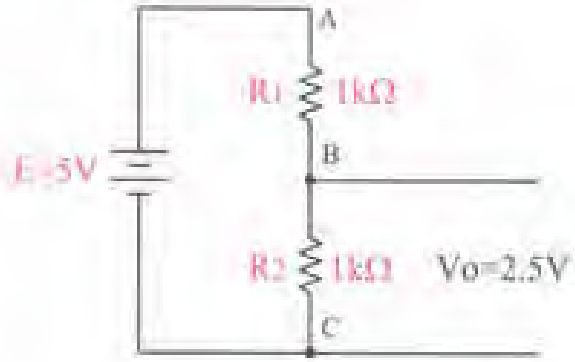
شکل ۱۳۶ــ۱

اشکال مهم تقسیم ولتاژ به صورت مقاومت‌های سری شده، این است که اگر یک مصرف‌کننده به خروجی هر یک از نقاط مدار (A یا B یا C) وصل شود، مقاومت اهمی مصرف‌کننده با تقسیم‌کننده ولتاژ موازی شده و مقادیر ولتاژها تغییر می‌کنند.



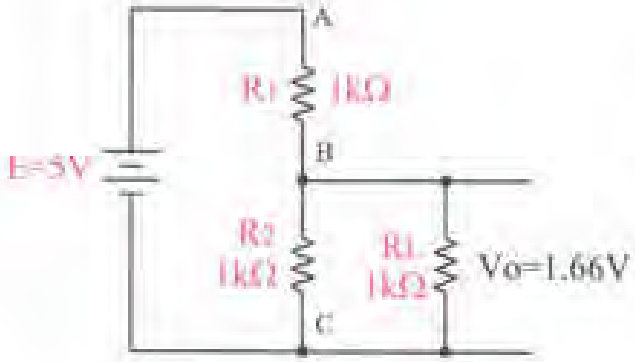
شکل ۱۳۷ـ۱

در شکل (۱۳۸ـ۱)، چون باری به نقطه B وصل نشده است $V_o = 2/5V$ است.



شکل ۱۳۸ـ۱

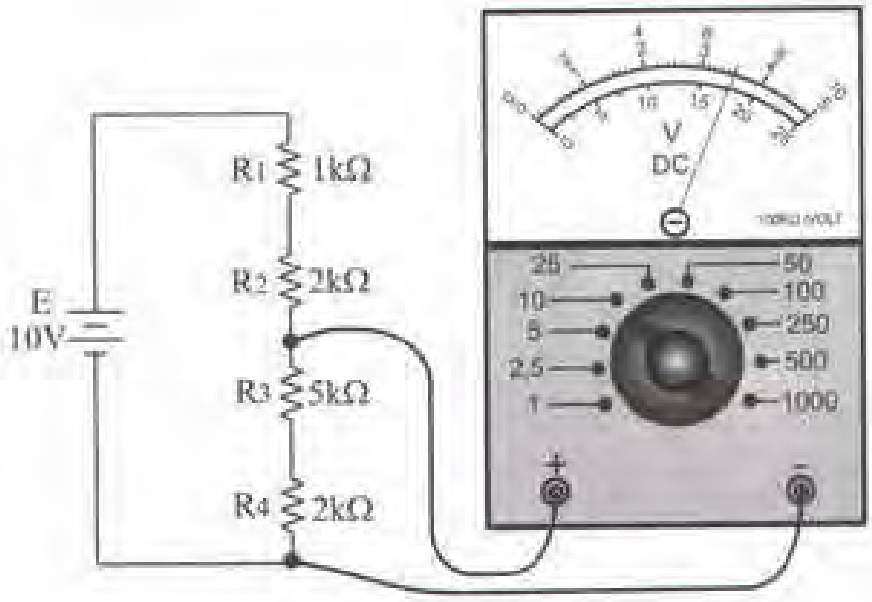
در شکل (۱۳۹ـ۱) یک مقاومت 1kΩ به نقطه B وصل شده است در این صورت $V_o = 1/66V$ می‌شود.



شکل ۱۳۹ـ۱

۲۰ـ۱ـ آزمایش شماره (۷)

ـ تقسیم کننده‌های ولتاژ



۱ـ۲۰ـ۱ـ هدف‌های آزمایش: بررسی نحوه تقسیم ولتاژ بین مقاومت‌های سری شده در یک مدار و اثرات بارگذاری روی ولتاژ خروجی

۲ـ۲۰ـ۱ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک تقسیم کننده ولتاژ می‌بندید و ولتاژ خروجی آن را اندازه می‌گیرید؛ سپس در یکی از خروجی‌ها یک مقاومت به عنوان مصرف کننده قرار می‌دهید و اثرات بارگذاری روی ولتاژ خروجی را مشاهده و تجربه می‌کنید.

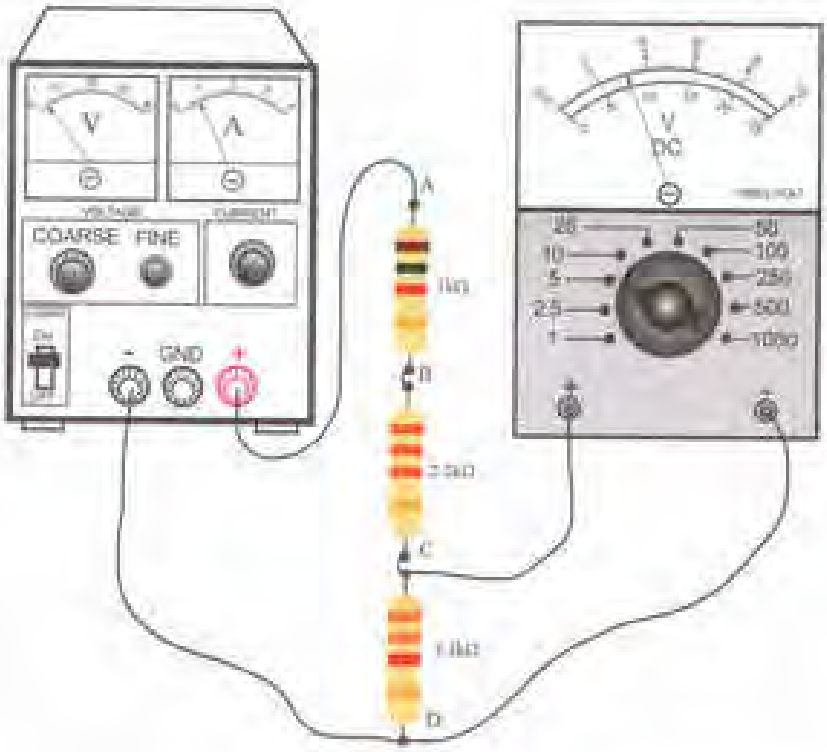
۳ـ۲۰ـ۱ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ ولت متر DC	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه ۱۵V ـ	یک دستگاه
۳ـ مقاومت ۱kΩ	دو عدد
۴ـ سیم یک سر گیره‌دار	شش رشته
۵ـ سیم دو سر گیره‌دار	شش رشته
۶ـ مقاومت‌های ۲/۲kΩ و ۳/۳kΩ از هر کدام	یک عدد

۴ـ۲۰ـ۱ـ مراحل اجرای آزمایش: بررسی نحوه تقسیم ولتاژ بین مقاومت‌های سری شده در یک مدار و اثرات بارگذاری روی ولتاژ خروجی

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ مدار شکل (۱۴۰ـ۱) را ببندید.



شکل ۱۴۰ـ۱

■ منبع تغذیه را روی ۳ ولت تنظیم کنید.

■ رنج کلید ولت‌متر را روی ۵ ولت قرار دهید.

■ ولتاژ نقاط B ،A و C را نسبت به نقطه‌ی D (مشترک) اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{AD} = V

V_{BD} = V

V_{CD} = V

پاسخ دهید: با توجه به مقادیر ولتاژها چه نتیجه‌ای از آزمایش بالا می‌گیرید؟ توضیح دهید.

.....

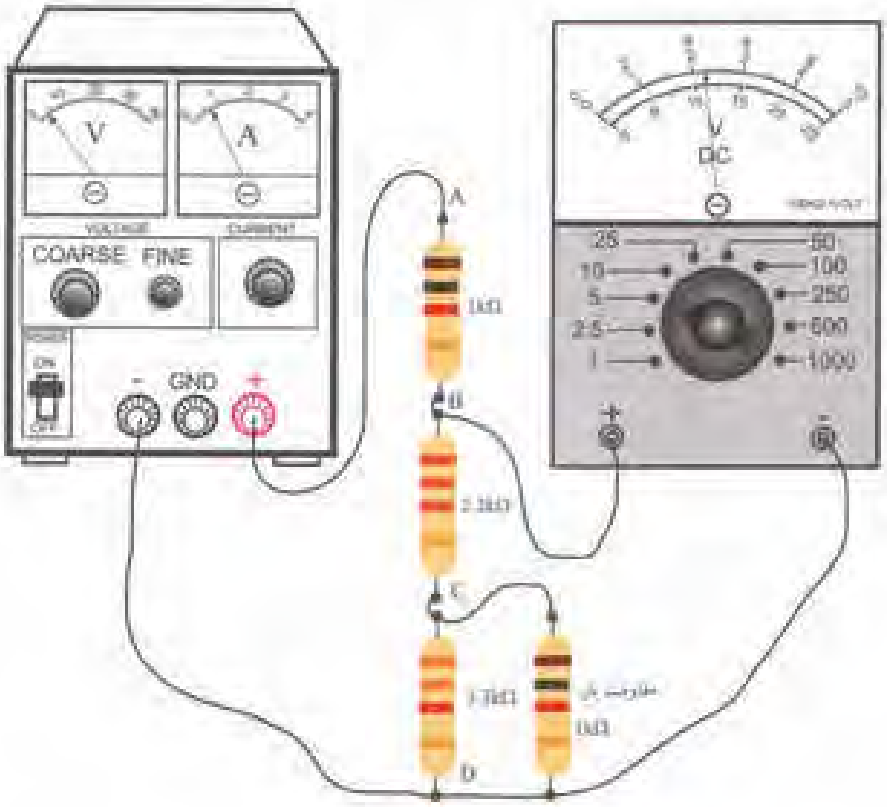
.....

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۹ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ مدار شکل (۱۴۱ـ۱) را ببندید.

■ منبع تغذیه را روی ۳ ولت تنظیم کنید.

■ رنج کلید ولت‌متر را روی ۵ ولت تنظیم کنید. (توجه: مقاومت بار فقط با مقاومت ۳/۳kΩ موازی است.)



شکل ۱۴۱ـ۱

■ ولتاژ نقاط A، B و C را نسبت به نقطه مشترک D اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{AD} = V

V_{BD} = V

V_{CD} = V

پاسخ دهید: مقادیر ولتاژهای مدار شکل‌های (۱۴۰ـ۱) و (۱۴۱ـ۱) را با یک‌دیگر مقایسه کنید؛ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۹ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۲۰ـ۱ـ **خلاصه آزمایش:** آنچه در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

.....

.....

.....

۶ـ۲۰ـ۱ـ **نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از آزمایش‌ها را در چند جمله بیان کنید.

.....

.....

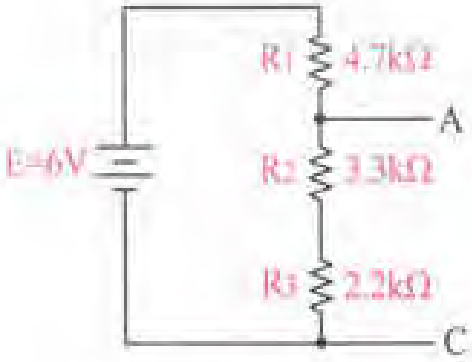
.....

۷ـ۲۰ـ۱ـ **آزمون:** در شکل (۱۴۲ـ۱) V_{AC} را به‌دست آورید.

.....

.....

.....



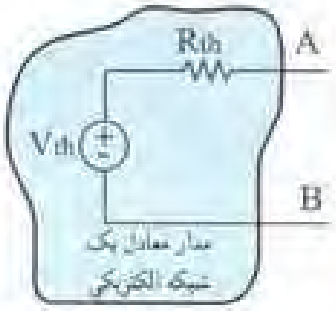
شکل ۱۴۲ـ۱

ـ در مدار شکل (۱۴۲ـ۱) یک مقاومت ۱۰kΩ با مقاومت ۲/۲kΩ موازی کنید و مجدداً V_{AC} را به‌دست آورید.

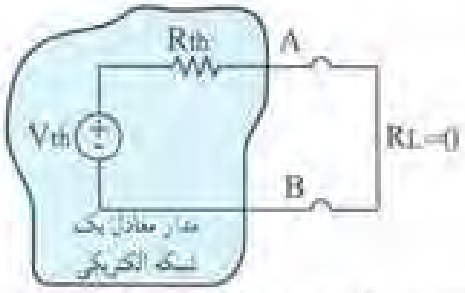
۲۱ـ۱ـ انتقال توان ماکزیمم

به مدار شکل (۱۴۳ـ۱) توجه کنید اگر $R_L = 0$ باشد حداکثر جریان از مدار عبور می‌کند (شکل ۱۴۴ـ۱).

در این صورت می‌گوییم در مدار عمل تطبیق جریان رخ داده است.

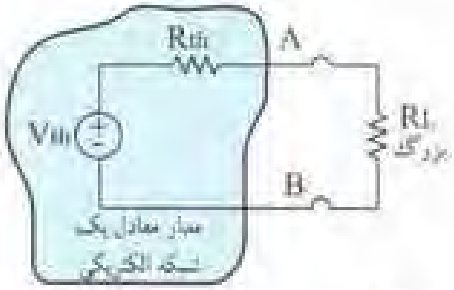


شکل ۱۴۳ـ۱



شکل ۱۴۴ـ۱ـ اگر $R_L = 0$ باشد حداکثر جریان از مدار عبور می‌کند (عمل تطبیق جریان)

اگر R_L خیلی بزرگ باشد (حداقل چند ده برابر R_{th}) در این صورت تقریباً تمامی ولتاژ منبع در دو سر R_L افت می‌کند. در این حالت می‌گوییم در مدار عمل تطبیق ولتاژ صورت گرفته است (شکل ۱۴۵ـ۱).

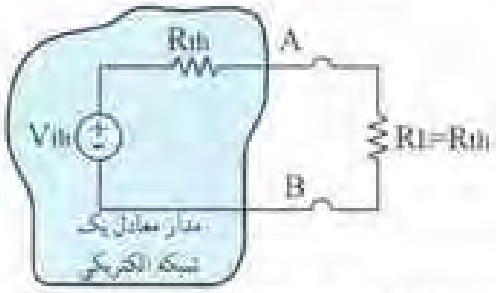


شکل ۱۴۵ـ۱ـ اگر R_L خیلی بزرگ باشد تمامی ولتاژ منبع در دو سر آن افت خواهد کرد. (عمل تطبیق ولتاژ)

اگر $R_L = R_{th}$ شود حداکثر توان از منبع به مقاومت بار (R_L) منتقل می‌شود. در این صورت می‌گوییم در مدار عمل تطبیق توان صورت گرفته است. در این حالت مقدار توان انتقال یافته به دو سر بار از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$I = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_L} = \frac{V_{th}}{2R_L}$$

$$P_{RL} = R_L . I^2 = R_L \frac{(V_{th})^2}{4R_L^2} = \frac{V_{th}^2}{4R_L}$$



شکل ۱۴۶ـ۱ـ اگر در مدار $R_L = R_{th}$ باشد حداکثر توان از منبع به بار منتقل می‌شود.

مثال: در شکل (۱۴۷ـ۱)، چند وات توان به R_L منتقل می‌شود؟

حل: چون $R_L = R_{th}$ است پس حداکثر توان به بار منتقل می‌شود و مقدار آن عبارت است از:

$$P_{RL} = \frac{V_{th}^2}{4R_L} = \frac{(10)^2}{4 \times 8} = \frac{100}{32} = 3/125 \text{ وات}$$

شکل ۱۴۷ـ۱

۲۲ـ۱ـ آزمایش شماره ۱۸)

ـ انتقال توان ماکزیمم

۱ـ۲۲ـ۱ ـ هدف‌های آزمایش: بررسی شرایط انتقال توان ماکزیمم از یک مدار به یک بار

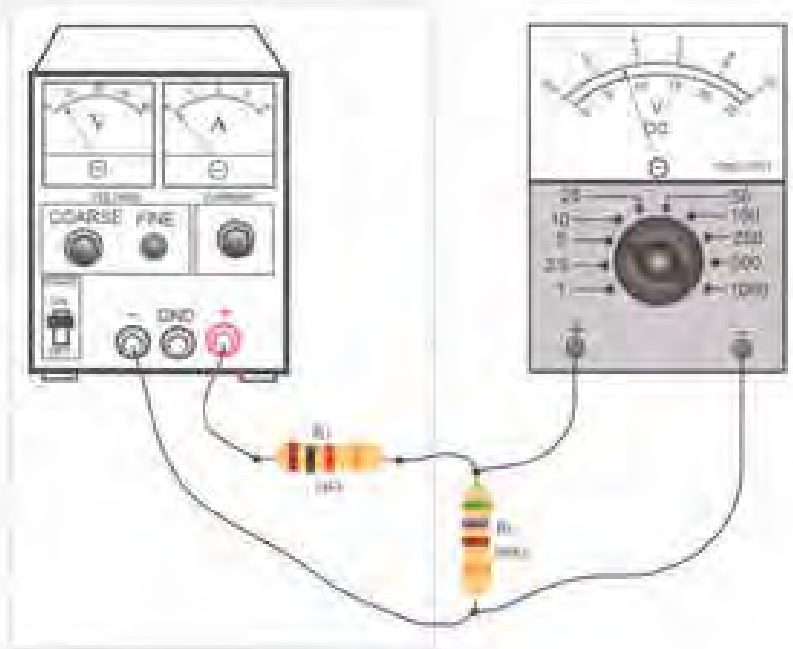
۲ـ۲۲ـ۱ ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک مدار ساده را می‌بندید و شرط انتقال توان ماکزیمم را مورد آزمایش قرار می‌دهید. در این آزمایش به جای یک مدار الکتریکی، از مدار معادل تونن آن مدار استفاده می‌کنید. ولتاژ منبع تغذیه به عنوان ولتاژ معادل تونن و مقاومت سری با آن نیز به عنوان مقاومت معادل تونن در نظر گرفته شده است.

۳ـ۲۲ـ۱ ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ ولت‌متر DC	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه ۱۵۷ـ	یک دستگاه
۳ـ مقاومت ۱kΩ	دو عدد
۴ـ مقاومت ۵۶۰Ω، ۱/۲kΩ و ۱/۵kΩ از هر کدام	یک عدد
۵ـ سیم دو سر گیره‌دار	چهار رشته
۶ـ سیم یک سر گیره‌دار	چهار رشته

۴ـ۲۲ـ۱ ـ مراحل اجرای آزمایش: بررسی شرایط انتقال توان ماکزیمم از یک مدار به یک بار

- ابتدا وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۱۲۸ـ۱) را ببندید.
- منبع تغذیه را روی ۴/۵ ولت تنظیم کنید.
- رنج کلید ولت‌متر را روی ۵۷ قرار دهید.



شکل ۱۲۸ـ۱

■ مقدار R_L را مطابق جدول (۱ـ۱) انتخاب کنید.

■ به ازای هر مقدار R_L ولتاژ دو سر آن را به کمک ولت‌متر اندازه بگیرید و در جدول یادداشت کنید.

■ بعد از اتمام کار، با استفاده از رابطه $P_{RL}=\frac{(V_{RL})^2}{R_L}$ توان دو سر بار را محاسبه کنید.

جدول ۱ـ۱

R_L	V_{RL}	$P_{RL}=\frac{(V_{RL})^2}{R_L}$
۵۶۰Ω		
۱kΩ		
۱/۲kΩ		
۱/۵kΩ		

پاسخ دهید :به ازای کدام مقدار R_L حداکثر توان به دو سر آن منتقل می‌شود؟ توضیح دهید.

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲۱ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۲۲ـ۱ـ خلاصه آزمایش: آنچه در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

.....

.....

.....

۶ـ۲۲ـ۱ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از آزمایش‌ها را در چند جمله بیان کنید.

.....

.....

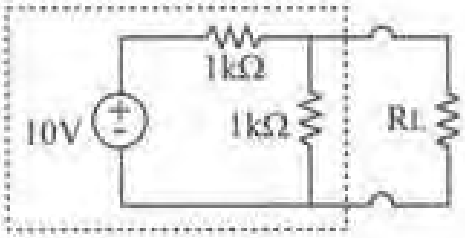
.....

۷ـ۲۲ـ۱ـ آزمون: در شکل (۱۴۹ـ۱)، R_L چند اهم باشد تا حداکثر توان به آن منتقل شود؟

۱ـ ☐ ۱۰۰ ۲ـ ☐ ۲۰۰۰

۳ـ ☐ ۵۰۰Ω ۴ـ ☐ ۰

ـ حداکثر توان انتقال‌یافته به R_L را در شکل (۱۴۹ـ۱) محاسبه کنید.



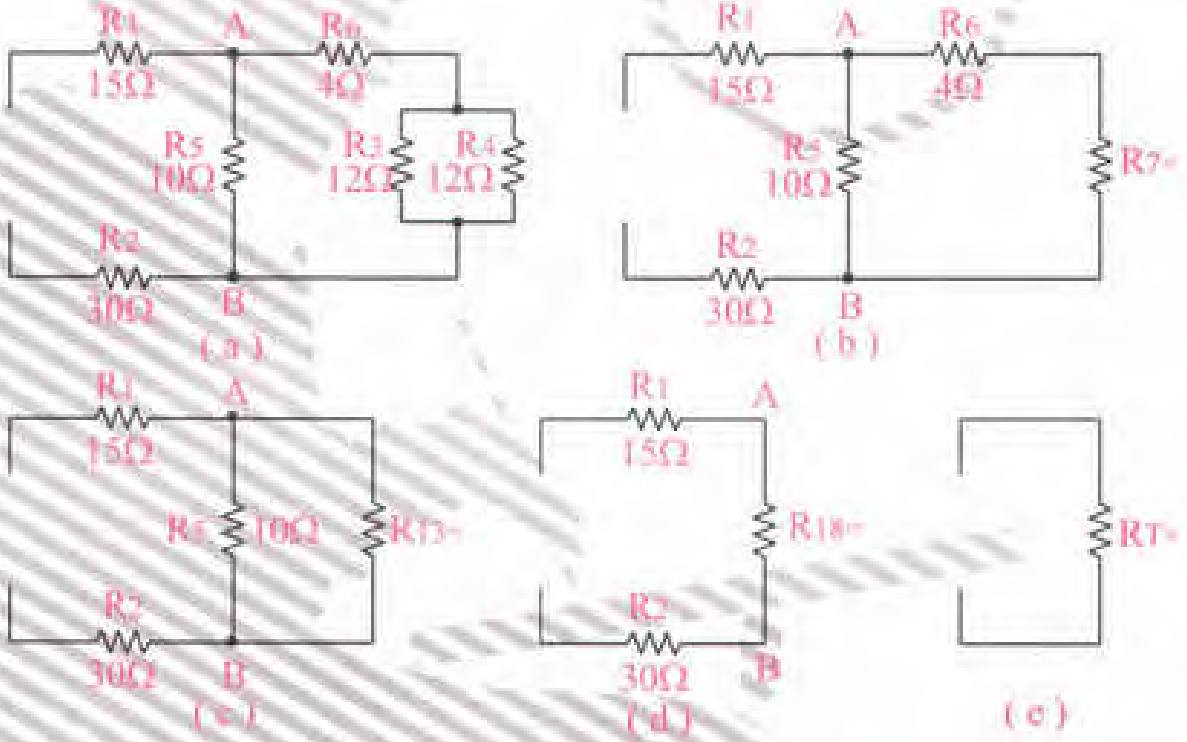
شکل ۱۴۹ـ۱

آزمون پایانی

۲۳ــ۱ــ پرسش و تمرین (۳)

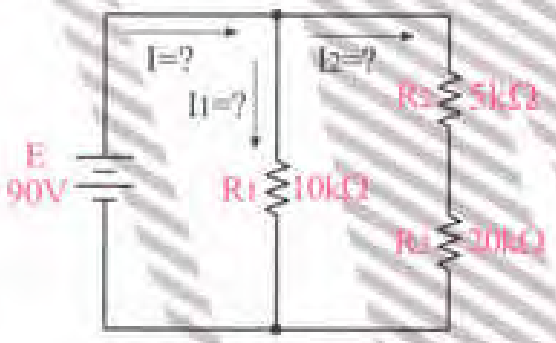
۱ــ مدارهای سری ــ موازی چه نوع مدارهایی هستند؟

۲ــ در شکل (۱۵۰ــ۱) مدار (a) داده شده است. مدارهای (b) تا (e) ساده شده‌ی مدار (a) هستند. در روی این شکل‌ها (از (b) تا (e)) مقادیر مقاومت معادل‌هایی که مقدار آن‌ها نوشته نشده است را به ترتیب در هر شکل با توجه به شکل قبلی محاسبه کنید و بنویسید.



