مقاومت ، سلف ، خازن درجریان متناوب

شاخه‌ی کاردانش(گروه تحصیلی برق)

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

بسم الله الرحمن الرحیم

مقاومت، سلف، خازن در جریان متناوب

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: ۱۰۳۰۱ـ۱۰۲ـ۱۰ـ۱۰۲،۱ـ۳۰۲ـ۱۰۲ـ۱۰ـ۱، ۱۰۳۰۳ـ۱۰۲ـ۳۰۵ـ۱۰۲ـ۱۰ـ۱۰ـ۱ و ۱۰۳۰۷ـ۱۰۲ـ۱۰ـ۱۰ـ۱

کد رایانه‌ای رشته‌های مهارتی: ۹۳۸۱ ، ۹۳۸۲، ۹۵۲۵، ۹۷۸۴ و ۹۷۵۰

نام استاندارد مهارتی مبنا: الکترونیک کار عمومی

کد استاندارد متولی: ۵۱/۱۱ـ۸ و ۷۴

شماره‌ی درس: ۸۳۱۴/۳ و ۸۳۱۵/۳

۶۲۱ نظریان، فتح اله

۳۸۱۵/ مقاومت، سلف، خازن در جریان متناوب / مؤلف: فتح اله نظریان، ویراستار فنی سیدمحمود صموتی.

م۵۱۲ن/ ـ تهران: شرکت صنایع آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۸۳.

۱۳۸۳ ۱۹۹ص.: مصور. ـ (شاخه‌ی کاردانش؛ شماره‌ی درس ۸۳۱۴/۳ و ۸۳۱۵/۳)

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

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

۱. مقاومت‌ها. ۲. سیم‌پیچ‌های برقی. ۳. خازن‌ها. الف. صموتی، سیدمحمود، ویراستار فنی. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ج. عنوان.

۱۳۸۳

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:

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

پست الکترونیکی info@tvoced.sch.ir

آدرس الکترونیکی www.tvoced.sch.ir

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

مدیریت تألیف: مرکز برنامه‌ریزی آموزشی شرکت صنایع آموزشی

نام کتاب: مقاومت، سلف، خازن در جریان متناوب ـ ۵۰۵/۶

مؤلف: مهندس فتح‌الله نظریان

ویراستار فنی: مهندس سیدمحمود صموتی

ویراستار ادبی: ماهدخت عقیلی

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

رسام: مهندس فتح‌الله نظریان

صفحه‌آرا: فائزه محسن‌شیرازی

طراح جلد: علیرضا رضائی‌فر

چاپخانه: شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش)ـ تهران: جاده‌ی مخصوص کرج ـ بعد از کیلومتر ۷ ـ

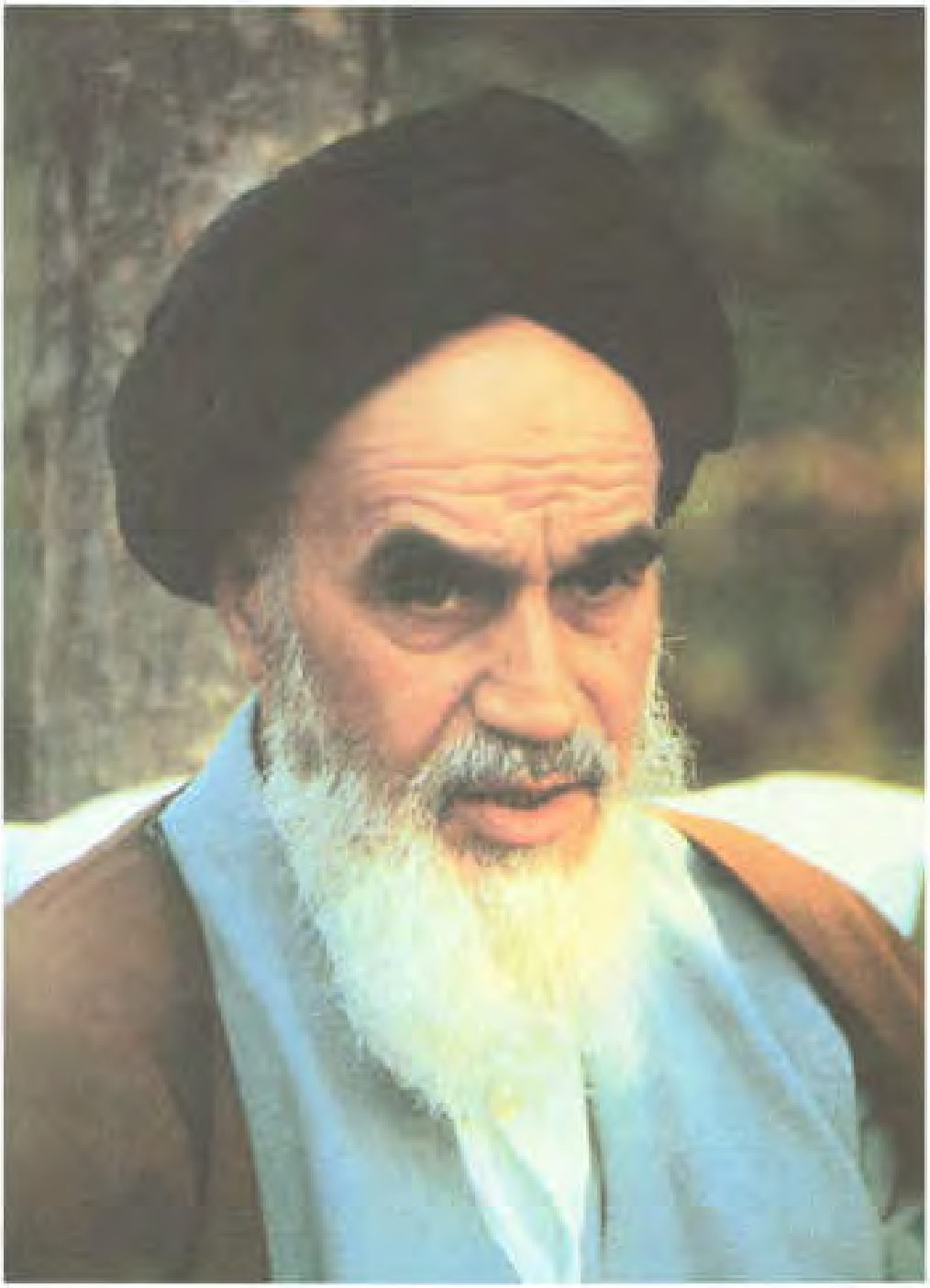
ابتدای بزرگراه ارادگان به طرف جنوب ـ تلفن: ۴۵۲۴۴۴۲، دورنگار: ۴۵۰۳۷۷۰، صندوق پستی: ۳۷۹ـ۱۲۲۶۵

چاپ اول: تابستان

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۸۳

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۹۶۴-۰۵-۱۲۵۹-۱ ISBN 964-05-1259-1



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

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

مقدمه‌ای بر چگونگی برنامه‌ریزی کتاب‌های پودمانی

برنامه‌ریزی تألیف «پودمان‌های 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 قرارگرفته 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 پودمان مهارتی (Module) را تشکل می‌دهند.

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

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

به‌طور کلی هر استاندارد مهارت به تعدادی پودمان مهارت (M_1 و M_2 و ...) و هر پودمان 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 پودمان و در نمون برگ شماره (۳) اطلاعات کامل مربوط به هر پودمان درج شده است. بدیهی است هنرآموزان و هنرجویان ارجمند شاخه کاردانش و کلیه عزیزانی که در امر توسعه آموزش‌های مهارتی فعالیت دارند، می‌توانند ما را در غنای کیفی پودمان‌ها که برای توسعه آموزش‌های مهارتی تدوین شده است رهنمون و یاور باشند.

سازمان پژوهش و 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 شاخه‌ی کاردانش، زمینه‌ی 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 این رو از آغاز تأسیس تاکنون همواره با بهره‌گیری از آخرین دستاوردها و فناوری‌های کشورهای پیشرفته‌ی 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. شیوه‌ی نگارش این کتاب منطبق با شیوه‌ی آموزش مهارت بودمانی (Modular) می‌باشد. این شیوه‌ی 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 شیوه‌ی نوین آموزش مهارت همت گمارند تا بتوانیم به کلیه‌ی اهداف آموزشی کتاب جامعه عمل بپوشانیم. با دستیابی به این اهداف آموزشی است که فراگیران عزیز می‌توانند در زمره‌ی صنعتگران خلاق و کارآفرین کشور عزیزمان قرار گیرند.

شرکت صنایع آموزشی
واحد تحقیقات و طرح و برنامه

مقدمه

یادگیری یک مبحث علمی، در هر سطحی، از مقدماتی تا پیشرفته ـ نیاز به یادگیری اطلاعات پایه‌ای آن مبحث دارد. بر این اساس می‌توان گفت که در حقیقت تمامی مدارهای الکتریکی و الکترونیکی پیچیده، از یک سری مدارهای اساسی و ساده و تا حدودی استاندارد تشکیل شده و با هدف‌مندی مشخصی و به گونه‌ای به یکدیگر متصل می‌شوند تا بتوانند کار معینی را انجام دهند. بنابراین برای آموزش دانش فنی در هر رشته‌ای از جمله الکترونیک باید یادگیری مدارها از پایه و اساسی شروع شود.

برای یادگیری مباحث اولیه مدار در الکترونیک، شرط اولیه، عبارت است از شناخت ولتاژ و جریان DC و ولتاژ و جریان متناوب سینوسی (AC) داریم. در پیمانه‌های M1 و M2 از این مجموعه، ولتاژ و جریان DC و مدارهای ساده مرتبط با آن را یاد گرفتید. در این پیمانه (M3) در اولین قسمت به ولتاژ و جریان متناوب سینوسی می‌پردازیم، سپس با دستگاه اسیلوسکوپ که یکی از مهمترین ابزارهای کاربردی یک تکنسین الکترونیک است، آشنا می‌شوید و با آن عملاً کار می‌کنید تا تجربه کافی و لازم برای استفاده صحیح از این دستگاه حساس به دست آورید. در ادامه همین قسمت با دستگاه‌های مولد سیگنال آشنا می‌شوید تا در موقع تعمیرات در صورت نیاز از آن‌ها استفاده کنید. در قسمت دوم این پیمانه، اثرات مقاومت اهمی سلف و خازن در جریان متناوب سینوسی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این فصل شما مفهوم راکتانس سلفی و خازنی را فرامی‌گیرید و اثرات این راکتانس‌ها را در آزمایش عملاً مشاهده می‌کنید. در نهایت ترکیب سری و موازی مقاومت اهمی ـ سلف و خازن را در جریان متناوب مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌دهید.

در قسمت سوم این پیمانه با مفهوم رزنانس آشنا می‌شوید و اثرات کمیت‌های الکتریکی را روی مدارهای رزنانس مورد بحث قرار می‌دهید در ادامه همین قسمت به مفهوم فیلتر پی می‌برید و انواع فیلترها را از روی منحنی پاسخ فرکانسی آن‌ها می‌شناسید. در قسمت چهارم این کتاب با ترانسفورماتور آشنا می‌شوید و به نقش آن در تغییر ولتاژ و تطبیق امپدانس پی‌می‌برید. در ادامه نحوه محاسبه و ساخت یک ترانسفورماتور کوچک را فرامی‌گیرید.

در قسمت پنجم این کتاب قطعاتی مانند رله‌ها و میکروفون‌ها و بلندگوها را مورد بررسی قرار می‌دهید و با مشخصات، پارامترها، اصول کار و کاربرد آن‌ها آشنا می‌شوید. با توجه به کار عملی پیش‌بینی شده، پس از اتمام فصل قادر خواهید بود تا حدودی با انجام یک آزمایش ساده بتوانید به نوع عیب احتمالی در رله، میکروفون دینامیکی و بلندگو پی‌ببرید.

در خاتمه، به همکاران ارجمند توصیه می‌شود به فراگیران بیاموزند که قبل از هر جلسه درسی به عنوان فعالیت در منزل، درس مربوطه را یک بار مرور کنند و در مورد انجام آزمایش‌ها، از قبل هدف‌های آزمایش و خلاصه مراحل اجرای آزمایش را به دقت مطالعه کنند تا در آزمایشگاه بدون وقوع مشکل بتوانند آزمایش‌ها را انجام دهند و نتیجه موردنظر را به دست آورند. در خور لازم می‌دانم از همکاری‌های بی‌شائبه اعضای کمیته هماهنگی که به لحاظ ساختاری راهنمایی‌های لازم را نموده‌اند و از اعضای گمیسیون تخصصی آقایان مهندس سید محمودحسینی، مهندس شهرام نصیری سواد کوهی، علی علی‌بندی و خانم‌ها مهندس مهین ظریفیان جولایی و مهندس فرشته داوودی لعل‌آبادی به خاطر کمک‌هایی که در زمینه ویراستاری علمی و فنی نموده‌اند سپاسگزاری نماید.

مؤلف

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

فصل اول: ولتاژ و جریان متناوب ۱
۱ـ۱ـ ولتاژ و جریان سینوسی ۵
۱ـ۲ـ مشخصات شکل موج سینوسی ۷
۱ـ۳ـ مقادیر مؤثر و متوسط شکل موج سینوسی ۱۳
۱ـ۴ـ نمایش ولتاژ و جریان سینوسی به صورت بردار ۱۷
۱ـ۵ـ آشنایی با اسیلوسکوپ ۱۸
۱ـ۶ـ آزمایش شماره (۱) کار با اسیلوسکوپ (۱) ۲۶
۱ـ۷ـ اصول کار مولدهای سیگنال ۳۱
۱ـ۸ـ آزمایش شماره (۲) کار با سیگنال ژنراتور AF ۳۴
۱ـ۹ـ اختلاف فاز و زاویه فاز در امواج سینوسی ۳۹
۱ـ۱۰ـ آزمایش شماره (۳) کار با اسیلوسکوپ (۲) ۴۱
پرسش و تمرین (۱) ۴۵
آزمون عملی پایانی (۱) ۴۶

فصل دوم: بررسی اثرات مقاومت ـ خازن ـ سلف در جریان متناوب ۴۷
۲ـ۱ـ مقاومت اهمی در جریان متناوب ۵۳
۲ـ۲ـ توان تلف شده در یک مقاومت اهمی در جریان متناوب ۵۴
۲ـ۳ـ قوانین کرشهف در جریان متناوب ۵۵

۴ـ۲ـ آزمایش شماره (۱) اندازه‌گیری ولتاژ AC ۵۷
۵ـ۲ـ خازن در جریان متناوب ۶۱
۶ـ۲ـ آزمایش شماره (۲) راکتانس خازنی ۶۴
۷ـ۲ـ سلف (سیم‌پیچ) در جریان متناوب ۶۸
۸ـ۲ـ آزمایش شماره (۳) راکتانس سلفی ۷۰
۹ـ۲ـ مدار RC سری و موازی ۷۵
۱۰ـ۲ـ آزمایش شماره (۴) مدار RC سری و موازی ۷۸
۱۱ـ۲ـ مدار RL سری و موازی ۸۲
۱۲ـ۲ـ آزمایش شماره (۵) مدار RL سری و موازی ۸۶
۱۳ـ۲ـ مدار LC سری و موازی ۹۳
۱۴ـ۲ـ مدار RLC سری و موازی ۹۴
۱۵ـ۲ـ آزمایش شماره (۶) مدار RLC سری و موازی ۹۶
۱۶ـ۲ـ توان در مدارهای جریان متناوب ۱۰۱
آزمون پایانی (۲) ۱۰۲
خودآزمایی عملی (۲) ۱۰۳

فصل سوم: فیلترها ۱۰۴
۱ـ۳ـ رزنانس در مدار RLC سری ۱۰۹
۲ـ۳ـ آزمایش شماره (۱) رزنانس سری ۱۱۳
۳ـ۳ـ رزنانس در مدار RLC موازی ۱۱۷
۴ـ۳ـ آزمایش شماره (۲) رزنانس موازی ۱۱۹
۵ـ۳ـ فیلترها (Filters) ۱۲۳
۶ـ۳ـ آزمایش شماره (۳) فیلترهای RC ۱۲۷
پرسش و تمرین (۳) ۱۳۳
آزمون عملی پایانی (۳) ۱۳۴

فصل چهارم: ترانسفورماتور ۱۳۶
۱ـ۴ـ اصول کار ترانسفورماتور ۱۴۰
۲ـ۴ـ ترانسفورماتورهای تطبیق امپدانس ۱۴۵
۳ـ۴ـ تلفات در ترانسفورماتور ۱۴۸
۴ـ۴ـ محاسبه عملی یک ترانسفورماتور کوچک ۱۴۹
۵ـ۴ـ کار عملی شماره (۱) ۱۵۴
پرسش و تمرین (۴) ۱۶۶
آزمون عملی پایانی (۴) ۱۶۶

فصل پنجم: عملکرد رله ـ میکروفون ـ بلندگو ۱۶۷
۱ـ۵ـ انواع رله و کاربرد آن ۱۷۲
۲ـ۵ـ آزمایش شماره (۱) رله ۱۷۷
۳ـ۵ـ میکروفون ۱۸۱
۴ـ۵ـ آزمایش شماره (۲) میکروفون ۱۸۷
۵ـ۵ـ بلندگو ۱۹۰
۶ـ۵ـ آزمایش شماره (۳) بلندگو ۱۹۲
پرسش و تمرین (۵) ۱۹۷
آزمون عملی پایانی (۵) ۱۹۷
پاسخ‌نامه پیش‌آزمون‌ها ۱۹۸

منابع مورد استفاده ۱۹۹

هدف کلی

بررسی رفتار مقاومت، خازن، سلف در جریان متناوب

واحد کار	شماره‌ی توانایی	عنوان توانایی	ساعات نظری	ساعات عملی	جمع
۱	۱۱	توانایی اندازه‌گیری و محاسبه حالات مختلف ولتاژ و جریان متناوب و فاز	۱۰	۱۰	۲۰
۲	۱۲	رفتار مقاومت اهمی در AC	۲	۲	۴
۲	۱۳	رفتار خازن در AC	۲	۲	۴
۲	۱۴	رفتار سلف در AC	۲	۲	۴
۲	۱۵	بررسی مدارهای مقاومتی، سلفی و خازنی در AC	۶	۶	۱۲
۳	۱۶	تجزیه و تحلیل مدارهای رزنانس	۱۰	۶	۱۶
۳	۱۷	بررسی انواع فیلترهای R-C-L	۲	۲	۴
۴	۱۸	توانایی اندازه‌گیری و محاسبه ترانس تغذیه	۶	۶	۱۲
۵	۱۹	توانایی بررسی عملکرد رله ـ میکروفون و بلندگو	۶	۴	۱۰
		جمع کل	۴۶	۴۰	۸۶

فصل اول

ولتاژ و جریان متناوب

هدف کلی

مشاهده و اندازه‌گیری‌های لازم روی شکل موج‌های سینوسی و محاسبه مقادیر مؤثر و متوسط

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

۱ـ شکل موج سینوسی را شرح دهد.
۲ـ مشخصات کامل یک شکل موج سینوسی را شرح دهد.
۳ـ نحوه تولید یک شکل موج سینوسی را شرح دهد.
۴ـ مقدار متوسط یک شکل موج سینوسی را محاسبه کند.
۵ـ مقدار مؤثر یک شکل موج سینوسی را محاسبه کند.
۶ـ اختلاف فاز بین دو شکل موج سینوسی را تعریف کند.
۷ـ اختلاف فاز بین دو شکل موج سینوسی را به کمک اسیلوسکوپ اندازه بگیرد.
۸ـ با اسیلوسکوپ ولتاژ DC را اندازه بگیرد.
۹ـ زمان تناوب را با اسیلوسکوپ اندازه بگیرد.
۱۰ـ دامنه شکل موج‌های متناوب را با اسیلوسکوپ اندازه بگیرد.
۱۱ـ نحوه کاربرد سیگنال ژنراتور صوتی (AF) را شرح دهد.
۱۲ـ نحوه استفاده از فانکشن ژنراتور را شرح دهد.
۱۳ـ تفاوت بین سیگنال ژنراتور صوتی و فانکشن ژنراتور را شرح دهد.

ساعات آموزشی		
نظری	عملی	جمع
۲	۶	۸

پیش‌آزمون (۱)

۱ـ ترموکوپل انرژی ..... را تبدیل به انرژی ..... می‌کند.

الف ـ □ الکتریکی ـ حرارتی
ب ـ □ حرارتی ـ الکتریکی
ج ـ □ الکتریکی ـ شیمیایی
د ـ □ شیمیایی ـ الکتریکی

۲ـ در پیل ولتا انرژی به صورت ..... ذخیره و هنگام پس‌دادن، این انرژی به صورت ..... می‌آید.

الف ـ □ شیمیایی ـ الکتریکی
ب ـ □ الکتریکی ـ شیمیایی
ج ـ □ شیمیایی ـ شیمیایی
د ـ □ الکتریکی ـ الکتریکی

۳ـ ظرفیت خازن از کدام رابطه به دست می‌آید؟

الف ـ □ $C = K\frac{A}{d}$
ب ـ □ $C = K\frac{d}{A}$
ج ـ □ $C = K.A.d$
د ـ □ $C = K\frac{A}{d^2}$

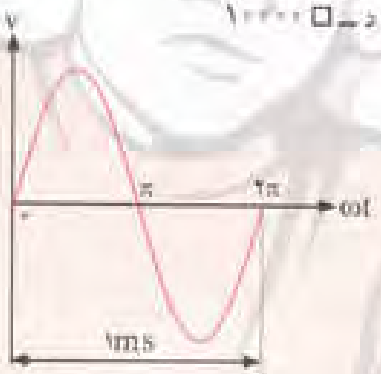
۴ـ انرژی ذخیره شده در خازن به کدام عوامل بستگی دارد؟

الف ـ □ ظرفیت خازن
ب ـ □ ولتاژ دو سر خازن
ج ـ □ جریان گذرنده از خازن
د ـ □ مورد الف و ب

۵ـ ظرفیت کدام نوع خازن می‌تواند از بقیه بیشتر باشد؟

الف ـ □ الکترولیتی
ب ـ □ میکا
ج ـ □ کاغذی
د ـ □ پلی‌استر

۶ـ فرکانس شکل زیر چند هرتز است؟



الف ـ □ ۱
ب ـ □ ۱۰۰
ج ـ □ ۱۰۰۰
د ـ □ ۱۰۰۰۰

۷ـ رابطه‌ی بین فرکانس و زمان تناوب کدام است؟

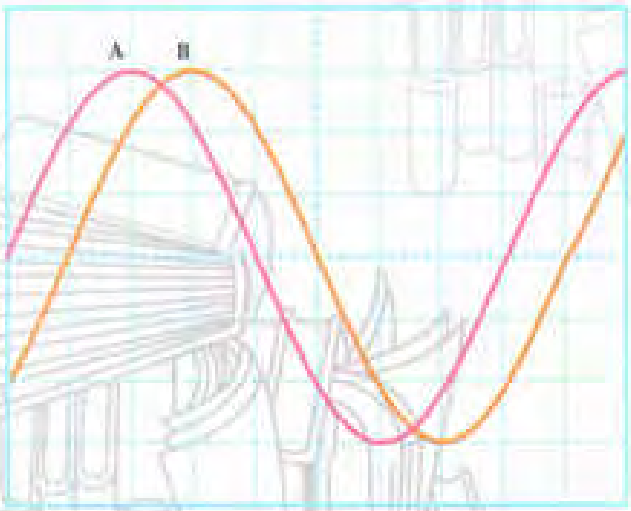
الف ـ □ $f = \frac{1}{T}$
ب ـ □ $f = T^2$
ج ـ □ $f = \frac{1}{T^2}$
د ـ □ $f = \frac{1}{T}$

۸ـ نقش لامب اشعه‌ی کاتدیک در اسیلوسکوپ را به‌طور خلاصه شرح دهید.

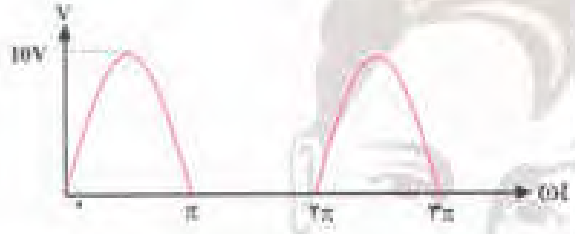
۹ـ اختلاف فاز در شکل زیر چند درجه است؟

الف ـ □ ۴۵ ب ـ □ ۹۰

ج ـ □ ۱۳۵ د ـ □ ۱۸۰



۱۰ـ مقدار متوسط شکل زیر چند ولت است؟ مراحل محاسبه را بنویسید.



۱۱ـ مقدار مؤثر یک شکل موج سینوسی چگونه به دست می‌آید؟ با ذکر روابط شرح دهید.

۱۲ـ تفاوت بین سیگنال ژنراتور صوتی و فانکشن ژنراتور را به‌طور خلاصه بیان کنید.

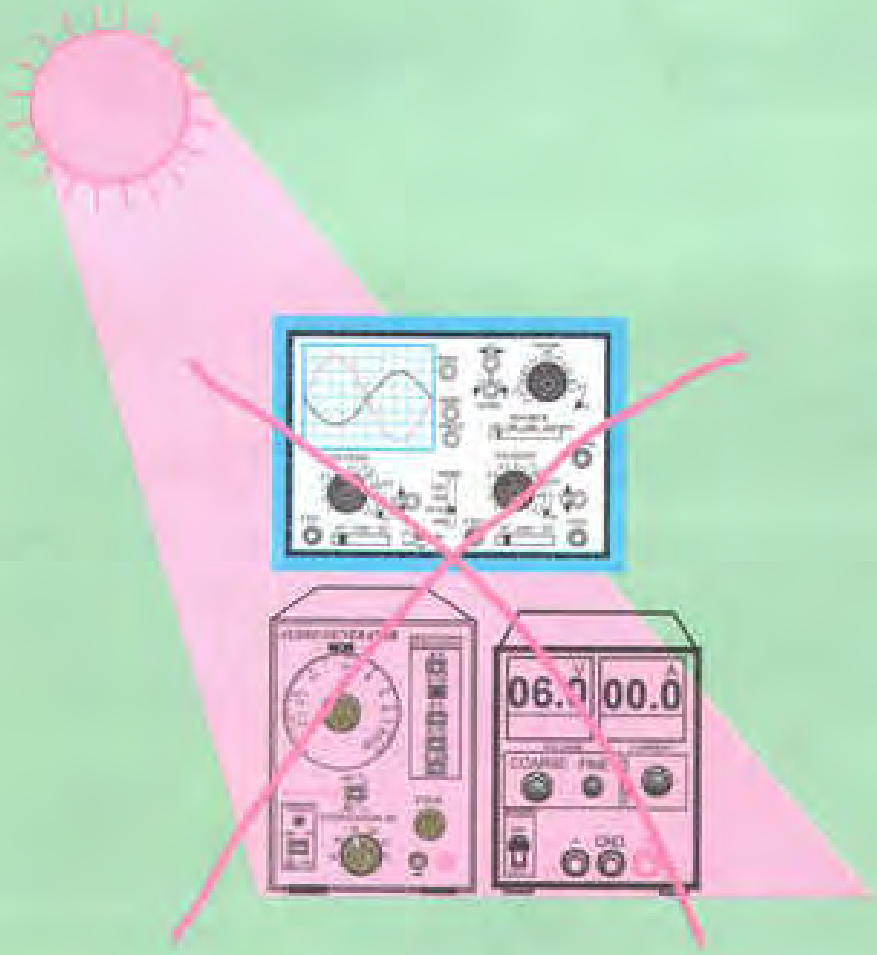
نکات ایمنی فصل اول

۱ـ هنگام حمل و جابه‌جایی دستگاه‌های اندازه‌گیری مانند اسیلوسکوپ، منبع تغذیه، آومتر و سیگنال ژنراتور، مواظب باشید دستگاه به زمین نیفتد. این دستگاه‌ها بسیار حساس هستند و ممکن است بر اثر ضربه چنان معیوب شوند که دیگر قابل تعمیر نباشند.

۲ـ با دکمه‌ها، کلیدها، ولوم‌ها و سلکتورهای دستگاه بازی نکنید.

۳ـ کلید ولوم و سلکتورهای روی دستگاه‌های الکترونیکی مانند اسیلوسکوپ، سیگنال ژنراتور و ... بسیار ظریف هستند. در صورت نیاز به تغییر رنج، خیلی آهسته و با احتیاط کامل عمل کنید.

۴ـ دستگاه‌های الکترونیکی را زیر نور آفتاب و یا در مجاورت گرما قرار ندهید. حرارت سبب معیوب‌شدن دستگاه و کاهش عمر مفید آن می‌شود.



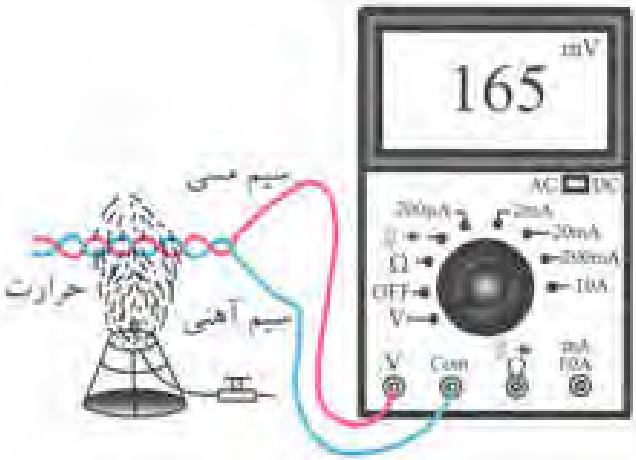
۱ــ۱ــ ولتاژ و جریان سینوسی

منابع تولید الکتریسیته متنوع است ولی در همه‌ی این منابع الکتریسیته از طریق تبدیل انرژی غیرالکتریکی به انرژی الکتریکی تولید می‌شود.

مثلاً در یک پیل، انرژی به صورت شیمیایی ذخیره و به صورت الکتریکی مصرف می‌شود(شکل ۱ــ۱).

شکل ۱ــ۱ــ یک باتری انرژی الکتریکی را به صورت شیمیایی در خود ذخیره می‌کند و هنگام پس‌دادن انرژی، آن را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند.

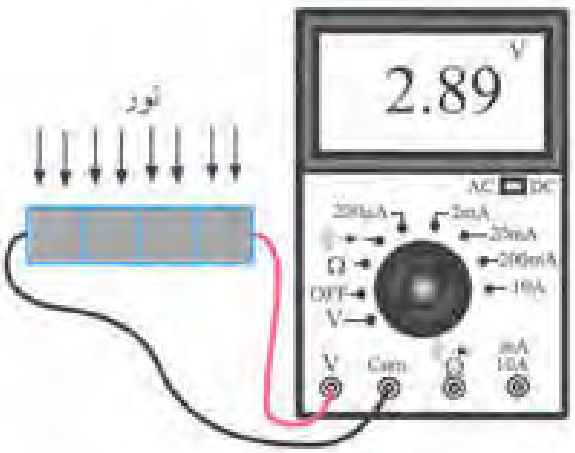
یک ترموکوپل انرژی حرارتی را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند (شکل ۲ــ۱).



شکل ۲ــ۱ــ یک ترموکوپل مستقیماً انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند.

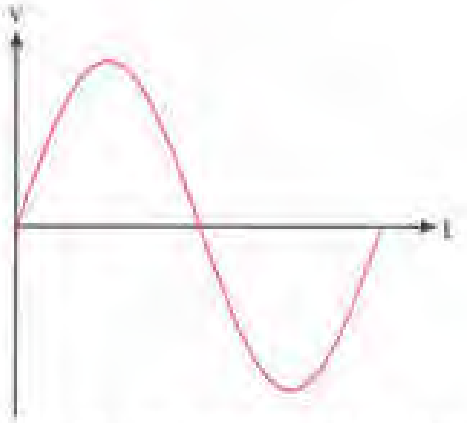
یک سلول خورشیدی انرژی نورانی (مثلاً نور خورشید) را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند.

چنین روش‌هایی برای تولید الکتریسیته در مقیاس کم می‌تواند مقرون به صرفه باشد امّا برای تولید انرژی الکتریکی در مقیاس بسیار وسیع مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.



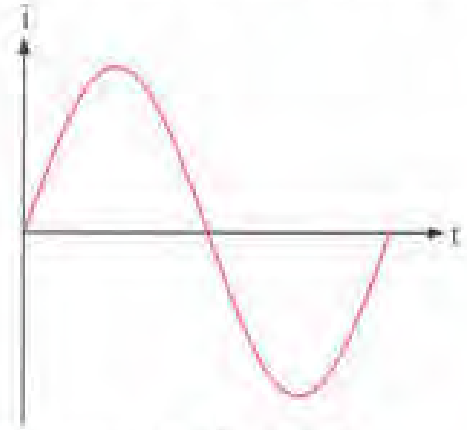
شکل ۳ــ۱ــ یک سلول خورشیدی مستقیماً انرژی نور را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند.

برای تولید انرژی الکتریکی در مقیاس وسیع مانند تأمین برق شهر از روش‌های مختلف تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. در این حالت ولتاژ یا جریان تولیدی به صورت مستقیم یا DC نبوده بلکه صورت شکل (۲ـ۱) است. به این نوع ولتاژ، ولتاژ سینوسی می‌گویند. یکی از دلایل تولید ولتاژ به صورت شکل موج سینوسی، تولید و انتقال آسان آن است. این نوع ولتاژ در مدارهای الکتریکی (حاوی مقاومت اهمی) جریانی تولید می‌کند که از نظر شکل موج، شبیه ولتاژ است و به آن **جریان سینوسی** می‌گویند.



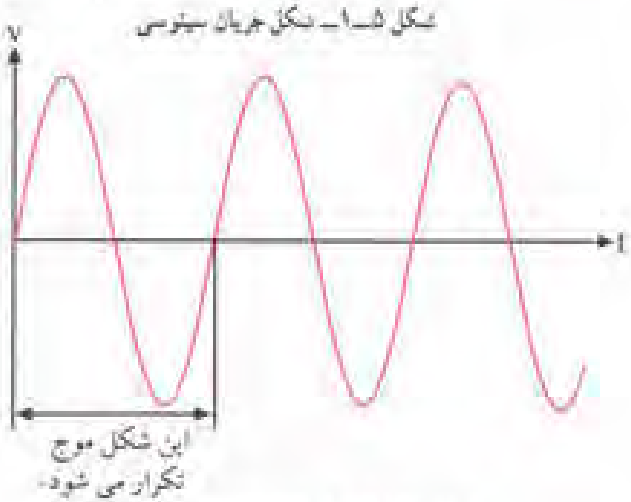
شکل ۲ـ۱ـ شکل ولتاژ که در عمل در مقیاس بسیار زیاد آن را تولید می‌کنند.

به شکل موج ولتاژ یا جریان سینوسی، ولتاژ یا جریان متناوب نیز گفته می‌شود.



شکل ۵ـ۱ـ شکل جریان سینوسی

به‌طور کلی به هر شکل موجی که در فواصل زمانی معینی دائماً تکرار شود شکل موج متناوب می‌گویند.

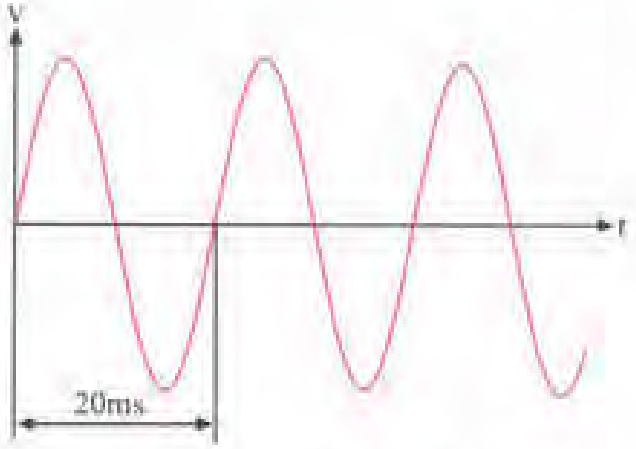


شکل ۶ـ۱ـ شکل موج متناوب سینوسی

شکل موج نشان داده شده در شکل (۷ـ۱)، در فواصل زمانی ۲۰ ms (بیست میلی ثانیه) دائماً تکرار می‌شود. این شکل موج را نیز متناوب می‌نامند.

شکل ۷ـ۱ـ یک نمونه شکل موج جریان متناوب

شکل موج ولتاژ برق شهر نیز سینوسی است (شکل ۸ـ۱). این موج سینوسی در فواصل زمانی ۲۰ms (بیست میلی ثانیه) تکرار می‌شود یعنی زمان تناوب امواج ولتاژ برق شهر بیست میلی ثانیه و نوع جریان متناوب است.

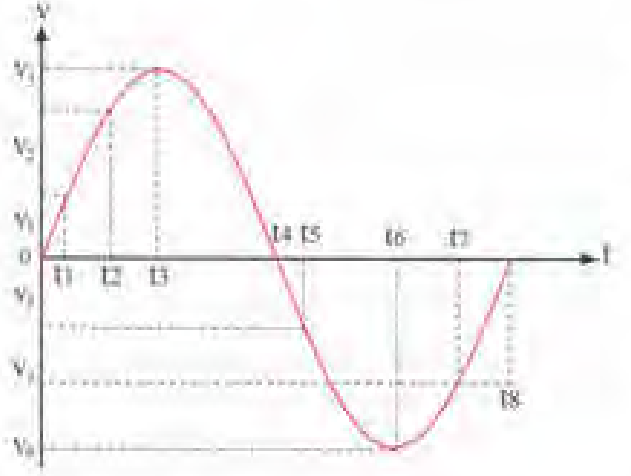


شکل ۸ـ۱ـ شکل موج ولتاژ برق شهر

۲ـ۱ـ مشخصات شکل موج سینوسی

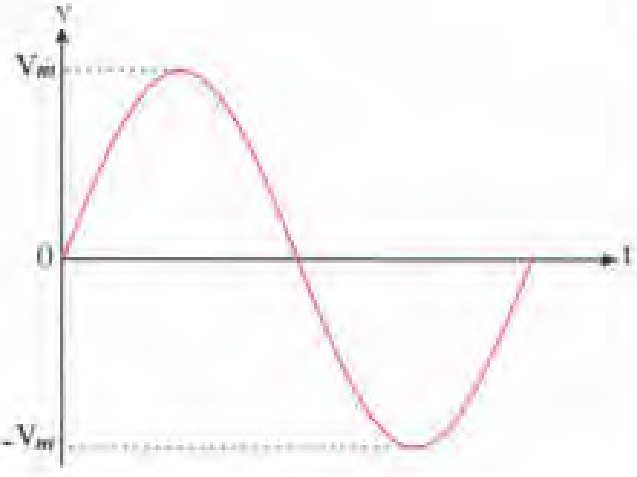
شکل موج سینوسی ولتاژ یا جریان دارای مشخصاتی است که به بررسی آن می‌پردازیم.

۱ـ۲ـ۱ـ مقدار لحظه‌ای: در یک شکل موج سینوسی مقدار ولتاژ یا جریان در هر لحظه نسبت به لحظه‌ی قبل تغییر می‌کند. در شکل (۹ـ۱) در لحظه‌ی صفر، مقدار ولتاژ برابر صفر، درلحظه‌ی t_1 برابر با v_1 و در لحظه t_2 برابر با v_2 و ... است. به مقادیر v_1 و v_2 و ... مقادیر لحظه‌ای می‌گویند. معمولاً مقادیر لحظه‌ای را با حروف کوچک v برای ولتاژ و i برای جریان نشان می‌دهند. مقادیر لحظه‌ای را فقط با دستگاه اسیلوسکوپ می‌توان اندازه گرفت.



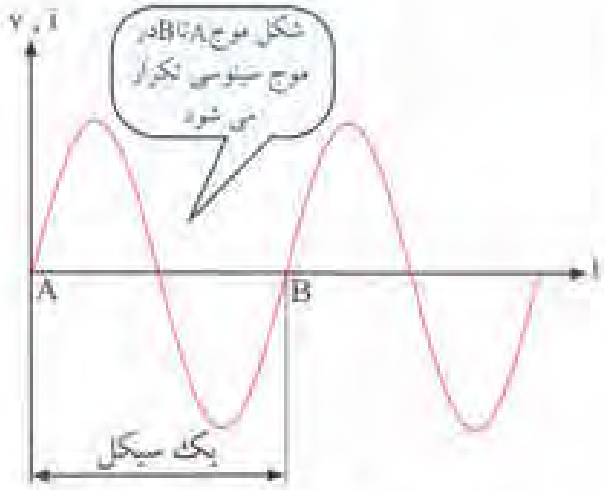
شکل ۹ـ۱ـ نمایش مقادیر لحظه‌ای ولتاژ

۲ـ۲ـ۱ـ دامنه‌ی ماکزیمم شکل موج سینوسی: همان‌طور که در شکل (۱۰ـ۱) مشخص است مقدار ولتاژ (یا جریان) سینوسی از صفر شروع می‌شود و روند افزایشی دارد. این روند ادامه می‌یابد تا به حداکثر مقدار خود برسد. پس از آن مقدار ولتاژ رو به کاهش می‌رود تا صفر شود. بعد از اتمام نیمه‌ی مثبت، ولتاژ در جهت منفی شروع به زیادشدن می‌کند تا به حداکثر مقدار خود در جهت منفی می‌رسد. سپس مقدار دامنه‌ی آن به‌تدریج کم می‌شود تا سرانجام به صفر تقلیل می‌یابد. این چرخه به طور مدام ادامه دارد. به مقادیر حداکثر دامنه در جهت مثبت و منفی دامنه‌ی ماکزیمم شکل موج سینوسی می‌گویند و آن را با V_m (حرف V بزرگ و m کوچک) نشان می‌دهند.



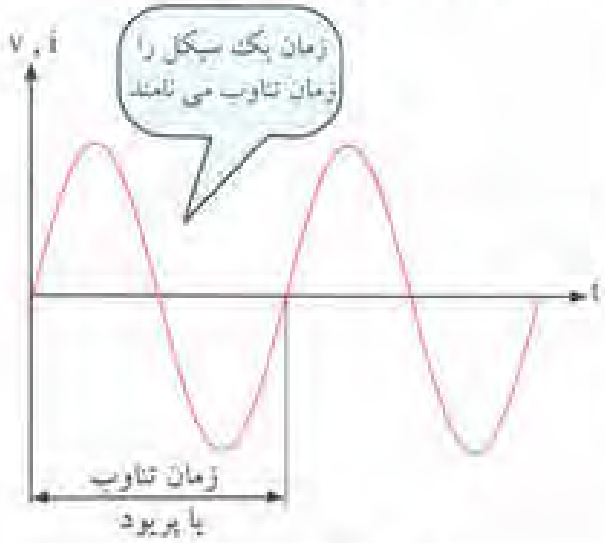
شکل ۱۰ـ۱ـ نمایش مقادیر ماکزیمم

۴ـ۲ـ۱ـ زمان تناوب: در شکل (۱۱ـ۱) شکل موج سینوسی نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود شکل موج ولتاژ بین دو نقطه‌ی A و B در فواصل بعدی به طور دائم تکرار می‌شود. شکل موج بین دو نقطه‌ی A و B را یک سیکل (دوره) ولتاژ یا جریان می‌گویند.



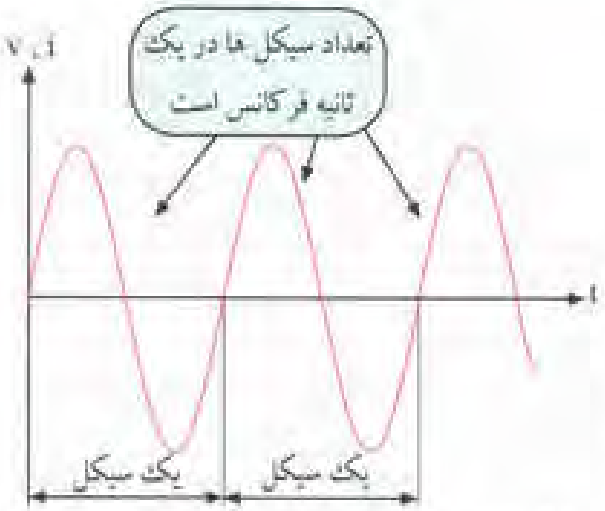
شکل ۱۱ـ۱ـ یک سیکل از موج سینوسی

مدت زمانی که طول می‌کشد تا ولتاژ یا جریان از نقطه A به نقطه B برسد (طول مدت زمان یک سیکل) را زمان تناوب می‌گویند و آن را با حرف T نشان می‌دهند (شکل ۱۲ـ۱). زمان تناوب برق شهر ۰/۰۲ ثانیه ($T = 0/02s$) است. واحد زمان تناوب، ثانیه است. واحدهای کوچکتر زمان تناوب میلی‌ثانیه برابر با $\frac{1}{1000}$ ثانیه و میکروثانیه برابر با $\frac{1}{1000000}$ ثانیه است. میلی‌ثانیه را با ms و میکروثانیه را با μs نشان می‌دهند. به دوره‌ی تناوب پریود[1] نیز گفته می‌شود.



شکل ۱۲ـ۱ـ نمایش زمان تناوب

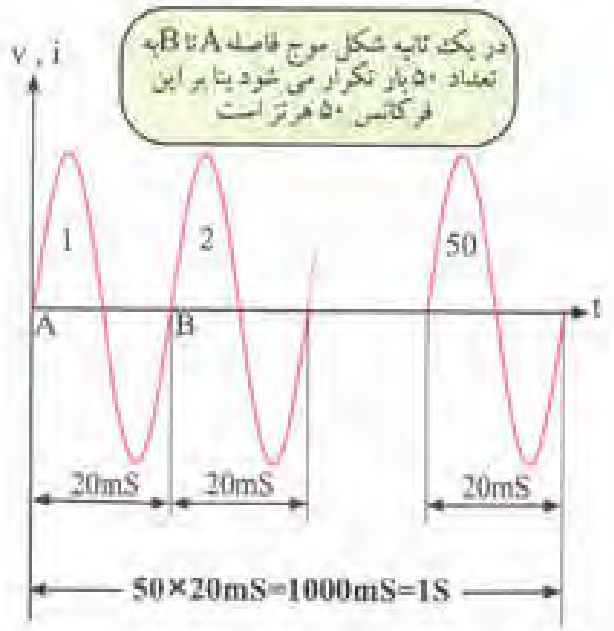
۴ـ۲ـ۱ـ فرکانس: در شکل موج سینوسی سیکل‌ها دائماً تکرار می‌شوند. **تعداد سیکل در یک ثانیه را فرکانس** می‌گویند و با حرف F[2] نشان می‌دهند (شکل ۱۳ـ۱). واحد فرکانس، سیکل بر ثانیه یا هرتز است. فرکانس برق شهر 50Hz



شکل ۱۳ـ۱ـ تعداد سیکل‌ها در یک ثانیه را فرکانس می‌گویند.

۱ـ Period
۲ـ Frequency

است. یعنی در هر ثانیه ۵۰ سیکل یا دوره‌ی تناوب تکرار می‌شود (شکل ۱۴ـ۱).

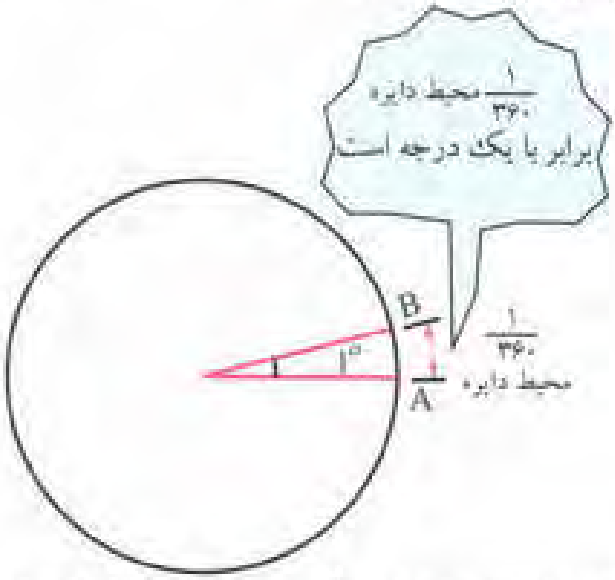


شکل ۱۴ـ۱ـ اگر زمان تناوب یک سیکل موج سینوسی برابر ۲۰ ms باشد فرکانس آن برابر ۵۰ هرتز است.

روابط زیر بین فرکانس و زمان تناوب همیشه برقرار است:

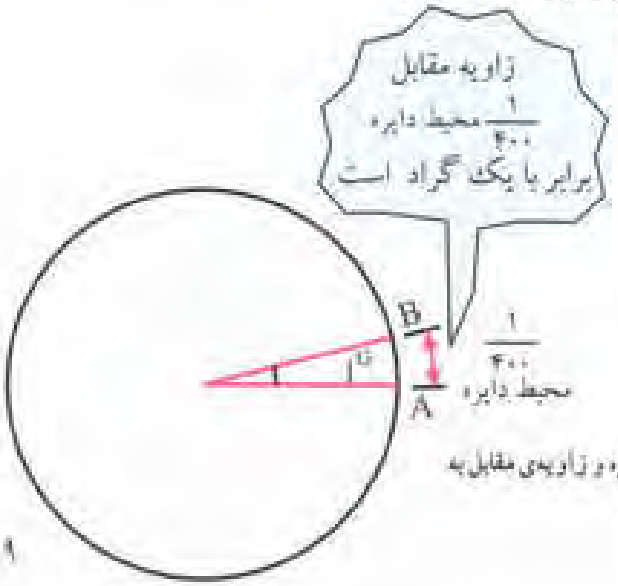
۱ = زمان تناوب × فرکانس	F.T = ۱
فرکانس $F=\frac{۱}{T}$ (هرتز) Hz	
زمان تناوب $T=\frac{۱}{F}$ (ثانیه) s	

۵ـ۲ـ۱ـ سرعت زاویه‌ای: اگر محیط دایره را به ۳۶۰ قسمت تقسیم کنیم زاویه‌ی مقابل هر قسمت را یک درجه می‌نامند. در شکل (۱۵ـ۱) مفهوم درجه نشان داده شده است.



شکل ۱۵ـ۱ـ فاصله A تا B $\frac{۱}{۳۶۰}$ محیط دایره و زاویه مقابل کمان AB یک درجه است.

اگر محیط دایره را به ۴۰۰ قسمت تقسیم کنیم زاویه‌ی مقابل هر قسمت را یک گراد می‌نامند. در شکل (۱۶ـ۱) مفهوم گراد نشان داده شده است.



شکل ۱۶ـ۱ـ فاصله‌ی A تا B برابر $\frac{۱}{۴۰۰}$ محیط دایره و زاویه‌ی مقابل به کمان AB یک گراد است.

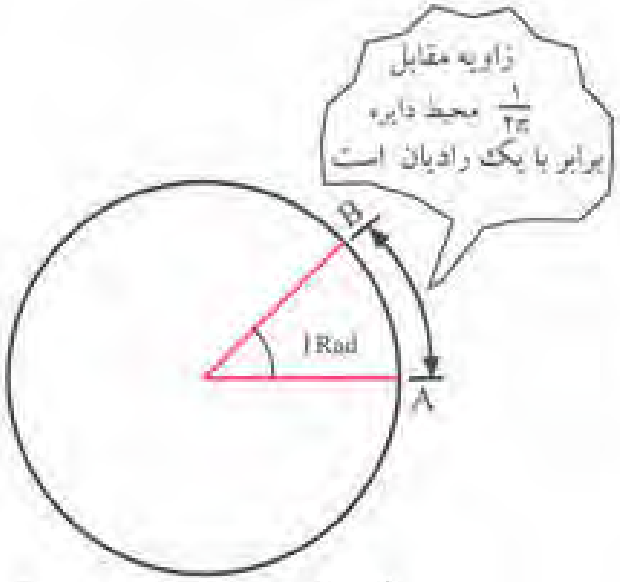
حال اگر محیط دایره را به 2π یعنی تقریباً ۶/۲۸ قسمت تقسیم کنیم، زاویه‌ی مقابل هر قطعه کمان را یک رادیان می‌نامند. رادیان واحد زاویه است. در شکل (۱۷ـ۱) مفهوم رادیان نشان داده شده است.

فاصله A تا B برابر با $\frac{1}{2\pi}$ یا $\frac{1}{6/28}$ محیط دایره است.

به عبارت دیگر فاصله A تا B برابر با شعاع دایره و یک رادیان تقریباً معادل ۵۷/۳۲ درجه است. بنابراین داریم:

$$360^\circ = 400^G = 2\pi(\text{rad})$$

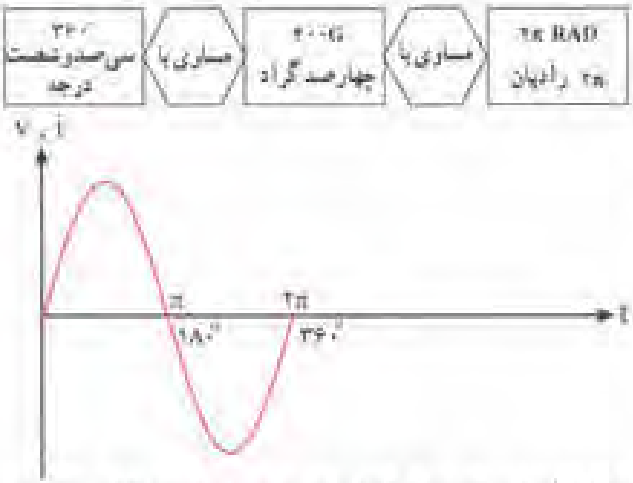
درجه ۵۷/۳۲ = یک رادیان



فاصله A تا B برابر $\frac{1}{6/28} = \frac{1}{2\pi}$ محیط دایره است یا به عبارت دیگر فاصله A تا B برابر با شعاع دایره است.

شکل ۱۷ـ۱ـ نحوه تعریف رادیان

در تئوری‌های مربوط به الکتریسیته اندازه‌ی زوایا را بیشتر بر حسب رادیان بیان می‌کنند. ولتاژ یا جریان سینوسی در هر سیکل 360° یا 2π رادیان را طی می‌کند. یک سیکل کامل مشابه حالتی است که یک دور کامل دایره را طی کرده باشیم.



شکل ۱۸ـ۱ـ یک سیکل کامل ولتاژ یا جریان زاویه ۳۶۰ درجه یا 2π رادیان را طی می‌کند.

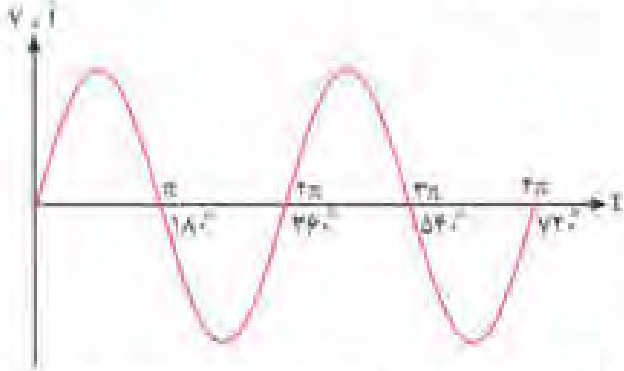
مقدار زاویه‌ی طی شده توسط ولتاژ یا جریان سینوسی در مدت زمان یک ثانیه را سرعت زاویه‌ای می‌نامند و آن را با ω (اُمگا) نشان می‌دهند.

مقدار ω از رابطه زیر به دست می‌آید.

تعداد سیکل در ثانیه × زاویه طی شده توسط یک سیکل = مقدار زاویه طی شده در مدت یک ثانیه

$$\omega = 2\pi \times f$$

واحد ω رادیان به ثانیه است.

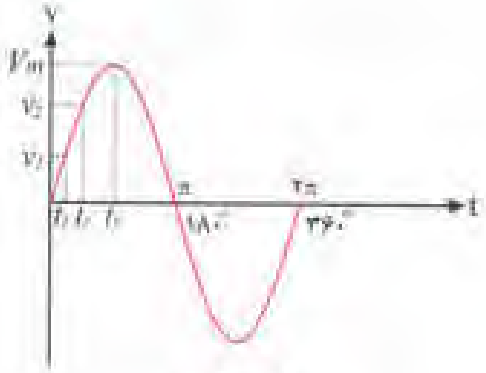


شکل ۱۹ـ۱ـ در دو سیکل کامل ولتاژ یا جریان زاویه طی شده برابر با ۷۲۰ درجه یا 4π رادیان است.

۶ـ۲ـ۱ـ معادله‌ی ولتاژ سینوسی: با توجه به شکل ولتاژ سینوسی می‌توان رابطه‌ی ریاضی آن را به صورت زیر نوشت:

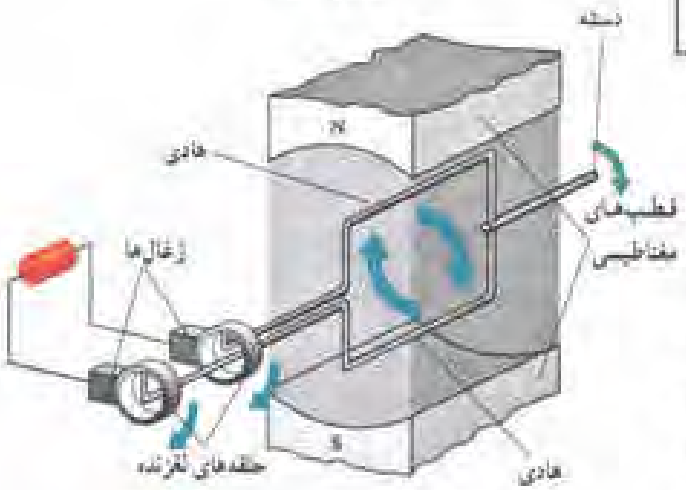
$v = V_m \sin\omega t$

- v: ولتاژ لحظه‌ای برحسب ولت
- V_m: دامنه‌ی ماکزیمم ولتاژ برحسب ولت
- ω: سرعت زاویه‌ای برحسب رادیان بر ثانیه
- t: زمان برحسب ثانیه



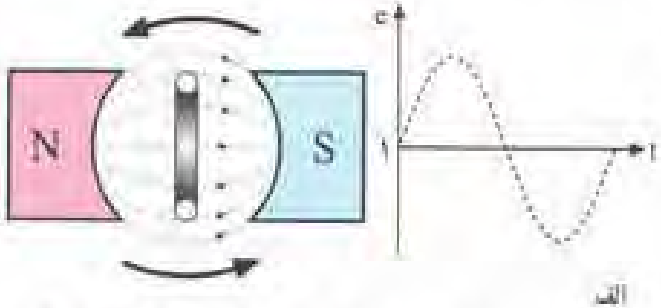
شکل ۲۰ـ۱

۷ـ۲ـ۱ـ نحوه‌ی تولید ولتاژ سینوسی و مقدار ولتاژ القایی: برای تولید ولتاژ سینوسی می‌توان از یک ژنراتور ساده AC استفاده کرد. در ژنراتور AC از ترکیب اصول فیزیک و مغناطیس استفاده می‌شود. به این ترتیب که اگر دو قطب یک آهن‌ربا در نزدیکی یک‌دیگر قرارداشته باشند بنا به تعریف فلوی مغناطیسی (خطوط قوا) از قطب شمال آهن‌ربا (N) خارج و به قطب جنوب آن (S) وارد می‌شود. چنان‌چه در مسیر خطوط قوا، سیم‌پیچی دوران کند خطوط قوا توسط سیم‌پیچ قطع می‌شود و در صورت تداوم دوران، جریان متناوب به‌وجود می‌آید. این مولد را مولد جریان متناوب می‌نامند. در شکل (۲۱ـ۱) ساختمان داخلی یک ژنراتور ساده‌ی AC نشان داده شده است. در شکل (۲۲ـ۱) نحوه‌ی حرکت سیم‌پیچ و چگونگی تولید لحظه‌به لحظه‌ی شکل موج ولتاژ متناوب سینوسی را در یک مولد ساده مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۱ـ۱ـ ساختمان یک ژنراتور AC بسیار ساده

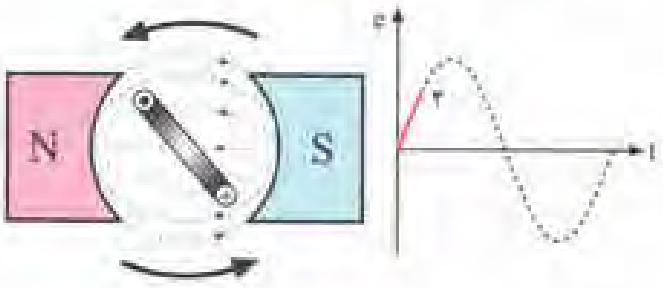
در شکل (۲۲ـ۱ـ الف) خطوط قوای مغناطیسی توسط سیم‌پیچ قطع نمی‌شود. در این مرحله ولتاژ دو سر سیم‌پیچ، صفر است، نقطه ۱.



الف

حرکت بازوی سیم‌پیچ با جهت میدان هم‌جهت است و آن را قطع نمی‌کند.

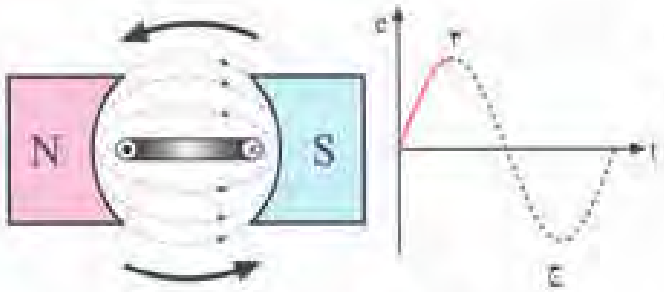
در شکل (۲۲ـ۱ـ ب) سیم‌پیچ تقریباً به اندازه‌ی ۴۵ درجه در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت چرخیده است. در این مرحله مقداری ولتاژ در سیم‌پیچ به‌وجود می‌آید، نقطه ۲.



ب

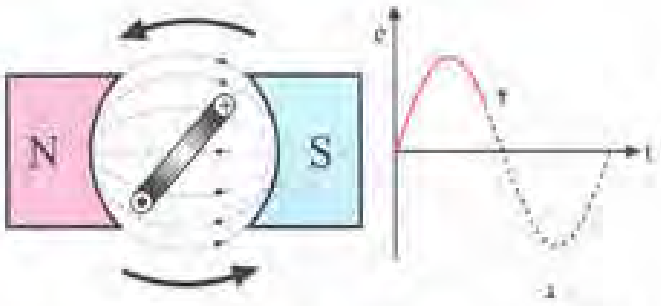
چرخش سیم‌پیچ ۴۵ درجه و قطع خطوط می‌شود.

در شکل (۲۲ـ۱ـ ج) سیم‌پیچ به اندازه‌ی ۹۰ درجه چرخیده است. حداکثر ولتاژ در آن القا می‌شود حداکثر فوران سیم‌پیچ را در برمی‌گیرد، نقطه ۳.



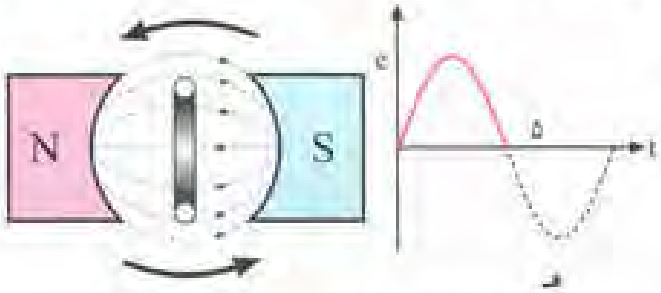
چرخش سیم‌پیچ ۹۰ درجه و قطع بیشترین خطوط میدان

در شکل (۲۲ـ۱ـ د) قاب به اندازه‌ی ۱۳۵ درجه چرخیده است. در این مرحله فورانی که سیم‌پیچ را در برمی‌گیرد کاهش یافته و ولتاژ القا شده به حدی کمتر از مقدار ماکزیمم می‌رسد، نقطه ۴.



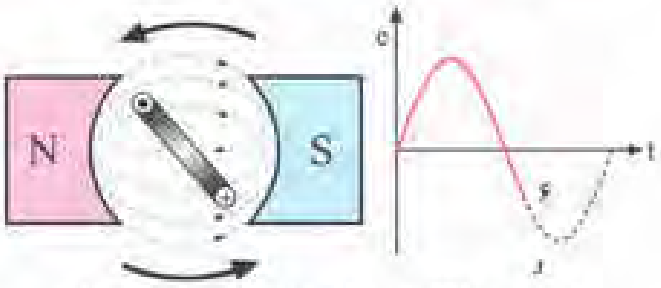
چرخش سیم‌پیچ ۳۵۰ درجه و کاهش میزان قطع خطوط قوا نسبت به حالت قبل

در شکل (۲۲ـ۱ـ هـ) قاب به اندازه ۱۸۰ درجه چرخیده است. در این مرحله هیچ فورانی سیم‌پیچ را در برمی‌گیرد و آن را قطع نمی‌کند. بنابراین ولتاژ القا شده در آن برابر با صفر است، نقطه ۵.



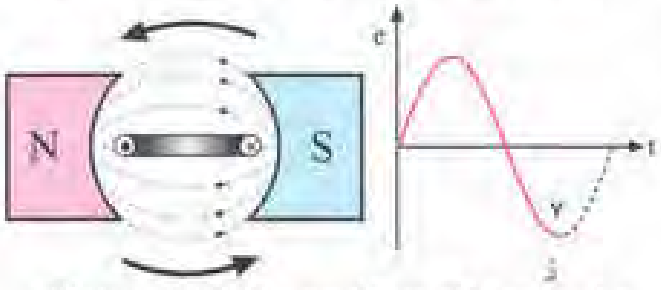
چرخش سیم‌پیچ ۱۸۰ درجه و عدم قطع خطوط قوا

در شکل (۲۲ـ۱ـ و) حلقه به اندازه ۲۲۵ درجه چرخیده است. در این مرحله جهت ولتاژ القا شده، عکس حالت قبلی می‌شود زیرا آن بازوی قاب که قبل از این مرحله زیر قطب N بوده حالا زیر قطب S قرار دارد.



چرخش سیم‌پیچ ۲۲۵ درجه و قطع خطوط قوا در خلاف جهت قبلی

در شکل (۲۲ـ۱ـ ز) حلقه به اندازه‌ی ۲۷۰ درجه چرخیده است. در این مرحله حداکثر فوران مغناطیسی (خطوط قوا)، سیم‌پیچ را در برمی‌گیرد و ولتاژ القا شده در آن حداکثر در جهت مخالف حالت قبل است، نقطه ۷.



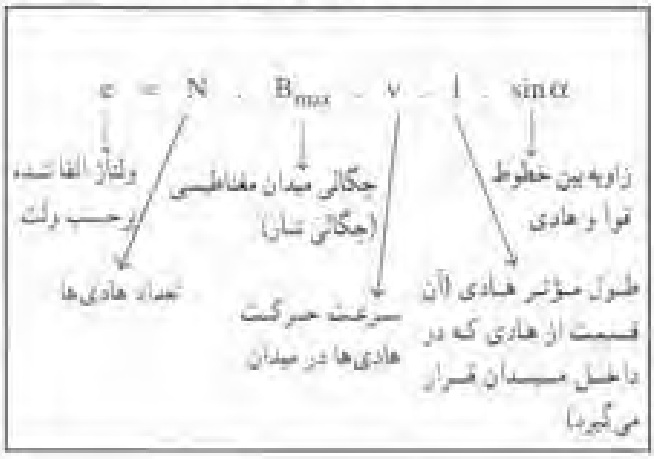
چرخش سیم‌پیچ ۱۸۰ درجه و قطع بیشترین خطوط قوا در جهت مخالف

شکل ۲۲ـ۱ـ نحوه تولید ولتاژ سینوسی

و بالاخره، اگر حلقه ۹۰ درجه دیگر در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت بچرخد هیچ فورانی سیم‌پیچ را در برنمی‌گیرد و ولتاژ القایی در سر حلقه برابر صفر می‌شود و شرایط شکل ۲۲ـ۱ ـ الف مجدداً قائم می‌شود.

بدیهی است که با یک حلقه سیم‌پیچ، نمی‌توان انرژی زیادی از ژنراتور گرفت. بنابراین برای بالابردن ولتاژ و افزایش انرژی عملاً در ژنراتورها تعداد کلاف‌ها را زیاد می‌کنند، و سرعت کلاف‌ها را افزایش می‌دهند و از یک میدان مغناطیسی قوی استفاده می‌کنند.

رابطه‌ی ولتاژ القایی در یک حلقه



۳ـ۱ـ مقادیر مؤثر و متوسط شکل موج سینوسی

۱ـ۳ـ۱ـ مقدار مؤثر: در شکل(۲۳ـ۱) انرژی تلف شده یا به عبارت دیگر انرژی تبدیل شده به حرارت در مدت ۱۰ ثانیه برابر است با:

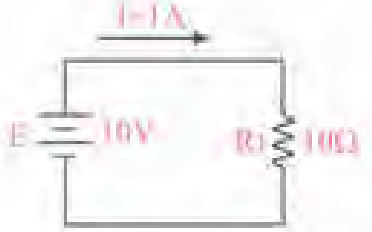
$$W = R.I^2.t = 10 \times (1)^2 \times 100 = 1000 \text{ ژول}$$

اگر بخواهیم انرژی تلف شده یا تبدیل‌شده به حرارت در همان مقاومت و همان مدت زمان ۱۰ ثانیه برابر با ۱۰۰ ژول باشد، مقدار I یا مقدار ولتاژ منبع چند ولت باید باشد؟

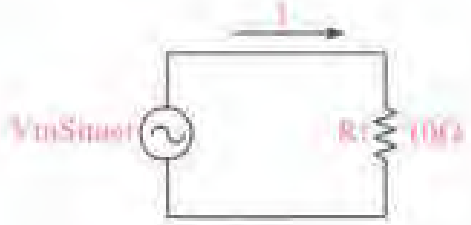
$$W = R.I^2.t$$

$$100 = 10 \times I^2 \times 10$$

$$I^2 = 1 \Rightarrow \boxed{I = 1A}$$



شکل ۲۳ـ۱ـ وقتی یک منبع ۱۰ ولتی به دو سر یک مقاومت ۱۰Ω وصل شود جریان یک آمپر از آن عبور می‌کند.



شکل ۲۴ـ۱ـ اگر به دو سر یک مقاومت اهمی منبع سینوسی وصل شود در مدار جریان سینوسی به وجود خواهد آمد.

در جریان متناوب نیز باید مقدار I برابر با یک آمپر باشد. امّا چون طبق شکل (۲۵ـ۱) مقدار جریان در هر لحظه تغییر می‌کند یعنی ابتدا مقدار جریان صفر است سپس مقدار آن روند افزایشی دارد تا به مقدار ماکزیمم می‌رسد. بعد از رسیدن به مقدار ماکزیمم مقدار آن کاهش می‌یابد و دامنه به صفر و سپس در نهایت در جهت عکس مقدار آن تا حد ماکزیمم زیاد شده و مجدداً به سمت صفر میل می‌کند.

شکل ۲۵ـ۱ـ شکل موج جریان سینوسی

بنابراین با توجه به شرایط ویژه، دامنه جریان متناوب را طوری باید انتخاب کنیم تا **اثر جریان متناوب** در مدت زمان ۱۰ ثانیه بتواند در مقاومت ۱۰۰Ω، ۱۰۰ ژول انرژی ایجاد کند. به این جریان، **جریان مؤثر** می‌گویند. شکل (۲۶ـ۱ـ الف) با به بیان ساده مقدار جریان مؤثر (یا ولتاژ مؤثر) یک شکل موج سینوسی برابر با جریان (یا ولتاژ) DC است که در مدت زمان معین در یک مقاومت مشخص همان مقدار انرژی را تولید یا تلف کند. مقدار مؤثر یک کمیت متناوب را با اندیس eff (Effective) یا r.m.s (Root mean Square) نشان می‌دهند. در یک شکل موج سینوسی مقدار مؤثر جریان و ولتاژ از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$I_{r.m.s} = I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad , \quad V_{eff} = V_{r.m.s} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

مثال ۱: مقدار مؤثر شکل موج ولتاژ سینوسی شکل (۲۶ـ۱ـ ب) برابر است با:

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = ۰/۷۰۷V_m = ۰/۷۰۷\times۲۰ = ۱۴/۱۴\ V$$

$$\boxed{V_{eff} = ۱۴/۱۴}$$

مثال ۲: انرژی تلف شده را در شکل (۲۷ـ۱) را در مدت یک دقیقه به‌دست آورید.

$$W = R.I_{eff}^{۲}.t$$

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{R} = \frac{۲۰}{۱۰۰} = ۰/۲A$$

$$I_{eff} = \frac{۰/۲}{\sqrt{2}} = ۰/۷۰۷\times۰/۲ = ۱۴/۱۴A$$

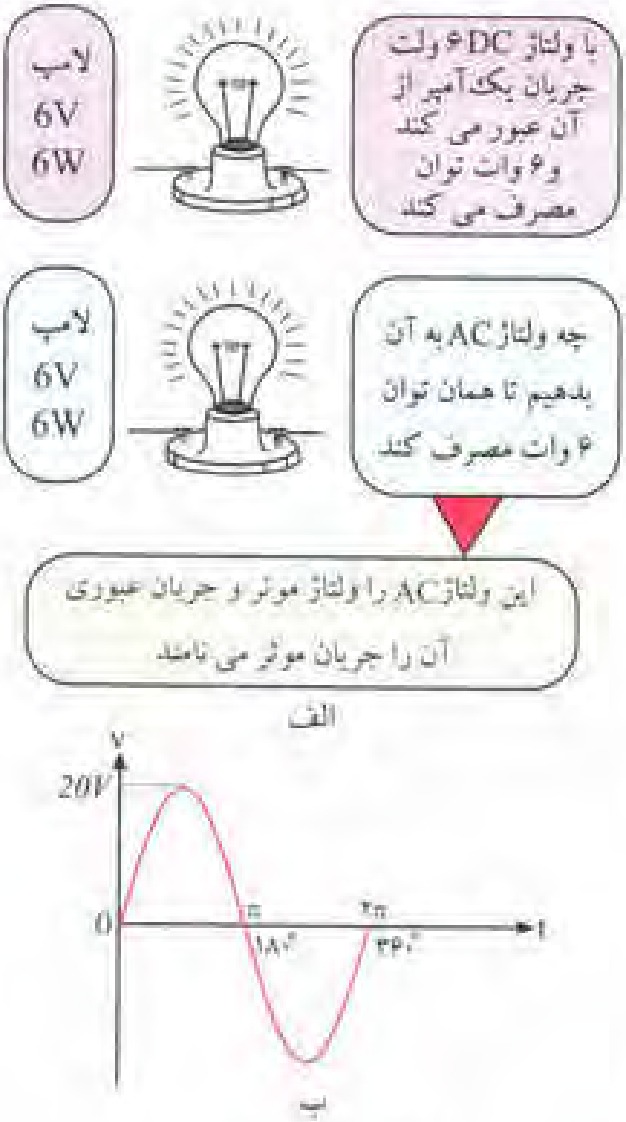
$$W = ۱۰۰\times(۱۴/۱۴)^{۲}\times۶۰ = ۱۲۰ \text{ ژول}$$

مثال ۳: انرژی تلف شده را در شکل (۲۸ـ۱) محاسبه کنید.

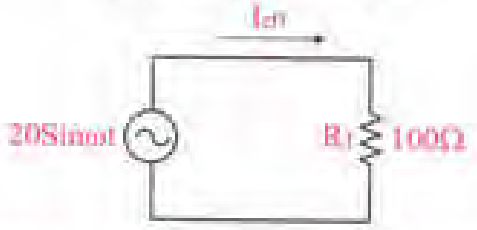
$$W = R.I^{۲}.t$$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{\frac{۲۰}{\sqrt{2}}}{۱۰۰} = \frac{۲۰}{۱۰۰\sqrt{2}} = ۰/۱۴A$$

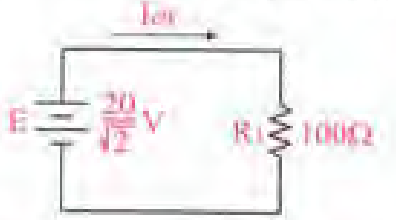
$$W = ۱۰۰\times(۱۴/۱۴)^{۲}\times۶۰ = ۱۲۰ \text{ ژول}$$



شکل ۲۶ـ۱ـ شکل ولتاژ سینوسی



شکل ۲۷ـ۱ـ انرژی تلف شده در دو سر مقاومت ۱۰۰Ω در مدت زمان یک دقیقه برابر ۱۲۰ ژول است.



