بسم الله الرحمن الرحیم

راهنمای هنرآموز

دانش فنی تخصصی

رشتهٔ الکترونیک و مخابرات دریایی

گروه برق و رایانه

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: راهنمای هنرآموز دانش فنی‌تخصصی(رشتهٔ الکترونیک و مخابرات دریایی)ـ۲۱۲۹۸۰

پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش

شناسه افزوده‌برنامه‌ریزی و تألیف: محمدرضا پالوج، مصطفی ربیعی، علی سلیمان اوغلی، محمدعلی علی‌نژاد و غلامرضا ناطقیان (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

محمدرضا پالوج، محمد خواجوی، مصطفی ربیعی، علی سلیمان اوغلی، محمدعلی علی‌نژاد و غلامرضا ناطقیان (اعضای گروه تألیف)

مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری) ـ شهرزاد قنبری (صفحه‌آرا)

نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهرشمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش‌وپرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،
وب‌گاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir

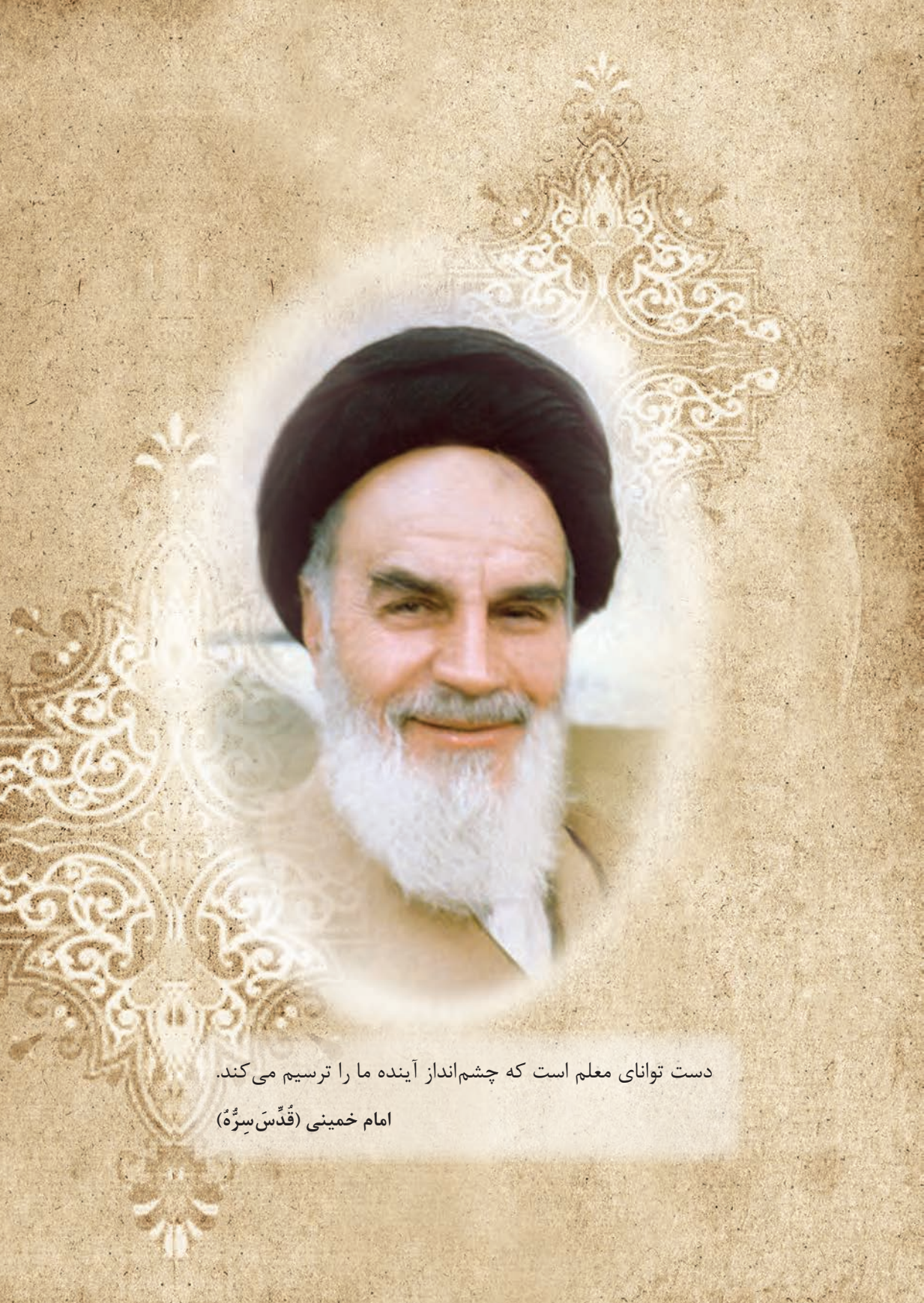
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱
(داروپخش) تلفن :۵ ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰
صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه: شرکت چاپ‌ونشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۹۷