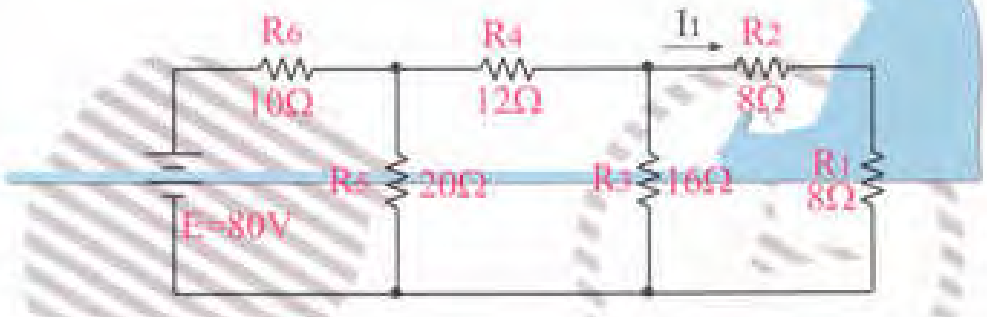
شکل ۱۵۰ــ۱

۳ــ در شکل (۱۵۱ــ۱) جریان I_1 ، I_2 و I را به دست آورید.



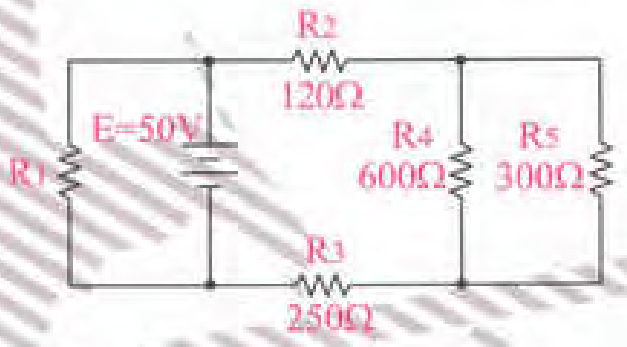
شکل ۱۵۱ــ۱

۴ـ در شکل (۱۵۲ـ۱) جریان I_1 را به‌دست آورید.



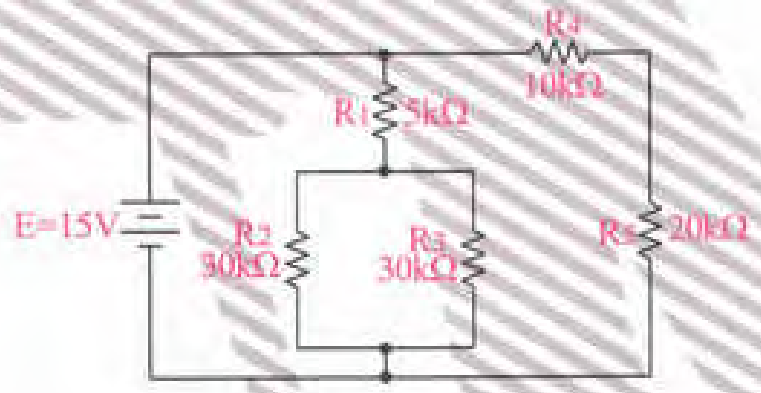
شکل ۱۵۲ـ۱

۵ـ در شکل (۱۵۳ـ۱) توان تلف شده در مقاومت R_3 چقدر است؟



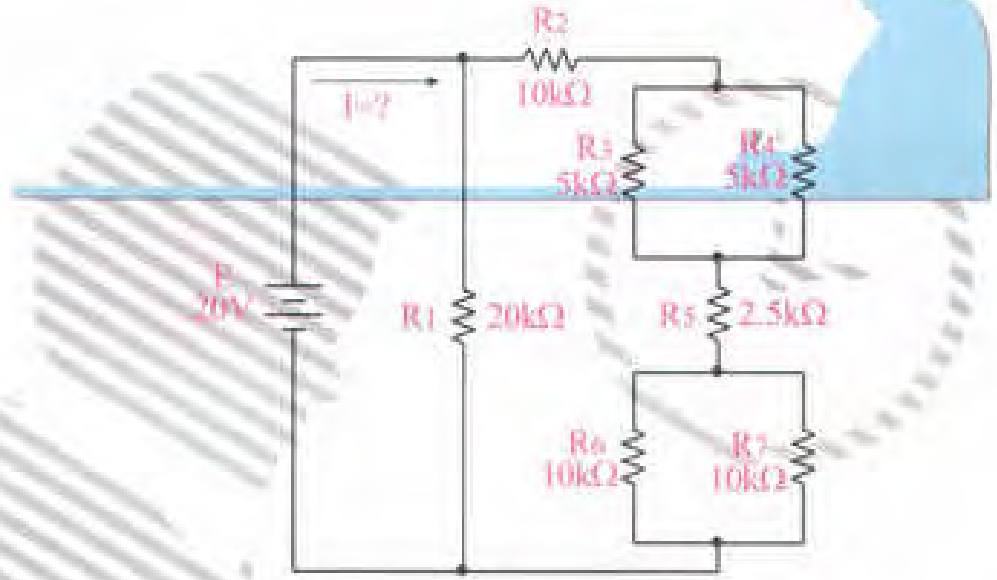
شکل ۱۵۳ـ۱

۶ـ توان مصرفی کل مدار شکل (۱۵۴ـ۱) چند وات است؟



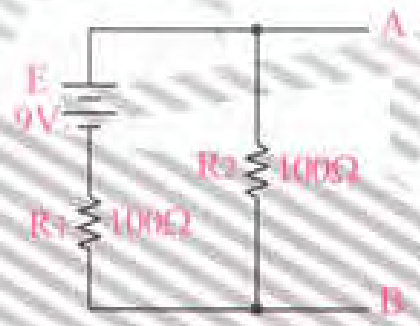
شکل ۱۵۴ـ۱

۷ـ در شکل (۱۵۵ـ۱) مقدار I را حساب کنید.



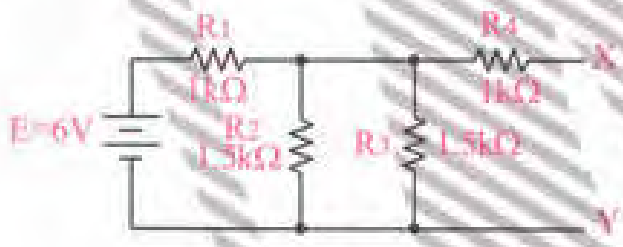
شکل ۱۵۵ـ۱

۸ـ مدار معادل تونن از دو نقطه A و B مدار شکل (۱۵۶ـ۹) را به‌دست آورید.



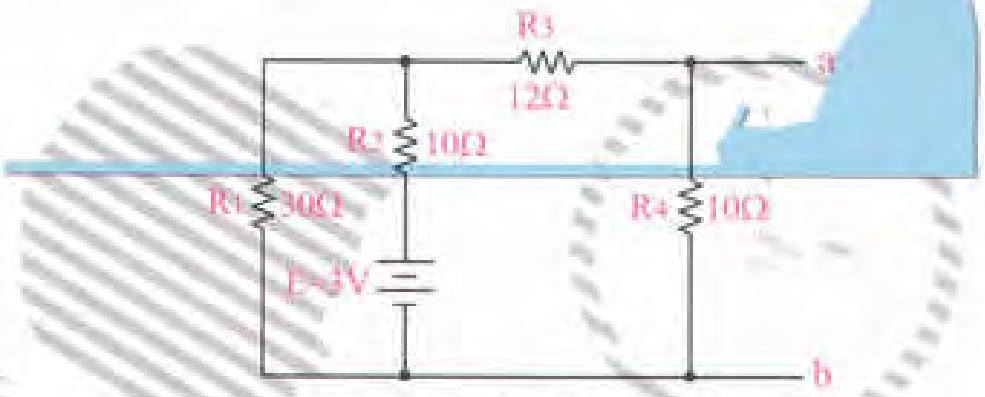
شکل ۱۵۶ـ۱

۹ـ مدار معادل تونن در شکل (۱۵۷ـ۱) از دو نقطه x و y را به‌دست آورید.



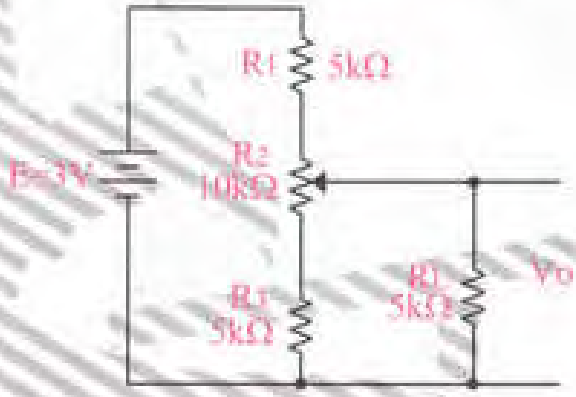
شکل ۱۵۷ـ۱

۱۰ـ مدار معادل تونن از دو نقطه a و b مدار شکل (۱۵۸ـ۱) را به‌دست آورید.



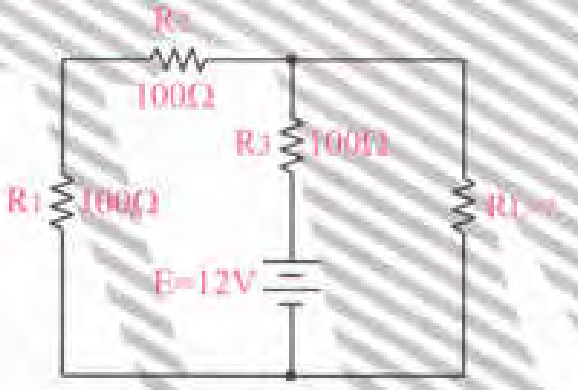
شکل ۱۵۸ـ۱

۱۱ـ در شکل (۱۵۹ـ۱) حداقل و حداکثر V_o را با تغییر مقاومت متغیر به‌دست آورید.



شکل ۱۵۹ـ۱

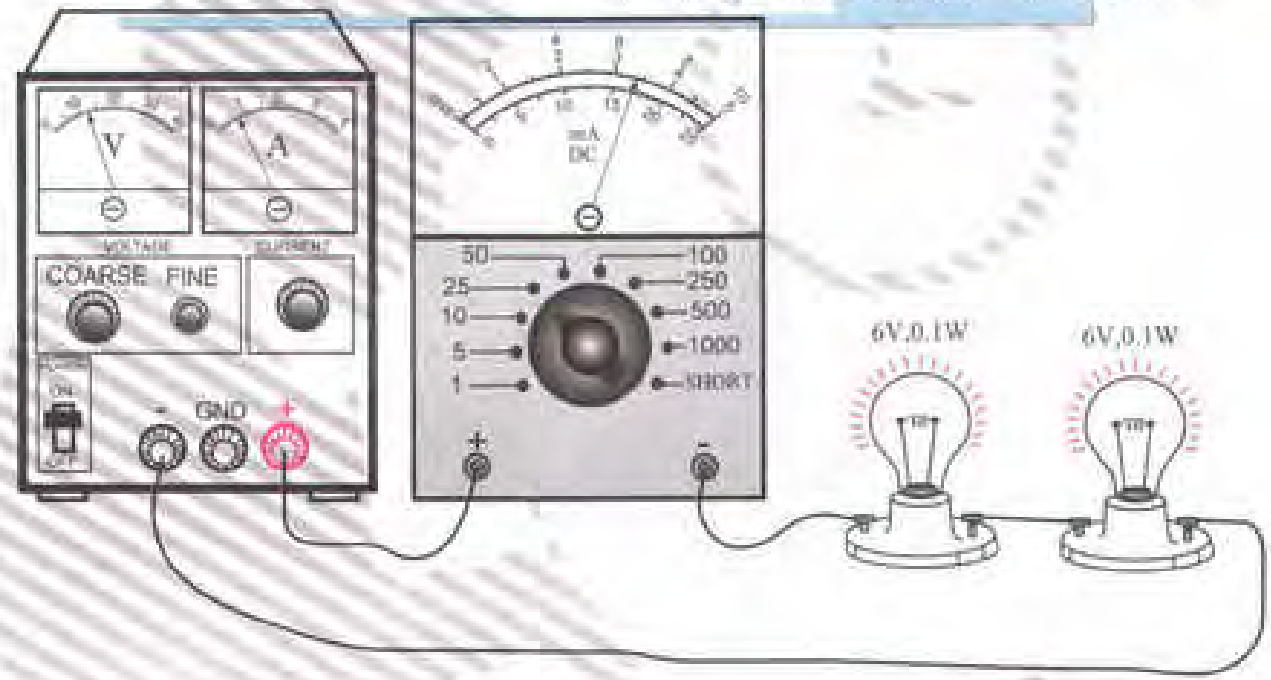
۱۲ـ در شکل (۱۶۰ـ۱) می‌خواهیم حداکثر توان به مقاومت R_L منتقل شود. مقدار R_L چند اهم باید باشد؟



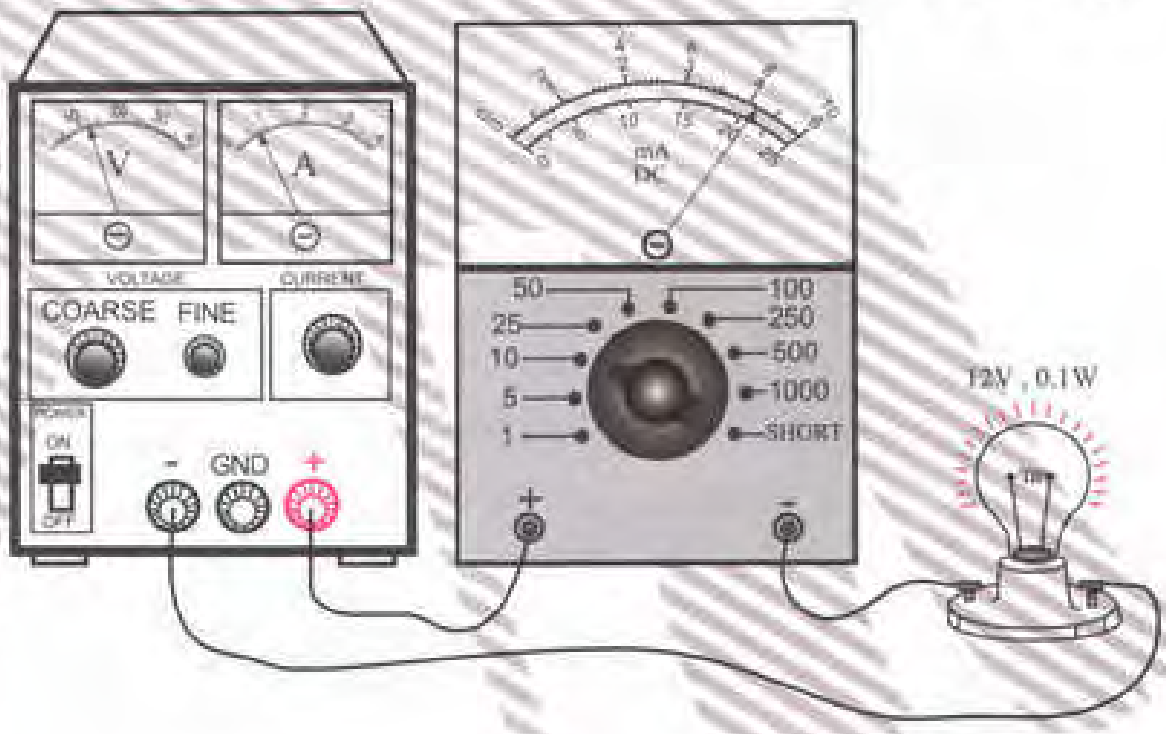
شکل ۱۶۰ـ۱

آزمون عملی پایانی (۱)

۱ـ مدارای مطابق شکل ببندید و ولتاژ منبع تغذیه این مدار ۱۲ ولت است. جریانی را که باید میلی‌آمپرمتر نشان دهد محاسبه کنید، رنج میلی‌آمپرمتر را روی ۲۵mA قرار دهید، منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم و جریان مدار را از روی میلی‌آمپرمتر بخوانید. یک اختلاف جزئی بین مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار به‌دست آمده از طریق محاسبه وجود دارد، دلیل این اختلاف را خودتان پیدا کنید.



۲ـ دو عدد لامپ ۱۲ ولت ۰/۱ وات و ۱۲ ولت ۰/۵ وات تهیه کنید. با استفاده از مدار داده‌شده، مقاومت اهمی لامپ‌ها را هنگام روشن بودن با اندازه‌گیری جریان، محاسبه کنید، منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید، رنج مناسب میلی‌آمپرمتر را خودتان تعیین کنید.

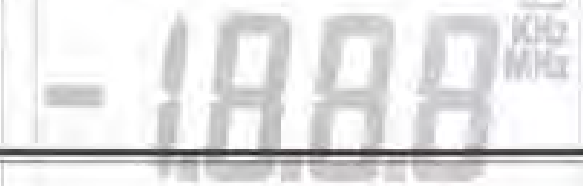


فصل دوم

الف ـ توانایی اندازه‌گیری و محاسبه ظرفیت خازن در جریان مستقیم

ب ـ توانایی اندازه‌گیری و محاسبه ضریب خودالقاء

ج ـ توانایی اندازه‌گیری و محاسبه امپدانس RLC سری و موازی در جریان مستقیم



هدف کلی:

توانایی محاسبه و اندازه‌گیری ظرفیت خازن و ضریب خودالقایی سلف با استفاده از ثابت زمانی‌ها و امپدانس مدارهای شامل سلف و خازن در جریان مستقیم

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

۱ـ ساختمان داخلی خازن را شرح دهد.

۲ـ ظرفیت خازن را تعریف کند.

۳ـ فرق خازن ثابت و متغیر را بیان کند.

۴ـ انواع خازن‌ها را شناسایی کند.

۵ـ ظرفیت یک خازن را به کمک دستگاه LCR متر اندازه بگیرد.

۶ـ اصول کار خازن را شرح دهد.

۷ـ روابط بین بار الکتریکی ذخیره شده و ولتاژ دو سر خازن را شرح دهد.

۸ـ ثابت زمانی را در یک مدار RC شرح دهد.

۹ـ ثابت زمانی یک مدار RC را اندازه بگیرد.

۱۰ـ عملاً با استفاده از ثابت زمانی، ظرفیت خازن مجهول را اندازه بگیرد.

۱۱ـ روش آزمایش صحت سلامت یک خازن را به کمک اهم‌متر عقربه‌ای انجام داده و روش کار را شرح دهد.

۱۲ـ اجزای سلف را شرح دهد.

۱۳ـ ضریب خودالقایی یک سلف را تعریف کند.

۱۴ـ ضریب خودالقایی یک سلف را محاسبه کند.

۱۵ـ یک سلف کوچک را بپیچد.

۱۶ـ ضریب خودالقایی یک سلف را به کمک دستگاه LCR متر اندازه بگیرد.
۱۷ـ شارژ و دشارژ یک سلف را شرح دهد.
۱۸ـ ثابت زمانی در یک مدار RL سری را تعریف کند.
۱۹ـ ثابت زمانی در یک مدار RL سری را محاسبه کند.
۲۰ـ روش آزمایش صحت سلامت یک سلف را با اهم‌متر شرح دهد.
۲۱ـ عملکرد مدار RL موازی در ولتاژ DC را شرح دهد.
۲۲ـ ارتباط ولتاژ و جریان در مدار RL سری در جریان مستقیم را شرح دهد.
۲۳ـ مدار RLC سری را تشخیص دهد.
۲۴ـ مدار RLC موازی را تشخیص دهد.
۲۵ـ امپدانس مدار RLC سری را در جریان مستقیم محاسبه کند.
۲۶ـ امپدانس مدار RLC موازی را در جریان مستقیم محاسبه کند.
۲۷ـ با استفاده از روش ولتاژ ـ جریان، مقاومت معادل مدار RLC سری و موازی را اندازه بگیرد.
۲۸ـ قانون لنز را شرح دهد.

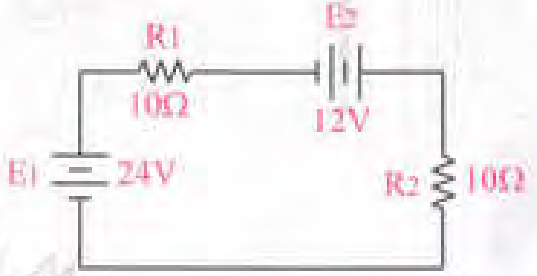
ساعت آموزش		
نظری	عملی	جمع
۲۰	۲۲	۴۲

پیش‌آزمون (۲)

۱ـ در شکل زیر ولتاژ دو سر مقاومت R_2 چند ولت است؟

الف: ☐ ۱۸ ب: ☐ ۳۶

ج: ☐ ۱۲ د: ☐ ۲۴



۲ـ در شکل زیر توان تلف شده در مقاومت ۱۰۰ Ω چند وات است؟

الف: ☐ ۱۰۰ ب: ☐ ۲۰۰

ج: ☐ ۴۰۰ د: ☐ ۸۰۰

۳ـ مقاومت بین نقطه A و B در شکل زیر چند اهم است؟

الف: ☐ ۱۰ ب: ☐ ۱۵

ج: ☐ ۲۰ د: ☐ ۳۰

۴ـ مقدار این مقاومت چند اهم است؟

الف: ☐ ۳/۹MΩ ± ٪۲۰ ب: ☐ ۳۹Ω ± ٪۱۰

ج: ☐ ۳/۹Ω ± ٪۱۰ د: ☐ ۳/۹Ω ± ٪۲۰

۵ـ رابطه $R.I^2$ در یک مقاومت مربوط به ..... است

الف: ☐ انرژی　　ب: ☐ توان

۶ـ کنتور برق کدام کمیت الکتریکی را اندازه می‌گیرد؟

الف: ☐ توان الکتریکی　　ب: ☐ انرژی الکتریکی　　ج: ☐ ولتاژ و جریان

۷ـ ظرفیت خازن با سطح صفحات خازن نسبت..... و با فاصله بین دو صفحه نسبت ..... دارد.