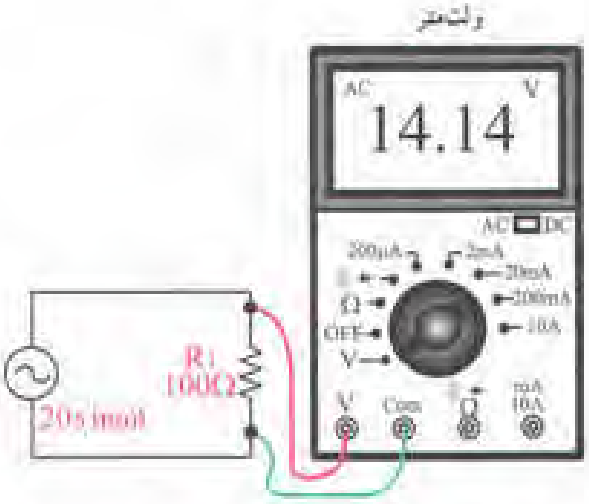
شکل ۲۸ـ۱ـ به‌جای منبع ولتاژ متناوب با دامنه ۲۰ ولت می‌توان یک منبع ۱۴/۱۴ ولتی قرار داد تا همان انرژی را در مدت زمان یک دقیقه تولید کند.

پاسخ‌های مربوط به مثال‌های ۲ و ۳ را با هم مقایسه کنید و نتیجه را با توجه به آموخته‌های خود تحلیل کنید.

نکته مهم

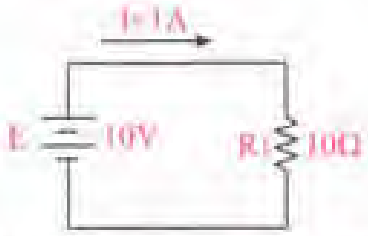
ولت‌مترهای AC مقدار مؤثر فقط ولتاژ به شکل سینوسی را اندازه می‌گیرند (شکل ۲۹ـ۱).

۲ـ۳ـ۱ـ مقدار متوسط: جریان الکتریکی عبارت است از جابه‌جایی بارهای الکتریکی در واحد زمان. اگر بارهای الکتریکی همواره در یک جهت عبور کنند، جریان را جریان DC یا یک‌طرفه می‌نامند.



شکل ۲۹ـ۱ـ ولت‌متر AC مقدار مؤثر شکل موج سینوسی را نشان می‌دهد.

مثال ۱: بارهای الکتریکی عبور داده شده در مدت ۱۰ میلی‌ثانیه را در شکل (۳۰ـ۱) را به‌دست آورید.



شکل ۳۰ـ۱ـ منبع ۱۰ ولتی در مدت ۱۰ میلی‌ثانیه ۱۰ میلی کولن بار الکتریکی را در مدار عبور می‌دهد.

$$I = \frac{E}{R} = \frac{10}{10} = 1A$$

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

$$dQ = I.dt$$

چون جریان کاملاً ثابت است به‌جای رابطه فوق می‌توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم.

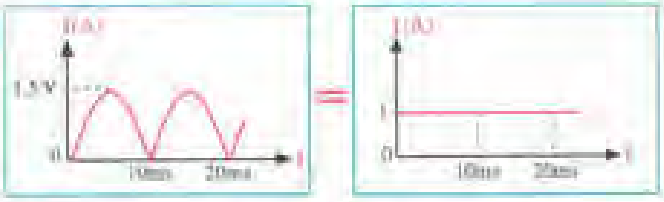
$$Q = I.t$$

$$Q = 1 \times 10 \times 10^{-3} = 10 \text{ میلی کولن} = 0/01 \text{ کولن}$$

$$Q = 0/01 \text{ کولن}$$

اگر بخواهیم در مدار شکل (۳۱ـ۱) نیز در مدت ۱۰ میلی‌ثانیه بار الکتریکی ۱۰ میلی کولن عبور کند باید جریان در این مدار نیز برابر یک آمپر باشد. با توجه به این‌که مقدار جریان در هر لحظه تغییر می‌کند لذا این جریان در مدت ۱۰ میلی‌ثانیه باید بتواند ۱۰ میلی کولن بار را از مقاومت ۱۰Ω عبور دهد. به این مقدار جریان، جریان متوسط می‌گویند. به عبارت دیگر، مقدار متوسط جریان یک سیگنال نیم‌موج[۱] سینوسی با هر نوع شکل موج دیگر، برابر با جریان ثابتی است. به شرط آن‌که بار الکتریکی عبور داده شده توسط سیگنال نیم‌موج سینوسی در مدت زمان معین برابر با بار الکتریکی عبور داده شده توسط جریان ثابت در همان مدت زمان باشند (شکل ۳۲ـ۱).

شکل ۳۱ـ۱ـ سیگنال جریان نیم‌موج سینوسی نیز در مدار باعث عبور بارهای الکتریکی می‌شود.



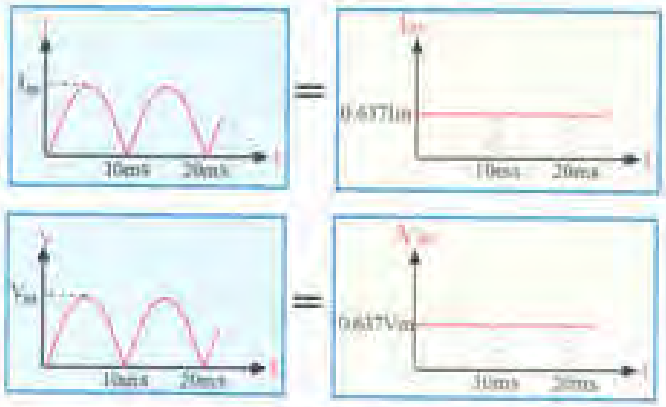
شکل ۳۲ـ۱ـ هر دو شکل موج در مدت زمان ۱۰ms، بار الکتریکی برابری را از مدار عبور می‌دهند.

۱ـ درصورتی که نیم‌سیکل از موج سینوسی استفاده شود آن را سیگنال نیم‌موج نامند.

مقدار متوسط ولتاژ را با V_{dc} یا V_{av} (Average) و جریان متوسط را با I_{dc} یا I_{av} نشان می‌دهند. مقدار متوسط شکل موج یکسو شده سینوسی (تمام‌موج)[1] از روابط زیر به‌دست می‌آید (شکل ۳۳ـ۱).

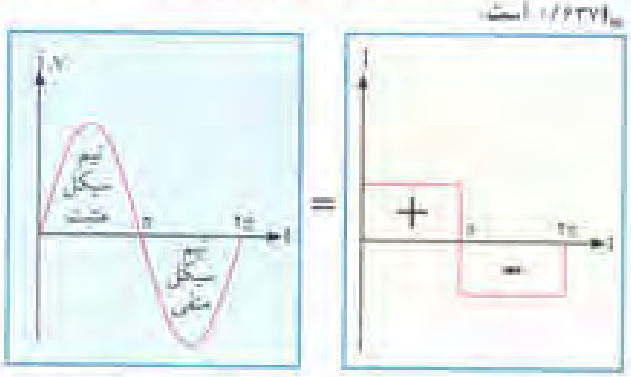
$$I_{av} = \frac{2I_m}{\pi} = 0.637 I_m$$

$$V_{av} = \frac{2V_m}{\pi} = 0.637 V_m$$



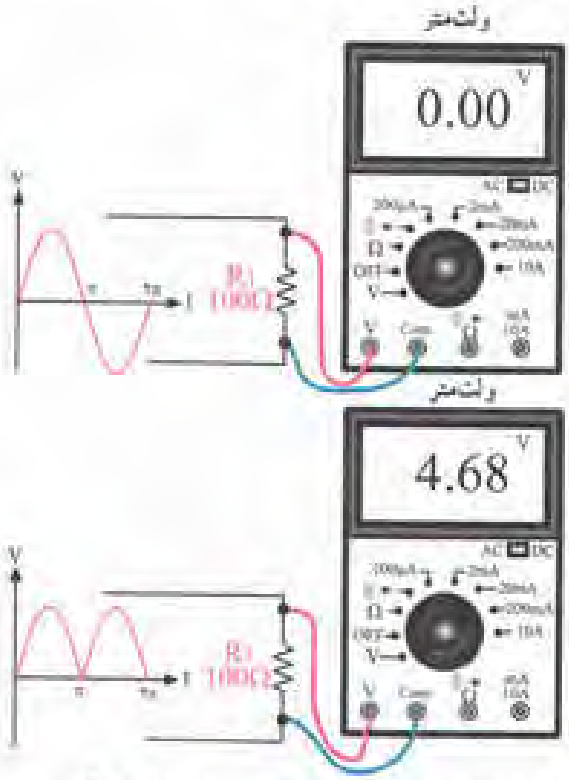
شکل ۳۳ـ۱ـ مقدار متوسط شکل موج سینوسی یکسو شده برابر $0.637 I_m$ است.

مقدار متوسط یک شکل موج سینوسی کامل برابر با صفر است. زیرا در نیم‌سیکل مثبت بارها در یک جهت حرکت می‌کنند و در نیم‌سیکل منفی تمامی بارها در جهت عکس حالت اول به منبع برمی‌گردند. بنابراین در یک سیکل کامل ولتاژ یا جریان سینوسی مقدار متوسط ولتاژ یا جریان برابر با صفر است (شکل ۳۴ـ۱).



شکل ۳۴ـ۱ـ مقدار متوسط ولتاژ یا جریان سینوسی در یک سیکل کامل برابر با صفر است.

ولت‌متر DC عقربه‌ای یا دیجیتالی مقدار متوسط ولتاژ را اندازه می‌گیرند. بنابراین اگر ولت‌متر را به ولتاژ AC متناوب وصل می‌کنیم، ولت‌متر مقدار صفر ولت را نشان می‌دهد (شکل ۳۵ـ۱).



شکل ۳۵ـ۱ـ ولت‌متر DC مقادیر AC را اندازه نمی‌گیرد.

۱ـ اگر هر دو نیم‌سیکل موج سینوسی به یک طرف منتقل شود آن را تمام‌موج می‌گویند.

ولت‌مترهای DC فقط مقدار متوسط ولتاژ سینوسی را صحیح اندازه می‌گیرند.

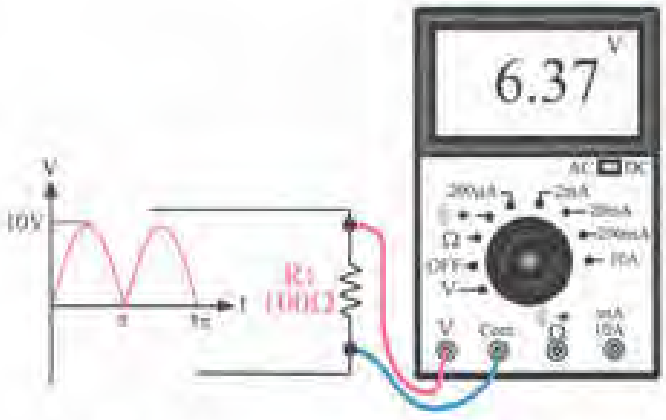
مثال ۲: در شکل (۳۶ـ۱)، ولت‌متر DC چند ولت را نشان می‌دهد؟

حل: ولت‌متر DC ولتاژ متوسط را اندازه می‌گیرد.

$$V_{DC} = V_{av} = \frac{2V_m}{\pi} = 0/637V_m$$

$$V_{DC} = 0/637 \times 10 = 6/37V$$

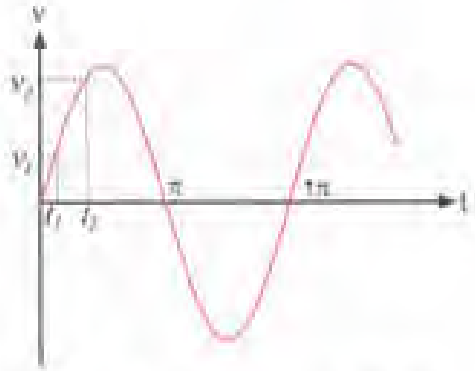
$$\boxed{V_{DC} = 6/37V}$$



شکل ۳۶ـ۱ـ ولت‌متر DC مقدار متوسط را اندازه می‌گیرد.

۴ـ۱ـ نمایش ولتاژ و جریان سینوسی به‌صورت بردار

مقدار لحظه‌ای ولتاژ یا جریان سینوسی دائماً تغییر می‌کند. به‌عنوان مثال در شکل (۳۷ـ۱)، مقدار ولتاژ در لحظه t_1 برابر با v_1 و در لحظه t_2 برابر با v_2 و... است.



شکل ۳۷ـ۱ـ v_1 و v_2 مقادیر لحظه‌ای ولتاژ هستند.

برای نمایش دادن مقدار ولتاژ در لحظات مختلف می‌توان از یک بردار و یک زاویه استفاده کرد. طول این بردار برابر با دامنه لحظه‌ای و زاویه آن مربوط به لحظه‌ای است که دامنه اندازه‌گیری شده است.

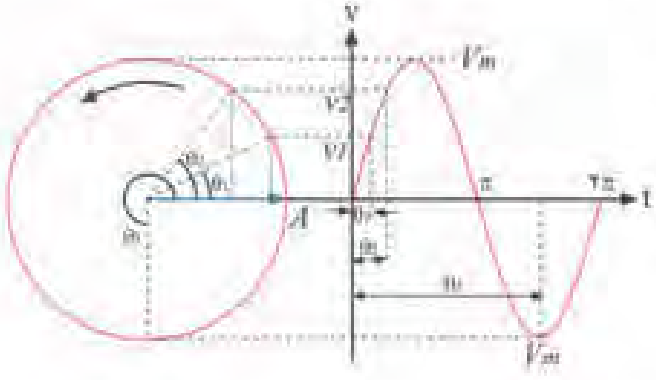
در شکل (۳۸ـ۱) در لحظه t_0 که مقدار t برابر با صفر است مقدار ولتاژ لحظه‌ای v_0 نیز برابر با صفر می‌شود. با توجه به اینکه در نقطه A روی دایره طول بردار برابر با شعاع و مساوی $(E_m)V_m$ است، مقدار v_0 را از رابطه زیر نیز می‌توان به‌دست آورد.

$$v_0 = V_m \sin(0) = A\sin(0) = 0$$

و مقدار v_1 نیز از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$v_1 = V_m \sin(\omega t_1) = A\sin(\omega t_1)$$

سایر مقادیر لحظه‌ای را نیز می‌توان با دامنه ثابت (A) و زاویه‌ای که این بردار (A) با محور مختصات می‌سازد نشان داد و محاسبه کرد.



شکل ۳۸ـ۱ـ نحوه نمایش مقادیر لحظه‌ای به کمک یک بردار و زاویه

نمایش ولتاژ با جریان سینوسی به‌صورت بردار، در برق و الکترونیک کاربرد زیادی دارد. در فصل‌های بعدی همین کتاب نحوه استفاده از این بردارها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۵ـ۱ـ آشنایی با اسیلوسکوپ

اسیلوسکوپ دستگاهی است برای مشاهده‌ی شکل موج و اندازه‌گیری دامنه و زمان تناوب سیگنال‌های متناوب.

در شکل (۳۹ـ۱) یک نمونه اسیلوسکوپ نشان داده شده است. ساختمان اسیلوسکوپ از دو قسمت اصلی تشکیل می‌شود:

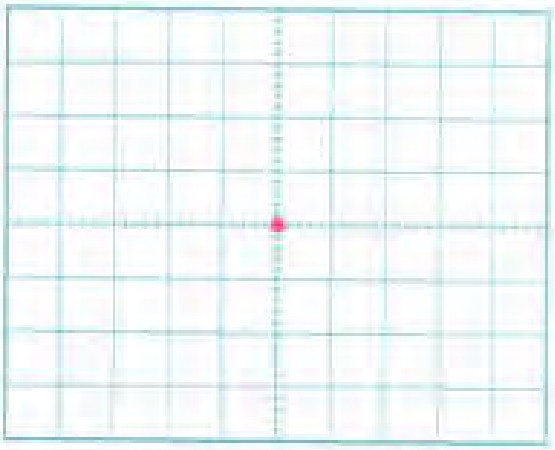
ـ لامپ اشعه کاتدیک

ـ مدار آماده‌سازی لامپ و سیگنال

۱ـ۵ـ۱ـ لامپ اشعه‌ی کاتدیک (CRT[1]): سیگنالی که جهت مشاهده به اسیلوسکوپ اعمال می‌شود روی صفحه حساس لامپ اشعه کاتدیک نقش می‌بندد. در شکل (۴۰ـ۱) یک نمونه لامپ اشعه‌ی کاتدیک نشان داده شده است. اساس کار لامپ اشعه کاتدیک، بمباران صفحه حساس با یک اشعه الکترونی یعنی تعداد زیادی الکترون متمرکز شده با سرعت بسیار بالاست. اشعه توسط یک تفنگ الکترونی تولید می‌شود. اگر این اشعه به‌طرف پوشش‌دار صفحه حساس شیشه‌ای که پشت آن را با مواد فسفر و روی پوشانده‌اند تابانده شود، روی صفحه‌ی حساس یک نقطه‌ی نورانی تولید می‌شود (شکل ۴۱ـ۱). به محض قطع شدن اشعه، نقطه نورانی نیز محو می‌شود. به کمک ولوم INTEN که در صفحه جلویی اسیلوسکوپ قرار دارد می‌توان مقدار نور ایجاد شده را کم یا زیاد کرد. همچنین توسط ولوم FOCUS که معمولاً در کنار ولوم INTEN قرار دارد، می‌توان قطر اشعه را تغییر داد.

شکل ۳۹ـ۱ـ یک نمونه اسیلوسکوپ

شکل ۴۰ـ۱ـ شکل ظاهری یک لامپ اشعه کاتدیک

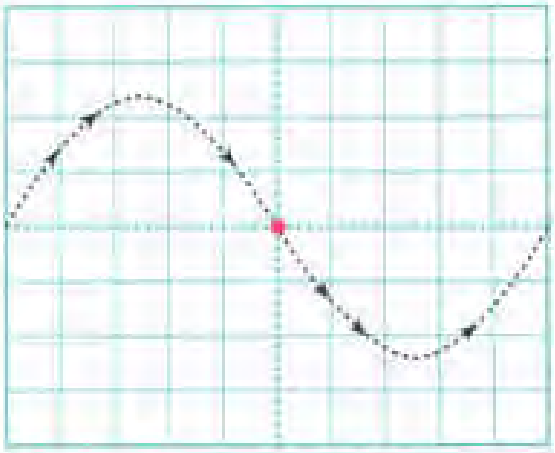


صفحه حساس

شکل ۴۱ـ۱ـ اگر اشعه الکترونی به صفحه حساس برخورد کند، محل برخورد آن یک نقطه نورانی ایجاد می‌شود.

۱ـ CRT = Cathode Ray Tube

شکل موجی که روی صفحه حساس نقش می‌بندد در اثر برخورد اشعه الکترونی به صفحه‌ی حساس و حرکت آن ــ توسط میدان‌های صفحات انحراف افقی و عمودی ــ در دو جهت عمودی و افقی به‌وجود می‌آید. به‌عنوان مثال وقتی شکل موج سینوسی را روی صفحه حساس می‌بینیم، حرکت اشعه روی صفحه حساس حتماً به‌صورت سینوسی است (شکل ۲۲ــ۱).



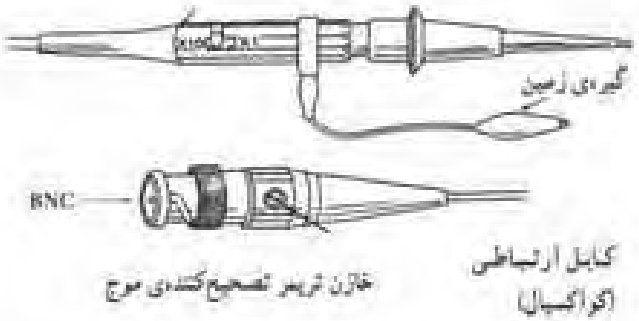
شکل ۲۲ــ۱ــ وقتی یک شکل موج سینوسی به اسیلوسکوپ اعمال کنیم، مسیر حرکت اشعه به‌صورت سینوسی است. اما چون حرکت اشعه سریع صورت می‌گیرد چشمه انسان شکل موج را سینوسی پیوسته و کامل احساس می‌کند.

توجه داشته باشید که اسیلوسکوپ فقط ولتاژ DC و شکل موج‌های متناوب یعنی سیگنال‌هایی که سیکل‌های آن در فواصل منظم زمانی تکرار می‌شود را به صورت ثابت و پایدار نشان می‌دهد.

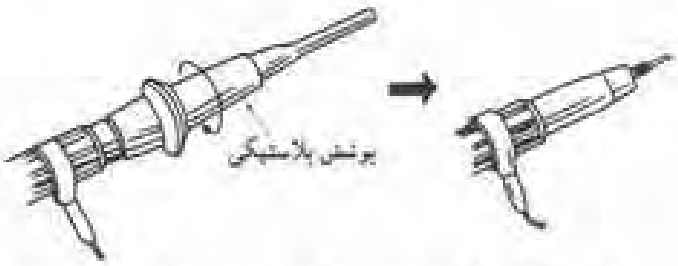
۲ــ۵ــ۱ــ مدارهای آماده‌سازی لامپ و سیگنال:

برای اعمال سیگنال الکتریکی به اسیلوسکوپ از پروب[1] استفاده می‌شود. درشکل (۲۳ــ۱) یک نمونه پروب رایج نشان داده شده است. سیم رابط پروب از کابل کواکسیال است تا میزان نویز (پارازیت) را به حداقل برساند. نوک پروب به‌صورت گیره‌ای فلزی است که می‌توان آن را به یک نقطه از مدار وصل کرد. اگر پوشش پلاستیکی نوک پروب را برداریم نوک سوزنی آن ظاهر می‌شود که به هنگام لزوم از آن استفاده می‌شود (شکل ۲۲ــ۱).

نوک فلزی که به ورودی اسیلوسکوپ وصل می‌شود BNC[2] نام دارد.



شکل ۲۳ــ۱ــ یک نمونه پروب رایج



شکل ۲۲ــ۱ــ اگر پوشش پلاستیکی را از روی نوک پروب برداریم، نوک پراب به‌صورت سوزنی خواهد شد.

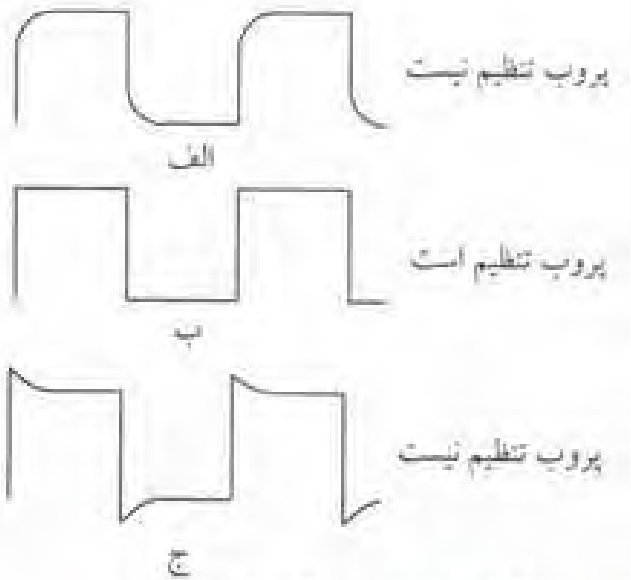
۱ــ Probe

۲ــ BNC سه حرف اول نام مخترع آلمانی این قطعه است.

BNC دارای یک شیار مورب است که وقتی آن را به ورودی اسیلوسکوپ وصل کنیم و تقریباً ۹۰° بچرخانیم BNC کاملاً به اسیلوسکوپ متصل می‌شود (شکل ۲۵ـ۱).

شکل ۲۵ـ۱ـ نحوه اتصال BNC به اسیلوسکوپ

کمی بالاتر از BNC، یک خازن اصلاح‌کننده شکل موج وجود دارد. برای تنظیم پروب، یک شکل موج مربعی را توسط پروب به اسیلوسکوپ اعمال می‌کنند. شکل موج نقش بسته روی صفحه حساس باید مانند شکل (۲۶ـ۱ـ ب) باشد. در غیر این‌صورت باید با یک پیچ‌گوشتی خازن متغیر (ازیمر) روی پروب را تغییر دهیم تا شکل موج به‌صورت شکل (۲۶ـ۱ـ ب) دربیاید.



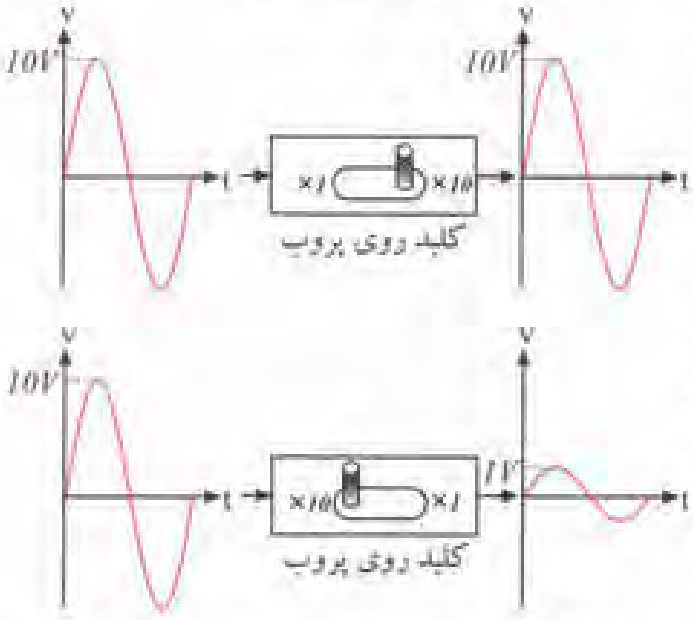
شکل ۲۶ـ۱ـ حالت‌های تنظیم و غیرتنظیم پروب

شکل (۲۷ـ۱) نحوه تنظیم پروب را نشان می‌دهد.

شکل ۲۷ـ۱ـ نحوه تنظیم پروب

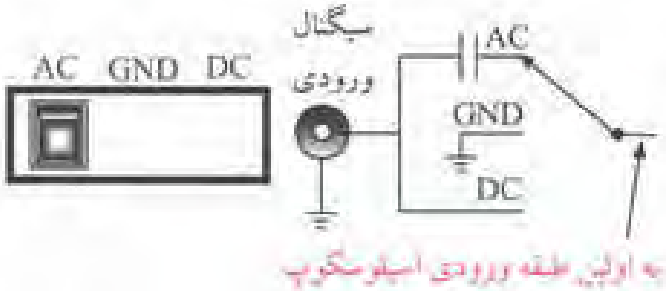
شکل ۴۸ـ۱ـ این ترمینال روی اسیلوسکوپ قرار دارد و فرکانس ۱kHz با دامنه ۰/۵ ولت را جهت تنظیم پروب تأمین می‌کند.

لازم به یادآوری است که موج مربعی مورد نیاز برای تنظیم پروب توسط اسیلوسکوپ نیز تولید می‌شود. این سیگنال در صفحه جلویی اسیلوسکوپ (پانل اسیلوسکوپ) قابل دسترسی است. موج مربعی تولید شده توسط اسیلوسکوپ معمولاً دارای فرکانس برابر با ۱kHz و دامنه ۰/۵ یا یک ولت است. در شکل (۴۸ـ۱) ترمینال ولتاژ شکل موج مربعی را روی دستگاه اسیلوسکوپ مشاهده می‌کنید.



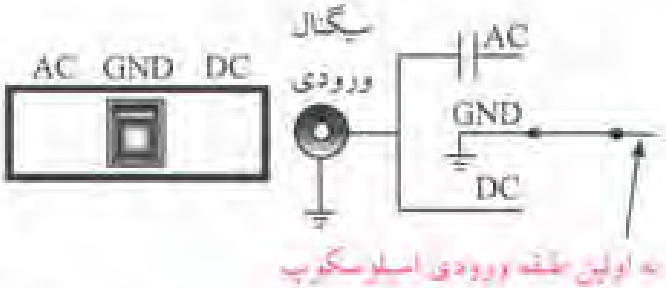
شکل ۴۹ـ۱ـ اگر کلید تبدیل ×۱ و ×۱۰ پروب، در حالت ×۱۰ باشد به سیگنال ورودی به اندازه ۱۰ برابر تضعیف می‌شود.

همچنین در روی پروب معمولاً یک کلید تبدیل ×۱ و ×۱۰ وجود دارد. اگر این کلید در حالت ×۱ قرار گیرد، سیگنال مستقیماً و بدون تضعیف وارد اسیلوسکوپ می‌شود. درصورتی که کلید روی حالت ×۱۰ گذاشته شود، سیگنال ورودی به میزان ۱۰ برابر در داخل پروب تضعیف می‌شود و سپس به مدار اسیلوسکوپ می‌رسد یعنی $\frac{1}{10}$ سیگنال ورودی وارد مدار اسیلوسکوپ می‌شود (شکل ۴۹ـ۱)



شکل ۵۰ـ۱ـ اسیلوسکوپ در حالت AC

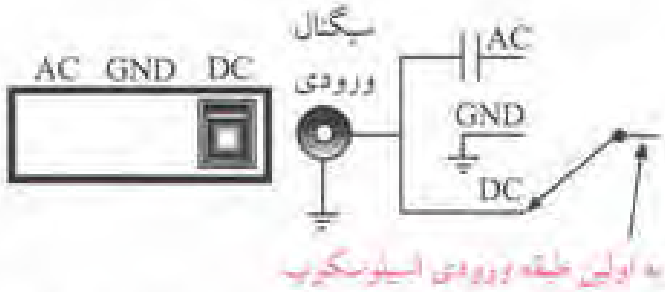
روی اسیلوسکوپ، کلید دیگری نیز مانند شکل (۵۰ـ۱) وجود دارد که دارای سه حالت AC، DC و GND است. اگر کلید در حالت AC باشد، فقط سیگنال متناوب (AC) وارد اولین طبقه‌ی ورودی اسیلوسکوپ می‌شود و از ورود مؤلفه DC ولتاژ جلوگیری می‌کند.



شکل ۵۱ـ۱ـ اگر کلید AC-GND-DC در حالت GND باشد ارتباط سیگنال ورودی با مدارهای الکترونیکی اسیلوسکوپ قطع می‌شود و ورودی مدارهای الکترونیکی را به زمین متصل می‌کند.

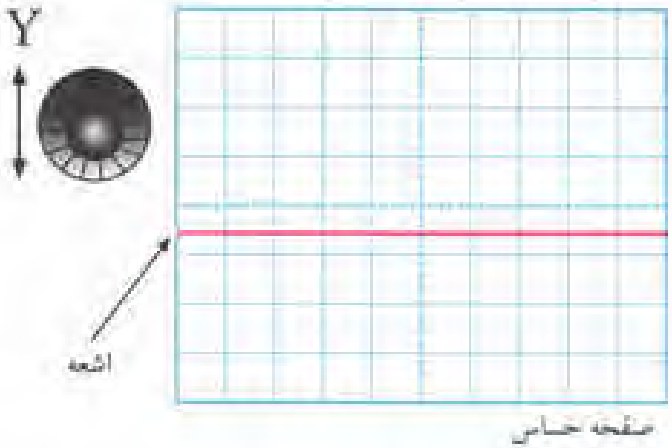
درصورتی که کلید AC - GND - DC در حالت GND قرار گیرد، ارتباط ترمینال ورودی با مدار ورودی اسیلوسکوپ قطع می‌شود. یعنی ورودی اولین اسیلوسکوپ را به زمین متصل می‌کند (شکل ۵۱ـ۱). و اگر کلید در حالت DC باشد ترکیب‌های

مختلف سیگنال ورودی شامل ولتاژهای DC، AC یا ترکیبی از این دو، وارد مدار اسیلوسکوپ می‌شود (شکل ۵۲ـ۱).



شکل ۵۲ـ۱ـ اگر کلید AC-GND-DC روی حالت DC باشد، سیگنال ورودی به‌طور کامل وارد مدار ورودی اسیلوسکوپ می‌شود.

قبل از اعمال سیگنال به ورودی، اسیلوسکوپ باید کلید (AC-GND-DC) درحالت GND (زمین) قرار گیرد و مکان صفر اشعه تنظیم شود. در این حالت اشعه معمولاً به‌صورت یک خط افقی دیده می‌شود. به کمک ولوم جابه‌جاکننده اشعه در جهت عمودی (Y) می‌توان طبق شکل (۵۳ـ۱) محل اشعه را تنظیم کرد. بهتر است مکان صفر درست در وسط صفحه حساس قرار گیرد.



شکل ۵۳ـ۱ـ به کمک ولوم Y می‌توان اشعه را در جهت عمودی روی صفحه حساس جابه‌جا کرد.

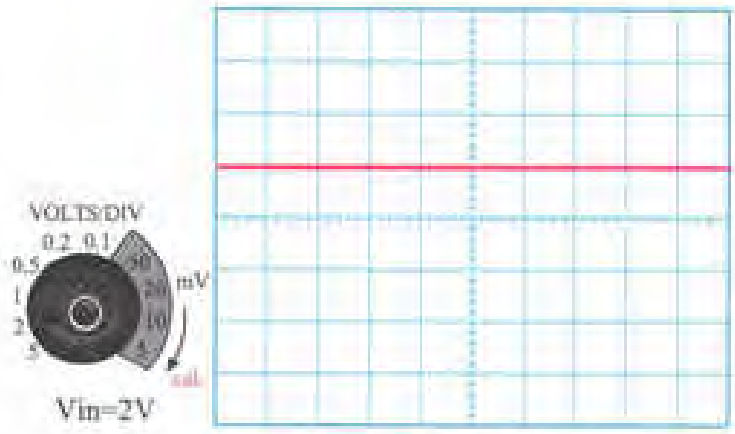
در صفحه جلوی اسیلوسکوپ (پانل اسیلوسکوپ) کلید سلکتوری به‌نام Volts/ Div[1] شکل (۵۴ـ۱) وجود دارد. نقش این کلید سلکتور مانند نقش کلید رنج ولت‌متر یا آومتر است. عددی که نشانک[2] این کلید سلکتور به آن اشاره می‌کند، مقدار ولتاژ را برای انحراف اشعه به اندازه یک خانه مشخص می‌کند.

شکل ۵۴ـ۱ـ اعدادی که نشانک مقابل آن قرار می‌گیرد، میزان انحراف اشعه را در جهت عمودی برای یک خانه نشان می‌دهد.

۱ـ Div به معنی Division یعنی «قسمت» است.

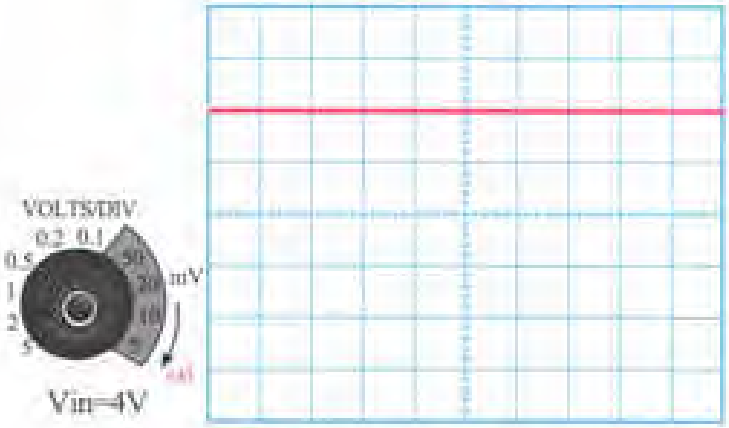
۲ـ نشانک علامت فلش یا برجستگی است که روی ولوم‌ها قرار دارد.

به‌عنوان مثال اگر نشانک کلید سلکتور به عدد ۲ اشاره کند یعنی در مقابل عدد ۲ قرار گیرد به‌ازای اعمال ۲ ولت ولتاژ ورودی (DC یا AC)، اسمه به اندازه یک خانه در جهت عمودی منحرف می‌شود. متناسب با مثبت یا منفی بودن ولتاژ ورودی، اسمه از مرکز یا نقطه تنظیم شده به سمت بالا یا پایین حرکت می‌کند (شکل ۵۵ـ۱).

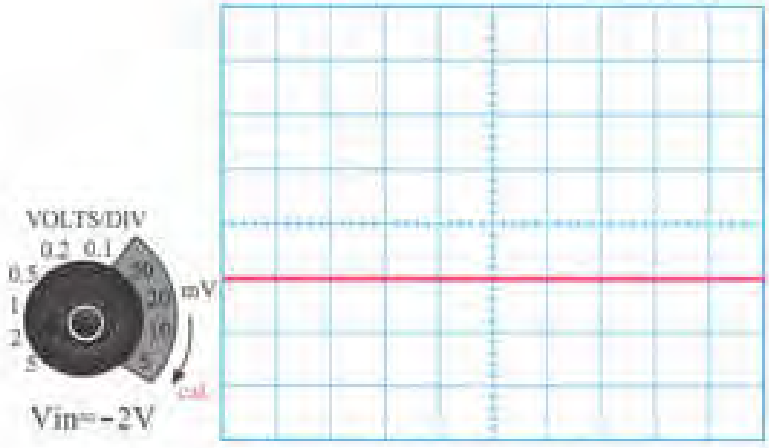


شکل ۵۵ـ۱ـ به‌ازای اعمال ۲ ولت ولتاژ ورودی، رتمه به اندازه یک خانه منحرف می‌شود.

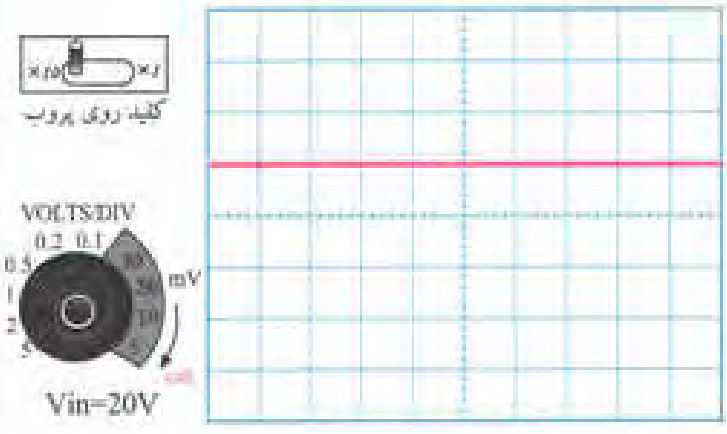
اگر ولتاژ ورودی ۴ ولت باشد و نشانک کلید سلکتور Volt/Div روی عدد دو قرار گیرد، اسمه به اندازه دو خانه منحرف می‌شود (شکل ۵۶ـ۱). و اگر ولتاژ ورودی منفی باشد یعنی قطب نسبت به زمین (مشترک) اسیلوسکوپ و قطب منفی به ورودی اسیلوسکوپ وصل شود، اسمه از نقطه تنظیم شده به سمت پایین حرکت می‌کند. درصورتی که کلید (۱× و ۱۰×) پروب درحالت ۱۰× باشد و نشانک کلید Volt/Div به عدد دو ولت اشاره کند، به‌ازای ۲۰ ولت ولتاژ ورودی، اسمه به اندازه یک خانه منحرف می‌شود (شکل ۵۸ـ۱).



شکل ۵۶ـ۱ـ به‌ازای اعمال ۴ ولت ولتاژ ورودی، اسمه به اندازه دو خانه منحرف می‌شود.



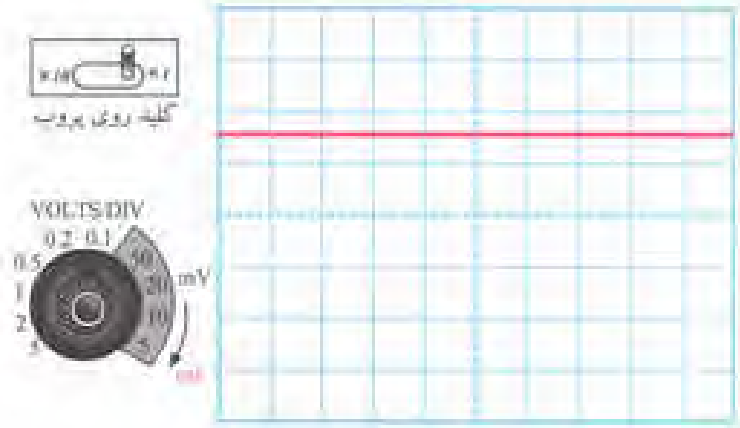
شکل ۵۷ـ۱ـ اگر ولتاژ ورودی منفی باشد، اسمه از نقطه تنظیم شده به سمت پایین حرکت می‌کند.



شکل ۵۸ـ۱ـ اگر ولتاژ ورودی ۲۰ ولت و کلید سلکتور Volt/Div روی عدد ۲ و پروب درحالت ۱۰× قرار گیرد اسمه به اندازه‌ی یک خانه منحرف می‌شود.

با اندازه گرفتن میزان انحراف اشعه و عددی که نشانک کلید Volt/Div به آن اشاره می‌کند می‌توان مقدار ولتاژ اعمال شده به اسیلوسکوپ را اندازه گرفت.

به‌عنوان مثال درشکل (۵۹ـ۱)، اشعه به اندازه ۱/۶ خانه منحرف شده است و نشانک کلید سلکتور Volt/Div روی عدد ۱۰۰mV قرار دارد. بنابراین ولتاژ اعمالی به اسیلوسکوپ برابر ۱/۶×۱۰۰mV = ۱/۶V است (شکل ۵۹ـ۱).



تعداد خانه‌های انحراف اشعه × عددی که نشانک کلید Volt/Div = مقدار ولتاژ مجهول روی آن قرار دارد.

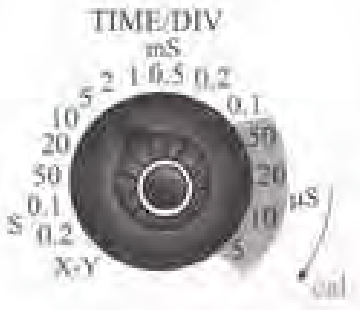
$V_{p-p} = ۱/۶ \times ۱۰۰mV = ۱۶۰mV = ۱/۶V$

شکل ۵۹ـ۱ـ نحوه اندازه‌گیری ولتاژ DC به کمک اسیلوسکوپ

همچنین در روی پانل اسیلوسکوپ ولومی به‌نام Volt Variable وجود دارد که هنگام اندازه‌گیری ولتاژ باید در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر چرخانده شود تا نشانک آن مقابل Cal[1] قرار گیرد. چنان‌چه ولوم از این حالت خارج شود مقدار اندازه‌گیری شده دقیق نخواهد بود.

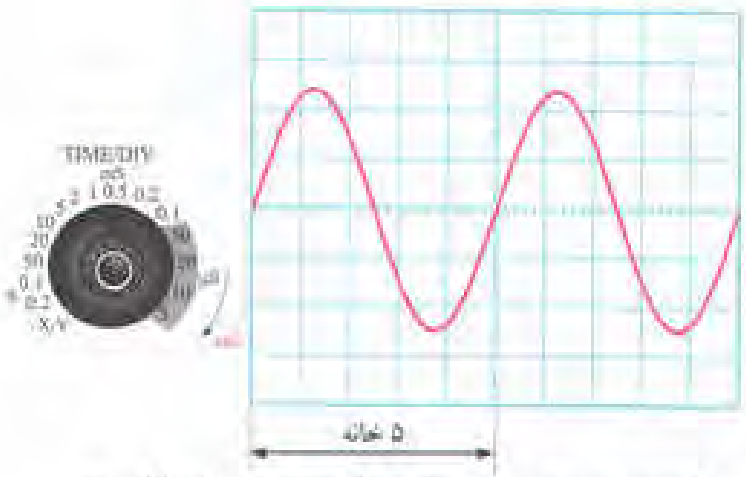
شکل ۶۰ـ۱ـ هنگام اندازه‌گیری ولتاژ این ولوم را تا آخر در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید تا روی Cal قرار گیرد.

کلید سلکتور دیگری به‌نام Tim/Div نیز روی اسیلوسکوپ وجود دارد. عددی که نشانک این کلید به آن اشاره می‌کند، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا اشعه در جهت افقی مسیر یک خانه را طی کند. این کلید سلکتور برای اندازه‌گیری زمان تناوب شکل موج‌های متناوب به‌کار می‌رود. در شکل (۶۱ـ۱) این کلید سلکتور نشان داده شده است.



شکل ۶۱ـ۱ـ عددی که نشانک به آن اشاره می‌کند مدت زمانی است که طول می‌کشد تا اشعه مسیر یک خانه را طی کند.

۱ـ Cal مخفف Calibration و به معنی تنظیم دقیق برای اندازه‌گیری است.



رنج کلید Time / Div × تعداد خانه‌های درگیر گرفته شده برای یک سیکل = T

$T = ۵ \times ۰/۵ ms = ۲/۵ ms$

شکل ۶۴ـ۱ـ نحوه اندازه‌گیری زمان تناوب

برای اندازه‌گیری زمان تناوب تعداد خانه‌های یک سیکل کامل روی صفحه اسیلوسکوپ را در عددی که نشانگ کلید سلکتور Time/Div به آن اشاره می‌کند ضرب می‌کنیم. به‌عنوان مثال در شکل (۶۴ـ۱) نشانگ کلید سلکتور Time/Div روی عدد ۰/۵ ms قرار دارد. در روی صفحه حساس یک سیکل کامل، ۵ خانه را می‌پوشاند، بنابراین زمان تناوب موج نقش بسته روی صفحه حساس برابر با $T = ۵ \times ۰/۵ = ۲/۵ ms$ است.

برای به‌دست آوردن فرکانس کافی است که از رابطه زیر استفاده کنیم.

$$f = \frac{۱}{T}$$

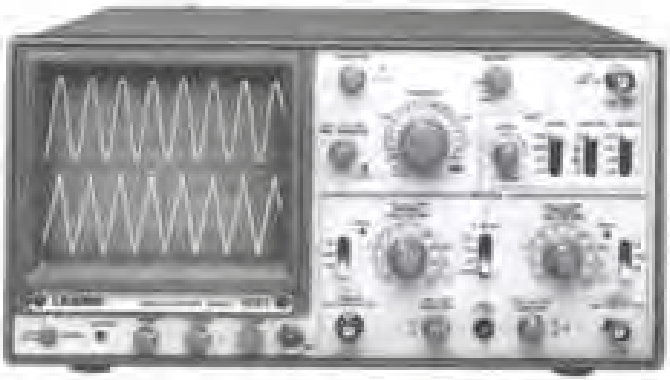
$$f = \frac{۱}{۲/۵ ms} = ۴۰۰ Hz$$

بنابراین با اسیلوسکوپ نمی‌توان به‌طور مستقیم فرکانس را اندازه گرفت. روی پانل اسیلوسکوپ ولوم دیگری به‌نام Time Variable وجود دارد. هنگام اندازه‌گیری زمان تناوب باید این ولوم را در جهت فلش تا آخر بچرخانید تا نشانگ آن در مقابل Cal قرار گیرد. در غیر این صورت نمی‌توان زمان تناوب را به دقت اندازه گرفت.

شکل ۶۴ـ۱ـ قبل از اندازه‌گیری زمان تناوب باید ولوم Time Variable را در جهت فلش تا آخر چرخاند.

اسیلوسکوپ‌ها معمولاً به‌صورت یک کاناله و دو کاناله ساخته می‌شوند. البته اسیلوسکوپ‌های ۳، ۴، ۶ و ۸ کاناله نیز وجود دارند که در کارهای خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. در اسیلوسکوپ‌های دوکاناله می‌توان به‌طور همزمان دو شکل موج را مشاهده کرد. در شکل (۶۴ـ۱) یک اسیلوسکوپ دوکاناله را مشاهده می‌کنید که به‌طور همزمان دو شکل موج را نشان می‌دهد.

در روی پانل اسیلوسکوپ کلید و ولوم‌های دیگری نیز وجود دارند که در قسمت‌های بعدی و در حین انجام آزمایش‌ها به آن‌ها اشاره خواهد شد.

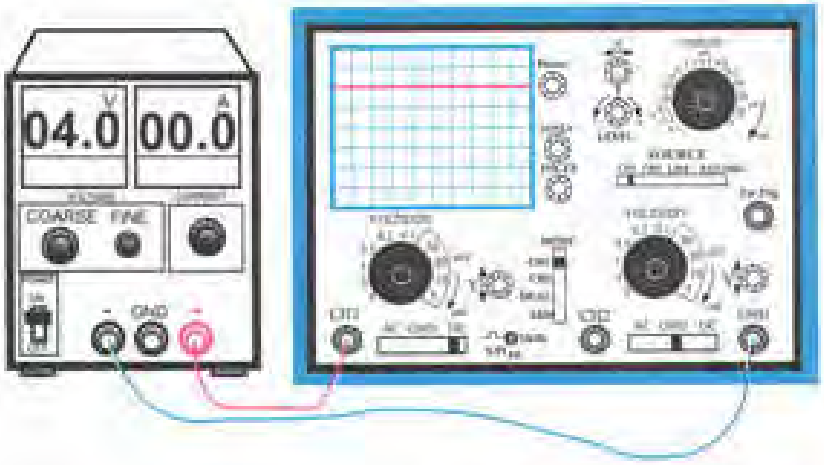


شکل ۶۴ـ۱ـ اسیلوسکوپ دوکاناله، دو شکل موج را به‌طور همزمان را نشان می‌دهد.

مدت زمان انجام آزمایش ۴ ساعت

۶ـ۱ـ آزمایش شماره (۱) کار با اسیلوسکوپ (۱)

۱ـ۶ـ۱ـ هدف‌های آزمایش: اندازه‌گیری ولتاژ DC با اسیلوسکوپ



۲ـ۶ـ۱ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما کار با اسیلوسکوپ را با اندازه‌گیری ولتاژ DC تجربه می‌کنید. برای رسیدن به این هدف کلیه تنظیم‌های لازم برای اندازه‌گیری ولتاژ DC روی اسیلوسکوپ را انجام می‌دهید. با توجه به این که این دستگاه اندازه‌گیری در الکترونیک برای تنظیم و تعمیرات مدارهای الکترونیکی نقش عمده‌ای دارد، توصیه می‌شود با این دستگاه با دقت و توجه کامل کار کنید و طرز کار آن را به‌طور کامل یاد بگیرید. زیرا در مراحل بعدی آموزش می‌بایستی این وسیله را به‌طور مستمر مورد استفاده قرار دهید.

۳ـ۶ـ۱ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۲ـ منبع تغذیه ۱۸ ـ ۱۵۷ ـ +	یک دستگاه
۳ـ سیم‌های رابط یک سر گیره سوسماری و یک سر معمولی	دو عدد
۴ـ آوومتر دیجیتالی	یک دستگاه
۵ـ سیم‌های رابط دوسر فشی‌دار	چهار عدد

۴ـ۶ـ۱ـ مراحل اجرای آزمایش

موضوع الف: اندازه‌گیری ولتاژ DC با اسیلوسکوپ

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید و مدار شکل (۶۵ـ۱) را ببندید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید، حدود یک دقیقه صبر کنید تا اسیلوسکوپ کاملاً گرم شود.

■ به کمک ولوم INTEN، نور اشعه را طوری تنظیم کنید که به‌راحتی قابل مشاهده باشد.

■ به کمک ولوم FOCUS اشعه را تا حد ممکن کانونی کنید (اشعه باید فوق‌العاده باریک باشد).

■ بعد از تنظیم اشعه از نظر نور و ضخامت، تنظیم‌های زیر را روی اسیلوسکوپ و کانال CH1 انجام دهید.

الف ـ کلید Mode را در حالت CH1 قرار دهید.

ب ـ کلید AC-GND-DC را در حالت GND قرار دهید.

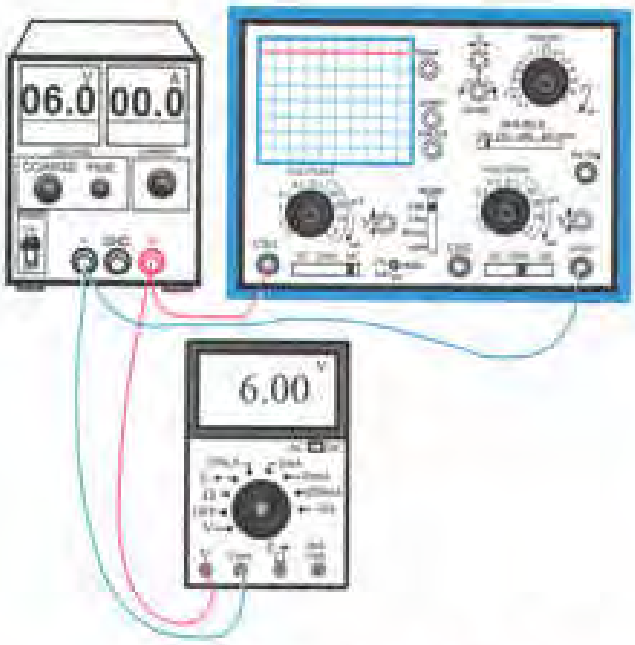
ج ـ به کمک کلید جابه‌جا کننده‌ی عمودی، اشعه را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید. در این حالت اشعه به‌صورت یک خط دیده می‌شود.

د ـ کلید Volts/Div را روی عدد ۲ ولت قرار دهید.

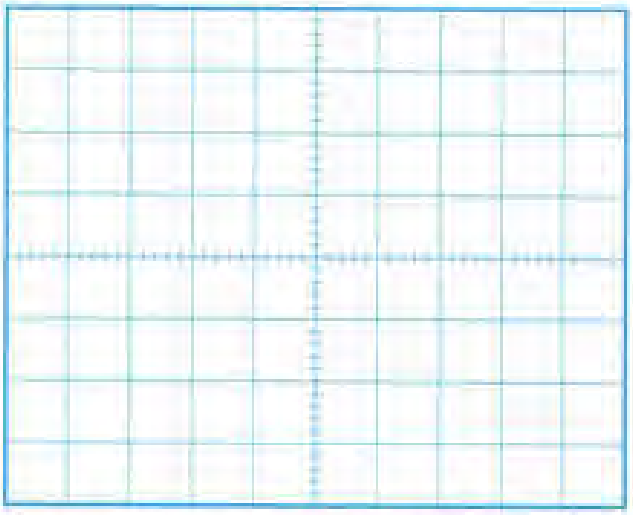
هـ ـ ولوم Volt Variable را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید به‌طوری که تنانگ آن مقابل Cal قرار گیرد.

و ـ کلید Time / Div را روی ۰٫۵ ms قرار دهید.

ز ـ کلید AC-GND-DC را در حالت DC بگذارید.



شکل ۶۵ـ۱ـ اندازه‌گیری ولتاژ DC با اسیلوسکوپ



شکل ۶۶ـ۱ـ شکل ولتاژ مشاهده شده روی صفحه حساس اسیلوسکوپ

■ ولتاژ منبع تغذیه را از صفر به آرامی زیاد کنید. هنگام زیاد کردن ولتاژ منبع تغذیه به حرکت اشعه در جهت عمودی روی صفحه حساس نیز توجه داشته باشید.

■ ولتاژ تغذیه را به ۶ ولت بزنید.

■ شکل موج ولتاژ مشاهده شده روی صفحه حساس را در نمودار شکل (۶۶ـ۱) رسم کنید.

■ با توجه به روابط، مقدار ولتاژ DC را از روی نمودار شکل (۶۶ـ۱) محاسبه و با مقداری که ولت‌متر DC نشان می‌دهد مقایسه کنید.

■ در شرایطی که منبع تغذیه به اسیلوسکوپ وصل است کلید AC-GND-DC را درحالت AC قرار دهید و شکل موج مشاهده شده روی صفحه حساس را در نمودار شکل (۶۷ـ۱) رسم کنید.

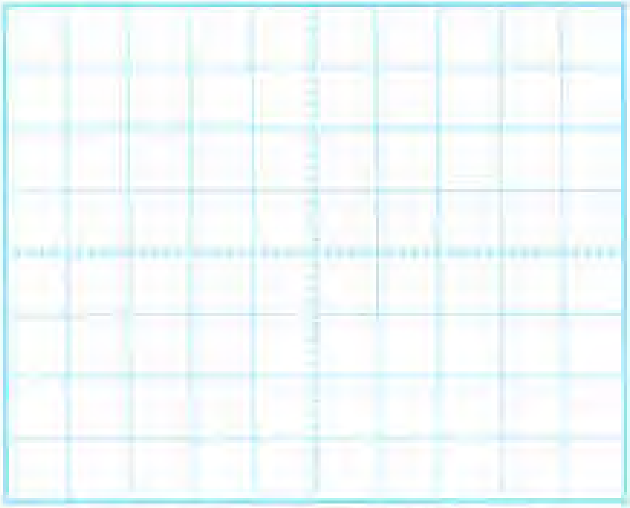
سؤال: چرا هنگامی که کلید AC-GND-DC درحالت AC قرار دارد، اشعه در جهت عمودی جابه‌جا نمی‌شود؟ توضیح دهید.

پاسخ:

— —

— —

— —



رنج کلید Volt / Div × تعداد خانه‌های جابه‌جا شده اشعه در جهت عمودی = مقدار ولتاژ DC

V = ×۲V / Div = مقدار ولتاژ DC

V = مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.

شکل ۶۷ـ۱ـ شکل ولتاژ مشاهده شده روی صفحه حساس هنگامی که کلید AC-GND-DC درحالت AC قرار دارد.

درصورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۵ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

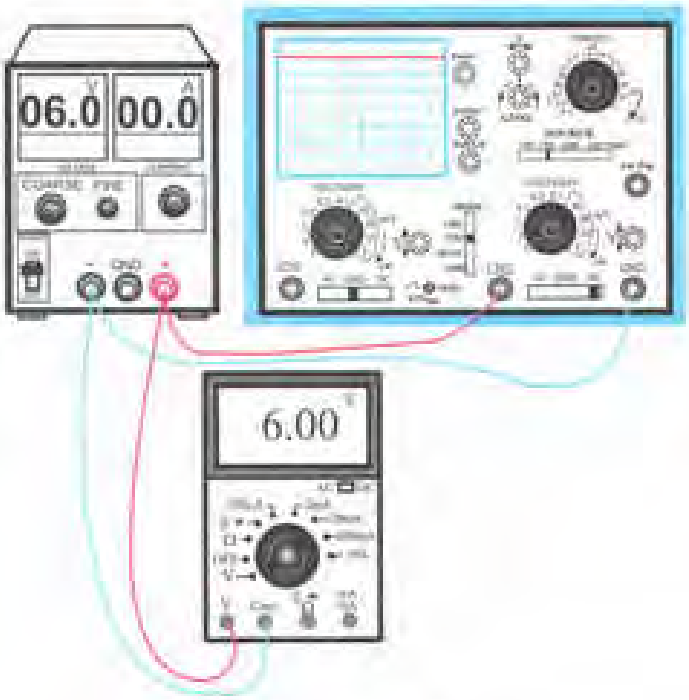
■ این بار ولتاژ منبع تغذیه را به ورودی کانال CH۲ اسیلوسکوپ مطابق شکل (۶۸ـ۱) وصل کنید و تنظیمات زیر را انجام دهید:

الف ـ کلید Mode را در حالت CH۲ بگذارید.

ب ـ کلید Time/Div را روی عدد ۰/۵ ms قرار دهید.

ج ـ کلید Volt/Div کانال ۲ را روی عدد ۲ ولت قرار دهید.

د ـ کلید AC-OND-DC را در حالت GND بگذارید.



شکل ۶۸ـ۱ـ مدار آزمایش

■ به کمک کلید جابه‌جاکننده اشعه در جهت عمودی، مکان صفر اشعه را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.

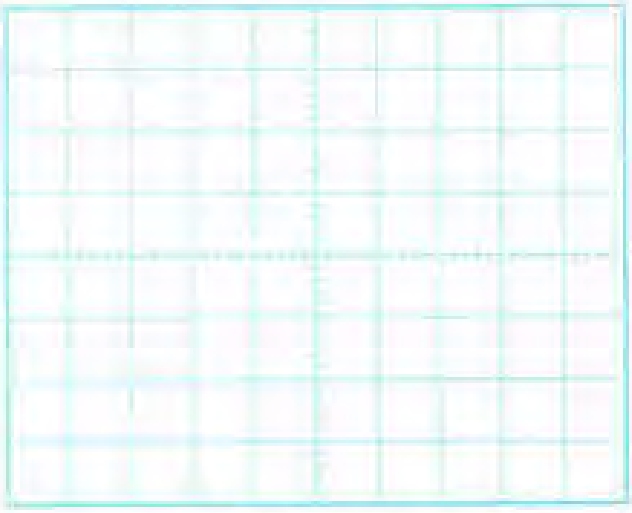
هـ ـ کلید Volts /Variable کانال CH۲ را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید تا نشانک این ولوم مقابل Cal قرار گیرد.

■ منبع تغذیه را روی صفر ولت قرار دهید و کلید AC-GND-DC را در حالت DC بگذارید.

■ ولتاژ منبع تغذیه را تا سقف ۶ ولت به آرامی زیاد کنید و حرکت اشعه را روی صفحه حساس مشاهده کنید.

■ شکل موج ولتاژ را در نمودار شکل (۶۹ـ۱) رسم کنید.

■ با استفاده از شکل (۶۹ـ۱) و روابط داده شده مقدار ولتاژ را محاسبه و با مقداری که ولت‌متر DC نشان می‌دهد مقایسه کنید.



رنج کلید Volts / Div × تعداد خانه‌های جابه‌جا شده در جهت عمودی = مقدار ولتاژ DC

مقدار ولتاژ DC = ۲V / Div = V

مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد = V

شکل ۶۹ـ۱ـ شکل ولتاژ مشاهده شده روی صفحه حساس اسیلوسکوپ

خلاصه آزمایش: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

نتیجه‌گیری: آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

آزمون

۱ـ چگونه می‌توان با اسیلوسکوپ، ولتاژ DC را اندازه گرفت؟

۲ـ آیا کانال‌های CH۱ و CH۲ در اسیلوسکوپ با یک‌دیگر تفاوت دارند؟ چرا؟

۳ـ برای اندازه‌گیری ولتاژ DC با اسیلوسکوپ چه تنظیم‌هایی را باید روی اسیلوسکوپ انجام داد؟

پاسخ:

۷ـ۱ـ مولدهای سیگنال[1]

دستگاه‌های مولد سیگنال، دستگاه‌هایی هستند که می‌توانند ولتاژهای متناوب سینوسی، مربعی و... را با فرکانس و دامنه قابل تنظیم تولید می‌کنند. دستگاه‌های مولد سیگنال به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند:

سیگنال ژنراتور صوتی (AF[2] ـ مولد سیگنال صوتی)

سیگنال ژنراتور رادیویی (RF[3] ـ مولد سیگنال رادیویی)

فانکشن ژنراتور (Function Generator ـ مولد سیگنال‌های مختلف)

۱ـ۷ـ۱ـ سیگنال ژنراتور صوتی: این دستگاه شکل موج سینوسی و مربعی تولید می‌کند و محدوده فرکانس تولیدی آن از حدود یک هرتز تا یک مگاهرتز است. بعضی از سیگنال ژنراتورها سیگنال با فرکانس تا دو مگاهرتز نیز تولید می‌کنند. دامنه‌ی سیگنال تولیدی در سیگنال ژنراتورهای AF، تقریباً به ۱۰ ولت می‌رسد. در شکل (۷۰ـ۱) دو نمونه سیگنال ژنراتور AF نشان داده شده است.

شکل ۷۰ـ۱ـ دو نمونه سیگنال ژنراتور صوتی

۱ـ Signal generator
۲ـ AF = Audio Frequency
۳ـ RF = Radio Frequency

برای تنظیم فرکانس، باید عددی که عقربه یا نشانگر نشان می‌دهد را در رنج کلید سلکتور که می‌تواند ضرایب ×۱ یا ×۱۰ یا ×۱۰۰ یا ×۱k و ×۱۰k باشد ضرب کنیم تا فرکانس خروجی به‌دست آید.

به‌عنوان مثال درشکل (۷۱ـ۱) سیگنال ژنراتور، فرکانس ۲۶×۱۰۰ = ۲۶۰۰Hz را تولید می‌کند.

شکل ۷۱ـ۱ـ سیگنال ژنراتور با تنظیمات اعمال شده، فرکانس ۲۶۰۰ هرتز را تولید می‌کند.

قسمتی از پانل سیگنال ژنراتور

شکل ۷۲ـ۱ـ به کمک کلید سلکتور Low-High و ولوم Fine می‌توان دامنه مورد نیاز را دقیقاً تنظیم کرد.

برای تنظیم دامنه، ولومی با نام Fine روی صفحه جلویی سیگنال ژنراتور وجود دارد، با تغییر این ولوم می‌توان دامنه‌ی شکل موج خروجی را از صفر تا ماکزیمم تغییر داد. علاوه بر ولوم یک عدد کلید با نشانه‌های Low-High نیز روی دستگاه سیگنال ژنراتور وجود دارد. درحالت High حداکثر دامنه خروجی شکل موج را می‌توان از دستگاه دریافت کرد. در حالت Low معمولاً دامنه ۱۰ برابر تضعیف می‌شود. در شکل (۷۲ـ۱) کلید High-Low و ولوم Fine نشان داده شده است. در بعضی از[1] سیگنال ژنراتورها به‌جای کلید How-High کلید دو یا چند حالته ×۱، ×۰/۱ و... وجود دارد.

هم‌چنین کلید دوحالته دیگری به‌نام Wave Form روی سیگنال ژنراتورهای صوتی وجود دارد که با تنظیم آن می‌توان موج مربعی یا سینوسی از ترمینال خروجی دستگاه دریافت کرد. این کلید دوحالته در شکل (۷۳ـ۱) نشان داده شده است.

شکل ۷۳ـ۱ـ به کمک کلید دوحالته Wave-Form می‌توان شکل موج مربعی یا سینوسی در ترمینال‌های خروجی سیگنال ژنراتور دریافت کرد.

۱ـ برخی دیگر از سیگنال ژنراتورها به‌جای کلید Low-High کلید ATT که مخفف کلمه Attenuator به معنی تضعیف است را دارند.

۲ـ۷ـ۱ـ سیگنال ژنراتور رادیویی: این سیگنال ژنراتور فقط شکل موج سینوسی تولید می‌کند. دامنه‌ی سیگنال تولیدی این دستگاه معمولاً حداکثر تا ۵ ولت است. در دستگاه‌های معمولی محدوده فرکانس سیگنال تولیدی تقریباً بین ۱۰۰kHz تا ۱۵۰MHz است. در شکل (۷۴ـ۱) یک نمونه سیگنال ژنراتور رادیویی نشان داده شده است. نحوه‌ی تنظیم دامنه و فرکانس خروجی این سیگنال ژنراتور شبیه سیگنال ژنراتور صوتی است.

شکل ۷۴ـ۱ـ یک نمونه سیگنال ژنراتور رادیویی

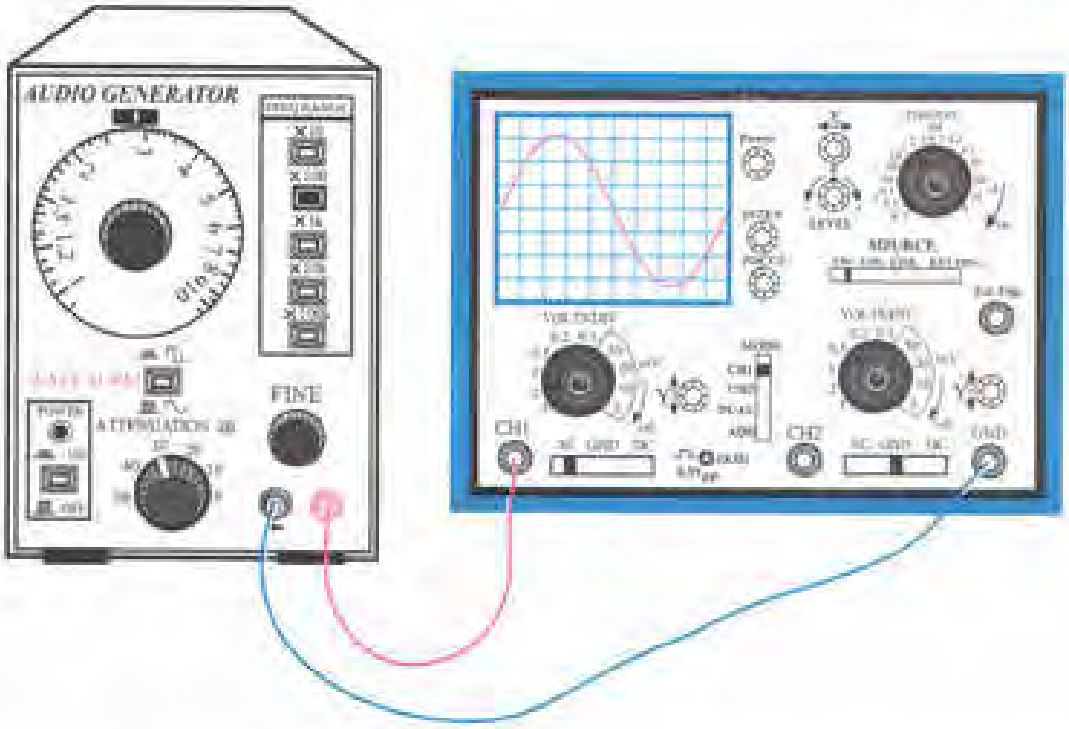
۳ـ۷ـ۱ـ فانکشن ژنراتور: این دستگاه شکل موج‌های سینوسی، مربعی، مثلثی و پالس تولید می‌کند. محدوده فرکانس تولیدی این نوع سیگنال ژنراتورها معمولاً بین ۰/۸ Hz تا ۱ مگاهرتز است. بعضی از فانکشن ژنراتورها تا ۲MHz نیز تولید می‌کنند. دامنه سیگنال‌های تولیدی خروجی فانکشن ژنراتورها معمولاً به ۱۰ ولت می‌رسد. در شکل (۷۵ـ۱) یک نمونه فانکشن ژنراتور نشان داده شده است. نحوه تنظیم فرکانس و دامنه‌ی فانکشن ژنراتورها مانند سیگنال ژنراتور صوتی است. برای تعیین نوع شکل موج خروجی، معمولاً روی صفحه دستگاه کلیدهای فشاری تعبیه می‌شود. روی هر کلید فشاری نوع و شکل موج حک شده است. با فشار دادن هر کلید شکل موج ولتاژ خروجی از ترمینال خروجی دستگاه قابل دریافت است.

شکل ۷۵ـ۱ـ یک نمونه دستگاه فانکشن ژنراتور

۸ـ۱ـ آزمایش شماره (۲) کار با سیگنال ژنراتور AF

مدت زمان انجام آزمایش ۳ ساعت

هدف آزمایش: مشاهده و اندازه‌گیری دامنه و زمان تناوب شکل موج ولتاژ خروجی مربعی و سینوسی در سیگنال ژنراتور AF (موج مربعی و سینوسی).



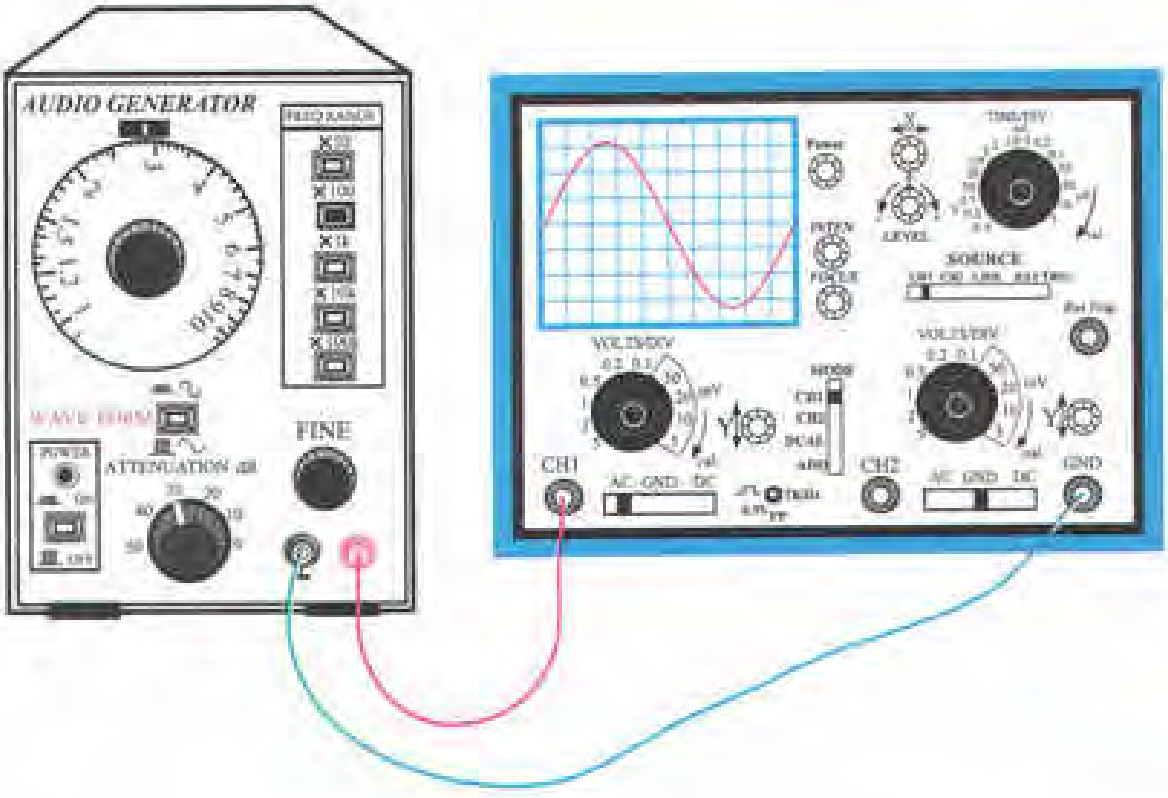
شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما نقطه‌های مربوط به مشاهده و اندازه‌گیری دامنه و زمان تناوب شکل موج‌های سینوسی و مربعی را روی اسیلوسکوپ انجام می‌دهید. سپس با اعمال سیگنال سینوسی از طریق سیگنال ژنراتور صوتی (AF) به اسیلوسکوپ ضمن مشاهده شکل موج خروجی، مقدار دامنه و زمان تناوب آن را اندازه می‌گیرید و با استفاده از رابطه $f = \frac{1}{T}$ فرکانس سیگنال را محاسبه می‌کنید. برای کسب مهارت بیشتر کلیه عملیات فوق را برای شکل موج مربعی نیز انجام می‌دهید.

تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دوکاناله	یک دستگاه
۲ـ سیگنال ژنراتور صوتی (AF)	یک دستگاه
۳ـ سیم رابط	به مقدار کافی

مراحل اجرای آزمایش

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید و مدار شکل (۷۶ـ۱) را ببندید.



شکل ۷۶ـ۱ـ مدار آزمایش

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۱kHz تنظیم کنید.

■ تنظیم‌های زیر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

الف ـ کلید SOURCE را درحالت CH۱ قرار دهید.

ب ـ کلید Mode را روی CH۱ بگذارید.

ج ـ کلید سلکتور Time/Div را روی عدد ۰/۲ ms قرار دهید.

د ـ به کمک ولوم‌های INTEN و FOCUS شدت نور اشعه و ضخامت آن را در حد مطلوب تنظیم کنید.

هـ ـ ولوم Time Variable را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید.

و ـ کلید Volt/Div کانال یک را روی یک ولت تنظیم کنید.

ز ـ ولوم Volt Variable کانال یک را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید.

ح ـ کلید AC-GND-DC کانال یک را روی حالت GND قرار دهید و مکان صفر اشعه را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.

ت ـ ولوم Level را در حالت 0 (صفر) تنظیم کنید (تقریباً حالت وسط).