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

شابک ۹-۳۳۵۲ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ ISBN 978 - 964 - 05 -3352-9



دست توانای معلم است که چشم‌انداز آینده ما را ترسیم می‌کند.

امام خمینی (قُدِّسَ‌سِرُّهُ)

فهرست

فصل اول: بررسی اصول مخابرات دریایی ۱

فصل دوم: تحلیل مدارهای الکتریکی ۳۳

فصل سوم: تحلیل مدارهای الکترونیکی ۷۳

فصل چهارم: کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی ۱۳۵

فصل پنجم: کسب اطلاعات فنی ۱۸۹

منابع ۲۱۶

مقدمه

از الزامات اجرای برنامه درسی، وجود محتوای آموزشی جهت تحقق نیازهای فردی و اجتماعی و اهداف نظام تعلیم و تربیت می‌باشد. با توجه به تغییرات نظام آموزشی که حول محور سند تحول بنیادین آموزش و پرورش انجام شد چرخش‌های جدیدی از وضع موجود به مطلوب صورت پذیرفت. از جمله به نقش معلم از آموزش‌دهنده صرف، به مربی، اسوه و تسهیل کننده یادگیری و نقش دانش‌آموز از یادگیرنده منفعل به فراگیرنده فعال، تربیت‌جو و مشارکت‌پذیر و نقش محتوا از کتاب درسی به‌عنوان تنها رسانه آموزشی به برنامه محوری و بسته یادگیری (آموزشی) نام برد. بسته یادگیری شامل رسانه‌های متنوعی از جمله کتاب درسی دانش‌آموز، کتاب همراه دانش‌آموز/ هنرجو، کتاب راهنمای تدریس معلم/ هنرآموز، نرم‌افزارهای آموزشی، فیلم آموزشی و پوستر و .... می‌باشد که با هم در تحقق اهداف یادگیری نقش ایفا می‌کنند. کتاب راهنمای هنرآموز جهت ایفای نقش تسهیل‌گری، انتقال‌دهنده و مرجعیت هنرآموز در نظام آموزشی برای هر کتاب درسی طراحی و تدوین شده است. در این رسانه سعی شده روش تدریس کلی و جلسه به جلسه به همراه تجهیزات، ابزارها و مواد مصرفی مورد نیاز هر جلسه، نکات مربوط به ایمنی و بهداشت فردی و محیطی آورده شود. همچنین نمونه طرح درس، تبیین پیچیدگی‌های یادگیری هنرجویان، هدایت و مدیریت کارگاه و کلاس در هنرستان، راهنمایی و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها، بیان شاخص‌های اصلی جهت ارزشیابی شایستگی و ارائه بازخورد، اشاره به اشتباهات و مشکلات رایج در یادگیری هنرجویان و روش سنجش و نمره‌دهی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت و ارگونومی، منابع مطالعاتی، نکات مهم در فرایند اجرا و آموزش در محیط یادگیری، بودجه‌بندی زمانی و صلاحیت‌های حرفه‌ای و تخصصی هنرآموزان و دیگر موارد آورده شده است.

امید است شما هنرآموزان گرامی با دقت و سعه صبر در راستای تحقق اهداف بسته آموزشی که با کوشش و تلاش مؤلفین گران‌قدر تدوین و تألیف شده موفق باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

فصل ۱

بررسی اصول مخابرات دریایی

واحد یادگیری ۱

بررسی اصول مخابرات دریایی

نوع درس: نظری ■ **کل ساعت:** ۳۰ ساعت ■ **ساعت نظری:** ۳۰ ساعت

روش تدریس

۱ عموماً در ابتدای درس و در جلسه اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.