الف: ☐ معکوس ـ مستقیم　　ب: ☐ مستقیم ـ مستقیم

ج: ☐ مستقیم ـ معکوس　　د: ☐ معکوس ـ معکوس

۸ـ در یک سلف کدام قسمت می‌تواند وجود نداشته باشد؟

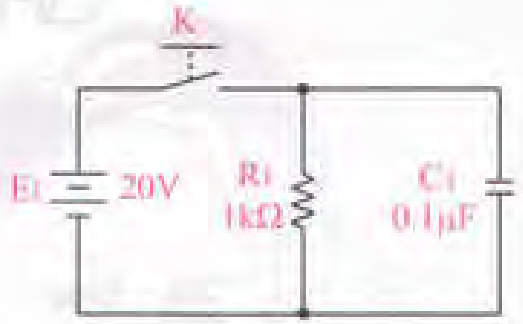
الف: ☐ سیم‌پیچ　　ب: ☐ هسته

ج: ☐ فرقره سیم‌پیچی　　د: ☐ موارد ب و ج

۹ـ در شکل زیر بعد از بسته شدن کلید، جریان در مدار سرانجام چند میلی‌آمپر خواهد شد؟

الف: ☐ ۰　　ب: ☐ ۰/۲

ج: ☐ ۲　　د: ☐ ۲۰



۱۰ـ ۶۴۵۸/۵ میکروهانری، چند میلی‌هانری است؟

الف: ☐ ۶۴/۵۸۵　　ب: ☐ ۶/۴۵۸۵

ج: ☐ ۶۴۵/۸۵　　د: ☐ ۶۴۵۸۵۰۰

۱۱ـ از یک سلف با $L=3H$، جریان ۲A عبور می‌کند، انرژی ذخیره شده در آن چند ژول است؟

الف: ☐ ۹۰　　ب: ☐ ۶۰

ج: ☐ ۹　　د: ☐ ۶

۱۲ـ در یک مدار RL سری، بعد از چند ثابت زمانی، جریان مدار تقریباً به ۹۵٪ جریان ماکزیمم می‌رسد؟

الف: ☐ ۱　　ب: ☐ ۲

ج: ☐ ۳　　بید: ☐ ۴

نکات ایمنی (۲)

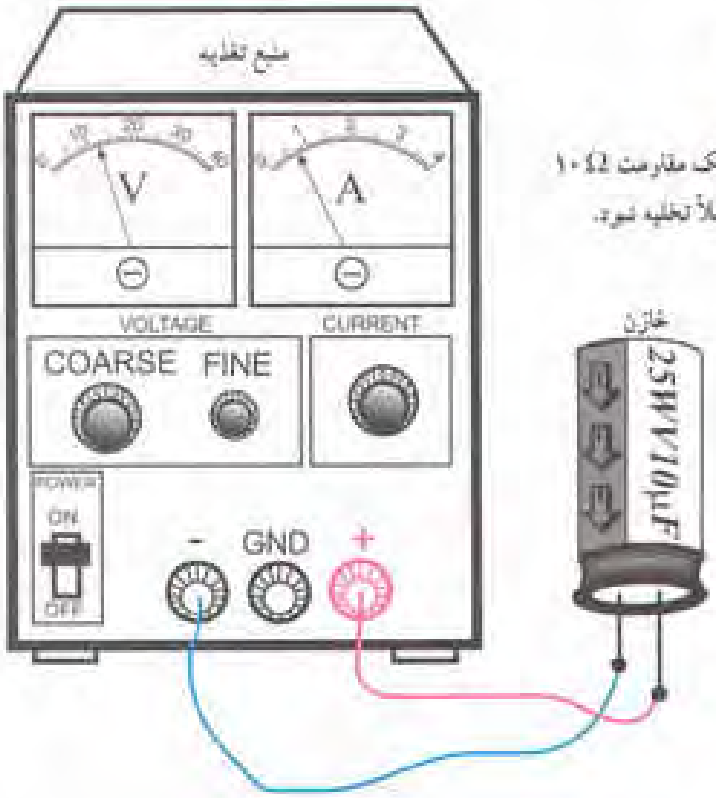
۱ــ قبل از اندازه‌گیری ظرفیت خازن به کمک دستگاه LCR متر و یا آومترهایی که ظرفیت خازن را هم اندازه می‌گیرند، حتماً پایه‌های آن را یک لحظه کوتاه به کمک یک مقاومت ۱۰Ω اتصال کوتاه کنید تا اگر احتمالاً قبلاً شارژ شده باشد کاملاً دشارژ شود.

۲ــ هنگام وصل خازن‌هایی که دارای قطب «+» و «−» هستند به هر نوع دستگاهی، سعی کنید قطب مثبت خازن را به قطب مثبت دستگاه یا منبع تغذیه و قطب منفی خازن را به قطب منفی دستگاه یا منبع تغذیه وصل کنید در غیر این‌صورت ممکن است خازن معیوب شود.

۳ــ در اغلب دستگاه‌های اندازه‌گیر ضریب خودالقایی سلف، ظرفیت خازن و یا مقاومت اهمی، قبل از اندازه‌گیری باید صفر دستگاه تنظیم شود، حتماً قبل از اندازه‌گیری صفر این‌گونه دستگاه‌ها را تنظیم کنید تا مقدار اندازه‌گیری شده کاملاً دقیق باشد.

۴ــ در صورت وجود آومتر عقربه‌ای و دیجیتالی، سعی کنید از آومتر دیجیتالی استفاده کنید زیرا در برابر وجود خطاهای ولتاژ یا جریان به مراتب مقاوم‌تر است. ضمن اینکه خواندن مقادیر از روی آن نیز ساده‌تر است.

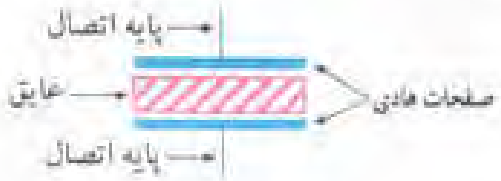
به کمک دو سرخازن را قبل از اندازه‌گیری ظرفیت یک مقاومت ۱۰Ω به هم اتصال دهید تا انرژی ذخیره شده در آن کاملاً تخلیه شود.



الف ــ توانایی اندازه‌گیری و محاسبه ظرفیت خازن در جریان مستقیم

۱ــ۲ــ ساختمان داخلی خازن و مفهوم ظرفیت

ــ ساختمان داخلی خازن از دو صفحه هادی که بین آن‌ها عایق قرار دارد تشکیل می‌شود. شکل(۱ــ۲) ساختمان داخلی خازن را نشان می‌دهد.



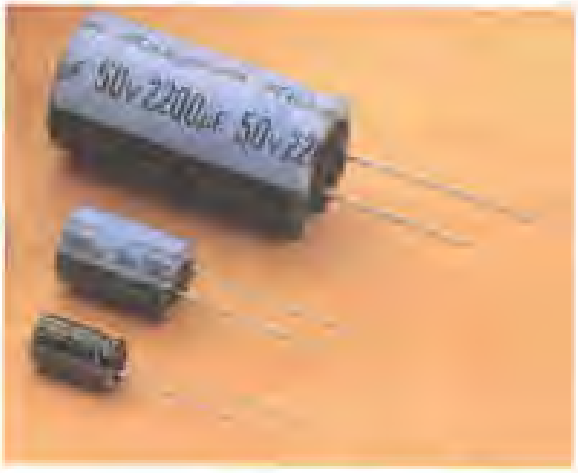
شکل ۱ــ۲ــ ساختمان داخلی یک خازن

به صفحات هادی، جوشن نیز گفته می‌شود. در شکل (۲ــ۲)، علامت قراردادی نمایش یک خازن در حالت کلی نشان داده شده است.

شکل ۲ــ۲ــ علامت قراردادی (سمبل) خازن

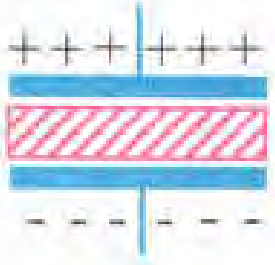
در شکل (۳ــ۲) شکل ظاهری تعدادی از انواع خازن‌ها که در عمل زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند نشان داده شده است.

در الکترونیک، خازن کاربردهای متنوعی دارد. یکی از کاربردهای خازن ذخیره‌سازی انرژی است.



شکل ۳ــ۲ــ نمونه‌هایی از انواع خازن‌ها

انرژی ذخیره شده در خازن به‌صورت ذخیره بارهای الکتریکی مثبت در یک صفحه و بارهای الکتریکی منفی در صفحه دیگر صورت می‌گیرد. شکل (۴ــ۲) نحوه ذخیره شدن بارهای الکتریکی در یک خازن را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۲ــ نحوه ذخیره شدن بارهای الکتریکی در خازن

با ذخیره شدن بارهای الکتریکی در دو سر خازن، اختلاف پتانسیل به‌وجود می‌آید. نسبت بین بارهای الکتریکی ذخیره شده در خازن به اختلاف پتانسیل ایجاد شده در دو سر آن را ظرفیت خازن می‌نامند و آن را با حرف C نشان می‌دهند. واحد اندازه‌گیری ظرفیت فاراد است. رابطه ظرفیت با ولتاژ و مقدار بار به‌صورت $C=\frac{Q}{V}$ است.

C = ظرفیت خازن برحسب فاراد

Q = بار الکتریکی ذخیره شده در خازن برحسب کولمب (کولن)

V = ولتاژ دو سر خازن برحسب ولت

یک فاراد ظرفیت نسبتاً بزرگی است و در عمل معمولاً از واحدهای خیلی کوچکتر از فاراد استفاده می‌شود مانند میکروفاراد

یا $\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰}$ فاراد که آن را با حروف μF نشان می‌دهند.

نانوفاراد یا $\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰}$ فاراد که آن را با حروف nF نمایش می‌دهند و همچنین پیکوفاراد یا $\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰}$ فاراد که آن را با حروف PF نشان می‌دهند.

ظرفیت خازن یک خاصیت ذاتی است که از مشخصات فیزیکی آن تبعیت می‌کند. بدین‌ترتیب که ظرفیت خازن با سطح صفحات خازن نسبت مستقیم و با فاصله بین دو صفحه نسبت عکس داشته و جنس عایق بین صفحات نیز در مقدار آن مؤثر است.

به‌طوری که می‌توان نوشت:

$$C = K \frac{A}{d}$$

(سطح صفحات خازن) / (فاصله بین دو صفحه)

K: ضریب مرتبط با جنس عایق بین صفحات

یعنی هر قدر سطح صفحات خازن بزرگتر و یا فاصله‌ی دو صفحه کمتر باشد ظرفیت خازن بیشتر می‌شود و می‌تواند انرژی بیشتری را در خود ذخیره کند.

با توجه به موارد کاربرد، خازن‌ها با شکل‌های فیزیکی متنوع، ظرفیت‌ها و مشخصات مختلف ساخته می‌شوند که به بعضی از آن‌ها اشاره می‌شود.

الف - شکل ظاهری خازن متغیر

ب - علامت قراردادی خازن متغیر

شکل ۵ـ۲ـ نمونه‌ای از خازن متغیر

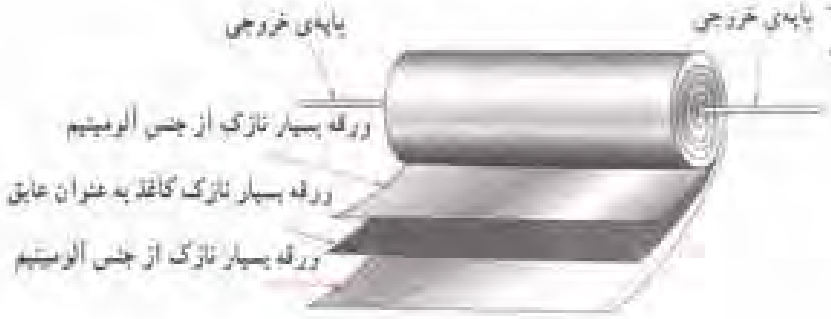
۲ـ۲ـ انواع خازن‌ها

۱ـ۲ـ۲ـ خازن هوایی: در این نوع خازن عایق بین دو هادی هواست. شکل (۵ـ۲) نمونه‌ای از خازن هوایی را نشان می‌دهد. این خازن از نوع ظرفیت متغیر می‌باشد. ساختن ظرفیت‌های خیلی بالا از این نوع خازن غیرممکن است. از این نوع خازن بیشتر به‌عنوان خازن متغیر در فرکانس‌های بالا و همچنین در بعضی از رادیوها استفاده می‌شود. در این نوع خازن‌ها با تغییر سطح مؤثر بین صفحات (A) می‌توان ظرفیت را تغییر داد.

* $1\mu F = 10^{-6}$ F
** $1nF = 10^{-9}$ F
*** $1PF = 10^{-12}$ F

۲ـ۲ـ۳ـ خازن کاغذی: در این نوع خازن از کاغذ به‌عنوان عایق بین دو هادی استفاده می‌شود به این‌ترتیب که در یک سمت و بین دو هادی (معمولاً از جنس آلومینیم) نازک دو ورقه کاغذ قرار می‌دهند و مجموعه را به‌صورت لوله می‌پیچند (شکل ۶ـ۲). به این ترتیب سطح صفحات خازن بزرگ می‌شود. معمولاً کاغذها را به روغن‌های مخصوص آغشته می‌کنند تا بر میزان عایقی آن افزوده شود و از این طریق خازن‌هایی با ظرفیت بالاتر می‌سازند.

الف ـ شکل ظاهری خازن کاغذی

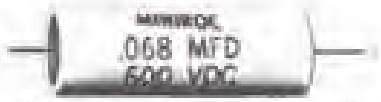


ب ـ ساختمان داخلی خازن کاغذی

شکل ۶ـ۲ـ شکل ظاهری و ساختمان داخلی خازن کاغذی

۳ـ۲ـ۲ـ خازن‌های فیلم پلاستیکی (Plastic Film): در این نوع خازن‌ها، از پلاستیک‌های مختلف به‌عنوان ماده عایق بین دو صفحه هادی استفاده می‌شود. از نظر ساختمانی خازن‌های پلاستیکی شبیه خازن‌های کاغذی می‌باشند به این ترتیب که عموماً خازن‌ها را به‌صورت لوله درآورده و بعداً آن را در جلد پلاستیکی یا فلزی قرار می‌دهند. شکل (۷ـ۲) ساختمان داخلی این نوع خازن را نشان می‌دهد.

۴ـ۲ـ۲ـ خازن پلی‌استیرن (Polystyrene): این نوع خازن‌ها از قدیمی‌ترین نوع خازن پلاستیکی می‌باشند و اکنون نیز بیشترین تولید خازن‌های پلاستیکی از این نوع است. عایق به‌کار رفته در این خازن‌ها پلی‌استیرول است که عایقی بسیار عالی است.



الف ـ شکل ظاهری خازن فیلم پلاستیک

ب ـ ساختمان داخلی خازن فیلم پلاستیک

شکل ۷ـ۲ـ شکل ظاهری و ساختمان داخلی خازن از نوع فیلم پلاستیک

۵ــ۲ــ۲ــ خازن میکا (Mica): میکا یک نوع ماده معدنی است که در زمین به مقدار زیاد یافت می‌شود. در خازن میکا از ورقه‌های نازک میکا به‌عنوان عایق و از ورقه‌های نازک روی به‌عنوان جوشن استفاده می‌شود. از خازن‌های میکا، به علت دارا بودن ضریب حرارتی بسیار کم به‌عنوان خازن‌های دقیق مثلاً در ساختن اسیلاتورها و غیره استفاده می‌شود. شکل (۸ــ۲) ساختمان داخلی خازن میکا را نشان می‌دهد.

الف ــ شکل ظاهری خازن میکا

ب ــ ساختمان داخلی خازن میکا

شکل ۸ــ۲ــ ساختمان داخلی و شکل ظاهری خازن میکا

۶ــ۲ــ۲ــ خازن سرامیک: ساختمان این خازن‌ها مطابق شکل (۹ــ۲) می‌باشد که در آن از یک قرص سرامیک به‌عنوان ماده‌ی عایق استفاده شده است. شکل ظاهری این خازن‌ها گرد و کوچک است. به همین جهت به آن خازن عدسی می‌گویند. ظرفیت این خازن‌ها بسیار کم و در حدود PF است.

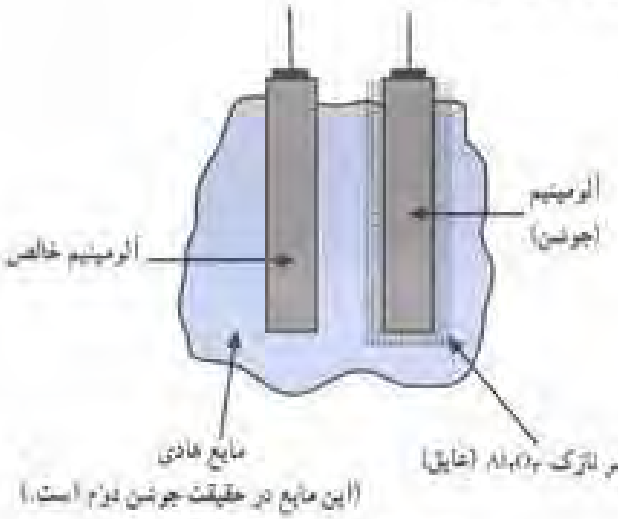
الف ــ شکل ظاهری خازن‌های سرامیکی

ب ــ ساختمان داخلی خازن سرامیکی

شکل ۹ــ۲ــ شکل ظاهری و ساختمان داخلی خازن سرامیکی

۷ــ۳ــ۲ــ خازن‌های الکترولیتی: خازن‌های الکترولیتی به‌خاطر ساختمان مخصوصی که دارند نسبت به حجم‌شان دارای ظرفیت فوق‌العاده زیاد می‌باشند. یکی از جوشن‌های این خازن صفحه نازکی است از آلومینیم که بر روی آن قشر بسیار نازکی از اکسید آلومینیم (Al_2O_3) قرار دارد. جوشن دیگر این خازن یک صفحه آلومینیم خالص است که همراه با مایع هادی اطراف دو جوشن تشکیل جوشن دوم را می‌دهند. شکل (۱۰ــ۲) ساختمان داخلی این خازن را نشان می‌دهد.

الف ــ شکل ظاهری خازن الکترولیتی

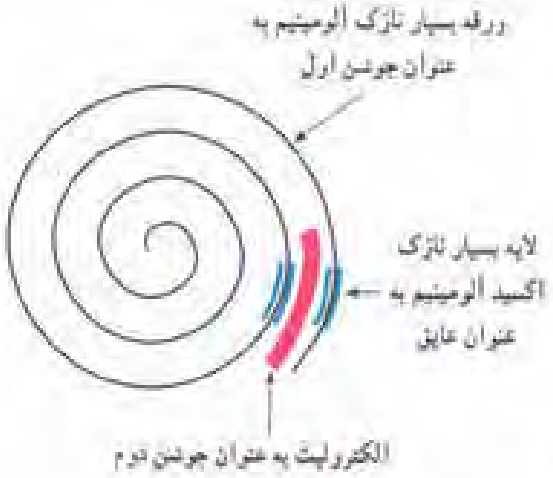


ب ــ ساختمان داخلی خازن الکترولیتی

شکل ۱۰ــ۲ــ شکل ظاهری و ساختمان داخلی خازن الکترولیتی

دلیل بالا بودن ظرفیت خازن‌های الکترولیتی، اولاً به‌خاطر نازک بودن لایه اکسید آلومینیم و بالا بودن درجه عایقی عایق می‌باشد و ثانیاً مایع هادی کاملاً جوشن اول را دربر می‌گیرد. برای بالا بردن ظرفیت خازن الکترولیتی، سطح دو جوشن را افزایش می‌دهند و آن‌ها را به‌صورت رول (لوله) می‌پیچند و سپس در مایع الکترولیتی شناور می‌سازند شکل(۱۱ــ۲).

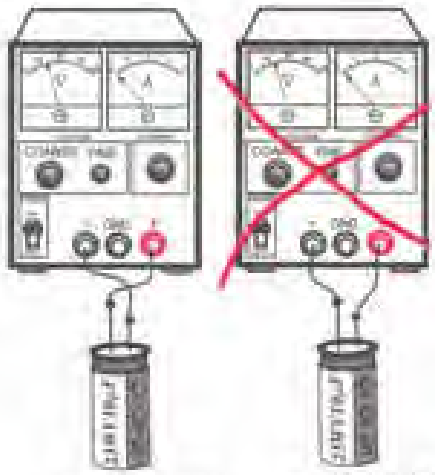
ظرفیت خازن الکترولیتی شدیداً تابع حرارت است و عموماً با زیاد شدن درجه حرارت ظرفیت آن زیاد می‌شود. عمر این خازن نسبتاً کوتاه می‌باشد؛ زیرا پس از گذشت چندین سال، مایع الکترولیت آن خشک شده و ظرفیت آن کاهش می‌یابد. **یکی از علل ایجاد عیب در دستگاه الکترونیکی تغییر ظرفیت این خازن در طی زمان می‌باشد.**



شکل ۱۱ــ۲ــ ورقه آلومینیم را به‌صورت رول می‌پیچیدند تا سطح نسبتاً زیادی را در حجم نسبتاً کم قرار دهند.

کاربرد عمده این خازن در جایی است که ظرفیت زیاد و حجم کم مدنظر باشد، در ضمن این خازن‌ها قطب‌بندی نیز شده‌اند. هنگام کاربرد این خازن حتماً باید قطب مثبت منبع ولتاژ به قطب مثبت خازن و قطب منفی خازن به قطب منفی منبع وصل شود در غیر این صورت خازن به سرعت معیوب می‌شود.