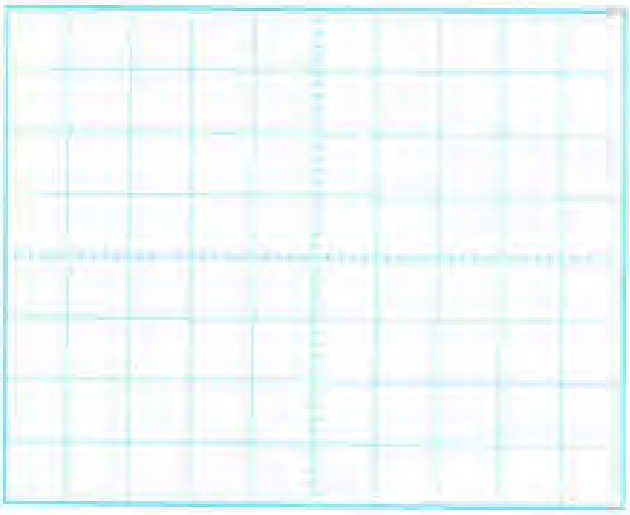
ی ـ کلید AC-GND-DC را درحالت AC بگذارید.

■ کلید انتخاب شکل موج روی سیگنال ژنراتور را درحالت سینوسی قرار دهید.

■ ولوم Fine (در بعضی از سیگنال ژنراتورها ولوم Attenuator dB) را تغییر دهید تا دامنه شکل موج سینوسی روی صفحه حساس، سه خانه را دربر بگیرد.

■ شکل موج روی صفحه حساس را در نمودار شکل (۷۷ـ۱) رسم کنید. با استفاده از شکل موج ترسیم شده، دامنه و زمان تناوب شکل موج سینوسی را اندازه بگیرید.

■ کلید AC-GND-DC را درحالت DC قرار دهید و شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس را در نمودار شکل (۷۸ـ۱) رسم کنید.



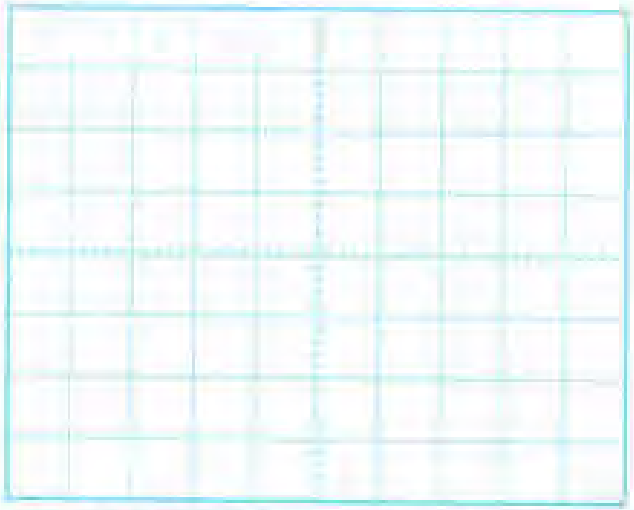
رنج کلید Volts / Div × تعداد خانه‌های دربر گرفته شده دامنه = دامنه شکل موج

$V = \times V / Div =$ دامنه شکل موج

رنج کلید Time / Div × تعداد خانه‌های دربر گرفته شده مربوط به یک سیکل = زمان تناوب

$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{} =$ Hz $T =$ $\times \cdot/۲ \times ۱۰^{-۳} =$ s

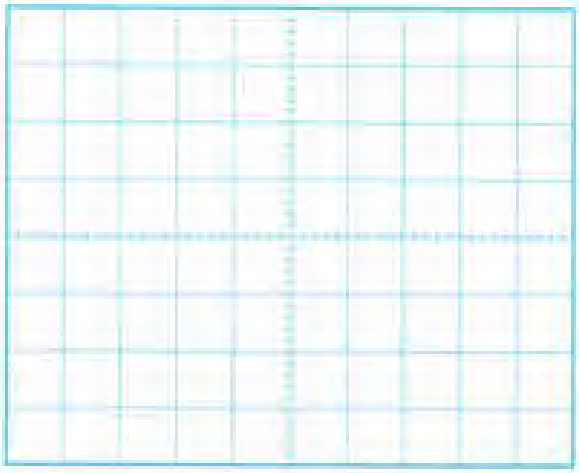
شکل ۷۷ـ۱ـ شکل مشاهده شده صفحه حساس درحالتی که کلید AC-GND-DC روی حالت DC باشد.



شکل ۷۸ـ۱ـ شکل موج مشاهده شده روی صفحه حساس در حالتی که کلید AC-GND-DC درحالت AC باشد.

سؤال: چرا درحالتی که کلید AC-GND-DC روی حالت AC و یا DC قرار دارد شکل موج‌های سینوسی نقش بسته روی صفحه حساس با یک‌دیگر فرقی ندارند؟ توضیح دهید.

درصورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۵ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.



■ کلید AC-GND-DC را درحالت AC قرار دهید.

■ کلید انتخاب شکل موج سیگنال ژنراتور را درحالت موجی مربعی (PULSE) قرار دهید.

■ شکل موج نقش بسته روی صفحه حساس را در نمودار شکل (۷۹ـ۱) رسم کنید.

■ به کمک اسیلوسکوپ زمان تناوب و دامنه شکل موج را اندازه بگیرید.

رنج کلید Volt / Div × تعداد خانه‌هایی را که دامنه را در بر گرفته‌اند = مقدار دامنه

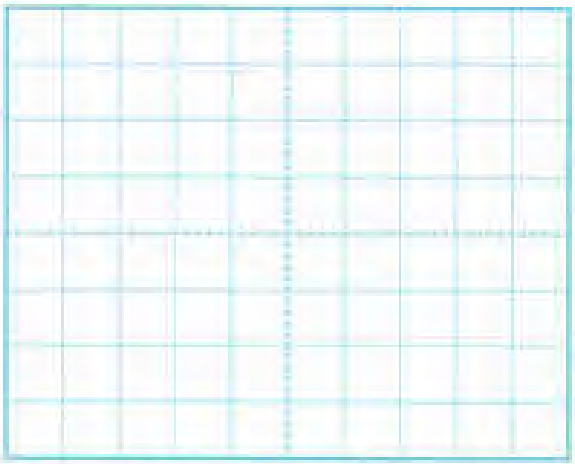
V ×۱V / Div = مقدار دامنه (پیک ولتاژ)

رنج کلید Time / Div × تعداد خانه‌هایی را که یک سیکل کامل را در بر گرفته‌اند = زمان تناوب

$f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{\times ۱۰^{-۳}} =$ Hz $T =$ ×۰/۱ms = ms

شکل ۷۹ـ۱ـ شکل ولتاژ مشاهده شده روی صفحه حساس درحالتی که کلید AC-GND-DC در حالت DC قرار دارد.

■ با توجه به تنظیم‌های فوق، کلید AC-GND-DC را درحالتی که موج مربعی به اسیلوسکوپ وصل است روی وضعیت DC قرار دهید و شکل موج را روی صفحه حساس مشاهده و در نمودار شکل (۸۰ـ۱) رسم کنید.



شکل ۸۰ـ۱ـ شکل ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور درحالتی که کلید AC-DC-GND درحالت DC قرار دارد.

سؤال: چرا درحالتی که کلید AC-GND-DC روی حالت DC و AC قرار می‌گیرد شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس جابه‌جا می‌شود؟ توضیح دهید.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

درصورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۵ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

خلاصه آزمایش: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

نتیجه‌گیری: آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

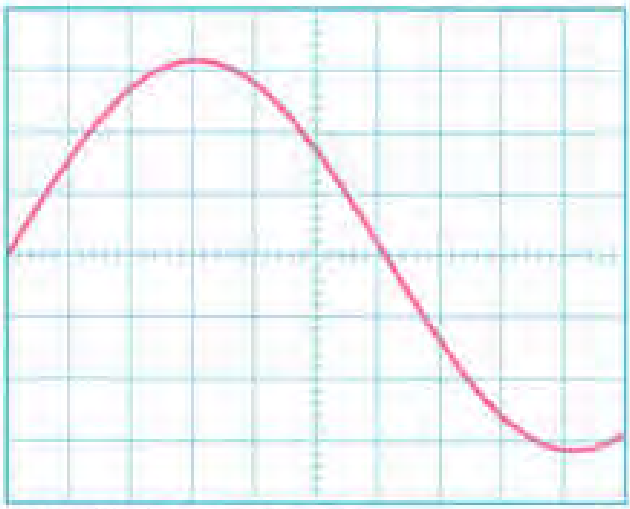
_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

آزمون

۱ـ در شکل (۸۱ـ۱)، فرکانس موج سینوسی نشان داده شده روی صفحه حساس اسیلوسکوپ چند هرتز است؟



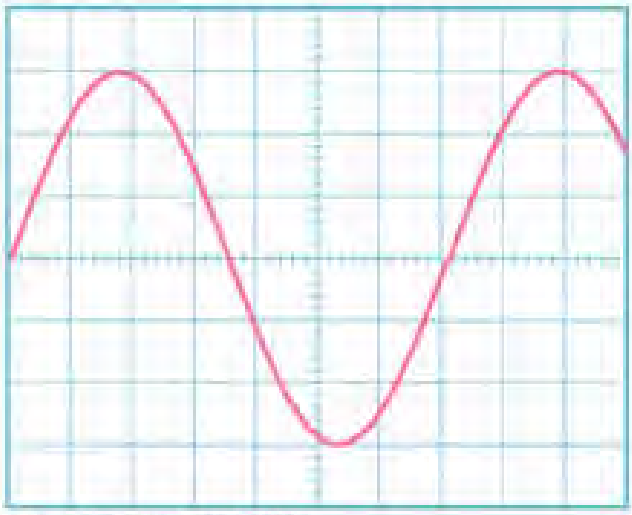
VOLTS/DIV=100mV/DIV
TIME/DIV=1mS/DIV

شکل ۸۱ـ۱ـ شکل موج سینوسی نشان داده شده روی صفحه حساس اسیلوسکوپ

۲ـ در شکل (۸۲ـ۱) مقدار مؤثر شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس چند ولت است؟

۳ـ برای مشاهده شکل موج مشابه روی صفحه اسیلوسکوپ دوکاناله، چه تنظیم‌هایی باید انجام شود؟

۴ـ چرا تنظیم‌های مربوط به هر کانال با کانال دیگر تفاوت داشته باشد؟



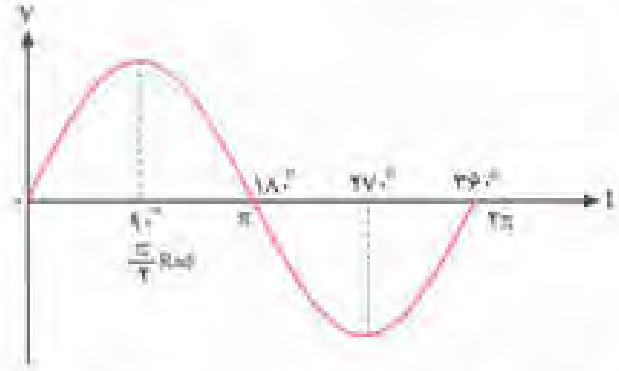
VOLTS/DIV=5V/DIV
TIME/DIV=10mS

شکل ۸۲ـ۱ـ شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس

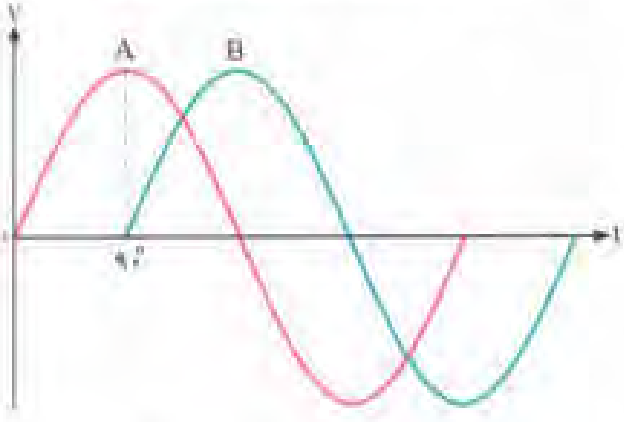
۹ـ۱ـ اختلاف فاز و زاویه فاز در امواج سینوسی[1]

در الکتریسیته موقعیت زمانی یک کمیت الکتریکی را نسبت به یک مبدأ فاز (phase) می‌گویند.

فاز یک، یک موج سینوسی، مقدار زاویه‌ای است که موقعیت یک موج سینوسی را نسبت به مبدأ مشخص می‌کند. در شکل (۸۳ـ۱)، یک سیکل کامل از یک موج سینوسی نشان داده شده است. در شکل موج نشان داده شده، نقطه O مبدأ حرکت و نقطه ۹۰ درجه نقطه ماکزیمم دامنه‌ی شکل موج در جهت مثبت است. در نقطه ۱۸۰ درجه مقدار دامنه به‌صفر می‌رسد در نقطه ۲۷۰درجه مقدار ولتاژ در جهت منفی ماکزیمم می‌شود و در زاویه ۳۶۰ درجه یا 2π رادیان مقدار دامنه به صفر می‌رسد. وقتی شکل موج سینوسی نسبت به شکل موج مبدأ به سمت چپ یا راست جابجا شود، فاز به وجود می‌آید. در شکل (۸۴ـ۱) شکل موج سینوسی B به اندازه ۹۰ درجه یا $\frac{\pi}{2}$ رادیان نسبت به شکل ولتاژ مبدأ به سمت راست جابجا شده است. بنابراین بین شکل موج A و شکل موج B یک زاویه فاز یا اختلاف فاز ۹۰ درجه به‌وجود آمده است.



شکل ۸۳ـ۱ـ یک سیکل کامل از موج سینوسی



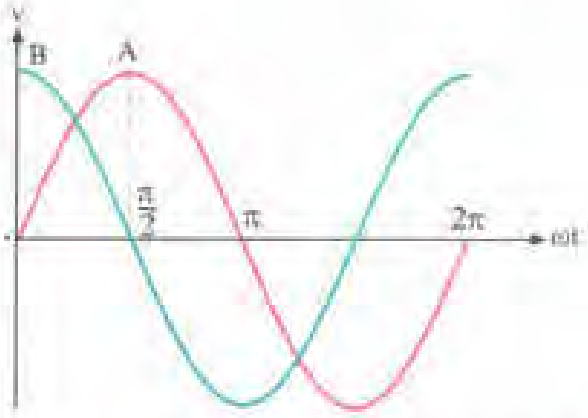
شکل ۸۴ـ۱ـ بین شکل موج A و شکل موج B، $\frac{\pi}{2}$ رادیان یا ۹۰ اختلاف فاز وجود دارد.

۱ـ Phase sine wave

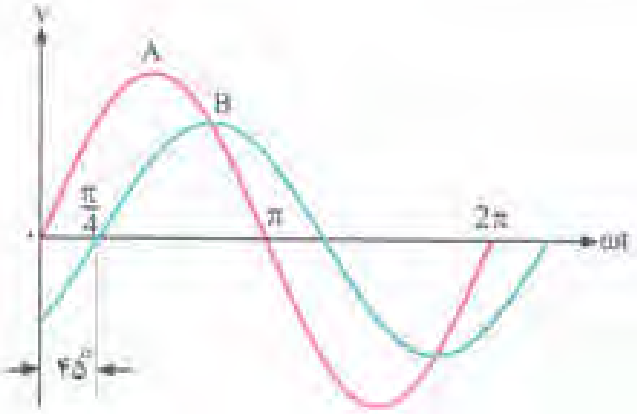
در این شکل موج چون یک ولتاژ (حداکثر دامنه ولتاژ) موج سینوسی B ، بعد از یک ولتاژ شکل موج سینوسی A به‌وجود آمده است لذا می‌توان گفت که شکل موج سینوسی B ، نسبت به شکل موج سینوسی A ۹۰ درجه تأخیر فاز دارد یا شکل موج A نسبت به B ، ۹۰ درجه تقدم فاز دارد.

در شکل (۸۵ـ۱) شکل موج سینوسی B ، به اندازه ۹۰ درجه ($\frac{\pi}{2}$ رادیان) به سمت چپ شیفت پیدا کرده و دامنه‌ی شکل موج سینوسی B ، زودتر از دامنه‌ی شکل موج سینوسی A به ماکزیمم رسیده است، لذا شکل موج سینوسی B نسبت به شکل موج سینوسی A به اندازه ۹۰ درجه یا $\frac{\pi}{2}$ رادیان تقدم فاز دارد یا شکل موج سینوسی A نسبت به شکل موج سینوسی B ، ۹۰ درجه تأخیر فاز دارد. **به مقدار فاز بین دو شکل موج سینوسی اختلاف فاز نیز می‌گویند.** در شکل (۸۶ـ۱) اختلاف فاز بین دو شکل موج سینوسی، ۴۵ درجه است.

از دو شکل موج A و B ، هردو می‌توانند ولتاژ، هردو جریان و یا یک شکل موج مربوط به ولتاژ و دیگری مربوط به جریان باشد.



شکل ۸۵ـ۱ـ شکل موج سینوسی B نسبت به شکل موج سینوسی A تقدم فاز دارد (جلوتر است).



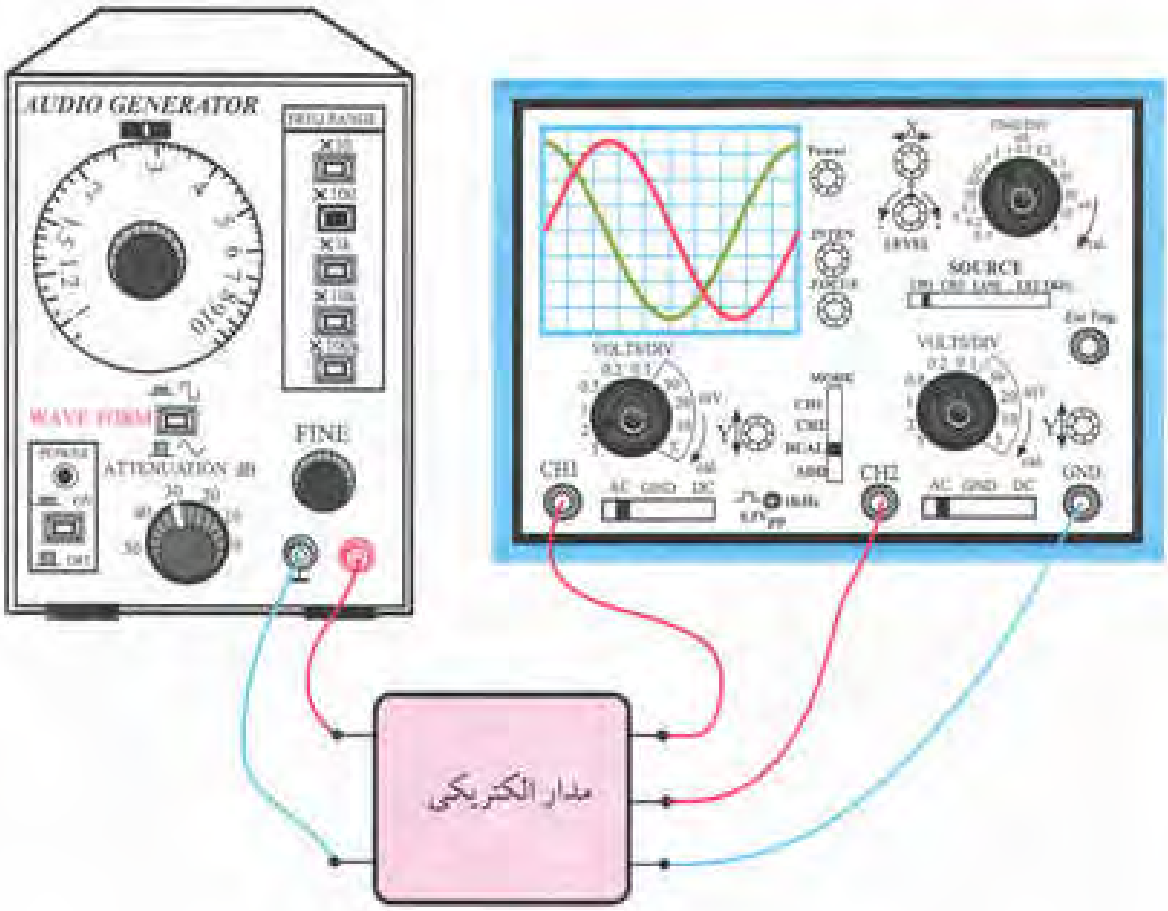
شکل ۸۶ـ۱ـ اختلاف فاز بین دو شکل موج A و B برابر ۴۵ درجه است.

۱۰ــ۱ــ آزمایش شماره (۳) کار با اسیلوسکوپ (۲)

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

هدف آزمایش

الف: اندازه‌گیری اختلاف فاز



شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما از هر دو کانال اسیلوسکوپ برای مشاهده همزمان دو شکل موج سینوسی که با یک‌دیگر اختلاف فاز دارند استفاده می‌کنید.

همچنین برای مشاهده‌ی همزمان دو شکل موج تنظیم‌های لازم را روی اسیلوسکوپ انجام می‌دهید و نحوه اندازه‌گیری اختلاف فاز را نیز فرا می‌گیرید.

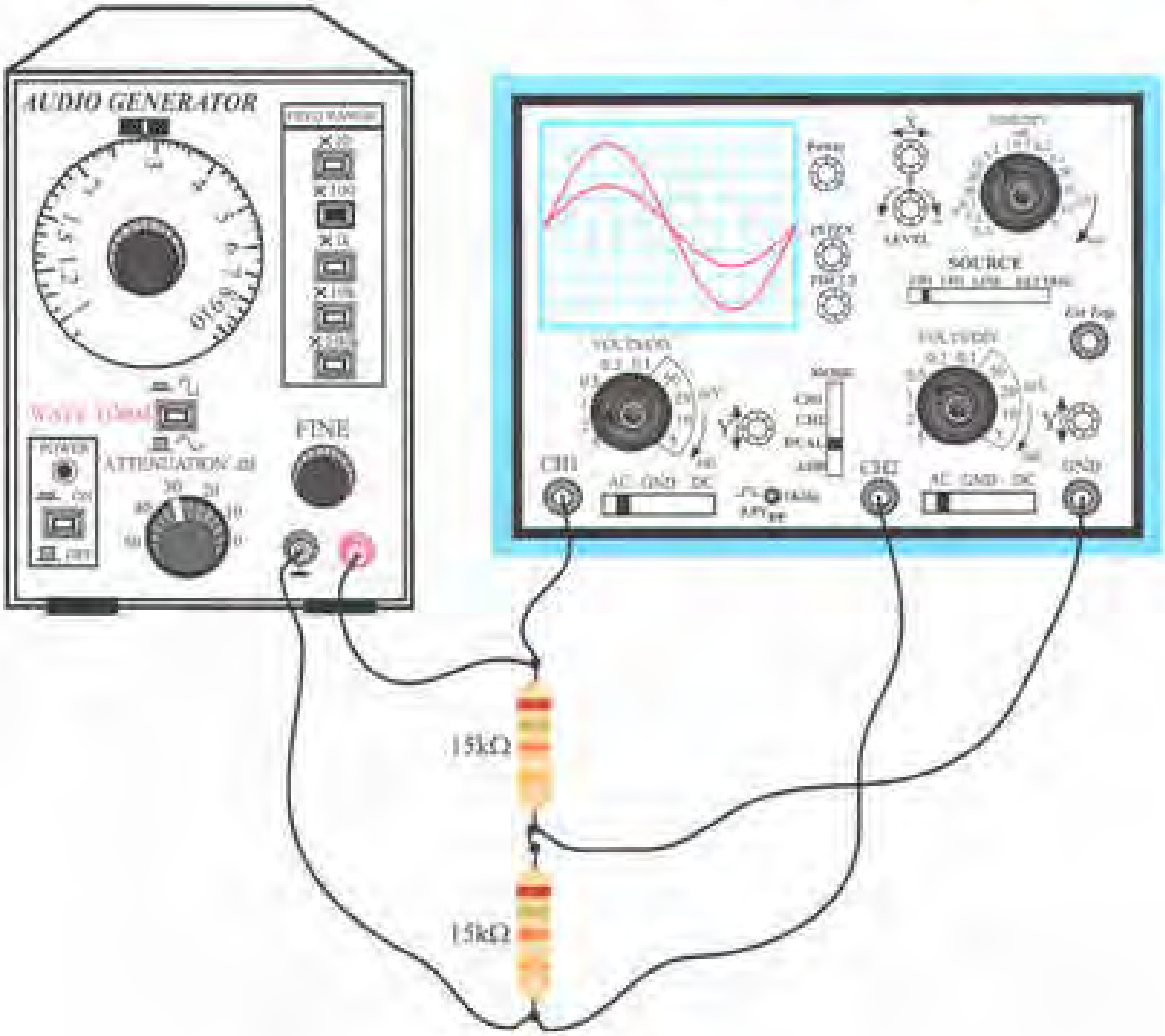
هدف نهایی از انجام آزمایش‌های مرتبط با اسیلوسکوپ، تسلط کامل به نحوه اندازه‌گیری کمیت‌های ولتاژ و زمان تناوب با این دستگاه حساس و پرکاربرد است.

تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲ـ سیگنال ژنراتور (AF)	یک دستگاه
۳ـ سیم رابط (یک سر گیره‌دار و دو سر گیره‌دار)	به اندازه کافی
۴ـ مقاومت ۱۵kΩ	دو عدد

مراحل اجرای آزمایش

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۸۷ـ۱) را به کمک سیم‌های گیره‌دار ببندید.



شکل ۸۷ـ۱ـ مدار عملی آزمایش

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و به کمک ولوم‌های INTCN و FOCUS شدت نور و ضخامت اشعه را در بهترین حالت تنظیم کنید.

■ کلید Mode (در بعضی از اسیلوسکوپ‌ها نام این کلید Dual است) را در حالت ALT قرار دهید تا سیگنال‌های داده شده هر دو کانال به‌طور همزمان نشان داده شوند.

■ کلید AC - GND - DC مربوط به هر دو کانال را روی حالت GND قرار دهید.

■ مکان صفر را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.

■ تنظیم‌های زیر را به‌طور دقیق انجام دهید.

الف ـ Time/Div را در حالت ۰/۱ ms بگذارید.

ب ـ کلید Source را در حالت CH۱ یا CH۲ قرار دهید.

ج ـ ولوم Level روی صفر تنظیم کنید (تقریباً وسط).

د ـ کلید سلکتور Volts/Div هردو کانال را روی یک ولت تنظیم کنید.

ح ـ ولوم‌های Volt Variable و Time Variable را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید و در حالت Cal قرار دهید.

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید و فرکانس آن را روی ۱kHz بگذارید.

■ شکل موج خروجی سیگنال ژنراتور را روی سینوسی قرار دهید کلید AC - GND - DC مربوط به هر دو کانال را روی حالت AC قرار دهید و به کمک ولوم Fine یا در بعضی از سیگنال ژنراتورها ولوم Attenuator dB دامنه موج سینوسی را طوری تنظیم کنید که سه خانه کامل را در بر بگیرد.

■ شکل موج نشان داده شده روی صفحه هر دو کانال اسیلوسکوپ را در نمودار شکل (۸۸ـ۱) رسم کنید.

■ با استفاده از نمودار، اختلاف فاز بین دو سیگنال را به‌دست آورید.

$$\text{اختلاف فاز بین دو سیگنال سینوسی} = \frac{\text{تعداد خانه‌هایی که یک سیکل کامل را در بر گرفته}}{\text{۳۶۰}} \times \text{تعداد خانه‌هایی که دو سیگنال سینوسی با یکدیگر اختلاف فاز دارند}$$

$$\text{درجه} \times \frac{\text{۳۶۰}}{\text{}} \times \text{} = \phi$$

شکل ۸۸ـ۱ـ شکل موج نشان داده شده توسط اسیلوسکوپ

سؤال: با تنظیم‌های فوق، اندکی ولوم Level را به سمت چپ یا راست بچرخانید و شکل موج‌های نشان داده شده روی صفحه حساس را مشاهده کنید و مشاهدات خود را بنویسید.

خلاصه آزمایش: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

نتیجه‌گیری: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

آزمون

۱ـ عملکرد ولوم Level در اسیلوسکوپ را شرح دهید.

۲ـ چگونه اختلاف فاز را با اسیلوسکوپ اندازه می‌گیرند؟

۳ـ برای این‌که بتوانیم دو شکل موج سینوسی یا هر نوع شکل موج دیگری را به‌طور همزمان روی صفحه حساس ببینیم، اسیلوسکوپ را چگونه باید تنظیم کنیم.

پرسش و تمرین (۱)

۱ـ انواع منبع‌های تولید انرژی الکتریکی را نام برده و راجع به هرکدام به‌طور خلاصه شرح دهید.

۲ـ شکل موج متناوب را با رسم شکل شرح دهید.

۳ـ مشخصات یک شکل موج سینوسی را نام ببرید.

۴ـ نحوه تولید ولتاژ سینوسی را توضیح دهید.

۵ـ مقدار مؤثر و متوسط یک شکل موج سینوسی چگونه بدست می‌آید؟ به‌طور کامل شرح دهید.

۶ـ یک لامپ اشعه‌ی کاتدیک از چند قسمت تشکیل شده است؟ نام ببرید.

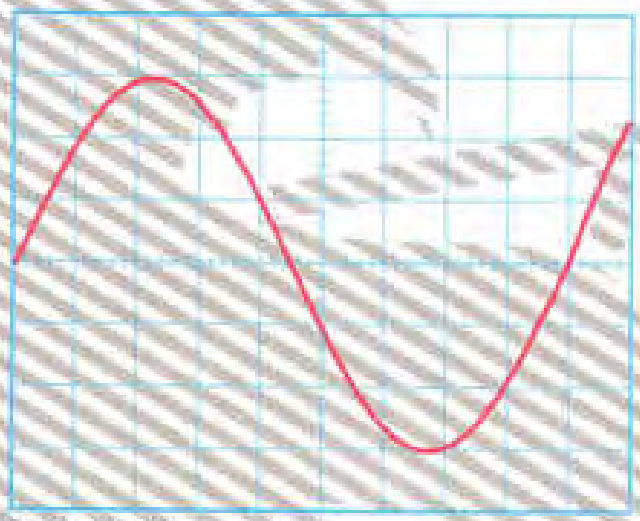
۷ـ چرا وقتی یک ولتاژ DC را به اسیلوسکوپ وصل می‌کنیم فقط یک خط مستقیم روی صفحه حساس ظاهر می‌شود؟

۸ـ کاربرد کلید AC - GND - DC را شرح دهید.

۹ـ در شکل (۸۹ـ۱) مقدار مؤثر ولتاژ و فرکانس سیگنال نشان داده شده روی صفحه حساس را حساب کنید.

Volt / Div = 2V

Time / Div = 1 μs



VOLTS/DIV=2V/DIV
TIME/DIV=10μS/DIV

۱۰ـ انواع مولدهای سیگنال را به اختصار توضیح دهید.

۱۱ـ تفاوت سیگنال ژنراتور صوتی و سیگنال ژنراتور رادیویی (RF) را بنویسید.

۱۲ـ فاز و اختلاف فاز در شکل موج‌های سینوسی را توضیح دهید.

آزمون عملی پایانی (۱)

۱ـ۱ـ یک دستگاه اسیلوسکوپ دوکاناله و یک دستگاه فانکشن ژنراتور را در اختیار بگیرید و براساس آزمایش‌های انجام شده مدار را ببندید. سپس تمامی شکل موج‌های موجود در فانکشن‌ژنراتور را روی صفحه حساس اسیلوسکوپ مشاهده،کنید و دامنه و زمان تناوب آن‌ها را اندازه بگیرید.

۲ـ۱ـ فانکشن ژنراتور را روی شکل موج مربعی قرار دهید و شکل موج خروجی آن را روی صفحه حساس اسیلوسکوپ ببینید.

۳ـ۱ـ ولوم Duty Cycle را تغییر دهید و اثر آن را روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس مشاهده و تجزیه و تحلیل کنید.

۴ـ۱ـ هنگامی که شکل موج مربعی را روی صفحه حساس اسیلوسکوپ مشاهده می کنید ولوم DC - Offset را تغییر دهید و اثر آن را روی شکل موج مشاهده و بررسی کنید.

۵ـ۱ـ راجع به عملکرد ولوم‌های Duty Cycle و DC - Offset توضیح دهید و سعی کنید در مراحل مختلف از این دو ولوم استفاده کنید.

فصل دوم

بررسی اثرات مقاومت ـ خازن ـ سلف در جریان متناوب

هدف کلی

اثرات سلف و خازن در جریان متناوب را بررسی و امپدانس مدارهای شامل مقاومت اهمی، سلف و خازن را به صورت سری و موازی محاسبه و از طریق آزمایش به دست آورد.

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

۱ـ رابطهٔ جریان سینوسی گذرنده از مقاومت اهمی را بنویسد.

۲ـ توان تلف شده در مقاومت اهمی را در جریان متناوب سینوسی محاسبه کند.

۳ـ قوانین کیرشهف را در جریان متناوب تشریح کند.

۴ـ ولتاژ AC را با ولت‌متر در یک مدار سری اندازه‌گیری کند.

۵ـ راکتانس خازنی را تعریف کند.

۶ـ با توجه به ظرفیت خازن و فرکانس راکتانس خازنی را محاسبه کند.

۷ـ با توجه اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ دوسر خازن و شکل موج ولتاژ دوسر خازن و شکل موج جریان گذرنده از آن را در دستگاه محورهای مختصات رسم کند.

۸ـ راکتانس سلفی را تعریف کند.

۹ـ با توجه به ضریب خودالقایی سلف و فرکانس راکتانس سلفی را محاسبه کند.

۱۰ـ با توجه به اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ شکل موج ولتاژ دو سر سلف و شکل موج جریان گذرنده از آن را در دستگاه محورهای مختصات رسم کند.

۱۱ـ امپدانس یک مدار RC سری را محاسبه کند.

۱۲ـ امپدانس یک مدار RC سری و یک مدار RC موازی را اندازه‌گیری کند.

۱۳ـ امپدانس یک مدار RL سری و موازی را محاسبه کند.

۱۴ـ امپدانس یک مدار RL سری و یک مدار RL موازی را اندازه‌گیری کند.

۱۵ـ مدار LC سری و موازی را عملاً آزمایش کند.

۱۶ـ امپدانس یک مدار RLC سری و موازی را محاسبه کند.

۱۷ـ امپدانس یک مدار RLC سری و یک مدار RLC موازی را اندازه‌گیری کند.

۱۸ـ توان تلف شده در مدارهای RLC سری و موازی را محاسبه کند.

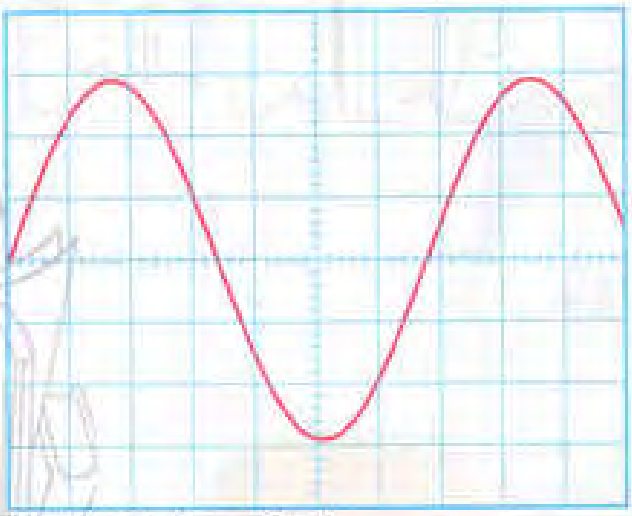
ساعات آموزش

نظری	عملی	جمع
۲	۶	۸

پیش‌آزمون(۲)

۱ـ در شکل زیر فرکانس سیگنال روی صفحه حساس اسیلوسکوپ چند هرتز است؟

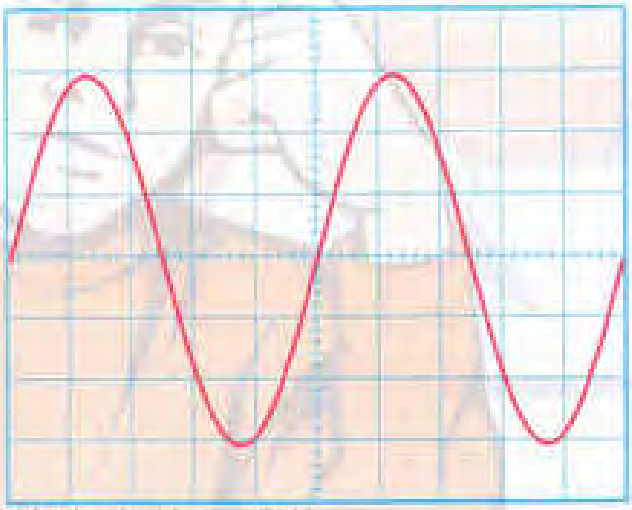
الف ـ □۲۹۴ ب ـ □۲۶۴ ج ـ □۲۳۴ د ـ □۲۱۴



TIME/DIV=0.5mS/DIV

۲ـ در شکل زیر مقدار مؤثر سیگنال روی صفحه حساس اسیلوسکوپ چند میلی‌ولت است؟

الف ـ ۲۲۴ ب ـ ۳۲۴ ج ـ ۴۲۴ د ـ ۵۲۴



VOLTS/DIV=0.2V/DIV

۳ـ زمان تناوب یک شکل موج سینوسی با فرکانس ۱۰۰ kHz چند میکروثانیه است؟

الف ـ ۱۰ ب ـ ۱۰۰ ج ـ ۱۰۰۰ د ـ ۱۰۰۰۰

۴ـ مقاومت شکل مقابل چند اهم و تلرانس آن چقدر است؟

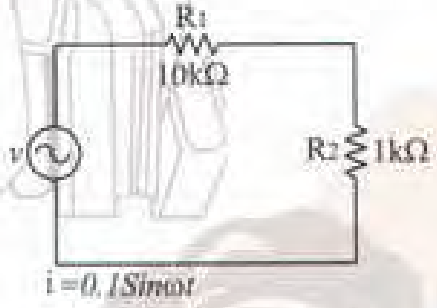
الف ـ ۲۰Ω±٪۱۰ ب ـ ۲۰Ω±٪۵ ج ـ ۲۰Ω±٪۱۰ د ـ ۲۰Ω±٪۵

۵ـ در یک خازن، اگر فاصله بین دو صفحه را نصف و سطح آن‌ها را دو برابر کنیم، ظرفیت خازن چند برابر می‌شود؟

الف ـ ۲ ب ـ ۴ ج ـ ۸ د ـ ۱۶

۶ـ توان تلف شده در مقاومت ۱kΩ مدار زیر چند وات است؟

الف ـ ۴ ب ـ ۵ ج ـ ۶ د ـ ۱۰

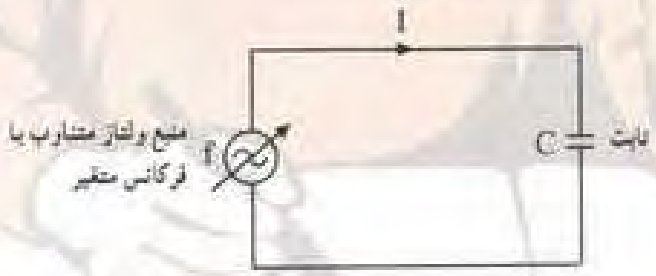


۷ـ رابطه جریان i در مدار زیر کدام است؟

الف ـ $\frac{۰/۱}{\sqrt{۲}}\sin\omega t$ ب ـ $۰/۱\sin\omega t$ ج ـ $\frac{۰/۲}{\sqrt{۲}}\sin\omega t$ د ـ $۰/۲\sin\omega t$

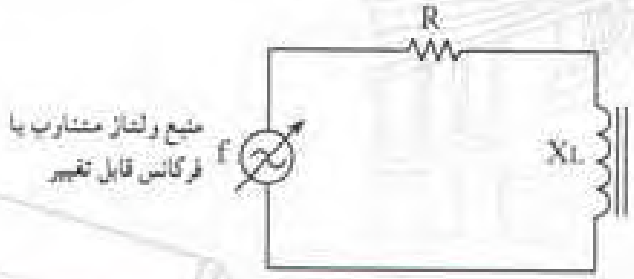
۸ـ در شکل زیر، هر قدر فرکانس افزایش یابد مقدار I ..... می‌شود.

الف ـ کم ب ـ زیاد



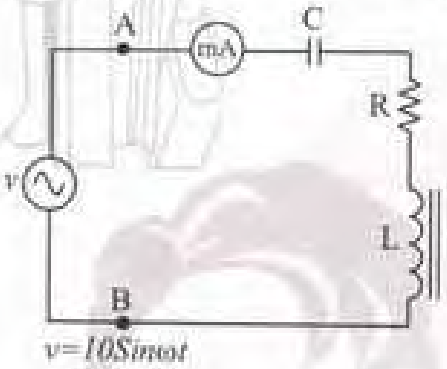
۹ـ در شکل زیر هرقدر فرکانس افزایش یابد توان تلف‌شده در مقاومت R ..... می‌شود.

الف ـ کمتر　　ب ـ بیشتر



۱۰ـ در شکل زیر میلی‌آمپرمتر AC ، ۱۰ mA را نشان می‌دهد. امپدانس مدار از دو نقطه A و B چند اهم است؟

الف ـ ۱۰۰۰　　ب ـ ۱۰۰　　ج ـ ۷۰۷/۱　　د ـ ۷۰/۷۱



هدف نهایی انجام آزمایش‌های مرتبط به اسیلوسکوپ، تسلط کامل به نحوه اندازه‌گیری کمیت‌های ولتاژ و زمان تناوب با این دستگاه حساس و پرکاربرد است.

نکات ایمنی (۲)

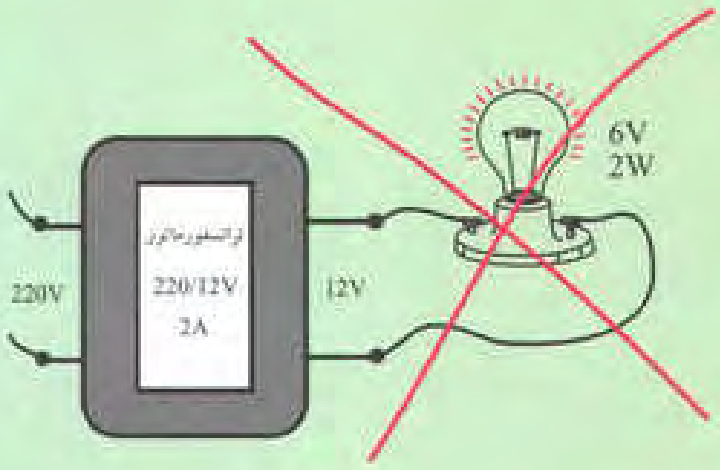
۱ـ هنگام اتصال ترانسفورماتور ۲۲۰/۱۲ به برق شهر، مراقب باشید سیم‌های رابط آسیب دیده یا بدون روپوش نباشند. سیم‌های اولیه ترانسفورماتور را حتماً به کمک سیم‌های رشته‌ای از طریق دوشاخه به برق ۲۲۰ ولت وصل کنید.

۲ـ مراقب باشید دوسر ثانویه ترانسفورماتور هرگز اتصال کوتاه نشوند.

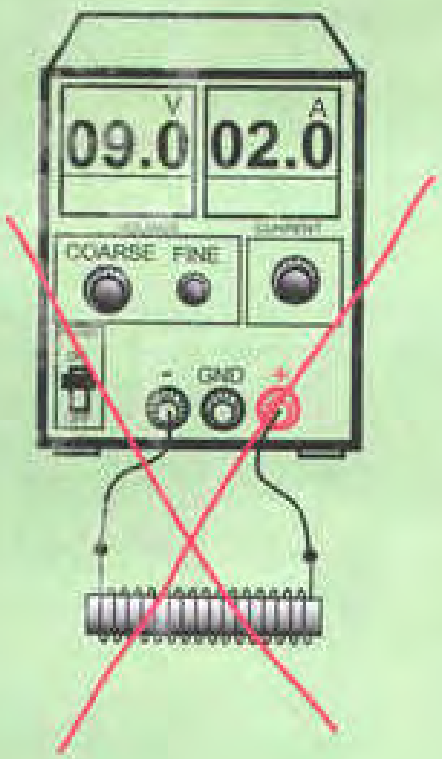
۳ـ هنگام اندازه‌گیری ولتاژ AC به کمک ولت‌متر یا آومتر، رنج کلید ولت‌متر را درست انتخاب کنید.

۴ـ توجه داشته باشید که خازن‌های استفاده شده در جریان متناوب برای جریان متناوب ساخته شده باشند. روی بدنه این‌گونه خازن‌ها علامت‌های «~» و «--» وجود ندارد و ظرفیت خازن‌هایی که در جریان متناوب به‌کار می‌روند کم است.

۵ـ مواظب باشید لامپ ۶ ولتی را به ولتاژ ۱۲ ولت خروجی ترانسفورماتور ۲۲۰/۱۲۷ اتصال ندهید، زیرا لامپ ۶ ولت فوراً می‌سوزد.



۶ـ هرگز یک سلف را مستقیماً به ولتاژ DC وصل نکنید زیرا مقاومت اهمی آن معمولاً کم است و باعث سوختن سلف می‌شود.



۷ـ هنگام اندازه‌گیری ولتاژ ولت‌متر باید به‌صورت موازی در مدار بسته شود.

۸ـ هنگام اندازه‌گیری جریان، آمپرمتر باید به‌صورت سری در مدار قرار گیرد.

۹ـ هنگام اتصال ولت‌متر و آمپرمتر در مدار مراقب باشید قطب‌های آمپرمتر و ولت‌متر به‌صورت صحیح به مدار اتصال داده شود.

۱ـ۲ـ مقاومت اهمی در جریان متناوب

اگر به‌دوسر یک مقاومت اهمی، یک ولتاژ سینوسی مانند ولتاژ برق شهر وصل کنیم، جریانی در مدار برقرار خواهد شد که ازنظر شکل موج دقیقاً مشابه ولتاژ خواهد بود. به این جریان، جریان سینوسی می‌گویند. در شکل (۱ـ۲) شکل موج ولتاژ و در شکل (۲ـ۲) نماد منبع ولتاژ را ملاحظه می‌کنید.

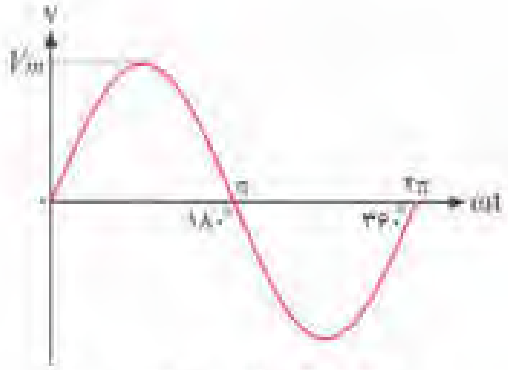
رابطه ولتاژ سینوسی به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

دامنه

زمان (ولتاژ ماکزیمم) ولتاژ لحظه‌ای

$$U = V_m \sin \omega t$$

سرعت زاویه‌ای

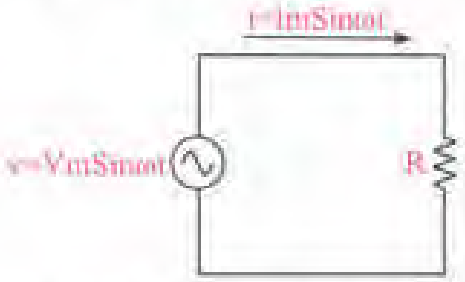


شکل ۱ـ۲ـ شکل موج ولتاژ سینوسی

شکل ۲ـ۲ـ نماد (علامت قراردادی) یک منبع ولتاژ سینوسی

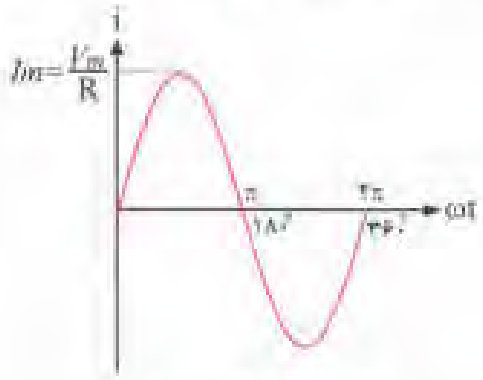
جریانی که از مقاومت عبور می‌کند از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$i = \frac{V_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t$$



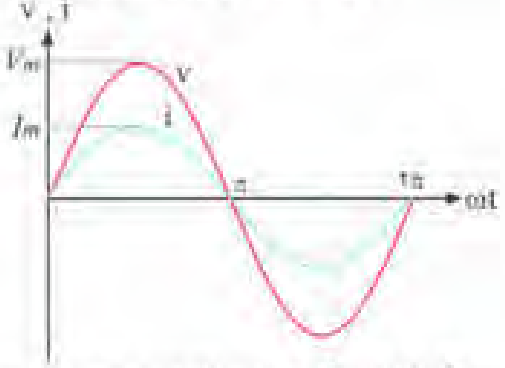
شکل ۳ـ۲ـ اگر یک منبع سینوسی به دوسر یک مقاومت اهمی وصل شود در مقاومت جریان سینوسی جاری خواهد شد.

در شکل (۳ـ۲) مدار عبور جریان متناوب از مقاومت اهمی و در شکل (۴ـ۲) شکل موج جریان سینوسی رسم شده است.



شکل ۴ـ۲ـ شکل جریان سینوسی

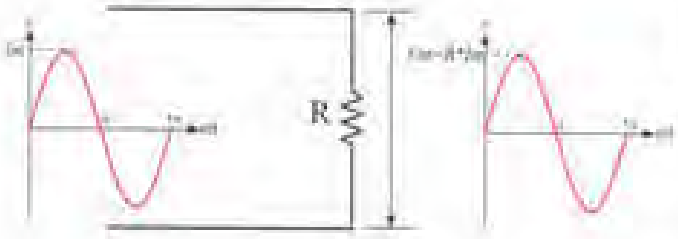
وقتی جریان سینوسی از مقاومت اهمی عبور می‌کند بین جریان و ولتاژ هیچگونه اختلاف فازی به‌وجود نمی‌آید. در شکل (۵ـ۲) شکل ولتاژ دوسر مقاومت اهمی و جریان گذرنده از آن نشان داده شده است.



شکل ۵ـ۲ـ شکل جریان و ولتاژ دوسر مقاومت اهمی

در مدار الکتریکی جریان متناوب که مصرف‌کننده آن مقاومت اهمی است، شکل موج ولتاژ و جریان هم‌فاز هستند.

اگر جریان سینوسی از یک مقاومت اهمی عبور کند در دوسر مقاومت اهمی، یک ولتاژ سینوسی افت می‌کند که از نظر فاز با جریان عبوری از مدار هم‌فاز است (شکل ۶ـ۲).



شکل ۶ـ۲ـ اگر جریان سینوسی از یک مقاومت اهمی عبور کند، در دوسر مقاومت اهمی ولتاژی افت خواهد کرد که با جریان هم‌فاز است.

۲ـ۲ـ توان تلف شده در یک مقاومت اهمی در جریان متناوب

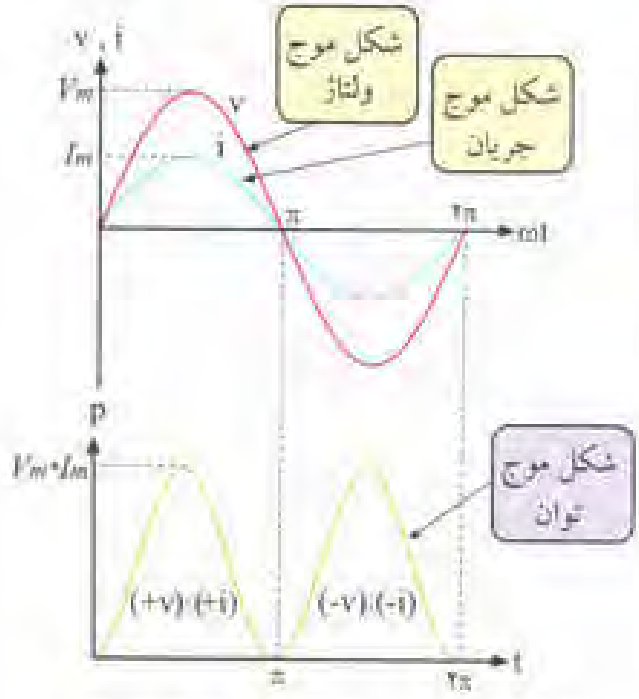
درصورتی که از یک مقاومت اهمی جریانی عبور کند، در آن مقاومت توانی به‌صورت حرارت تلف می‌شود. مقدار توان بستگی به شکل موج جریان دارد. اگر جریان عبوری از مدار، سینوسی باشد توان تلف شده در مقاومت از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$P = V_{eff} . I_{eff}$$

جریان مؤثر × ولتاژ مؤثر = توان تلف شده

می‌دانیم $I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ و $V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ است. مقدار توان از رابطه زیر نیز قابل محاسبه است.

$$P = R . I_{eff}^2 = \frac{(V_{eff})^2}{R}$$



شکل ۷ـ۲ـ اگر جریان سینوسی از یک مقاومت اهمی عبور کند، در آن مقاومت حرارت به‌وجود می‌آید.

در شکل (۸ـ۲)، شکل موج‌های ولتاژ، جریان و توان تلف شده در مقاومت نشان داده شده است.

در نیم‌سیکل مثبت در فاصله صفر تا π مقادیر لحظه‌ای ولتاژ و جریان مثبت و در نتیجه حاصل‌ضرب آن‌ها نیز مثبت است. در نیم‌سیکل منفی در فاصله π تا ۲π مقادیر لحظه‌ای ولتاژ و جریان هردو منفی هستند که حاصل‌ضرب آن‌ها مثبت می‌شود، به این ترتیب در دوسر مقاومت اهمی هیچ‌گاه مقدار توان، منفی نمی‌شود.

شکل ۸ـ۲ـ منحنی توان تلف شده در سر یک مقاومت اهمی

مثال ۱: به دوسر یک مقاومت اهمی $R = 1k\Omega$، یک منبع ولتاژ سینوسی با رابطه زیر وصل شده است.

$$u = 20\sin 314t$$

توان تلف شده و جریان گذرنده از مقاومت اهمی را حساب کنید.

حل:

$$V_m = 20V$$

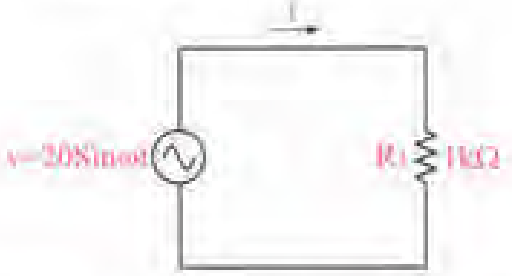
$$I_m = \frac{V_m}{R} = \frac{20}{1000} = 0/02$$

$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{0/02}{\sqrt{2}} = 0/0142A \quad \boxed{I = 0/0142A}$$

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{20}{\sqrt{2}} = 14/142V$$

$$P = V_{eff} \cdot I_{eff} = 14/142 \times 0/0142 = 0/2W$$

$$\boxed{P = 0/2W}$$

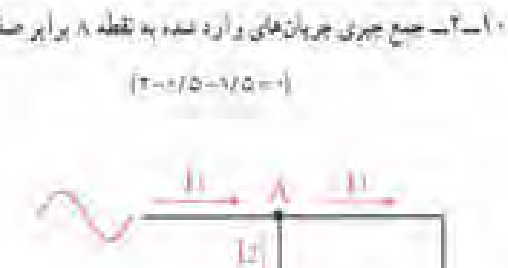


شکل ۹ـ۲ـ اگر یک منبع ولتاژ سینوسی به‌دوسر یک مقاومت وصل شود در مقاومت توان تلف شده خواهیم داشت.

۳ـ۲ـ قوانین کریشهف در جریان متناوب

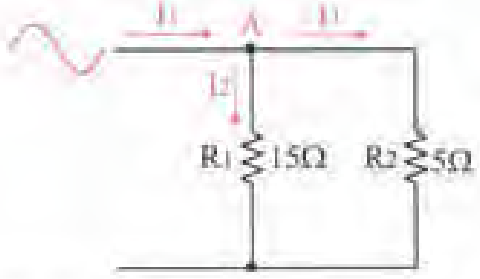
اصول مربوط به قوانین جریان و ولتاژ کریشهف در ولتاژها و جریان‌های DC و AC تفاوتی با یکدیگر ندارند. طبق قانون جریان کریشهف (KCL)، جمع جبری جریان‌هایی که به یک نقطه از مدار وارد می‌شوند[1] برابر با صفر است. در شکل (۱۰ـ۲) جریان ۲A متناوب سینوسی به نقطه (گره) A وارد می‌شود و از همان نقطه (گره) جریان $2A = 1/5 + 0/5$ خارج می‌شود. اگر جریان(های) ورودی را با علامت «+» و جریان(های) خروجی را باعلامت «−» نشان دهیم، می‌توانیم گره A رابطه زیر را بنویسیم (شکل ۱۱ـ۲).

$$\boxed{+I_1 - I_2 - I_3 = 0}$$



شکل ۱۰ـ۲ـ جمع جبری جریان‌های وارد شده به نقطه A برابر صفر است.

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



شکل ۱۱ـ۲ـ طبق قانون جریان کریشهف، جمع جبری جدول‌ها در گره A برابر صفر است.

۱ـ منظور از جمع جبری، مجموع جریان‌های وارد شده به نقطه و خارج‌شده از آن نقطه است که با علامت مخالف در نظر گرفته می‌شود.

طبق قانون ولتاژ کرشهف، در یک مدار بسته با منبع جریان متناوب یا مستقیم، **جمع جبری** ولتاژها برابر صفر است. به عبارت دیگر در یک مدار بسته ولتاژ منبع باید با مجموع افت ولتاژهای دوسر المان‌ها برابر باشد. با توجه به شکل (۱۲ـ۲)، می‌توانیم رابطه زیر را بنویسیم.

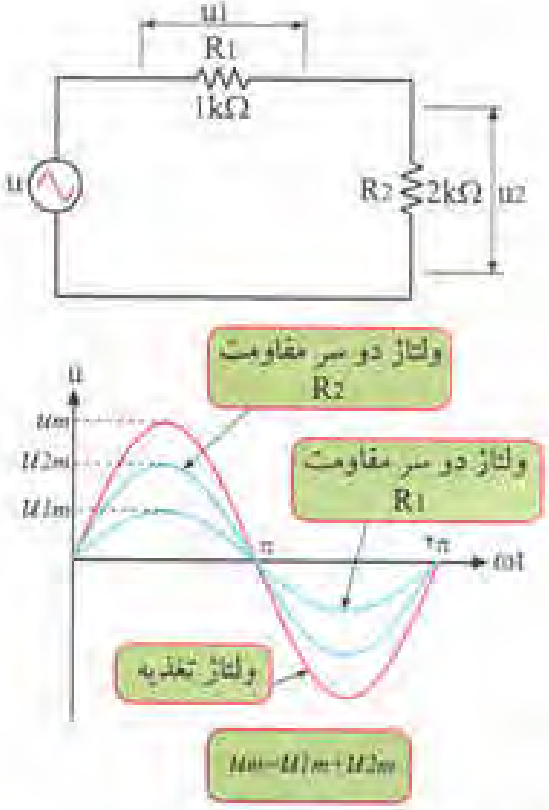
$$+U - U_1 - U_2 = 0$$

افت ولتاژ دوسر مقاومت R_2 ولتاژ منبع افت ولتاژ دوسر مقاومت R_1

یا

$$U = U_1 + U_2$$

نکته مهم: اگر بین ولتاژ و جریان در یک مدار اختلاف فاز وجود داشته باشد در این صورت به‌جای جمع جبری باید از جمع برداری استفاده شود.



شکل ۱۲ـ۲ـ طبق قانون ولتاژ کرشهف، جمع جبری ولتاژها در یک طبقه مسدود برابر صفر است.

مثال ۲: در شکل (۱۳ـ۲) رابطه ولتاژ دوسر مقاومت‌های R_1 و R_2 را به‌دست آورید.

حل:

$$U_1 = U_{1max}.\sin\omega t \quad , \quad U_2 = U_{2max}\sin\omega t$$

$$U_{1max} = I_m.R_1 \quad , \quad U_{2max} = I_m.R_2$$

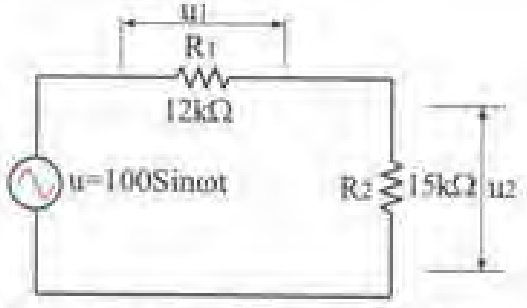
$$I_{max} = \frac{U_{max}}{R_1 + R_2} = \frac{100}{12k + 15k} = 3/7mA$$

$$U_{1max} = 3/7 \times 12 = 44/44V$$

$$U_{2max} = 3/7 \times 15 = 55/56V$$

$$U_1 = 44/44\sin\omega t$$

$$U_2 = 55/56\sin\omega t$$



شکل ۱۳ـ۲ـ جمع جبری ولتاژهای U_1 و U_2 برابر ولتاژ منبع است.

۴ـ۲ـ آزمایش شماره (۱) اندازه‌گیری ولتاژ AC

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

هدف آزمایش

الف : اندازه‌گیری ولتاژ AC و بررسی قانون ولتاژ کیرشهف

شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش ولتاژ AC را با ولت‌متر AC اندازه می‌گیرید. **ولتاژی که ولت‌متر AC نشان می‌دهد، مقدار مؤثر ولتاژ AC است.** توجه داشته باشید که ولت‌مترهای AC ، فقط مقدار مؤثر ولتاژ سینوسی را اندازه می‌گیرند. اگر ولتاژ غیرسینوسی را توسط ولت‌متر AC اندازه بگیرید، مقداری را که ولت‌متر نشان می‌دهد، مقدار واقعی مؤثر شکل موج موردنظر نیست.

با اندازه گیری ولتاژ AC ، قانون KVL را نیز تجربه می‌کنید.

تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

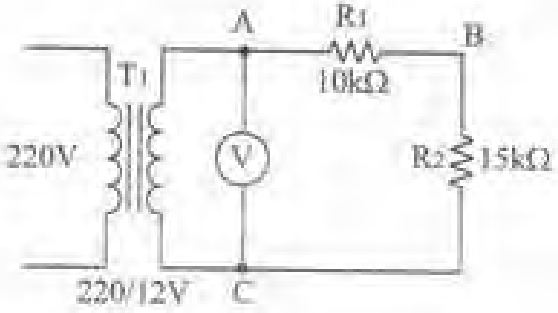
نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ ترانسفورماتور ۱۲۷/۲۲۰، ۱ A	یک عدد
۲ـ مقاومت ۱۰kΩ، ۱۵kΩ از هر کدام	یک عدد
۳ـ سیم رابط یک سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	چهار عدد
۴ـ سیم رابط دو سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	به مقدار کافی
۴ـ آوومتر دیجیتالی یا عقربه‌ای	یک دستگاه

مراحل اجرای آزمایش

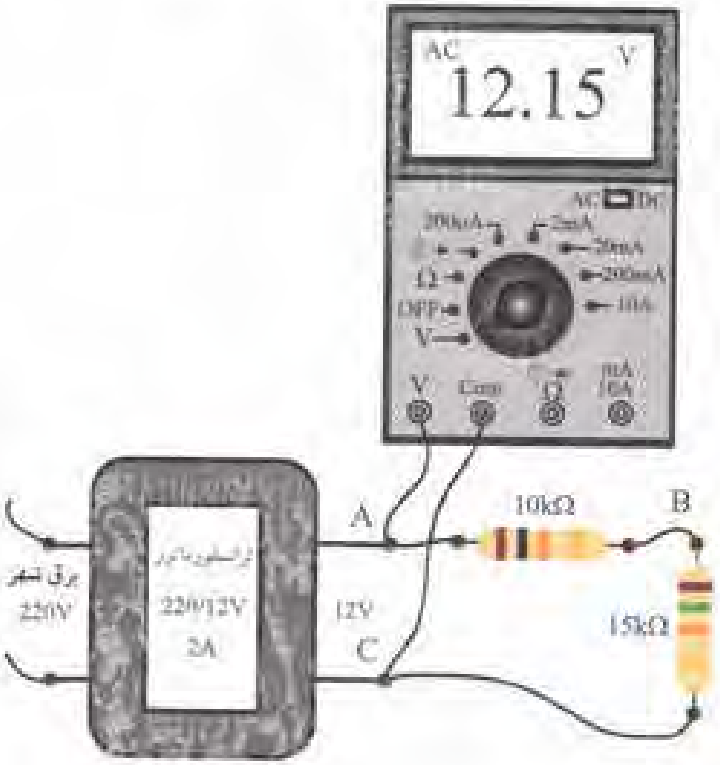
- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- کلید سلکتور ولتاژ آوومتر را در حالت AC قرار دهید.
- رنج کلید ولت‌متر را در حالت ۱۵ یا ۲۰ ولت قرار دهید. در بعضی از آوومترهای عقربه‌ای و دیجیتالی کلید ولتاژ و کلید ولت‌متر است. اگر آوومتری که با آن کار می‌کنیم دارای کلید Auto است آوومتر را در این حالت قرار دهید.

شکل ۱۴ـ۲ـ نحوه تنظیم ولت‌متر AC بر روی یک آوومتر

- مدار شکل (۱۵ـ۲) را ببندید.
- مولتی‌متر روی ولت‌متر AC را بین نقاط A و C وصل کنید.
- مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد مشاهده و یادداشت کنید.



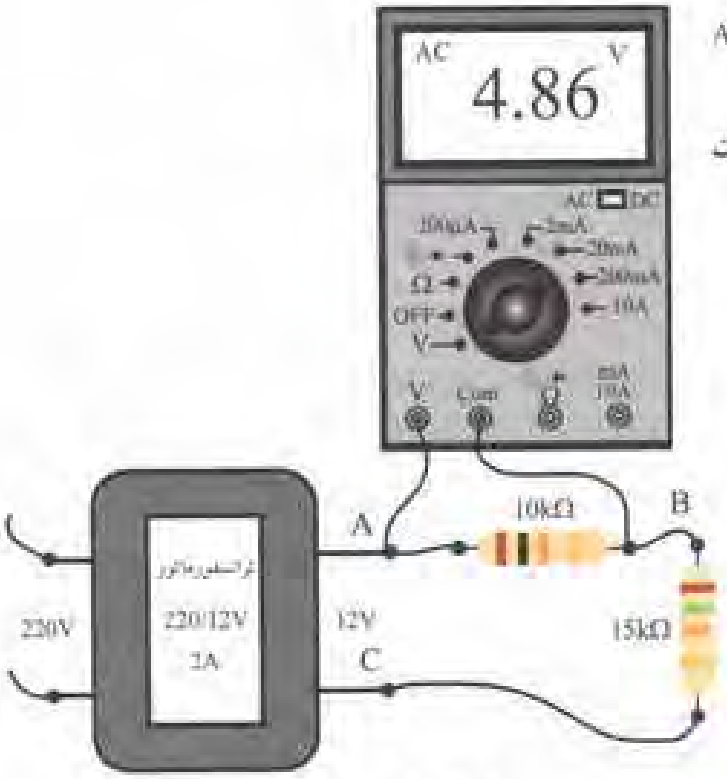
ولتاژ بین نقاط A و C V_{AC} = V



شکل ۱۵ـ۲ـ مدار عملی مورد آزمایش

■ ولت‌متر AC را از نقاط A و C جدا کنید و بین نقاط A و B در دوسر مقاومت ۱۰kΩ ببندید.

■ ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید (شکل ۱۶ـ۲).



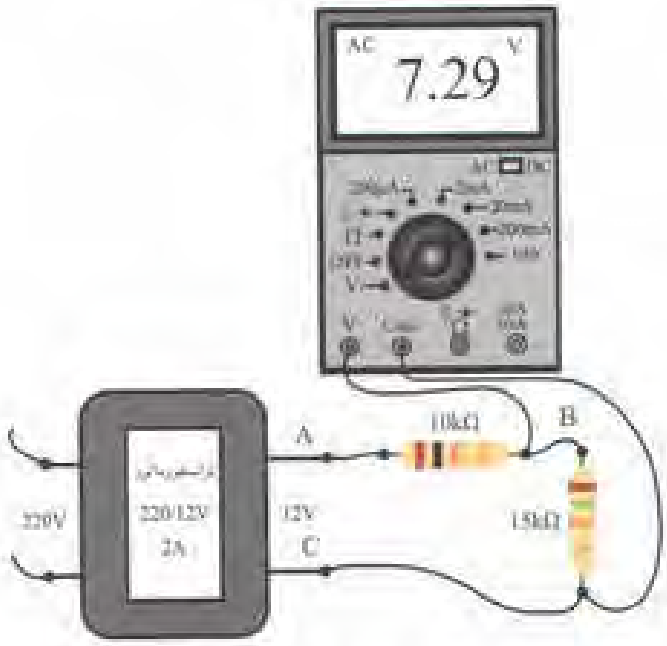
شکل ۱۶ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

■ ولت‌متر AC را از نقاط A و B جدا کنید و بین نقاط B و C در دوسر مقاومت ۱۵kΩ ببندید.

■ ولتاژ مقاومت دوسر مقاومت ۱۵kΩ را اندازه بگیرید و یادداشت کنید (شکل ۱۷ـ۲).

$V_{AB} =$ ..... V ولتاژ بین نقاط A و B

$V_{BC} =$ ..... V ولتاژ بین نقاط B و C



شکل ۱۷ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

$V_{AC} = V_{AB} + V_{BC} =$ $+$ $=$ V (۱)

سؤال ۱: آیا ولتاژ V_{AC} که با ولت‌متر اندازه گرفته‌اید با ولتاژ V_{AC} که از رابطه‌ی (۱) به‌دست آمده برابر است؟ توضیح دهید.

سؤال ۲: آیا قانون ولتاژ کرشهف در مدار شکل (۱۷ـ۲) صادق است؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به سؤال‌های ۱ و ۲ پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۳ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

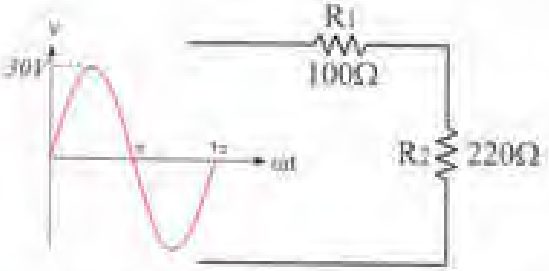
خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

آزمون

۱ـ در شکل مقابل، شکل موج ولتاژ دوسر مقاومت ۱۰۰Ω و ۲۲۰Ω را با مقیاس مناسب و دقیق رسم کنید و دامنه‌ی ولتاژها را دقیقاً محاسبه کنید.

۲ـ شکل موج جریان مدار شکل (۱۸ـ۲) را با مقیاس مناسب و دقیق رسم کنید به‌طوری که دامنه جریان کاملاً مشخص باشد.

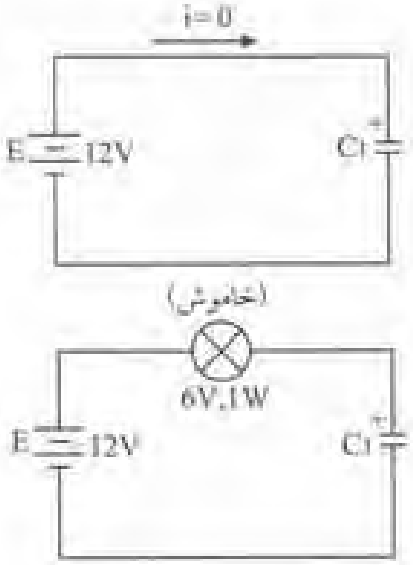


شکل ۱۸ـ۲ـ ولتاژ اعمال شده در یک مدار الکتریکی شامل مقاومت‌های اهمی به نسبت مقدار مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.

۵ـ۲ـ خازن در جریان متناوب

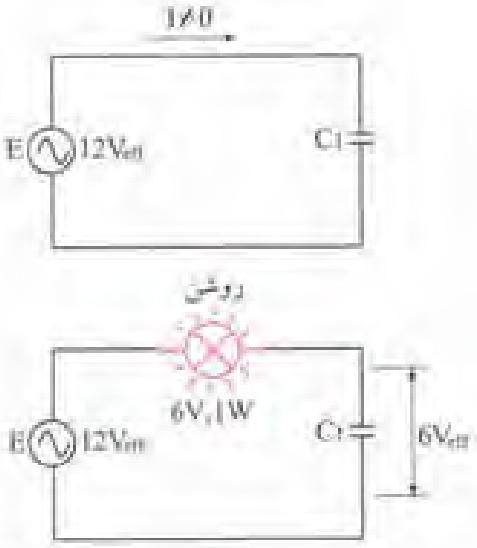
۱ـ۵ـ۲ـ عملکرد خازن در جریان متناوب (AC):

اگر یک خازن را به ولتاژ DC وصل کنیم خازن بلافاصله شارژ می‌شود و جریان گذرنده از آن به صفر می‌رسد (شکل ۱۹ـ۲).



شکل ۱۹ـ۲ـ اگر به دو سر یک خازن یک ولتاژ DC وصل شود، خازن بلافاصله شارژ شده و جریان گذرنده از آن به صفر می‌رسد.

اگر یک منبع ولتاژ متناوب سینوسی را به دو سر خازن، وصل کنیم، جریان متناوب سینوسی از خازن عبور می‌کند. خازن در مدارهای جریان متناوب نوعی مقاومت از خود نشان می‌دهد که باعث محدود شدن جریان در مدار می‌شود.



شکل ۲۰ـ۲ـ در مدارهای جریان متناوب خازن جریان را از خود عبور می‌دهد.

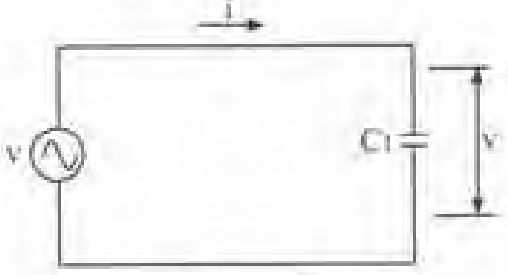
۲ـ۵ـ۲ـ راکتانس خازنی

مقاومتی را که خازن در جریان متناوب از خود نشان می‌دهد، راکتانس خازنی می‌گویند.

راکتانس خازنی را با X_C نشان می‌دهند مقدار X_C از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$X_C = \frac{U}{I} = \frac{1}{2\pi . f . C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi . f . C}$$



شکل ۲۱ـ۲ـ محاسبه مقدار مقاومت خازنی

در رابطه فوق X_C راکتانس خازن برحسب اهم، f فرکانس ولتاژ یا جریان متناوب برحسب هرتز C ظرفیت خازن برحسب فاراد است.

مثال: در شکل (۲۲ـ۲) جریان عبوری از خازن (I_C) چند میلی‌آمپر است؟

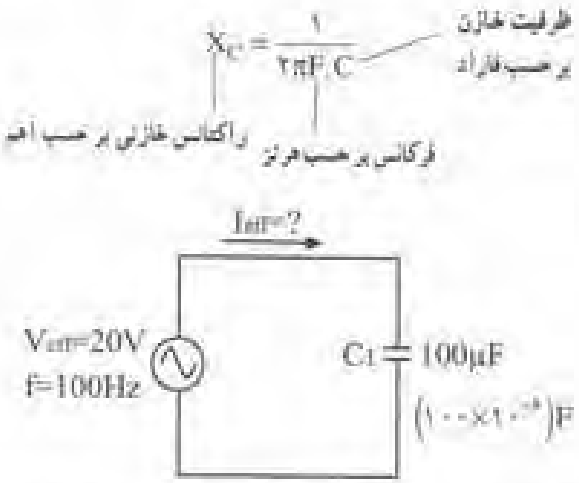
$$I = \frac{U_{eff}}{X_C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{2\pi \times 100 \times 100 \times 10^{-6}} = \frac{10^4}{2000\pi}$$

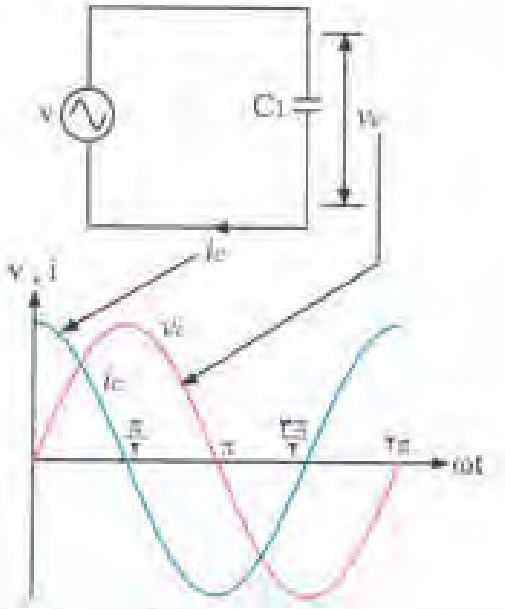
$$X_C = \frac{50}{\pi}$$

$$I_C = \frac{20}{\frac{50}{\pi}} = \frac{20\pi}{50} = 0/2\pi = 1/256A$$

$$\boxed{IC = 1/256A}$$



شکل ۲۲ـ۲ـ جریان در یک مدار الکتریکی شامل فقط یک خازن از رابطه $I_C = \frac{V}{X_C}$ به‌دست می‌آید.