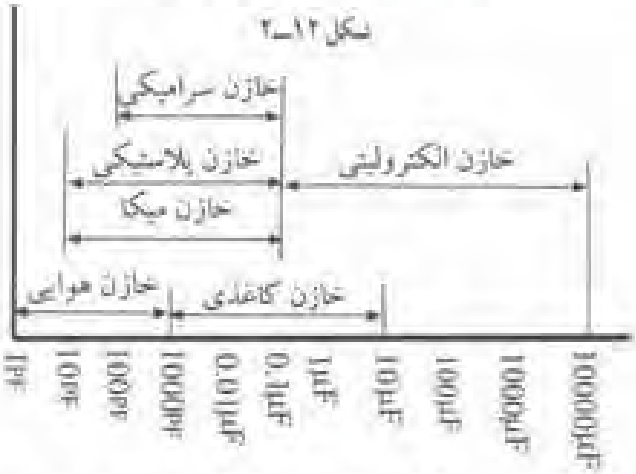
نمودار شکل ۱۳ـ۲ ظرفیت خازن‌های مختلف را به‌طور تقریبی نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال خازن‌های میکا را از ظرفیت ۱۰PF الی ۰/۱ میکروفاراد می‌سازند و یا حداقل ظرفیت یک خازن الکترولیتی ۰/۱ میکروفاراد است.



اتصال غلط خازن به ولتاژ DC

اتصال صحیح خازن به ولتاژ DC

شکل ۱۲ـ۲



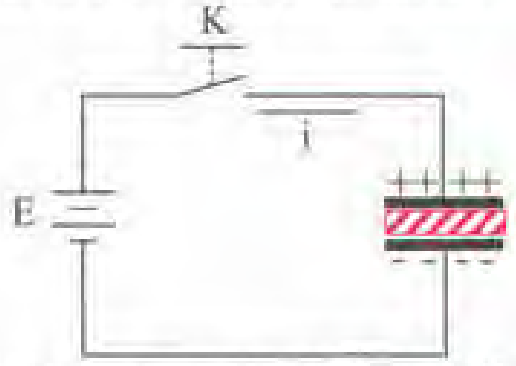
شکل ۱۳ـ۲ـ حدود ظرفیت خازن‌های مختلف که در عمل ساخته می‌شوند.

معمولاً ظرفیت هر خازن و همچنین حداکثر ولتاژ مجاز آن را بر روی بدنه خازن می‌نویسند. اگر خازن به قطب‌های ولتاژ حساس باشد (مانند خازن‌های الکترولیتی)، روی بدنه منتهی به پایه‌های خازن، قطب‌های ولتاژ (+ یا -) را نیز مشخص می‌کنند. در شکل (۱۴ـ۲) ظرفیت خازن ۰/۱ میکروفاراد و ولتاژ کار آن ۱۰۰ ولت است.

شکل ۱۴ـ۲ـ بر روی خازن‌ها ظرفیت و ولتاژ مجاز کار آن را می‌نویسند.

۳ـ۲ـ عملکرد خازن در جریان DC

وقتی خازنی را به‌طور مستقیم به یک منبع ولتاژ DC (مثلاً باتری) وصل کنیم بلافاصله انرژی الکتریکی از منبع به خازن منتقل شده و در آن ذخیره می‌شود. مقدار این انرژی بستگی به ظرفیت خازن و ولتاژ منبع دارد. لازم به یادآوری است که ولتاژ دو سر خازن با ولتاژ منبع تقریباً بلافاصله یکی می‌شود. اگر خازن را از منبع جدا کنیم ولتاژ دو سر خازن تا مدتی برابر ولتاژ منبع می‌ماند. با توجه به نوع خازن و همچنین بخاطر ایده‌آل نبودن عایق بین دو صفحه هادی، انرژی ذخیره شده به مرور زمان تخلیه می‌شود و ولتاژ دو سر خازن نیز کاهش می‌یابد.



شکل ۱۵ـ۲ـ وقتی یک خازن به یک منبع DC وصل شود انرژی الکتریکی از منبع به خازن منتقل می‌گردد و در خازن ذخیره می‌شود.

۴ــ۲ــ نحوه اندازه‌گیری ظرفیت خازن با دستگاه اندازه‌گیری LCR متر

به‌طور کلی وقتی خازنی ساخته می‌شود صرف‌نظر از ساختمان داخلی آن، بر روی بدنه خازن ظرفیت و همچنین ولتاژ کار مجاز آن را می‌نویسند و یا با کدهای رنگی ظرفیت آن را مشخص می‌کنند. ولتاژ کار مجاز خازن‌ها (Working Voltage) معمولاً ۱۰، ۱۶، ۲۵، ۳۵، ۵۰، ۶۳ و ۱۰۰ ولت است. حال اگر ظرفیت خازنی به هر دلیلی معلوم نباشد یا روی بدنه آن پاک شده باشد می‌توان با استفاده از یک دستگاه LCR متر یا دستگاه اندازه‌گیر ظرفیت خازن (به آن فارادمتر نیز گفته می‌شود) ظرفیت خازن مجهول را اندازه گرفت. برای این منظور ابتدا دو سر خازنی را که قرار است ظرفیت آن را اندازه بگیریم اتصال کوتاه می‌کنیم تا چنانچه خازن قبلاً شارژ شده دشارژ شود و سپس آن را به دستگاه LCR متر وصل می‌کنیم تا دستگاه مقدار ظرفیت را اندازه بگیرد. شکل‌های (۱۷ــ۲) و (۱۸ــ۲) نمونه‌هایی از دستگاه‌های LCR متر دستی را نشان می‌دهند.

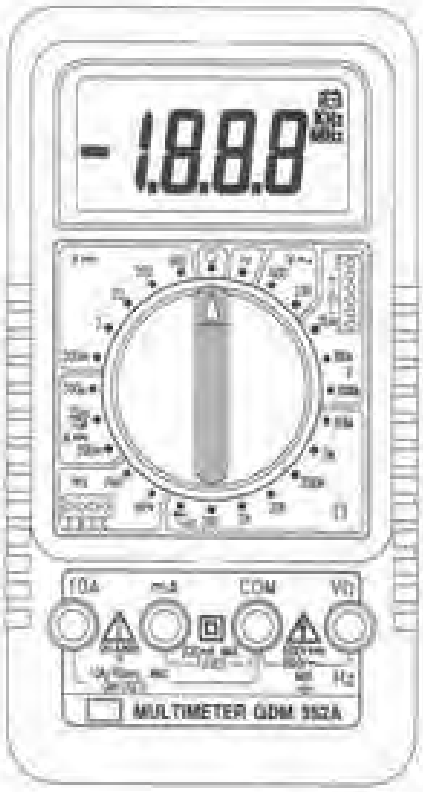
شکل ۱۶ــ۲ــ بر روی خازن‌های ساخته شده ولتاژ کار و ظرفیت خازن را می‌نویسند.

شکل ۱۷ــ۲ــ یک نمونه دستگاه LCR متر که برای اندازه‌گیری ظرفیت خازن، مقاومت اهمی و ضریب خودالقایی سلف به‌کار می‌رود.

شکل ۱۸ــ۲ــ یک نمونه دستگاه LCR متر که با آن می‌توان ظرفیت خازن را اندازه گرفت.

بعضی از آومترهای دیجیتالی که امروزه ساخته می‌شوند قادر به اندازه‌گیری ظرفیت خازن نیز هستند.

در شکل (۱۹ـ۲) یک نمونه آومتر دیجیتالی نشان داده شده که قادر است ظرفیت خازن را حداکثر تا ۲۰mF اندازه بگیرد.



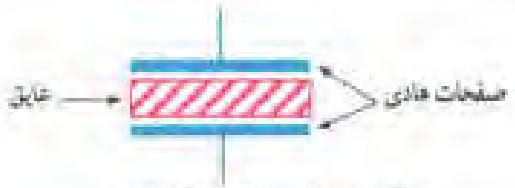
شکل ۱۹ـ۲ـ یک نمونه آومتر دیجیتالی که قادر است ظرفیت خازن را اندازه بگیرد.

۵ـ۲ـ اصول کار خازن

خازن از دو صفحه هادی تشکیل شده که بین آن‌ها عایق قرار گرفته است.

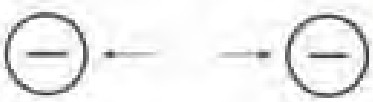
وقتی خازنی را به یک ولتاژ DC وصل کنیم در یک لحظه در مدار، جریان برقرار می‌شود. اگر حرکت الکترون‌ها را جریان درنظر بگیریم، از قطب منفی منبع ولتاژ الکترون‌ها خارج شده، و در صفحه B شکل (۲۱ـ۲) جمع می‌شوند.

بار الکتریکی الکترون‌ها منفی است و دو بار منفی یک‌دیگر را دفع می‌کنند (شکل ۲۲ـ۲).



شکل ۲۰ـ۲ـ ساختمان یک خازن

شکل ۲۱ـ۲



شکل ۲۲ـ۲ـ دو بار الکتریکی هم‌نام یک‌دیگر را دفع می‌کنند.

تجمع بارهای الکتریکی منفی در صفحه B شکل (۲۰ـ۲) باعث می‌شود تا بارهای منفی روی صفحه A دفع (شکل ۲۳ـ۲) و به قطب مثبت باتری بازگردانده شوند.

دو بار الکتریکی غیرهمنام یک‌دیگر را جذب می‌کنند (شکل ۲۴ـ۲).

هنگامی که در شکل (۲۳ـ۲)، بارهای الکتریکی منفی از صفحه A رانده شده و به منبع بازگردانده می‌شوند، در صفحه A بارهای مثبت باقی می‌مانند. لذا به‌دلیل ناهمنام بودن بارهای الکتریکی یک نیروی جاذبه بین بارهای مثبت و منفی دو صفحه A و B به‌وجود می‌آید.

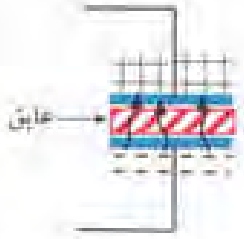
شکل ۲۳ـ۲ـ بارهای منفی جمع شده در صفحه B بارهای منفی روی صفحه A را دفع می‌کنند.

شکل ۲۴ـ۲ـ دو بار الکتریکی غیرهم‌نام یک‌دیگر را جذب می‌کنند.

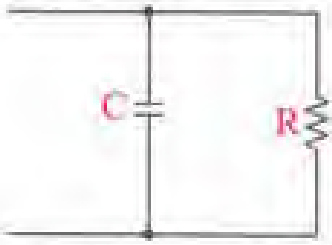
شکل ۲۵ـ۲ـ خازن در حال شارژ شدن

حال اگر منبع را از خازن جدا کنیم همچنان بارهای الکتریکی + و - روی صفحات خازن باقی می‌مانند. به این صورت در خازن انرژی ذخیره می‌شود و با وجود قطع منبع در دو سر آن همچنان ولتاژ وجود دارد. در این حالت می‌گوییم خازن شارژ یا پر شده است. اگر خازن از منبع جدا شود تا مدتی در دو سر آن ولتاژ وجود دارد یعنی انرژی ذخیره شده را نگه می‌دارد؛ ولی به مرور زمان، الکترون‌ها از طریق عایق از صفحه B به‌طرف صفحه A حرکت می‌کنند و چون عایق‌ها مطلق نیستند این اتفاق می‌افتد. اگر عایق مطلق بود خازن برای همیشه انرژی ذخیره شده در خود را حفظ می‌کرد و باعث ایجاد یک جریان بسیار ضعیف در خازن می‌شوند که به این جریان، جریان نشتی می‌گویند. این پدیده باعث از بین رفتن انرژی ذخیره شده در خازن می‌شود. مقاومت عایق بین دو صفحه هادی را که باعث جریان نشتی می‌شود می‌توان به‌صورت یک مقاومت موازی با خازن نشان داد. شکل (۲۸ـ۲) مدار معادل تقریبی یک خازن واقعی را نشان می‌دهد.

شکل ۲۶ـ۲ـ وقتی منبع از خازن جدا شود انرژی ذخیره شده در خازن همچنان باقی می‌ماند.



شکل ۲۷ـ۲ـ الکترون‌ها از صفحه B از طریق عایق به صفحه A می‌روند (به‌دلیل نیروی جاذبه بین دو بار الکتریکی غیرهمنام)



شکل ۲۸ـ۲ـ مدار معادل خازن

۶ــ۲ــ روابط بین ولتاژ، جریان و بار الکتریکی در یک خازن

در یک خازن بار الکتریکی ذخیره شده بستگی به ظرفیت و ولتاژ دو سر آن دارد. در یک خازن، همواره رابطه‌ی $Q = C.V$ صادق است.

Q = بار الکتریکی ذخیره شده برحسب کولمب (کولن)

C = ظرفیت خازن برحسب فاراد

V = ولتاژ دو سر خازن برحسب ولت

همچنین بار الکتریکی ذخیره شده در یک خازن به مقدار جریانی که آن را شارژ (پُر) می‌کند و به مدت زمان شارژ بستگی دارد.

به عبارت دیگر $Q = I.t$

Q = بار الکتریکی ذخیره شده برحسب کولمب

I = جریان الکتریکی شارژ خازن برحسب آمپر

t = زمان شارژ برحسب ثانیه

مثال : در یک خازن ۳۳ میکروکولمب بار الکتریکی ذخیره شده است. اگر ولتاژ دو سر خازن ۱۰ V باشد ظرفیت آن چقدر بوده است؟

حل:

$$Q = C.V$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{۰/۰۰۰۰۳۳}{۱۰} = ۰/۰۰۰۰۰۰۳۳ \text{ F}$$

$$C = ۰/۰۰۰۰۰۰۳۳ \times ۱۰۰۰۰۰۰ = ۳/۳ \mu\text{F}$$

۷ــ۲ــ ثابت زمانی و روش محاسبه آن در شارژ و دشارژ خازن

اگر یک مدار شامل یک مقاومت اهمی و یک خازن را که به‌صورت سری بسته شده‌اند به یک منبع ولتاژ DC وصل کنیم، خازن فوراً شارژ (پُر) نمی‌شود بلکه به مرور زمان شارژ می‌شود. زمان شارژ بستگی به مقدار R و C دارد. همچنین اگر پایه‌های یک خازن شارژ شده را به‌وسیله‌ی یک مقاومت اهمی به یکدیگر وصل کنیم (شکل ۳۰ــ۲)، خازن به یک‌باره دشارژ (خالی) نمی‌شود بلکه مدت زمانی طول می‌کشد تا خازن دشارژ شود. این زمان نیز بستگی به مقدار R و C دارد.

شکل ۲۹ــ۲ــ در این مدار خازن فوراً شارژ نمی‌شود بلکه به آرامی (طی یک مدت زمان) شارژ می‌شود.

در شکل‌های (۲ـ۲۹) و (۲ـ۳۰) حاصل‌ضرب R در C را ثابت زمانی می‌نامند و با حرف τ (تاو) نشان می‌دهند یعنی :

$$\tau = RC$$

τ = ثابت زمانی برحسب ثانیه

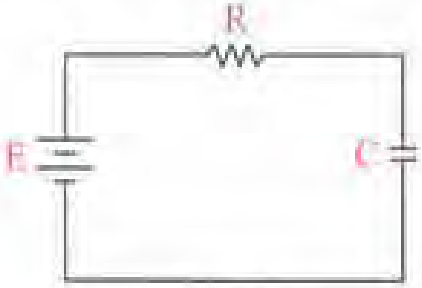
R = مقاومت اهمی سری شده با خازن

C = ظرفیت خازن برحسب فاراد

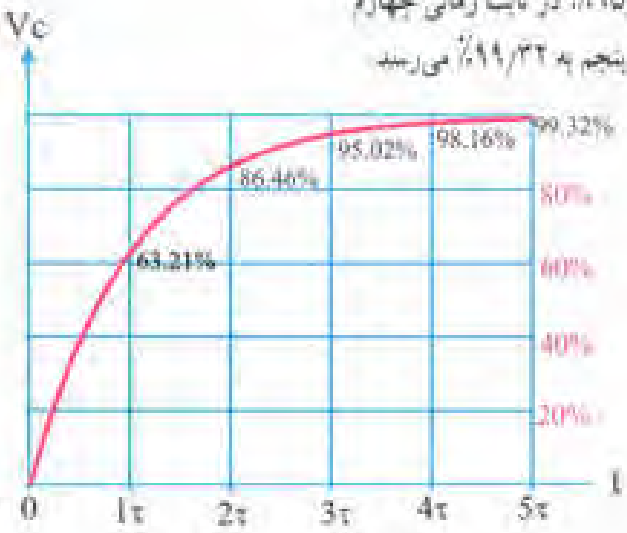
در مدار شکل (۲ـ۳۱)، رابطه‌ی شارژ خازن، یک رابطه خطی نیست، بلکه به‌صورت نمایی است.

خازن در مدار شکل (۲ـ۳۱) تقریباً بعد از ۵ ثابت زمانی به‌طور کامل شارژ می‌شود (بیش از ۹۹/۳٪). شکل (۲ـ۳۲) منحنی شارژ خازن را نشان می‌دهد. روی منحنی به‌ازای هر ثابت زمانی، درصدی که خازن شارژ می‌شود مشخص شده است. شکل (۲ـ۳۳) منحنی دشارژ خازن را نشان می‌دهد. در ثابت زمانی اول ولتاژ دو سر خازن ۶۳/۲۱٪ کم می‌شود. کاهش ولتاژ در ثابت زمانی دوم به ۸۶/۴۶٪، در ثابت زمانی سوم به ۹۵/۰۲٪، در ثابت زمانی چهارم به ۹۸/۱۶٪ و بالاخره در ثابت زمانی پنجم به ۹۹/۳۲٪ می‌رسد.

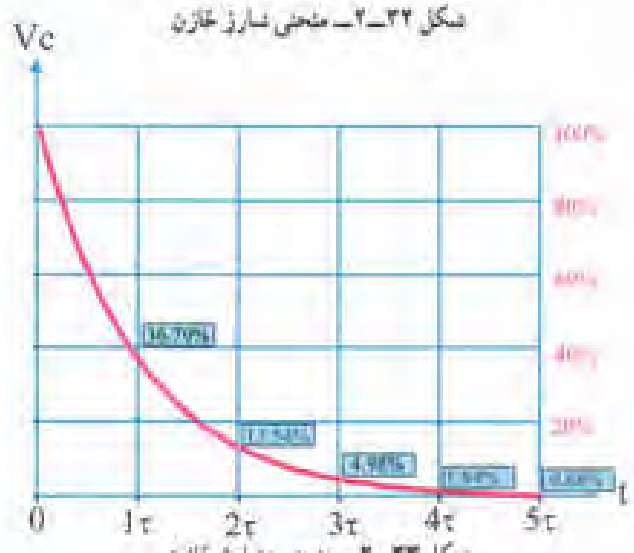
شکل ۲ـ۳۰ـ در این مدار خازن به یک بار خالی نمی‌شود بلکه به مرور زمان خالی می‌شود که این زمان بستگی به مقدار R و C دارد.



شکل ۲ـ۳۱



شکل ۲ـ۳۲ـ منحنی شارژ خازن

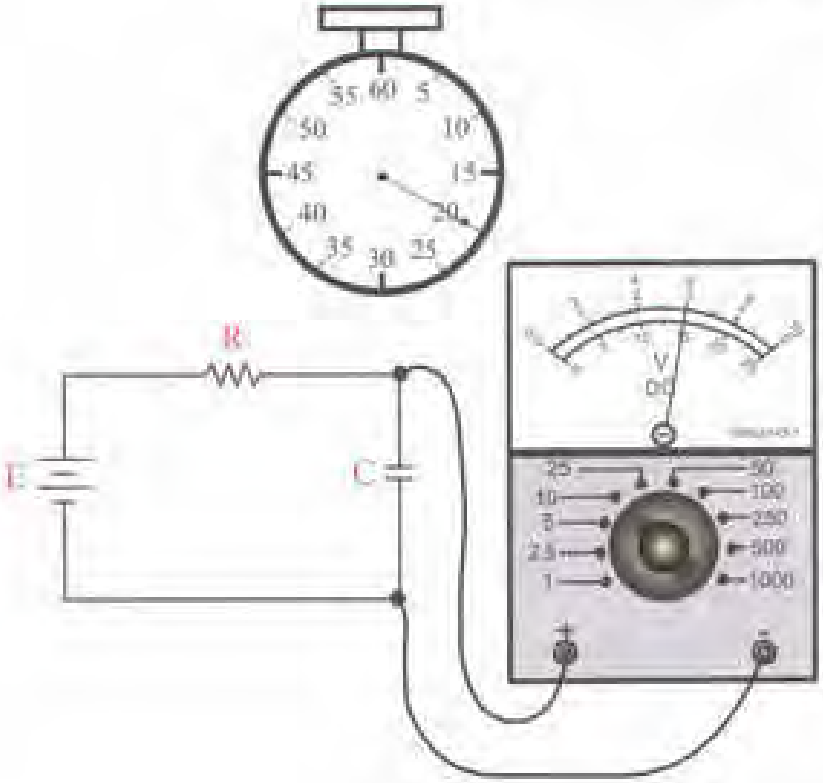


شکل ۲ـ۳۳ـ منحنی دشارژ خازن

۸ـ۲ـ آزمایش شماره (۱)

ـ ثابت زمانی مدار RC سری (حالت شارژ)

۱ـ۸ـ۲ـ هدف آزمایش: اندازه‌گیری ثابت زمانی یک مدار RC سری در حالت شارژ



۲ـ۸ـ۲ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک مدار RC سری را می‌بندید و به کمک کرنومتر و ولت‌متر مقدار ولتاژ شارژ شده طی مدت یک (RC) تا ۵ ثابت زمانی را اندازه می‌گیرید تا به مفهوم ثابت زمانی عملاً آشنا شوید.

۳ـ۸ـ۲ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ کرنومتر	یک دستگاه
۲ـ ولت‌متر DC	یک دستگاه
۳ـ منبع تغذیه ۱۵ V ـ	یک دستگاه
۴ـ مقاومت ۱MΩ	یک عدد
۵ـ خازن ۲۵V ـ ۱۰μF	یک عدد
۶ـ سیم دو سر گیره‌دار ۴۰cm	چهار رشته
۷ـ سیم یک سر گیره‌دار ۴۰cm	چهار رشته
۸ـ سیم بدون گیره (معمولی) ۴۰cm	چهار رشته

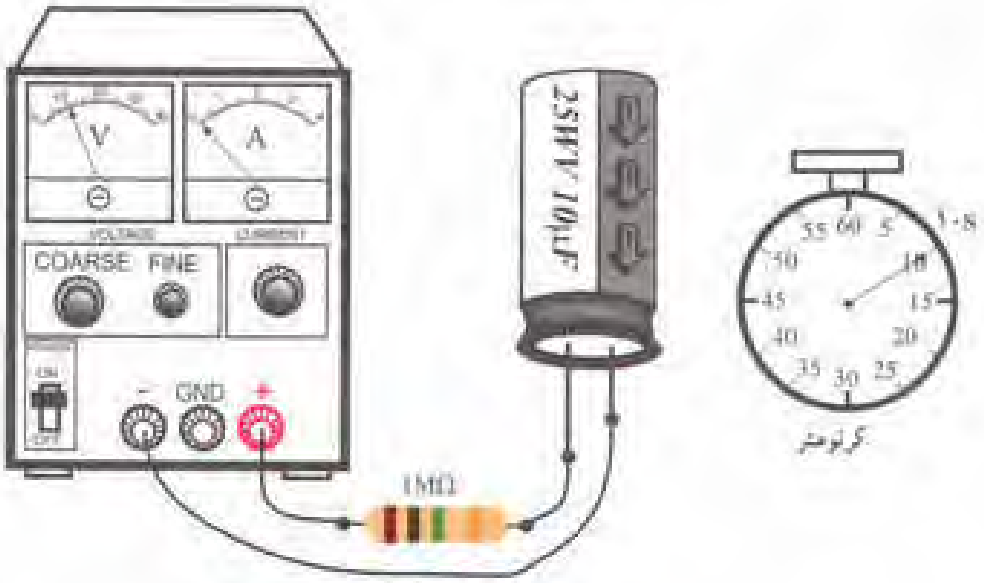
۴ـ۸ـ۲ـ مراحل اجرای آزمایش: اندازه‌گیری ثابت زمانی یک مدار RC سری در حالت تخلیه

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ دو سر خازن را یک لحظه اتصال کوتاه کنید تا اگر قبلاً در آن ولتاژی وجود داشته باشد (شارژ شده باشد) کاملاً تخلیه شود (شکل ۳۴ـ۲).

■ مدار شکل (۳۵ـ۲) را ببندید.

شکل ۳۴ـ۲ـ قبل از استفاده، خازن جهت تخلیه آن، چند لحظه دو پایه آن را به کمک یک مقاومت ۱۰ Ω به هم اتصال کوتاه کنید. W۷ علامت ولتاژ کار (Working volt) است.



کرنومتر

شکل ۳۵ـ۲

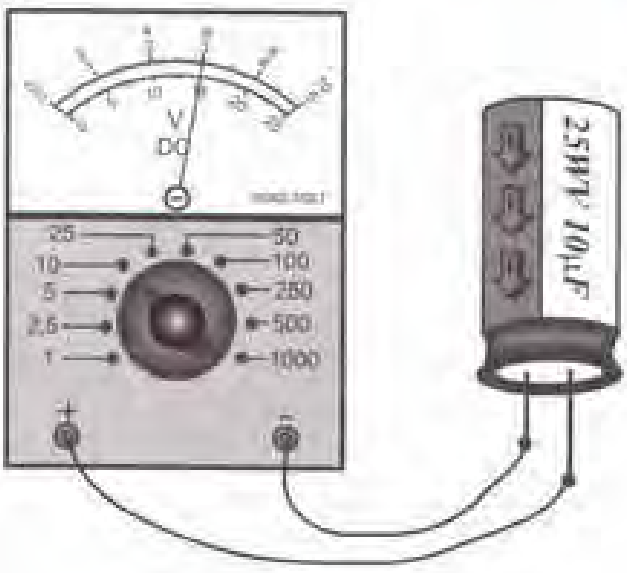
■ منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و رنج کلید ولت‌متر را نیز روی ۱۰۷ قرار دهید.

■ کرنومتر را آماده کنید.

■ به محض وصل سیم مدار به منبع تغذیه، کرنومتر را فعال کنید تا زمان را محاسبه کند.

■ به محض اینکه کرنومتر ۱۰۵ (در حقیقت یک ثابت زمانی) را نشان داد، بلافاصله سیم وصل شده به منبع تغذیه را قطع کرده، خازن را از مدار جدا کنید.

■ بلافاصله ولتاژ دو سر آن را با ولت‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



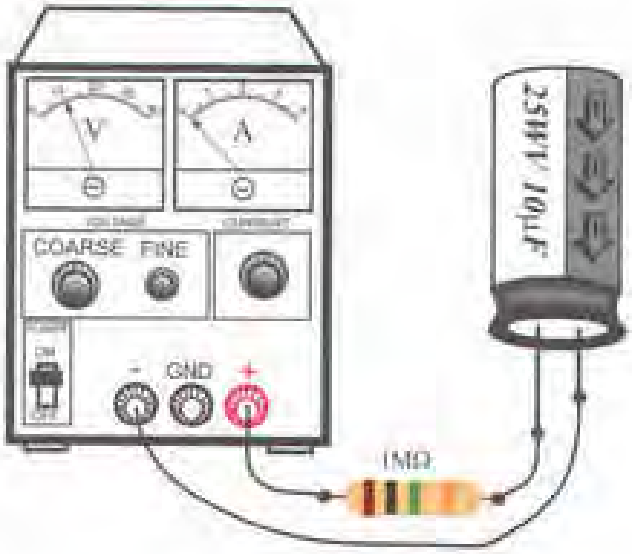
شکل ۳۶ـ۲

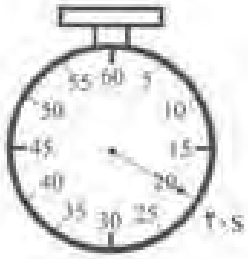
$T_1 = 10S \quad V_C = \quad V$

■ مجدداً دو سر خازن را یک لحظه به کمک یک مقاومت ۱۰kΩ اتصال کوتاه کنید تا خازن کاملاً دشارژ شود.

■ مجدداً مدار شکل (۲۸ـ۲) را با خازن کاملاً دشارژ شده ببندید.

شکل ۲۷ـ۲





کرنومتر

شکل ۲۸ـ۲

■ منبع تغذیه را دقیقاً روی ۱۰ ولت تنظیم کنید.

■ کرنومتر را صفر کنید و به محض اتصال سیم به منبع تغذیه، کرنومتر را فعال کنید تا زمان را محاسبه کند.

■ پس از ۲۰ ثانیه (در حقیقت دو ثابت زمانی) بلافاصله سیم منبع تغذیه را قطع کنید.

■ خازن را از مدار جدا کنید و ولتاژ دو سر آن را با ولت‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$T_2 = 20S \quad V_C = \quad V$

■ مراحل فوق را برای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ثانیه تکرار کنید. هر بار پس از اندازه‌گیری ولتاژ دو سر خازن، خازن را دشارژ کنید.

■ مقادیر اندازه‌گیری شده را یادداشت کنید.

$T_3 = 30S \quad V_C = \quad V$

$T_4 = 40S \quad V_C = \quad V$

$T_5 = 50S \quad V_C = \quad V$

پاسخ دهید: آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیری که قبلاً به‌صورت تئوری خوانده‌اید تطبیق دارد؟ توضیح دهید.

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۷ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۸ـ۲ـ خلاصه آزمایش: آنچه در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

.....

.....

.....

۶ـ۸ـ۲ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از آزمایش‌ها را در چند جمله بیان کنید.

.....

.....

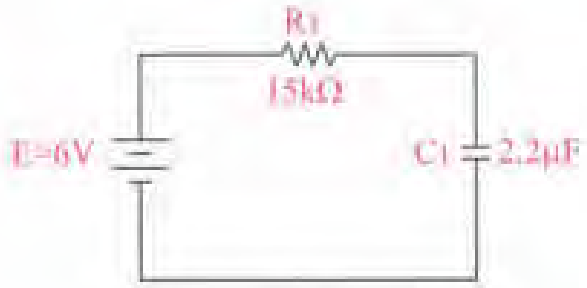
.....

۷ـ۸ـ۲ـ آزمون: در شکل (۳۹ـ۲)، بعد از سه ثابت زمانی ولتاژ دو سر خازن چند ولت می‌شود؟

.....

.....

.....



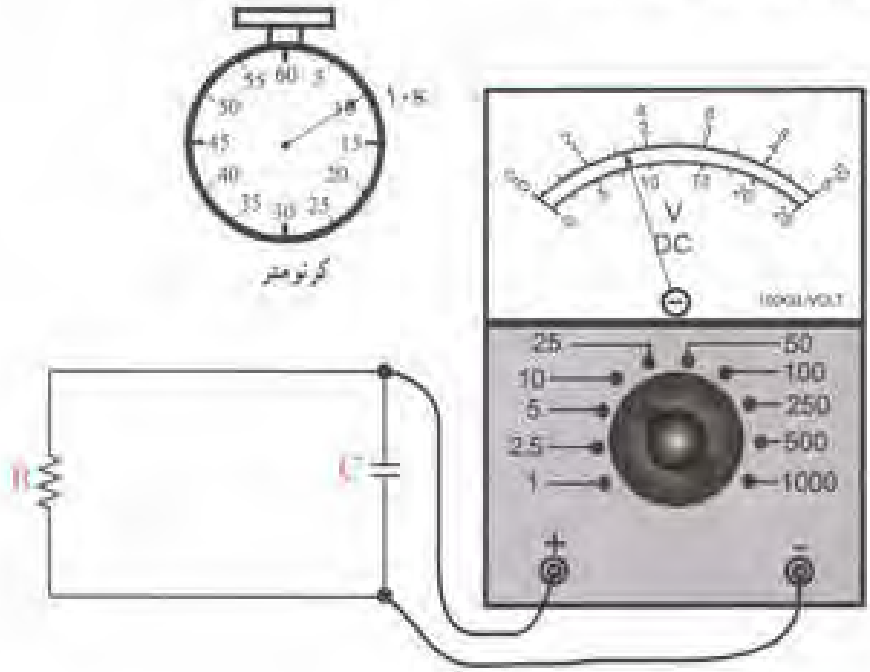
شکل ۳۹ـ۲

۹ــ۲ــ آزمایش شماره (۲)

ثابت زمانی مدار RC سری (حالت دشارژ)

۱ــ۹ــ۲ــ هدف آزمایش: اندازه‌گیری ثابت زمانی یک مدار RC سری در حالت دشارژ

۲ــ۹ــ۲ــ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک مدار RC سری را می‌بندید و به کمک کرنومتر و ولت‌متر ولتاژ دشارژ شده طی یک تا ۵ ثابت زمانی (۱RC تا ۵RC) را اندازه می‌گیرید تا عملاً با مفهوم ثابت زمانی آشنا شوید.



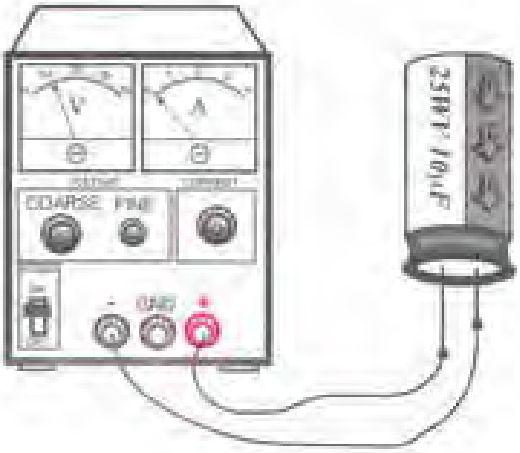
کرنومتر

۳ــ۹ــ۲ــ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ــ کرنومتر	یک دستگاه
۲ــ ولت متر DC	یک دستگاه
۳ــ منبع تغذیه ۱۵V ــ	یک دستگاه
۴ــ مقاومت ۱MΩ	یک عدد
۵ــ خازن ۱۰μF ــ ۱۵V	یک عدد
۶ــ سیم دو سر گیره‌دار ۴ cm	چهار رشته
۷ــ سیم یک سر گیره‌دار ۴ cm	چهار رشته
۸ــ سیم بدون گیره (معمولی) ۴ cm	چهار رشته

۴ـ۹ـ۲ـ مراحل اجرای آزمایش: اندازه‌گیری ثابت زمانی یک مدار RC سری در حالت دشارژ (تخلیه)

- ابتدا وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید.
- خازن را به منبع تغذیه وصل کنید (شکل ۴ـ۴۰) هنگام وصل خازن به منبع تغذیه حتماً قطب مثبت خازن را به قطب مثبت منبع تغذیه و قطب منفی آن را به قطب منفی منبع تغذیه وصل کنید.



شکل ۴۰ـ۲

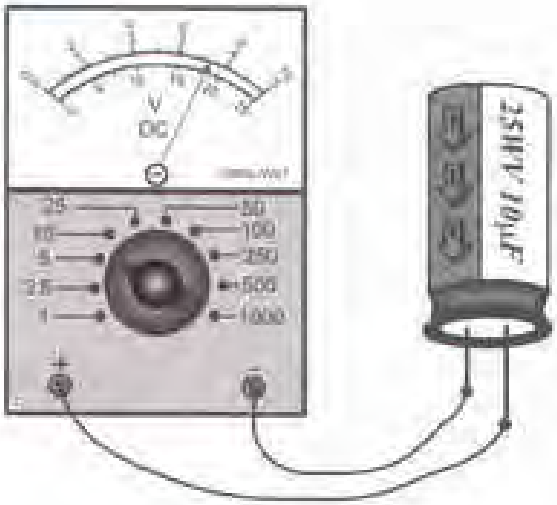
- کرنومتر را صفر کنید و آماده نگه دارید.
- خازن را از منبع تغذیه جدا کنید.
- مدار شکل (۴۱ـ۲) را ببندید. به محض اتصال، کرنومتر را فعال کنید تا زمان را محاسبه کند.
- پس از ۱۰ ثانیه مقاومت را از خازن جدا کنید.

شکل ۴۱ـ۲

- ولتاژ دو سر خازن را با ولت‌متر اندازه بگیرید (شکل ۴۲ـ۲) و یادداشت کنید.

$T_1 = ۱۰S \qquad V_c = \quad V$

- مجدداً منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید.



شکل ۴۲ـ۲

■ خازن را با رعایت قطب مثبت و منفی مانند شکل (۴۰ـ۲) به منبع تغذیه وصل کنید و صبر کنید تا به‌طور کامل (۱۰۷) شارژ (پر) شود.

■ خازن را از منبع تغذیه جدا و کرنومتر را صفر و آماده کنید.

■ مقاومت ۱MΩ را با خازن مانند شکل (۴۱ـ۲) موازی کنید و بلافاصله کرنومتر را فعال کنید تا زمان را محاسبه کند.

■ پس از ۲۰ ثانیه (دو ثابت زمانی) خازن را از مدار جدا کنید و ولتاژ دو سر آن را مانند شکل (۴۲ـ۲) اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$T_۲ = ۲۰S \quad V_C =$ V

■ اندازه‌گیری‌های فوق را برای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ثانیه تکرار کنید و مقادیر را یادداشت کنید.

$T_۳ = ۳۰S \quad V_C =$ V

$T_۴ = ۴۰S \quad V_C =$ V

$T_۵ = ۵۰S \quad V_C =$ V

پاسخ دهید: آیا کاهش مقدار ولتاژ دو سرخازن (دشارژ) با روابط دشارژ که قبلاً به صورت تئوری خوانده‌اید دقیقاً یکی است؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۷ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۹ـ۲ـ خلاصه آزمایش: آنچه در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

.....

.....

۶ـ۹ـ۲ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از آزمایش‌ها را در چند جمله بیان کنید.

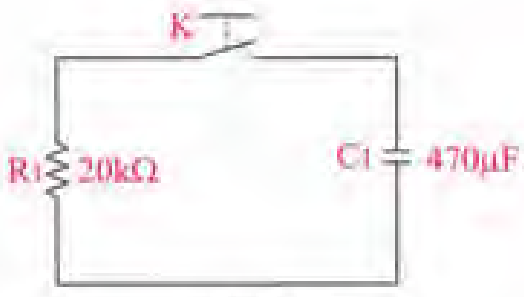
.....

.....

۷ـ۹ـ۲ـ آزمون: در شکل (۴۳ـ۲) ولتاژ دو سر خازن به اندازه ۱۵ ولت است. اگر کلید را وصل کنیم، پس از سه ثابت زمانی ولتاژ دو سر خازن چند ولت می‌شود؟

.....

.....



شکل ۴۳ـ۲

۱۰ـ۲ـ اندازه‌گیری ظرفیت خازن با استفاده از روش ثابت زمانی

اگر یک خازن را با یک مقاومت سری و به یک منبع ولتاژ وصل کنیم، خازن شروع به شارژ شدن می‌کند. به‌ازای گذشت یک ثابت زمانی (τ)، ولتاژ دو سر خازن به اندازه ۶۳/۲۵ درصد ولتاژ منبع می‌شود (شکل ۴۴ـ۲).

مثال: ولتاژ منبع $E=10V$ و مقاومت سری شده با خازن $100k\Omega$ است. پس از ۵ ثانیه ولتاژ دو سر خازن به ۶/۳۲۵ ولت (۶۳/۲۵ درصد ولتاژ منبع) می‌رسد. به کمک رابطه $\tau=RC$ مقدار C را به‌دست آورید (شکل ۴۵ـ۲).

حل:

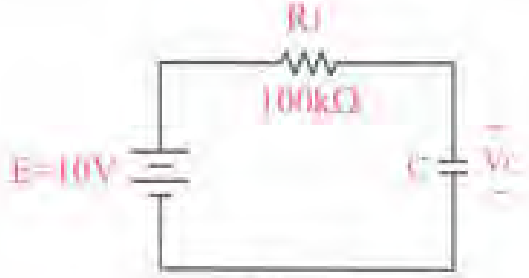
$$\tau = 5 \text{ ثانیه}$$

$$R = 100k$$

$$\tau = RC \Rightarrow C = \frac{\tau}{R} = \frac{5}{100000} = 0/00005F$$

$$C = 50\mu F$$

شکل ۴۴ـ۲ـ بعد از گذشت یک ثابت زمانی ولتاژ دو سر خازن به اندازه ۰/۶۳۲۵E می‌شود.

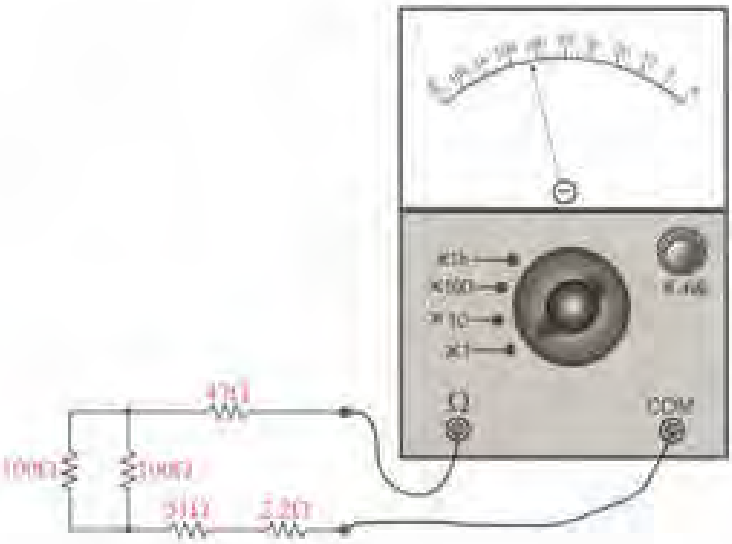


شکل ۴۵ـ۲

۱۱ـ۲ـ آزمایش شماره (۳)

اندازه‌گیری ظرفیت خازن با استفاده از روش ثابت زمانی

۱ـ۱۱ـ۲ـ هدف آزمایش: به‌دست آوردن ظرفیت یک خازن نامشخص با استفاده از ثابت زمانی شارژ.



۲ـ۱۱ـ۲ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما با اندازه‌گیری زمان شارژ خازن به اندازه یک ثابت زمانی ظرفیت خازن را به‌دست خواهید آورد.

۳ـ۱۱ـ۲ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اَوومتر دیجیتالی	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه ۱۵V—	یک دستگاه
۳ـ مقاومت ۱۰kΩ	یک عدد
۴ـ خازن ۱۶V—۴۷μF	یک عدد
۵ـ کرنومتر یا هر نوع تایمر دقیق	یک عدد
۶ـ سیم رابط دو سر گیره‌دار	چهار رشته
۷ـ سیم رابط یک سر گیره‌دار	چهار رشته

۴ـ۱۱ـ۲ـ مراحل اجرای آزمایش: به‌دست آوردن ظرفیت یک خازن نامشخص با استفاده از ثابت زمانی شارژ

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- به کمک یک مقاومت ۱۰kΩ دو سر خازن را مطابق شکل (۴۶ـ۲) اتصال کوتاه کنید تا کاملاً دشارژ شود.

شکل ۴۶ـ۲

■ مداری مطابق شکل (۲۷ـ۲) ببندید.

■ قبل از وصل سیم منبع تغذیه، منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید.

■ رنج کلید سلکتور اُوومتر دیجیتالی را روی ولتاژ DC قرار دهید.

■ کرنومتر را آماده کنید و به محض اینکه سیم منبع تغذیه را وصل کردید، با کرنومتر زمان را محاسبه کنید تا ولت‌متر ولتاژ ۶/۳۲۵ ولت را نشان دهد، در این هنگام بلافاصله کرنومتر را قطع و زمان ثبت شده روی آن را یادداشت کنید.

$T =$ S

■ زمان فوق مربوط به یک ثابت زمانی است زیرا در این زمان خازن به اندازه ۶۳/۲۵ درصد ولتاژ منبع، شارژ شده است بنابراین:

$$\tau = RC$$

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{\text{(مقدار زمان اندازه‌گیری شده توسط کرونومتر)}}{۲/۲۰۰۰۰۰۰} \times ۱۰۰۰۰۰۰ = \mu F$$

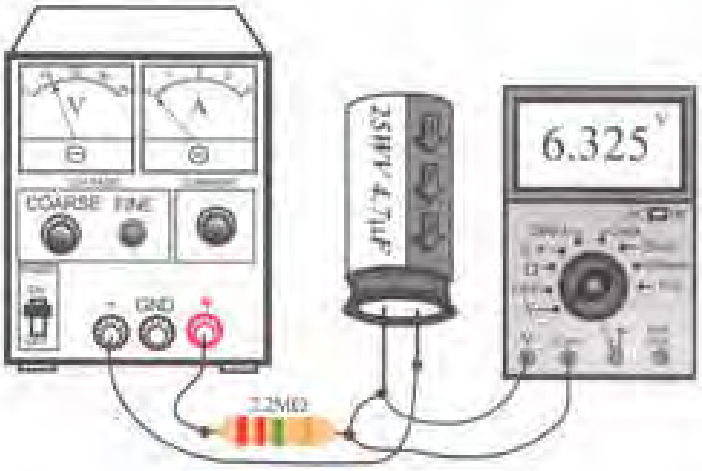
پاسخ دهید: آیا مقدار ظرفیت خازن به‌دست آمده از روش فوق، با مقداری که روی بدنه خازن نوشته شده یکی است؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۷ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۱۱ـ۲ـ **خلاصه آزمایش:** آنچه در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۶ـ۱۱ـ۲ـ **نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از آزمایش‌ها را در چند جمله بیان کنید.

۷ـ۱۱ـ۲ـ **آزمون:** در شکل (۲۸ـ۲) بعد از ۶ ثانیه، ولتاژ دو سر خازن برابر ۳/۱۶۲۵۷ شده است. ظرفیت خازن را به‌دست آورید.