شکل ۲۳ـ۲ـ در یک مدار الکتریکی شامل فقط خازن و منبع جریان متناوب سینوسی، بین جریان و ولتاژ ۹۰ درجه اختلاف فاز به‌وجود می‌آید.

۳ـ۵ـ۲ـ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار خازنی:

اگر در یک مدار الکتریکی یا منبع جریان متناوب، فقط یک خازن وجود داشته باشد، جریان عبوری از مدار به اندازه ۹۰ درجه با ولتاژ دوسر آن اختلاف فاز پیدا می‌کند.

در شکل (۲۳ـ۲)، شکل جریان گذرنده از خازن و شکل ولتاژ دوسر خازن رسم شده است. همان‌طور که در شکل (۲۳ـ۲) مشاهده می‌شود جریان به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ جلوتر است.

رابطه ریاضی ولتاژ و جریان دوسر خازن به‌صورت زیر است:

$$V_C = V_{Cm} \sin \omega t$$

$$I_C = I_{Cm} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

ولتاژ و جریان دوسر خازن را می‌توان به‌صورت دو عدد بردار که با یک‌دیگر ۹۰ درجه اختلاف دارند نشان داد (شکل ۲۲ـ۲).

V_C = ولتاژ لحظه‌ای خازن
V_{Cm} = ولتاژ ماکزیمم خازن
ω = سرعت زاویه‌ای
t = زمان

I_C = جریان لحظه‌ای عبوری از خازن
I_{Cm} = جریان ماکزیمم عبوری از خازن
ω = سرعت زاویه‌ای
t = زمان
$\frac{\pi}{2}$ = زاویه اختلاف فاز

شکل ۲۲ـ۲ـ نمایش برداری جریان و ولتاژ دوسر خازن

۶ـ۲ـ آزمایش شماره (۳) راکتانس خازنی

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

۱ـ۶ـ۲ـ هدف‌های آزمایش

الف ـ بررسی تأثیر ظرفیت خازن در راکتانس خازنی

ب ـ بررسی اختلاف فاز بین ولتاژ دو سر خازن و جریان عبوری از آن

۲ـ۶ـ۲ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش با بستن یک مدار ساده شامل یک خازن، یک میلی‌آمپرمتر AC، (اومتر دیجیتالی) و یک عدد ترانسفورماتور ۲۲۰/۱۲۷، می‌توانید به مفهوم راکتانس خازنی پی‌ببرید. برای این منظور، میلی‌آمپرمتر AC را با خازن به ظرفیت ۱ میکروفاراد به‌صورت سری بسته و مجموعه را به ثانویه ترانسفورماتور وصل می‌کنید. جریان مدار را در این حالت اندازه می‌گیرید و یادداشت می‌کنید. بار دیگر به جای خازن یک میکروفاراد، در مدار خازن، به ظرفیت ۰/۱ میکروفاراد قرار می‌دهید و مجدداً جریان مدار را اندازه می‌گیرید. این بار خواهید دید که میلی‌آمپرمتر جریان کم‌تری را نشان می‌دهد. علت کم شدن جریان در مدار، افزایش راکتانس خازنی است.

توجه: خازن‌هایی را در جریان متناوب به‌کار ببرید که برای جریان متناوب ساخته شده باشند. روی بدنه این خازن‌ها علامت‌های «+» و «−» وجود ندارد. معمولاً ظرفیت خازن‌هایی که در جریان متناوب به‌کار می‌روند خیلی کم است.

۳ـ۶ـ۲ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز

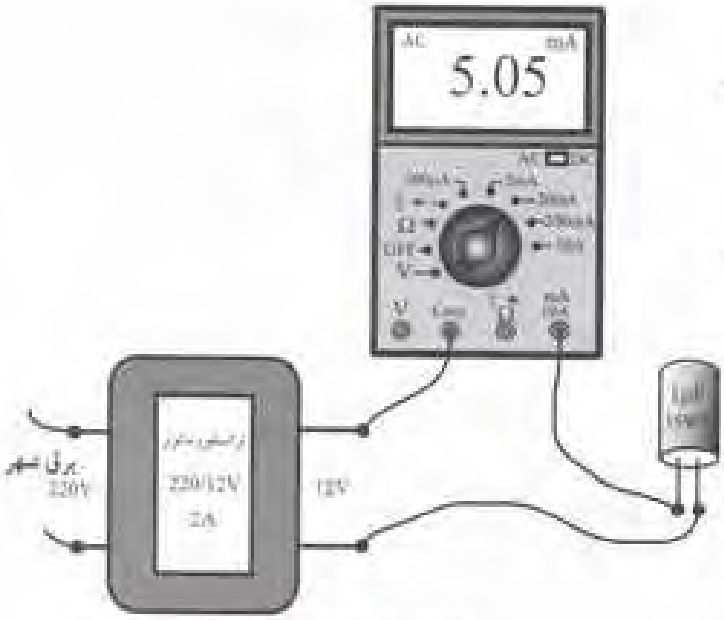
نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ ترانسفورماتور ۲۲۰/۱۲۷ـ۲۸	یک عدد
۲ـ اومتر دیجیتالی	یک دستگاه
۳ـ سیم رابط دو سر گیره‌دار ۵۰ سانتی‌متری	به مقدار کافی
۴ـ سیم رابط یک سر گیره‌دار ۵۰ سانتی‌متری	به مقدار کافی
۵ـ خازن یک میکروفاراد ۲۵ ولت از نوع کاغذی	یک عدد
۶ـ خازن ۰/۱ میکروفاراد ۲۵ ولت از نوع کاغذی	یک عدد
۷ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۸ـ مقاومت اهمی	یک عدد

۴ـ۶ـ۲ـ مراحل اجرای آزمایش

موضوع الف: بررسی تأثیر ظرفیت خازن در راکتانس خازنی.

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۲۵ـ۲) را ببندید و مدار اولیه ترانسفورماتور را به برق شهر وصل کنید.
- حوزه‌ی کار میلی‌آمپرمتر را روی ۲۰۰mA قرار دهید.
- جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

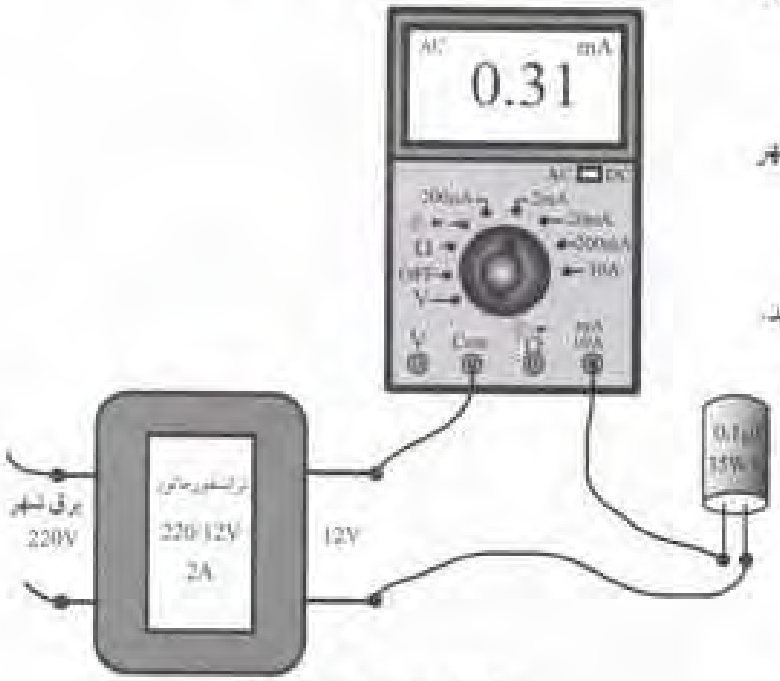
$I =$



شکل ۲۵ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

- دوشاخه مدار اولیه ترانسفورماتور را از برق بیرون بکشید.
- مدار شکل (۲۶ـ۲) را ببندید.
- دوشاخه‌ی اولیه ترانسفورماتور را با احتیاط به برق شهر وصل کنید.
- حوزه کار میلی‌آمپرمتر را روی ۲mA قرار دهید.
- جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

$I =$



شکل ۲۶ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

سؤال: چرا با کاهش ظرفیت خازن، میلی‌آمپرمتر AC جریان کم‌تری را نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۵ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

موضوع ب: بررسی اختلاف فاز بین ولتاژ دوسر خازن و جریان گذرنده از آن.

■ مدار شکل (۲۷ـ۲) را ببندید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های زیر را روی آن انجام دهید.

Time / Div = ۲ ms / Div

Mode کلید → CHOP

SOURCE کلید → CH۱

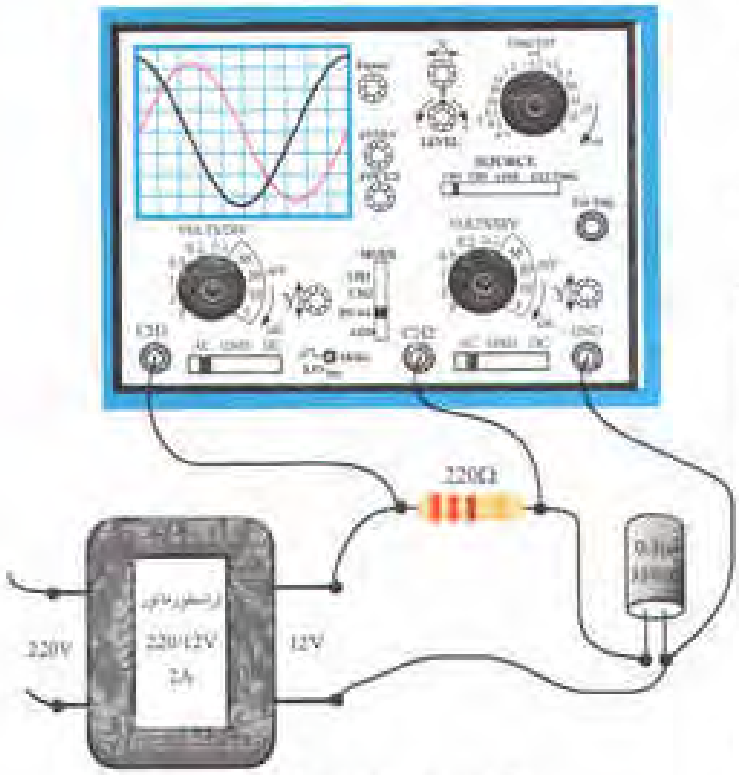
Level → ↑

$(Volts / Div)_{CH۱} = ۵V / Div$

$(Volts / Div)_{CH۲} = ۱V / Div$

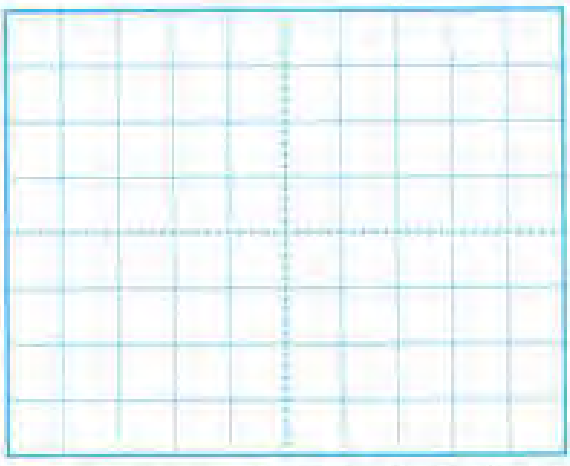
کلید CH۲INV را نیز فعال کنید.

ولوم‌های Volt/Variable و Time/ variable را در حالت cal. قرار دهید.



شکل ۲۷ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

■ شکل موج‌های نشان داده شده روی صفحه حساس را در شکل (۲۸ـ۲) رسم کنید.



شکل ۲۸ـ۲ـ شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس

سؤال: شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت اهمی که در حقیقت شکل موج جریان گذرنده ازخازن است و در CH۲ ظاهر می‌شود یا شکل موج ولتاژ دو سر خازن که در کانال CH۱ ظاهر می‌شود، چند درجه اختلاف فاز دارد؟ نحوه‌ی محاسبه اختلاف فاز را شرح دهید.

_____

_____

_____

در صورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های(۹ـ۱) و (۱۰ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

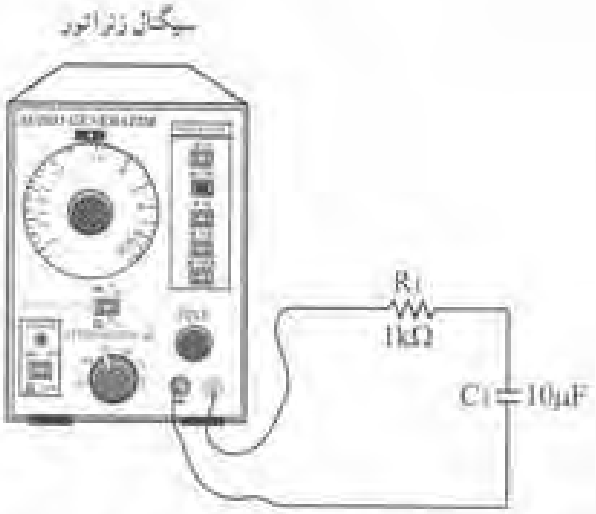
خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به‌اختصار شرح دهید.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

آزمون

۱ـ در شکل (۲۹ـ۲) با افزایش فرکانس، ولتاژ دو سر مقاومت اهمی ..... می‌شود.

الف ـ □ کم　　ب ـ □ زیاد

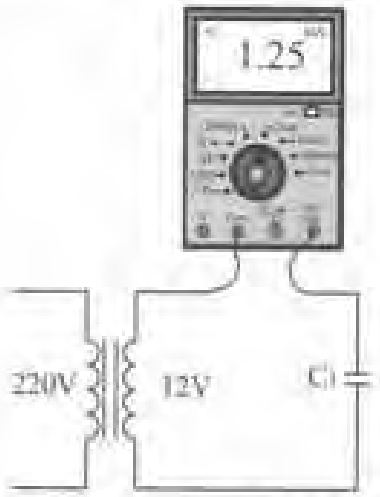


شکل ۲۹ـ۲ـ تغییرات فرکانس باعث تغییر مقدار جریان در مدار می‌شود.

۲ـ در شکل (۳۰ـ۲) با افزایش ظرفیت خازن کدام اتفاق می‌افتد؟

الف ـ □ میلی‌آمپرمتر جریان کم‌تری را نشان می‌دهد.

ب ـ □ میلی‌آمپرمتر جریان بیش‌تری را نشان می‌دهد.



شکل ۳۰ـ۲ـ تغییر ظرفیت خازن باعث تغییر جریان در مدار می‌شود.

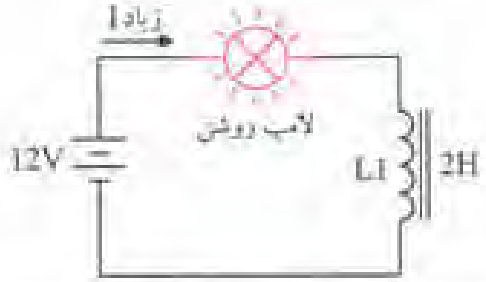
۷ـ۲ـ سلف (سیم‌پیچ) در جریان متناوب

۱ـ۷ـ۲ـ عملکرد سلف در جریان متناوب:

یک سلف یا سیم‌پیچ از چند حلقه سیم‌پیچ که به دور هم پیچیده شده است سیم‌پیچ تشکیل می‌شود. ممکن است سیم‌پیچ هسته نیز داشته باشد. هر سیم‌پیچ دارای یک مقاومت اهمی است. بنابراین هر سلف علاوه‌بر داشتن ضریب خودالقایی (L اندوکتانس) یک مقاومت اهمی نیز دارد. با اهم‌متر می‌توان مقاومت اهمی سلف را اندازه گرفت. شکل (۳۱ـ۲) نحوه اندازه‌گیری مقاومت اهمی سلف را نشان می‌دهد.

شکل ۳۱ـ۲ـ یک سلف علاوه بر اندوکتانس یک مقاومت اهمی نیز دارد. اهم‌متر فقط مقاومت اهمی سلف را اندازه می‌گیرد.

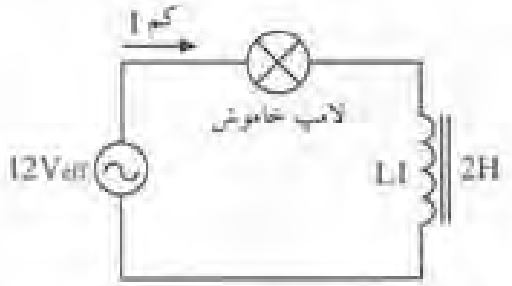
اگر یک سلف را به ولتاژ DC وصل کنیم، از مدار جریان عبور می‌کند و فقط مقاومت اهمی سیم‌پیچ جریان را محدود می‌کند. اگر سلف را آینده آل در نظر بگیریم یعنی مقاومت اهمی آن صفر فرض کنیم، سلف در برابر جریان مستقیم هیچ مقاومتی از خود نشان نمی‌دهد.



شکل ۳۲ـ۲ـ سلف در مقابل عبور جریان مستقیم، هیچ مقاومتی از خود نشان نمی‌دهد.

در صورتی که سلف را به یک منبع ولتاژ متناوب وصل کنیم، سلف علاوه بر مقاومت اهمی از خود مقاومت دیگری نیز نشان می‌دهد.

این مقاومت باعث محدود شدن جریان در مدارهای جریان متناوب می‌شود (شکل‌های ۳۲ـ۲ و ۳۳ـ۲).



شکل ۳۳ـ۲ـ سلف جریان متناوب از خود یک نوع مقاومت خاص نشان می‌دهد. بنابراین درمدار جریان کم می‌شود و لامپ را روشن نمی‌کند.

۲ــ۷ــ۲ــ راکتانس سلفی

به مقاومتی که سلف در جریان متناوب از خود نشان می‌دهد راکتانس سلفی می‌گویند.

راکتانس سلفی را با X_L نشان می‌دهند و مقدار آن از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید.

$$X_L = 2\pi fL$$

در این رابطه

X_L راکتانس سلفی برحسب اهم، f فرکانس ولتاژ یا جریان متناوب سینوسی برحسب هرتز و L ضریب خودالقایی سلف برحسب هانری است.

مثال: در شکل (۳۵ــ۲)، جریان i چند میلی‌آمپر است؟ از مقاومت اهمی سیم‌پیچ صرف‌نظر کنید.

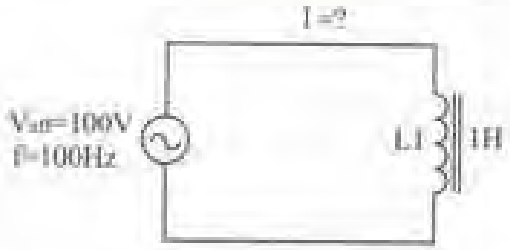
$$I_L = \frac{V_{eff}}{X_L}$$

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 100 \times 1 = 628\Omega$$

$$I_L = \frac{100}{628} = 0/159A = 159mA$$

$$I_L = 159mA$$

شکل ۳۴ــ۲ــ اگر یک منبع ولتاژ متناوب به دو سر یک سلف وصل شود در سلف جریان جاری خواهد شد.



شکل ۳۵ــ۲ــ جریان عبوری از سلف در یک مدار با فرض ثابت بودن ولتاژ منبع، بستگی به مقدار L دارد.

۳ــ۷ــ۲ــ اختلاف فاز بین جریان گذرنده از سلف و ولتاژ دو سر آن:

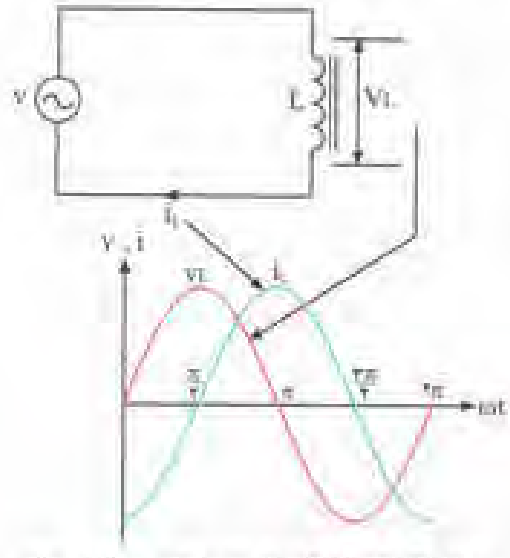
اگر در یک مدار الکتریکی با منبع جریان متناوب سینوسی، فقط یک سلف بدون مقاومت اهمی وجود داشته باشد، جریان در مدار به اندازه ۹۰ درجه با ولتاژ دو سر آن اختلاف فاز پیدا می‌کند.

در شکل (۳۶ــ۲) شکل جریان گذرنده از سلف و شکل ولتاژ دو سر آن رسم شده است. همان‌طور که از شکل (۳۶ــ۲) مشخص است جریان به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ عقب‌تر است. رابطه ریاضی ولتاژ و جریان دو سر سلف به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

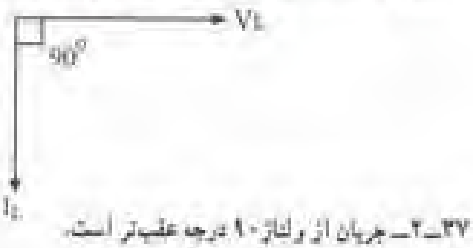
$$V_L = V_{L\max} \times \sin \omega t$$

$$i_L = I_{L\max} \times \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

ولتاژ و جریان دو سر سلف را به‌صورت دو بردار که زاویه‌ی بین آن‌ها ۹۰ درجه است نیز می‌توان نشان داد (شکل ۳۷ــ۲).



شکل ۳۶ــ۲ــ اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان در سلف



شکل ۳۷ــ۲ــ جریان از ولتاژ ۹۰ درجه عقب‌تر است.

مدت زمان انجام آزمایش ۳ ساعت

۸ـ۲ـ آزمایش شماره (۳) راکتانس سلفی

۱ـ۸ـ۲ـ هدف‌های آزمایش

الف ـ بررسی تأثیر ضریب خودالقایی سلف در راکتانس خازنی.

ب ـ بررسی اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان در سلف.

۲ـ۸ـ۲ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش با بستن یک مدار ساده، شامل یک سلف، یک دستگاه میلی‌آمپرمتر AC (اومتر دیجیتالی) و ترانسفورماتور ۲۲۰/۱۲۷، می‌توانید به مفهوم راکتانس سلفی پی ببرید. برای این منظور میلی‌آمپرمتر AC را با سلف ۱۰mH به صورت سری بسته و مجموعه را به ثانویه ترانسفورماتور ۲۲۰/۱۲۷ وصل می‌کنید. جریان مدار را در این حالت اندازه می‌گیرید و یادداشت می‌کنید. بار دیگر به جای سلف ۱۰mH در مدار سلف ۱۰۰mH قرار داده و مجدداً جریان مدار را اندازه می‌گیرید. این بار خواهید دید که میلی‌آمپرمتر جریان کم‌تری را نشان می‌دهد. علت کم شدن جریان در مدار، افزایش راکتانس سلفی است.

۳ـ۸ـ۲ـ تجهیزات و قطعات موردنیاز آزمایش

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ ترانسفورماتور ۱۸- ۲۲۰/۱۲۷	یک عدد
۲ـ اومتر دیجیتالی	یک دستگاه
۳ـ سیم رابط دو سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	به تعداد کافی
۴ـ سیم رابط یک سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	به تعداد کافی
۵ـ سلف ۱۰۰mH	یک عدد
۶ـ سلف ۱۰mH	یک عدد
۷ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۸ـ مقاومت اهمی ۱۰۰Ω	یک عدد

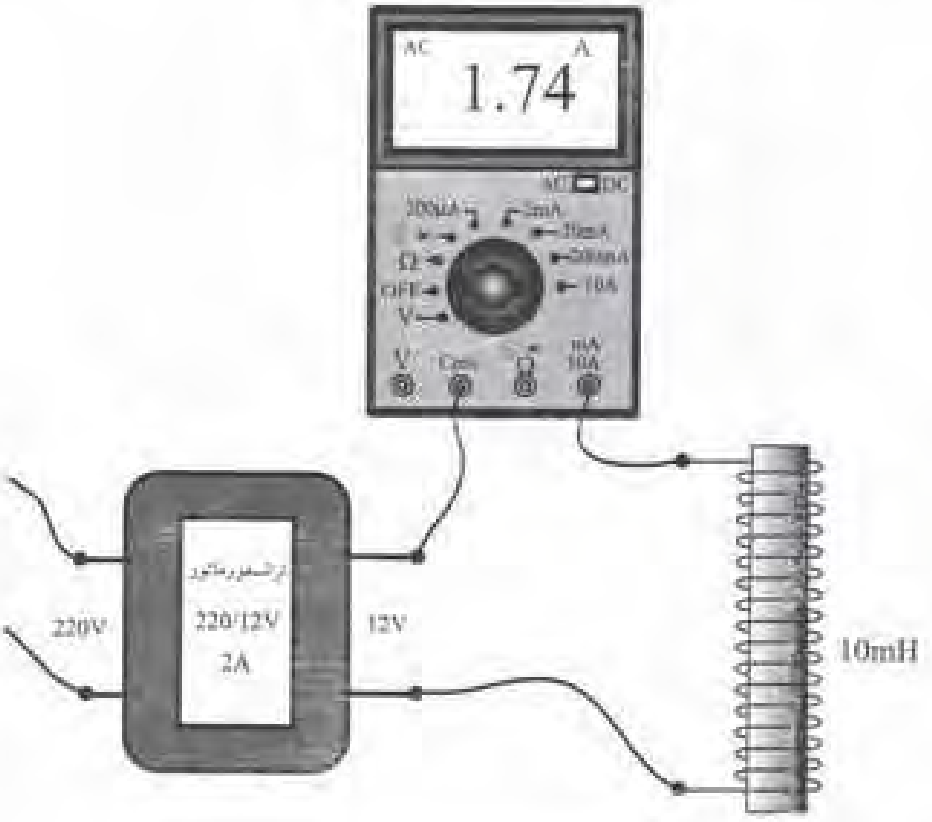
۴ـ۸ـ۲ـ مراحل اجرای آزمایش

موضوع الف: بررسی تأثیر ضریب خودالقایی سلف در راکتانس سلفی.

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۳۸ـ۴) را ببندید و اولیه ترانسفورماتور را با احتیاط به برق شهر وصل کنید.
- رنج میلی‌آمپرمتر را روی mA – AC ۲۰۰۰(۲A) قرار دهید.
- جریان اندازه‌گیری شده را یادداشت کنید.

I=	mA

- دوشاخه برق مربوط به اولیه ترانسفورماتور را از برق بیرون بکشید.



شکل ۳۸ـ۴ـ مدار عملی آزمایش

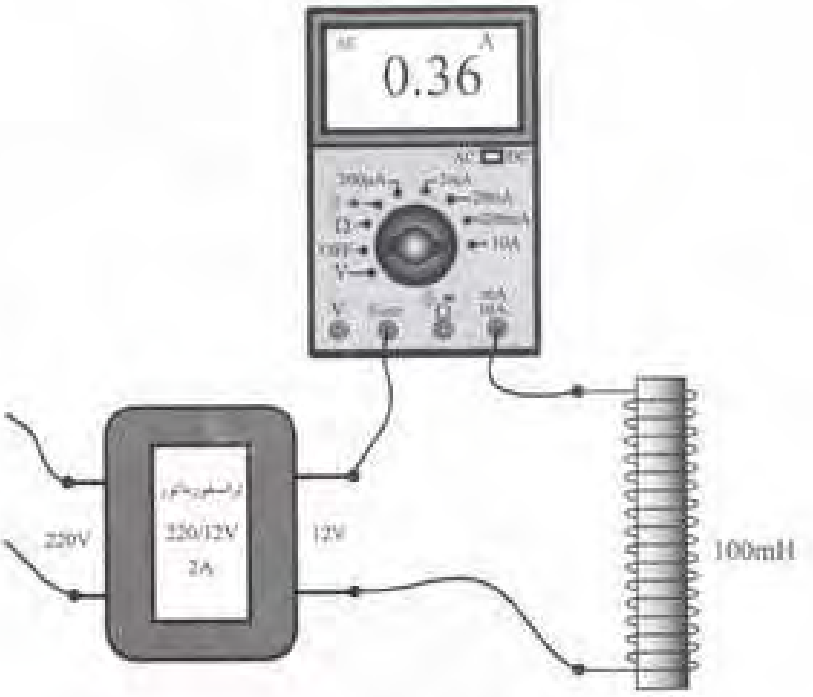
■ مدار شکل (۳۹ـ۲) را ببندید.

■ دوشاخه مربوط به اولیه ترانسفورماتور را با احتیاط کامل به برق شهر (۲۲۰ ولت) وصل کنید.

■ حوزه کار میلی‌آمپرمتر AC را روی ۲۰۰mA قرار دهید.

■ جریان اندازه‌گیری شده را یادداشت کنید.

I =	mA



شکل ۳۹ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

سؤال: چرا با افزایش ضریب خودالقایی سلف جریان در مدار کم‌تر می‌شود؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۷ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

موضوع ب: بررسی اختلاف فاز بین ولتاژ دو سر سلف و جریان گذرنده از آن

■ مدار شکل (۴۰ـ۲) را ببندید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های زیر را روی آن انجام دهید.

Time / Div = ۲ ms / Div

Mode کلید → CHOP

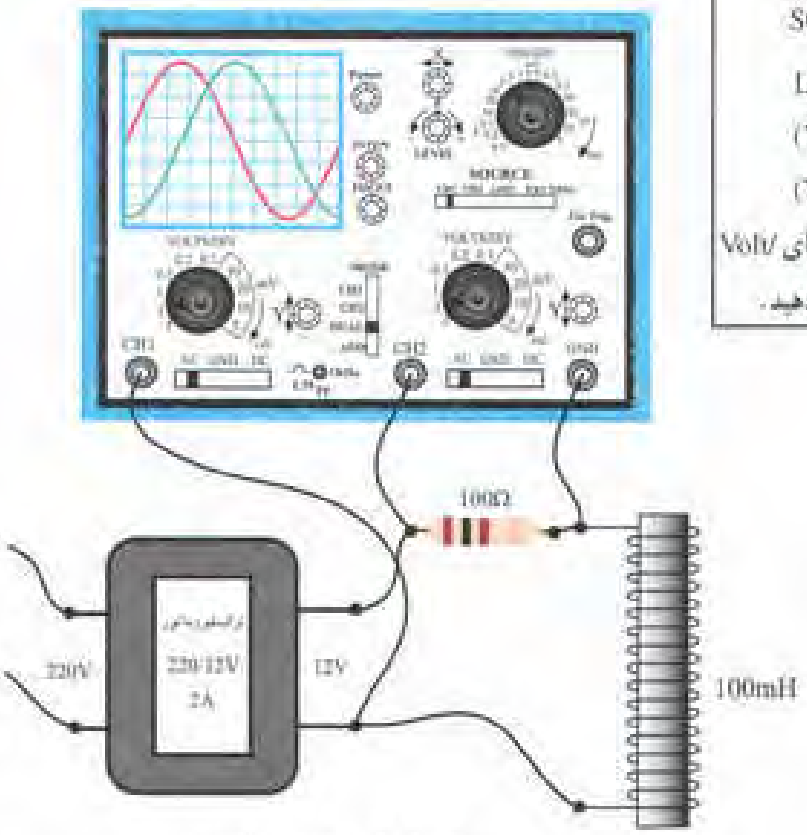
SOURCE کلید → CH۱

Level ولوم →

$(Volt / Div)_{CH۱} = ۵V / Div$

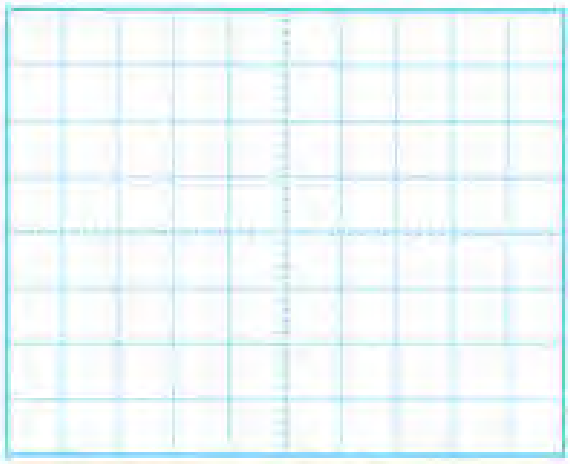
$(Volt / Div)_{CH۲} = ۱V / Div$

در ضمن کلید CH۲INV را فعال کنید و ولوم‌های Volt/ Variable و Time/variable را در حالت cal. قرار دهید.



شکل ۴۰ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

■ شکل موج‌های نشان داده شده روی صفحه حساس را در شکل (۴۱ـ۲) رسم کنید.



شکل ۴۱ـ۲ـ شکل موج نشان داده شده توسط اسیلوسکوپ

سؤال: شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت اهمی که همان موج شکل جریان گذرنده از سلف است [CH۲] و شکل موج ولتاژ دو سر سلف را [CH۱] نشان می‌دهد. این دو شکل موج چند درجه با یک‌دیگر اختلاف فاز دارند؟ نحوه محاسبه اختلاف فاز را توضیح دهید.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

در صورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های(۹ـ۱) و (۱۰ـ۱) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

خلاصه آزمایش: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

نتیجه‌گیری: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

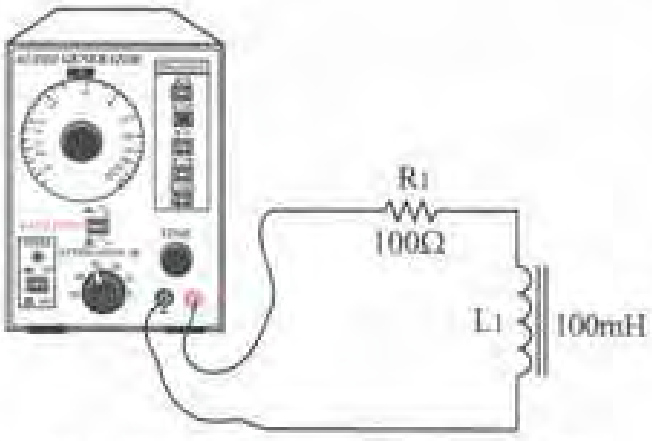
_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

آزمون

۱ـ در شکل (۴۲ـ۲) با افزایش فرکانس، ولتاژ دو سر مقاومت اهمی ..... می‌شود.

الف ـ □ کم　　ب ـ □ زیاد

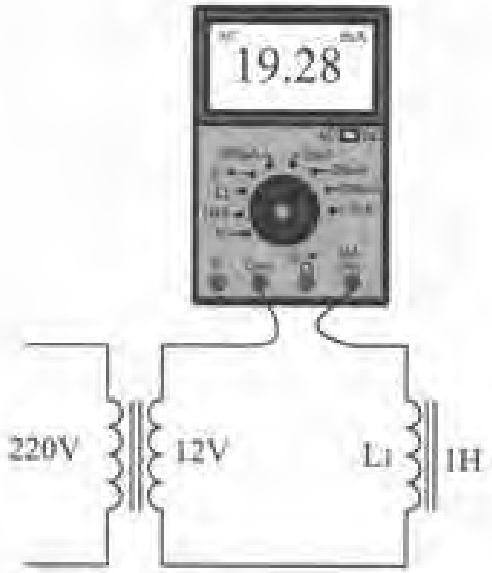


شکل ۴۲ـ۲ـ تغییر فرکانس باعث تغییر جریان در مدار می‌شود.

۲ـ در شکل مقابل (۴۳ـ۲) با افزایش ضریب خودالقایی سلف .....

الف ـ □ میلی‌آمپرمتر جریان بیش‌تری را نشان می‌دهد.

ب ـ □ میلی‌آمپرمتر جریان کم‌تری را نشان می‌دهد.



شکل ۴۳ـ۲ـ تغییر L در مدار باعث تغییر جریان در مدار می‌شود.

۹ـ۲ـ مدار RC سری و موازی

اگر یک خازن و یک مقاومت اهمی را به‌صورت سری ببندیم، و به منبع ولتاژ متناوب سینوسی وصل کنیم، جریانی از مدار عبور می‌کند که دامنه آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

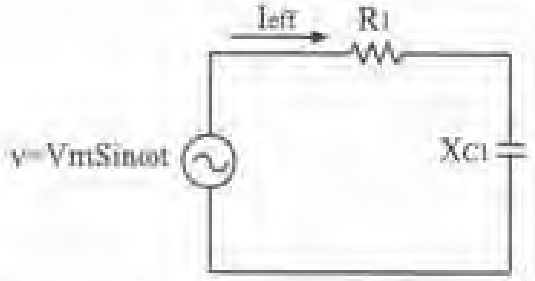
$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{z}$$

اگر یک مدار الکتریکی شامل مقاومت اهمی (R)، راکتانس سلفی (X_L) یا راکتانس خازنی (X_C) را با ولتاژ متناوب سینوسی تغذیه کنیم، مقاومتی را که این مدار از خود نشان می‌دهد امپدانس می‌گویند و با حرف z مشخص می‌کنند. واحد امپدانس اهم است. امپدانس می‌تواند خازنی، سلفی، یا ترکیبی از R، L و C باشد.

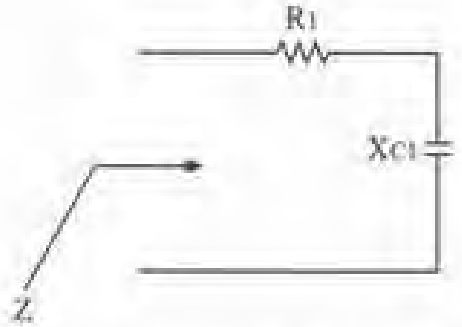
در یک مدار RC سری، مقدار z از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad (\Omega)$$

در این مدار متناسب با تصاویر R و C، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ می‌تواند بین صفر تا ۹۰ درجه تغییر کند. مقدار دقیق اختلاف فاز بستگی به مقدار R و X_C دارد.



شکل ۴۴ـ۲ـ جریان در یک مدار سری شامل R و X_C، از رابطه $I = \frac{V}{z}$ به‌دست می‌آید.



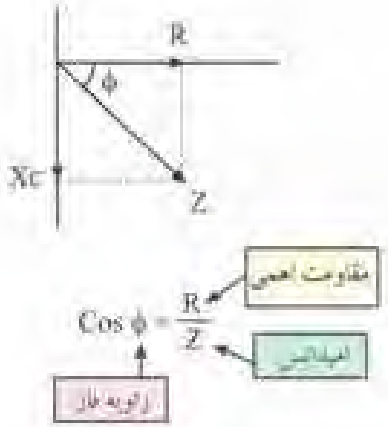
شکل ۴۵ـ۲ـ در یک مدار شامل R و X_C، امپدانس از رابطه $z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ به‌دست می‌آید.

مقادیر R، X_C و Z را مانند شکل (۴۶ـ۲) می‌توان به صورت برداری نیز نشان داد.

در شکل (۴۶ـ۲)، ϕ (فی) اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ مدار است و مقدار آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$\cos\phi = \frac{R}{Z}$$

$$\phi = \cos^{-1}\left(\frac{R}{Z}\right)$$



شکل ۴۶ـ۲ـ نمایش برداری امپدانس

در مدارهای RC سری، ولتاژ دو سر هریک از عناصر مدار از روابط زیر به‌دست می‌آید:

ولتاژ دو سر مقاومت اهمی $V_R = I.R$

ولتاژ دو سر خازن $V_C = I.X_C$

ولتاژ کل مدار $V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$

مثال: در شکل (۴۷ـ۲)، جریان مؤثر مدار و اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ را به‌دست آورید.

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z}$$

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{۱۰۰}{۱/۴۱} = ۷۰/۷ \text{ ولت}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{۱۰^2 + ۱۰^2} = \sqrt{۲۰۰} = ۱۴/۱۴\Omega$$

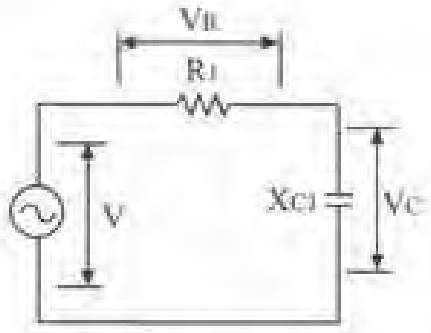
$$I_{eff} = \frac{۷۰/۷}{۱۴/۱۴} = ۵A$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{۱۰}{۱۴/۱۴} = ۰/۷$$

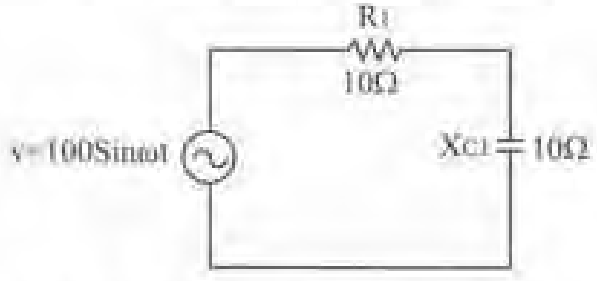
با استفاده از جدولی مثلثاتی $\phi = ۴۵^\circ$

اگر یک مقاومت اهمی و یک خازن را به‌صورت موازی به یک‌دیگر ببندیم، امپدانس مدار از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\frac{۱}{Z^2} = \frac{۱}{R^2} + \frac{۱}{X_C^2}$$



شکل ۴۷ـ۲ـ جمع برداری V_R و V_C برابر ولتاژ منبع است.



شکل ۴۸ـ۲ـ تغییرات R و یا C در مدار، باعث تغییر جریان و افت ولتاژ دو سر عناصر خواهد شد.

جریان مؤثر کل مدار نیز از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z}$$

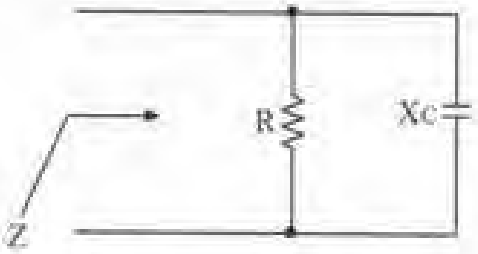
در یک مدار RC موازی، روابط زیر نیز برقرارند.

$$I_R = \frac{V}{R} \quad و \quad I_C = \frac{V}{X_C}$$

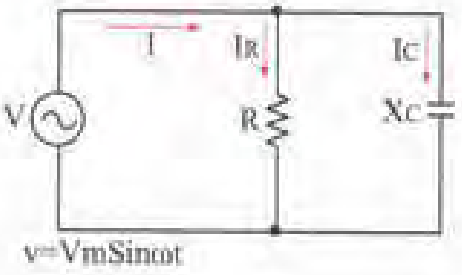
$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

$$\cos\varphi = \frac{Z}{R}$$

یا استفاده از جدول مثلثاتی مقدار φ قابل محاسبه است.



شکل ۴۹ـ۲ـ در مدار RC موازی امپدانس مدار از رابطه $\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}$ بدست می‌آید.



شکل ۵۰ـ۲ـ جریان در مدار RC موازی از رابطه $I = \frac{V}{Z}$ بدست می‌آید.

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

۱۰ـ۲ـ آزمایش شماره (۴) مدار RC سری و موازی

۱ـ۱۰ـ۲ـ هدف‌های آزمایش

الف ـ به‌دست آوردن امپدانس یک مدار RC سری و تحقیق رابطه $V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$.

ب ـ به‌دست آوردن امپدانس یک مدار RC موازی.

۲ـ۱۰ـ۲ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک مدار RC سری را با استفاده از یک مقاومت اهمی و یک خازن می‌بندید. سپس امپدانس مدارRC سری را با استفاده از رابطه $z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ به‌دست می‌آورید و با استفاده از ولت‌متر، آمپرمتر AC، امپدانس مدار را به‌کمک رابطه $z = \frac{V}{I}$ اندازه می‌گیرید و نتیجه را با مقدار به‌دست آمده مقایسه می‌کنید. در عمل ممکن است این دو مقدار کمی با یک‌دیگر تفاوت داشته باشند. دلیل این تفاوت مربوط به درصد تولرانس ظرفیت خازن و مقاومت اهمی مدار است. هم‌چنین با اندازه‌گیری ولتاژ دو سر عناصر R و C و ولتاژ کل (V)، درستی رابطه‌ی $V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$ را تجربه خواهید کرد.

در قسمت دوم این آزمایش، به جای مدار RC سری، مدار RC موازی را می‌بندید و مقدار امپدانس را با استفاده از رابطه $z = \frac{V}{I}$ اندازه می‌گیرید. سپس نتیجه به‌دست آمده را با تعداد z که از رابطه $\frac{1}{z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}$ به‌دست می‌آید مقایسه می‌کنید.

۳ـ۱۰ـ۲ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
آوومتر دیجیتالی	دو دستگاه
خازن ۱۰μF ۲۵ ولت	یک عدد
مقاومت ۳/۳kΩ	یک عدد
ترانسفورماتور ۲۲۰/۱۲۷ / ۲A	یک عدد
سیم رابط دو سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	شش رشته
سیم رابط یک سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	چهار رشته

۴ـ۱۰ـ۲ـ مراحل اجرای آزمایش

موضوع الف: به‌دست آوردن امپدانس یک مدار RC سری و تحقیق رابطه $V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$.

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۵۱ـ۲) را ببندید.
- کلید سلکتور آوومتری را که به‌عنوان ولت‌متر به‌کار برده‌اید، در حالت AUTO و یا رنج ۲۰ ولت قرار دهید. کلید DC/AC را در حالت AC بگذارید.
- کلید سلکتور آوومتری را که به عنوان میلی‌آمپرمتر AC به‌کار برده‌اید روی ۲۰۰mA قرار دهید و کلید DC/AC را روی حالت AC بگذارید.
- اولیه ترانسفورماتور را با احتیاط به ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل کنید.
- مقدار ولتاژی را که ولت‌متر و جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد در جدول زیر یادداشت کنید:

V	=	مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.
mA	=	مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد.

- با استفاده از مقادیر ولتاژ و جریان امپدانس را محاسبه کنید.

امپدانس مدار: $z = \frac{V\ (\text{ولت})}{I\ (\text{آمپر})} = \text{_____} = \Omega$ $\boxed{z = \quad \Omega}$

$$X_C = \frac{1}{2\pi.f.C} = \frac{1}{2\times 3/14\times 50\times C} = \frac{1}{314C}$$

$\boxed{X_C = \quad \Omega}$

$R = \quad \Omega$

$$z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{(\ )^2 + (\ )^2} = \sqrt{\ } = \quad \Omega$$

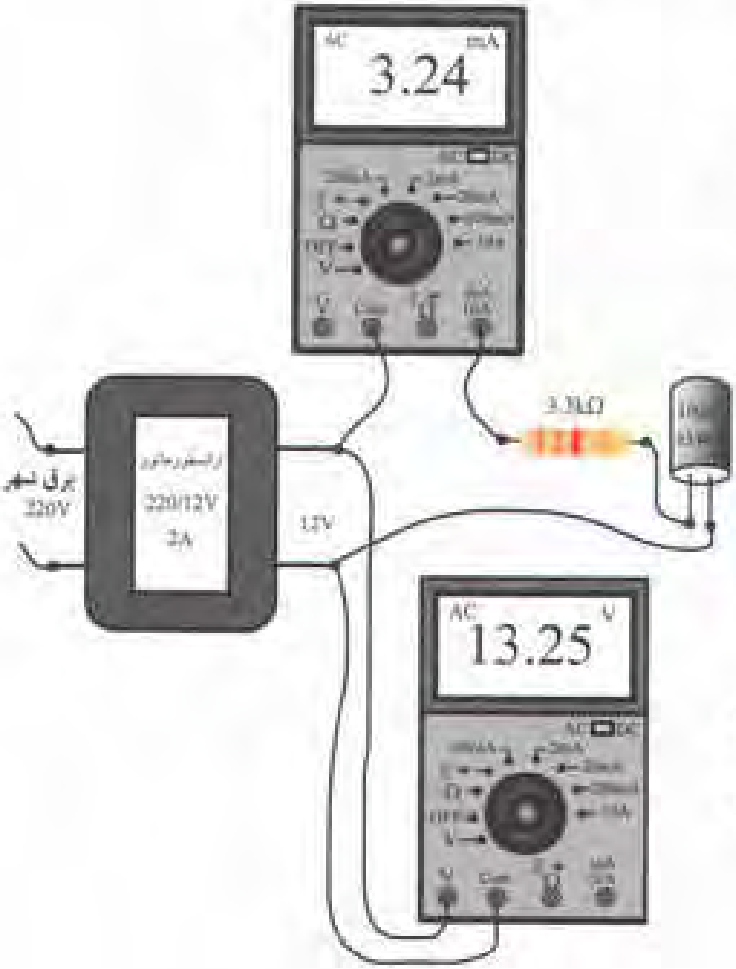
$\boxed{z = \quad \Omega}$

سؤال: آیا مقدار z اندازه‌گیری شده با مقدار z که از طریق محاسبه ریاضی به‌دست آمده است تقریباً با هم برابرند؟ توضیح دهید.

_____

_____

_____



شکل ۵۱ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

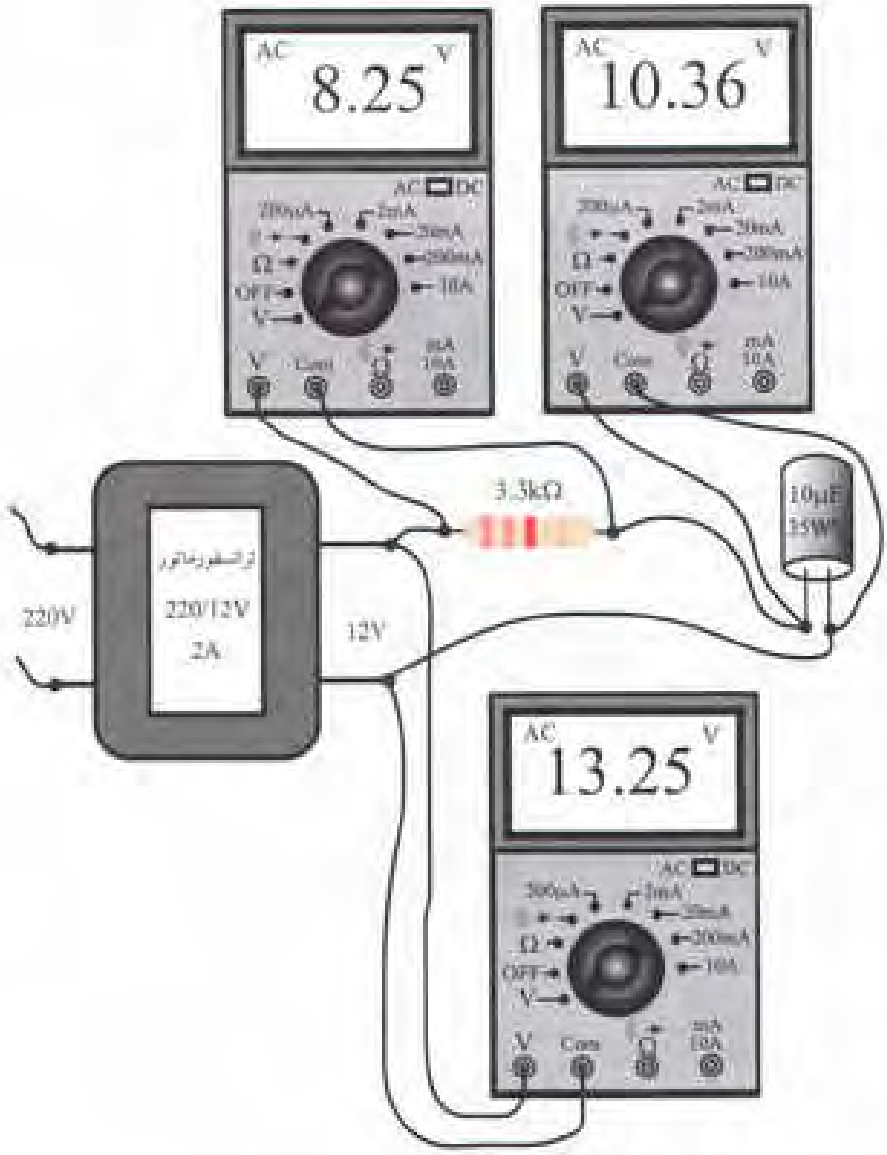
در صورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۹ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ مدار شکل (۵۲ـ۲) را ببندید.

■ هر دو آوومتر را در حالت ولت‌متر AC بگذارید.

■ اولیه ترانسفورماتور را با احتیاط به برق شهر (۲۲۰ ولت) وصل کنید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت‌مترهای AC نشان می‌دهند یادداشت کنید.



شکل ۵۲ ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

■ یکی از ولت‌متر‌ها را از مدار جدا کنید و با آن ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور را اندازه بگیرید.

■ مقادیر V_R و V_C را در رابطه زیر قرار دهید و مقدار V را محاسبه کنید.

$$\boxed{\text{ولتاژ ورودی}} \Rightarrow V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} = \sqrt{(\quad)^2 + (\quad)^2}$$

$$= \sqrt{\quad} = \quad V \qquad \boxed{V = \quad V}$$

سؤال ۲: آیا مقدار V محاسبه شده با مقدار V اندازه‌گیری شده در دو سر ثانویه ترانسفورماتور تقریباً برابر است؟ توضیح دهید.

_____

_____

_____

V_R = V ⇒ ولت‌متری که به دو سر مقاومت اهمی وصل است.
V_C = V ⇒ ولت‌متری که به دو سر خازن وصل است.
U = V ⇒ ولت‌متری که به ثانویه ترانسفورماتور وصل است.

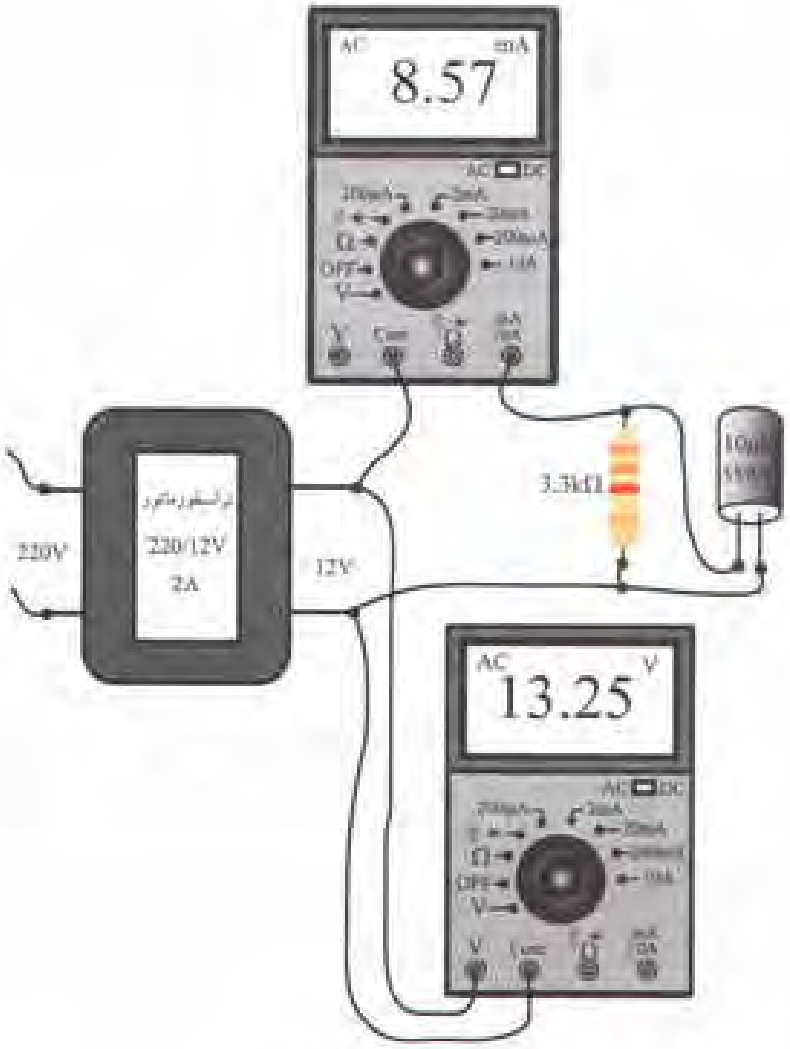
در صورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۹ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

موضوع ب: امپدانس یک مدار RC موازی

■ مدار شکل (۵۳ـ۲) را ببندید.

■ کلید سلکتور آوومتر را که به‌عنوان ولت‌متر به‌کار برده‌اید در حالت AUTO با رنج ۲۰ ولت و کلید AC/DC را در حالت AC قرار دهید.

■ کلید سلکتور آوومتری را که به‌عنوان میلی‌آمپرمتر AC به‌کار برده‌اید روی ۲۰۰mA بگذارید و کلید AC/DC را در حالت AC قرار دهید.



شکل ۵۳ ـ ۲ـ مدار عملی آزمایش

■ اولیه ترانسفورماتور را با احتیاط به ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل کنید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر مقدار جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد در جدول رویه‌رو یادداشت کنید.

V	= مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.
mA	= مقدار جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد.

■ با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده امپدانس مدار را محاسبه کنید.

$$\text{امپدانس مدار}\quad z=\frac{V\ (\text{ولت})}{I\ (\text{آمپر})}=\frac{\qquad}{\qquad}=\qquad \Omega \qquad \boxed{z=\quad \Omega}$$

■ مقدار z را محاسبه کنید.

$$\frac{1}{z^2}=\frac{1}{R^2}+\frac{1}{X_C^2}$$

$$\frac{1}{z^2}=\frac{1}{(\ \ )^2}+\frac{1}{(\ \ )^2} \qquad \boxed{z=\quad k\Omega}$$

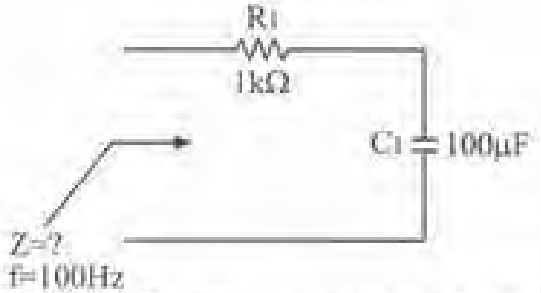
این مقدار را با مقدار z که از طریق اندازه‌گیری ولتاژ و جریان به دست‌آورده‌اید، مقایسه و نتیجه را یادداشت کنید.

خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به‌اختصار شرح دهید.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

آزمون

۱ـ در شکل (۵۴ـ۲) امپدانس مدار را محاسبه کنید.



شکل ۵۲ـ۲ـ امپدانس در مدار RC سری، بستگی به مقدار R و C دارد.

۱۱ـ۲ـ مدار RL سری و موازی

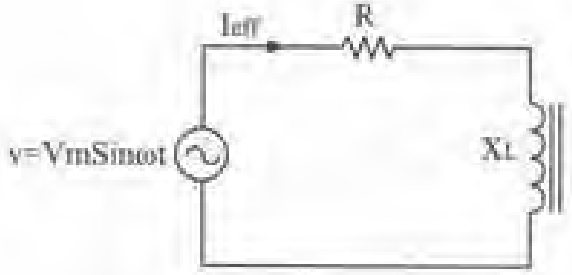
اگر یک سلف و یک مقاومت اهمی را به‌صورت سری به یک‌دیگر اتصال دهیم و سپس به یک منبع ولتاژ متناوب سینوسی به دو سر آن وصل کنیم، مقدار جریان عبوری از مدار از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{z}$$

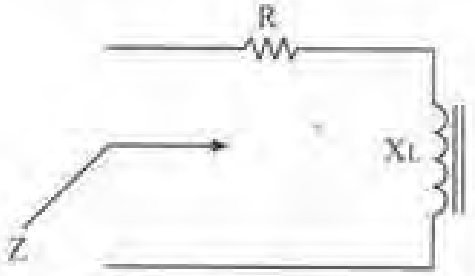
در یک مدار RL سری، مقدار امپدانس مدار از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (\Omega)$$

در یک مدار RL سری، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ بین صفر تا ۹۰ درجه است و مقدار دقیق آن به مقدار R و X_L بستگی دارد.



شکل ۵۵ ـ۲ـ مدار سری RL

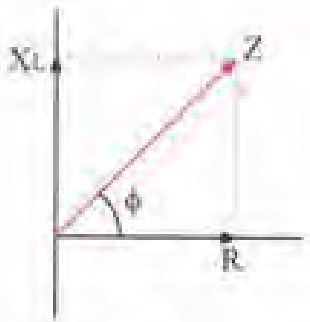


شکل ۵۶ ـ۲ـ رابطه امپدانس در مدار سری RL

مقادیر R، X_L و z را به‌صورت برداری نیز نشان می‌دهند. در شکل (۵۷ـ۲) نمایش برداری I و X_L و z را مشاهده می‌کنید. ϕ (فی) اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ مدار است و مقدار آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\cos\phi = \frac{R}{z}$$

مقدار ϕ با استفاده از جدول مثلثاتی قابل محاسبه است.



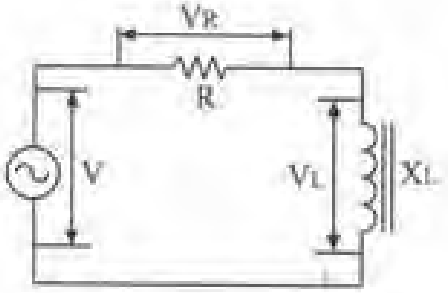
شکل ۵۷ ـ۲ـ نمایش برداری مقاومت اهمی ـ راکتانس سلفی و امپدانس در مدار سری RL

در یک مدار RL سری، ولتاژ دو سر عناصر مدار از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$V_R = I.R$ ولتاژ دو سر مقاومت اهمی

$V_L = I.X_L$ ولتاژ دوسر سلف

$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$ ولتاژ کل مدار



شکل ۵۸ ـ۲ـ ولتاژ منبع V برابر جمع برداری V_R و V_L است.

مثال: جریان مؤثر و اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ مدار را در شکل (۵۹ـ۲) را به‌دست آورید:

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z}$$

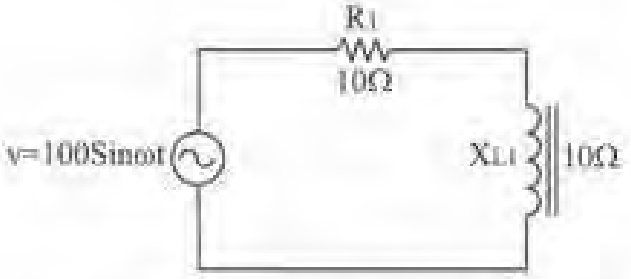
$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 70/7V$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = \sqrt{200} = 14/14\Omega$$

$$I_{eff} = \frac{70/7}{14/14} = 5A$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{10}{14/14} = /7$$

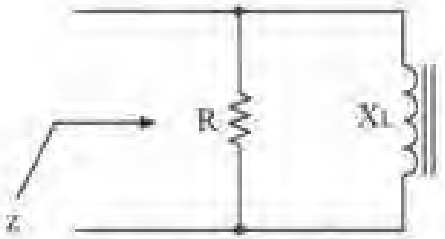
با استفاده از جدول مثلثاتی $\boxed{\phi = 45^\circ}$



شکل ۵۹ـ۲ـ در یک مدار RL سری، مقدار اختلاف فاز بستگی به مقدار X_L و R دارد.

اگر یک مقاومت اهمی و یک سلف را به‌صورت موازی به یک‌دیگر وصل کنیم، امپدانس مدار از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}$$



شکل ۶۰ـ۲ـ در یک مدار RL موازی، امپدانس از رابطه $\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}$ به دست می‌آید.

جریان مؤثر کل مدار از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z}$$

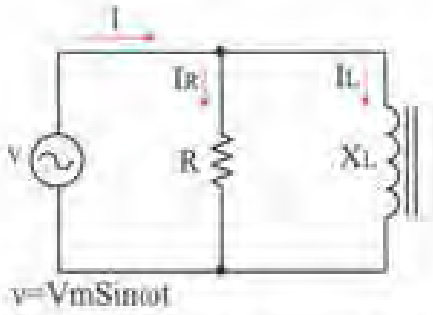
در یک مدار RL موازی، روابط زیر برقرارند.

$$I_R = \frac{V}{R} \quad , \quad I = \frac{V}{X_L}$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

$$\cos\varphi = \frac{I_R}{I}$$

مقدار φ را می‌توان با استفاده از جدول مثلثاتی به‌دست آورد.



شکل ۶۱ـ۲ـ قانون جریان کرشهف در مدارهای متناوب نیز صادق است. چون در مدار سلف وجود دارد و لذا به ∑ی جمع جبری از جمع برداری استفاده می‌شود.

۱۲ـ۲ـ آزمایش شماره (۵) مدار RL سری و موازی

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

۱ـ۱۲ـ۱ـ هدف‌های آزمایش

الف ـ به‌دست آوردن امپدانس یک مدار RL سری و تحقیق درستی رابطه‌ی $V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$.

ب ـ به دست آوردن امپدانس یک مدار RL موازی.

۲ـ۱۲ـ۱ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما ابتدا یک مدار RL سری را با استفاده از یک مقاومت اهمی و یک سلف می‌بندید. همچنین امپدانس مدار RL سری را از رابطه $z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ به دست می‌آورید. ضمناً با استفاده از ولت‌متر و آمپرمتر AC، امپدانس مدار را از رابطه $z = \frac{V}{I}$ محاسبه کنید و این مقدار را با مقدار به‌دست آمده از تئوری مقایسه می‌کنید. در عمل ممکن است این دو مقدار کمی با یک‌دیگر تفاوت داشته باشند که دلیل تفاوت آن مربوط به درصد تولرانس ضریب خودالقایی سلف و مقاومت اهمی است. همچنین با اندازه‌گیری ولتاژ دو سر عناصر (R و L) و ولتاژ کل (V)، درستی رابطه $V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$ را تجربه خواهید کرد.

در قسمت دوم این آزمایش به جای مدار RL سری، مدار RL موازی را می‌بندید و مقدار امپدانس آن را با استفاده از رابطه $z = \frac{V}{I}$ به‌دست می‌آورید و این مقدار را با مقدار z که از رابطه $\frac{1}{z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}$ به‌دست می‌آید مقایسه کنید.

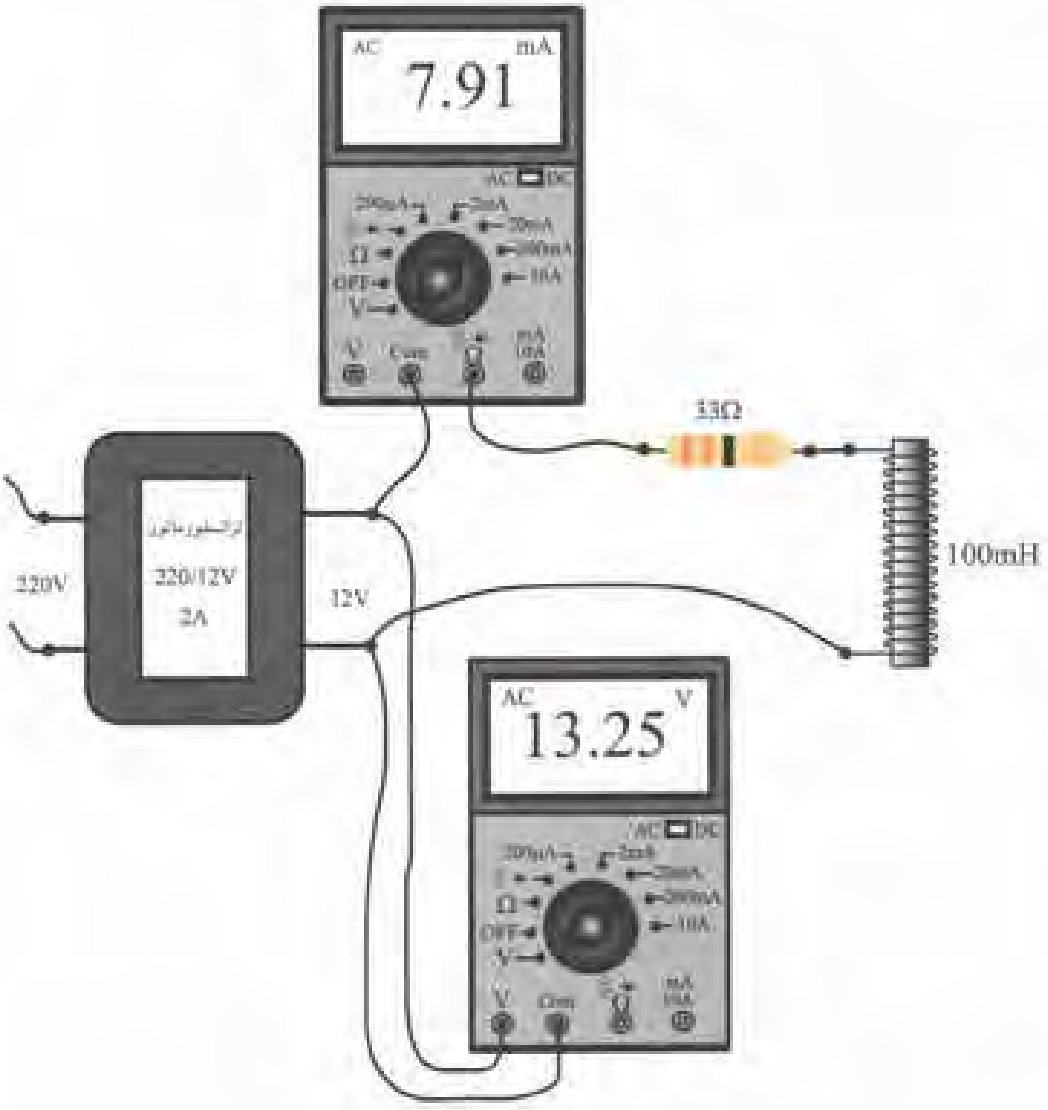
۳ـ۱۲ـ۲ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ آومتر دیجیتالی	دو دستگاه
۲ـ سلف ۱۰۰ میلی‌هانری	یک عدد
۳ـ مقاومت ۳۳ Ω	یک عدد
۴ـ ترانسفورماتور ۲۲۰/۱۲۷/۲۸	یک عدد
۵ـ سیم رابط دو سر گیره سوسماری	شش رشته
۶ـ سیم رابط یک سر گیره سوسماری	دو رشته

۴ـ۱۲ـ۲ـ مراحل اجرای آزمایش

موضوع الف: به‌دست آوردن امپدانس یک مدار RL سری و تحقیق رابطه $U = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۶۴ـ۲) را ببندید.



شکل ۶۲ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

■ کلید سلکتور آوومتری که به‌عنوان ولت‌متر به‌کار برده‌اید را در حالت AUTO یا رنج ۲۰ ولت و کلید AC/DC را در حالت AC قرار دهید.

■ کلید سلکتور آوومتری که به‌عنوان میلی‌آمپرمتر AC به‌کار برده‌اید را روی ۲۰mA و کلید AC/DC را درحالت AC قرار دهید.

■ اولیه ترانسفورماتور را با احتیاط به ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل کنید.

■ مقدار ولتاژی که ولت‌متر و هم‌چنین مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد را یادداشت کنید.

V	= مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.
mA	= مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد.

$$\text{امپدانس مدار}\quad Z=\frac{V\ (\text{ولت})}{I\ (\text{آمپر})}=\frac{\qquad}{\qquad}=\qquad \Omega$$

$$X_L=L\cdot 2\pi f=۳/۱۴\times L=۳/۱۴\times \qquad =\qquad \Omega$$

$$R=\qquad \Omega$$

$$Z=\sqrt{R^2+X_L^2}=\sqrt{(\quad)^2+(\quad)^2}=\sqrt{\quad}=\qquad \Omega$$

سؤال ۱: آیا مقدار z به‌دست آمده از اندازه‌گیری با مقدار z حاصل از محاسبه ریاضی تقریباً برابرند؟ توضیح دهید.

_____

_____

_____

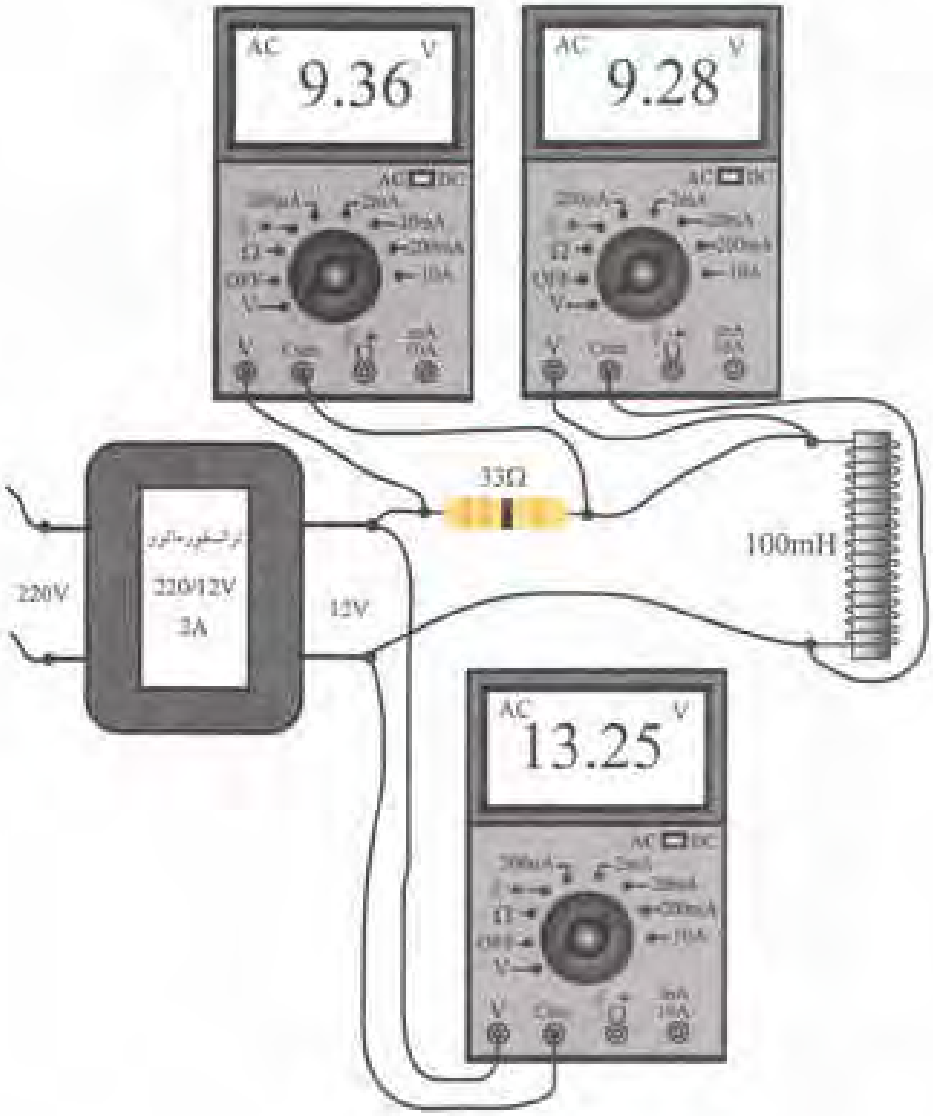
در صورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۱ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ مدار شکل (۶۳ـ۲) را ببندید.

■ هر دو آوومتر را در حالت ولت‌متر AC قرار دهید.