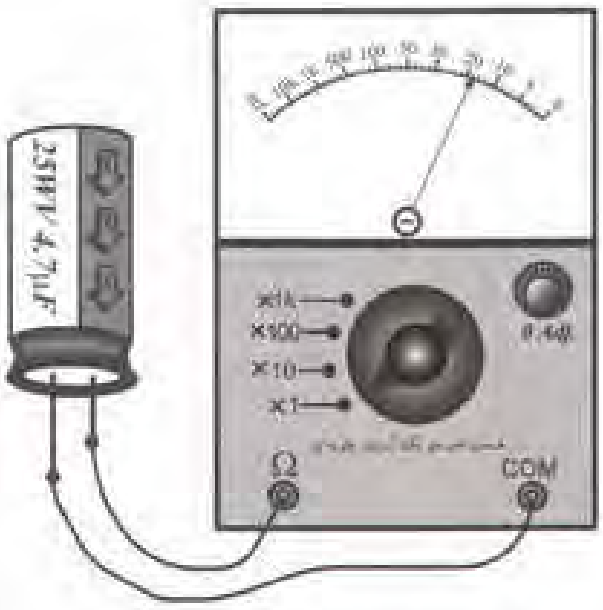
شکل ۲۷ـ۲

شکل ۲۸ـ۲

۱۲ــ۲ــ روش آزمایش سلامت خازن با اهم‌متر عقربه‌ای

با استفاده از اهم‌متر عقربه‌ای تا حدودی می‌توان به سالم یا معیوب بودن خازن پی‌برد. برای این کار ابتدا پایه‌های خازن را به هم اتصال کوتاه کنید تا خازن در صورت شارژ احتمالی کاملاً دشارژ شود (شکل ۴۹ــ۲). سپس رنج کلید سلکتور اهم‌متر را در حالت X۱ قرار داده و خازن را به آن وصل کنید. (شکل ۵۰ــ۲). اگر خازن سالم باشد عقربه‌ی اهم‌متر ابتدا مقداری منحرف شده و سپس برمی‌گردد تا در مکان اولیه خود قرار بگیرد. اگر عقربه کوچکترین انحرافی نداشت به احتمال زیاد خازن معیوب شده است. اگر عقربه حرکت کرد و روی یک عدد ثابتی ایستاد در این حالت حتماً خازن معیوب است. لازم به تذکر است که آزمایش فوق برای خازن‌های عددی ممکن است صادق نباشد.

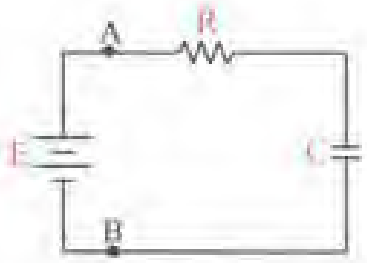
شکل ۴۹ــ۲



شکل ۵۰ــ۲

۱۳ـ۲ـ تجزیه و تحلیل مدار RC سری و موازی در ولتاژ DC

۱ـ۱۳ـ۲ـ تجزیه و تحلیل مدار RC سری در ولتاژ DC



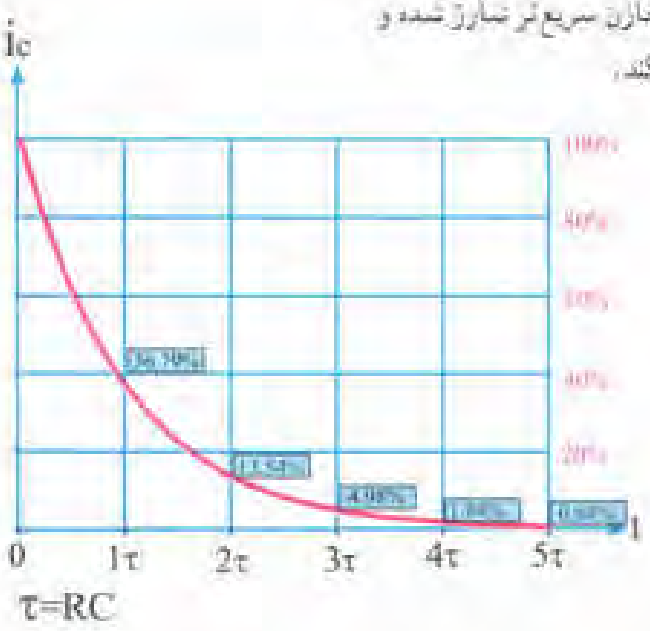
شکل ۵۱ـ۲

DC: اگر مدار RC سری، به ولتاژ DC وصل شود ابتدا جریانی از مدار عبور خواهد کرد که باعث شارژ خازن خواهد شد و سپس به تدریج جریان در مدار کم شده و تقریباً به صفر می‌رسد.

کم شدن جریان در مدار به صورت منحنی شکل (۵۲ـ۲) است. بعد از مدت زمان ۵τ(۵RC) جریان در مدار تقریباً صفر می‌شود.

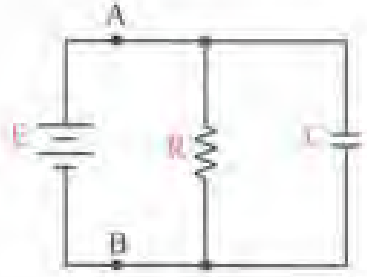
مقاومت دیده شده از دو نقطه A و B بعد از پنج ثابت زمانی تقریباً بی‌نهایت است.

هرقدر مقدار R کمتر باشد خازن سریع‌تر شارژ شده و جریان سریع‌تر به‌سمت صفر میل می‌کند.



شکل ۵۲ـ۲ـ منحنی جریان شارژ خازن

۲ـ۱۳ـ۲ـ تجزیه و تحلیل مدار RC موازی در ولتاژ DC



شکل ۵۳ـ۲

DC: اگر یک مدار RC موازی به یک منبع ولتاژ DC وصل شود خازن بلافاصله شارژ شده و جریان مقاومت، ثابت و برابر $\frac{E}{R}$ خواهد بود. تغییرات R هیچ تأثیری در شارژ خازن ندارد. همچنین جریانی که از مقاومت عبور می‌کند ثابت بوده و شارژ خازن نیز تأثیری روی جریان $\frac{E}{R}$ ندارد. مقاومت دیده شده از دو نقطه A و B در شکل (۵۳ـ۲) برابر R می‌باشد. اگر منبع را از مدار باز کنید خازن در مقاومت R تخلیه (دشارژ) می‌شود.

۱۴ـ۲ـ پرسش و تمرین(۱)

۱ـ ظرفیت خازن و واحد آن را تعریف کنید.

۲ـ ظرفیت خازن به کدام عوامل بستگی دارد؟

۳ـ ساختمان خازن را به‌طور کامل شرح دهید.

۴ـ در یک خازن ۰/۰۱ میلی کولمب بار الکتریکی ذخیره شده است. اگر ظرفیت خازن ۱۰۰pF باشد ولتاژ دو سر خازن چند ولت است؟

۵ـ ساختمان داخلی یک خازن کاغذی را شرح دهید.

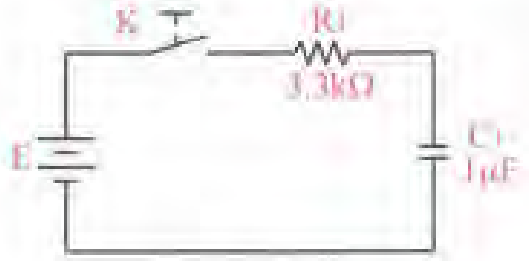
۶ـ ظرفیت خازن‌های سرامیکی در کدام محدوده قرار دارد؟

۷ـ چرا ظرفیت خازن‌های الکترولیتی خیلی بالاست؟

۸ـ اگر یک خازن را به یک ولتاژ DC وصل کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟

۹ـ چگونه می‌توان ظرفیت یک خازن را اندازه گرفت؟

۱۰ـ در شکل (۵۴ـ۲) پس از بسته شدن کلید K چند میلی‌ثانیه طول می‌کشد تا ولتاژ دو سر خازن به ۰/۸۶ ولتاژ منبع (E) برسد؟

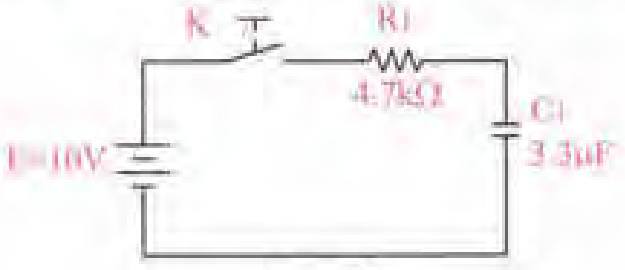


شکل ۵۴ـ۲

۱۱ـ در شکل (۵۵ـ۲) بعد از بسته شدن کلید K پس از چند ثانیه ولتاژ دو سر خازن کمتر از ۰/۱ ولت می‌شود؟ خازن قبلاً به اندازه ۱۰V شارژ شده است.

شکل ۵۵ـ۲

۱۲ـ در شکل (۵۶ـ۲) بعد از بسته شدن کلید، شکل تقریبی جریان شارژ خازن را رسم کنید.



شکل ۵۶ـ۲

ب ــ توانایی اندازه‌گیری و محاسبه ضریب خودالقا در جریان مستقیم

۱۵ــ۲ــ ساختمان سلف (اجزای تشکیل‌دهنده)

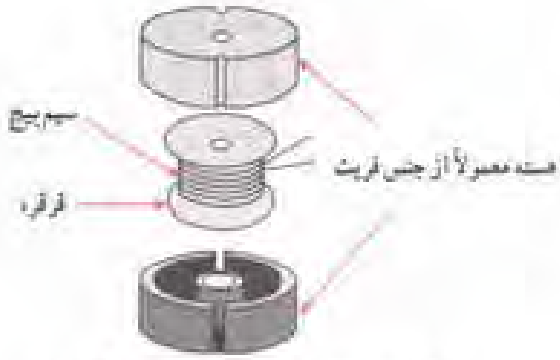
سلف عنصری است که انرژی الکتریکی را به صورت میدان مغناطیسی در خود ذخیره می‌کند. یک سلف معمولاً از سه قسمت تشکیل می‌شود :

ــ قرقره سیم‌پیچی

ــ سیم‌پیچ یا تعدادی دور سیم

ــ هسته

در شکل (۵۷ــ۲) اجزای یک سلف معمولی نشان داده شده است.



شکل ۵۷ ــ۲ــ اجزای تشکیل دهنده یک سلف

لازم به یادآوری است که یک سلف می‌تواند قرقره سیم‌پیچی و هسته نداشته باشد و فقط از چند دور سیم تشکیل شده باشد شکل (۵۸ــ۲).

شکل ۵۸ ــ۲ــ چند دور سیم معمولی نیز یک سلف محسوب می‌شود.

بنابراین یک سلف می‌تواند با هسته یا بدون هسته باشد. در شکل (۵۹ــ۲) علامت قراردادی انواع سلف (با هسته و بدون هسته) نشان داده شده است.

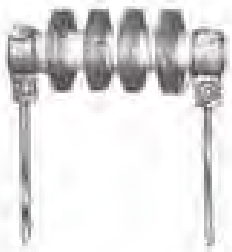
شکل ۵۹ ــ۲ــ علامت قراردادی سلف‌ها

سلف‌ها در عمل در محدوده وسیعی از ابعاد و سایر مشخصات الکتریکی آن ساخته می‌شوند و در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی کاربرد وسیعی دارند.

در شکل (۶۰ــ۲)، نمونه‌هایی از سلف‌های کوچک که در الکترونیک کاربرد دارند نشان داده شده است.

شکل ۶۰ ــ۲ــ نمونه‌هایی از انواع سلف‌های کوچک

در سلف‌های کوچک، سیم‌پیچ‌ها را معمولاً بر روی کاغذ مستحکم که به‌صورت لوله درآمده است می‌پیچند و سپس آن را به چسب مخصوص (شارلاک) آغشته می‌کنند تا سلف به صورت یک پارچه و محکم درآید. شکل (۶۱ـ۲) یک نمونه از این سلف را نشان می‌دهد.



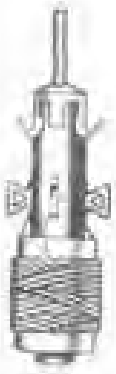
شکل ۶۱ـ۲ـ یک نمونه سلف کوچک بدون هسته

سلف‌های کمی بزرگ‌تر، حتماً نیاز به هسته دارند. در شکل (۶۲ـ۲) یک نمونه سلف با هسته نشان داده شده است.

در الکترونیک و مخابرات، جنس هسته معمولاً از فریت است.

شکل ۶۲ـ۲ـ یک نمونه سلف با هسته

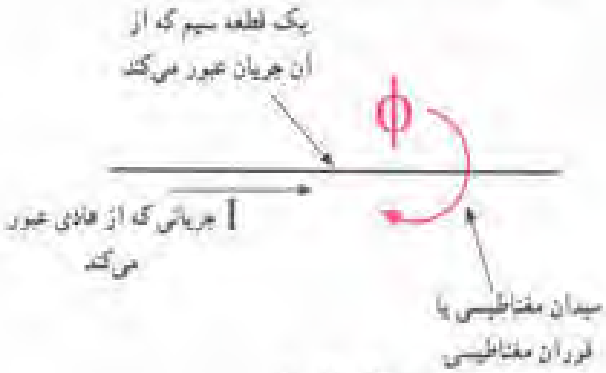
بعضی از سلف‌ها نیز دارای هسته متحرک هستند. از جمله سلف‌های کوچکی که در ساختمان رادیو و تلویزیون به‌کار می‌روند دارای یک هسته متحرک می‌باشند. در شکل (۶۳ـ۲) یک نمونه سلف با هسته‌ی متحرک نشان داده شده است.



شکل ۶۳ـ۲ـ یک نمونه سلف کوچک با هسته متغیر

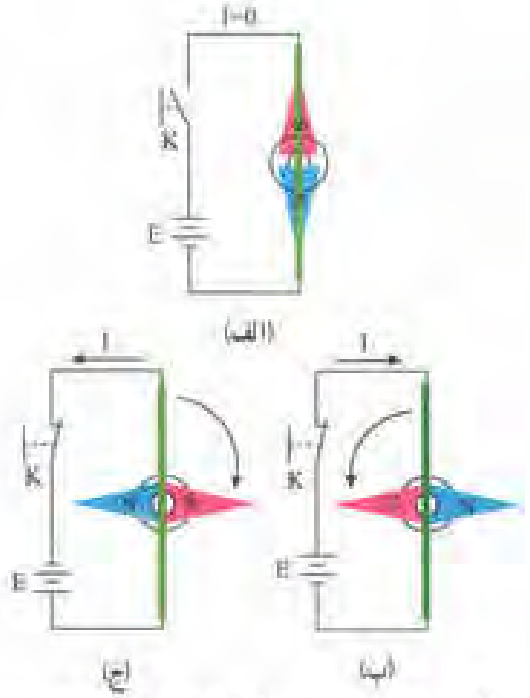
۱۶ـ۲ـ ضریب خودالقایی سلف

یکی از پارامترهای بسیار مهم یک سلف، ضریب خودالقایی سلف یا اندوکتانس سلف است که راجع به آن بحث خواهد شد. اگر از یک سیم یا یک هادی، جریانی عبور کند، اطراف این سیم یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. شکل (۶۴ـ۲) این میدان



شکل ۶۴ـ۲

را نشان می‌دهد. این میدان با چشم مشاهده نمی‌شود ولی اثر آن را با یک قطب‌نمای ساده می‌توان مشاهده نمود. شکل (۶۵ـ۲)، اثرات این میدان را روی حرکت قطب‌نما نشان می‌دهد.



(الف) (ب) (ج)

الف ــ اگر از سیم جریانی عبور نکند، قطب‌نما منحرف نمی‌شود. یعنی میدان مغناطیسی اطراف سیم وجود ندارد.

ب ــ اگر از سیم جریان عبور کند، میدان اطراف باعث انحراف عقربه قطب‌نما می‌شود.

ج ــ اگر جهت جریان عوض شود، جهت میدان نیز عوض خواهد شد و قطب‌نما در جهت خلاف حالت (ب) منحرف می‌شود.

شکل ۶۵ـ۲

اگر سیم حامل جریان را به صورت یک حلقه درآوریم (با همان جریان قبلی) مقدار فوران مغناطیسی نسبت به یک سیم راست در داخل حلقه بیشتر می‌شود (شکل ۶۶ـ۲).

شکل ۶۶ـ۲

اگر به‌جای یک حلقه، سیم را به‌صورت دو حلقه درآوریم و همان جریان قبلی را از آن عبور دهیم مقدار فوران باز هم بیشتر می‌شود (شکل ۶۷ـ۲).

شکل ۶۷ـ۲

در یک سیم‌پیچ نسبت فوران ایجاد شده به جریان گذرنده از سیم‌پیچ (I) را ضریب خودالقایی سلف (اندوکتانس) می‌گویند و با حرف L نشان می‌دهند:

$$L = \frac{\Phi \text{ (کل فوران ایجاد شده)}}{I \text{ (جریان گذرنده از سیم‌پیچ)}}$$

L= ضریب خودالقایی سلف برحسب هانری [H]

Φ = فوران مغناطیسی ایجاد شده برحسب وبر [Wb]

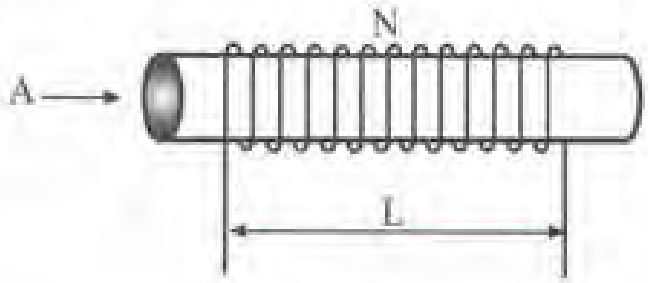
I = جریان گذرنده از سیم‌پیچ برحسب آمپر [A]

واحدهای کوچک‌تر هانری، میلی‌هانری ($\frac{۱}{۱۰۰۰}$ هانری) و میکروهانری ($\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰}$ هانری) نیز در الکترونیک کاربرد دارد.

میلی‌هانری را با mH و میکروهانری را با μH نشان می‌دهند.

۱۷ـ۲ـ محاسبه ضریب خودالقایی سلف (L)

مقدار ضریب خودالقای (L) یک سلف بدون هسته (درحقیقت با هسته هوا) مانند سلف شکل (۶۸ـ۲) از رابطه تقریبی $L = ۱/۲۶ \times ۱۰^{-۶} \times \frac{N^۲ . A}{l}$ (H) به‌دست می‌آید.



شکل ۶۸ـ۲

پارامترهای این رابطه عبارتند از:

N = تعداد دور سیم‌پیچ

A = سطح مقطع استوانه‌ای که سیم‌پیچ دور آن پیچیده می‌شود برحسب مترمربع

l = طول سیم‌پیچ برحسب متر

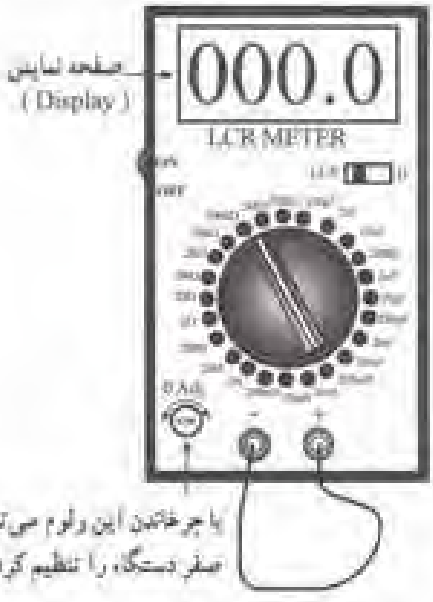
L = اندوکتانس سلف برحسب هانری

سلف‌های بدون هسته معمولاً در رنج‌های میکروهانری و میلی‌هانری موجود هستند. بعد از محاسبه و پیچیدن یک سلف معمولاً ضریب خودالقایی آن را با دستگاه LCR متر، دقیقاً اندازه می‌گیرند و در صورت مغایرت با مقدار موردنظر، با تغییرات در دور سیم‌های آن مقدار L موردنظر را بسیار دقیق می‌سازند.

به سلف‌های کوچک گاهی چوک نیز می‌گویند. شکل (۶۹ـ۲) نحوه اندازه‌گیری یک سلف توسط یک دستگاه LCR متر را نشان می‌دهد. دستگاه LCR متر، دستگاهی است که می‌تواند مقاومت اهمی، ظرفیت خازن و ضریب خودالقایی سلف را اندازه بگیرد.

شکل ۶۹ـ۲ـ نحوه اندازه‌گیری ضریب خودالقایی یک سلف توسط دستگاه LCR متر

صفر بعضی از LCR مترهای دیجیتالی را قبل از اندازه‌گیری R یا L یا C، باید تنظیم کرد. برای این منظور مانند شکل (۷۰ـ۲)، دو ترمینال مربوط به اتصال قطعه را با یک رشته سیم اتصال کوتاه کرده و ولوم «0Adj» را به قدری تغییر می‌دهیم تا دستگاه مقدار صفر را نشان دهد (تمامی رقم‌های روی صفحه نمایشگر صفر شوند).

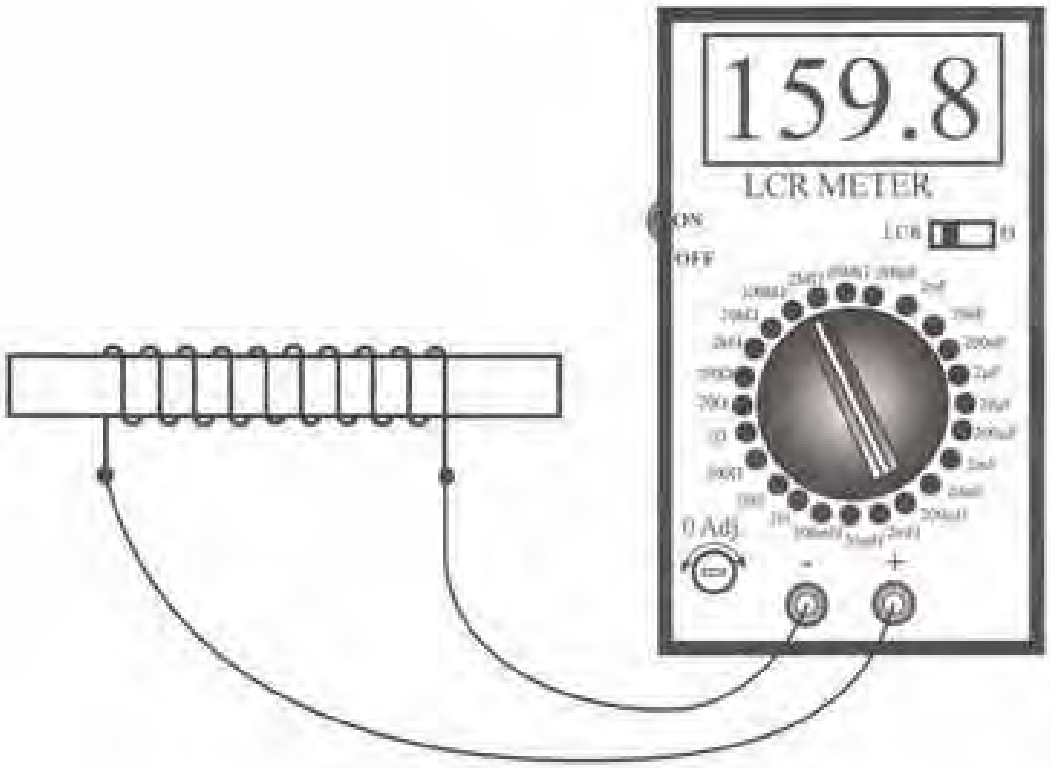


شکل ۷۰ـ۲ـ نحوه تنظیم صفر دستگاه LCR متر

۱۸ـ۲ـ کار عملی شماره (۱)

ساخت یک سلف کوچک

۱ـ۱۸ـ۲ـ هدف کار عملی: پیچیدن یک سلف کوچک و اندازه‌گیری اندوکتانس آن.



۲ـ۱۸ـ۲ـ شرح خلاصه کار عملی: در این کار عملی، شما یک سلف کوچک بدون هسته را پیچیده، و ضریب خودالقایی آن را با دستگاه LCR متر اندازه گرفته و با مقداری که از طریق محاسبه به‌دست می‌آید مقایسه می‌کنید. بعد از این کار عملی شما باید قادر باشید که یک سلف کوچک با L دلخواه را بسازید.

۳ـ۱۸ـ۲ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز:

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ سیم لاکی نمره ۰/۵	دو متر
۲ـ سیم‌چین	یک عدد
۳ـ مقوا به ابعاد ۵×۵cm	یک ورق
۴ـ مداد معمولی با محیط دایره‌ای شکل	یک عدد
۵ـ LCR متر	یک دستگاه
۶ـ کولیس	یک عدد
۷ـ چسب کاغذی	حدود پنج سانتی‌متر

۴ـ۱۸ـ۲ـ مراحل اجرای کار عملی: پیچیدن یک سلف کوچک و اندازه‌گیری اندوکتانس آن

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- سیم لاکی را دور یک مداد مانند شکل (۷۱ـ۲) بپیچید.
- هنگام پیچیدن، تعداد دور را دقیقاً بشمارید.
- سعی کنید طول سیم‌پیچ از ۲cm بیشتر نشود.
- وقتی طول سیم‌پیچ به ۲cm رسید، بقیه سیم را روی لایه اول بپیچید تا کل دو متر سیم پیچیده شود.
- بعد از پیچیدن کامل سیم، روی سیم‌پیچ را با چسب کاغذی، باندپیچی کنید تا سیم‌ها باز نشوند.
- مشخصات سیم‌پیچ را یادداشت کنید:

N = تعداد دور سیم‌پیچ دور

d = قطر مداد (با کولیس اندازه گرفته و واحد آن را به متر تبدیل کنید.) = m

سطح مقطع مداد $A = \frac{(\text{قطر مداد برحسب متر})^2 \times \pi}{4} = \frac{\times 3/14}{4} = m^2$

l = طول سیم‌پیچ $= 2cm = 0/02m$

ضریب خودالقایی سلف $L = 1/26 \times 10^{-6} \frac{N^2 . A}{l} = 1/26 \times 10^{-6} \frac{}{0/2} = H$

۵ـ۱۸ـ۲ـ اندازه‌گیری ضریب خودالقایی سلف

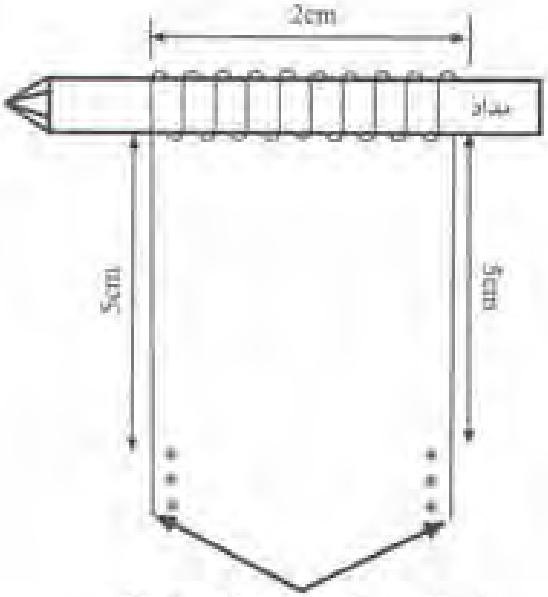
- ضریب خودالقایی سلف پیچیده شده را با دستگاه LCR متر نیز مطابق شکل (۷۲ـ۲) اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

L = μH

- مقدار محاسبه شده را با مقدار اندازه‌گیری شده توسط دستگاه LCR متر مقایسه کنید و نتیجه مقایسه را بنویسید.
- تعداد دور سیم‌پیچ را نصف کنید و مقدار L آن را با دستگاه LCR متر مجدداً اندازه بگیرید (سعی کنید طول سیم‌پیچ همچنان 2cm باقی بماند) و یادداشت کنید.

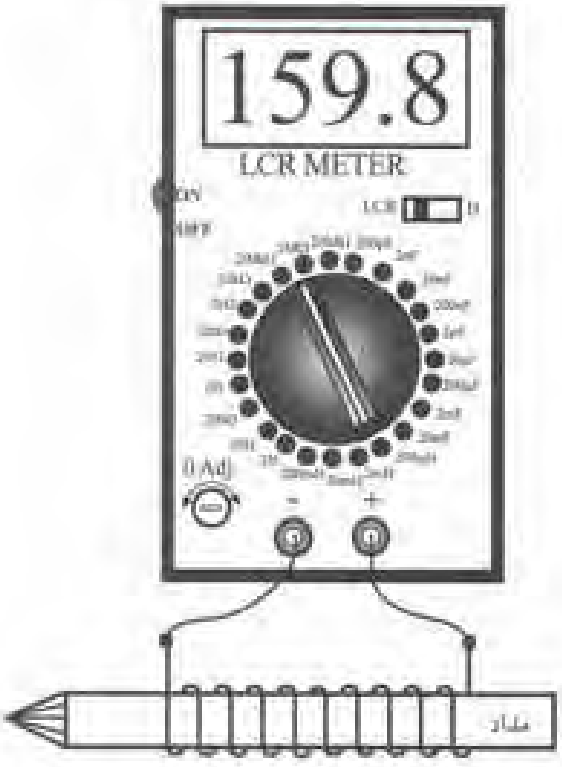
L = μH (با تعداد دور نصف حالت قبلی)

پاسخ دهید: با نصف شدن تعداد دور، مقدار L چقدر کم می‌شود؟ آیا تناسب اندوکتانس با N^2 در مورد این سلف صادق است؟ توضیح دهید.



با سنباده، حدود یک سانتی‌متر لاک‌برداری کنید

شکل ۷۱ـ۲



سلف پیچیده شده توسط شما

شکل ۷۲ـ۲

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۷ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۱۸ـ۲ـ خلاصه کار عملی: آنچه در این کار عملی فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

.....

.....

.....

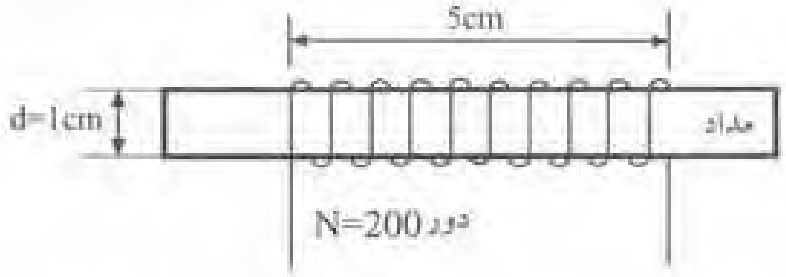
۷ـ۱۸ـ۲ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از کار عملی را در چند جمله بیان کنید.

.....

.....

.....

۸ـ۱۸ـ۲ـ آزمون: ضریب خودالقایی سلف شکل (۷۳ـ۲) را به‌دست آورید.



شکل ۷۳ـ۲

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای واحد کار دوم خودآزمایی شماره (۱) مراجعه کنید.

۱۹ــ۲ــ اصول کار سلف

در تعریف سلف می‌توان گفت سلف عنصری است که اگر جریان گذرنده از آن تغییر کند، در دو سر آن ولتاژ (اختلاف پتانسیل الکتریکی) ایجاد می‌شود. مقدار ولتاژ ایجاد شده در دو سر سلف به مقدار ضریب خودالقایی (L) و نسبت تغییرات جریان به تغییرات زمان بستگی دارد.

$$V = L\frac{\text{(تغییرات جریان گذرنده از سلف)}}{\text{(تغییرات زمان)}}$$

ولتاژ به‌وجود آمده در دو سر سلف

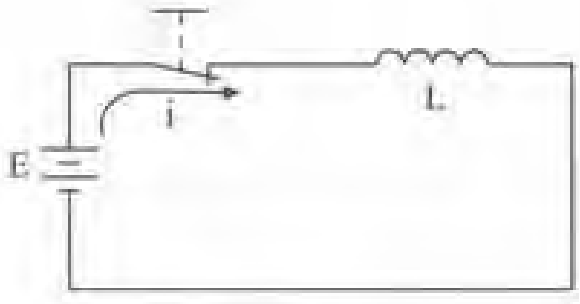
شکل ۷۴ــ۲ــ تغییر جریان گذرنده در سلف سبب ایجاد ولتاژ در دو سر آن می‌شود.

۲۰ــ۲ــ قانون لنز

وقتی از یک سلف جریان DC عبور می‌کند در آن انرژی ذخیره می‌شود ولی ولتاژی در دو سر آن به‌وجود نمی‌آید؛ زیرا جریان گذرنده از سلف ثابت است و تغییر نمی‌کند. حال اگر جریان گذرنده از سلف تغییر کند ولتاژی در دو سر آن به‌وجود می‌آید. قطب‌های ولتاژ به‌وجود آمده طوری است که اگر این ولتاژ جریانی در مدار ایجاد کند این جریان خلاف جهت جریانی خواهد بود که این ولتاژ را به‌وجود آورده است. به عبارت دیگر جریان بوجود آمده با جریان بوجود آورنده آن مخالفت می‌کند. (در حقیقت جریان اصلی را تضعیف می‌کند.) از این رو می‌توان گفت که یک سلف در مدار با تغییرات جریان مخالفت می‌کند.

این پدیده را اولین بار دانشمندی به نام لنز (Lenz) کشف کرد. به همین خاطر به نام قانون لنز مشهور است.

شکل ۷۵ــ۲ــ طبق قانون لنز، i مخالف جهت جریان اصلی است که ولتاژ دو سر سلف را به‌وجود آورده است.



شکل ۷۶ــ۲

۲۱ـ۲ـ شارژ و دشارژ سلف

وقتی یک سلف را به ولتاژ DC وصل می‌کنیم در مدار جریان به آرامی و به‌صورت تابع نمایی زیاد می‌شود. شکل (۷۷ـ۲) نحوه‌ی افزایش جریان در سلف را نشان می‌دهد. همانطور که از شکل (۷۷ـ۲) مشخص است پس از مدتی جریان در مدار تقریباً به حداکثر مقدار خود می‌رسد. در این حالت حداکثر انرژی در سلف ذخیره می‌شود. به عبارت دیگر سلف کاملاً شارژ می‌شود و مقدار آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

کمیت‌های رابطه فوق عبارتند از:

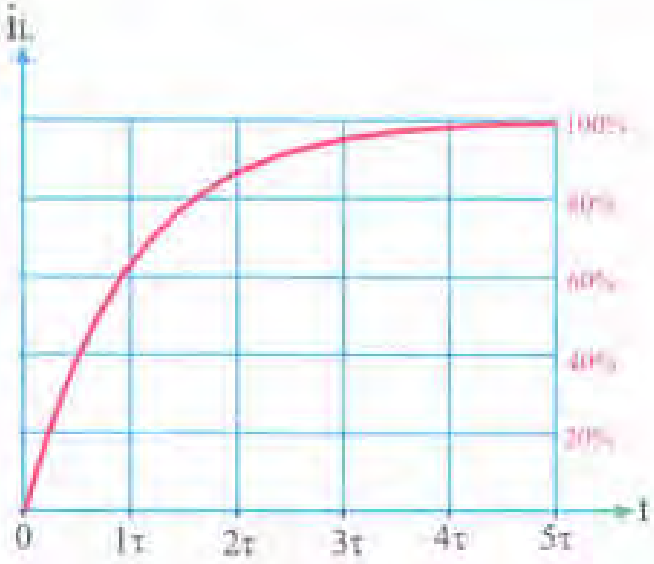
W = انرژی ذخیره شده برحسب ژول

L = ضریب خودالقایی سلف بر حسب هانری

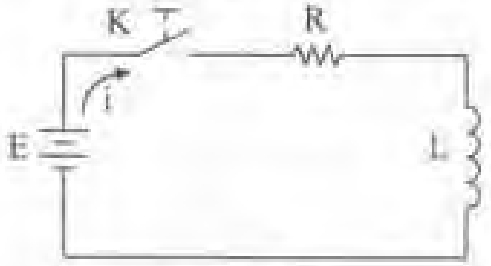
I = جریان گذرنده از سلف برحسب آمپر

توجه داشته باشید که به‌محض قطع مدار الکتریکی سلف، انرژی ذخیره شده در آن نیز تخلیه می‌شود. برخلاف خازن که اگر آن را از مدار جدا می‌کردیم انرژی ذخیره شده در آن همچنان باقی می‌ماند.

هنگام تخلیه انرژی یک سلف، ممکن است یک جرقه (حتی جرقه شدید) در نقطه قطع مدار از جمله در کلید قطع و وصل به‌وجود آید. تخلیه انرژی سلف را گاهی دشارژ سلف نیز می‌گویند.



شکل ۷۷ـ۲ـ نحوه افزایش جریان در یک سلف



شکل ۷۸ـ۲

جدول ۱ـ۲

ثابت زمانی	درصد ماکزیمم جریان مدار
τ	٪۶۳/۲۱
۲τ	٪۸۶/۴۶
۳τ	٪۹۵/۰۲
۴τ	٪۹۸/۱۶
۵τ	٪۹۹/۳۲

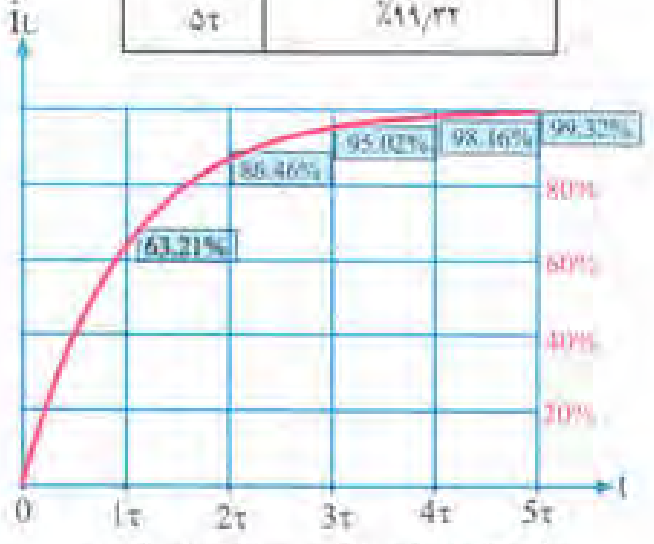
۲۲ـ۲ـ ثابت زمانی در مدار RL سری

در شکل (۷۸ـ۲) اگر کلید بسته شود، جریان در مدار به‌آرامی زیاد می‌شود. تقریباً بعد از $\frac{5L}{R}$ جریان به حداکثر مقدار خود می‌رسد. به $\frac{L}{R}$ ثابت زمانی می‌گویند و آن را با حرف τ نشان می‌دهند.

$$\tau = \frac{L}{R}$$

اگر L برحسب هانری و R برحسب اهم باشد τ برحسب ثانیه خواهد بود. جدول (۱ـ۲) جریان مدار در هر ثابت زمانی را برحسب درصدی از جریان ماکزیمم نشان می‌دهد.

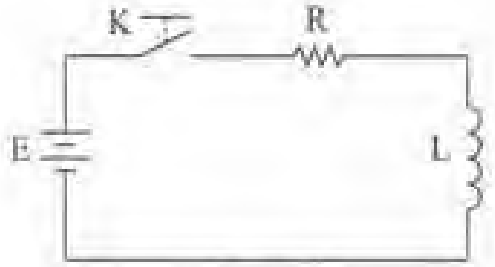
ماکزیمم جریان در مدار برابر $\frac{E}{R}$ است. (شکل ۷۹ـ۲) منحنی افزایش جریان در مدار RL را نشان می‌دهد.



شکل ۷۹ـ۲ـ منحنی افزایش جریان در مدار RL سری

۲۳ـ۲ـ مدار RL سری در ولتاژ DC

اگر یک مقاومت اهمی و یک سلف را به‌صورت سری به یکدیگر وصل کنیم (شکل ۸۰ـ۲) و این مدار را به یک ولتاژ DC وصل کنیم تقریباً بعد از ۵ ثابت زمانی ($\frac{5L}{R_{eq}}$) جریان در مدار به



شکل ۸۰ـ۲

ماکزیمم مقدار خود یعنی $\frac{E}{R_{eq}}$ خواهد رسید.

در عمل هر سلفی ضمن داشتن یک ضریب خودالقایی، یک مقاومت اهمی (مقاومت اهمی خود سیم‌پیچ) نیز دارد که می‌توان آن را به صورت سری با سلف نشان داد. ممکن است این مقاومت کم باشد ولی حتماً وجود دارد (شکل ۸۱ـ۲).

مقاومت اهمی خود سیم‌پیچ که یا اهم‌متر می‌توان آن را اندازه گرفت

شکل ۸۱ـ۲ـ مدار معادل سلف

R_{eq} برابر است با:

$$R_{eq} = R + r$$

بنابراین مدار شکل (۸۰ـ۲) را به‌صورت شکل (۸۲ـ۲) رسم می‌کنیم:

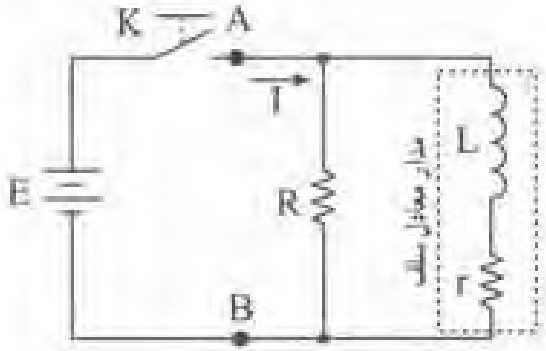
شکل ۸۲ـ۲

مقاومت از دو نقطه A و B مدار شکل (۸۲ـ۲) بعد از زمان $\frac{5L}{R_{eq}}$ برابر R_{eq} می‌شود.

۲۴ـ۲ـ مدار RL موازی در ولتاژ DC

شکل (۸۳ـ۲) مدار RL موازی را نشان می‌دهد.

همان‌طور که از شکل (۸۳ـ۲) مشخص است ولتاژ (اختلاف پتانسیل الکتریکی) بین دو نقطه A و B برای سلف و مقاومت یکسان است. یعنی تغییرات جریان در شاخه R تأثیری روی جریان سلف و یا ولتاژ دو سر آن ندارد و همین‌طور تغییرات جریان در سلف تأثیری روی جریان یا ولتاژ دو سر مقاومت اهمی ندارد. مقاومت از دو نقطه A و B مدار برابر است با:



شکل ۸۳ـ۲

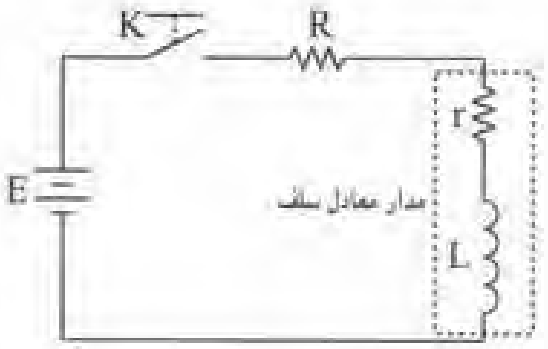
$$R_{eq} = R_{AB} = R \| r = \frac{R.r}{R+r}$$

و جریان I در مدار بعد از $\frac{5L}{r}$ برابر است با:

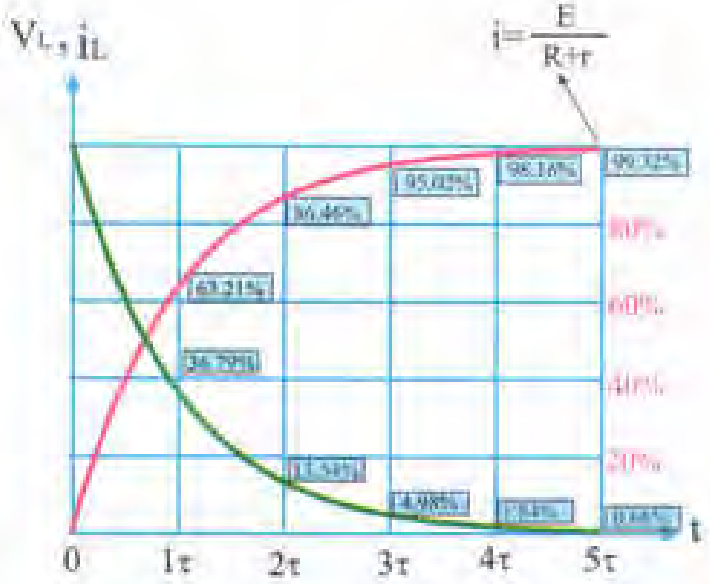
$$I = \frac{E}{R_{eq}}$$

۲۵ـ۲ـ ارتباط ولتاژ و جریان در مدار RL سری در جریان مستقیم

در مدار RL سری شکل (۸۴ـ۲) هنگامی که کلید بسته می‌شود ولتاژ دو سر سلف تقریباً برابر ولتاژ منبع (E) و جریان در مدار برابر صفر است. به مرور زمان جریان در مدار زیاد می‌شود و ولتاژ دو سر سلف کاهش می‌یابد. تقریباً بعد از ۵ ثابت زمانی ولتاژ دو سر سلف تقریباً صفر شده و جریان در مدار به حداکثر مقدار خود می‌رسد. چون همه‌ی سلف‌ها بدون استثنا همواره دارای مقاومت اهمی هستند (مقاومت اهمی خود سیم‌پیچ) و درعمل نمی‌توان مقاومت اهمی را از سلف جدا کرد لذا ولتاژ دو سر سلف هیچگاه به صفر نمی‌رسد ولی کم می‌شود. مقدار کم شدن آن بستگی به مقاومت اهمی خود سیم‌پیچ دارد. شکل (۸۵ـ۲) شکل ولتاژ دو سر سلف و شکل جریان مدار RL را نشان می‌دهد.