■ اولیه ترانسفورماتور را با احتیاط به برق ۲۲۰ ولت وصل کنید.

■ مقدار ولتاژی که ولت‌مترهای AC نشان می‌دهند را یادداشت کنید.



شکل ۶۳ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

■ یکی از ولت‌متر‌ها را از مدار جدا کنید و با آن ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_R = ۷	ولت متری که به دو سر مقاومت اهمی وصل است.
V_L = ۷	ولت متری که به دو سر سلف وصل است.
V = ۷	ولت متری که به دو سر ثانویه ترانسفورماتور وصل است.

سؤال ۲: آیا مقدار V به دست آمده از طریق محاسبه با مقدار V اندازه‌گیری شده (ولتاژ دو سر ثانویه ترانسفورماتور) تقریباً برابر است؟ توضیح دهید.

_____

_____

_____

$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} = \sqrt{(\quad)^2 + (\quad)^2} = \sqrt{\quad} = \quad V$

$V = \quad V$

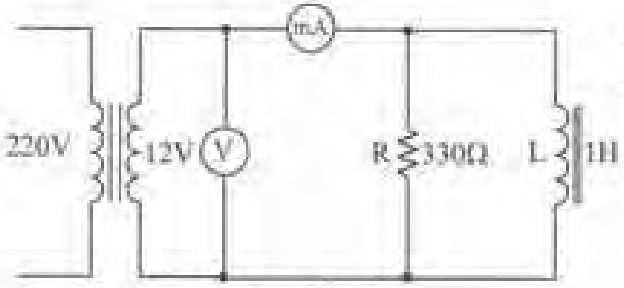
در صورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۱ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

موضوع ب: به دست آوردن امپدانس یک مدار RL موازی

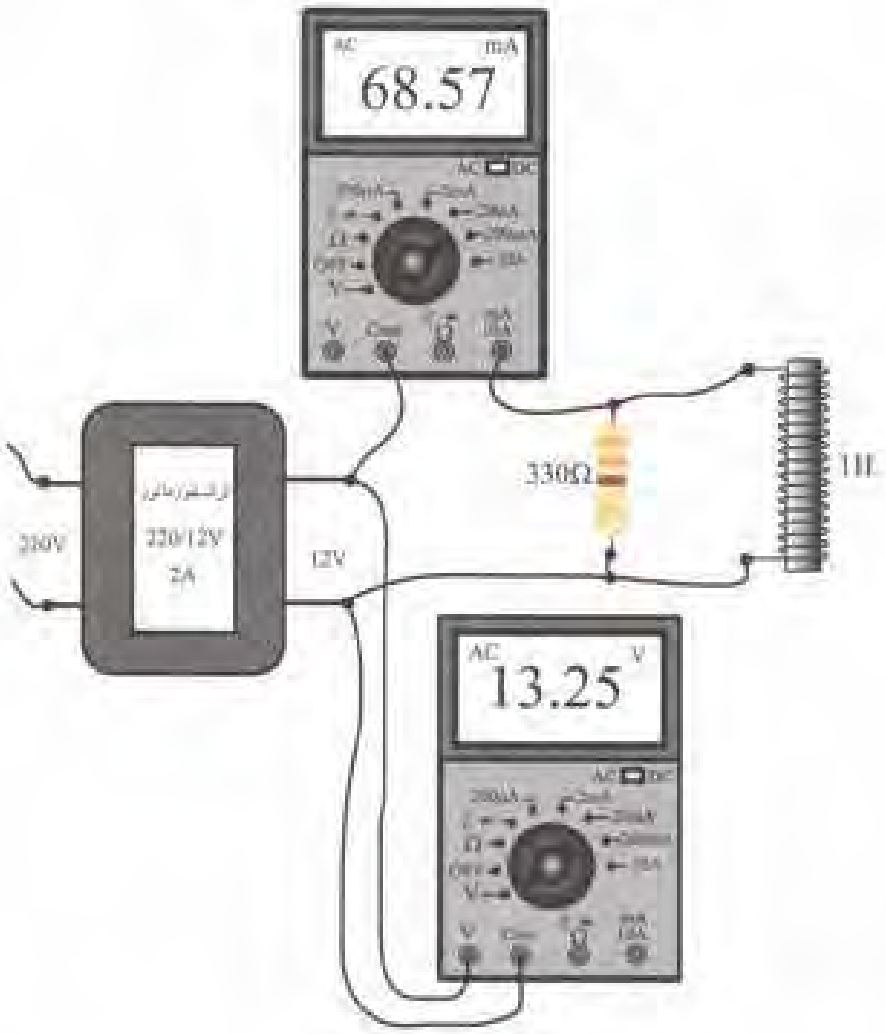
■ مدار شکل (۶۴ـ۲) را ببندید.

■ کلید سلکتور آوومتری که به عنوان ولت‌متر به کار برده‌اید را در حالت AUTO یا رنج ۲۰ ولت و کلید AC/DC آن را در حالت AC قرار دهید.

■ کلید سلکتور آوومتری که به‌عنوان میلی‌آمپرمتر AC به‌کار برده‌اید را روی ۲۰۰mA بگذارید و کلید AC/DC را در حالت AC قرار دهید.



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

شکل ۶۴ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

■ اولیه ترانسفورماتور را با احتیاط به ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل کنید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر و مقدار جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

V	= مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.
mA	= مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد.

$$\text{امپدانس مدار } z = \frac{V\ (\text{ولت})}{I\ (\text{آمپر})} = \text{———} = \Omega \qquad \boxed{z = \quad \Omega}$$

مقدار z را از طریق محاسبه به‌دست آورید

$$\frac{1}{z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}$$

$$\frac{1}{z^2} = \frac{1}{(\ )^2} + \frac{1}{(\ )^2} \qquad \boxed{z = \quad \Omega}$$

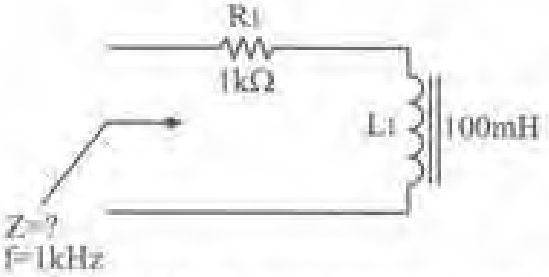
مقدار z را که از طریق روابط ریاضی محاسبه کرده‌اید با مقدار z به دست آمده و از روش اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مقایسه کنید و نتیجه مقایسه را بنویسید.

خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

آزمون

۱ـ در شکل (۶۵ـ۲) امپدانس مدار را محاسبه کنید.



شکل ۶۵ ـ۲ـ امپدانس در یک مدار RL بستگی به مقدار R و L دارد.

۱۳ـ۲ـ مدار LC سری و موازی

اگر یک سلف ایده‌آل[1] را با یک خازن به صورت سری به یک‌دیگر اتصال دهید و به یک منبع ولتاژ متناوب وصل کنید، جریانی از مدار عبور می‌کند که مقدار مؤثر آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{z}$$

مقدار z (امپدانس کل مدار) از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$z = |X_C - X_L|$$

می‌خوانیم z **مساوی قدرمطلق** $X_C - X_L$ **است.**

در مدار LC سری، جریان سلف و خازن با یک‌دیگر برابر است، لذا می‌توانیم ولتاژ دو سر سلف و خازن را به‌صورت زیر بنویسیم:

$$V_L = I_{eff} . X_L \quad \text{(مؤثر)}$$

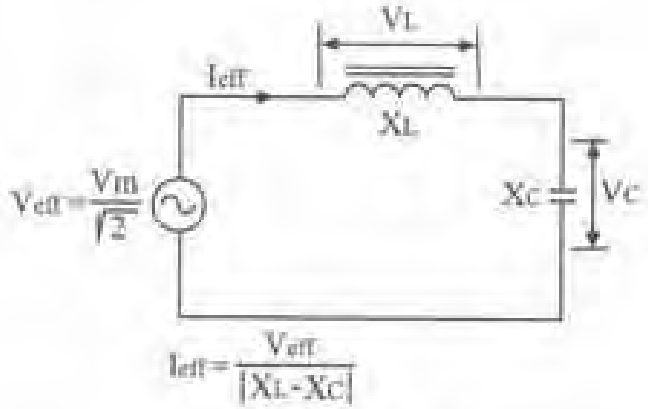
$$V_C = I_{eff} . X_C \quad \text{(مؤثر)}$$

$$V = |V_L - V_C| \quad \text{کل}$$

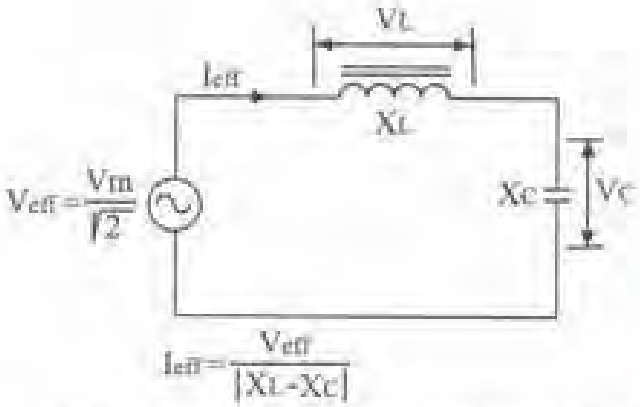
اگر یک سلف و یک خازن را به‌صورت موازی ببندیم و مجموعه را به یک منبع ولتاژ متناوب سینوسی متصل کنیم، مقدار مؤثر جریانی که از مدار می‌گذرد از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{z}$$

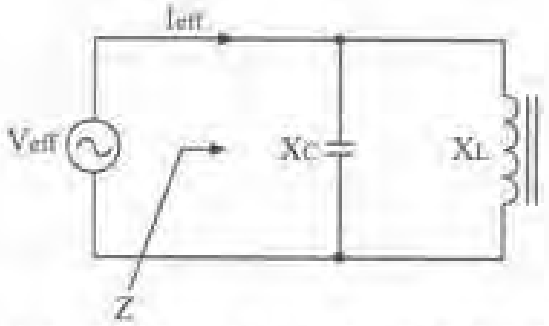
$$z = \frac{X_L . X_C}{|X_L - X_C|}$$



شکل ۶۶ـ۲ـ مدار LC سری



شکل ۶۷ـ۲ـ ولتاژ منبع برابر جمع برداری ولتاژ دو سر سلف و خازن است.



شکل ۶۸ـ۲ـ امپدانس در یک مدار LC موازی از رابطه $z = \frac{X_L . X_C}{|X_L - X_C|}$ به دست می‌آید.

۱ـ سلفی که در آن از مقاومت اهمی سیم‌پیچ صرف‌نظر شده باشد.

توجه داشته باشید که در عمل، مدار LC (سری یا موازی) خالص وجود ندارد. زیرا هر نوع سلفی حتماً دارای یک مقاومت اهمی مربوط به سیم‌پیچ است. لذا مدار خالص LC سری یا موازی صرفاً به لحاظ نظری و تئوری توجیه‌پذیر و برای تحلیل تقریبی در مدارها به‌کار می‌رود، اما در عمل مصداق ندارد.

۱۴ـ۲ـ مدار RLC سری و موازی

اگر یک مقاومت اهمی، یک سلف و یک خازن را به‌صورت سری به یک‌دیگر وصل کنیم و سپس این مدار را به یک منبع جریان متناوب سینوسی اتصال دهیم، عبور مقدار مؤثر جریانی که از مدار می‌گذرد از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{z}$$

در یک مدار RLC سری، مقدار z (امپدانس) از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (\Omega)$$

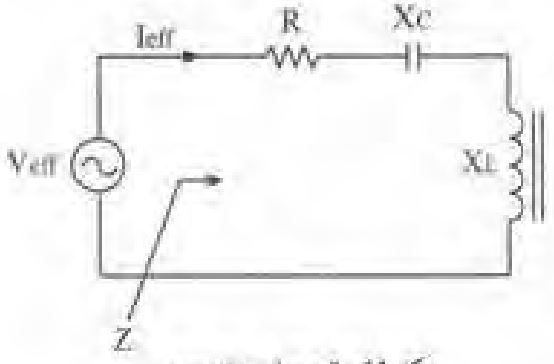
در مدار RLC سری، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ بین صفر تا ۹۰ درجه می‌تواند تغییر کند. مقدار دقیق اختلاف فاز به مقادیر R و X_C و X_L بستگی دارد.

مقادیر R و X_L و X_C و Z را به‌صورت بردارهایی نیز نشان می‌دهند (شکل ۷۰ـ۲).

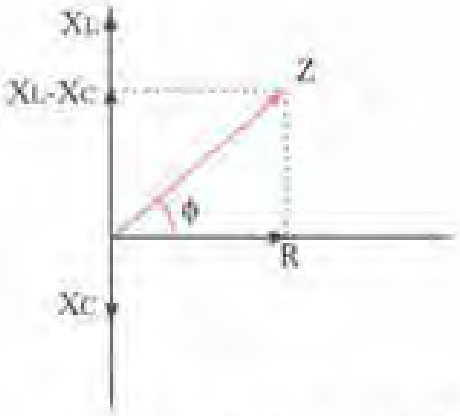
در شکل (۷۰ـ۲) ϕ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ است و مقدار آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$\cos\phi = \frac{R}{z}$$

مقدار ϕ را با استفاده از جدول مثلثاتی می‌توان به‌دست آورد.



شکل ۶۹ـ۲ـ مدار RLC سری

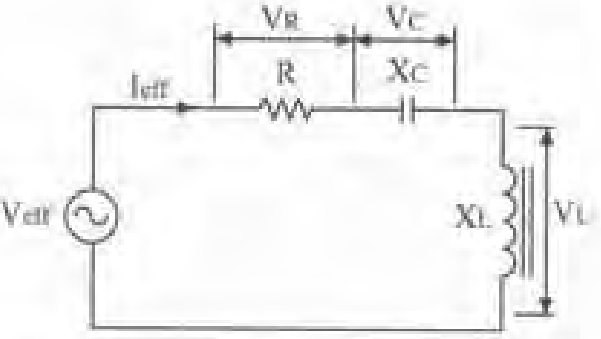


شکل ۷۰ـ۲ـ نمایش برداری امپدانس‌ها در یک مدار RLC سری

در یک مدار RLC سری، ولتاژ دو سر عناصر مدار از روابط زیر به‌دست می‌آید.

$$V_R = I_e . R$$
$$V_L = I_e . X_L$$
$$V_C = I_e . X_C$$

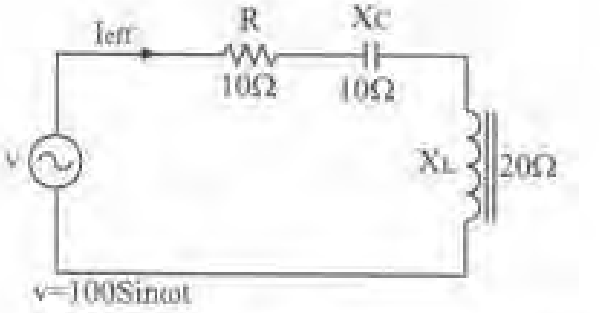
ولتاژ کل مدار $V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$



شکل ۷۱ـ۲ـ در مدار RLC سری ولتاژ کل از رابطه $V_{eff} = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$ به‌دست می‌آید.

مثال: در شکل (۷۲ـ۲) جریان مؤثر مدار را به‌دست آورید:

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{z}$$
$$z = \sqrt{(10)^2 + (20 - 10)^2} = \sqrt{200} = 14/14\Omega$$
$$V_{eff} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 70/7(V)$$
$$I_{eff} = \frac{70/7}{14/14} = 5A$$



شکل ۷۲ـ۲ـ جریان در مدار RLC سری از رابطه $I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z}$ به دست می‌آید.

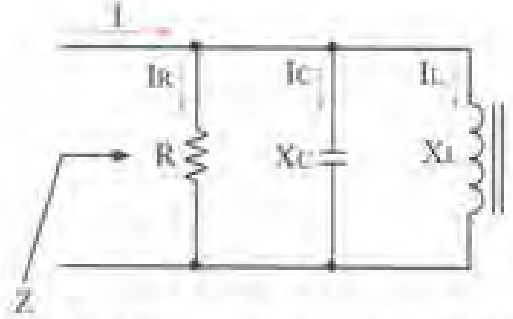
اگر مقاومت اهمی، سلف و خازن را به‌صورت موازی به یک‌دیگر وصل کنیم و سپس مجموعه را به یک منبع جریان متناوب اتصال دهیم، جریان کل مدار از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{z}$$

مقدار z (امپدانس مدار) از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\frac{1}{z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{|X_L - X_C|^2}$$

در یک مدار RLC موازی، روابط مقابل نیز برقرارند:



شکل ۷۳ـ۲ـ امپدانس در یک مدار RLC موازی از رابطه $\frac{1}{z} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{|X_L - X_C|^2}$ به‌دست می‌آید.

$$I_R = \frac{V}{R}$$
$$I_L = \frac{V}{X_L}$$
$$I_C = \frac{V}{X_C}$$
$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$
$$\cos\phi = \frac{z}{R}$$

مقدار ϕ از جدول مثلثاتی به‌دست می‌آید.

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

۱۵ـ۲ـ آزمایش شماره (۶) مدار RLC سری و موازی

۱ـ۱۵ـ۲ـ هدف‌های آزمایش

الف ـ به‌دست آوردن امپدانس یک مدار RLC سری.

ب ـ به‌دست آوردن امپدانس یک مدار RLC موازی.

۲ـ۱۵ـ۲ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما ابتدا یک مدار RLC سری با استفاده از یک مقاومت اهمی، یک سلف و یک خازن می‌بندید. همچنین امپدانس مدار را با استفاده از رابطه $z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ به‌دست می‌آورید. سپس با استفاده از ولت‌متر و آمپرمتر AC امپدانس مدار را از رابطه $z = \frac{V}{I}$ محاسبه می‌کنید. در نهایت این مقدار را با مقدار به‌دست آمده مقایسه می‌کنید.

در قسمت دوم آزمایش به‌جای مدار RLC سری، مدار RLC موازی را می‌بندید و امپدانس آن را با اندازه‌گیری ولتاژ کل مدار و جریان کل مدار و رابطه $z = \frac{V}{I}$ به‌دست می‌آورید. سپس مقادیر را با مقدار z که از رابطه $\frac{1}{z^2} = \frac{1}{R^2} + (\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L})^2$ به‌دست می‌آید مقایسه می‌کنید.

۳ـ۱۵ـ۲ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز

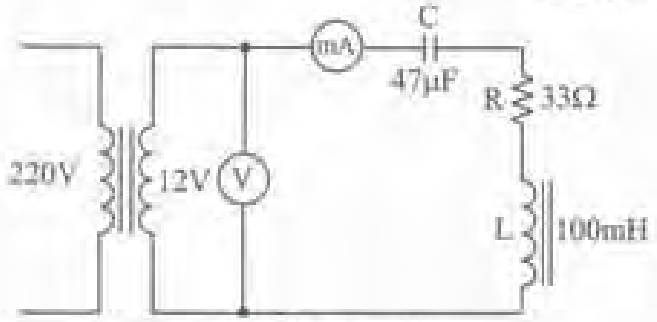
نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ آوومتر دیجیتالی	دو دستگاه
۲ـ خازن ۴۷ میکروفاراد ۲۵ ولت	یک عدد
۳ـ مقاومت ۴۷ Ω	یک عدد
۴ـ سلف ۱۰۰ میلی‌هانری	یک عدد
۵ـ سیم رابط دو سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	شش رشته
۶ـ سیم رابط یک سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	دو رشته
۷ـ ترانسفورماتور ۲۲۰/۱۲۷/۲۸	یک عدد

۴ـ۱۵ـ۲ـ مراحل اجرای آزمایش

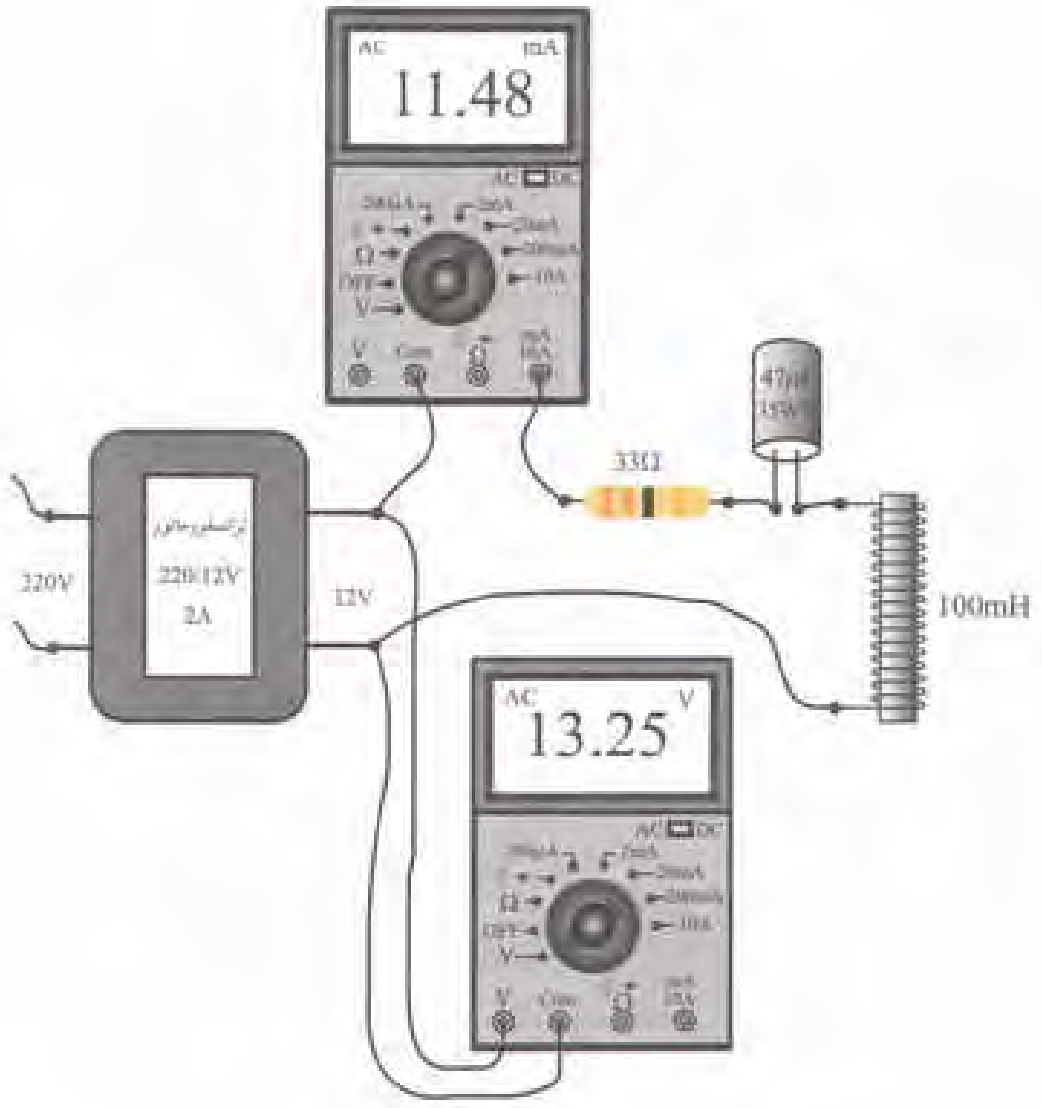
موضوع الف: به‌دست آوردن امپدانس یک مدار RLC

سری:

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۷۴ـ۲) را ببندید.



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

شکل ۷۴ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

■ کلید سلکتور آووِمتری را که به عنوان ولت‌متر به‌کار برده‌اید در حالت AUTO با رنج ۲۰V و کلید AC/DC را در حالت AC قرار دهید.

■ کلید سلکتور آووِمتری را که به عنوان میلی‌آمپرمتر AC به‌کار برده‌اید روی ۲۰۰mA بگذارید و کلید AC/DC را در حالت AC قرار دهید.

■ اولیه ترانسفورماتور را با احتیاط به ولتاژ ۲۲۰V وصل کنید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر و مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد در جدول روبه‌رو یادداشت کنید:

V	= مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.
mA	= مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد.

■ با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده مقدار امپدانس مدار را محاسبه کنید.

$$\text{امپدانس مدار} = Z = \frac{V\ (\text{ولت})}{I\ (\text{آمپر})} = \frac{\quad}{\quad} = \quad \Omega$$

$Z = \ldots\ldots\ldots \Omega$

■ مقدار X_C و X_L را با استفاده از روابط مربوطه محاسبه کنید.

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{314 \times c} = \quad \Omega$$

$X_C = \ldots\ldots\ldots \Omega$

$$X_L = L.2\pi f = 314 \times L = 314 \times \quad = \quad \Omega$$

$X_L = \ldots\ldots\ldots \Omega$

■ مقدار Z را با استفاده از مقادیر X_L و X_C محاسبه کنید.

$R = \quad \Omega$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} \quad \sqrt{(\quad)^2 + (\quad - \quad)^2} = \sqrt{\quad} = \quad \Omega$$

$Z = \ldots\ldots\ldots$

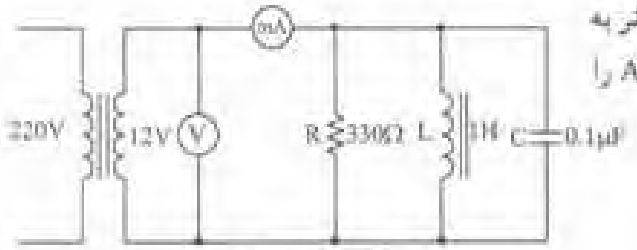
سؤال : آیا مقدار z اندازه‌گیری شده با مقدار z محاسبه شده تقریباً برابرند؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید دانستید به قسمت (۱۲ـ۲) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

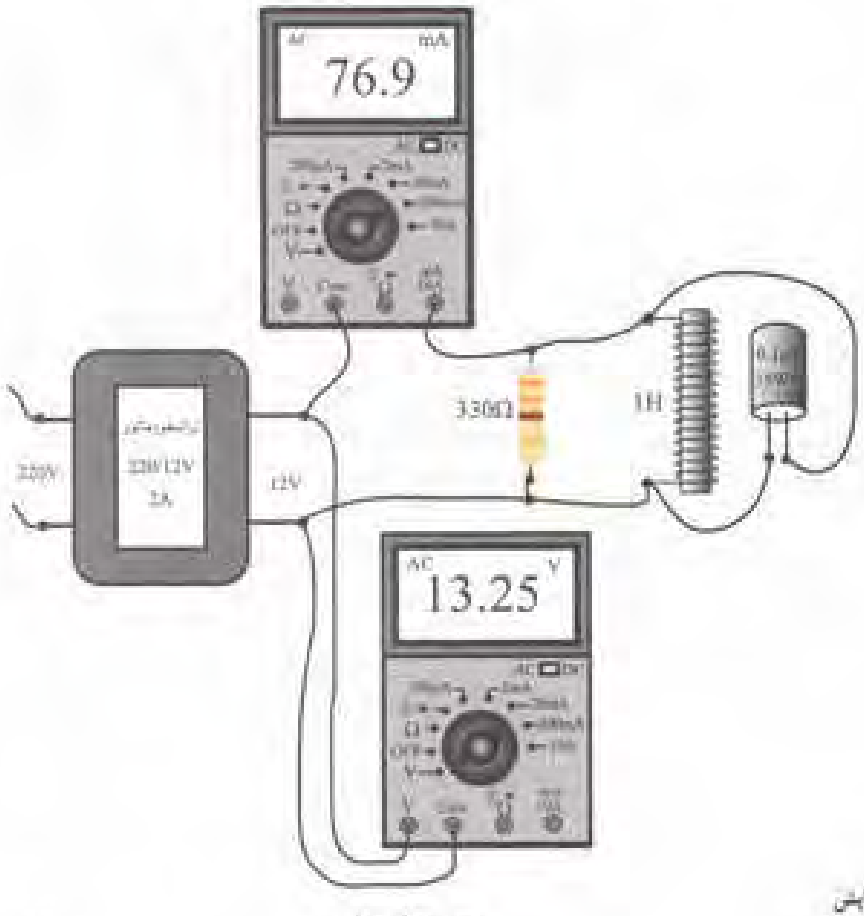
موضوع بپ: به‌دست آوردن امپدانس یک مدار RL موازی

■ مدار شکل (۷۵ـ۲) را ببندید.

■ کلید سلکتور آوومتری را که به عنوان ولت‌متر به کار برده‌اید در حالت AUTO یا رنج ۲۰V و کلید AC/DC را در حالت AC قرار دهید.



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

شکل ۷۵ـ۲ـ مدار عملی آزمایش

■ کلید سلکتور آوومتری که به عنوان میلی‌آمپرمتر AC به کار برده‌اید را روی ۲۰۰mA قرار داده و کلید AC/DC را در حالت AC بگذارید.

■ اولیه ترانسفورماتور را با احتیاط به ولتاژ ۲۲۰V وصل کنید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر و مقدار جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد در جدول روبه‌رو یادداشت کنید.

V	=	مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.
mA	=	مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد.

■ با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده مقدار امپدانس Z را محاسبه کنید.

$$\text{امپدانس مدار } z = \frac{V\ (\text{ولت})}{I\ (\text{آمپر})} = \text{\_\_\_\_\_} = \Omega$$

$$\boxed{Z = \ldots\ldots\ldots\Omega}$$

■ مقدار z را با استفاده از روابط ریاضی به‌دست آورید:

$$\frac{1}{z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}$$

$$\frac{1}{z^2} = \frac{1}{(\ \ )^2} + \frac{1}{(\ \ )^2} \qquad \boxed{Z = \ldots\ldots\ldots\Omega}$$

مقدار z را که از طریق روابط ریاضی به‌دست آورده‌اید با مقدار z که از طریق اندازه‌گیری ولتاژ و جریان به دست‌آمده است مقایسه کنید؟ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

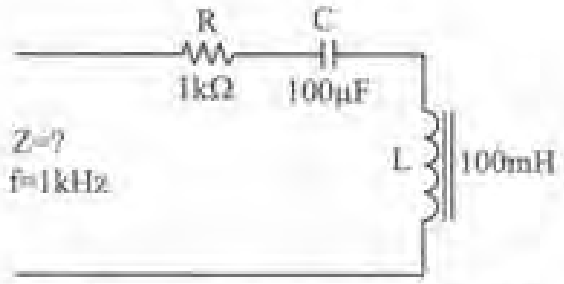
_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

آزمون

۱ــ در شکل (۷۶ــ۲) امپدانس مدار را محاسبه کنید.



شکل ۷۶ــ۲ــ امپدانس در یک مدار RLC سری بستگی به مقادیر عناصر دارد.

۱۶ــ۲ــ توان در مدارهای جریان متناوب

توان لحظه‌ای در یک مصرف‌کننده برابر با حاصل‌ضرب ولتاژ لحظه‌ای در جریان لحظه‌ای است.

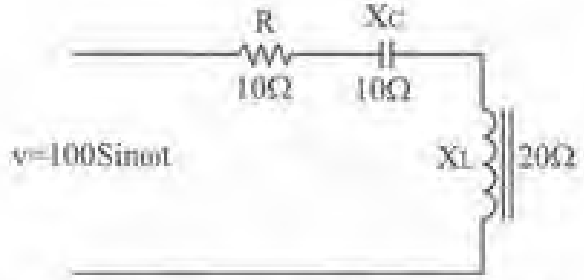
$$p = v.i$$

در مدار جریان متناوب، سلف و خازن توان مصرف نمی‌کنند و توان فقط در مقاومت اهمی به صورت حرارت تلف می‌شود.

توان مؤثر (مفید) در یک مدار جریان متناوب از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$P = U_{eff} I_{eff} . \cos\varphi$$

مثال: توان مصرف شده در مدار شکل (۷۷ــ۲) را به‌دست آورید.



شکل ۷۷ــ۲ــ توان در یک مدار RLC سری، فقط در مقاومت اهمی تلف می‌شود.

$$P = U_{eff} . I_{eff} . \cos\varphi$$

$$V_{eff} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{۱۰۰}{\sqrt{2}} = ۷۰/۷ \ V$$

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{x}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{۱۰^2 + (۲۰-۱۰)^2} = \sqrt{۲۰۰}$$

$$z = ۱۴/۱۴$$

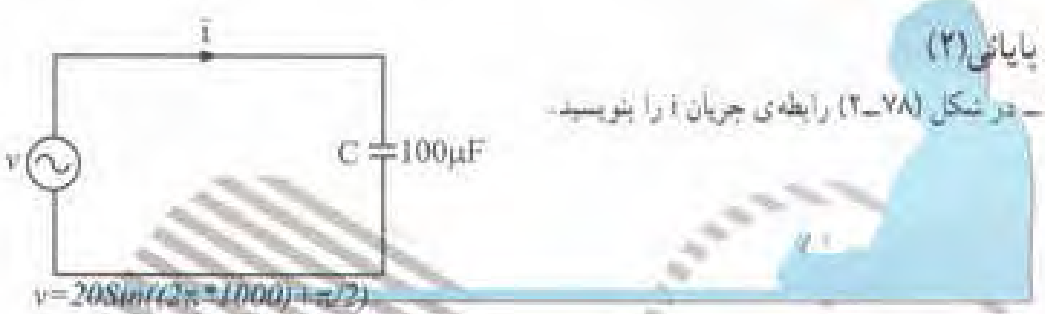
$$I_{eff} = \frac{۷۰/۷}{۱۴/۱۴} = ۵A$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{z} = \frac{۱۰}{۱۴/۱۴} = ۰/۷$$

$$P = ۷۰/۷ \times ۵ \times ۰/۷ = ۲۵۰\Omega$$

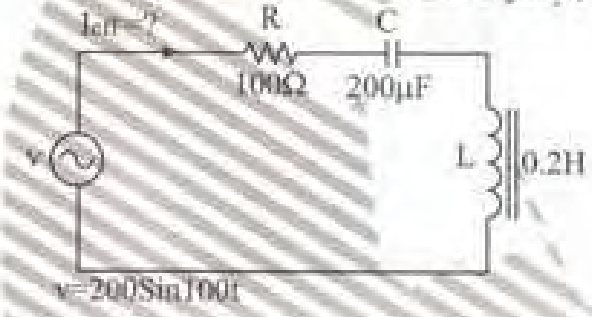
آزمون پایانی(۲)

۱ـ در شکل (۷۸ـ۲) رابطه‌ی جریان i را بنویسید.



شکل ۷۸ـ۲

۲ـ توان تلف شده در مقاومت Ω ۱۰۰ شکل (۷۹ـ۲) چند وات است؟

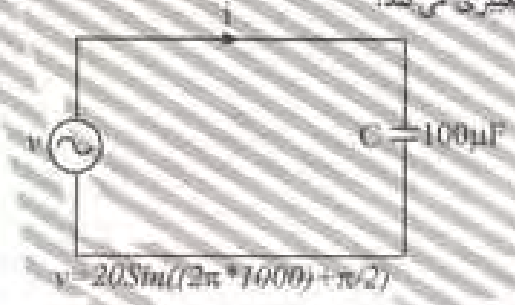


شکل ۷۹ـ۲

۳ـ راکتانس سلفی و راکتانس خازنی را تعریف کنید.

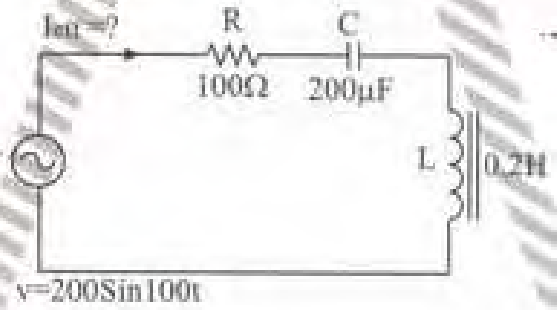
۴ـ در یک خازن با افزایش فرکانس، راکتانس خازنی چه تغییری می‌کند؟

۵ـ در شکل (۸۰ـ۲) رابطه‌ی i را بنویسید.



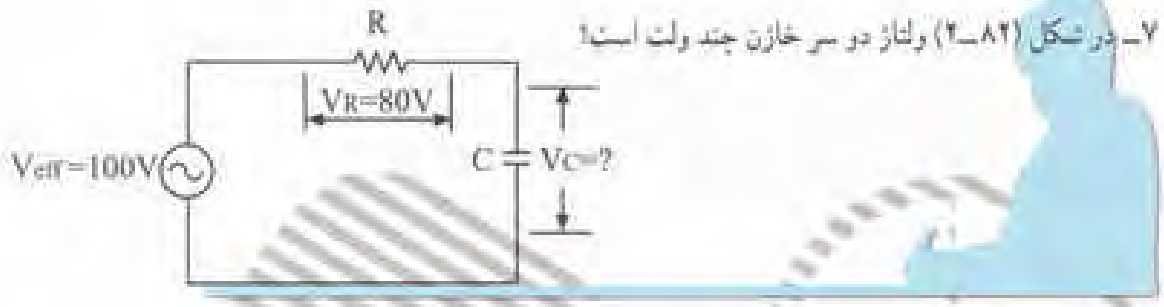
شکل ۸۰ـ۲

۶ـ در شکل (۸۱ـ۲) جریان مؤثر مدار را حساب کنید.



شکل ۸۱ـ۲

۷ـ در شکل (۸۴ـ۲) ولتاژ دو سر خازن چند ولت است؟

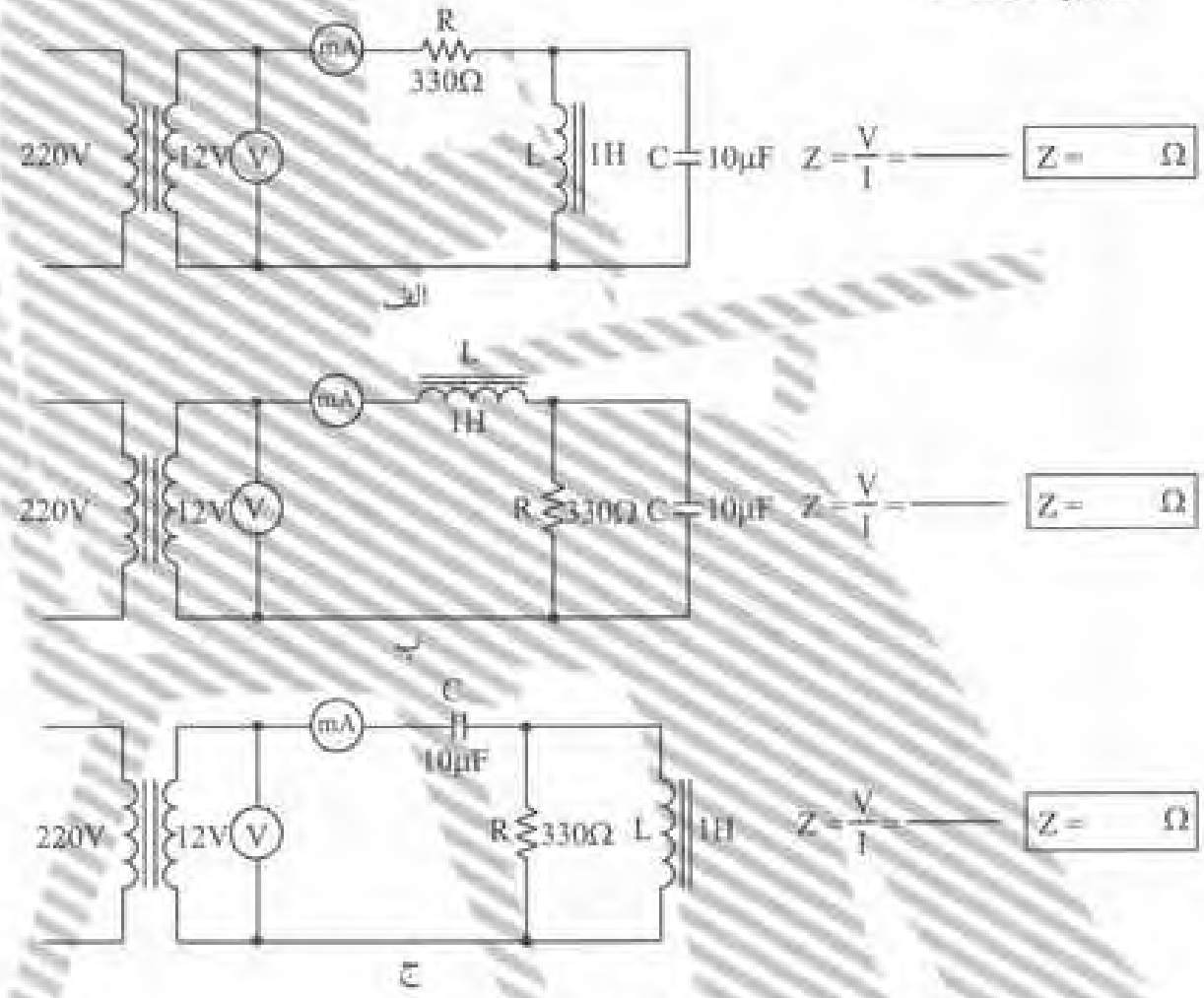


شکل ۸۴ـ۲

خودآزمایی عملی (۲)

۱ـ به کمک ولت‌متر، آمپرمتر، امپدانس مدارهای زیر را به‌دست آورید؟ ترانسفورماتور مورد استفاده ۲۲۰/۱۲V است.

سؤال: چرا با توجه به این که مقادیر هر سه المان در هر سه مدار یکی است، امپدانس ورودی در مدارها با یکدیگر متفاوت است؟



شکل ۸۳ـ۲ ـ مدارهای مورد آزمایش

سؤال: چرا با توجه به این که مقادیر هر سه المان در هر سه مدار یکی است، امپدانس ورودی در مدارها با یکدیگر متفاوت است؟

فصل سوم

فیلترها

هدف کلی

شناخت انواع فیلترها و به دست آوردن فرکانس قطع و پهنای باند به کمک روابط ریاضی و انجام آزمایش

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

۱ـ مفهوم رزنانس در مدارهای RLC را شرح دهد.

۲ـ پهنای باند را تعریف کند.

۳ـ فرکانس رزنانس در مدار RLC سری را محاسبه کند.

۴ـ فرکانس رزنانس در مدار RLC موازی را محاسبه کند.

۵ـ پهنای باند در مدارهای RLC سری و موازی را محاسبه کند.

۶ـ فرکانس رزنانس در مدار RLC سری و در مدار RLC موازی را اندازه‌گیری کند.

۷ـ مدار رزنانس سری و موازی را با هم مقایسه کند.

۸ـ ضریب کیفیت را تعریف کند.

۹ـ ضریب کیفیت در مدارهای RLC را محاسبه کند.

۱۰ـ کاربرد ضریب کیفیت در محاسبه پهنای باند را شرح دهد.

۱۱ـ فیلتر را تعریف کند.

۱۲ـ فرکانس قطع در فیلترهای بالاگذر و پایین‌گذر را محاسبه کند.

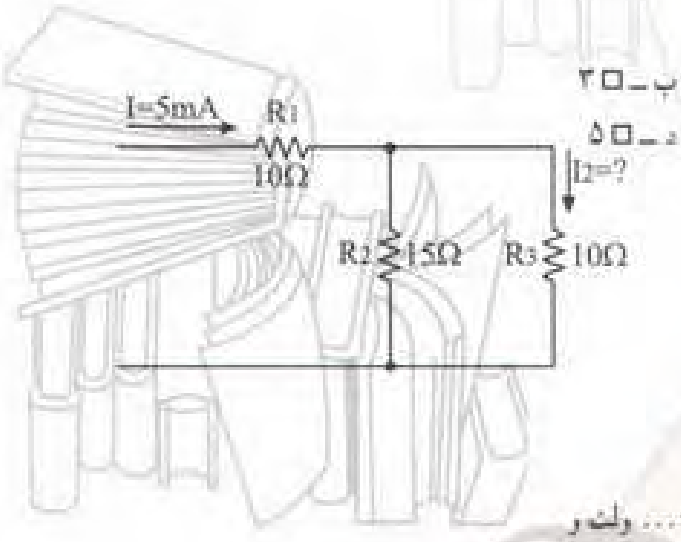
۱۳ـ کاربرد فیلترهای میان‌گذر و میان‌نگذر را شرح دهد.

۱۴ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر RC پایین‌گذر و فیلتر RC بالاگذر را به دست آورد و فرکانس قطع آن‌ها را تعیین کند.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۴	۴	۸

پیش آزمون (۳)

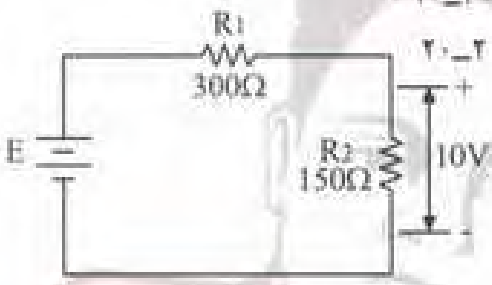
۱ـ در شکل زیر جریان I_2 چند میلی‌آمپر است؟



الف ـ □ ۲ ب ـ □ ۳

ج ـ □ ۴ د ـ □ ۵

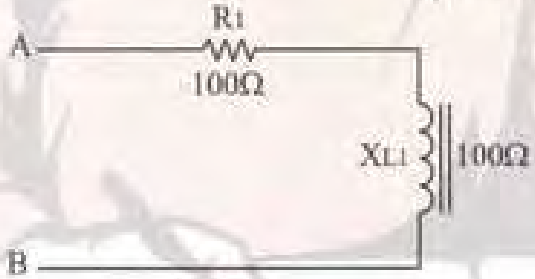
۲ـ در شکل زیر مقدار E (از راست به چپ) برابر ..... ولت و ولتاژ دو سر مقاومت ۳۰۰Ω برابر ..... ولت است.



الف ـ □ ۳۰ـ۲۰ ب ـ □ ۲۰ـ۱۰

ج ـ □ ۲۰ـ۱۰ د ـ □ ۲۰ـ۲۰

۳ـ در شکل زیر، $\cos\varphi$ چقدر است؟



الف ـ □ ۰/۴ ب ـ □ ۰/۵

ج ـ □ ۰/۶ د ـ □ ۰/۷

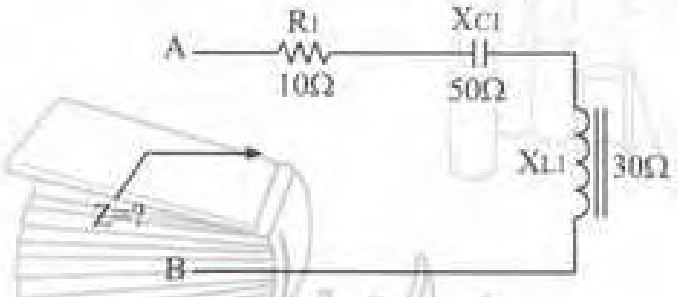
۴ـ در شکل زیر مقدار z چند اهم است؟

الف ـ □ $\sqrt{۱۹۰۰}$

ب ـ □ $\sqrt{۵۰۰}$

ج ـ □ ۹۰

د ـ □ ۳۰



۵ـ در شکل زیر اگر $\cos\phi = ۰/۵$ باشد مقدار z چند اهم است؟

الف ـ □ ۱۰

ب ـ □ $\sqrt{۱۰}$

ج ـ □ ۵

د ـ □ $\sqrt{۵}$

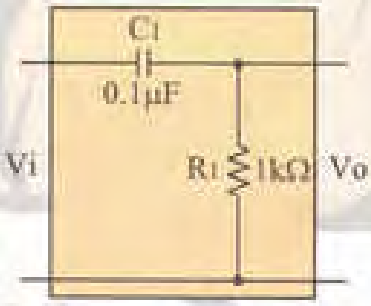
۶ـ فرکانس قطع فیلتر زیر چند هرتز است؟

الف ـ □ ۱۰۰

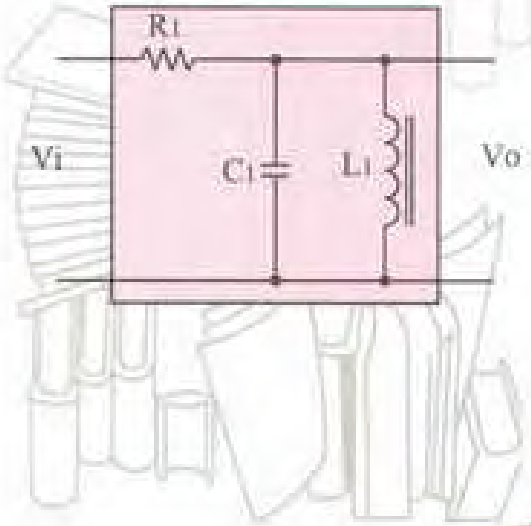
ب ـ □ ۱۰۰۰

ج ـ □ $\frac{۱۰۰}{\pi}$

د ـ □ $\frac{۵۰۰۰}{\pi}$

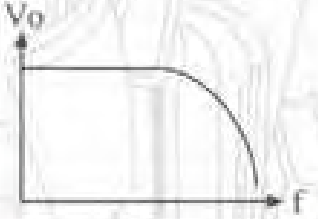


۷ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر زیر کدام است؟

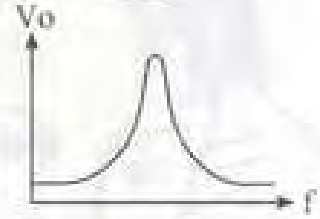


الف ـ □

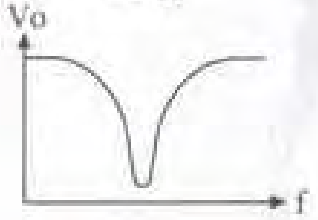
ب ـ □



ج ـ □



د ـ □



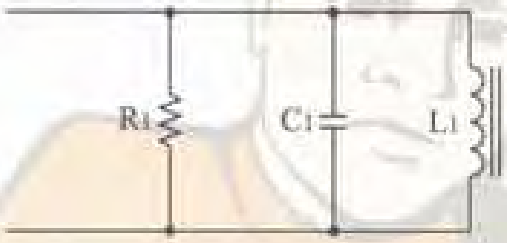
۸ـ در شکل زیر، فرکانس رزنانس از کدام رابطه به دست می‌آید؟

الف ـ □ $\frac{1}{2\pi RC}$

ب ـ □ $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

ج ـ □ $\frac{1}{2\pi LC}$

د ـ □ $\frac{1}{2\pi\sqrt{RC}}$



۹ـ در مدار RLC موازی در حال تشدید یا رزنانس، امپدانس مدار ..... است.

الف ـ □ حداقل

ب ـ □ حداکثر

۱۰ـ پهنای باند در یک مدار RLC سری در حالت رزنانسی از کدام رابطه به دست می‌آید؟

الف ـ □ $\frac{fr}{Qr}$

ب ـ □ $\frac{Qr}{fr}$

نکات ایمنی (۳)

۱ـ برای اندازه‌گیری ولتاژ با فرکانس حدود ۱kHz حتماً از آومتر دیجیتالی و برای اندازه‌گیری ولتاژ با فرکانس بالاتر از ۱۰kHz حتماً از اسیلوسکوپ استفاده کنید.

۲ـ اگر آومتر دیجیتالی، دارای رنج AUTO است در هنگام اندازه‌گیری ولتاژ حتماً رنج ولت‌متر را در حالت AUTO قرار دهید.

۳ـ هیچ‌گاه خروجی سیگنال ژنراتور را اتصال کوتاه نکنید.

۴ـ دستگاه‌های اندازه‌گیری را در معرض نور خورشید و یا وسایل گرمازا قرار ندهید.

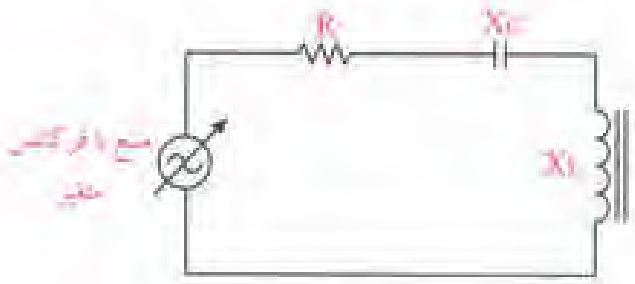
۵ـ مواظب باشید میلی‌آمپرمتر را به‌طور موازی در مدار قرار ندهید.

۶ـ در آومترهای دیجیتالی، تا رنج ۲۰۰ میلی‌آمپر، یک فیوز جهت حفاظت در مدار قرار می‌گیرد. در صورت سوختن این فیوز سعی کنید فیوزی کاملاً مشابه فیوز سوخته را جایگزین کنید.

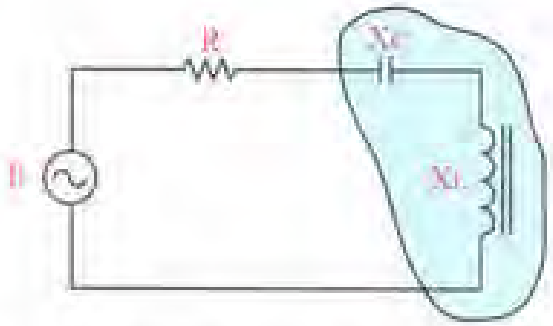
۷ـ رنج ۱۰A و ۲۰A در آومتر، مجهز به فیوز یا وسایل حفاظتی نیست. هنگام اندازه‌گیری جریان با این رنج احتیاط کنید.

۱ـ۳ـ رزنانس در مدار RLC سری

۱ـ۱ـ۳ـ تعریف رزنانس: در یک مدار RLC سری، اگر فرکانس منبع تغذیه مدار، قابل تغییر باشد، با تغییر فرکانس منبع، در یکی از فرکانس‌ها **(فقط و فقط به ازای یک فرکانس)**، $X_L = X_C$ می‌شود. **در این فرکانس سلف و خازن اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند.** در این شرایط امپدانس مدار، می‌نیمم و برابر با مقاومت اهمی مدار یعنی $Z = R$ می‌شود. در این حالت می‌گوییم مدار **در حال رزنانس است.** فرکانسی که سبب این حالت خاص ($X_L = X_C$) می‌شود را **فرکانس رزنانس** می‌نامند.

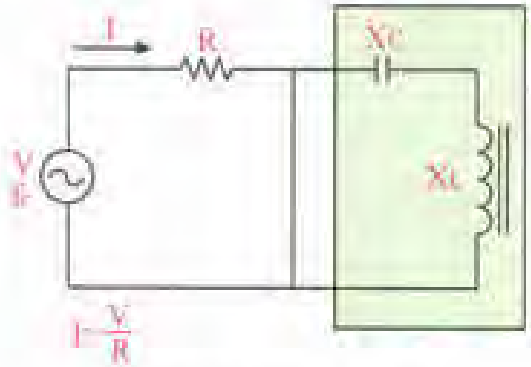


شکل ۱ـ۳ـ مدار RLC سری



شکل ۲ـ۳ـ در فرکانس رزنانس، مقدار $X_L = X_C$ می‌شود و اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند.

در مدار RLC سری در حالت رزنانس چون امپدانس مدار حداقل است لذا مقدار جریان حداکثر می‌شود.



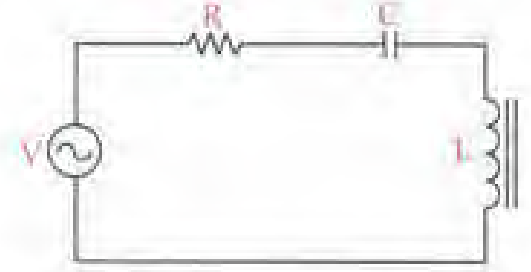
شکل ۳ـ۳ـ مدار در حال رزنانس

۲ـ۱ـ۳ـ محاسبه فرکانس رزنانس در مدار RLC سری:

در یک مدار RLC سری، هرگاه $X_L = X_C$ شود، مدار به حال رزنانس با تشدید درمی‌آید. در این حالت مقدار X_L و X_C از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc}$$



شکل ۴ـ۳ـ در مدار RLC سری اگر مقدار فرکانس منبع تغذیه برابر $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ انتخاب شود مقدار X_L با X_C برابر می‌شود.

در یک مدار RLC سری با برابر قراردادن مقدار X_L و X_C فرکانسی که به ازای آن X_L و X_C با یکدیگر برابر می‌شوند به دست می‌آید:

$$X_L = X_C$$

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc}$$

$$2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f_r C}$$

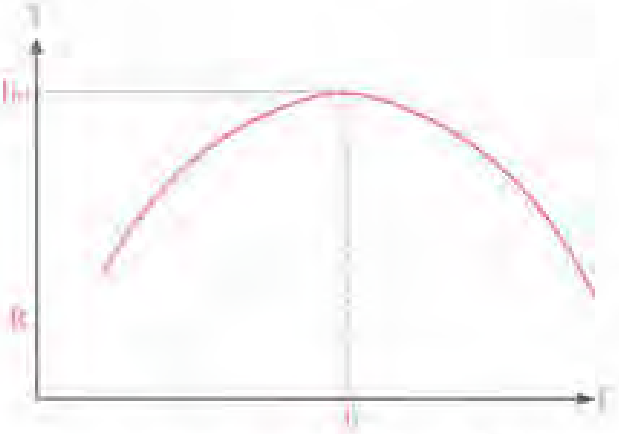
$$f_r^2 = \frac{1}{(2\pi)^2 LC}$$

$$\boxed{f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$$

۳ـ۱ـ۳ـ پهنای باند[1]: در یک مدار RLC سری، اگر مقدار فرکانس را از صفر به تدریج زیاد کنیم، در فرکانس‌های خیلی کم، راکتانس خازنی مدار با فرض ثابت بودن ظرفیت آن خیلی زیاد است زیرا با توجه به رابطه راکتانس خازنی $X_C = \frac{1}{2\pi fc}$ که f در مخرج کسر است هر قدر f کوچک شود مقدار X_C بزرگتر می‌شود. اگر در مدار فرکانس را به تدریج زیاد کنیم مقدار X_C کم می‌شود.

مقدار راکتانس سلفی مدار در فرکانس‌های خیلی کم بسیار کم است زیرا مقدار راکتانس سلفی، رابطه مستقیم با فرکانس دارد ($X_L = 2\pi fL$). بنابراین هرقدر فرکانس را افزایش دهیم مقدار X_L نیز زیاد می‌شود. با توجه به سری کردن عناصر R، L و C در یکی از فرکانس‌ها که آن را فرکانس رزنانس می‌نامند (f_r) مقدار $X_L = X_C$ می‌شود و امپدانس مدار را به حد می‌نیمم می‌رساند. در این حالت جریان در مدار RLC به حداکثر مقدار خود افزایش می‌یابد در صورتی که نمودار امپدانس یک مدار RLC را نسبت به فرکانس رسم کنیم منحنی شکل (۵ـ۳) به دست می‌آید. منحنی تغییرات جریان مدار RLC سری نسبت به فرکانس مانند شکل (۶ـ۳).

شکل ۵ـ۳ـ در مدار RLC سری در حالت رزنانس امپدانس مدار حداقل می‌شود.

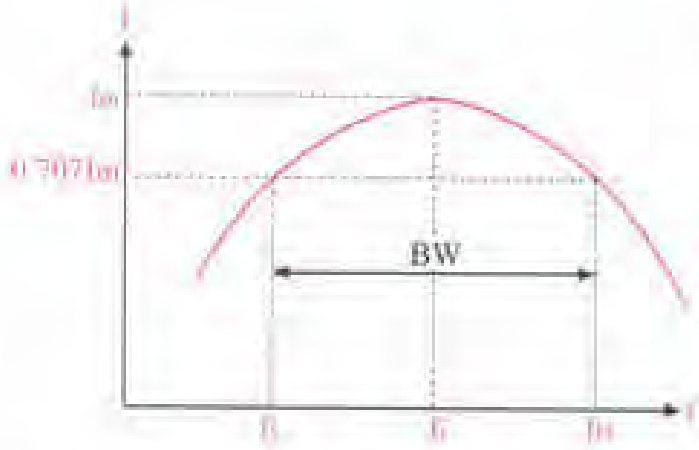


شکل ۶ـ۳ـ در فرکانس رزنانس جریان مدار حداکثر می‌شود.

۱ـ Band Width

طبق تعریف محدوده‌ای از فرکانس‌ها که در آن جریان مدار بیشتر یا مساوی $0.707I_m$ - یعنی تقریباً هفتاد درصد جریان در حالت رزنانس می‌شود را پهنای باند می‌گویند و با BW نشان می‌دهند. در شکل (۷ـ۳) پهنای باند نشان داده شده است.

پهنای باند $\Delta f = BW = f_H - f_L$



شکل ۷ـ۳ـ محدوده‌ای از فرکانس‌ها که جریان در مدار برابر $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ یا بیشتر از آن باشد را پهنای باند می‌نامند.

۴ـ۱ـ۳ـ ضریب کیفیت در مدار رزنانس سری:

طبق تعریف ضریب کیفیت* در یک مدار RLC سری در حالت رزنانس به این صورت تعریف می‌شود:

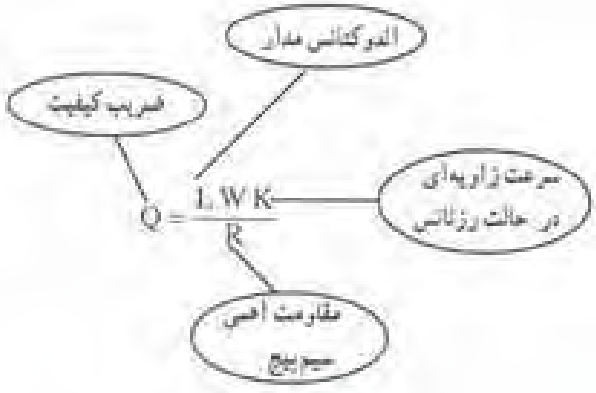
$$Q \triangleq \frac{2\pi \text{ (ماکزیمم انرژی ذخیره شده)}}{\text{انرژی تلف شده در یک سیکل}}$$

رابطه‌ی تعیین مقدار Q در فرکانس رزنانس

$$Q = \frac{L\omega_r}{R} = \frac{L.2\pi f_r}{R}$$

یا

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{1}{2\pi f_r . R}$$



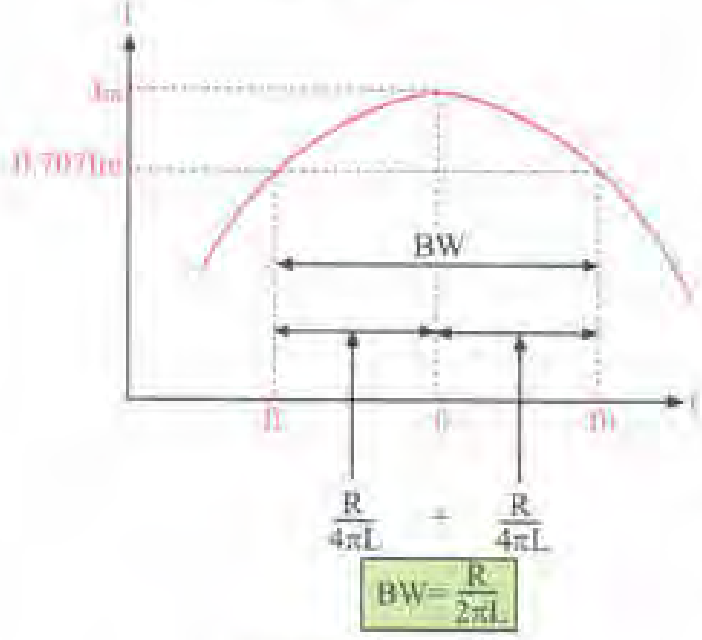
۵ـ۱ـ۳ـ کاربرد ضریب کیفیت در محاسبه پهنای باند در مدارهای RLC سری:

در یک مدار RLC سری فرکانس رزنانس (تشدید) از رابطه‌ی $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ به دست می‌آید.

ضریب کیفیت در حالت رزنانس نیز از رابطه $Q_r = \frac{L\omega_r}{R}$ محاسبه می‌شود.

با دانستن فرکانس رزنانس و ضریب کیفیت طبق تعریف پهنای باند از رابطه $BW = \frac{f_r}{Q_r}$ به دست می‌آید.

پهنای باند را از رابطه‌ی $BW = \frac{R}{2\pi L}$ نیز می‌توان محاسبه کرد.



شکل ۸ـ۳ـ نمایش پهنای باند

* Quality Factor

مثال: در مدار شکل (۹ـ۳)، فرکانس رزنانس، پهنای باند و ضریب کیفیت مدار را در فرکانس رزنانس به‌دست آورید.

$$fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10\times10^{-3}\times0/1\times10^{-6}}}$$

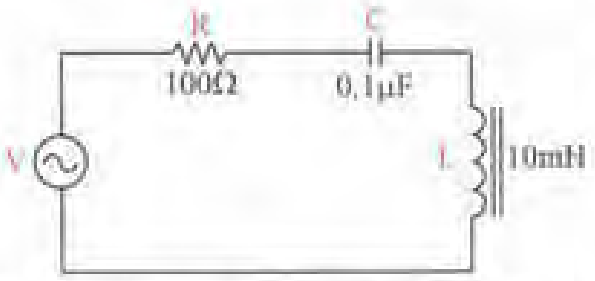
$$\boxed{fr = 503.5\ Hz}$$

$$Q_r = \frac{Lw_r}{R} = \frac{10\times10^{-3}\times2\pi\times503.5}{100} = 3/16$$

$$\boxed{Q_r = 3/16}$$

$$BW = \frac{fr}{Qr} = \frac{503.5}{3/16} = 1593\ Hz$$

$$\boxed{BW = 1539\ Hz}$$



شکل ۹ـ۳ـ در یک مدار RLC سری، پهنای باند بستگی به مقادیر عناصر مدار دارد.

۲ـ۳ـ آزمایش شماره (۱) رزنانس سری

مدت زمان انجام آزمایش: ۳ ساعت

۱ـ۲ـ۳ـ هدف‌های آزمایش: به‌دست‌آوردن فرکانس رزنانس در یک مدار RLC سری

۲ـ۲ـ۳ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک مدار RLC سری شامل یک مقاومت اهمی ۱۰۰ Ω، یک سلف ۱۰۰ میلی هانری، و یک خازن ۰/۲۲ میکروفاراد را می‌بندید. به ورودی این مدار سیگنال ژنراتور صوتی وصل می‌کنید تا بتوانید فرکانس‌های متفاوتی را به ورودی اعمال کنید. با توجه به اینکه در حالت رزنانس در مدار RLC سری امپدانس حداقل است لذا جریان مدار در حالت رزنانس، بیشترین مقدار خود را دارد. برای اندازه‌گیری جریان مدار، یک میلی‌آمپرمتر AC را با مدار سری کنید و سپس خروجی سیگنال ژنراتور را به مدار اتصال دهید. سپس با اعمال فرکانس‌های مختلف به مدار (طبق جدول ارائه‌شده) جریان مدار را در حالات مختلف اندازه بگیرید. فرکانسی که به ازای آن جریان در مدار حداکثر می‌شود، فرکانس رزنانس مدار است. همچنین از طریق محاسبه نیز فرکانس رزنانس را به دست می‌آورید و با آن چه که در عمل (انجام آزمایش) به دست آورده‌اید مقایسه می‌کنید. فرکانس رزنانس در مدار RLC سری از رابطه $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ به دست می‌آید.

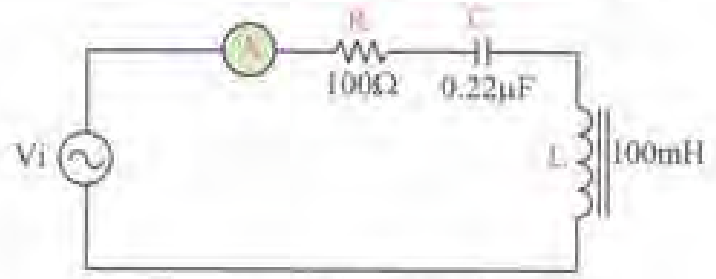
۳ـ۲ـ۳ ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

نام و مشخصات	تعداد/مقدار
۱ـ مقاومت اهمی ۱۰۰ Ω	یک عدد
۲ـ خازن ۰/۲۲ میکروفاراد	یک عدد
۳ـ سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۴ـ آوومتر دیجیتالی	یک دستگاه
۵ـ سلف ۱۰۰ mH	یک عدد
۶ـ سیم رابط دو سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	چهار رشته
۷ـ سیم رابط یک سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	چهار رشته
۸ـ سیم رابط بدون گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	دو رشته

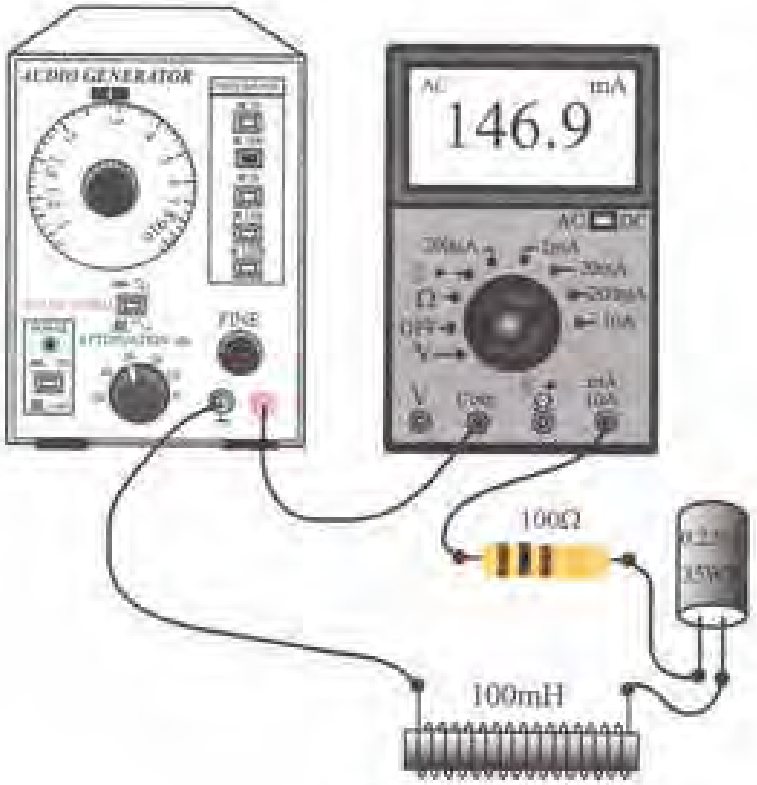
۴ـ۲ـ۳ـ مراحل اجرای آزمایش

موضوع الف: به دست‌آوردن فرکانس رزنانس در یک مدار RLC سری

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۱۰ـ۳) را ببندید.
- رنج میلی‌آمپرمتر را روی ۲۰۰ میلی‌آمپر قرار دهید.
- کلید AC/DC را روی حالت AC بگذارید.
- ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور را روی ۵ ولت تنظیم کنید.
- کلید انتخاب شکل موج را روی حالت سینوسی قرار دهید.



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

شکل ۱۰ـ۳ـ مدار آزمایش

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۱۰۰ هرتز قرار دهید و جریانی که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد را در جدول (۱ـ۳) در مقابل فرکانس ۱۰۰ هرتز بنویسید.

■ فرکانس خروجی سیگنال ژنراتور را مطابق جدول (۱ـ۳) تغییر دهید و به ازای هر فرکانس ولتاژ در روی مقدار جریانی را که از میلی‌آمپرمتر عبور می‌کند مطابق جدول (۱ـ۳) یادداشت کنید. چون در فرکانس رزنانس، امپدانس حداقل است، جریان در مدار ماکزیمم می‌شود. با مشاهده‌ی جدول، فرکانس مربوط به بیشترین جریان مدار همان فرکانس رزنانس است.

■ با توجه به جدول (۱ـ۳)، فرکانس رزنانس را یادداشت کنید.

$f_r =$ Hz

جدول ۱ـ۳

جریان مدار (میلی آمپر)	فرکانس ولتاژ ورودی (هرتز)
	۱۰۰
	۲۰۰
	۳۰۰
	۴۰۰
	۵۰۰
	۶۰۰
	۷۰۰
	۸۰۰
	۹۰۰
	۱۰۰۰
	۱۰۵۰
	۱۱۰۰
	۱۱۵۰
	۱۲۰۰
	۱۳۰۰
	۱۴۰۰
	۱۵۰۰
	۱۶۰۰
	۱۷۰۰
	۱۸۰۰
	۱۹۰۰
	۲۰۰۰

■ با استفاده از اعداد جدول (۱ـ۳) و به کمک نقطه‌یابی، منحنی پاسخ فرکانسی مدار یعنی جریان مدار به صورت تابعی از فرکانس را روی محورهای مختصات رسم کنید (شکل ۱۱ـ۳).

■ از روی منحنی پاسخ فرکانسی شکل (۱۱ـ۳) مقادیر f_H ، f_L ، f_r را به‌دست آورید و پهنای باند را محاسبه کنید.

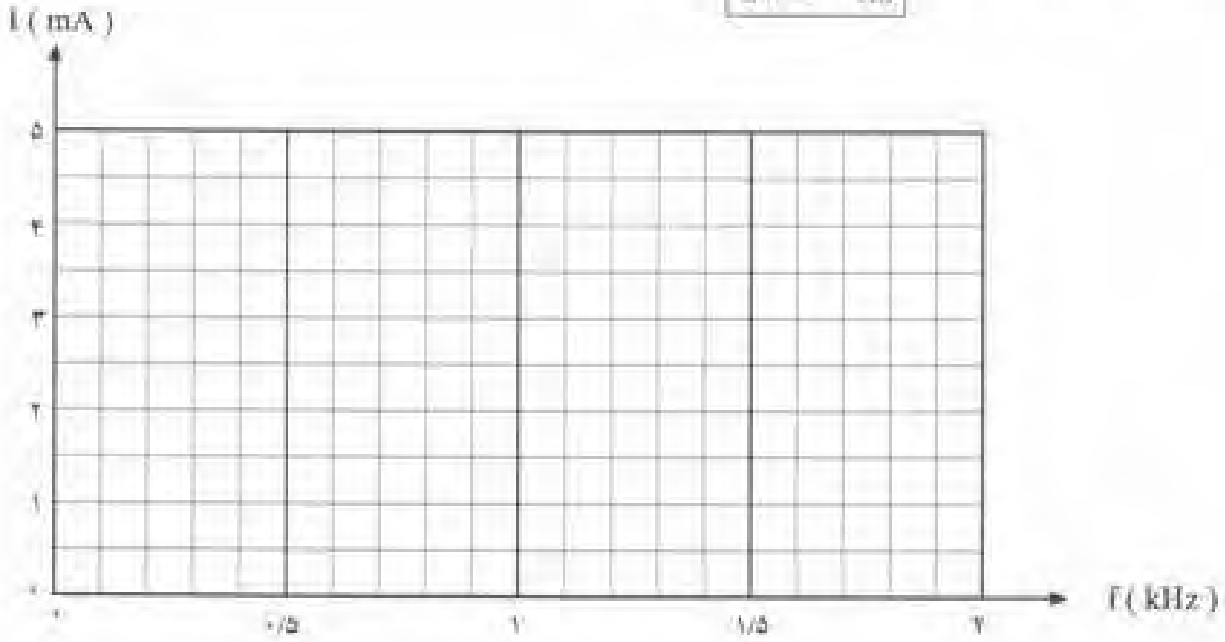
$f_r =$ Hz

$f_H =$ Hz

$f_L =$ Hz

$Bw = f_H - f_L = \quad - \quad = \quad$ Hz

$\boxed{Bw = \quad Hz}$



شکل ۱۱ـ۳ـ منحنی پاسخ فرکانس

خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

نتیجه‌گیری : نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

آزمون

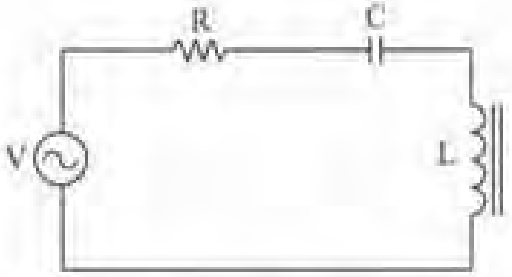
۱ــ در شکل (۱۲ــ۳)، در فرکانس رزنانس، ولتاژ دو سر مقاومت ..... است.

الف : □ حداکثر　　ب : □ حداقل

۲ــ در شکل (۱۲ــ۳) در فرکانس رزنانس، مقدار Z کدام است؟

الف : □ $\sqrt{R}$　　ب : □ R^2

ج : □ R　　د : □ $\frac{R}{2}$

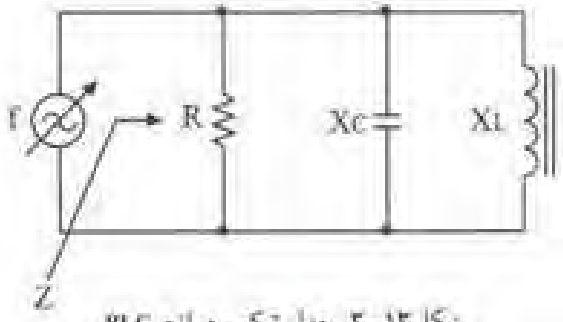


شکل ۱۲ــ۳ــ فرکانس رزنانس در یک مدار RLC سری بستگی به مقدار L و C دارد.

۳ــ۳ــ رزنانس در مدار RLC موازی

۱ــ۳ــ۳ــ محاسبه فرکانس رزنانس در مدار RLC موازی:

در یک مدار RLC موازی، اگر فرکانس منبع متغیر باشد، در یک فرکانس خاص $X_L = X_C$ می‌شود. در این صورت می‌گویند، مدار RLC موازی در حالت رزنانس یا تشدید قرار دارد. فرکانسی که به ازای آن $X_L = X_C$ می‌شود را فرکانس رزنانسی می‌نامند و آن را با f_r نشان می‌دهند. در یک مدار RLC موازی در حالت رزنانس، امپدانس مدار حداکثر و جریان حداقل است. منحنی امپدانسی مدار RLC موازی را در شکل (۱۴ــ۳) مشاهده می‌کنید. برای محاسبه فرکانس رزنانس، کافی است که مقدار X_L را برابر با X_C قرار دهیم.



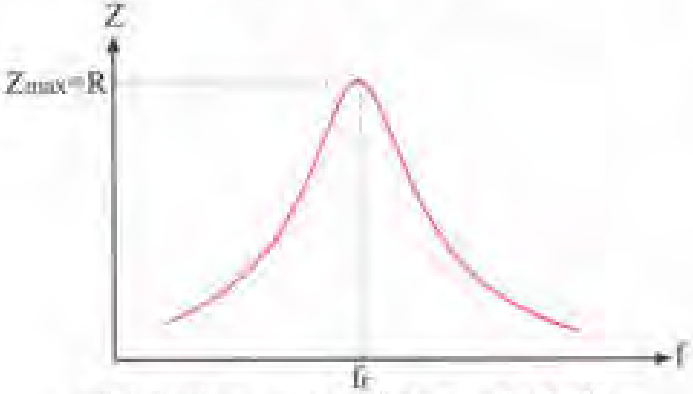
شکل ۱۳ــ۳ــ مدار ترکیبی موازی RLC

$$X_L = 2\pi f_r . L$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_r . C}$$

$$2\pi f_r . L = \frac{1}{2\pi f_r . C}$$

$$\boxed{f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$$



شکل ۱۴ــ۳ــ منحنی امپدانس مدار بر حسب تغییرات فرکانس

۲ـ۳ـ۳ـ ضریب کیفیت در مدار RLC موازی:

ضریب کیفیت در مدارهای RLC موازی نیز همانند مدارهای RLC سری تعریف می‌شود.

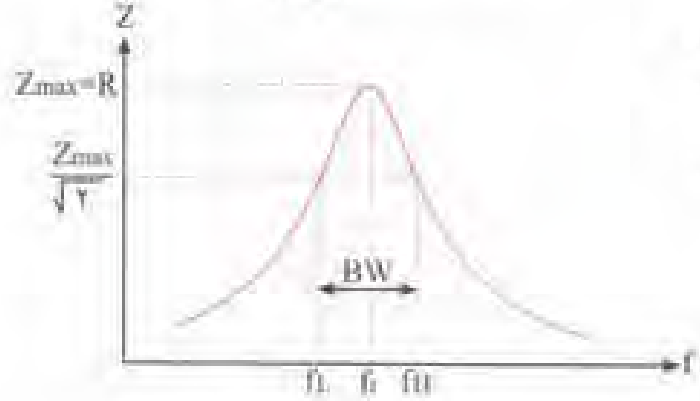
$$Q \triangleq \frac{(\text{ماکزیمم انرژی ذخیره شده}) \times 2\pi}{\text{انرژی تلف شده در یک سیکل}}$$

و در فرکانس رزنانس مقدار Q از رابطه‌ی روبه‌رو به دست می‌آید:

$$Q_r = \frac{R}{X_{cr}} = \frac{R}{\frac{1}{2\pi f_r \times}} = 2\pi f_r C\ R$$

$$Q_r = RCW_r$$

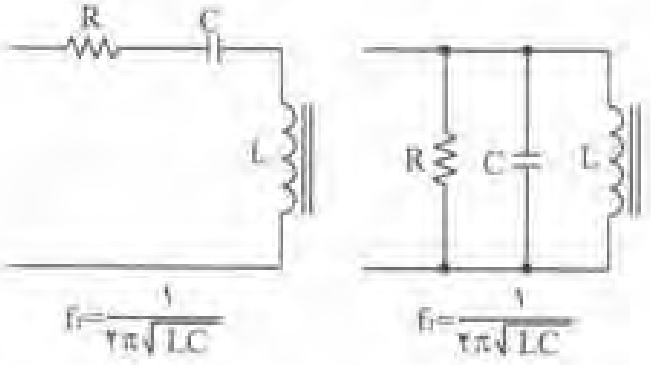
۲ـ۳ـ۳ـ پهنای باند در مدار RLC موازی: پهنای باند در مدار RLC موازی، به محدوده‌ای از فرکانس‌ها گفته می‌شود که امپدانس مدار برابر یا بزرگتر از $\frac{R}{\sqrt{2}}$ یا ۰/۷۰۷R باشد. پهنای باند از رابطه $BW = \frac{f_r}{Q_r}$ به دست می‌آید.



شکل ۱۵ـ۳ـ نمایش پهنای باند

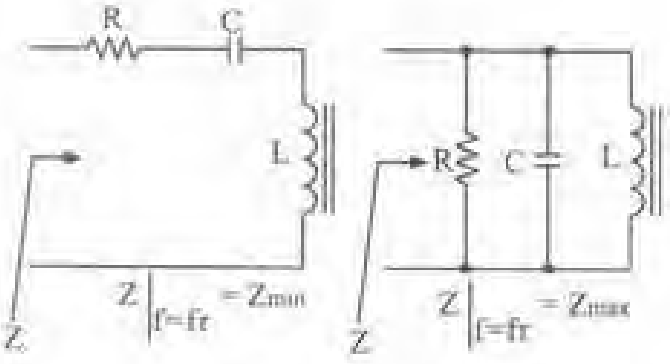
۲ـ۳ـ۳ـ مقایسه مدارهای رزنانس سری و موازی:

الف ـ فرکانس رزنانس در مدارهای RLC سری و موازی در حال تشدید از رابطه‌ی $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (Hz) به دست می‌آید.



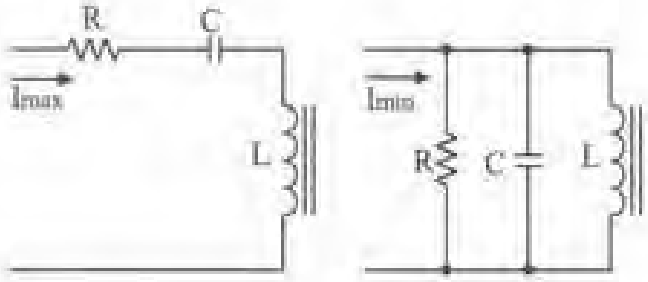
شکل ۱۶ـ۳ـ مقایسه مدار RLC سری و موازی

ب ـ امپدانس در مدار RLC سری در حال رزنانس حداقل و در مدار RLC موازی در حال رزنانس حداکثر است.



شکل ۱۷ـ۳ـ در مدار RLC سری در حالت رزنانس امپدانس حداقل است.

ب ـ جریان کل در مدار RLC سری در حال رزنانس حداکثر ولی جریان در مدار RLC موازی در حال رزنانس حداقل است.



شکل ۱۸ـ۳ـ جریان در مدار RLC سری، در حالت رزنانس حداکثر مقدار خود را دارد.

ت ـ پهنای باند در مدارهای RLC سری و موازی از رابطه روبه‌رو به‌دست می‌آید.

ث ـ ضریب کیفیت در مدارهای RLC سری از رابطه روبه‌رو محاسبه می‌شود.

و در مدارهای RLC موازی ضریب کیفیت از رابطه روبه‌رو تعیین می‌شود.

$$BW = \frac{f_r}{Q_r}$$

$$Q_r = \frac{X_C}{R} = \frac{1}{2\pi f_r C R}$$

$$Q_r = \frac{R}{X_C} = 2\pi f_r C R$$

۴ـ۳ـ آزمایش شماره (۲) رزنانس موازی

۱ـ۴ـ۳ـ هدف‌های آزمایش: به‌دست‌آوردن فرکانس رزنانس در یک مدار RLC موازی

۲ـ۴ـ۳ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش یک مدار RLC موازی شامل یک مقاومت اهمی ۱۰ kΩ، یک سلف ۱۰۰ میلی‌هانری و یک خازن ۰/۲۲ میکروفارادی را می‌بندید. به ورودی این مدار، سیگنال ژنراتور صوتی را وصل می‌کنید تا بتوانید فرکانس‌های مختلفی را به ورودی اعمال کنید. با توجه به اینکه در حالت رزنانس در مدار RLC موازی، امپدانس مدار حداکثر است جریان در مدار در حالت رزنانس کمترین مقدار خود را دارد. برای اندازه‌گیری جریان مدار، یک میلی‌آمپرمتر AC را به صورت سری با مدار می‌بندد. سپس سیگنال ژنراتور را به خروجی مدار متصل می‌کنند. با اعمال فرکانس‌های مختلف به مدار، طبق جدول ارائه شده جریان مدار را اندازه می‌گیرید. فرکانسی که به ازای آن جریان در مدار حداقل می‌شود را فرکانس رزنانس می‌نامند.

مدت زمان انجام آزمایش: ۲ ساعت

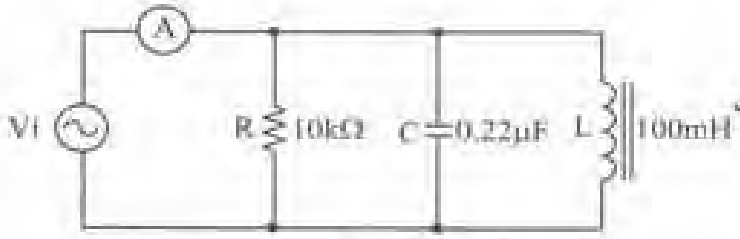
۳ـ۴ـ۳ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

نام و مشخصات	تعداد/مقدار
۱ـ مقاومت ۱۰۰Ω	یک عدد
۲ـ خازن ۰/۲۲ میکروفاراد	یک عدد
۳ـ سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۴ـ آوومتر دیجیتالی	یک دستگاه
۵ـ سلف ۱۰۰mH	یک عدد
۶ـ سیم رابط دو سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	چهار رشته
۷ـ سیم رابط یک سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	دو رشته
۸ـ سیم رابط بدون گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	دو رشته

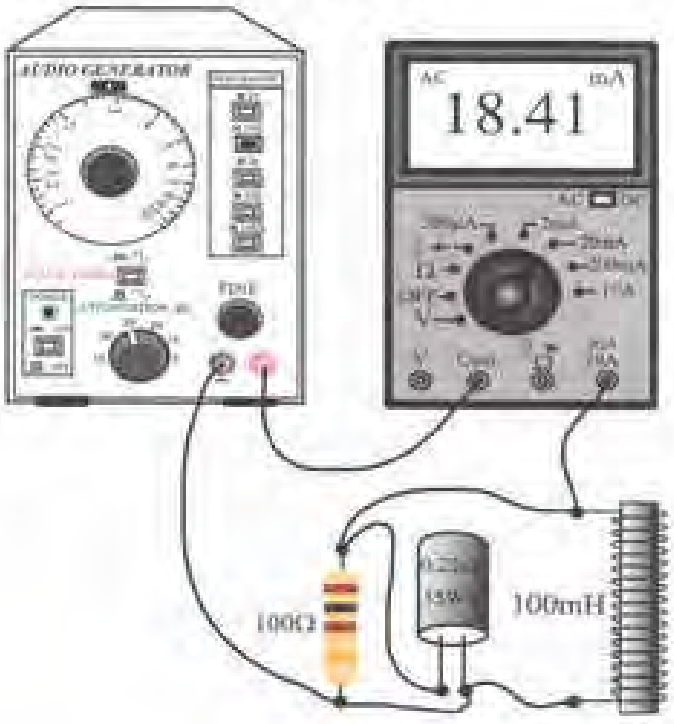
۴ـ۴ـ۳ـ مراحل اجرای آزمایش

موضوع الف: به دست‌آوردن فرکانس رزونانس در یک مدار RLC موازی

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۱۹ـ۳) را ببندید.
- رنج میلی‌آمپرمتر را روی ۲۰ میلی‌آمپر قرار دهید.
- کلید AC/DC را روی حالت AC قرار دهید.
- ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور را روی ۵ ولت تنظیم کنید.
- کلید انتخاب شکل موج را روی حالت سینوسی قرار دهید.



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

شکل ۱۹ـ۳ـ مدار آزمایش

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۱۰۰ هرتز قرار دهید و جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد در جدول (۲ـ۳) در مقابل فرکانس ۱۰۰ هرتز بنویسید.

■ فرکانس خروجی سیگنال ژنراتور را مطابق جدول (۲ـ۳) تغییر دهید و مقدار جریانی را که میلی‌آمپر به ازای هر فرکانس نشان می‌دهد در مقابل فرکانس مربوطه یادداشت کنید. چون در فرکانس رزنانس مقدار امپدانس حداکثر است پس جریان در مدار به پایین‌ترین مقدار خود می‌رسد. با دقت در جدول مشاهده می‌شود که فرکانس مربوط به کمترین جریان مدار همان فرکانس رزنانس است.

جدول ۲ ـ ۳

جریان مدار (میلی آمپر)	فرکانس ولتاژ ورودی (هرتز)
	۱۰۰
	۲۰۰
	۳۰۰
	۴۰۰
	۵۰۰
	۶۰۰
	۷۰۰
	۸۰۰
	۹۰۰
	۱۰۰۰
	۱۰۵۰
	۱۱۰۰
	۱۱۵۰
	۱۲۰۰
	۱۳۰۰
	۱۴۰۰
	۱۵۰۰
	۱۶۰۰
	۱۷۰۰
	۱۸۰۰
	۱۹۰۰
	۲۰۰۰

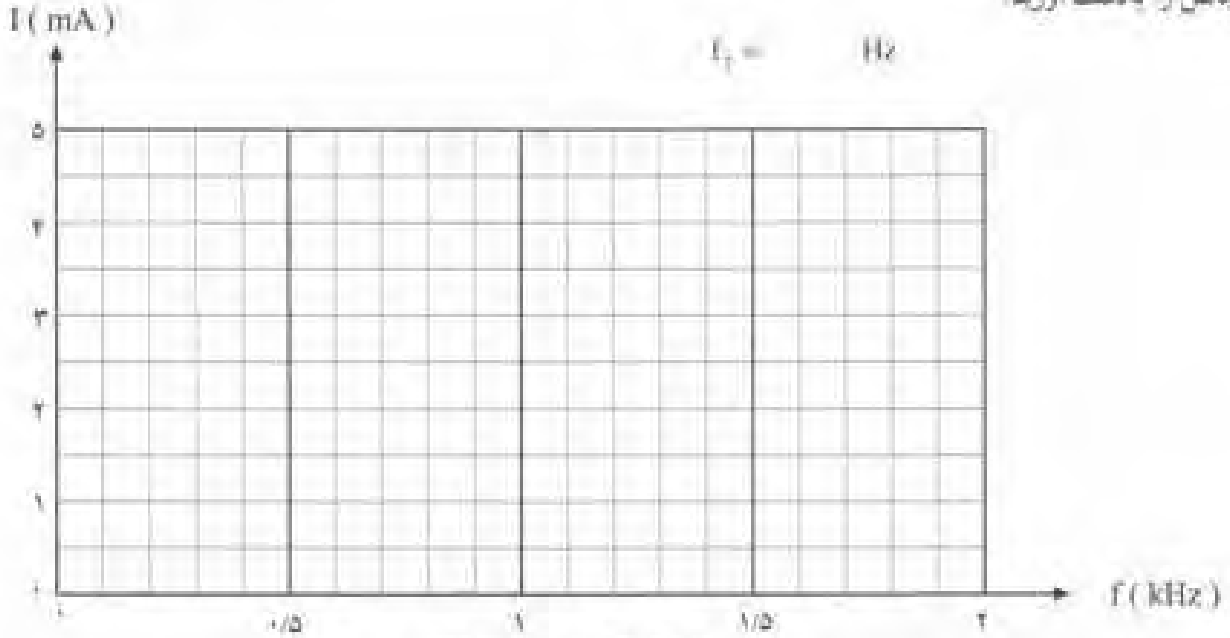
■ با توجه به جدول (۲ـ۳)، فرکانس رزنانس را یادداشت کنید.

$f_r =$ Hz

■ با استفاده از اعداد جدول (۲ـ۳)، و به کمک نقطه‌یابی، منحنی پاسخ فرکانسی مدار (جریان مدار به صورت تابعی از فرکانس) را روی محورهای مختصات رسم کنید (شکل ۲۰ـ۳).

■ از روی منحنی پاسخ فرکانسی، مدار رزنانس، فرکانسی رزنانس را به‌دست آورید.

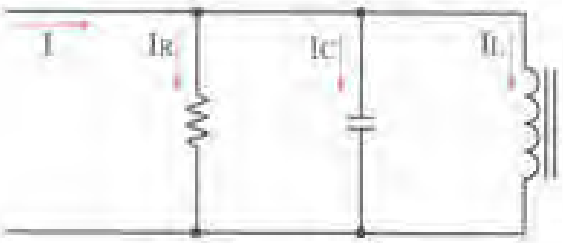
$f_r =$ Hz



شکل ۲۰ـ۳ـ منحنی پاسخ فرکانسی

خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.



شکل ۲۱ـ۳

آزمون

۱ـ در شکل (۲۱ـ۳) در فرکانس رزنانس کدام رابطه درست است؟

الف: $I = I_C$ □

ب: $I = I_L$ □

ج: $I = I_R$ □

۲ـ در مدار RLC موازی؛ در فرکانس رزنانس، مقدار امپدانس چقدر است؟

_____

_____

_____

۵ـ۳ـ فیلترها (Filters)

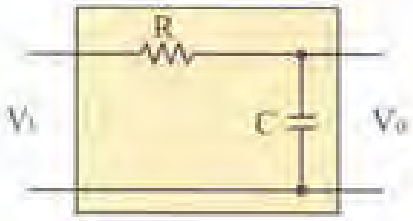
۱ـ۵ـ۳ـ تعریف فیلتر: فیلترها مدارهای الکتریکی و یا الکترونیکی هستند که اجازه عبور قسمتی از فرکانس‌ها را از یک مدار به مدار دیگر نمی‌دهند. در فیلتر، در حقیقت فیلتر سبب تضعیف دامنه فرکانس‌هایی می‌شود که نباید عبور کنند.

ساختمان بعضی فیلترها از مقاومت اهمی، سلف و خازن تشکیل می‌شود. به این نوع فیلترها، فیلترهای غیرفعال می‌گویند.

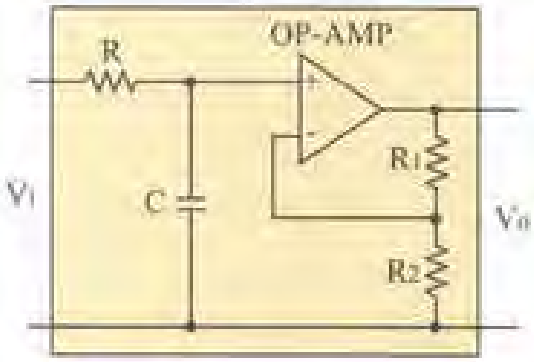
دسته دیگری از فیلترها، از قطعات الکترونیک، سلف، خازن و مقاومت اهمی تشکیل می‌شوند که به آن‌ها فیلترهای فعال می‌گویند.

به‌طور کلی دامنه سیگنال‌های ولتاژ متناوب سینوسی با فرکانس‌های مختلف که از فیلتر عبور می‌کنند تضعیف می‌شوند. این تضعیف تا مادامی که ولتاژ خروجی بزرگ‌تر یا تقریباً مساوی ولتاژ ورودی باشد قابل قبول است.

شکل ۲۲ـ۳ـ یک فیلتر اجازه عبور فقط قسمتی از سیگنال‌ها را می‌دهد.



شکل ۲۳ـ۳ـ یک نمونه فیلتر غیر فعال



شکل ۲۴ـ۳ـ یک نمونه فیلتر فعال که با استفاده از قطعات الکترونیک ساخته شده است.

فرکانسی که ۰/۷۰۷ ولتاژ خروجی آن دقیقاً برابر $\frac{V_i}{\sqrt{2}}$ (یا ۰/۷۰۷ ولتاژ ورودی) باشد فرکانس قطع فیلتر که با f_c نشان داده می‌شود.

در یک دسته‌بندی کلی فیلترها را می‌توان به پنج دسته به شرح زیر تقسیم‌بندی کرد:

الف: فیلتر پایین‌گذر (LPF)[1]

ب: فیلتر بالاگذر (HPF)[2]

ج: فیلتر میان گذر (فیلتر عبور باند) (BPF)[3]

د: فیلتر میان نگذر (فیلتر حذف باند) (BRF)[4]

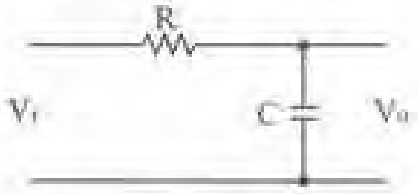
۲ـ۵ـ۳ـ فیلتر پایین‌گذر: فیلتر پایین‌گذر، فیلتری است که از فرکانس معینی به پایین را به راحتی از خود عبور می‌دهد. در شکل (۲۵ـ۳) یک نمونه فیلتر پایین‌گذر RC نشان داده شده است.

این فیلتر فرکانس‌های خیلی کم (صفر) تا فرکانس f_C (فرکانس قطع) را از خود عبور می‌دهد. برای نشان‌دادن محدوده عبور فرکانس‌ها، از یک منحنی به نام منحنی پاسخ فرکانسی استفاده می‌شود (شکل ۲۶ـ۳).

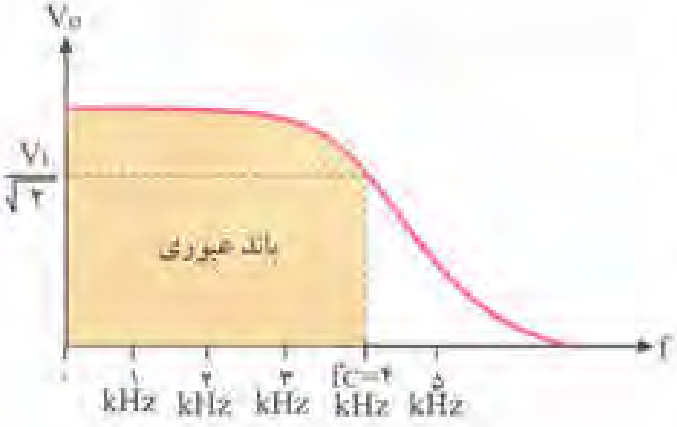
در شکل (۲۶ـ۳) در فرکانس ۴kHz، دامنه‌ی ولتاژ خروجی برابر ۰/۷۰۷ است. لذا فرکانس ۴kHz فرکانس قطع فیلتر محسوب می‌شود و فرکانس‌های صفر تا ۴kHz را از خود عبور می‌دهد. در فرکانس‌های بیشتر از ۴kHz، ولتاژ دامنه‌ی خروجی کاهش می‌یابد و قابل قبول نیست. فرکانس قطع فیلتر شکل (۲۵ـ۳) از رابطه $f_C = \frac{1}{2\pi RC}$ به دست می‌آید.

نکته مهم

در فرکانس قطع مقدار دامنه ولتاژ خروجی ۰/۷۰۷ دامنه ولتاژ ورودی می‌شود.

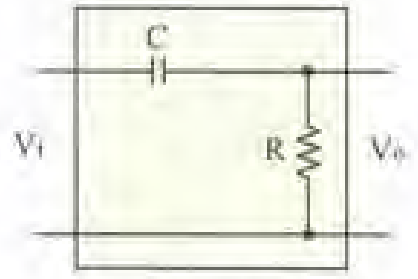


شکل ۲۵ـ۳ـ فیلتر پایین‌گذر RC



شکل ۲۶ـ۳ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر پایین‌گذر

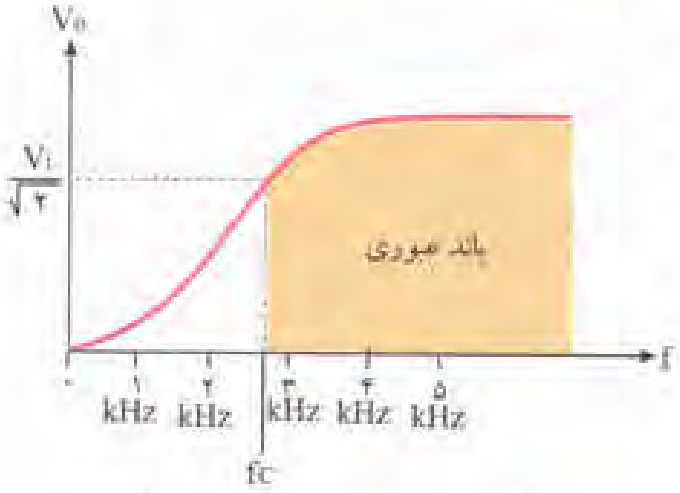
۳ـ۵ـ۳ـ فیلتر بالاگذر: فیلتر بالاگذر، فیلتری است که فرکانس‌های خیلی زیاد را به راحتی از خود عبور می‌دهد. در شکل (۲۷ـ۳) یک نمونه فیلتر بالاگذر نشان داده شده است.



شکل ۲۷ـ۳ـ یک نمونه فیلتر بالاگذر

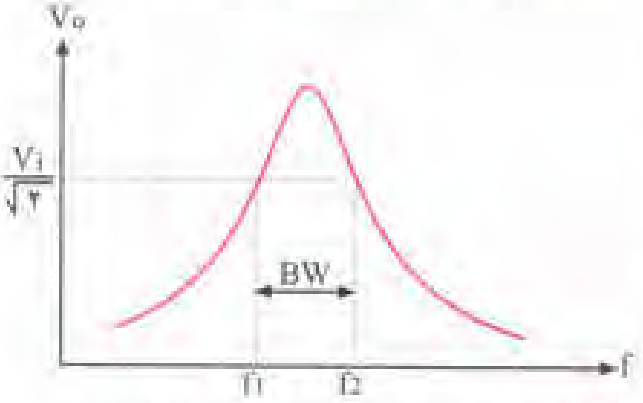
۱ ـ LPF=Low Pass Filter
۲ ـ HPF=High Pass Filter
۳ ـ BPF= Band Pass Filter
۴ ـ BRF= Band Reject Filter

در شکل (۲۸ـ۳)، منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر نشان داده شده است. همان‌طور که از منحنی پاسخ فرکانسی شکل (۲۸ـ۳) مشخص است، از فرکانس معینی به بالا از فیلتر عبور می‌کند. در این فیلتر فرکانس f_c و فرکانس‌های بیشتر از f_c در خروجی فیلتر قابل قبول هستند. فرکانس قطع (f_c) از رابطه $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ به‌دست می‌آید.



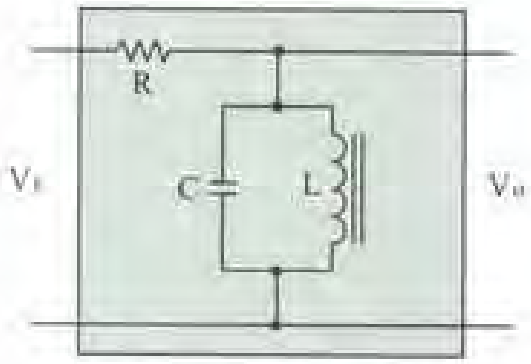
شکل ۲۸ـ۳ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر

۳ـ۵ـ۳ـ فیلتر میان‌گذر: فیلتر میان‌گذر، فیلتری است که فقط محدوده‌ای از فرکانس‌ها که بین دو مقدار f_1 و f_2 قرار دارد را از خود عبور می‌دهد. در این نوع فیلتر، فرکانس‌های کمتر از f_1 و یا بیشتر از f_2 عبور نمی‌کند. منحنی پاسخ فرکانسی این نوع فیلتر در شکل (۲۹ـ۳) نشان داده شده است.

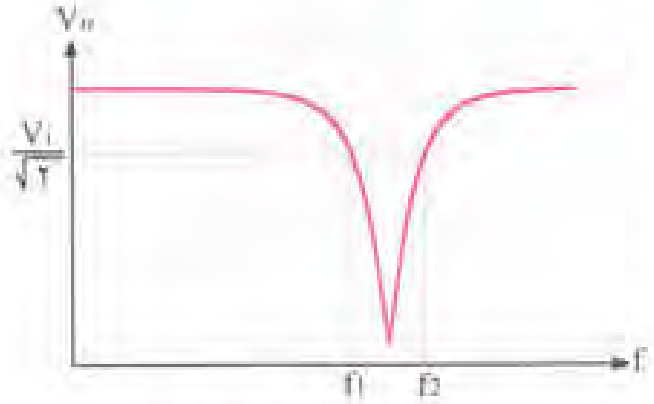


شکل ۲۹ـ۳ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر میان‌گذر (عبور باند)

در شکل (۳۰ـ۳) یک نمونه فیلتر میان‌گذر نشان داده شده است.



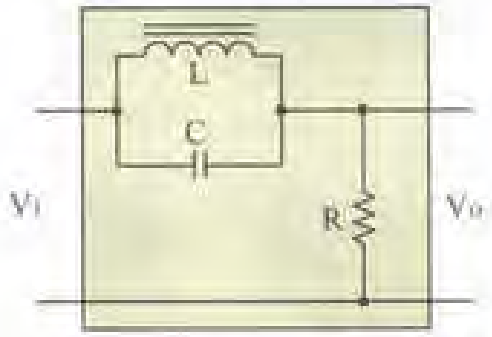
شکل ۳۰ـ۳ـ یک نمونه فیلتر میان‌گذر



شکل ۳۱ـ۳ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر میان‌نگذر (حذف باند)

۵ـ۵ـ۳ـ فیلتر میان‌نگذر (فیلتر حذف باند): فیلتر میان‌نگذر، فیلتری است که فقط محدوده‌ای از فرکانس‌هایی که بین دو مقدار f_1 و f_2 قرار دارد را عبور نمی‌دهد. این فیلتر فرکانس‌های کمتر از f_1 و بیشتر از f_2 را در خروجی ظاهر می‌کند. منحنی پاسخ فرکانس این نوع فیلتر در شکل (۳۱ـ۳) نشان داده شده است.

در شکل (۳۲ـ۳) یک نمونه فیلتر میان‌نگذر نشان داده شده است.



شکل ۳۲ـ۳ـ یک نمونه فیلتر میان‌نگذر (حذف باند)

۶ـ۳ـ آزمایش شماره (۳) فیلترهای RC

مدت زمان انجام آزمایش ۴ ساعت

۱ـ۶ـ۳ـ هدف‌های آزمایش

الف ـ به‌دست آوردن منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر RC پایین‌گذر و تعیین فرکانس قطع فیلتر

ب ـ به‌دست آوردن منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر RC بالاگذر و تعیین فرکانس قطع فیلتر

۲ـ۶ـ۳ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش یک فیلتر RC بسیار ساده و در عین‌حال پرکاربرد را مورد آزمایش قرار می‌دهید. فیلتر RC مورد استفاده در این آزمایش از یک مقاومت اهمی ۱۲kΩ و یک خازن ۰/۱ میکروفاراد از نوع پلی‌استر تشکیل شده است. به کمک یک سیگنال ژنراتور صوتی به ورودی این فیلتر، فرکانس‌های مختلفی را مطابق جدولی که به همین منظور درنظر گرفته شده است اعمال می‌کنید و به ازای هر فرکانس ورودی ولتاژ دامنه‌ی خروجی را در همان فرکانس با ولت‌متر دیجیتالی اندازه می‌گیرید.

توجه داشته باشید که اکثر اوومترهای دیجیتالی می‌توانند ولتاژ متناوب سینوسی را تا فرکانس تقریباً 5kHz اندازه بگیرند.

بعد از تکمیل جدول، به کمک نقطه‌یابی روی دستگاه، محورهای مختصات منحنی پاسخ فرکانسی را رسم می‌کنید. در هر نقطه از منحنی که دامنه خروجی تقریباً برابر با ۷۰٪ دامنه ورودی شود را فرکانس قطع می‌گویند. در نهایت فرکانس قطع فیلتر را می‌توانید از روی منحنی آن به‌دست آورید.

۳ـ۶ـ۳ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ اوومتر دیجیتالی	یک دستگاه
۲ـ سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳ـ مقاومت ۱۲kΩ	یک عدد
۴ـ خازن ۰/۱ میکروفاراد از نوع پلی‌استر	یک عدد
۵ـ سیم رابط دوسر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	دو رشته
۶ـ سیم رابط یک سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	چهار رشته

۴ـ۶ـ۳ـ مراحل اجرای آزمایش

موضوع الف: به‌دست آوردن منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر RC پایین گذر و تعیین فرکانس قطع فیلتر

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۳۳ـ۳) را ببندید.
- رنج کلید ولت‌متر آوومتر را روی ۲۰ V و یا AUTO قرار دهید.
- کلید AC/DC را روی حالت AC بگذارید.
- فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۱۰ Hz و کلید انتخاب موج را روی حالت سینوسی قرار دهید.
- ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که ولت‌متر AC مقدار ۵ ولت را نشان دهد.

الف ـ شماتیک مدار

ب ـ مدار عملی

شکل ۳۳ـ۳ـ مدار آزمایش

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۲۰ Hz تنظیم کنید و ولتاژی را که ولت‌متر AC نشان می‌دهد در مقابل فرکانس ۲۰ Hz در جدول (۳ـ۳) یادداشت کنید.

■ فرکانس را به ترتیب مطابق اعداد داده شده در جدول (۳ـ۳) تنظیم کنید.

■ به ازای هر فرکانس، ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و در مقابل فرکانس ما به ازای آن یادداشت کنید.

■ فرکانس قطع بالا، فرکانسی است که به‌ازای اعمال آن به ورودی فیلتر، در خروجی فیلتر ۰/۷۷ (هفتاد درصد ولتاژ ورودی) را داشته باشیم.

■ با توجه به جدول (۳ـ۳)، فرکانس قطع را یادداشت کنید.

$f_C =$ Hz

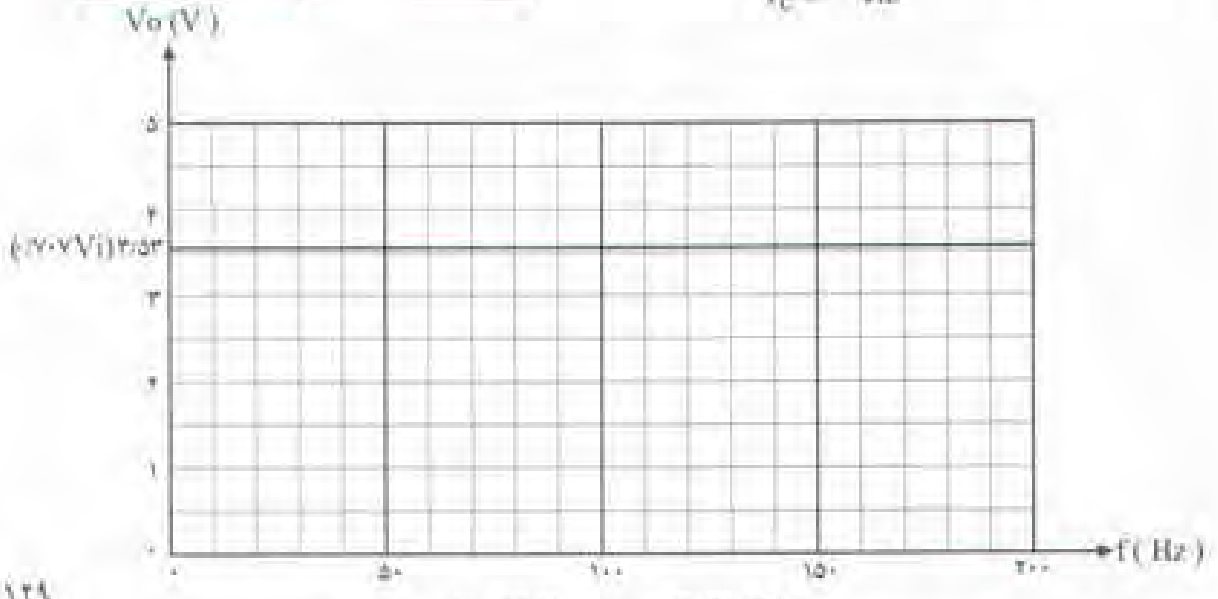
جدول ۳ـ۳

ولتاژ خروجی فیلتر (ولت)	فرکانس ولتاژ ورودی (هرتز)
	۱۰
	۲۰
	۳۰
	۴۰
	۵۰
	۶۰
	۷۰
	۸۰
	۹۰
	۱۰۰
	۱۱۰
	۱۲۰
	۱۳۰
	۱۴۰
	۱۵۰
	۱۶۰
	۱۷۰
	۱۸۰
	۱۹۰
	۲۰۰

■ با استفاده از اعداد جدول (۳ـ۳) و به کمک نقطه‌یابی، منحنی پاسخ فرکانسی (ولتاژ خروجی به‌صورت تابعی از فرکانس) را روی محورهای مختصات رسم کنید (شکل ۳۴ـ۳).

■ از روی منحنی پاسخ فرکانسی فرکانس قطع فیلتر پایین‌گذر RC را به‌دست آورید.

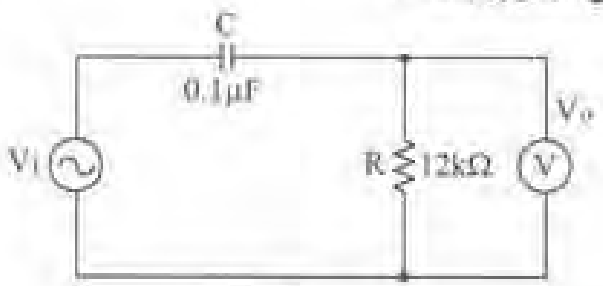
$f_C =$ Hz



شکل ۳۴ـ۳ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر

موضوع تب: به‌دست آوردن منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر RC بالاگذر و تعیین فرکانس قطع فیلتر

- مدار شکل (۳۵ـ۳) را ببندید.
- رنج کلید ولت‌متر آوومتر را روی ۲۰ V یا AUTO قرار دهید.
- کلید AC/DC را روی حالت AC بگذارید.
- فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۲ kHz و کلید انتخاب موج را روی حالت سینوسی قرار دهید.
- ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که ولت‌متر AC مقدار ۵ ولت را نشان دهد.
- فرکانس سیگنال ژنراتور را کاهش دهید و روی ۱۰ Hz تنظیم کنید.



الف – شماتیک مدار

ب – مدار عملی

شکل ۳۵ـ۳ـ مدار آزمایش

■ ولتاژی را که ولت‌متر AC در فرکانس ۱۰ Hz نشان می‌دهد در جدول (۴ـ۳) یادداشت کنید.

■ فرکانس را مطابق اعداد جدول (۴ـ۳) تنظیم کنید به‌ازای هر فرکانس، ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و در مقابل فرکانس مربوطه یادداشت کنید.

■ فرکانس قطع پایین فیلتر، فرکانسی است که درصورت اعمال آن به ورودی فیلتر، در خروجی فیلتر (۰/۷۷) هفتاد درصد ولتاژ ورودی داشته باشیم.

■ با توجه به جدول (۴ـ۳)، فرکانس قطع را به‌دست بیاورید و یادداشت کنید.

f_c فرکانس قطع بالا = ... Hz

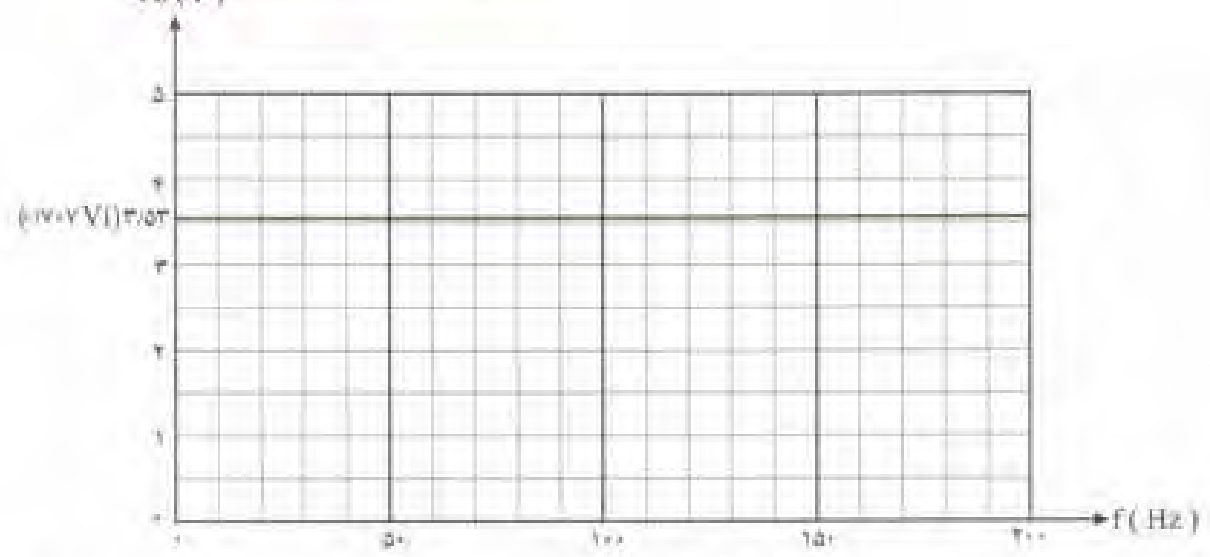
■ با استفاده از اعداد جدول (۴ـ۳) و از طریق نقطه‌یابی، منحنی پاسخ فرکانسی (ولتاژ خروجی به‌صورت تابعی از فرکانس) را در محورهای مختصات رسم کنید (شکل ۳۶ـ۳).

■ از روی منحنی پاسخ فرکانسی فرکانس قطع فیلتر بالاگذر RC را به‌دست بیاورید و یادداشت کنید.

f_c فرکانس قطع بالا = ... Hz

جدول ۴ـ۳

ولتاژ خروجی فیلتر (ولت)	فرکانس ولتاژ ورودی (هرتز)
	۱۰
	۲۰
	۳۰
	۴۰
	۵۰
	۶۰
	۷۰
	۸۰
	۹۰
	۱۰۰
	۱۱۰
	۱۲۰
	۱۳۰
	۱۴۰
	۱۵۰
	۱۶۰
	۱۷۰
	۱۸۰
	۱۹۰
	۲۰۰



شکل ۳۶ـ۳ـ منحنی پاسخ فرکانسی

خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

آزمون

۱ـ آوومترهای دیجیتالی، دامنه‌ی ولتاژ متناسب سینوسی را تقریباً تا چند هرتز به‌طور دقیق اندازه می‌گیرند؟

۲ـ در فرکانس قطع یک فیلتر RC ، رابطه R و X_C کدام است؟

الف ـ □ $R > X_C$

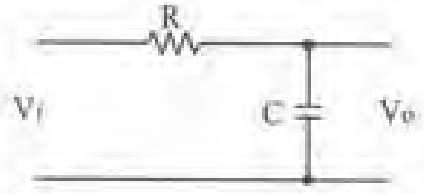
ب ـ □ $R = X_C$

ج ـ □ $R < X_C$

۳ـ فیلتر RC شکل (۳۷ـ۳) فرکانس‌های زیاد را از خود عبور ...

الف ـ □ می‌دهد

ب ـ □ نمی‌دهد



شکل ۳۷ـ۳ـ یک نمونه فیلتر

پرسش و تمرین (۳)

۱ـ رزنانس را تعریف کنید.

۲ـ در یک مدار RLC سری در حال رزنانس امپدانس مدار ..... است.

الف ـ □ حداقل ب ـ □ حداکثر

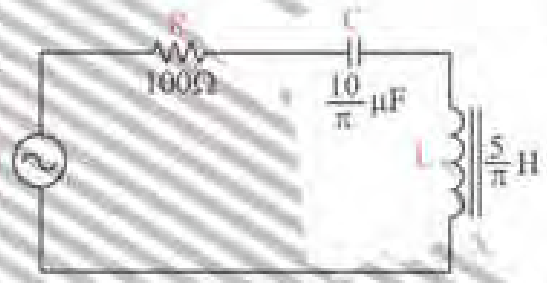
۳ـ رابطه فرکانس رزنانس در یک مدار RLC را بنویسید.

۴ـ مفهوم پهنای باند را دقیقاً شرح دهید.

۵ـ رابطه ضریب کیفیت در مدار RLC سری کدام است؟

الف ـ □ $\frac{\text{(ماکزیمم انرژی ذخیره شده)}\ 2\pi}{\text{(انرژی تلف شده در یک سیکل)}}$ ب ـ □ $\frac{\text{(انرژی تلف شده در یک سیکل)}\ 2\pi}{\text{ماکزیمم انرژی ذخیره شده}}$

۶ـ در مدار شکل (۳۸ـ۳) فرکانس رزنانس را بدست آورید.



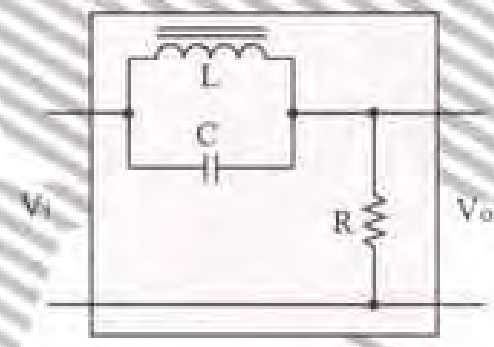
شکل ۳۸ـ۳

۷ـ در یک مدار RLC موازی، $f_r = 10\,kHz$ و $Q_r = 5$ است، پهنای باند چند هرتز است؟

الف ـ □ $\frac{2000}{\pi}$ ب ـ □ $\frac{20000}{\pi}$ ج ـ □ ۲۰۰ د ـ □ ۲۰۰۰

۸ـ شکل (۳۹ـ۳) چه نوع فیلتری است؟

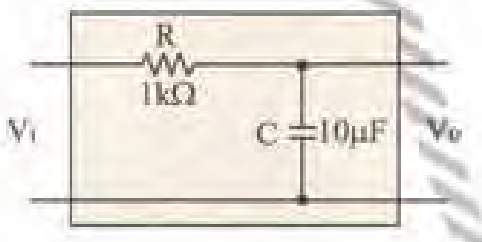
الف ـ □ پایین گذر ب ـ □ بالاگذر ج ـ □ میان گذر د ـ □ میان نگذر



شکل ۳۹ـ۳

۹ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر، چه نوع اطلاعاتی در اختیار ما می گذارد؟

۱۰ـ فرکانس قطع را برای فیلتر شکل (۴۰ـ۳) را بدست آورید.



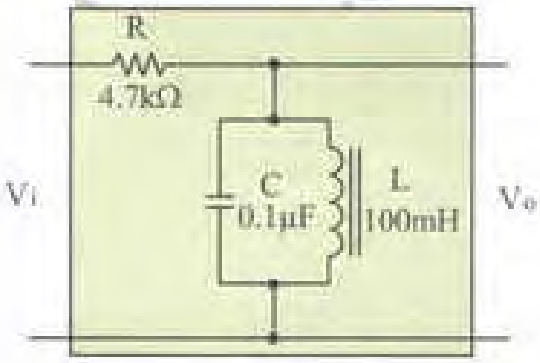
شکل ۴۰ـ۳

آزمون عملی پایانی (۳)

۱ـ فیلتر میان گذر شکل (۴۰ـ۳) را ببندید و پهنای باند آن را از طریق آزمایش به‌دست آورید. ورودی مدار را به یک سیگنال ژنراتور صوتی وصل کنید و خروجی آن را به یک آومتر دیجیتالی (در حالت ولت‌متر) فرکانس‌ها را مطابق جدول توسط سیگنال ژنراتور به‌ورودی اعمال کنید و سعی کنید در فرکانس ۱۰۰Hz، ولتاژ خروجی ۵ولت باشد. بعد از پر کردن جدول، روی محورهای مختصات با نقطه‌یابی منحنی پاسخ فرکانسی را رسم و فرکانس قطع پایین و قطع بالا را به‌دست آورید.

جدول ۵ـ۳

ولتاژ خروجی فیلتر (ولت)	فرکانس ولتاژ ورودی (هرتز)
۰/۵	۱۰
	۱۰۰
	۲۰۰
	۵۰۰
	۷۰۰
	۱۰۰۰
	۱۲۵۰
	۱۳۰۰
	۱۳۵۰
	۱۴۰۰
	۱۴۵۰
	۱۵۰۰
	۱۵۵۰
	۱۶۰۰
	۱۶۵۰
	۱۷۰۰
	۱۸۰۰
	۱۹۰۰
	۲۰۰۰
	۲۱۰۰

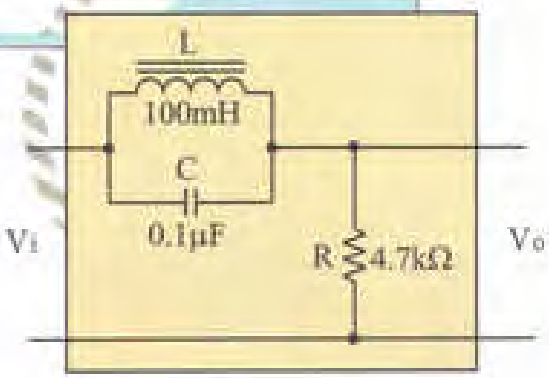


شکل ۴۱ـ۳

۲ـ فیلتر میان‌گذر شکل زیر را ببندید و منحنی پاسخ فرکانسی آن را رسم کنید. از روی منحنی پاسخ فرکانسی، فرکانسی که دامنه خروجی به حداقل می‌رسد به‌دست آورید.

جدول ۶ـ۳

فرکانس ولتاژ ورودی (هرتز)	ولتاژ خروجی فیلتر (ولت)
۱۰	۵
۱۰۰	
۲۰۰	
۵۰۰	
۷۰۰	
۱۰۰۰	
۱۲۵۰	
۱۳۰۰	
۱۳۵۰	
۱۴۰۰	
۱۴۵۰	
۱۵۰۰	
۱۵۵۰	
۱۶۰۰	
۱۶۵۰	
۱۷۰۰	
۱۸۰۰	
۱۹۰۰	
۲۰۰۰	
۲۱۰۰	



شکل ۴۲ـ۳

فصل چهارم

ترانسفورماتور

هدف کلی

محاسبات مربوط به ساخت یک ترانسفورماتور را انجام داده و سپس آن را بسازد.

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

۱ـ طرز کار ترانسفورماتور را شرح دهد.
۲ـ نسبت تبدیل ترانسفورماتور را شرح دهد.
۳ـ عمل تطبیق امپدانس را توضیح دهد.
۴ـ کاربرد ترانسفورماتور در عمل تطبیق ترانسفورماتور را شرح دهد.
۵ـ فرق ترانسفورماتور ایده‌آل و غیرایده‌آل را شرح دهد.
۶ـ انواع تلفات در ترانسفورماتور را شرح دهد.
۷ـ یک ترانسفورماتور را محاسبه کند.
۸ـ یک ترانسفورماتور کوچک را سیم‌پیچی کند.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۲	۶	۸

پیش‌آزمون (۴)

۱ـ در شکل زیر اهم‌متر چند اهم را نشان می‌دهد؟

الف ـ ۰/۷۴ ب ـ ۷/۴ ج ـ ۷۴ د ـ ۷۴۰

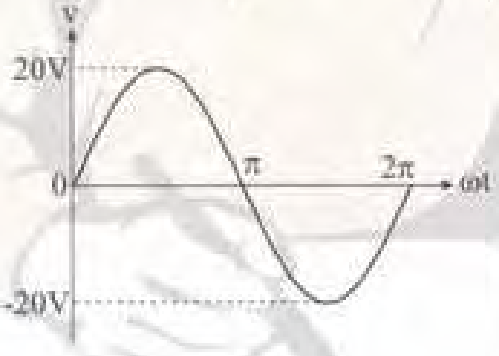
۲ـ مقاومت شکل زیر چند اهم است؟

الف ـ ۳۳۰۰Ω ± ٪۲۰ ب ـ ۳/۳Ω ± ٪۲۰

ج ـ ۳۳۰۰Ω ± ٪۱۰ د ـ ۳/۳Ω ± ٪۱۰

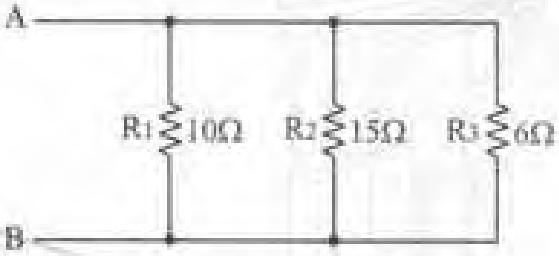
۳ـ در شکل زیر مقدار مؤثر ولتاژ چند ولت است؟

الف ـ ۲۰√۲ ب ـ ۴۰√۲ ج ـ $\frac{۲۰}{\sqrt{۲}}$ د ـ $\frac{۴۰}{\sqrt{۲}}$



۴ـ مقاومت معادل از دو نقطه A و B شکل زیر چند اهم است؟

الف ـ ۴/۵ ب ـ ۳ ج ـ ۲/۵ د ـ ۲

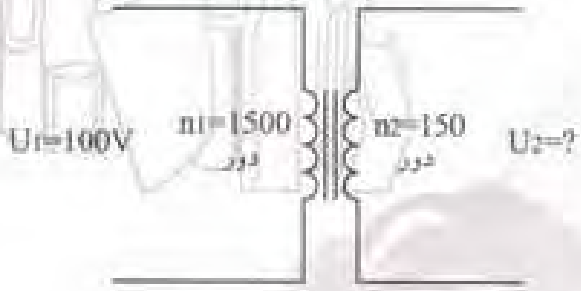


۵ـ کنتور برق، انرژی مصرفی را با کدام واحد نشان می‌دهد؟

الف ـ وات ـ ثانیه ب ـ وات ـ ساعت ج ـ کیلووات ثانیه د ـ کیلووات ساعت

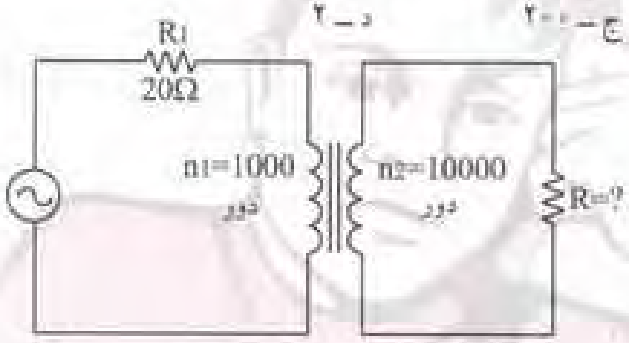
۶ـ در شکل زیر U ۲ چند ولت است؟

الف ـ ۱۰ ب ـ ۱۵ ج ـ ۱ د ـ ۱/۵



۷ـ در شکل زیر مقدار R چند اهم باشد تا حداکثر توان دوسر آن انتقال یابد؟

الف ـ ۲۰۰۰۰ ب ـ ۲۰۰۰ ج ـ ۲۰۰ د ـ ۲



۸ـ اگر یک ترانسفورماتور، ولتاژ را ..... دهد، جریان را کاهش خواهد داد.

الف ـ کاهش ب ـ افزایش

۹ـ تلفات مسی در یک ترانسفورماتور، در کدام قسمت آن به‌وجود می‌آید؟

الف ـ سیم‌پیچ‌ها ب ـ هسته

۱۰ـ ترانسفورماتور ایده‌آل، چه نوع ترانسفورماتوری است؟

الف ـ ترانسفورماتوری که تلفات آهنی آن صفر باشد

ب ـ ترانسفورماتوری که تلفات مسی آن صفر باشد.

ج ـ موارد الف و ب

د ـ ترانسفورماتوری که به‌صورت فیلتر عمل کند.

نکات ایمنی (۴)

۱ـ سیم‌های لاکی مورد استفاده در ترانسفورماتورها از جنس مس است که با پوششی از لاک عایق می‌شود. هنگام استفاده از این نوع سیم در ترانسفورماتور، مواظب باشید که سیم زخمی نشود. اگر سیم زخمی شود پوشش لاکی روی سیم آسیب می‌بیند و خاصیت عایقی از بین می‌رود. در این شرایط ممکن است در مدار اتصال کوتاه پیش بیاید.

۲ـ هنگام جازدن هسته‌ها مواظب باشید که هسته‌ها کج نشوند.

۳ـ هنگام لحیم‌کاری سیم‌های افشان به سیم‌های لاکی، ابتدا به اندازهٔ یک سانتی‌متر از انتهای هردو سیم را قلع‌اندود کنید سپس آن‌ها را به یک‌دیگر اتصال دهید.

۴ـ هیچ‌گاه سیم‌های یک مفتول را به ترمینال وصل نکنید. زیرا امکان شکستن آن و قطع ارتباط کامل وجود دارد.

۵ـ هنگام لحیم‌کاری از قلع مرغوب (۶۳٪ قلع، ۳۷٪ سرب) استفاده کنید.

۶ـ هنگام آزمایش ترانسفورماتور و وصل آن به برق ۲۲۰ ولت، ضمن رعایت نکات ایمنی حتماً این قسمت را زیرنظر مربی کارگاه انجام دهید.

۱ـ۴ـ اصول کار ترانسفورماتور

۱ـ۱ـ۴ـ تعریف ترانسفورماتور: ترانسفورماتور یک دستگاه الکترومغناطیسی است که می‌تواند ولتاژ متناوب سینوسی مانند ولتاژ ۲۲۰ ولت برق شهر را دریافت و آن را به ولتاژ مورد نیاز مثلاً ۱۲ ولت تبدیل کند. شکل (۱ـ۴) یک نمونه ترانسفورماتور کوچک را نشان می‌دهد.

شکل ۱ـ۴ـ یک نمونه ترانسفورماتور کوچک

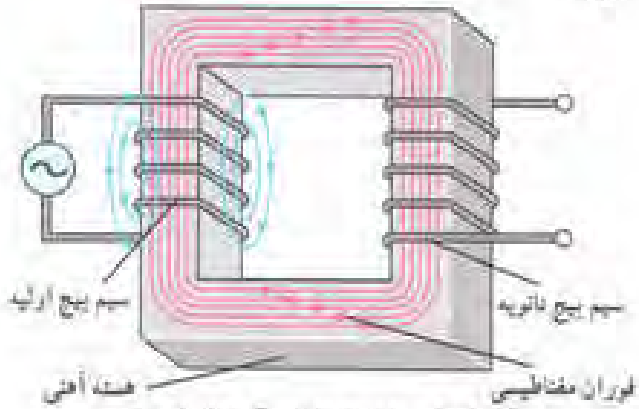
ترانسفورماتور در نوع انرژی تغییری ایجاد نمی‌کند و فقط قادر است مقدار ولتاژ دریافتی را متناسب با نیاز تغییر دهد. معمولاً تلفات در ترانسفورماتورها زیاد نیست، لذا می‌توان با تقریب خوب توان ورودی را با توان خروجی برابر گرفت. بنابراین اگر ولتاژ ورودی یک ترانسفورماتور ۲۲۰ ولت و جریان آن ۲A باشد می‌تواند ولتاژ خروجی ۱۱۰ ولت و جریان ۴A را تحویل دهد (شکل ۲ـ۴). حال اگر ولتاژ خروجی ۴۴۰ ولت شود، جریان خروجی به یک آمپر کاهش می‌یابد (شکل ۳ـ۴).

شکل ۲ـ۴ـ در یک ترانسفورماتور تلفات بسیار کم، توان ورودی تقریباً با توان خروجی برابر است بنابراین اگر ولتاژ خروجی کاهش یابد جریان خروجی زیاد می‌شود.

شکل ۳ـ۴ـ اگر ترانسفورماتوری باعث افزایش ولتاژ شود، جریان را کاهش می‌دهد.

ساختمان یک ترانسفورماتور شامل دو سیم‌پیچ و یک هسته است. چنانچه انرژی الکتریکی با ولتاژ مشخصی را به یکی از سیم‌پیچ‌ها اعمال کنیم، می‌توانیم ولتاژ مورد نیاز را از سیم‌پیچ دیگر دریافت کنیم.

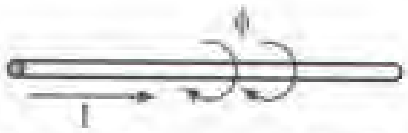
سیم‌پیچی را که ولتاژ به آن اعمال می‌کنیم، سیم‌پیچ اولیه و سیم‌پیچی را که ولتاژ از آن دریافت می‌کنیم سیم‌پیچ ثانویه می‌نامند. شکل (۴ـ۴) ساختمان ساده یک ترانسفورماتور را نشان می‌دهد.



شکل ۴ـ۴ـ ساختمان داخلی یک ترانسفورماتور

۲ـ۱ـ۴ـ قانون آمپر و قانون الکترومغناطیسی فاراده

طبق قانون آمپر اگر از یک هادی جریانی عبور کند اطراف این هادی یک میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آید. اگر جریان ثابت باشد، میدان نیز ثابت است. در صورتی که جریان سینوسی باشد، میدان نیز به‌صورت سینوسی خواهد بود (شکل ۵ـ۴).

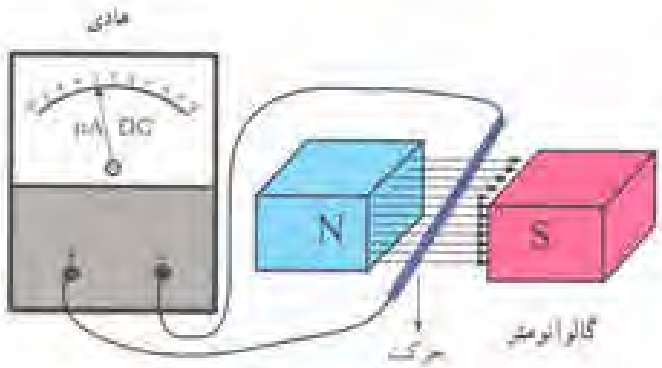


شکل ۵ـ۴ـ اگر از یک هادی جریان عبور کند اطراف آن یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود.

جهت میدان مغناطیسی بستگی به جهت جریان دارد و طبق قانون دست راست مشخص می‌شود. اگر با دست راست هادی را در دست بگیریم، چنانچه انگشت شست جهت جریان را نشان دهد، انگشتان دست جهت میدان را نشان می‌دهند (شکل ۶ـ۴).

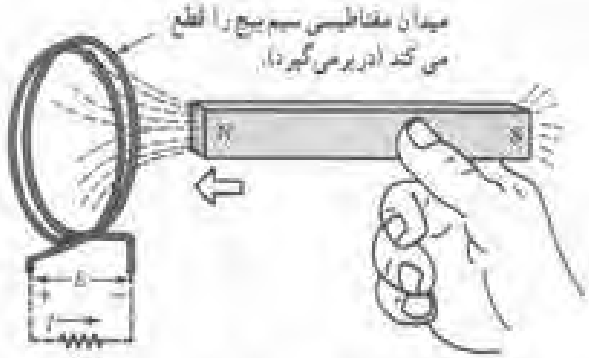
شکل ۶ـ۴ـ اگر انگشت شست جهت جریان را نشان دهد، انگشتان دست جهت میدان را نشان می‌دهند.

طبق قانون الکترومغناطیسی فاراده، اگر یک هادی را در یک میدان مغناطیسی به‌حرکت درآوریم به‌طوری که هادی میدان مغناطیسی را قطع کند در دوسر هادی ولتاژی القا می‌شود. در شکل (۷ـ۴) حرکت یک هادی در یک میدان مغناطیسی نشان داده شده است.



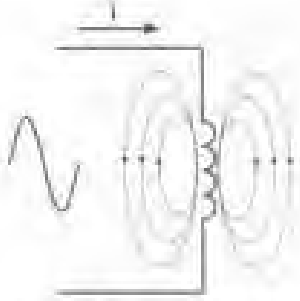
شکل ۷ـ۴ـ اگر یک هادی در یک میدان مغناطیسی به‌حرکت درآید، در دوسر هادی یک ولتاژ القا می‌شود.

اگر هادی ثابت و میدان مغناطیسی متغیر باشد، باز هم در هادی ولتاژی به‌وجود می‌آید (القا می‌شود). میدان متغیر می‌تواند براثر حرکت آهن‌ربا (میدان ساکن) و یا از عبور جریان متناوب از یک هادی تأمین شود.



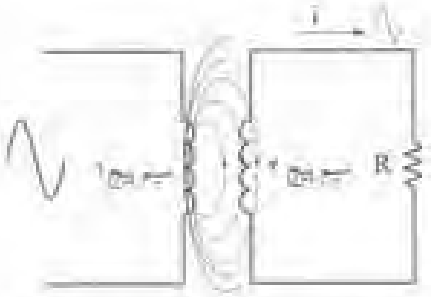
شکل ۸ـ۴ـ اگر هادی ثابت و میدان متغیر باشد در هادی ولتاژ القا می‌شود (به وجود می‌آید).

۳ـ۱ـ۴ـ اساس کار ترانسفورماتور: اگر به یک سیم‌پیچ، ولتاژ متناوب اعمال شود در سیم‌پیچ جریان متناوب جاری می‌شود و طبق قانون آمپر در اطراف سیم‌پیچ میدان مغناطیسی متغیر به‌وجود می‌آید.



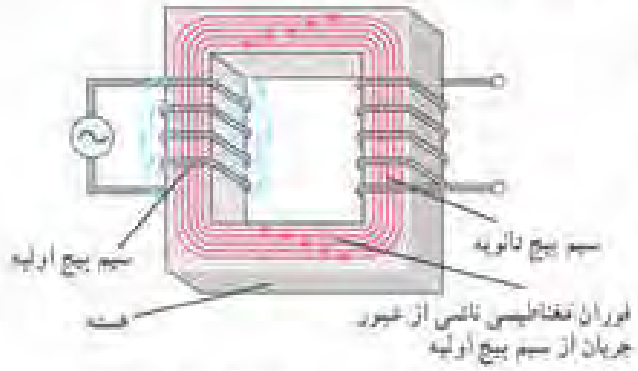
شکل ۹ـ۴ـ اگر یک جریان سینوسی از یک سیم‌پیچ عبور کند، اطراف سیم‌پیچ یک میدان مغناطیسی متناوب (سینوسی) به‌وجود می‌آید.

حال اگر سیم‌پیچ دیگری را در مجاورت چنین سیم‌پیچی قرار دهیم، میدان مغناطیسی حاصل از عبور جریان متناوب از سیم‌پیچ اول سیم‌پیچ دوم را در برمی‌گیرد و طبق قانون القای الکترومغناطیسی فاراده در سیم‌پیچ دوم اختلاف پتانسیل یا ولتاژ القا می‌شود.

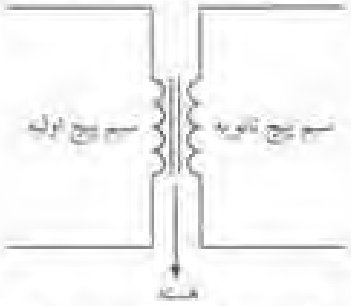


شکل ۱۰ـ۴ـ اگر به سیم‌پیچ ۱ ولتاژ سینوسی اعمال شود این ولتاژ یک جریان سینوسی در سیم‌پیچ ایجاد می‌کند. جریان سینوسی به نوبه خود باعث به‌وجود آمدن میدان مغناطیسی به فرم سینوسی می‌شود این میدان در سیم‌پیچ ۲، یک ولتاژ سینوسی القا می‌کند.

یک ترانسفورماتور معمولی، حداقل دارای دو سیم‌پیچ است به یکی از سیم‌پیچ‌های آن ولتاژ متناوب اعمال کنیم به این سیم‌پیچ، سیم‌پیچ اولیه[1] می‌گویند. با اعمال ولتاژ به سیم‌پیچ اولیه، جریانی در سیم‌پیچ اولیه جاری می‌شود، این جریان طبق قانون آمپر، در اطراف سیم‌پیچ یک میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آورد. حال سیم‌پیچ دیگری را در مجاورت سیم‌پیچ اولیه قرار می‌دهیم. میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌پیچ اولیه، سیم‌پیچ دوم را قطع می‌کند (در برمی‌گیرد)، بنابراین در سیم‌پیچ دوم ولتاژی القا می‌شود. به سیم‌پیچ دوم سیم‌پیچ ثانویه[2] می‌گویند. برای این که حداکثر فوران ناشی از سیم‌پیچ اولیه، سیم‌پیچ ثانویه را قطع کند، بین دو سیم‌پیچ یک هسته از جنس آهن (معمولاً آهن سیلیس‌دار) قرار می‌دهند. ساختمان ترانسفورماتور در شکل (۱۱ـ۴) نشان داده شده است. در شکل (۱۲ـ۴) نمای فنی ترانسفورماتور را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۱ـ۴ـ ساختمان داخلی یک ترانسفورماتور

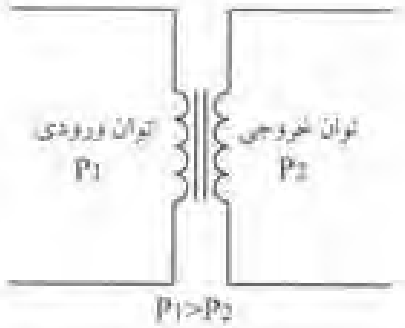


شکل ۱۲ـ۴ـ نمای فنی یک ترانسفورماتور معمولی

۱ـ Primary Winding ۲ـ Secondary Winding

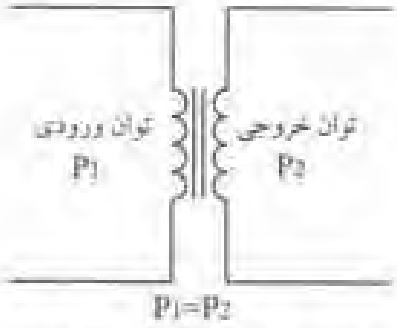
با انتخاب مناسب تعداد دورهای اولیه و تعداد دورهای ثانویه یک ترانسفورماتور می‌توان هر ولتاژی را به ولتاژ دیگر تبدیل کرد. همچنین با انتخاب ابعاد مناسب هسته و ضخامت سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه نیز می‌توان توان مورد نیاز را به‌وسیله ترانسفورماتور تأمین کرد.

۴ـ۱ـ۴ـ نسبت تبدیل ترانسفورماتور: توان ورودی در ترانسفورماتور تلف می‌شود. لذا توان خروجی همواره اندکی کمتر از توان ورودی است.



شکل ۱۳ـ۴ـ توان خروجی همواره اندکی کمتر از توان ورودی است. (تقریباً برابر با توان ورودی)

اگر توان خروجی را برابر توان ورودی درنظر بگیریم، ترانسفورماتور را ایده‌آل می‌نامند.



شکل ۱۴ـ۴ـ ترانسفورماتور ایده‌آل

در یک ترانسفورماتور ایده‌آل داریم:

$P_1 = P_2$ می‌دانیم

$P_2 = V_2.I_2 \quad , \quad P_1 = U_1.I_1$

با مساوی قرار دادن طرفین داریم:

$P_2 = V_2.I_2 \quad , \quad P_1 = U_1.I_1$

$U_1.I_1 = U_2.I_2$

رابطه را ساده می‌کنیم

$$\frac{U_1}{I_2} = \frac{U_2}{I_1}$$

$$\boxed{\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}}$$

شکل ۱۵ـ۴ـ اگر به ثانویه یک ترانسفورماتور یک بار وصل کنیم، جریان اولیه ترانسفورماتور افزایش می‌یابد.

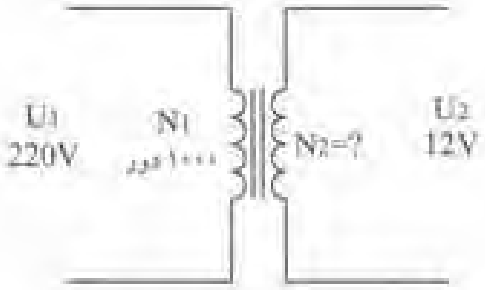
مقدار ولتاژ القا شده در ثانویه بستگی به تعداد دور سیم‌پیچ ثانویه و تعداد دور اولیه نیز بستگی به ولتاژ اولیه (U_1) دارد. لذا رابطه زیر را می‌توانیم در یک ترانسفورماتور ایده‌آل بنویسیم.

شکل ۱۶ـ۴ـ ولتاژهای اولیه و ثانویه یک ترانسفورماتور، بستگی به تعداد دور اولیه و ثانویه دارد.

$$\frac{U_1}{U_2}=\frac{N_1}{N_2}=\frac{I_2}{I_1}$$

در ترانسفورماتور ایده‌آل نسبت جریان سیم‌پیچ‌ها با عکس نسبت تعداد دور سیم‌پیچ‌ها متناسب است.

مثال ۱: در یک ترانسفورماتور $U_1=۲۲۰V$ و $U_2=۱۲V$ است اگر $N_1=۱۰۰۰$ دور باشد، N_2 را محاسبه کنید (شکل ۱۷ـ۴).



شکل ۱۷ـ۴ـ با تغییر دور می‌توان ولتاژ ثانویه را تنظیم کرد.

$$\frac{U_1}{U_2}=\frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{۲۲۰}{۱۲}=\frac{۱۰۰۰}{N_2}$$

$$N_2=\frac{۱۰۰۰\times ۱۲}{۲۲۰}=۵۵ \text{ دور}$$

مثال ۲: در یک ترانسفورماتور مقادیر زیر را طبق شکل (۱۸ـ۴) داریم:

$U_1=۲۴V$

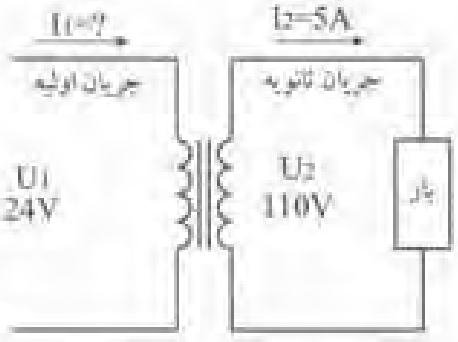
$U_2=۱۱۰V$

$I_2=۵A$

جریان اولیه (I_1) ترانسفورماتور چند آمپر است؟

$$\frac{U_1}{U_2}=\frac{I_2}{I_1}\Rightarrow I_1=\frac{U_2.I_2}{U_1}$$

$$I_1=\frac{۱۱۰\times ۵}{۲۴}=۲۲/۹۱A$$



شکل ۱۸ـ۴ـ هرقدر جریان I_2 بیشتر شود، جریان I_1 نیز بیشتر می‌شود.

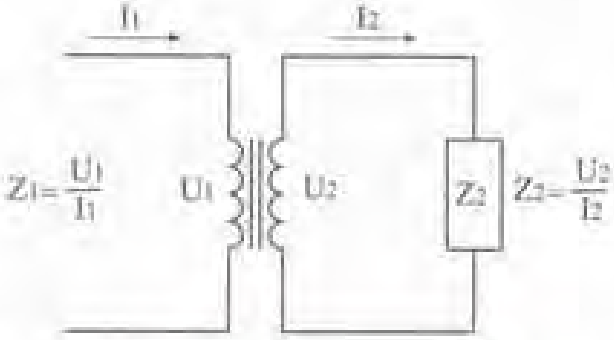
۲ـ۴ـ ترانسفورماتورهای تطبیق امپدانس

۱ـ۲ـ۴ـ تبدیل امپدانس: اگر ولتاژ سیم‌پیچ اولیه یا ثانویه را به جریان گذرنده از آن سیم‌پیچ اولیه یا ثانویه تقسیم کنیم، امپدانس بار در ثانویه و امپدانس بار در طرف اولیه از روابط زیر به‌دست می‌آید.