شکل ۸۴ـ۲

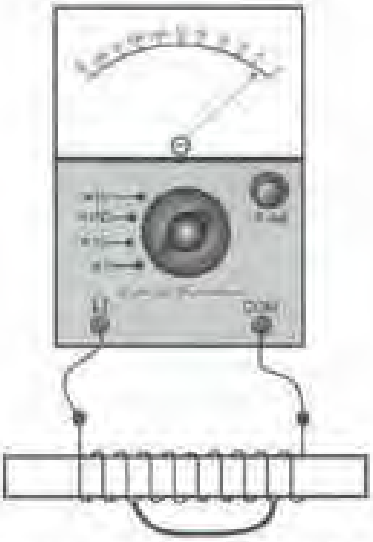


شکل ۸۵ ـ۲ـ شکل ولتاژ دو سر سلف بعد از بسته شدن کلید در شکل ۸۴ـ۲ و شکل جریان مدار

۲۶ـ۲ـ روش آزمایش (تست) سلف به کمک اهم‌متر

هر سلف یا سیم‌پیچ سالم دارای یک مقاومت اهمی است. برای آزمایش صحت سلامت یک سلف می‌توان به کمک اهم‌متر، مقاومت اهمی آن را اندازه گرفت. اگر مقاومت اهمی اندازه‌گیری شده، همان مقاومت اهمی در حالت عادی یک سلف باشد، سلف سالم است. در غیر این‌صورت ممکن است سلف معیوب شده باشد. اگر اهم‌متر، مقاومت اهمی سلف را صفر اهم یا بی‌نهایت نشان دهد سلف قطعاً معیوب شده است. اگر اهم‌متر مقدار مقاومت اهمی را صفر نشان دهد سلف سوخته است و اگر بی‌نهایت نشان دهد در سلف یک نقطه قطع شده است.

شکل ۸۶ـ۲ـ اگر مقاومت اهمی سلف، تغییر نکرد، باشد سلف سالم است.



شکل ۸۷ـ۲ـ اگر در سلف اتصال کوتاهی رخ داد، باشد مقاومت اهمی سلف بسیار کم خواهد شد.

شکل ۸۸ـ۲ـ اگر در یک سلف یک قطع شدگی بوجود آمد، باشد مقاومت اهمی سلف بی‌نهایت خواهد شد.

۲۷ـ۲ـ پرسش و تمرین (۲)

۱ـ اجزای تشکیل‌دهنده‌ی یک سلف را نام ببرید.

۲ـ ضریب خودالقایی سلف را تعریف کنید.

۳ـ یک سلف روی یک استوانه پلاستیکی با سطح مقطع $3cm^2$ به طول ۱۰cm و با ۱۰۰۰ دور سیم‌پیچی ساخته شده است. ضریب خودالقایی (اندوکتانس) این سلف چند میلی‌هانری است؟

۴ـ دستگاه LCR متر، چه نوع دستگاهی است؟

۵ـ قانون لنز را کاملاً تشریح نمایید.

۶ـ انرژی ذخیره شده در یک سلف با مشخصات $r=10\Omega$ و $L=300mH$ و $I=200mA$ چند میکروژول است؟

۷ـ در شکل (۸۹ـ۲) جریان سرانجام در مدار چند میلی‌آمپر خواهد شد؟

شکل ۸۹ـ۲

۸ـ نحوه‌ی آزمایش یک سلف به وسیله یک اهم‌متر چگونه است؟

ج ــ توانایی اندازه‌گیری و محاسبه امپدانس مدارات RLC سری و موازی در جریان مستقیم

۲۸ــ۲ــ مدارهای RLC سری

اگر یک مقاومت اهمی، یک سلف و یک خازن را مانند شکل (۹۰ــ۲) به دنبال یکدیگر ببندیم، مدار RLC سری تشکیل می‌گردد.

شکل ۹۰ــ۲ــ مدار RLC سری

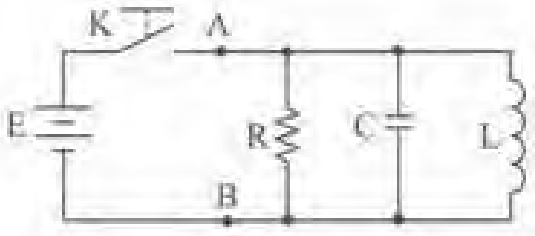
چون عکس‌العمل سلف و خازن در مدار یکسان نیست لذا اگر مدار RLC سری را به ولتاژ DC وصل کنیم، بعد از وصل ولتاژ تا لحظاتی جریان در مدار تغییر می‌کند. شکل جریان در مدار بستگی به مقدار عناصر دارد. ممکن است لحظاتی به‌صورت شکل (۹۱ــ۲) باشد ولی صرف‌نظر از شکل موج، بعد از لحظاتی جریان در مدار به‌صفر می‌رسد.

شکل ۹۱ــ۲

اگر مقاومت ورودی از دو نقطه A و B مدار شکل (۹۰ــ۲) را بخواهیم محاسبه کنیم، باید ولتاژ بین دو نقطه A و B را بر جریان مدار تقسیم کنیم. چون خازن در مدار کاملاً شارژ می‌شود و دیگر از منبع جریان نمی‌کشد. بنابراین جریان مدار صفر خواهد بود. پس مقاومت مدار از دو نقطه A و B خیلی بزرگ و از نظر تئوری بی‌نهایت می‌شود.

۲۹ــ۲ــ مدار RLC موازی

اگر یک مقاومت اهمی، یک سلف و یک خازن را مطابق شکل (۹۲ــ۲) با یکدیگر به‌صورت موازی ببندیم، مدار RLC موازی تشکیل خواهد شد. بعد از وصل کلید، خازن بلافاصله شارژ می‌شود و جریان $\frac{E}{R}$ از مقاومت اهمی و بعد از مدتی جریان $\frac{E}{۲}$ (۲ مقاومت اهمی خود سلف) از سلف عبور می‌کند. مقاومت از دو نقطه A و B برابر $R_{AB} = R \| R = \frac{R \cdot R}{R + R}$ است که معمولاً به دلیل کوچک بودن R بسیار کوچک است.



شکل ۹۲ــ۲ــ مدار RLC موازی

مقاومت خازن نیز در ولتاژ DC بعد از شارژ شدن بسیار زیاد (از نظر تئوری بی‌نهایت) است.

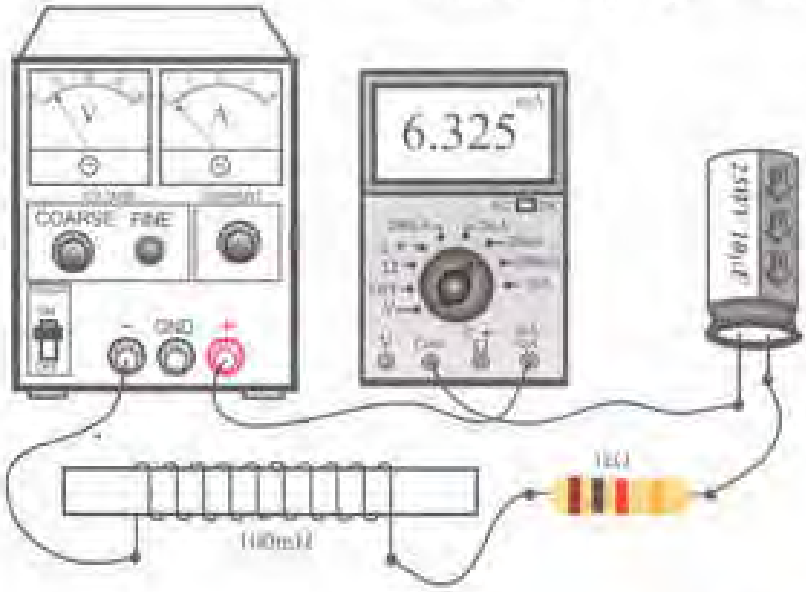
۳ـ۲ـ آزمایش شماره (۴)

مدارات RLC سری و موازی در ولتاژ DC

۱ـ۳۰ـ۲ـ هدف‌های آزمایش:

ـ بررسی و اندازه‌گیری امپدانس مدار RLC سری در ولتاژ DC

ـ بررسی و اندازه‌گیری امپدانس مدار RLC موازی در ولتاژ DC



۲ـ۳۰ـ۲ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک مدار RLC سری و یک مدار RLC موازی را می‌بندید و سپس به ولتاژ DC وصل می‌کنید تا جریان گذرنده از مدار را اندازه‌گیری کنید. در نهایت با استفاده از رابطه $\frac{E}{I}$ مقاومت مدار را در ولتاژ DC محاسبه می‌کنید.

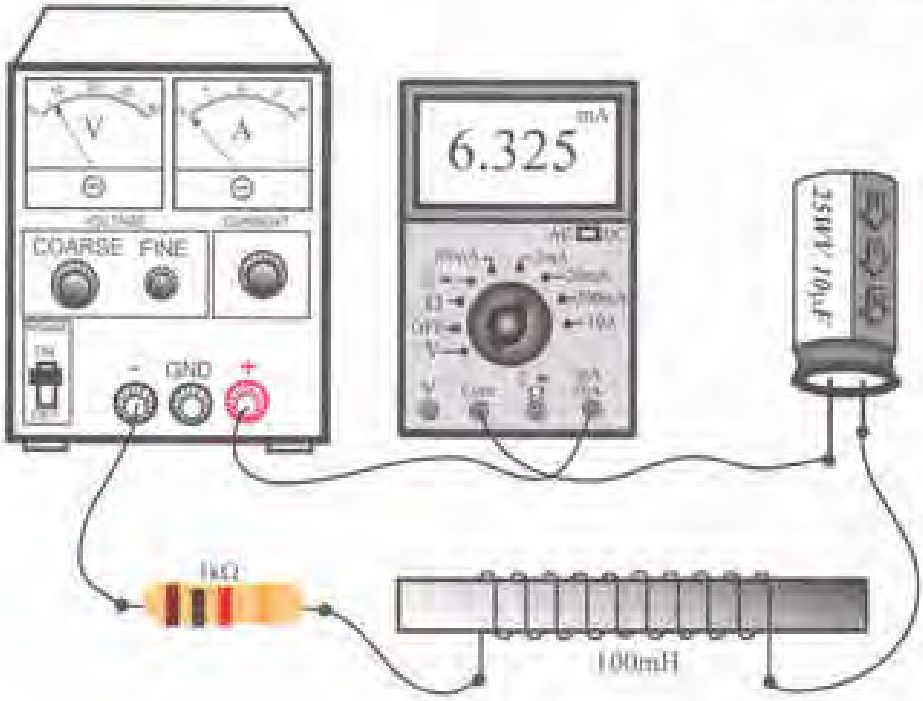
۳ـ۳۰ـ۲ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ میلی‌آمپرمتر DC	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه ۰ـ۱۵V	یک دستگاه
۳ـ خازن ۲۵V ـ ۱۰۰μF	یک عدد
۴ـ مقاومت ۱kΩ	یک عدد
۵ـ سلف ۱۰۰mH	یک عدد
۶ـ اهم‌متر	یک دستگاه
۷ـ سیم رابط دو سر گیردار ۲۰cm	شش رشته
۸ـ سیم رابط یک سر گیردار ۲۰cm	شش رشته
۹ـ سیم رابط معمولی ۲۰cm	چهار رشته

۴ـ۳۰ـ۲ـ مراحل اجرای آزمایش: بررسی و اندازه‌گیری امپدانس مدار RLC سری در ولتاژ DC

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- یک لحظه کوتاه پایه‌های خازن را به کمک یک مقاومت ۱kΩ یا ۱۰kΩ به هم وصل کنید تا چنانچه خازن قبلاً شارژ شده باشد کاملاً تخلیه گردد.
- مدار شکل (۹۴ـ۲) را ببندید.
- رنج میلی‌آمپر را روی ۱۰mA قرار دهید.
- منبع تغذیه را روی ۶ ولت تنظیم کنید.

شکل ۹۳ـ۲ـ تخلیه خازن



شکل ۹۴ـ۲

- سیم منبع تغذیه را وصل کنید و با دقت به میلی‌آمپرمتر نگاه کنید.
- مشاهدات خود را بنویسید.
- اگر خواستید آزمایش را تکرار کنید حتماً خازن را از مدار جدا و دشارژ کنید.
- پس از چند ثانیه جریان میلی‌آمپرمتر را بخوانید و یادداشت کنید.

I= mA

- با استفاده از قانون اهم مقاومت کلی مدار را به‌دست آورید.

$$R = \frac{E}{I} = \frac{۶V}{} = \quad \Omega$$

پاسخ دهید: چه نتیجه‌ای از این قسمت از آزمایش می‌گیرید؟ یادداشت کنید.

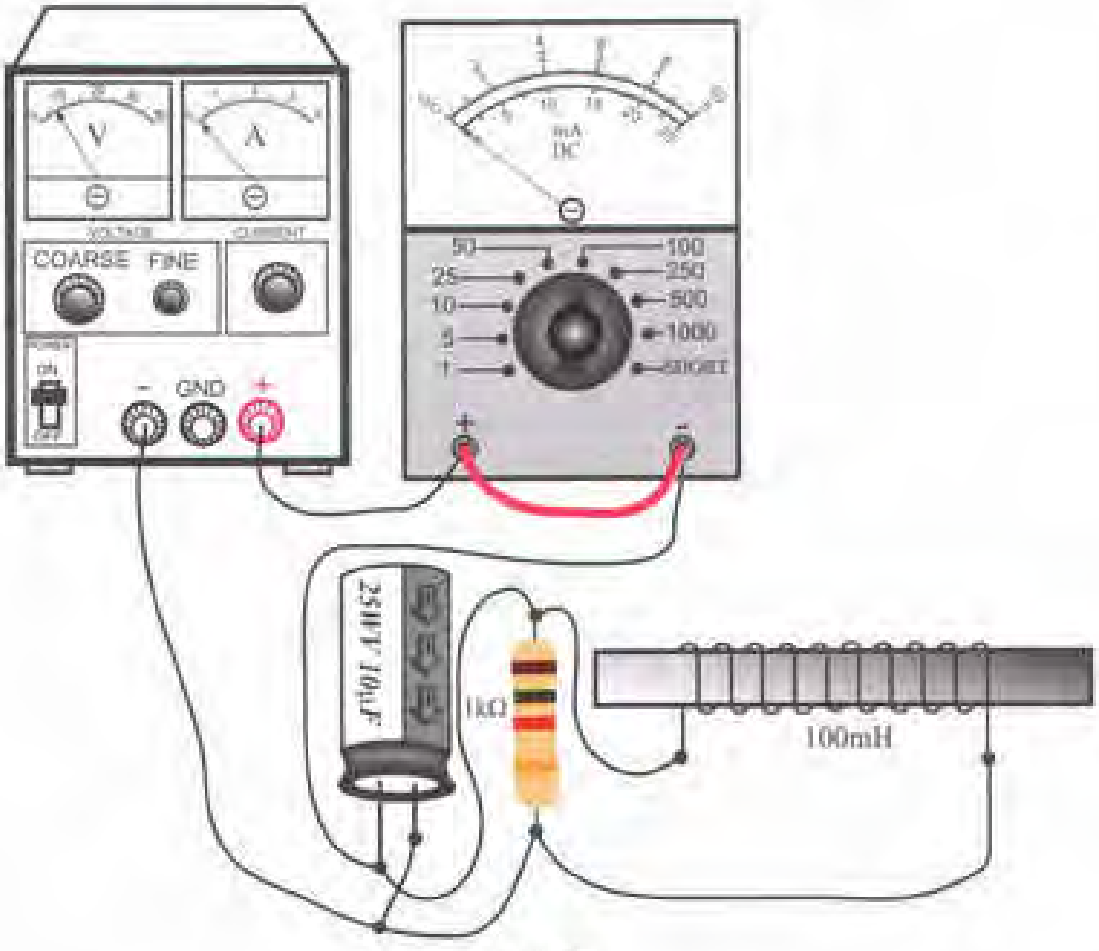
> در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا سست به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲۸ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

– بررسی و اندازه‌گیری مقاومت مدار RLC موازی در ولتاژ DC

■ ابتدا خازن را کاملاً دشارژ کنید، برای این کار یک لحظه کوتاه با یک عدد مقاومت ۱۰Ω یا ۱۰۰Ω پایه‌ها را به هم اتصال کوتاه کنید (شکل ۹۵ـ۲).

■ مدار شکل (۹۶ـ۲) را ببندید.

شکل ۹۵ـ۲

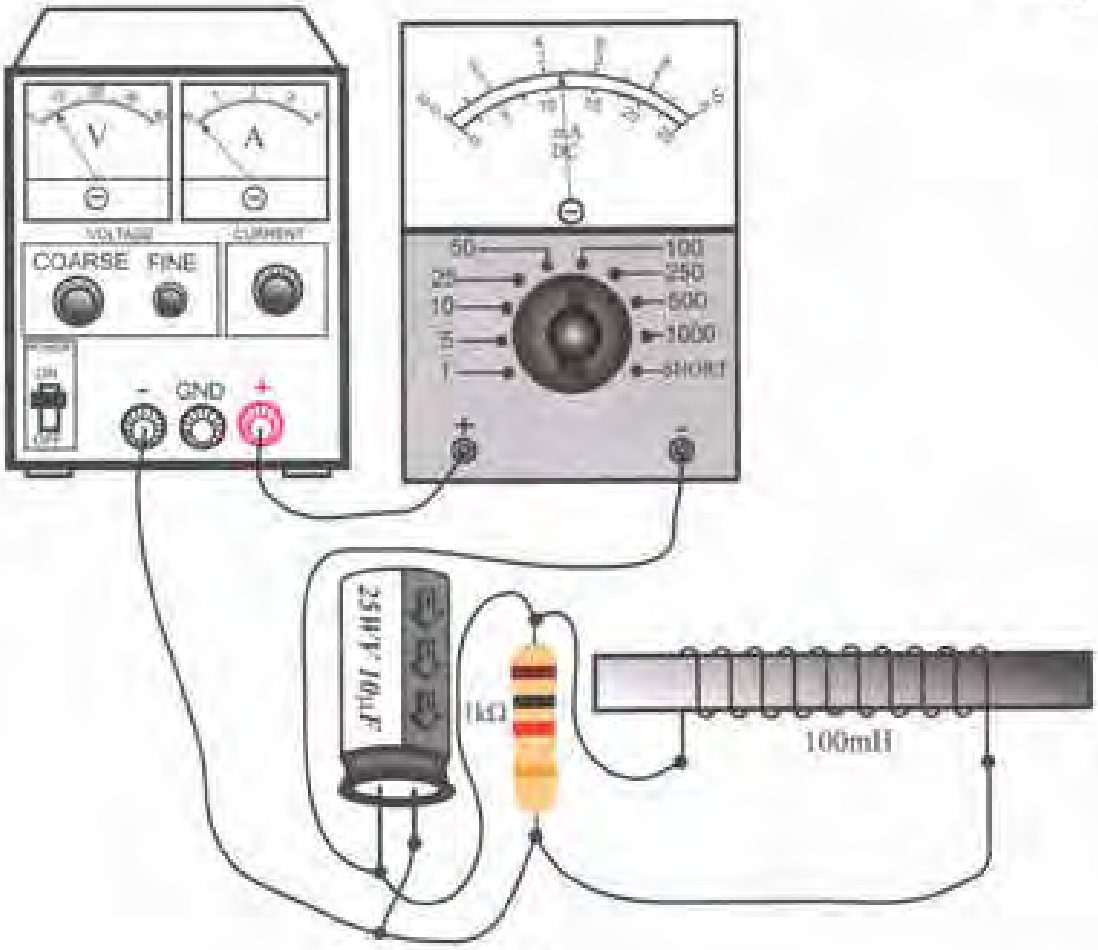


شکل ۹۶ـ۲

■ رنج میلی‌آمپرمتر را روی ۱۰۰mA قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۶ ولت تنظیم کنید. قبل از وصل سیم به منبع تغذیه دو سر میلی‌آمپرمتر را اتصال کوتاه و سپس سیم منبع تغذیه را وصل کنید.

■ بعد از حدود ۵ ثانیه، سیمی که با آن میلی‌آمپرمتر را اتصال کوتاه کردید بردارید تا میلی‌آمپرمتر در مدار قرار گیرد (شکل ۹۷ـ۲).



شکل ۹۷ـ۲

■ جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید.

$I =$ mA

■ مقاومت کل مدار طبق قانون اهم برابر است با:

$$R_{eq} = \frac{E}{I} = \frac{۶V}{I(mA)\times۱۰^{-۳}} = \frac{۶V}{\times۱۰^{-۳}} = \quad \Omega$$

■ به کمک اهم‌متر، مقاومت اهمی سلف را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

پاسخ دهید: آیا $R_{eq} = \frac{E}{I}$ برای R ($R = 1k\Omega$) است؟ چرا؟ توضیح دهید.

شکل ۹۸ـ۲

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲۹ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۳۰ـ۲ـ خلاصه آزمایش: آنچه در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

.....

.....

.....

۶ـ۳۰ـ۲ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از آزمایش‌ها را در چند جمله بیان کنید.

.....

.....

.....

۷ـ۳۰ـ۲ـ آزمون:

۱ـ نحوه عملی به‌دست آوردن مقاومت یک مدار RLC سری را شرح دهید.

.....

.....

.....

۲ـ نحوه عملی به‌دست آوردن مقاومت یک مدار RLC موازی را شرح دهید.

.....

.....

.....

آزمون پایانی

۳۱ـ۲ـ پرسش و تمرین (۳)

۱ـ مقاومت معادل در یک مدار RLC سری در ولتاژ DC چگونه محاسبه می‌شود؟

۲ـ مقاومت معادل در یک مدار RLC موازی در ولتاژ DC چگونه محاسبه می‌شود؟

۳ـ یک سلف با مشخصات $r=۲۰۰\Omega$ ، $L=۲H$ را همراه با یک خازن به ظرفیت $C=۱۰۰\mu F$ و یک مقاومت ۴۷۰Ω یک‌بار به‌صورت سری و بار دیگر به صورت موازی بسته‌ایم. در هر حالت مقاومت معادل مدار را در ولتاژ DC به‌دست آورید.

آزمون عملی پایانی (۲)

۱ـ یک سلف $۶۵۰\mu H$ را با مشخصات زیر بسازید (سلف موردنظر بدون هسته است).

$l=۱cm$

$d=۰/۵cm$

تعداد دور سیم‌پیچ را محاسبه کرده و با سیم لاکی نمره ۰/۳۰ بپیچید. بعد از پیچیدن سلف، مقدار L آن را با دستگاه LCR متر اندازه بگیرید. چنانچه مقدار L، $۶۵۰\mu H$ نبود سعی کنید با تغییر تعداد دور سیم‌پیچ، دقیقاً سلف $۶۵۰\mu H$ بسازید.

پاسخ آزمون‌ها

پاسخ آزمون ۱

شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	ب
۲	الف
۳	ج
۴	ب
۵	ج
۶	د
۷	—
۸	الف
۹	الف
۱۰	—
۱۱	الف
۱۲	ب
۱۳	د
۱۴	ج
۱۵	ب
۱۶	الف
۱۷	ب
۱۸	الف

پاسخ آزمون ۲

شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	الف
۲	ج
۳	ب
۴	د
۵	الف
۶	ب
۷	ج
۸	د
۹	د
۱۰	ب
۱۱	د
۱۲	ج

منابع مورد استفاده

۱ـ مقاومت‌ها و خازن‌ها (جزوه درسی) تألیف : دکتر محمد ربیعی

۲ـ Basic Electronics by: Bernard Grob

۳ـ Fundamental of Electric circuits by: DAVID BELL

شابک ۶ - ۰۵ - ۱۲۲۰ - ۹۶۴
ISBN 964-05-1220-6

۱۳۸۲

قیمت در تمام کشور ۸۲۰۰ ریال