طبق قانون اهم $Z_1 = \frac{U_1}{I_1}$ ، $Z_2 = \frac{U_2}{I_2}$

در روابط فوق Z_2 امپدانس بار و Z_1 امپدانسی است که در اولیه ترانسفورماتور دیده می‌شود. مقدار این امپدانس از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$Z_1 = Z_2 (\frac{N_1}{N_2})^2$$



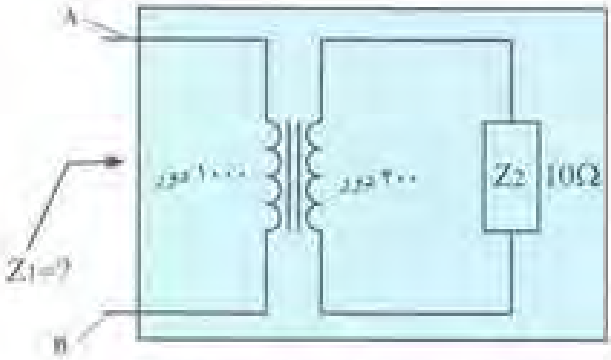
شکل ۱۹ـ۴ـ امپدانس دیده شده از دیدگاه اولیه برابر $(\frac{N_1}{N_2})^2$ برابر Z_2 است.

مثال ۱: در ترانسفورماتور شکل (۲۰ـ۴)

(تعداد دور سیم‌پیچ اولیه) $N_1 = ۱۰۰۰$ دور

(تعداد دور سیم‌پیچ ثانویه) $N_2 = ۲۰۰$ دور

$Z_L = ۱۰\Omega$

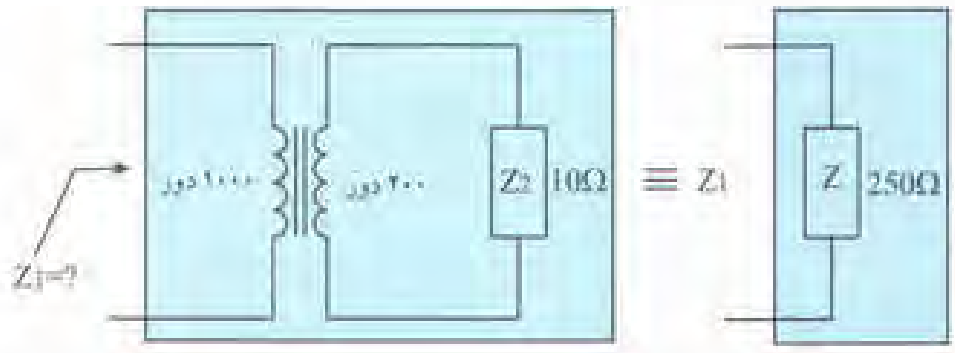


شکل ۲۰ـ۴ـ از دو نقطه A و B یک امپدانس دیده می‌شود.

مقدار امپدانس Z_1 یعنی مقاومت دیدگاه از سیم‌پیچ اولیه را به‌دست آورید (شکل ۲۱ـ۴).

$$Z_1 = Z_2 (\frac{N_1}{N_2})^2 = ۱۰ \times (\frac{۱۰۰۰}{۲۰۰})^2 = ۲۵۰\Omega$$

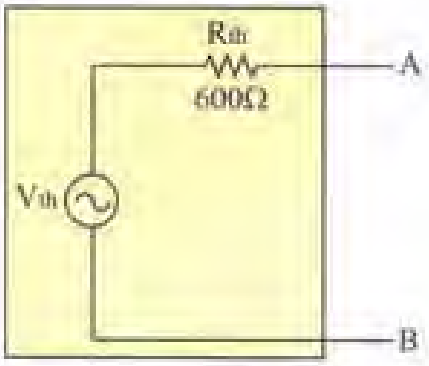
> در یک ترانسفورماتور ایده‌آل، نسبت امپدانس از دیدگاه اولیه به امپدانس ثانویه با مجذور نسبت تعداد دورهای سیم‌پیچ اولیه و ثانویه متناسب است.



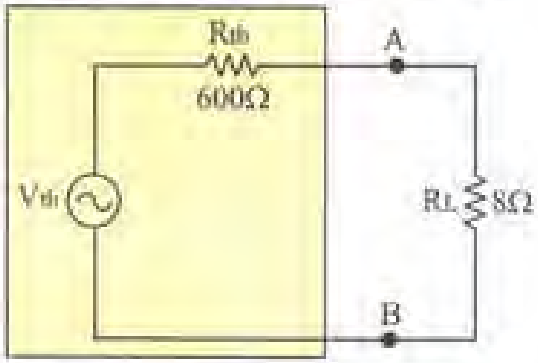
شکل ۲۱ـ۴ـ دو مدار فوق از نظر الکتریکی برابر هستند.

۲ـ۲ـ۴ـ تطبیق امپدانس به کمک ترانسفورماتور:

فرض کنید می‌خواهیم مدار معادل تونن شکل (۲۲ـ۴) حداکثر توان را به یک مقاومت ۸Ω انتقال دهد. شرط انتقال توان حداکثر این است که مقاومت بار با مقاومت معادل تونن (Rth)[1] برابر شود. با توجه به این که مقاومت معادل دیده شود از دو نقطه A و B برابر با ۶۰۰Ω و مقاومت بار برابر با ۸Ω است. با اتصال مستقیم مقاومت ۸Ω به دو نقطه A و B ، حداکثر توان به مقاومت ۸Ω منتقل شود.



شکل ۲۲ـ۴ـ مدار معادل تونن یک مدار الکتریکی یا الکترونیکی



شکل ۲۳ـ۴ـ با اتصال مستقیم مقاومت ۸Ω به دو نقطه A و B مدار معادل تونن حداکثر توان به مقاومت ۸Ω منتقل نمی‌شود.

برای انتقال حداکثر توان به مقاومت۸Ω ترانسفورماتور استفاده می‌شود.

بار را به ثانویه ترانسفورماتور وصل می‌کنیم با توجه به رابطه انتقال امپدانس

$$Z_1 = Z_2(\frac{N_1}{N_2})^2$$

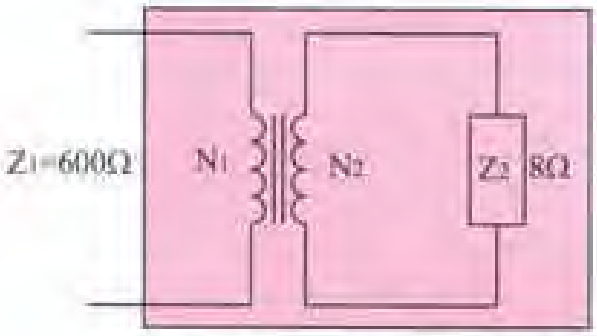
$$۶۰۰ = ۸(\frac{N_1}{N_2})^2$$

تعداد دورهای ترانسفورماتور را طوری انتخاب می‌کنیم که از دیدگاه اولیه ترانسفورماتور امپدانس ۶۰۰Ω را داشته باشیم.

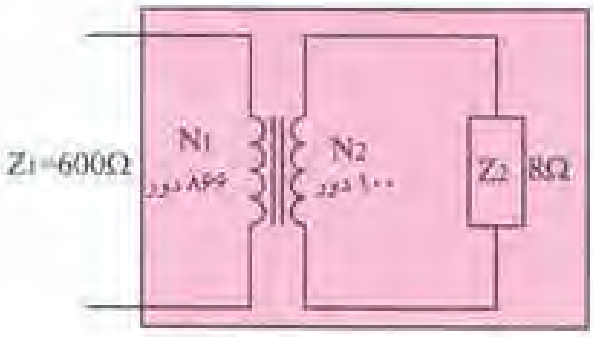
$$(\frac{N_1}{N_2})^2 = \frac{۶۰۰}{۸} = ۷۵$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \sqrt{۷۵} = ۸/۶۶$$

اگر $N_2 = ۱۰۰$ دور انتخاب کنیم. مقدار N_1 باید برابر با دور $N_1 = ۸/۶۶N_2 = ۸/۶۶ \times ۱۰۰ = ۸۶۶$ باشد.



شکل ۲۴ـ۴ـ استفاده از ترانسفورماتور برای انتقال توان

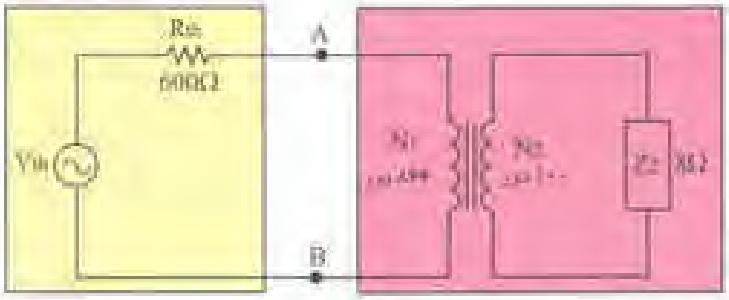


شکل ۲۵ـ۴ـ تطبیق امپدانس با استفاده از ترانسفورماتور

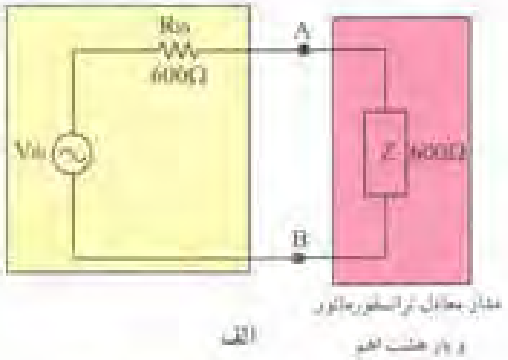
۱ـ مقاومت معادل تونن مقاومتی است که از دو نقطه A و B (یا از نقطه مشخص از مدار) دیده می‌شود.

حال ترانسفورماتور با بار ۸Ω را به مدار معادل تونن (مدار موردنظر از دو نقطه A و B) وصل می‌کنیم. چون امپدانس از دیدگاه اولیه ترانسفورماتور ۶۰۰Ω است پس حداکثر توان به اولیه ترانسفورماتور منتقل می‌شود، از طرفی در یک ترانسفورماتور توان اولیه با توان ثانویه تقریباً برابر است. لذا حداکثر توان منتقل شده به اولیه ترانسفورماتور به ثانویه ترانسفورماتور منتقل شده و ثانویه ترانسفورماتور می‌تواند این توان را به بار تحویل می‌دهد. (شکل ۲۷ـ۴ـ الف).

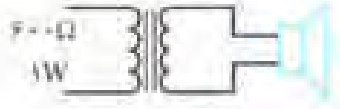
به کمک ترانسفورماتور می‌توان مقدار امپدانس بار (مصرف‌کننده) را از دیدگاه اولیه کم و یا زیاد کنیم به عبارت دیگر توان انتقالی را به مقداری که نیاز داریم برسانیم. به این نوع ترانسفورماتورها، ترانسفورماتور تطبیق امپدانس نیز می‌گویند. این ترانسفورماتورها برای انتقال حداکثر توان به بلندگوها به‌کار می‌روند زیرا بلندگوها معمولاً دارای امپدانس ۴Ω یا ۸Ω است (شکل ۲۷ـ۴ـ ب).



شکل ۲۶ـ۴ـ امپدانس از دو نقطه A و B برابر ۶۰۰Ω است.



الف



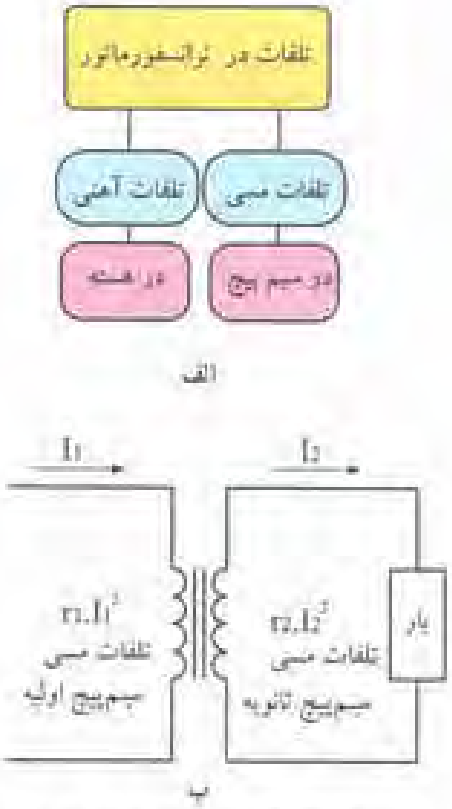
ب

شکل ۲۷ـ۴ـ تطبیق امپدانس

۳ـ۴ـ تلفات در ترانسفورماتور

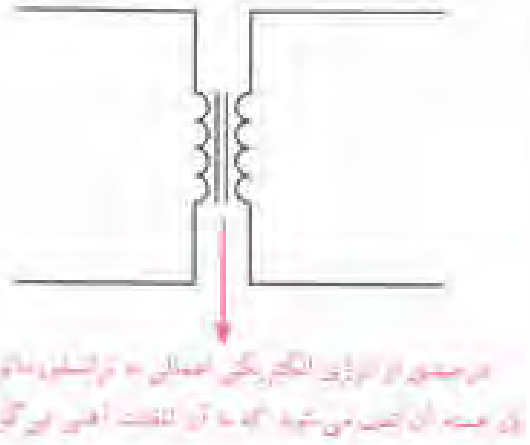
وقتی انرژی الکتریکی را به ترانسفورماتور اعمال می‌کنیم، قسمتی از این انرژی در ترانسفورماتور تلف می‌شود به این انرژی تلف شده، تلفات ترانسفورماتور می‌گویند. مهم‌ترین تلفات در یک ترانسفورماتور تلفات مسی و آهنی است (شکل ۲۸ـ۴ـ الف).

۱ـ۳ـ۴ـ تلفات مسی: سیم‌پیچ اولیه دارای مقاومت r_1 و سیم‌پیچ ثانویه دارای مقاومت اهمی r_2 است. هنگامی که ترانسفورماتور کار می‌کند جریان از سیم‌پیچ اولیه و ثانویه عبور می‌کند. لذا تلفات $r_1I_1^2$ در سیم‌پیچ اولیه و $r_2I_2^2$ در سیم‌پیچ ثانویه به‌وجود می‌آید. به این تلفات، تلفات مسی می‌گویند (شکل ۲۸ـ۴ـ ب).



شکل ۲۸ـ۴ـ تلفات در ترانسفورماتور

۲ـ۳ـ۴ـ تلفات آهنی: درصد بسیار کمی از انرژی الکتریکی اعمالی به ترانسفورماتور در هسته ترانسفورماتور تلف می‌شود که به آن تلفات آهنی می‌گویند. تلفات کل ترانسفورماتور از مجموع تلفات مسی و آهنی حاصل می‌شود (شکل ۲۹ـ۴).



شکل ۲۹ـ۴ـ تلفات آهنی

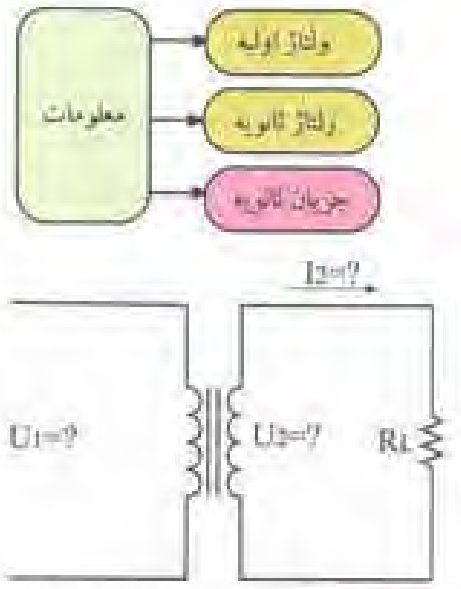
۴ـ۴ـ محاسبه عملی یک ترانسفورماتور کوچک

برای سیم‌پیچی یک ترانسفورماتور، ابتدا باید مشخصات ترانسفورماتور مانند نوع هسته، ابعاد قرقره سیم‌پیچی، تعداد دور اولیه و ... را با محاسبه به‌دست آورد. برای این منظور باید مقادیر زیر مشخص شود:

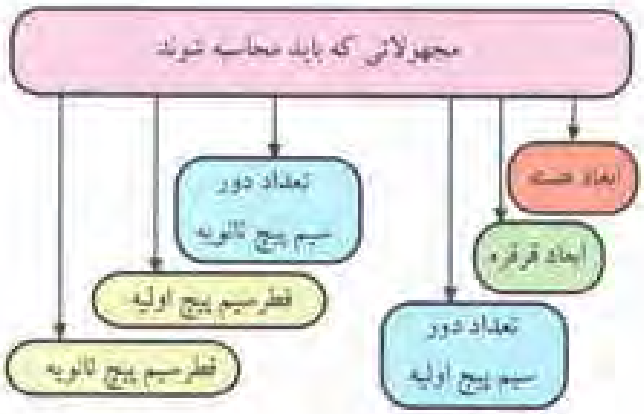
الف: ولتاژ اولیه (ترانسفورماتور به ولتاژ چند ولت باید وصل شود)

ب: ولتاژ ثانویه (از ثانویه ترانسفورماتور چند ولت ولتاژ باید دریافت نماییم)

پ: جریان ثانویه (باری که به ثانویه ترانسفورماتور وصل می‌شود چند آمپر جریان می‌کشد)



شکل ۳۰ـ۴ـ قبل از ساخت ترانسفورماتور، ابتدا باید مقادیر I_2 و U_2 و U_1 را مشخص کرد.



پس از مشخص کردن مقادیر اولیه باید به کمک محاسبات مشخصات زیر را به‌دست آوریم.

الف: ابعاد هسته

ب: ابعاد قرقره سیم‌پیچی

پ: تعداد دور سیم‌پیچ اولیه و ثانویه

ت: قطر سیم‌پیچ اولیه و ثانویه

مثال: یک ترانسفورماتور با ولتاژ اولیه ۲۲۰ ولت و ثانویه ۱۲ ولت و جریان خروجی ۲A نیاز داریم. پارامترهای مورد نیاز را برای سیم‌پیچی آن محاسبه کنید.

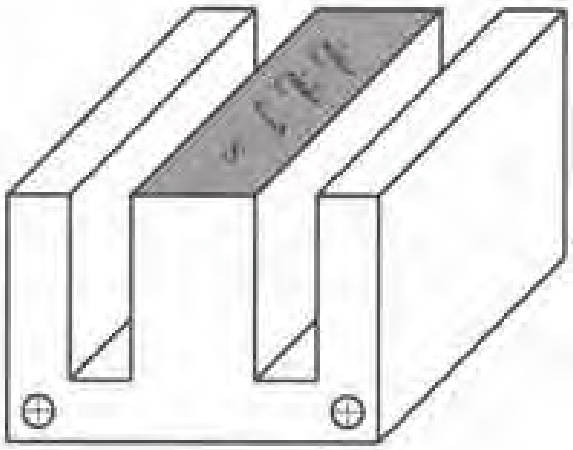
ابتدا توان ثانویه ترانسفورماتور را محاسبه می‌کنیم.

$$P_2 = U_2 . I_2 = ۱۲ \times ۲ = ۲۴ V\_A$$

با توجه به توان ثانویه ترانسفورماتور، سطح مقطع هسته را به‌دست می‌آوریم.

$$S = ۱/۲۱ \sqrt{P_2} = ۱/۲۱ \sqrt{۲۴} \cong ۶ cm^2$$

سطح مقطع هسته، به قسمتی از هسته اطلاق می‌شود که سیم‌پیچ به دور آن پیچیده می‌شود. در شکل (۳۱ـ۴) سطح مقطع یک نوع هسته نشان داده شده است.



شکل ۳۱ـ۴ـ نمایش سطح مقطع هسته

هسته ترانسفورماتور را به‌صورت ورق‌ورق می‌سازند تا تلفات آهنی آن به حداقل برسد. یک نوع برش رایج هسته را به‌نام EI در شکل (۴۲ـ۴) مشاهده می‌کنید. این نوع هسته در اندازه‌های مختلف برش می‌شود و انواع مختلف آن به‌فراوانی یافت می‌شود. در جدول (۱ـ۴) استاندارد برش هسته از نوع EI آمده است.

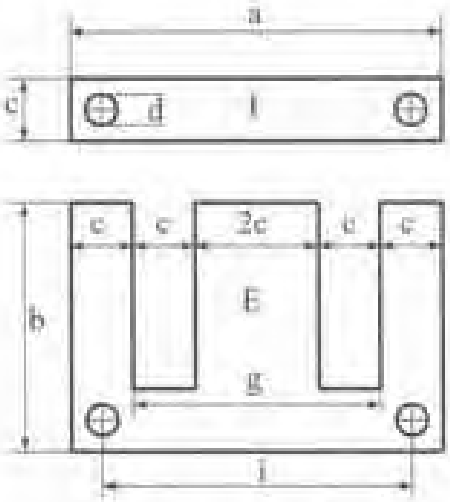
با توجه به‌فراوانی این نوع هسته، محاسبات ترانسفورماتور را بر مبنای این نوع هسته انجام می‌دهیم.

نوع هسته از رابطه‌ی

$S \leq 3\sqrt{}$ نوع هسته EI

در این مثال تعیین می‌شود که در آن S سطح مقطع هسته است. سطح مقطع هسته ۶ سانتی‌مترمربع است. در رابطه S را برحسب سانتی‌مترمربع در نظر می‌گیریم $3\times\sqrt{6}(cm^2)\leq 3\times 2/45\leq 7/35$ نوع هسته EI.

با توجه به جدول(۱ـ۴)، چون عدد ۷۳/۵ در جدول وجود ندارد لذا اولین عدد کوچکتر از ۷۳/۵ در جدول یعنی عدد EI۶۶ را انتخاب می‌کنیم.



شکل ۴۲ـ۴ـ برش هسته از نوع EI

توجه

b و a ... که در جدول (۱ - ۴) آمده است مربوط به ابعادی است که روی هسته در شکل (۴۲ - ۴) مشاهده می‌کنید.

جدول ۱ـ۴

شماره	a	b	c	d	e	f	g	i	ضخامت ورق
EI۳۰	۳۰	۴۰	۵	...	۱۵	۱۰	۲۰	...	۰/۵ـ=
EI۳۸	۳۸/۴	۲۵/۶	...	...	۱۹/۲۱	۱۲/۸	۲۵/۵	...	۰/۵ـ=
EI۴۲	۴۲	۲۸	۷	۳/۵	۲۱	۱۴	۲۸	۳۵	۰/۲۷ـ۰/۶۵
EI۴۸	۴۸	۳۲	۸	۴/۵	۲۴	۱۶	۳۲	۴۰	۰/۲۷ـ۰/۶۵
EI۵۴	۵۴	۳۶	۹	۳/۵	۲۷	۱۸	۳۶	۴۵	۰/۲۷ـ۰/۶۵
EI۶۰	۶۰	۴۰	۱۰	۳/۵	۳۰	۲۰	۴۰	۵۰	۰/۲۷ـ۰/۶۵
EI۶۶	۶۶	۴۴	۱۱	۴/۵	۳۳	۲۲	۴۴	۵۵	۰/۲۷ـ۰/۶۵
EI۷۵	۷۵	۵۰	۱۲/۵	۴/۵	۳۷/۵	۲۵	۵۰	۶۲/۵	۰/۲۷ـ۰/۶۵
EI۷۸	۷۸	۵۲	۱۳	۴/۵	۳۹	۲۶	۵۲	۶۵	۰/۲۷ـ۰/۶۵
EI۸۴	۸۴	۵۶	۱۴	۴/۵	۴۲	۲۸	۵۶	۷۰	۰/۲۷ـ۰/۶۵
EI۹۶	۹۶	۶۴	۱۶	۵/۵	۴۸	۳۲	۶۴	۸۰	۰/۲۷ـ۰/۶۵
EI۱۰۵	۱۰۵	۷۰	۱۷/۵	۵/۵	۵۲/۵	۳۵	۷۰	۸۷/۵	۰/۲۷ـ۰/۶۵
EI۱۰۸	۱۰۸	۷۲	۱۸	۵/۵	۵۴	۳۶	۷۲	۹۰	۰/۲۷ـ۰/۶۵
EI۱۲۰	۱۲۰	۸۰	۲۰	۷	۶۰	۴۰	۸۰	۱۰۰	۰/۲۷ـ۰/۶۵
EI۱۵۰N	۱۵۰	۱۰۰	۲۵	۸	۷۵	۵۰	۱۰۰	۱۲۵	۰/۲۷ـ۰/۶۵

هسته انتخاب شده

بیشترین ورقه‌های موجود در بازار دارای ضخامت ۰/۳۵mm هستند لذا در صورت داشتن ضخامت کل هسته می‌توانیم تعداد ورقه‌های مورد نیاز را نیز محاسبه کنیم.

$$\text{ضخامت کل هسته} = \frac{\text{سطح مقطع هسته}}{F} = \frac{۶\times۱۰^{۴}\,mm^{۲}}{۲۲mm}$$

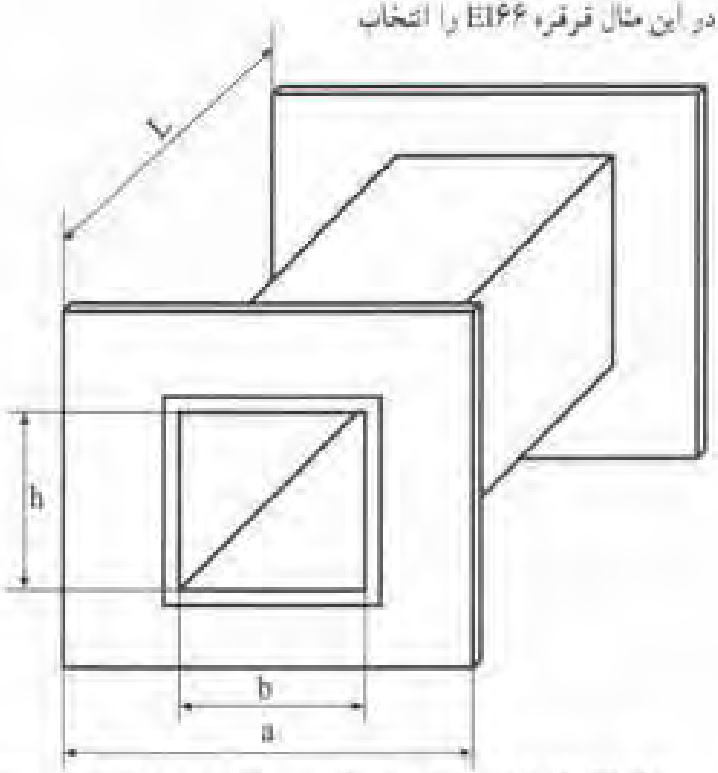
مقدار F را از جدول (۱ـ۴) برای هسته نوع EI۶۶ به‌دست می‌آوریم

$$\text{ضخامت هسته} = \frac{۶۰۰۰}{۲۲} = ۲۷mm$$

با توجه به ضخامت ورقه که ۰/۳۵ میلی‌متر است تعداد ورقه‌ها را محاسبه می‌کنیم.

$$\text{تعداد ورقه‌های مورد نیاز} = \frac{\text{ضخامت هسته}}{\text{ضخامت هر ورق}} = \frac{۲۷}{۰/۳۵} = \text{عدد } ۷۷$$

سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور روی یک قرقره پیچیده می‌شوند و سپس ورقه‌های هسته در درون قرقره جا زده می‌شود. در شکل (۳۳ـ۴) شکل قرقره مربوط به ترانسفورماتور نشان داده شده است. در جدول (۲ـ۴) ابعاد انواع قرقره‌های آماده از جنس ترمولاست، آمده است. با توجه به نوع هسته می‌توانیم قرقره مورد نیاز را انتخاب کنیم. در این مثال قرقره EI۶۶ را انتخاب می‌کنیم.



شکل ۳۳ـ۴ـ قرقره ترانسفورماتور که به‌صورت آماده در بازار قابل تهیه است.

جدول ۲ـ۴

نوع	a(mm)	b(mm)	h(mm)	l(mm)
EI ۳۰	۱۹/۵	۱۰/۵	۱۰/۵	۱۴/۵
EI ۳۸	۴۵/۱	۱۳/۳	۱۳/۴	۱۸/۷
EI ۴۲	۲۷/۲	۱۴/۵	۱۴/۸	۲۰/۵
EI ۴۸	۳۱/۲	۱۶/۵	۱۶/۸	۲۳/۵
EI ۵۴	۳۵/۲	۱۸/۵	۱۸/۸	۲۶/۵
EI ۶۰	۳۹/۱	۲۰/۶	۲۱	۲۹
EI ۶۶	۴۳/۱	۲۲/۶	۲۲/۷	۳۲
EI ۷۸	۵۱/۱	۲۶/۶	۲۷/۵	۳۸
EI ۸۴a	۵۵/۱	۲۸/۶	۲۹/۵	۴۱
EI ۸۴b	۵۵/۱	۲۸/۶	۳۲/۵	۴۱
EI ۹۲a	۶۷/۲	۲۳/۶	۲۴/۵	۴۷
EI ۹۲b	۶۷/۲	۲۳/۶	۳۳/۵	۴۷
EI ۹۶a	۶۲/۲	۳۲/۶	۳۷/۵	۵۰
EI ۹۶b	۶۲/۲	۳۲/۶	۴۵/۷	۵۰
EI ۹۶c	۶۲/۲	۳۲/۶	۵۹/۷	۵۰
EI ۱۰۶a	۷۵/۵	۲۹/۶	۳۳/۵	۵۵
EI ۱۰۶b	۷۵/۲	۲۹/۶	۴۶/۵	۵۵
EI ۱۲۰a	۷۷/۵	۴۰/۸	۴۱/۷	۵۹
EI ۱۲۰b	۷۷/۵	۴۰/۸	۵۳/۷	۵۹
EI ۱۲۰c	۷۷/۵	۴۰/۸	۷۳/۷	۵۹
EI ۱۳۰a	۹۲	۳۵/۷	۳۷/۷	۶۹
EI ۱۳۰b	۹۲	۳۵/۷	۴۷/۷	۶۹
EI ۱۴۰a	۹۷	۵۱	۴۹/۶	۷۳/۵
EI ۱۴۰b	۹۷	۵۱	۶۶/۶	۷۳/۵
EI ۱۴۰c	۹۷	۵۱	۹۲/۶	۷۳/۵
EI ۱۵۰a	۱۰۷	۴۰/۷	۴۱/۶	۷۹
EI ۱۵۰b	۱۰۷	۴۰/۷	۵۱/۷	۷۹
EI ۱۵۰c	۱۰۷	۴۰/۷	۶۱/۷	۷۹
EI ۱۷۰a	۱۲۱	۴۵/۷	۵۶/۷	۹۴
EI ۱۷۰b	۱۲۱	۴۵/۷	۶۶/۷	۹۴
EI ۱۷۰c	۱۲۱	۴۵/۷	۷۶/۷	۹۴
EI ۱۹۵a	۱۳۶	۵۶/۵	۵۷/۷	۱۲۲
EI ۱۹۵b	۱۳۶	۵۶/۵	۷۰/۷	۱۲۲
EI ۱۹۵c	۱۳۶	۵۶/۵	۸۵/۷	۱۲۲
EI ۲۳۱a	۱۵۹	۶۶/۵	۶۹/۷	۱۲۳
EI ۲۳۱b	۱۵۹	۶۶/۵	۸۰/۷	۱۲۳
EI ۲۳۱c	۱۵۹	۶۶/۵	۹۹/۷	۱۲۳

قرقره انتخاب شده

برای محاسبه تعداد دور سیم‌پیچ اولیه و ثانویه، ابتدا تعداد دور برای یک ولت را با استفاده از رابطه $N_V = \frac{37/5}{S(cm^2)} = \frac{37/5}{4} = 6/25$ محاسبه می‌کنیم.

سپس تعداد دور در ولت را در ولتاژ اولیه ضرب می‌کنیم تا تعداد دور اولیه بدست آید.

تعداد دور اولیه برابر است با

$N_1 = U_1 \times N_V$ تعداد دور اولیه

$N_1 = 220 \times 6/25 = 1485$ دور

برای محاسبه تعداد دور ثانویه، به دلیل افت ولتاژ در سیم‌پیچ‌ها، متناسب با توان ترانسفورماتور و با استفاده از جدول (۳ـ۴) درصدی را به تعداد دور سیم‌پیچ ثانویه اضافه می‌کنیم.

$N_2 = N_V . U_2 (1 + \Delta u)$ تعداد دور ثانویه

مقدار Δu (درصد افت ولتاژ) با توجه به جدول (۳ـ۴) برابر با ۱۴ درصد است لذا داریم

$N_2 = 6/25 \times 12(1 + 0/14) = 76$ دور

قطر سیم‌پیچ اولیه و سیم‌پیچ ثانویه ترانسفورماتور باید به گونه‌ای انتخاب شود که حداقل تلفات مسی و حداقل وزن را داشته باشد و جریان مدار را به‌راحتی تحمل کند. بنابراین قطر سیم بستگی به توان ترانسفورماتور دارد. برای تعیین قطر سیم با توجه به توان ترانسفورماتور و جدول (۴ـ۴)، چگالی جریان را بدست می‌آوریم. با استفاده از چگالی جریان قطر سیم‌پیچ اولیه و ثانویه را با توجه به جریان اولیه و ثانویه محاسبه می‌کنیم.

$P = 44V.A \rightarrow J = 4A/mm^2$

$I_1 = \frac{P}{U_1} = \frac{44}{220} = 0/11A$

$I_2 = 2A$

$d_1 = 1/13\sqrt{\frac{I_1}{J}} = 1/13\sqrt{\frac{0/11}{4}} = 0/19 \simeq 0/20$

$d_2 = 1/13\sqrt{\frac{I_2}{J}} = 1/13\sqrt{\frac{2}{4}} = 0/80$

توجه: سیم‌های مورد استفاده در ترانسفورماتور از نوع سیم‌های لاکی (روکش عایق از جنس لاک) می‌باشند و برحسب قطر دسته‌بندی می‌شوند.

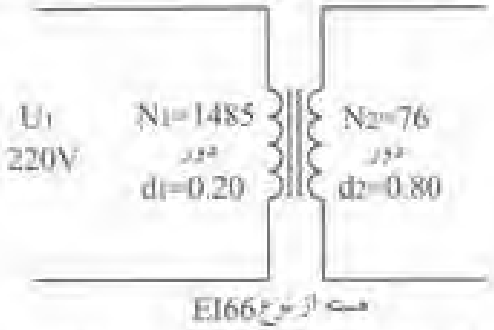
جدول ۳ـ۴ـ درصد افت ولتاژ در ثانویه ترانسفورماتور که برای محاسبه تعداد دور سیم‌پیچ ثانویه باید در نظر گرفته شود.

درصد افت ولتاژ	توان ترانسفورماتور (V.A)
۲۰	۵
۱۷	۱۰
۱۴	۲۵
۱۲	۵۰
۱۰	۷۵
۹	۱۰۰
۸	۱۵۰
۷/۵	۲۰۰
۷	۳۰۰
۶/۵	۴۰۰
۶	۵۰۰

جدول ۴ـ۴

چگالی جریان J A/mm²	قدرت ترانسفورماتور (V.A)
۴	۰ـ۵۰
۳/۵	۵۰ـ۱۰۰
۳	۱۰۰ـ۲۰۰
۲/۵	۲۰۰ـ۵۰۰

توجه داشته باشید که سیم‌های لاکی مورد استفاده در ترانسفورماتورها برحسب قطر دسته‌بندی می‌شوند.



هسته از نوع EI66

شکل ۴۲ـ۴ـ مشخصات الکتریکی ترانسفورماتور

۵ـ۴ـ کار عملی شماره (۱)

مدت زمان انجام کار عملی: ۶ ساعت

کار عملی: سیم‌پیچی یک نمونه ترانسفورماتور کوچک

۱ـ۵ـ۴ـ هدف کار عملی: سیم‌پیچی یک نمونه ترانسفورماتور کوچک $220/12^{V}$، جریان ۳ آمپر

۲ـ۵ـ۴ـ شرح خلاصه کار عملی: ترانسفورماتوری که در صفحات قبل به‌عنوان مثال محاسبه شده است را در این قسمت عملاً سیم‌پیچی خواهید کرد. در این کار عملی ضمن به‌دست‌آوردن تجربه در ساخت ترانسفورماتور، با هسته، قرقره و سیم‌های لاکی مورد استفاده در ترانسفورماتور نیز آشنا می‌شوید.

توجه: درصورتی که قرقره، هسته و سیم‌های محاسبه‌شده در این کارعملی را در اختیار ندانستید، با کمک مربی با توجه به امکانات و مواد موجود در آزمایشگاه و کارگاه، مجدداً هسته و قرقره و تعداد دور سیم‌های اولیه و ثانویه را محاسبه و بر مبنای آن کار عملی را اجرا نمایید.

۳ـ۵ـ۴ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز کارعملی

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ سیم لاکی نمره ۰/۴	به اندازه کافی
۲ـ سیم لاکی نمره ۰/۸	به اندازه کافی
۳ـ سیم‌چین	یک عدد
۴ـ قرقره EI66	یک عدد
۵ـ ورق‌های E و I از نوع EI66 از هر کدام	۷۷ عدد
۶ـ هویه ۱۰۰W	یک عدد
۷ـ سیم لحیم	به اندازه کافی
۸ـ سیم‌افشان به طول ۳۰cm نمره ۱ یا ۱/۵ در دو رنگ	۲ قطعه
۹ـ پیچ و مهره نمره ۵ به طول ۳cm	۴ عدد
۱۰ـ کاغذ برشمان	به اندازه کافی
۱۱ـ فیچی معمولی	یک عدد
۱۲ـ کاغذ سنباده	یک ورق کوچک
۱۳ـ سیم‌لخت‌کن دستی یا اتوماتیک	یک عدد
۱۴ـ وارنیش به طول ۳cm	چهار قطعه
۱۵ـ چسب کاغذی	به اندازه کافی
۱۶ـ خط‌کش فلزی ۳۰ سانتی‌متری	یک عدد
۱۷ـ انبردست	یک عدد
۱۸ـ ولت‌متر AC یا آومتر	یک دستگاه

۴ـ۵ـ۴ـ مراحل اجرای کار عملی: ساخت یک نمونه ترانسفورماتور کوچک ۲۲۰/۱۲ ولت، جریان ۳A

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ با کاغذ سمباده، پلیسه اضافی احتمالی روی قرقره سیم‌پیچ را بردارید تا سطح قرقره سیم‌پیچی کاملاً صیقلی شود (شکل ۳۵ـ۴).

شکل ۳۵ـ۴ـ نحوه سمباده‌زدن قرقره

■ با توجه به این‌که جریان اولیه ترانسفورماتور خیلی کمتر از جریان ثانویه است لذا ابتدا سیم‌پیچ اولیه را بپیچید و سپس سیم‌پیچ ثانویه را روی قرقره بپیچید.

■ سیم ۰/۲۰ را برداشته، و حدود ۷ سانتی‌متر آن را مطابق شکل (۳۶ـ۴) خارج از قرقره قرار دهید. با استفاده از بوبین پیچ، (در صورت نبودن بوبین پیچ با دست) به‌طور منظم ۱۴۸۵ دور سیم را مطابق شکل (۳۷ـ۴) روی قرقره بپیچید.

شکل ۳۶ـ۴ـ قبل از شروع سیم‌پیچی حدود ۷ سانتی‌متر سیم از قرقره بیرون بیاورید.

شکل ۳۷ـ۴ـ ابتدا سیم‌پیچ اولیه را بپیچید.

■ بعد از اتمام سیم‌پیچ اولیه، حدود ۷ سانتی‌متر از سیم را از قرقره خارج کنید (شکل ۳۸ـ۴). سپس به کمک سیم‌چین انتهای آن را ببرید.

شکل ۳۸ـ۴ـ بعد از اتمام سیم‌پیچی حدود ۷ سانتی‌متر سیم را بیرون آورده، و سپس سیم را قطع کنید.

■ یک قطعه از کاغذ برنشمان به‌عرض ۳۲ میلی‌متر و به طول تقریباً ۱۴۸ میلی‌متر را ببرید (شکل ۳۹ـ۴).

شکل ۳۹ـ۴ـ یک قطعه از کاغذ برنشمان را مطابق اندازه داده شده ببرید.

■ کاغذ برنشمان را یک دور کامل روی سیم‌پیچ اولیه بپیچید و با چسب کاغذی دو طرف آن را به هم بچسبانید تا کاغذ باز نشود (شکل ۴۰ـ۴).

شکل ۴۰ـ۴ـ کاغذ برنشمان را بر روی سیم اولیه، بپیچید، و با چسب کاغذی آن را محکم کنید.

■ با کاغذ سمباده، و با احتیاط دو سر سیم لاکی بیرون آمده از قرقره را به اندازه یک سانتی‌متر لاک‌برداری (لخت) کنید (شکل ۴۱ـ۴).

شکل ۴۱ـ۴ـ دو سر سیم‌های بیرون آمده را به اندازه یک سانتی‌متر با سمباده لاک‌برداری کنید.

■ به کمک هویه و سیم لحیم، سر سیم‌های لاک‌برداری‌شده را لحیم‌اندود کنید (شکل ۴۲ـ۴).

شکل ۴۲ـ۴ـ دو سر سیم‌های لاک‌برداری‌شده را قلع‌اندود کنید.

■ دو سر هر چهار قطعه سیم‌افشان را به اندازه یک سانتی‌متر رویوش‌برداری کنید سپس آن‌ها را به هم بتابانید.

■ سر سیم‌های افشان را به کمک هویه و سیم لحیم قلع‌اندود کنید (شکل ۴۳ـ۴).

شکل ۴۳ـ۴ـ یک سر سیم سرافشان را قلع‌اندود کنید.

■ با استفاده از هر به دو رشته سیم افشان یک رنگ را به دو رشته سیم لاکی مربوط به سیم‌پیچ اولیه ترانسفورماتور لحیم کنید (شکل ۴۴ـ۴).

شکل ۴۴ـ۴ـ سیم‌های افشان قلع‌اندود شده را به سیم‌های لاکی لحیم کنید.

■ محل لحیم را به کمک دو عدد وارنیش (ماکارونی پلاستیکی) بپوشانید (شکل ۴۵ـ۴).

شکل ۴۵ـ۴ـ به‌کمک وارنیش محل لحیم سیم افشان و لاکی را بپوشانید.

■ سیم‌های لاکی و محل اتصال را به داخل قرقره ببرید (روی کاغذ پرشمان) و به کمک چسب کاغذی آن را محکم کنید. سپس سیم‌های افشان را از شیارهای کنار قرقره سیم پیچی بیرون بیاورید (شکل ۴۶ـ۴).

شکل ۴۶ـ۴ـ محل اتصال سیم‌های افشان و لاکی را به داخل قرقره برده و روی کاغذ پرشمان به کمک چسب کاغذی محکم کنید.

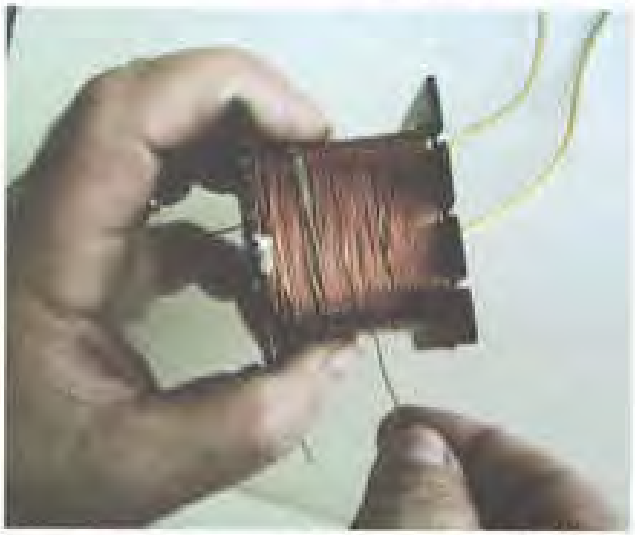
■ مجدداً یک قطعه کاغذ برنشمان به عرض ۳۲ میلی‌متر و به طول تقریباً ۱۵۲ میلی‌متر را با قیچی معمولی ببرید.

شکل ۴۷ـ۴ـ یک قطعه کاغذ برنشمان را با اندازه داده شده ببرید.

■ کاغذ برنشمان را یک دور کامل روی برنشمان اولی و همچنین روی وارنیش‌ها بپیچید و با چسب کاغذی دو طرف آن را محکم کنید (شکل ۴۸ـ۴)

شکل ۴۸ـ۴ـ کاغذ برنشمان بریده‌شده را روی سیم‌پیچ اولیه بپیچید، و با چسب کاغذی آن را محکم کنید.

■ سیم ۰/۸۰ را بردارید و حدود ۷cm آن را مطابق شکل (۴۹ـ۴) در خارج قرقره قرار دهید و با استفاده از بوبین، ۷۷ دور سیم را به طور منظم روی سیم‌پیچ اولیه بپیچید.



شکل ۴۹ـ۴ـ سیم‌پیچ ثانویه را روی سیم‌پیچ اولیه بپیچید.

■ بعد از اتمام سیم‌پیچی، حدود هفت سانتی‌متر سیم را اضافه‌تر نگه دارید و سپس انتهای سیم را با سیم‌چین قطع کنید (شکل ۵۰ـ۴).

شکل ۵۰ـ۴ـ بعد از اتمام سیم‌پیچی حدود ۷ سانتی‌متر سیم را در خارج از قرقره نگه داشته و سیم را ببرید.

■ یک قطعه کاغذ پرشمان به عرض ۳۲ میلی‌متر و به طول تقریباً ۱۵۶ میلی‌متر با قیچی معمولی ببرید (شکل ۵۱ـ۴).

شکل ۵۱ـ۴ـ یک قطعه کاغذ پرشمان را با اندازه داده‌شده ببرید.

■ کاغذ پرشمان را یک دور کامل روی سیم‌پیچ ثانویه بپیچید و با چسب کاغذی، دو طرف کاغذ پرشمان را به هم بچسبانید تا کاغذ باز نشود (شکل ۵۲ـ۴).

شکل ۵۲ـ۴ـ کاغذ پرشمان را یک دور کامل روی سیم‌پیچ ثانویه بپیچید و با نوار چسب کاغذ آن‌را محکم کنید.

■ سر سیم‌های لاکی سیم را به اندازه یک سانتی‌متر با استفاده از سمباده، لخت کنید و سپس به کمک هویه این دو سر سیم را قلع‌اندود کنید (شکل ۵۳ـ۴).

شکل ۵۳ـ۴ـ سر سیم‌های دانویه را به اندازه یک سانتی‌متر لاکبرداری کنید و سپس قلع‌اندود کنید.

■ دو رشته سیم افشان دیگر که قبلاً سرهای آن‌ها را قلع‌اندود کرده‌اید به این دو رشته سیم لاکی لحیم کنید (شکل ۵۴ ـ۴).

شکل ۵۴ـ۴ـ سیم‌های افشان را به سیم‌های لاکی لحیم کنید.

■ محل اتصال سیم‌پیچ دانویه با سیم‌های افشان را با وارنیش (ماکارونی پلاستیکی) بپوشانید (شکل ۵۵ـ۴).

شکل ۵۵ـ۴ـ محل اتصال سیم‌های لاکی با سیم‌های افشان را به کمک وارنیش بپوشانید.

■ سیم‌های لاکی و محل اتصال آن‌ها را به داخل فرقره ببرید (روی کاغذ پرشمان) و با استفاده از چسب کاغذی آن را محکم کنید. سپس سیم‌های افشان را از شیارهای کنار فرقره سیم‌پیچی بیرون بیاورید (شکل ۵۶ـ۴).

شکل ۵۶ـ۴ـ محل اتصال سیم لاکی و افشان را روی فرقره قرار داده و با چسب کاغذی محکم کنید.

■ یک قطعه کاغذ پرشمان به عرض ۳۲ میلی‌متر و به طول تقریباً ۱۶۵ میلی‌متر را با قیچی ببرید (شکل ۵۷ـ۴).

شکل ۵۷ـ۴ـ یک قطعه کاغذ پرشمان را مطابق اندازه‌های داده‌شده ببرید.

■ کاغذ پرشمان را یک دور کامل روی پرشمان قبلی و همچنین روی وارنیش‌ها محکم بچسبانید و با چسب کاغذی دو طرف آن را محکم کنید (شکل ۵۸ـ۴)

شکل ۵۸ـ۴ـ کاغذ پرشمان را یک دور کامل روی سیم‌پیچ ثانویه قرار داده و با چسب آن را محکم کنید.

■ پیچیدن سیم‌پیچ‌ها در این مرحله به اتمام رسیده است. حالا باید هسته‌ی ترانسفورماتور را داخل سیم‌پیچ قرار دهید. برای این منظور هسته را که به‌صورت ورقه‌ورقه است، یک ورق یک ورق (نوع I) داخل سیم‌پیچ (قرقره سیم‌پیچی) قرار دهید. ابتدا اولین ورقه هسته را داخل سیم‌پیچ بگذارید (شکل ۵۹ـ۴).

شکل ۵۹ـ۴ـ نحوه‌ی قراردادن اولین ورقه ترانسفورماتور

■ دومین ورقه باید مخالف جهت قراردادن اولین ورقه در داخل قرقره سیم‌پیچ قرار گیرد (شکل ۶۰ـ۴).

شکل ۶۰ـ۴ـ نحوه‌ی قراردادن دومین ورقه ترانسفورماتور

■ به همین صورت تمام ورقه‌ها را یک در میان و به‌صورت چپ و راست در داخل قرقره جای دهید تا تمامی ورقه‌ها در داخل قرقره قرار بگیرند (شکل ۶۱ـ۴).

شکل ۶۱ـ۴ـ تمامی ورقه‌های I را داخل قرقره جا بزنید.

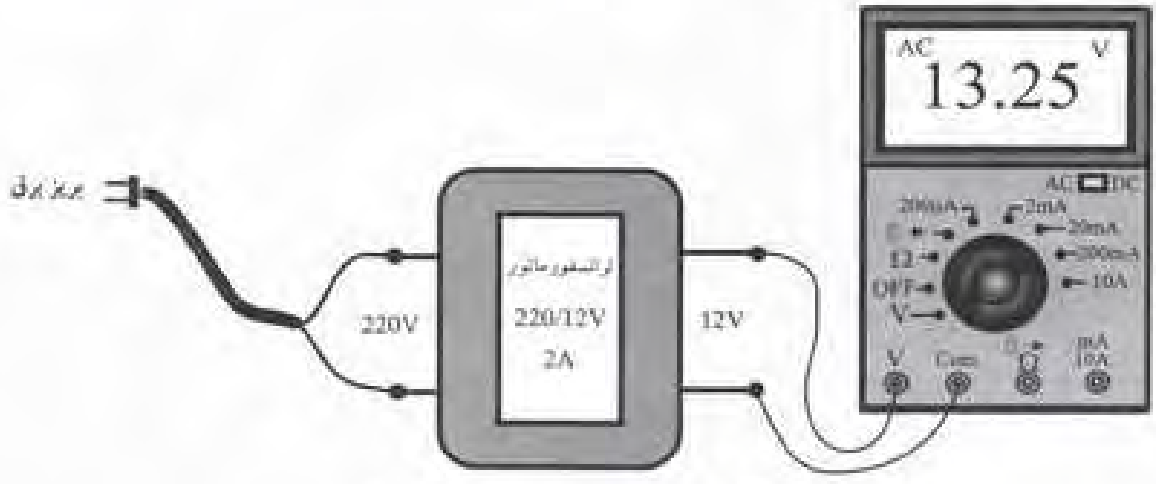
■ تمامی قطعه‌های I را در فاصله بین ورقه‌های E در داخل هسته جای دهید تا هسته کاملاً پر شود (شکل ۶۲ـ۴).

شکل ۶۲ـ۴ـ نحوه‌ی قرار دادن هسته‌ی I

■ به کمک چهار عدد پیچ، چهار طرف هسته را با پیچ و مهره ببندید و با آچار مخصوص یا انبردست مهره‌ها را محکم کنید (شکل ۶۳ـ۴).

شکل ۶۳ـ۴ـ به‌کمک چهار عدد پیچ و مهره، هسته ترانسفورماتور را محکم کنید.

■ سیم‌پیچی ترانسفورماتور در اینجا به پایان رسیده است. حال سیم‌پیچ اولیه را با کمال احتیاط و به وسیله سیم‌های یک سر گیره سوسماری زیر نظر مربی کارگاه به برق ۲۲۰ ولت وصل کنید و ولتاژ ثانویه را با ولت‌متر AC اندازه بگیرید (شکل ۶۴ـ۴).



شکل ۶۴ـ۴ـ اندازه‌گیری ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور

خلاصه کار عملی: نتایج حاصل از این کار عملی را به‌طور خلاصه بیان کنید.

نتیجه‌گیری: آنچه را که در این کار عملی فرا گرفته‌اید به‌اختصار شرح دهید.

آزمون

۱ـ چرا ولتاژ ثانویه اندکی از ۱۲ولت بیشتر است؟ توضیح دهید.

پرسش و تمرین (۴)

۱ـ چگونه یک ترانسفورماتور می‌تواند ولتاژ کم را زیاد و یا ولتاژ زیاد را کم کند؟

۲ـ رابطه نسبت دور با نسبت جریان و ولتاژ اولیه و ثانویه را بنویسید.

۳ـ چگونه به کمک ترانسفورماتور می‌توان عمل تطبیق ولتاژ را انجام داد؟

۴ـ انواع تلفات را در ترانسفورماتور نام ببرید و مختصراً شرح دهید.

آزمون عملی پایانی (۴)

۱ـ ابتدا محاسبات مورد نیاز را برای ساختن یک ترانسفورماتور با مشخصات زیر انجام دهید سپس با تهیه‌ی مواد مورد نیاز آن را بپیچید و هسته‌های داخل آن را جا بزنید. بعد از اینکه سر سیم‌ها را لخم کردید اولیه‌ی ترانسفورماتور را با احتیاط کامل به برق ۲۲۰ ولت وصل کنید و ولتاژ ثانویه آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید. سپس یک رئوستا و یک آمپرمتر سری با آن را به خروجی ترانسفورماتور وصل کنید. رئوستا را به قدری تغییر دهید تا آمپرمتر ۳A را نشان دهد. در این شرایط ولتاژ دو سر ثانویه ترانسفورماتور را با ولت‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید سپس به سؤال زیر پاسخ دهید.

چرا ولتاژ خروجی ترانسفورماتور در حالت بی‌باری و بارداری با یک‌دیگر فرق می‌کند؟

$U_1 = ۲۲۰V$

$U_2 = ۹V$

$I_2 = ۳A$

فصل پنجم

عملکرد رله ــ میکروفون ــ بلندگو

هدف کلی

شناخت انواع رله‌ها، میکروفون‌ها و بلندگو و نحوه‌ی تشخیص سالم بودن آن‌ها به کمک یک آزمایش ساده

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

۱ــ اساس کار رله‌ی الکترومغناطیسی را شرح دهد.

۲ــ اساس کار Reed Relay را شرح دهد.

۳ــ صحت سلامت یک رله را با استفاده از اهم‌متر تشخیص دهد.

۴ــ کنتاکت‌های باز و بسته یک رله را با استفاده از اهم‌متر تشخیص دهد.

۵ــ میکروفون را تعریف کند.

۶ــ ساختمان داخلی میکروفون‌های دینامیکی، خازنی، کریستالی، نواری و زغالی را شرح دهد.

۷ــ کاربرد میکروفون را توضیح دهد.

۸ــ نحوه تشخیص سالم‌بودن یک میکروفون دینامیکی را با استفاده از اهم‌متر شرح دهد.

۹ــ بلندگو را تعریف کند.

۱۰ــ مشخصات یک بلندگو را شرح دهد.

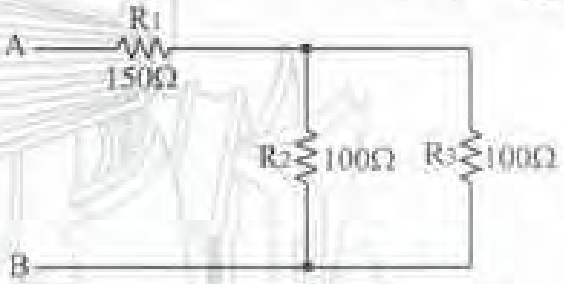
۱۱ــ با استفاده از اهم‌متر بتواند بلندگوی سالم را از بلندگوی سوخته تشخیص دهد.

۱۲ــ با استفاده از اهم‌متر بتواند رله سالم را از رله سوخته تشخیص دهد.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۶	۴	۱۰

پیش‌آزمون (۵)

۱ـ مقاومت معادل از دو نقطه A و B در شکل زیر چند اهم است؟



الف ـ ☐ ۳۵۰

ب ـ ☐ ۲۰۰

ج ـ ☐ ۱۰۰

د ـ ☐ ۱۵۰

۲ـ اگر یک هادی را در میدان مغناطیسی ثابت به‌حرکت درآوریم کدام اتفاق می‌افتد؟

الف ـ ☐ در دو سر آن ولتاژ القا می‌شود.

ب ـ ☐ نیرویی به هادی وارد می‌شود.

ج ـ ☐ هیچ اتفاقی نمی‌افتد.

۳ـ ظرفیت خازن با سطح صفحات خازن نسبت ـــــ و با فاصله بین دو صفحه نسبت ـــــ دارد.

الف ـ ☐ عکس ـ مستقیم

ب ـ ☐ مستقیم ـ مستقیم

ج ـ ☐ مستقیم ـ عکس

د ـ ☐ عکس ـ عکس

۴ـ اگر یک خازنی با ولتاژ کار ۲۵ ولت را مستقیماً به ولتاژ DC ۱۸ ولت وصل کنیم کدام اتفاق می‌افتد؟

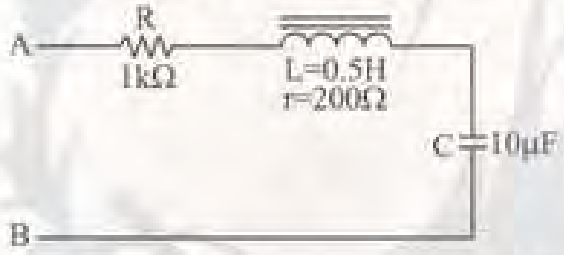
الف ـ ☐ خازن فوراً می‌سوزد.

ب ـ ☐ خازن به اندازهٔ ولتاژ منبع شارژ می‌شود.

ج ـ ☐ خازن بعد از ۲۰ ثانیه شارژ می‌شود.

د ـ ☐ ظرفیت خازن تغییر می‌کند.

۵ـ در شکل زیر، اگر به دو سر A و B یک اهم‌متر وصل کنیم، اهم‌متر چند اهم مقاومت را نشان می‌دهد؟



الف ـ ☐ ۱۲۰۰

ب ـ ☐ ۲۰۰

ج ـ ☐ ∞

د ـ ☐ صفر

۶ـ چگونه می‌توان به یک Reed Relay فرمان وصل داد؟

الف ـ ☐ به کمک یک آهربای دائم

ب ـ ☐ با اعمال جریان DC به آن

ج ـ ☐ با تحریک بوبین آن

د ـ ☐ موارد ب و ج

۷ـ یکی از مزایای Reed Reloy نسبت به یک رله الکترومغناطیسی کدام است؟

الف ـ ☐ سرعت قطع و وصل بالاتر

ب ـ ☐ تحمل جریان بیشتر

ج ـ ☐ انرژی کم‌جهت قطع و وصل آن

د ـ ☐ مقاوم در مقابل ضربه

۸ـ کدام میکروفون از نظر ابعاد می‌تواند از بقیه کوچکتر باشد؟

الف ـ ☐ دینامیکی

ب ـ ☐ کریستالی

ج ـ ☐ زغالی

د ـ ☐ خازنی

۹ـ شکل زیر مربوط به ساختمان داخلی کدام نوع میکروفون است؟

الف ـ ☐ نواری

ب ـ ☐ خازنی

ج ـ ☐ زغالی

د ـ ☐ کریستالی

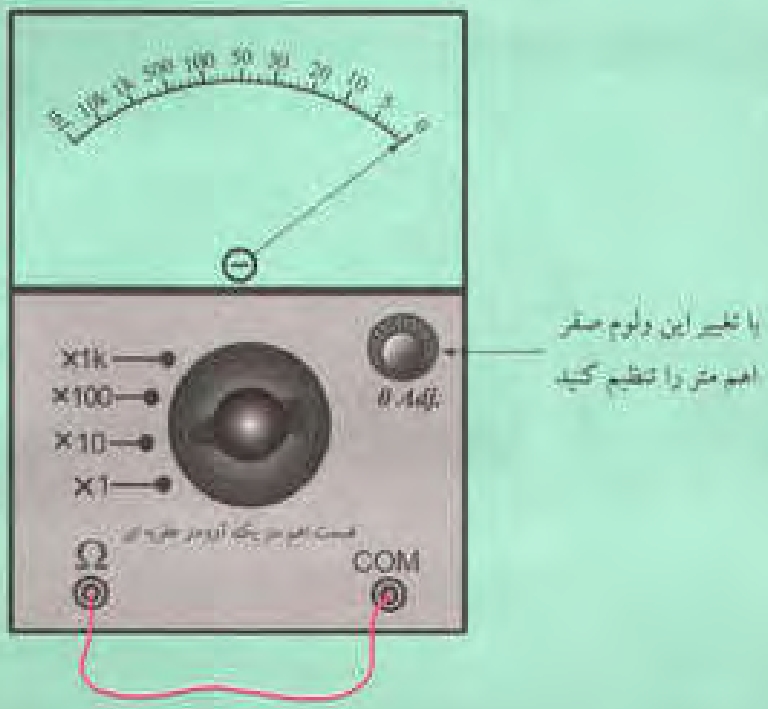
۱۰ـ توان مؤثر در یک بلندگو با کدام رابطه تعریف می‌شود؟

الف ـ ☐ $\frac{(U_{max})^2}{R}$ ب ـ ☐ $\frac{U_{eff}^2}{R}$ ج ـ ☐ $\frac{U_{av}^2}{R}$ د ـ ☐ Q^2R

نکات ایمنی (۵)

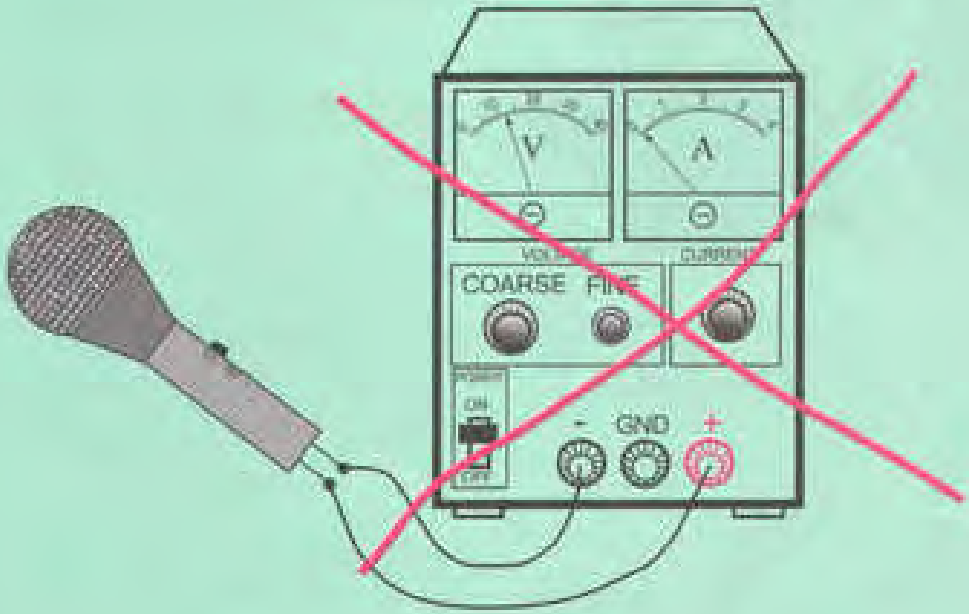
۱ـ هنگام اندازه‌گیری مقاومت اهمی بلندگو، میکروفون، سیم‌پیچ یک رله یا یک مقاومت اهمی، به هیچ وجه قطعه را با دست به اهم‌متر متصل نکنید، زیرا مقاومت دست یا بدن شما با مقاومت مورد اندازه‌گیری موازی می‌شود. بدین ترتیب مقدار نشان داده شده توسط اهم‌متر از دقت لازم برخوردار نخواهد شد. برای اندازه‌گیری مقاومت طبق شکل زیر از سیم‌های گیره‌دار استفاده کنید.

۲ـ قبل از اندازه‌گیری مقاومت اهمی، در هر رنج ابتدا صفر اهم‌متر عقربه‌ای را تنظیم کنید.

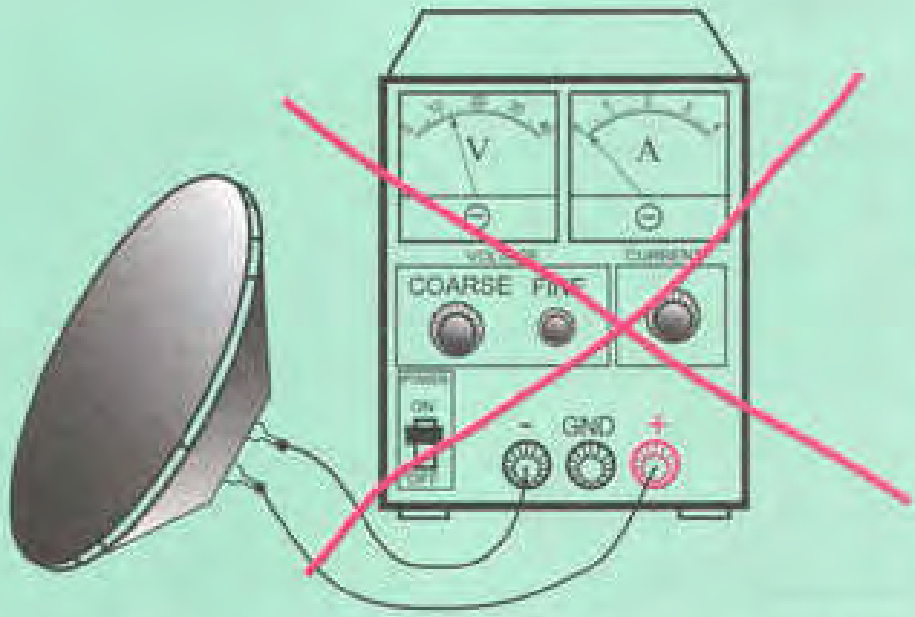


۳ـ هنگام اندازه‌گیری مقاومت اهمی یک میکروفون دینامیکی، باید کلید خاموش ـ روشن (on/off) میکروفون روی حالت روشن (on) باشد.

۴ـ هرگز ولتاژ DC را مستقیماً به میکروفون وصل نکنید.



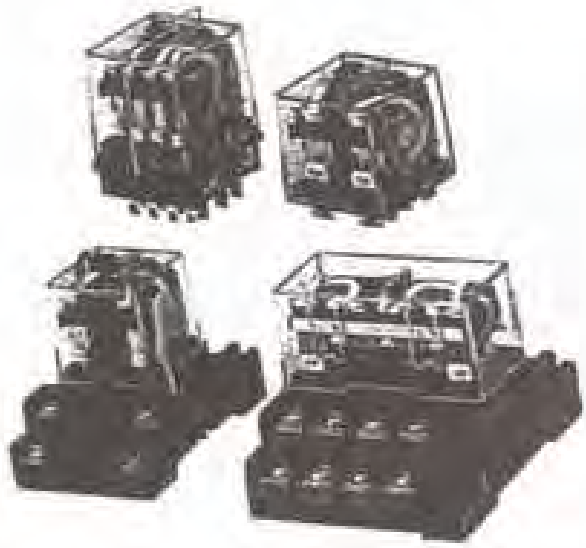
۵ـ هرگز ولتاژ DC را مستقیماً به بلندگو وصل نکنید.



۶ـ سعی کنید به میکروفون و بلندگو هیچ‌گونه ضربه‌ای وارد نشود زیرا احتمال پارگی سیم ارتباطی و صفحه متحرک این دو وسیله در اثر ضربه بسیار زیاد است.

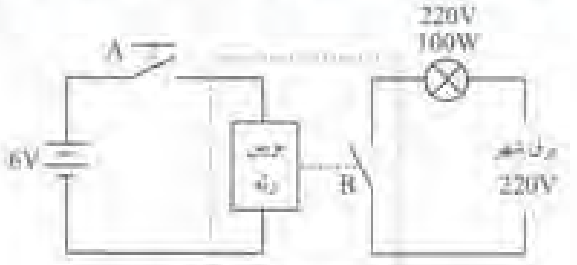
۱ـ۵ـ انواع رله و کاربرد آن

۱ـ۱ـ۵ـ تعریف رله[1]: رله یک وسیله الکترومغناطیسی است که اگر ولتاژ (معمولاً DC) به بوبین آن وصل کنیم، بسته به نوع رله، دوکنتاکت را به یک‌دیگر وصل و یا دو کنتاکت را قطع می‌کند. در بسیاری از رله‌ها تعداد کنتاکت‌های وصل و کنتاکت‌های قطع از دو عدد بیشتر است. در شکل (۱ـ۵)، چند نمونه رله نشان داده شده‌اند.



شکل ۱ـ۵ـ چند نمونه از رله‌های مورد استفاده در الکترونیک و برق

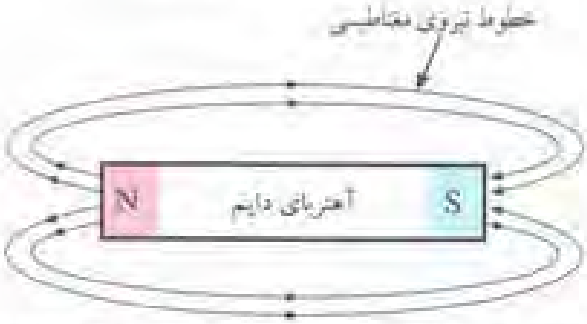
عملکرد یک رله ساده در شکل (۲ـ۵) نشان داده شده است. اگر کلید A وصل شود، منبع ۶ولتی به بوبین رله جریان اعمال می‌کند و این امر باعث وصل‌شدن کنتاکت B می‌شود. در اثر وصل‌شدن این کنتاکت و مدار دیگری را که هیچ ارتباط الکتریکی با مدار تغذیه بوبین ندارد وصل می‌کند.



شکل ۲ـ۵ـ عملکرد ساده یک رله

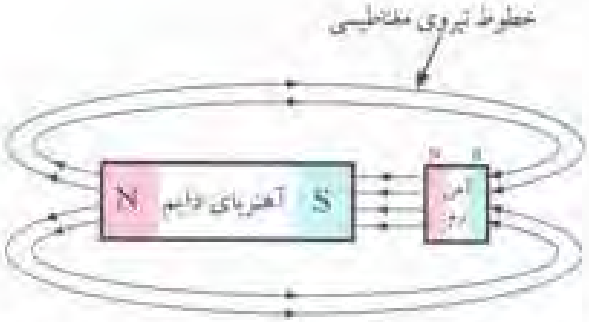
به کمک رله می‌توان با ولتاژ خیلی کم (مثلاً ۶ ولت) ولتاژهای بزرگتری را در یک مدار قطع یا وصل کرد.

۲ـ۱ـ۵ـ ساختمان و طرز کار رله: در اطراف یک آهنربای دائمی، از هر نوعی که باشد، همیشه خطوط نیروی مغناطیسی ثابتی وجود دارد (شکل ۳ـ۵).



شکل ۳ـ۵ـ در اطراف آهنربای دائم، همیشه فوران مغناطیسی (خطوط نیروی مغناطیسی) وجود دارند.

حال اگر در مجاورت یک آهنربای دائم، یک قطعه آهن نرم قرار دهیم، فوران مغناطیسی آهنربای دائمی، از آهن نرم عبور کرده و آن را نیز آهنربا می‌کند. قطب‌های مغناطیسی آهن نرم، در خلاف جهت قطب‌های آهنربای دائمی قرار می‌گیرد، این امر باعث جذب آهن نرم به آهنربای دائمی می‌شود (شکل ۴ـ۵).

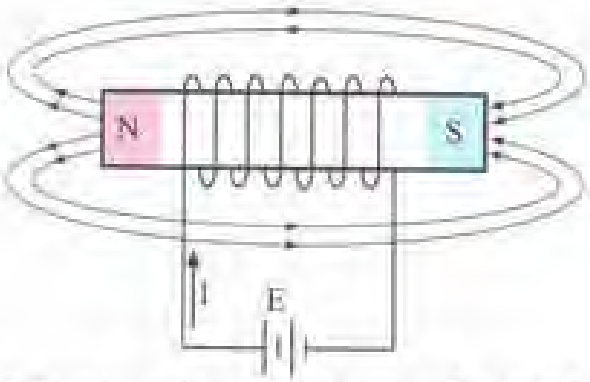


شکل ۴ـ۵ـ اگر یک قطعه آهن نرم را در مجاورت یک آهنربای دائم قرار دهیم، آهن نرم با قطب مخالف خاصیت آهنربایی پیدا می‌کند و جذب آهنربای دائم می‌شود.

۱ـ Relay

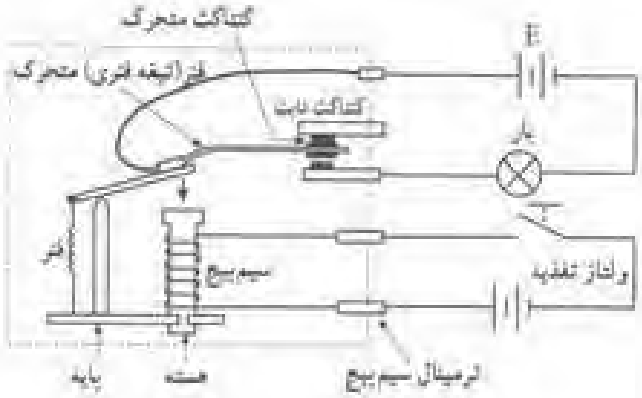
بر این اساس است که کلاً آهنربا آهن را جذب می‌کند.

اگر دور یک میله آهنی چند دور حلقه پیچیم و این سیم‌پیچ را به ولتاژ DC وصل کنیم، میله‌ی آهنی مانند یک آهنربا عمل می‌کند و در اطراف آن خطوط نیروی مغناطیسی به‌وجود می‌آید در این حالت میله قادر است قطعات آهنی را جذب کند (شکل ۵ـ۵).



شکل ۵ـ۵ـ اگر به سیم‌پیچ اطراف یک میله آهنی، جریان DC اعمال کنیم، میله‌ی آهنی مانند یک آهنربای دائم عمل می‌کند.

یک رله الکترومغناطیسی، از یک بوبین و یک سری قطعات مکانیکی نسبتاً ساده، تشکیل می‌شود. اگر به بوبین رله جریانی اعمال کنیم، اطراف بوبین یک میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آید و یک قطعه متحرک که به آن یک کنتاکت نیز وصل است و بالای بوبین قرار دارد را به سمت خود جذب می‌کند. براثر جابجایی این قطعه متحرک و درنتیجه جابجایی یک کنتاکت، مداری را قطع و مدار دیگری را وصل می‌کند. (شکل ۶ـ۵) ساختمان داخلی یک رله ساده را نشان می‌دهد.



شکل ۶ـ۵ـ ساختمان داخلی یک رله الکترومغناطیسی

علامت فنی بوبین رله‌ها طبق شکل (۷ـ۵) است. در رله‌ها کنتاکت‌های در حالت عادی باز (NO) و کنتاکت‌های در حالت عادی بسته (NC) را نیز به‌صورت شکل (۸ـ۵) نشان می‌دهند.

شکل ۷ـ۵ـ علامت قراردادی بوبین یک رله

شکل ۸ـ۵ـ علامت‌های قراردادی کنتاکت‌های باز و بسته

در یک رله، اگر با اعمال جریان به بوبین آن، یک کنتاکت که در حالت عادی و بدون اعمال جریان به بوبین آن بسته باشد باز می‌شود و کنتاکت باز دیگری را می‌بندد. این دو کنتاکت دارای پایه مشترک هستند. علامت قراردادی کنتاکت‌های رله را در شکل (۹ـ۵) مشاهده می‌کنید.

شکل ۹ـ۵ـ علامت قراردادی کلید تبدیل

۳ـ۱ـ۵ـ انواع رله: رله‌ها را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم کرد:

الف: رله‌های الکترومغناطیسی

ب: رله‌های موسوم به «ریدرله[1]»

ج: رله‌های خاص[2]

رله‌های الکترومغناطیسی یک بوبین دارند و با اعمال جریان DC به بوبین آن، کنتاکت‌های بسته رله باز می‌شوند و کنتاکت‌های باز رله بسته می‌شوند.

در شکل (۱۰ـ۵) سه نمونه رله الکترومغناطیسی نشان داده شده است. ساختمان داخلی این نوع رله‌ها در صفحات قبل مورد بررسی قرار گرفته‌اند. ریدرله‌ها، رله‌هایی بسیار کوچک و ظریفی هستند که فقط یک کنتاکت باز دارند (در حالت عادی باز) و این کنتاکت داخل یک استوانه کوچک شیشه‌ای که معمولاً از هوا تخلیه شده، است قرار دارد.

شکل ۱۰ـ۵ـ نمونه‌هایی از رله‌های الکترومغناطیسی

در شکل (۱۱ـ۵) نمونه‌هایی از ریدرله‌ها نشان داده شده است.

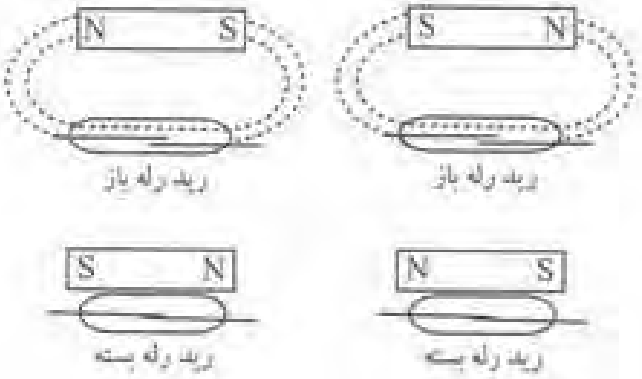
شکل ۱۱ـ۵ـ نمونه‌هایی از ریدرله

۱ ـ Reed Relay ۲ ـ Special Relay

در شکل(۱۲ـ۵) علامت قراردادی Reed Relay (ریدرله) که شباهت زیادی هم به خود ریدرله دارد نشان داده شده است. اگر یک آهنربای دائم را به این رله نزدیک کنیم، کنتاکت‌های رله بسته می‌شوند و اگر مجدداً آهنربا را دور کنیم، کنتاکت‌های بسته باز می‌شوند. جهت آهنربا نیز تأثیری در باز یا بسته‌بودن ندارد. در شکل (۱۳ـ۵) نحوه بسته‌شدن کنتاکت‌های یک Reed Relay را نشان می‌دهد.

به Reed Relay هایی که دارای یک کنتاکت هستند گاهی Reed Switch نیز می‌گویند.

شکل ۱۲ـ۵ـ علامت قراردادی Reed Relay



شکل ۱۳ـ۵ـ نحوه‌ی باز و بسته‌شدن یک Reed Relay به کمک یک آهنربای دائم

به جای آهنربای دائم می‌توان از سیم‌پیچ استفاده کرد. برای این منظور سیم‌پیچ را دور رله می‌پیچند و اگر این سیم‌پیچ را به ولتاژ DC وصل کنید، کنتاکت‌های رله وصل می‌شوند.

بعضی از مزایای Reed Relay برای یک رله ۲/۵ سانتی‌متری به شرح زیر است:

الف ـ حجم بسیار کوچک.

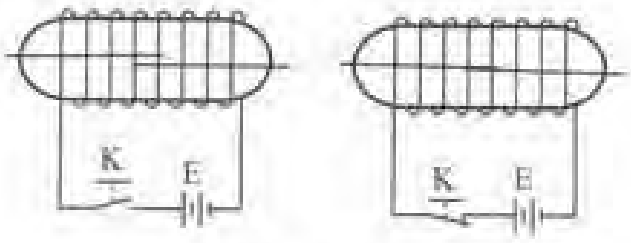
ب ـ سرعت قطع و وصل تا ۲۰۰۰ بار در ثانیه.

ج ـ وزن این رله حتی کمتر از سه گرم است.

د ـ حداکثر ولتاژ دو سر آن ۶۵ ولت است.

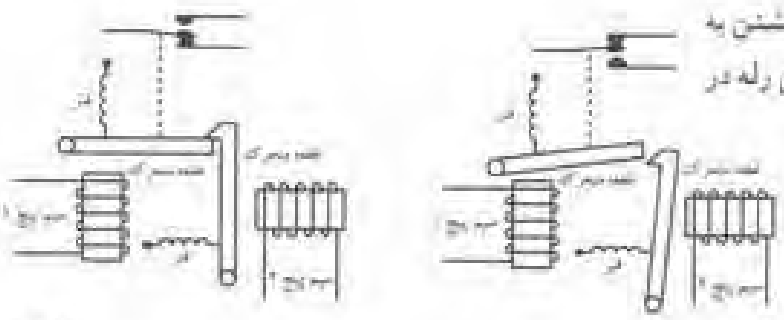
هـ ـ تلفات تا 5W در داخل آن مجاز است.

ز ـ جریان گذرنده از آن تا ۱۰۰mA می‌تواند باشد.



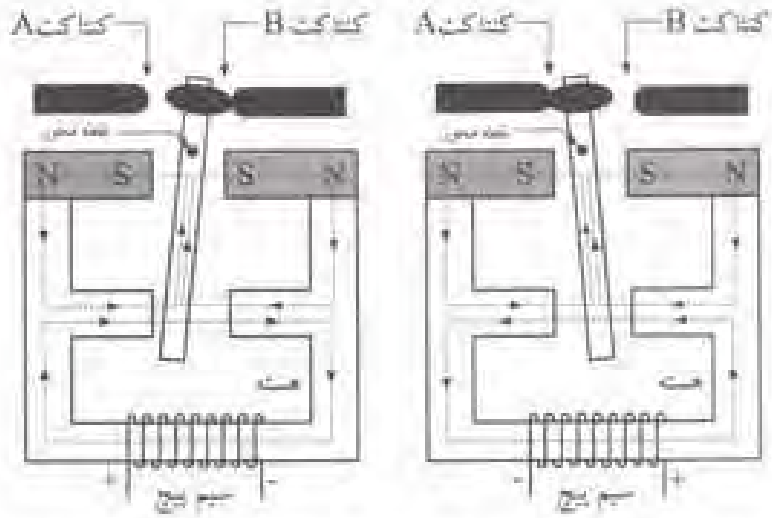
شکل ۱۴ـ۵ـ عملکرد رله ریدرله‌ای

رله‌های خاص، رله‌هایی هستند که علاوه بر قطع و وصل کنتاکت‌ها، عملکرد خاص دیگری نیز دارند. به‌عنوان مثال یک رله دارای دو سیم‌پیچ است. اگر به سیم‌پیچ اول ولتاژ DC اعمال کنیم یک کنتاکت را باز و کنتاکت دیگری را می‌بندد ولی به محض قطع ولتاژ، رله به حالت اول برنمی‌گردد بلکه برای برگشتن به حالت اول، باید به سیم‌پیچ دوم ولتاژ اعمال کنیم. این رله در شکل (۱۵ـ۵) نشان داده شده است.



شکل ۱۵ـ۵ـ ساختمان داخلی یک رله خاص

رله‌های دیگری نیز وجود دارند که با توجه به قطب‌های ولتاژ ورودی، دو کنتاکت متفاوت را به یک دیگر وصل می‌کنند. و در شکل (۱۶ـ۵) عملکرد این نوع رله‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱۶ـ۵ـ ساختمان داخلی یک نمونه رله که با تغییر قطب‌های ولتاژ در مسیر مختلف را می‌تواند قطع و یا وصل کند.

رله‌های خاص از نظر تنوع و عملکرد در انواع بسیار زیادی ساخته می‌شوند.

۴ـ۱ـ۵ ـ مشخصات رله: هنگام انتخاب یک رله برای یک کار خاص باید به بعضی از مشخصات آن توجه مخصوص کنید. تعدادی از مشخصات رله به‌شرح زیر است.

۱ـ ولتاژ تغذیه رله

۲ـ تعداد کنتاکت‌ها (باز و بسته)

۳ـ نوع پایه‌ها (رله در داخل یک سوکت قرار می‌گیرد یا روی برد مدار چاپی باید لحیم شود؟)

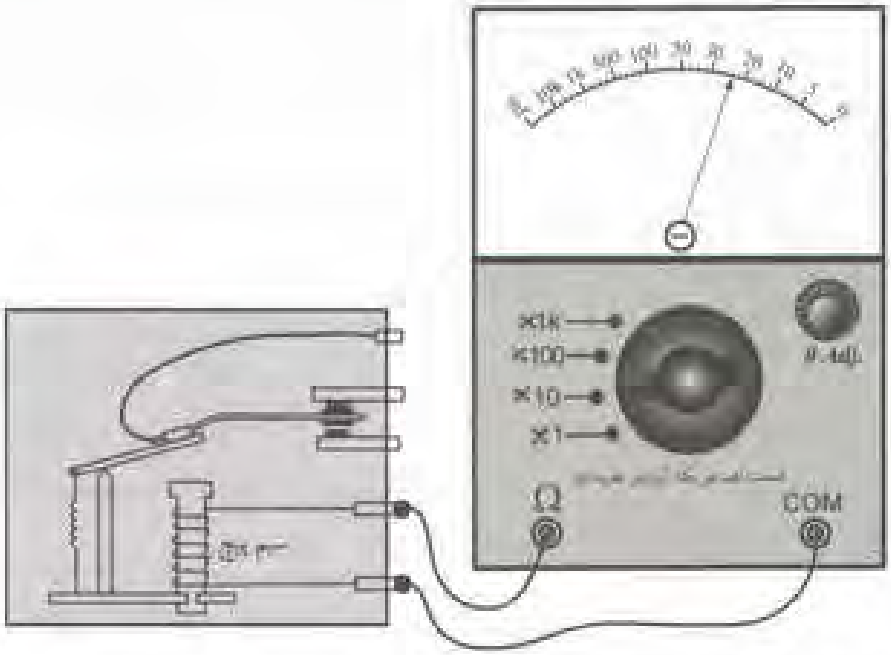
۴ـ جریان مجاز قطع و وصل کنتاکت‌ها

۵ـ حداکثر ولتاژی را که دو کنتاکت در حالت باز قرار داد.

۲ـ۵ـ آزمایش شماره (۱) رله

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

۱ـ۲ـ۵ـ هدف آزمایش: آزمایش صحت سیم‌پیچ رله و تشخیص کنتاکت‌های باز، بسته و مشترک یک رله ساده.



۲ـ۲ـ۵ـ شرح خلاصه آزمایش: درصورتی که یک رله با اعمال ولتاژ DC به بوبین عمل نکند، یکی از دلایل آن می‌تواند قطع سیم‌پیچ و یا سوختن آن باشد. برای تشخیص قطعی یا سوختگی در رله، می‌توان مقاومت اهمی بوبین (سیم‌پیچ) رله را اندازه گرفت. اگر مسیر جریان بوبین قطع یا سیم‌پیچ در اثر سوختن قطع شده باشد، مقاومت اهمی آن بی‌نهایت می‌شود. درصورتی که بر اثر سوختن سیم‌پیچ‌های رله، در سیم‌پیچ، اتصال کوتاه رخ دهد مقاومت اهمی سیم‌پیچ‌ها بسیار کم می‌شود. در این آزمایش شما مقاومت اهمی سیم‌پیچ یک رله را اندازه می‌گیرید و با توجه به مقدار آن اظهارنظر می‌کنید. در قسمت دوم این آزمایش به کمک اهم‌متر و منبع تغذیه DC، کنتاکت‌های یک رله را تشخیص می‌دهید.

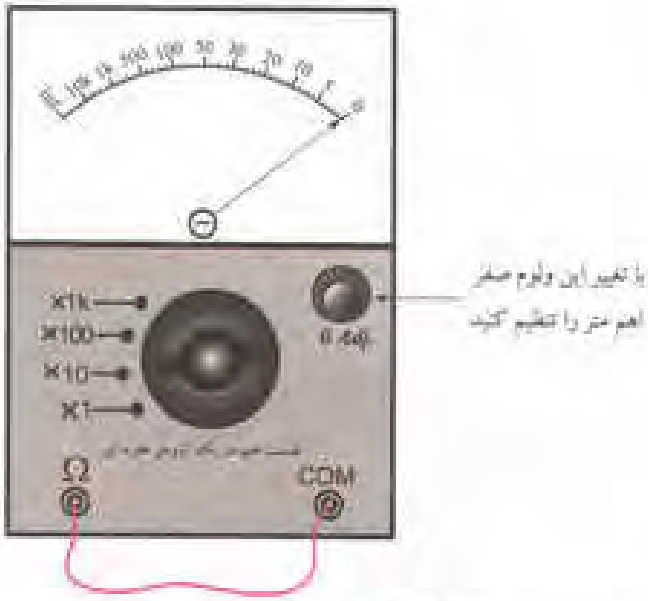
۳ـ۲ـ۵ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ منبع تغذیه DC ۱۸ـ۰ ـ ۱۵۷ـ ۰	یک دستگاه
۲ـ رله ۱۲ ولت	یک عدد
۳ـ اوومتر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۴ـ سیم‌های رابط یک سر گیره سوسماری و دو سر گیره سوسماری به طول ۵۰ سانتی‌متر	به اندازه کافی

۴ـ۲ـ۵ـ مراحل اجرای آزمایش

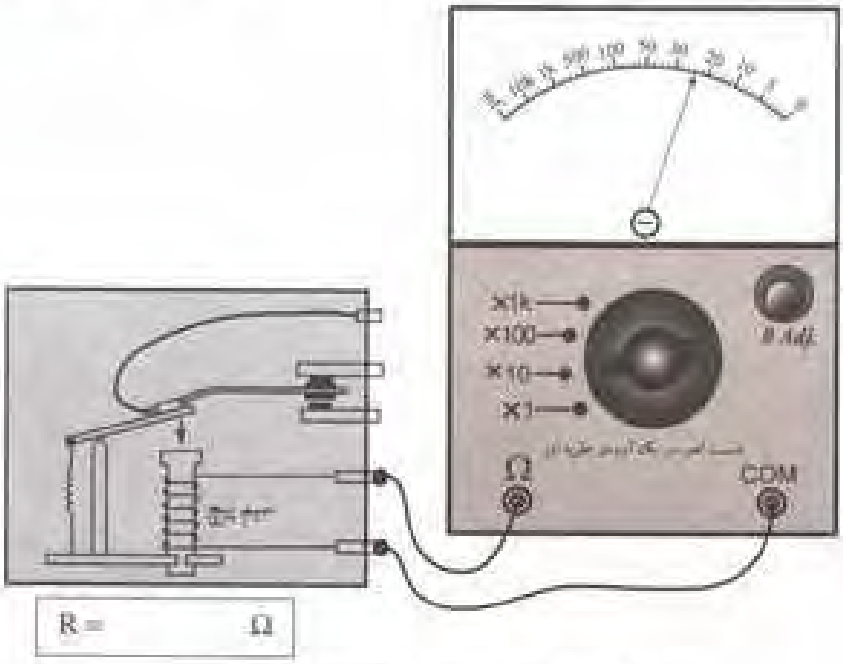
موضوع الف

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- رنج کلید اهم را درحالت ×۱۰ قرار دهید.
- صفر اهم‌متر را با اتصال کوتاه کردن دوسر ورودی اهم‌متر مانند شکل (۱۷ـ۵) تنظیم کنید.



شکل ۱۷ـ۵ـ نحوه تنظیم صفر اهم‌متر

- مدار شکل(۱۸ـ۵) را ببندید و مقاومت سیم‌پیچ بوبین را توسط اهم‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۱۸ـ۵ـ نحوه اندازه‌گیری مقاومت اهمی بوبین رله

سؤال: با توجه به مقدار مقاومت اندازه‌گیری شده، آیا بوبین رله سالم است؟ توضیح دهید.

_____

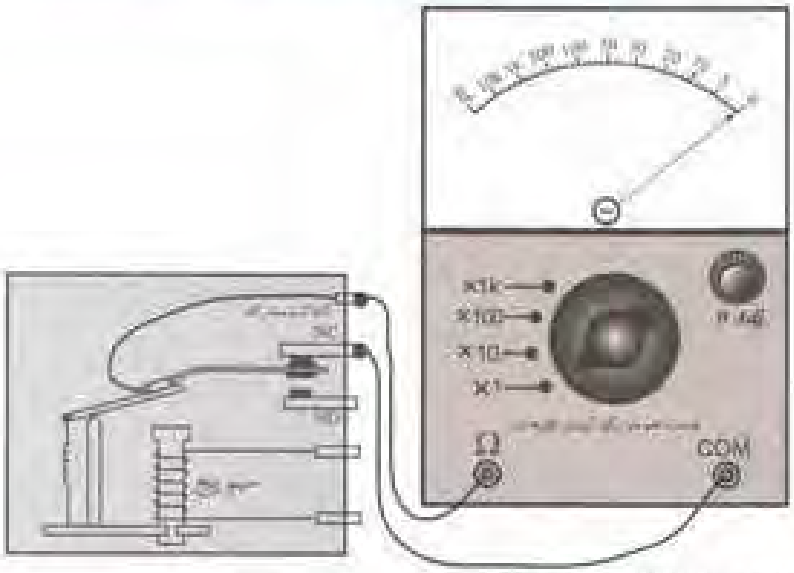
_____

_____

درصورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱ـ۵) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ بر روی رله‌ها معمولاً وضعیت کنتاکت‌ها را کاملاً مشخص می‌کنند، مانند کنتاکت مشترک و یا دو کنتاکتی که درحالت عادی به یکدیگر وصل هستند، یا کنتاکت‌هایی که درحالت عادی قطع هستند. کنتاکت‌های رله‌ای را که در اختیار دارید، از نظر باز یا بسته بودن شناسایی کنید و مقاومت اهمی بین دو کنتاکت باز و مقاومت اهمی بین دو کنتاکت بسته را اندازه بگیرید و در جدول روبه‌رو یادداشت کنید.

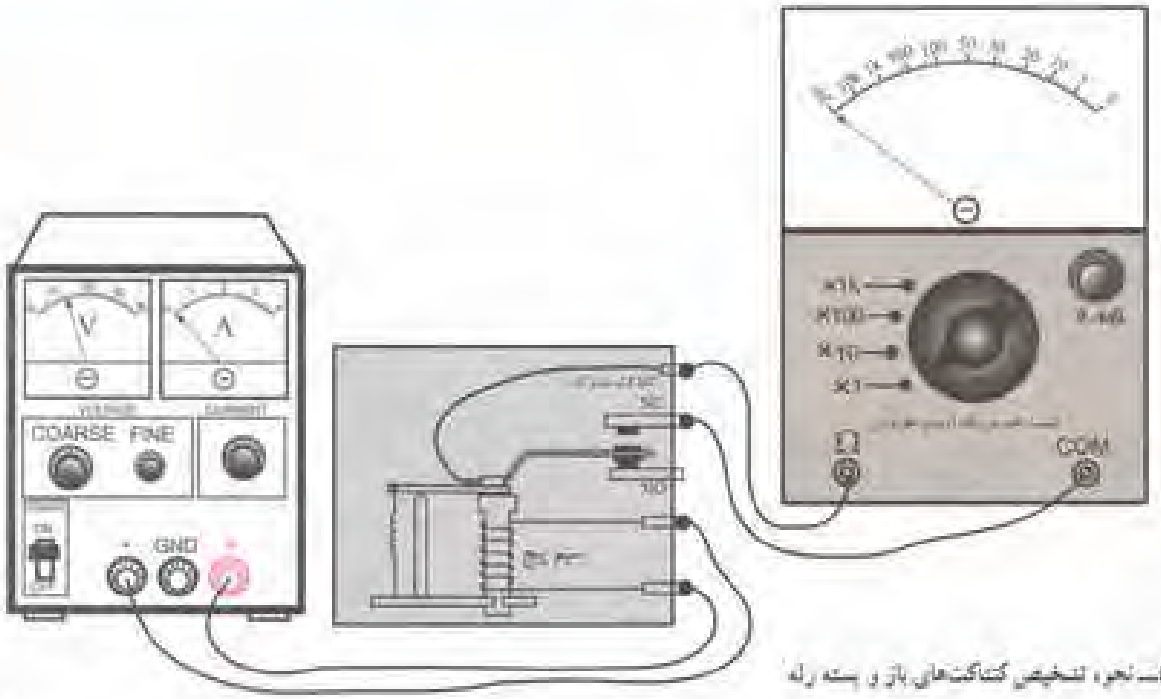
مقاومت اهمی بین دو کنتاکت باز $R =$	Ω
مقاومت اهمی بین دو کنتاکت بسته $R =$	Ω



شکل ۱۹ـ۵ـ نحوه اندازه‌گیری مقاومت اهمی رله

■ رله را به ولتاژ DC (۱۲ ولتی) وصل کنید (شکل ۲۰ـ۵)، مجدداً مقاومت اهمی بین دو کنتاکت بسته و باز (درحالت عادی) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

مقاومت اهمی بین دو کنتاکت باز $R =$	Ω
مقاومت اهمی بین دو کنتاکت بسته $R =$	Ω



شکل ۲۰ـ۵ـ نحوه تشخیص کنتاکت‌های باز و بسته رله

سؤال: چه نتیجه‌ای از آزمایش بالا می‌گیرید، توضیح دهید.

_ _

_ _

_ _

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای فصل ۵ خودآزمایی شماره (۱) مراجعه کنید.

خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

_ _

_ _

_ _

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

_ _

_ _

_ _

آزمون

۱ـ مقاومت اهمی بین دو کنتاکت باز یک رله چند اهم است؟

الف : □ بستگی به نوع کنتاکت دارد.

ب : □ صفر

ج : □ بی‌نهایت

۲ـ اگر مقاومت سیم‌پیچ یک رله حدود ۱۰ اهم باشد، کدام عبارت درست است؟

الف : □ به احتمال خیلی زیاد سیم‌پیچ سوخته است

ب : □ رله کاملاً سالم است.

۳ـ اگر در یک رله، کنتاکت‌های باز و بسته مشخص نباشند، چگونه می‌توان این کنتاکت‌ها را از یکدیگر تشخیص

داد؟ توضیح دهید.

۳ـ۵ـ میکروفون

۱ـ۳ـ۵ـ تعریف میکروفون: میکروفون وسیله‌ی تبدیل انرژی از یک نوع به نوع دیگر است. اطلاعات صوتی به‌صورت تغییرات فشار هوا که نوعی انرژی مکانیکی است از طریق شخص، دستگاه یا مولدهای دیگر به‌وجود می‌آید. میکروفون باید بتواند تغییرات فشار مکانیکی هوا را به تغییرات جریان یا سیگنال الکتریکی تبدیل کند. شکل (۲۱ـ۵) چند نمونه میکروفون را نشان می‌دهد.

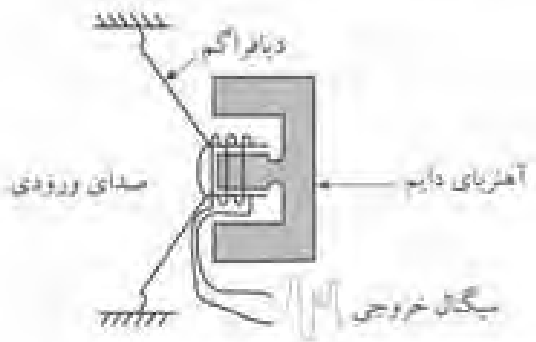
روش‌های مختلفی برای تبدیل تغییرات فشار هوا (صوت) به تغییرات جریان الکتریکی وجود دارند و متناسب با روش ساختمان و میکروفون تغییر می‌کند. از این‌رو انواع میکروفون‌ها با مشخصات الکتریکی مختلف ساخته می‌شوند.

شکل ۲۱ـ۵ـ چند نمونه میکروفون

۲ـ۳ـ۵ـ انواع میکروفون‌ها

الف ـ میکروفون دینامیکی: در شکل (۲۲ـ۵) شکل ظاهری یک نمونه میکروفون دینامیکی نشان داده شده است. در شکل (۲۳ـ۵) ساختمان داخلی میکروفون دینامیکی را مشاهده می‌کنید. در این نوع میکروفون، امواج صوتی (تغییرات فشار هوا) به یک صفحه قابل ارتجاع که دیافراگم نامیده می‌شود انتقال می‌یابد. بنابراین دیافراگم متناسب با صوت تغییر می‌کند. به دیافراگم یک سیم‌پیچ نسبتاً سبک متصل است. از طرفی این سیم‌پیچ در داخل یک میدان مغناطیسی دائم قرار دارد. با تغییرات فشار هوا (امواج صوتی) صفحه دیافراگم نیز به ارتعاش درآمده، و سیم‌پیچ متصل به آن در میدان مغناطیسی دائم به حرکت درمی‌آید و طبق قانون القای الکترومغناطیسی فاراده، ولتاژی در آن القا می‌شود تغییرات این ولتاژ متناسب با تغییرات صوت است.

شکل ۲۲ـ۵ـ یک نمونه میکروفون دینامیکی



شکل ۲۳ـ۵ـ ساختمان داخلی میکروفون دینامیکی

ب ــ **میکروفون خازنی**: همان‌طور که از نام این نوع میکروفون پیداست، از دو صفحه فلزی که بین دو صفحه عایق هوا قرار دارد تشکیل شده است. در شکل (۲۴ــ۵) یک نمونه میکروفون خازنی نشان داده شده است.

در این نوع میکروفون یکی از صفحات خازن ثابت و صفحه دیگر آن متغیر است و به یک دیافراگم اتصال دارد. بر اثر تغییرات فشار هوا در اثر صوت دیافراگم به ارتعاش درمی‌آید و صفحه متغیر را می‌لرزاند. این امر متناسب با تغییر فشار هوا باعث تغییر فاصله‌ی بین دو صفحه‌ی خازن می‌شود. با تغییر فاصله بین دو صفحه‌ی خازن، ظرفیت خازن تغییر می‌کند. برای تبدیل تغییرات ظرفیت خازن به تغییرات جریان الکتریکی به دو صفحه خازن یک ولتاژ DC مثل ولتاژ یک باطری وصل می‌کنند. تغییر ظرفیت خازن باعث تغییر بار الکتریکی ذخیره شده در خازن می‌شود.

$$Q = C \cdot V$$

(Q: متغیر، C: متغیر، V: ثابت)

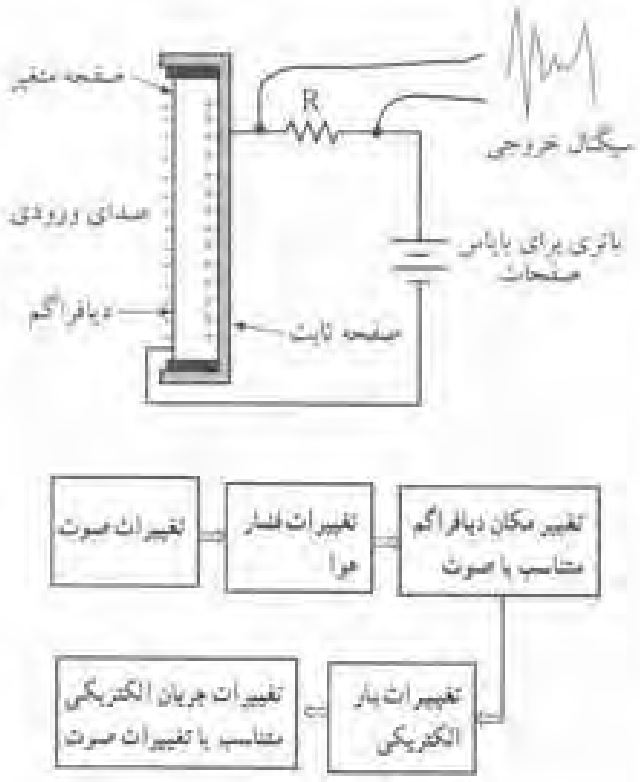
تغییرات بار الکتریکی نیز باعث تغییر جریان در مدار می‌شود. در شکل (۲۵ــ۵) ساختمان داخلی میکروفون خازنی نشان داده شده است. جریان متغیر ایجاد شده را معمولاً با یک تقویت‌کننده حساس، تقویت می‌کنند و به نقطه دیگری جهت تقویت نهایی ارسال می‌کنند. حجم میکروفون‌های خازنی نسبتاً کوچک است و میکروفون‌هایی که به کامپیوتر وصل می‌شوند معمولاً از نوع خازنی هستند.

ج ــ **میکروفون کریستالی**: در این میکروفون از خاصیت پیزوالکتریک استفاده می‌شود[۱]. پیزوالکتریک یک ماده معدنی است که به‌صورت لایه‌های نازک بریده می‌شود و دارای خواص زیر است:

اگر یک ضربه به آن وارد کنیم ولتاژ بسیار کمی در آن به‌وجود می‌آید.

اگر ولتاژی به آن اعمال کنیم، یک ضربه یا حرکت کوچک ایجاد می‌کند.

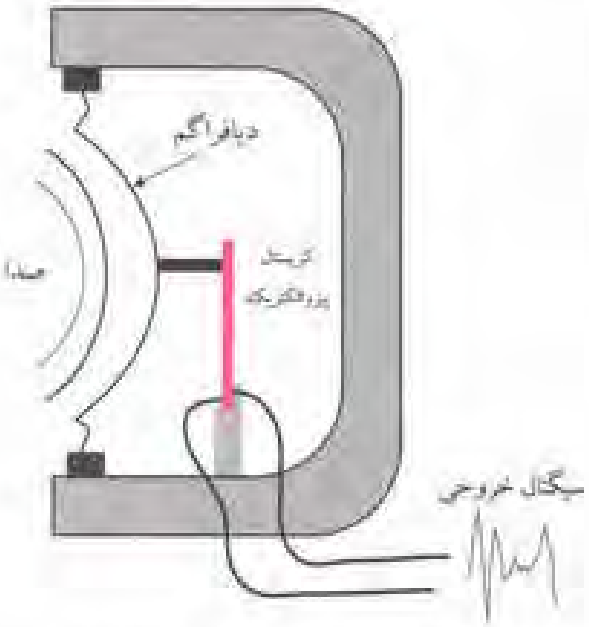
شکل ۲۴ــ۵ــ یک نمونه میکروفون خازنی



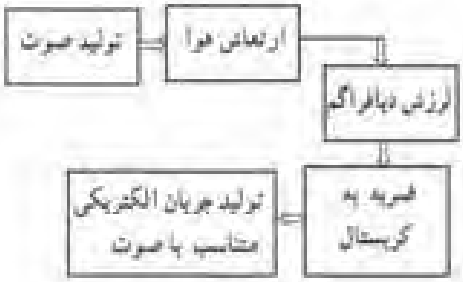
شکل ۲۵ــ۵ــ ساختمان داخلی میکروفون خازنی

۱ــ Piezoelectric به معنی تولید الکتریسیته بر اثر فشار است.

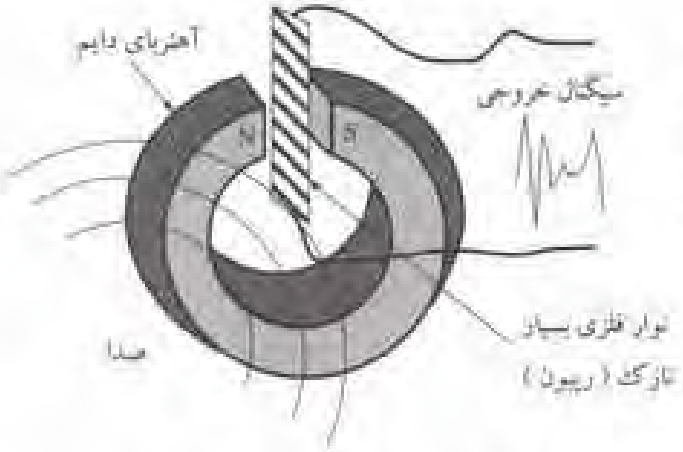
از خاصیت تولید ولتاژ در اثر ضربه در میکروفون کریستالی استفاده می‌شود. در شکل (۲۶ـ۵) ساختمان داخلی این نوع میکروفون نشان داده شده است. تغییرات فشار هوا که در اثر صوت به‌وجود می‌آید به دیافراگم برخورد می‌کند و باعث ارتعاش دیافراگم می‌شود. ارتعاش دیافراگم به قطعه کریستال انتقال می‌یابد و ولتاژ را به‌وجود می‌آورد که متناسب با صوت است.



شکل ۲۶ـ۵ـ ساختمان داخلی میکروفون کریستالی



د ـ میکروفون نواری[1]: ساختمان داخلی این میکروفون در شکل (۲۷ـ۵) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود یک نوار بسیار نازک از یک فلز قابل ارتجاع در داخل یک آهنربای دائم قرار دارد. امواج صوتی به‌صورت فشار هوا به این نوار نازک برخورد می‌کنند و باعث به حرکت درآوردن (ارتعاش) نوار فلزی می‌شوند. از طرفی چون این نوار فلز در یک میدان مغناطیسی ثابت قرار دارد بر اثر حرکت (ارتعاش) در میدان مغناطیسی ثابت، ولتاژی در دو سر آن ولتاژ القا می‌شود. این ولتاژ متناسب با تغییرات فشار هوا یعنی تغییرات صوت است.



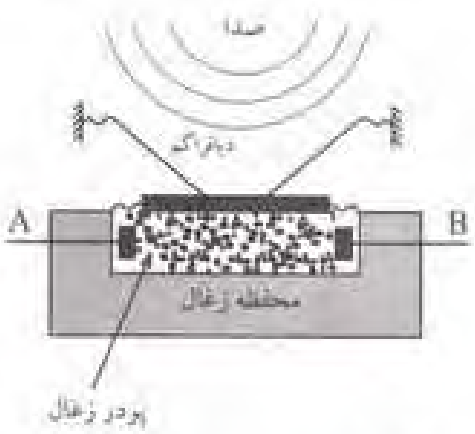
شکل ۲۷ـ۵ـ ساختمان داخلی میکروفون نواری

1ـ Ribbon Microphone

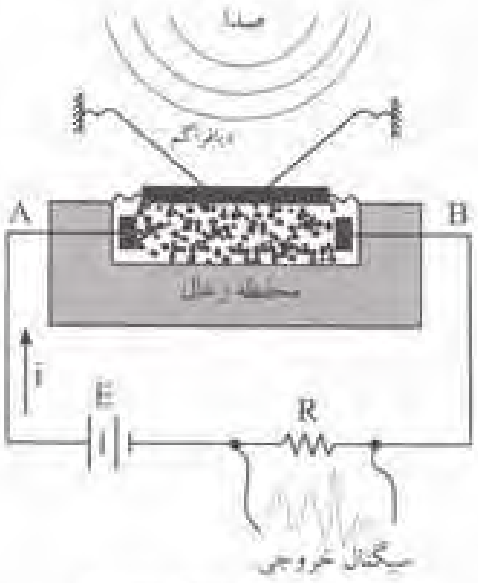
هـ ـ میکروفون زغالی: این نوع میکروفون فقط در تلفن به‌کار می‌رود و نمونه‌ای از آن در شکل (۲۸ـ۵) نشان داده شده است.

شکل ۲۸ـ۵ـ یک نمونه میکروفون زغالی

اساس کار میکروفون زغالی به این صورت است که در یک محفظه نسبتاً کوچک مقداری براده گرافیت (زغال) قرار می‌دهند و سطح فوقانی آن را توسط یک غشاء به یک دیافراگم وصل می‌کنند. با تغییرات فشار هوا (صوت) دیافراگم شروع به ارتعاش می‌کند و با فشار بسیار مختصری که به سطح زغال‌ها وارد می‌شود، براده‌های زغال را فشرده‌تر یا بازتر می‌کنند و مقاومت مجموعه براده زغال تغییر می‌دهد لذا تغییر فشار هوا (صوت) باعث تغییر مقاومت اهمی بین دو پایه می‌شود. در شکل (۲۹ـ۵) ساختمان داخلی این نوع میکروفون نشان داده شده است. حال اگر یک ولتاژ DC به دو سر A و B وصل کنیم، با تغییر فشار هوا (صوت) مقاومت بین A و B تغییر می‌کند و جریان را در مدار تغییر می‌دهد (شکل ۳۰ـ۵).

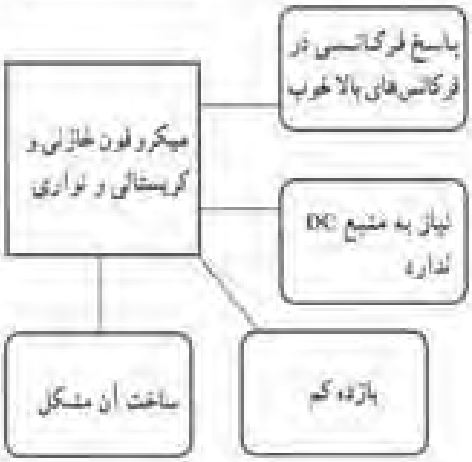


شکل ۲۹ـ۵ـ ساختمان داخلی میکروفون زغالی



شکل ۳۰ـ۵ـ عملکرد میکروفون زغالی

۳ـ۳ـ۵ـ مشخصات میکروفون‌ها: بعضی از میکروفون‌ها، مانند میکروفون دینامیکی نیاز به منبع ولتاژ DC ندارد ولی در عوض فرکانس‌های خیلی بالای صوتی مثلاً ۱۳ کیلوهرتز را نمی‌تواند تبدیل به سیگنال الکتریکی کند. بعضی از میکروفون‌ها مانند میکروفون خازنی، می‌توانند همه فرکانس‌ها را به‌راحتی تبدیل به سیگنال الکتریکی کنند و نیازی به منبع DC هم نیز ندارند. بنابراین هر میکروفون از نظر الکتریکی یک سری مشخصه‌هایی دارد که به بعضی از آن‌ها اشاره می‌شود:



الف ـ حساسیت: منظور از حساسیت این است که چه مقدار از سیگنال خروجی مربوط به صوت است. هر قدر ولتاژ خروجی بیشتر مربوط به صوت باشد میکروفون حساس‌تر است.

ب ـ پاسخ فرکانسی: میکروفونی که بتواند تمام امواج صوتی از فرکانس‌های خیلی کم حدود چند هرتز تا فرکانس‌های خیلی زیاد حدود ۱۰kHz را تبدیل به سیگنال الکتریکی نماید ایده‌آل است. در عمل بسیاری از میکروفون‌ها نمی‌توانند فرکانس‌های خیلی کم یا خیلی زیاد را تبدیل به سیگنال الکتریکی کنند. بنابراین یک میکروفون هرقدر بتواند به میکروفون ایده‌آل نزدیک‌تر باشد دارای پاسخ فرکانسی بهتری است. در میان میکروفون‌ها، میکروفون‌های خازنی و نواری دارای بهترین پاسخ فرکانسی و میکروفون زغالی بدترین نوع میکروفون است.

ج ــ خطی بودن: در یک میکروفون بهترین حالت این است که دامنه خروجی صوت در فرکانس‌های مختلف به‌ازای تغییرات فشار هوا (صوت) ثابت باشد. این ویژگی بستگی به نوع و بافراگم دارد. اگر میکروفون دارای مشخصه فوق باشد گوییم تبدیل صوت به سیگنال الکتریکی در آن به‌صورت خطی است. البته میکروفون‌هایی که به‌صورت خطی عمل می‌کنند بسیار گران‌قیمت هستند.

د ــ نویز: اگر سیگنال خروجی یک میکروفون مربوط به صوت ورودی باشد و تحت تأثیر نویز قرار نگیرد گوییم این میکروفون دارای نویز کمتری است. لذا میکروفون‌هایی که دارای نویز کمتری هستند مرغوب‌ترند.

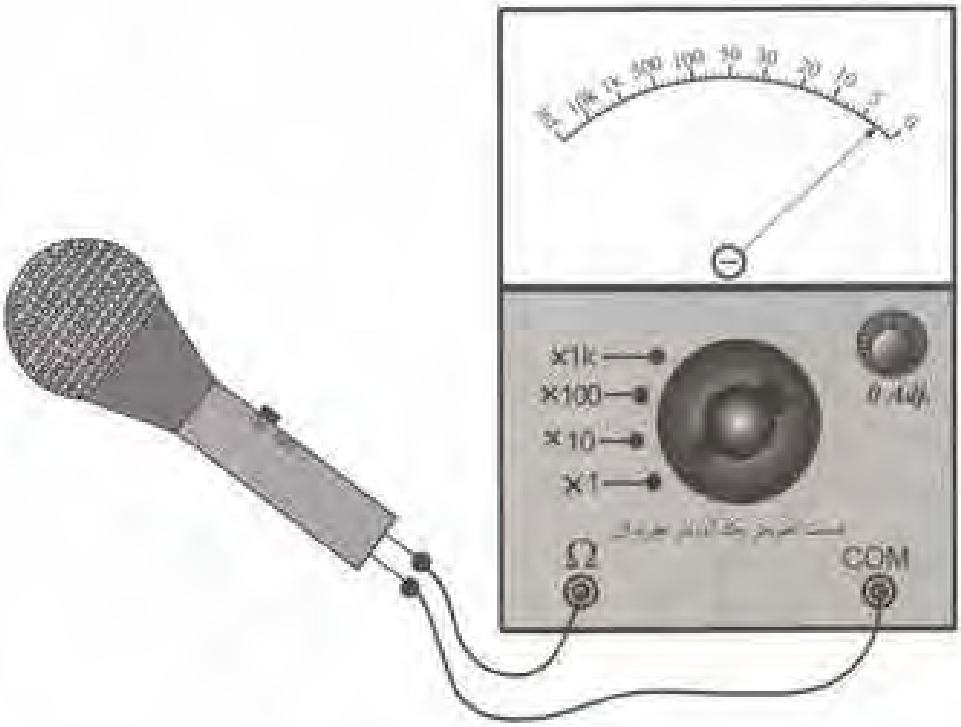
هـ ــ انرژی خروجی میکروفون: هرقدر انرژی خروجی صوتی میکروفون نسبت به انرژی ورودی آن بیشتر باشد می‌گوییم میکروفون بازده بیشتری دارد. در میان میکروفون‌ها بازده میکروفون زغالی از همه بیشتر است.

مدت زمان انجام آزمایش: ۱ ساعت

۴ـ۵ـ آزمایش شماره (۲) میکروفون

۱ـ۴ـ۵ـ هدف‌های آزمایش

الف ـ تشخیص صحت یک میکروفون دینامیکی



۲ـ۴ـ۵ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما سلامت یک میکروفون از نوع دینامیکی را با اندازه‌گیری مقدار اهم آن توسط اهم‌متر مورد آزمایش قرار می‌دهید. اگر مقدار مقاومت تقریباً بین ۲۰ تا ۶۰۰ اهم باشد، میکروفون سالم است و اگر سیم‌پیچ آن قطع باشد مقاومت آن بی‌نهایت می‌شود. به یاد داشته باشید که در شرایط کار معمولی سیم‌پیچ میکروفون اتصال کوتاه یا قطع می‌شود.

۳ـ۴ـ۵ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

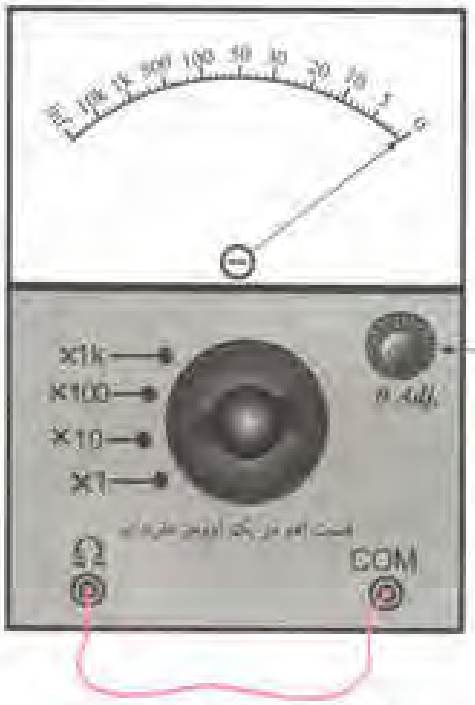
نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ میکروفون دینامیکی	یک عدد
۲ـ اوومتر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۳ـ سیم یک متر گیج سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	دو عدد

۴ـ۴ـ۵ـ مراحل اجرای آزمایش

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ رنج کلید اهم‌متر را در حالت ×۱۰ قرار دهید.

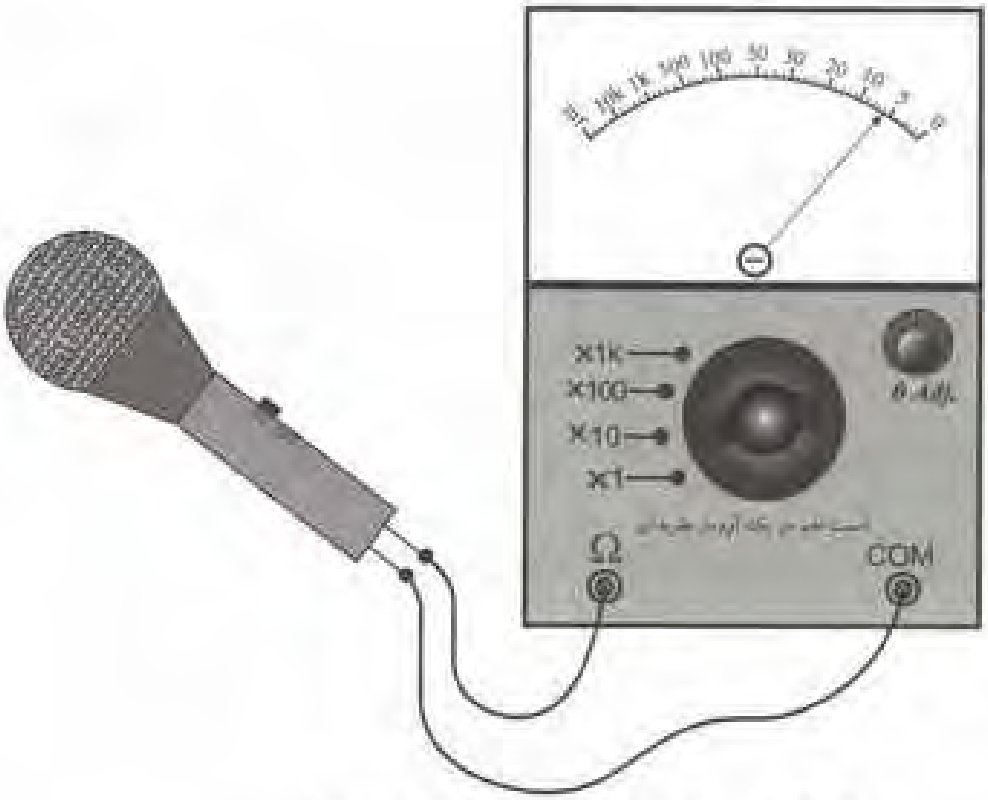
■ صفر اهم‌متر را با اتصال کوتاه کردن دو سر ورودی اهم‌متر مانند شکل (۳۱ـ۵) تنظیم کنید.



شکل ۳۱ـ۵ـ نحوه تنظیم صفر اهم‌متر

■ مدار شکل (۳۲ـ۵) را ببندید و مقاومت اهمی میکروفون دینامیکی را با استفاده از اهم اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

R =	Ω



شکل ۳۲ـ۵ـ نحوه اندازه‌گیری مقاومت اهمی میکروفون دینامیکی

سؤال: با توجه به مقدار مقاومت اندازه‌گیری شده، آیا میکروفون سالم است؟ توضیح دهید.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

درصورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۵) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

خلاصه آزمایش: آن‌چه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

آزمون

۱ـ چگونه می‌توان تشخیص داد که یک میکروفون دینامیکی سالم است یا خیر؟ توضیح دهید.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

۲ـ اگر مقاومت اهمی یک میکروفون دینامیکی ۱۰۰ مگااهم باشد، کدام عبارت درست است؟

الف : ☐ میکروفون کاملاً سالم است.

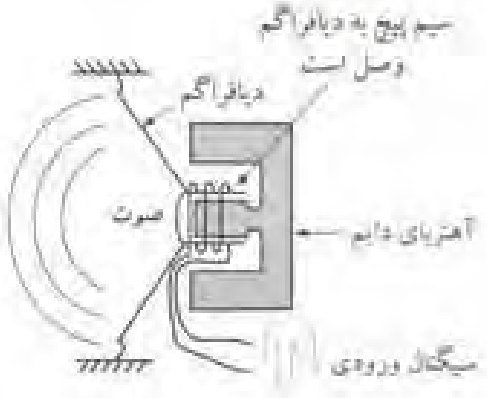
ب : ☐ یک قطع‌شدگی در میکروفون رخ داده است.

۵ــ۵ــ بلندگو[1]

۱ــ۵ــ۵ــ تعریف بلندگو: بلندگو وسیله‌ای است که سیگنال‌های الکتریکی در محدوده فرکانسی ۱۵kHz تا ۱۰Hz را تبدیل به صوت می‌کند. عملکرد بلندگو دقیقاً برعکس عملکرد میکروفون است. درشکل (۳۳ــ۵) نمونه‌هایی از بلندگوها نشان داده شده‌اند.

شکل ۳۳ــ۵ــ چند نمونه بلندگو

در شکل (۳۴ــ۵) ساختمان داخلی یک بلندگو نشان داده شده است. ساختمان داخلی بلندگو درست شبیه میکروفون دینامیکی است و فقط اندازه آن بزرگ‌تر است. بر اثر عبور جریان الکتریکی از سیم‌پیچ، چون سیم‌پیچ حامل جریان در یک میدان مغناطیسی قرار دارد نیرویی به آن وارد می‌شود و در اثر این نیرو صفحه دیافراگم بلندگو حرکت می‌کند.



شکل ۳۴ــ۵ــ ساختمان داخلی بلندگو

حرکت دیافراگم، باعث تغییر فشار هوا می‌شود و درنهایت گوش ما این تغییرات فشار هوا را حس می‌کند و به‌صورت صوت می‌شنود.

۲ــ۵ــ۵ــ مشخصات بلندگوها: هر بلندگو یک سری مشخصاتی دارد که هنگام خرید بلندگو یا انتخاب یک بلندگو از بین چند بلندگو می‌توانیم بهترین را با توجه به نیاز انتخاب کنیم. بعضی از مشخصات بلندگو به شرح زیر است:

الف ــ ابعاد و شکل ظاهری: بلندگویی که قرار است در حیاط یک مدرسه نصب گردد با بلندگویی که قرار است به یک کامپیوتر وصل شود از نظر ابعاد و شکل ظاهری با هم تفاوت دارد. بنابراین با توجه به نیاز می‌توان یک بلندگوی مناسب را از نظر ابعاد و شکل ظاهری انتخاب کرد.

ب ــ پاسخ فرکانسی: یک بلندگوی ایده‌آل باید تمامی فرکانس‌های صوتی (تقریباً از ۱۵ هرتز الی ۱۸ کیلوهرتز) را تبدیل به امواج صوتی کند، اما در عمل تقریباً این امر توسط یک بلندگو غیرقابل انجام است. به هر حال هر بلندگویی که بتواند محدوده فرکانسی بیشتری از سیگنال ورودی را تبدیل به امواج صوتی کند دارای پاسخ فرکانسی بهتری است.

1ــ Speaker

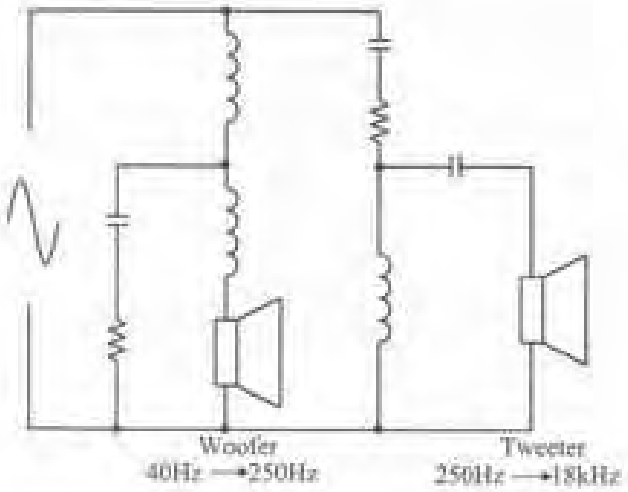
برای این‌که بتوان در محدوده‌ فرکانسی ۱۵ هرتز تا ۱۸ کیلوهرتز همه‌ی سیگنال‌های الکتریکی را به امواج صوتی تبدیل کرد، باید حداقل از دو بلندگو با پاسخ فرکانسی به‌صورت

Subwoofer : ۴۰Hz – ۲۵۰Hz (ساب ووفر)

Sateltie : ۲۵۰Hz – ۱۸kHz (ستِ لایت)

استفاده کرد.

برای این کار از مدار شکل (۳۵ـ۵) عملاً استفاده می‌کنند.



شکل ۳۵ـ۵ـ مدار اتصال بلندگوها به خروجی تقویت‌کننده

در شکل (۳۶ـ۵) دو عدد بلندگوی کوچک و یک بلندگوی بزرگ که مجموعاً محدوده‌ فرکانسی ۵۰Hz – ۱۸kHz را می‌پوشانند نشان داده شده است.

ج ـ مقاومت اهمی بلندگو: بلندگوهای ساخته شده معمولاً دارای مقاومت اهمی ۴Ω ، ۸Ω یا بالاتر هستند. بلندگوها

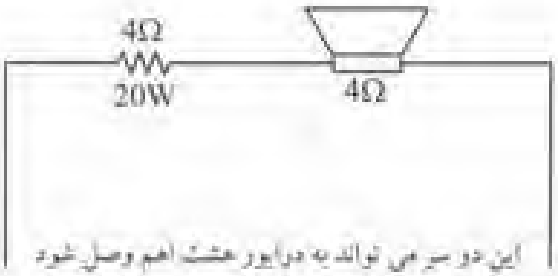
شکل ۳۶ـ۵ـ چند نمونه بلندگو

توجه داشته باشید هنگام اتصال بلندگو به دستگاه باید توان خروجی دستگاه با توان بلندگو تطبیق داشته باشد.

یا مقاومت اهمی (۸Ω) از سایر بلندگوها رایج‌تر است. بنابراین قبل از انتخاب بلندگو باید ابتدا مطمئن شویم که دستگاه موردنظر دارای خروجی چند اهمی است ۴ یا ۸ یا بیشتر، سپس اقدام به تهیه بلندگو کنیم.

اگر خروجی دستگاه ۸Ω باشد و ما بلندگو ۴Ω، ۲۰ وات در اختیار داشته باشیم می‌توانیم به روش‌های ذیل اقدام کنیم.

■ یک مقاومت ۴Ω با توان ۲۰ تا ۳۰ وات را با بلندگوی ۴Ω سری کنیم و سپس مجموعه را به درایور ۸Ω (خروجی تقویت‌کننده یا خروجی دستگاه‌های صوتی و تصویری) وصل کنیم. البته در این روش کیفیت صوت خیلی مطلوب نخواهد بود.

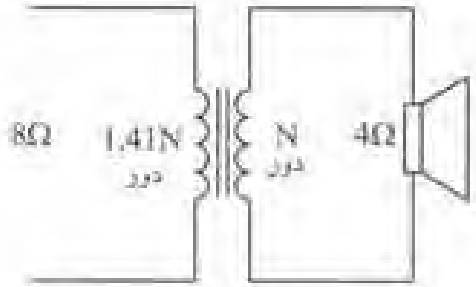


شکل ۳۷ـ۵ـ نحوه اتصال بلندگوی ۴Ω به درایور ۸Ω

■ دو بلندگوی ۴ اهمی را با یکدیگر سری کنیم و سپس مجموعه را به خروجی تقویت‌کننده یا... وصل کنیم (شکل ۳۸ـ۵).

شکل ۳۸ـ۵ـ نحوه اتصال بلندگوهای ۴Ω به درایور ۸Ω

■ به کمک یک ترانسفورماتور می‌توان بار ۴Ω را به خروجی ۸Ω وصل کرد؛ ضمن این که با ترانسفورماتور هم پرهزینه است و هم فرکانس را محدود می‌کند، ولی به‌خاطر آسان بودن نصب آن و توانایی تطبیق با انواع بلندگوها متداول است.



شکل ۳۹ـ۵ـ نحوه اتصال بلندگوی ۴Ω به کمک ترانسفورماتور به درایور ۸Ω

ج ـ سایر مشخصات: امروزه روی اکثر بلندگوها معمولاً یک تقویت‌کننده نیز وجود دارد. در این‌صورت روی جعبه بلندگو، کلید خاموش ـ روشن (on/off) ـ ولوم برای تعیین حجم صدا ـ ولوم برای سه‌بعدی کردن صدا (3D) ـ لامپ کوچک (LED) برای روشن یا خاموش بودن تقویت‌کننده ـ ولوم‌های کنترل زیر و بم (Treble/Bass) وجود دارند. در ضمن بلندگو به برق ۲۲۰ ولت از طریق یک آداپتور تغذیه می‌شود.

اگر بلندگو دارای تقویت‌کننده نباشد هیچ‌کدام از این مشخصه‌ها روی بلندگو وجود ندارند.

ت ـ توان مؤثر بلندگو: توان واقعی که از تقویت‌کننده به بلندگو منتقل می‌شود توان مؤثر نامیده می‌شود. این توان از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$P = \frac{U_{eff}^2}{R}$$

در روی بلندگوها یا بدنه آن‌ها، این توان را با حروف RMS (Root Mean Square) نشان می‌دهند.

ث ــ توان PMPO (Peak Music Power[1])

PMPO چهار حرف اختصاری انگلیسی است که به دو صورت زیر تعریف شده است.

۱ــ مقدار ماکزیمم قدرت عملی لحظه‌ای در خروجی تقویت کننده[2].

۲ــ مقدار ماکزیمم قدرت در موسیقی[2].

اندازه‌گیری ماکزیمم قدرت عملی لحظه‌ای، نشان می‌دهد که هیچ تقویت کننده‌ای نمی‌تواند برای مدت طولانی در آن شرایط کار کند. لذا معمولاً مقدار قدرت خروجی را بر حسب rms بیان می‌کند. اگر بخواهیم رابطه‌ای عملی بین PMPO و قدرت rms پیدا کنیم می‌توانیم به مقادیری را که برای بلندگوها داده می‌شود مورد بررسی قراردهیم. به عنوان مثال یک بلندگو با قدرت rms برابر با ۱۶ وات دارای PMPO برابر با ۱۲۰ وات است یا بلندگوی دیگری با وات rms برابر با ۱۰W دارای PMPO برابر با ۱۲۰ وات خواهد بود. با توجه به مقادیر مشاهده می‌شود که کارخانه‌های سازنده نسبت به مقادیر PMPO اغراق می‌کنند.

می‌دانیم مقدار قدرت خروجی تقویت کننده‌ها از روی ولتاژ منبع تغذیه قابل محاسبه است. یعنی اگر تقویت کننده، پوش‌پول باشد و ولتاژ تغذیه آن ۱۲ ولت و جریان ۵ آمپر را از منبع بکشد مقدار توانی را که می‌تواند بدهد برابر است با

$$P_{rms} = 5 \times 12 = 60W$$

از طرفی یک آمپلی‌فایر نمی‌تواند با راندمان بیشتر از ۶۰ درصد کار کند. در این حالت توان خروجی برابر است با

$$P_{rms} = 5 \times 12 \times 0/60 = 36W$$

مشاهده می‌شود که ماکزیمم توانی را که می‌توانید دریافت کنید ۳۶ وات است حال آن که مقدار PMPO که برای این دستگاه تعریف می‌شود برابر با ۵۰۰ وات است که عملاً نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۱ــ Peak momentary performance output

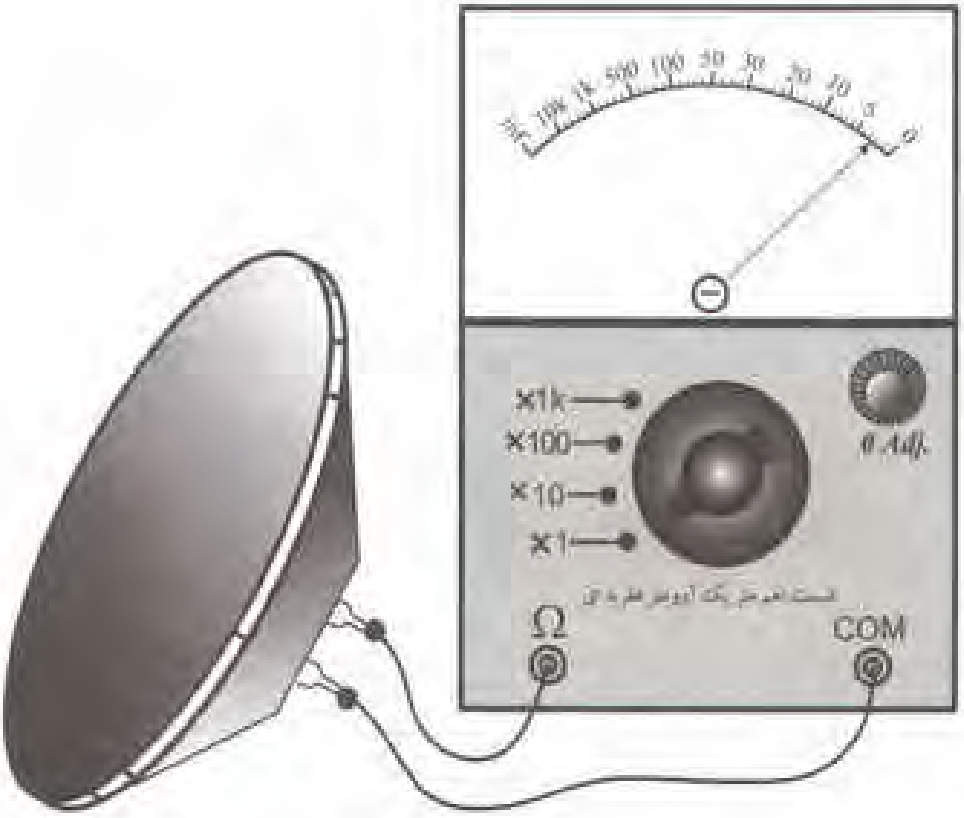
۲ــ Peak music power

مدت زمان انجام آزمایش ۱ ساعت

۶ـ۵ـ آزمایش شماره (۳) بلندگو

۱ـ۶ـ۵ـ هدف‌های آزمایش

الف ـ تشخیص صحت یک بلندگو



۲ـ۶ـ۵ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما صحت کار یک بلندگوی معمولی با استفاده از اهم‌متر و از طریق اندازه‌گیری مقاومت اهمی مورد آزمایش قرار می‌دهید. اگر مقدار مقاومت بلندگو بین ۴ تا ۱۰ Ω باشد بلندگو سالم است و اگر سیم‌پیچ بلندگو قطع باشد مقاومت آن بی‌نهایت است. اگر مقاومت اهمی سیم‌پیچ بلندگو خیلی کم باشد (کمتر از یک اهم) سیم‌پیچ‌های بلندگو به یکدیگر اتصال کوتاه شده است.

۳ـ۶ـ۵ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ بلندگوی ۱W.۸Ω	یک عدد
۲ـ آوومتر عقربه‌ای و یا دیجیتالی	یک دستگاه
۳ـ سیم یک سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	دو عدد

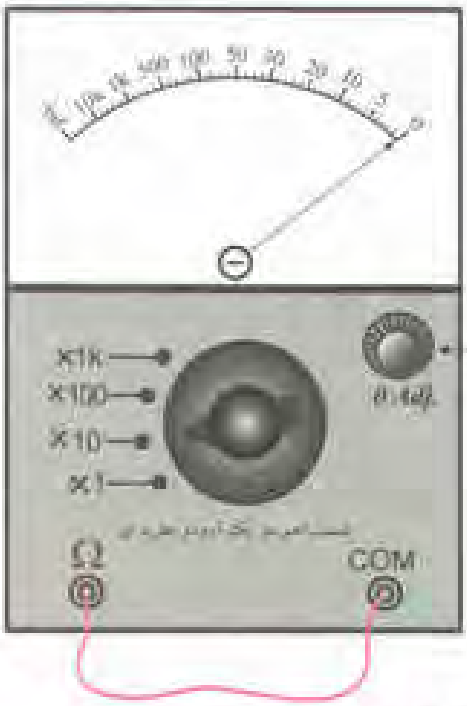
۴ـ۶ـ۵ـ مراحل اجرای آزمایش

موضوع الف

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

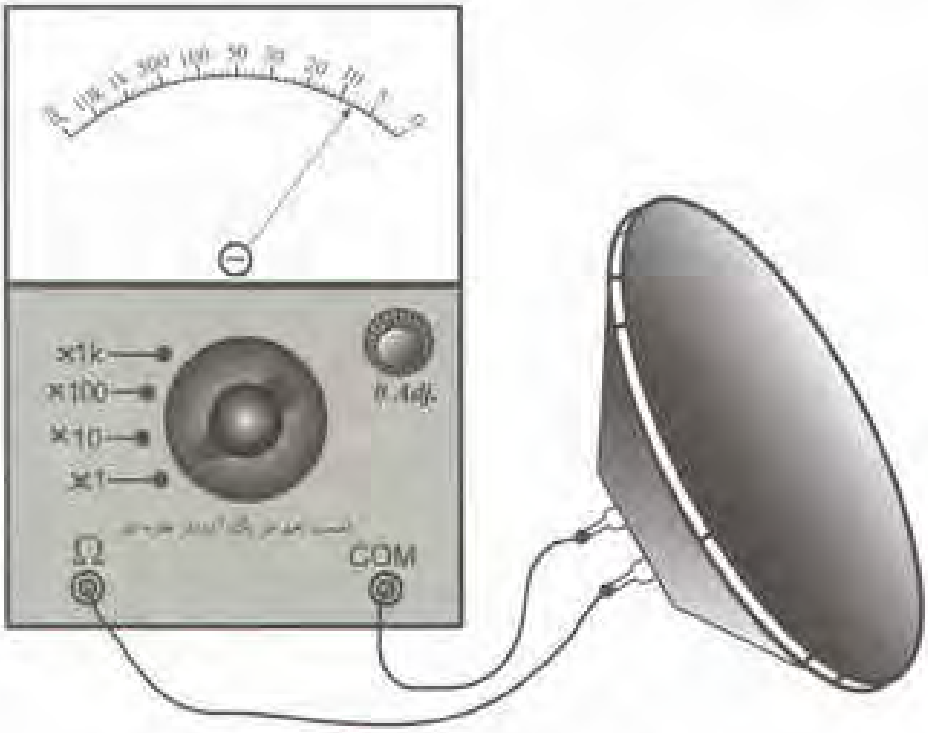
■ حوزه کار کلید اُهم‌متر را درحالت ×۱ قرار دهید.

■ صفر اهم‌متر را با اتصال کوتاه کردن دو سر پروب‌های اهم‌متر مانند شکل (۴۰ـ۵) تنظیم کنید.



شکل ۴۰ـ۵ـ نحوه تنظیم صفر اهم‌متر

■ مدار شکل (۴۱ـ۵) را ببندید و مقاومت اهمی بلندگو را با استفاده از اهم‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۴۱ـ۵ـ نحوه اندازه‌گیری مقاومت اهمی بلندگو

سؤال: با توجه به مقدار مقاومت اندازه‌گیری شده، آیا بلندگو سالم است؟ توضیح دهید.

درصورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۳ـ۵) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

آزمون

۱ـ اهم‌متر مقاومت اهمی یک بلندگو را ۲۵۰ کیلواهم نشان می‌دهد. کدام گزینه زیر در ارتباط با این بلندگو درست است؟

الف: □ بلندگو کاملاً سالم است.

ب: □ در بلندگو یک قطع‌شدگی وجود دارد.

ج: □ بلندگو اتصال کوتاه است.

د: □ تعدادی از حلقه‌های سیم‌پیچ بلندگو به هم چسبیده است.

۲ـ اگر یک بلندگو کاملاً سوخته باشد، مقاومت اهمی آن در کدام محدوده قرار دارد؟

الف: □ ۲ تا ۸Ω　　ب: □ صفر یا بی‌نهایت

ج: □ ۲Ω تا بی‌نهایت　　د: □ ۸Ω تا بی‌نهایت

پرسش و تمرین (۵)

۱ـ رله را تعریف کنید.

۲ـ رله بر چه اساسی کار می‌کند؟

۳ـ علامت قراردادی رله و کنتاکت‌های آن را در حالت عادی باز و بسته رسم کنید.

۴ـ انواع رله‌ها را نام ببرید.

۵ـ فرق رله‌های الکترومغناطیسی و Reed Relay چیست؟

۶ـ مشخصات یک رله را نام ببرید.

۷ـ چگونه می‌توان به سلامت یک رله پی برد؟

۸ـ اساس کار یک میکروفون دینامیکی را شرح دهید.

۹ـ اساس کار یک میکروفون کریستالی را شرح دهید.

۱۰ـ مفهوم پاسخ فرکانسی در میکروفون‌ها چیست؟

۱۱ـ میکروفون‌هایی که در کامپیوتر به‌کار می‌روند معمولاً از کدام نوع است؟

۱۲ـ بلندگو را تعریف کنید.

۱۳ـ اساس کار بلندگو را شرح دهید.

۱۴ـ چگونه می‌توان یک بلندگوی ۴Ω را به یک خروجی ۸Ω وصل کرد؟

۱۵ـ چگونه می‌توان به صحت یک بلندگو پی برد؟

آزمون عملی پایانی (۵)

۱ـ یک رله ۱۲ ولتی یا حداقل ۳ عدد کنتاکت باز و بسته تهیه کنید و به کمک اهم‌متر پایه‌های زیر را در آن مشخص کنید.

الف : دو پایه بوبین

ب : کنتاکت‌های در حالت عادی باز[۱]

ج : کنتاکت‌های در حالت عادی بسته[۲]

سپس نقشه کامل این رله را رسم کنید.

۱ـ Normally Open

۲ـ Normally Close

پاسخنامه پیش‌آزمون‌ها

پیش‌آزمون (۱)

شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	ب
۲	الف
۳	الف
۴	د
۵	الف
۶	ج
۷	الف
۸	–
۹	الف
۱۰	–
۱۱	–
۱۲	–

پیش‌آزمون (۲)

شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	الف
۲	ج
۳	الف
۴	د
۵	ب
۶	ب
۷	د
۸	ب
۹	الف
۱۰	ج

پیش‌آزمون (۳)

شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	ب
۲	الف
۳	د
۴	ب
۵	ج
۶	د
۷	ج
۸	ب
۹	ب
۱۰	الف

پیش‌آزمون (۴)

شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	د
۲	الف
۳	ج
۴	ب
۵	ب
۶	الف
۷	ب
۸	ب
۹	الف
۱۰	ج

پیش‌آزمون (۵)

شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	ب
۲	الف
۳	ج
۴	ب
۵	د
۶	الف
۷	الف
۸	د
۹	الف
۱۰	ب

منابع مورد استفاده

۱ـ ELECTRIC CIRCUITS

by: DAVID A. BELL

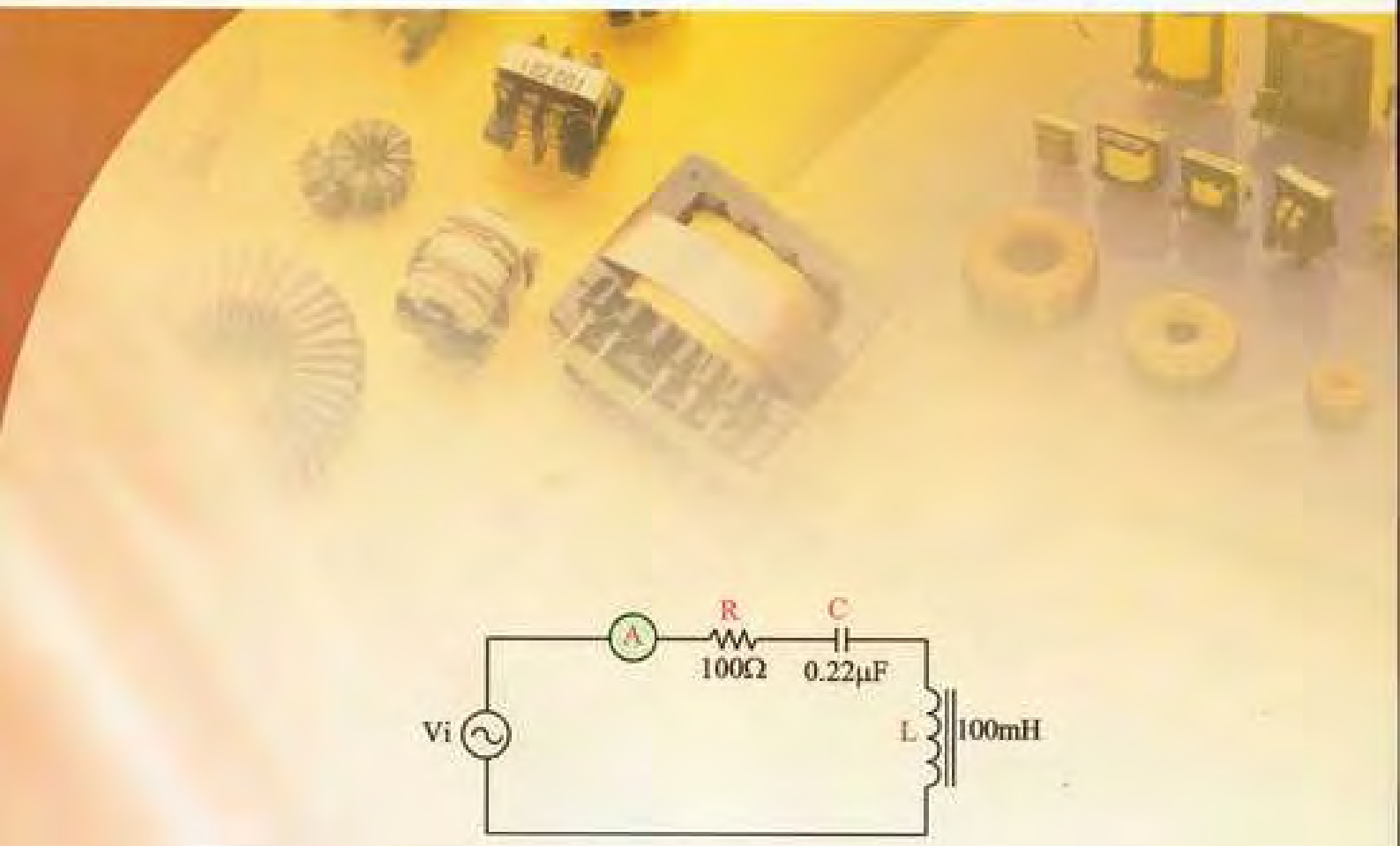
۲ـ Basic Electronics

by: Grob

۳ـ دستگاه‌های اندازه‌گیری مؤلف: فتح‌اله نظریان

فهرست رشته‌های مهارتی که می‌توانند از کتاب مقاومت، سلف، خازن در جریان متناوب استفاده نمایند.

ردیف	نام رشته‌ی مهارتی	شماره‌ی رشته‌ی مهارتی	کد رایانه‌ای رشته‌ی مهارتی	نام استاندارد مهارتی مبنا	کد استاندارد مهارتی متولی
۱	تعمیر تلویزیون رنگی	۳۰۱ـ۱۰۲ـ۱ـ۱	۹۳۸۱	الکترونیک کار عمومی	۵۱/۱۱ـ ۸ و ۷۴
۲	الکترونیک صنعتی	۳۰۲ـ۱۰۲ـ۱ـ۱	۹۳۸۲		
۳	کاربری کنترل‌کننده‌های منطقی (PLC)	۳۰۳ـ۱۰۲ـ۱ـ۱	۹۵۲۵		
۴	تعمیر ماشین‌های اداری	۳۰۵ـ۱۰۲ـ۱ـ۱	۹۷۸۴		
۵	تعمیر عمومی کامپیوتر	۳۰۷ـ۱۰۳ـ۱ـ۱	۹۷۵۰		



شابک ۱-۱۲۵۱-۰۵-۹۶۴
ISBN 964-05-1259-1

قیمت در تمام کشور ۱۰۰۰۰ ریال

۱۳۸۳