۲ پیشنهاد می‌گردد هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب فصل، موارد ذکرشده در بخش‌های دانش‌افزایی را مورد توجه قرار داده و هنگام آموزش آنها را به‌کار گیرد.

۳ بهتر است برای تفهیم بهتر مطالب و مفاهیم درس از انجام آزمایش‌ها یا مسایل ساده که امکان‌پذیر است در کلاس استفاده نماید.

۴ بهتر است برای تفهیم بهتر درس، از تصاویر و فیلم‌های موجود در اینترنت استفاده گردد.

۵ برای درک هرچه بهتر مطالب درسی، هنرجو موظف گردد پرده نگارهای مرتبط تهیه و در کلاس ارائه نماید.

۶ در صورت امکان با حضور بر روی یک کشتی و بهره‌گیری از تجربیات کارکنان آن، استفاده شود.

۷ پیشنهاد می‌شود از انجام تکالیف متن توسط هنرجو مطمئن شده و آنها را مورد بررسی قرار دهید.

سؤالات پیشنهادی

- یکی از ساده‌ترین سیستم‌های مخابراتی را شرح دهید.
- اجزای یک سیستم مخابراتی را نام ببرید.
- عوامل مؤثر در سیگنال‌های سیستم مخابراتی را شرح دهید.
- علل دسته‌بندی فرکانس‌های مختلف را شرح دهید.
- محدوده فرکانسی و دسته‌بندی فرکانس‌های مختلف را با استفاده از جدول یا

نمودار تعیین کنید.

- مهم‌ترین باندهای فرکانسی مورد کاربرد در مخابرات رادیویی، تلویزیونی و تلفن همراه را شرح دهید.
- حوزه زمان و حوزه فرکانس را با ترسیم شکل شرح دهید.
- طیف فرکانسی را تعریف کنید.
- اصول کار دستگاه طیف نما را شرح دهید.
- اصطلاحات خطوط انتقال و آنتن را تعریف کنید.
- انواع خطوط انتقال را نام ببرید.
- خطوط انتقال دو سیمه و کابل کواکسیال را شرح دهید.
- اجزای تشکیل‌دهنده مدار معادل خطوط انتقال را شرح دهید.
- اساس یک سیستم ارتباطی فیبرنوری را شرح دهید.
- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی آنتن را با رسم شکل شرح دهید.
- مقاومت تابشی و توان تابشی آنتن را تعریف کنید.
- آنتن‌های مارکنی، دی پل خمیده، میله فریت، یاگی و بشقابی را شرح دهید.
- انتشار امواج زمینی، آسمانی و فضایی را شرح دهید.
- لایه‌های تشکیل‌دهنده یونسفر را شرح دهید.
- محدوده فرکانس امواج زمینی، فضایی و آسمانی را بیان کنید.
- نحوه انتشار صوت را در هوا توضیح دهید.
- دلایل استفاده ازتقویت‌کننده را برای انتقال صوت به فواصل دور تشریح کنید.
- دلایل استفاده از مدولاسیون را شرح دهید.
- نحوه انجام عمل مدولاسیون را به‌طور عمومی و کلی تشریح کنید.
- مدولاسیون را تعریف کنید.
- مدولاسیونAM، FM وPM راتعریف کنید و شکل موج آنها را ترسیم کنید.
- معادله موج AM را بنویسد و مشخصات آن را تشریح کنید.
- سیگنال‌های با مدولاسیون کمتر از صددرصد، صددرصد و بیشتر از صددرصد را با یکدیگر مقایسه کنید.
- فرکانس‌های کناری بالا و پایین را شرح دهد.
- انواع روش‌های ارسال در مدولاسیون AM (DSB_SSB_ISB_VSB) را شرح دهید.
- باند کناری بالا و پایین را توضیح دهید.
- سیگنال پیوسته (Analog)، سیگنال منفصل (Discrete) و سیگنال دیجیتال (digital) را تعریف کنید.
- مدولاسیون‌های منفصل PAM، PWM (PDM) و PPM را توضیح دهید.
- مدولاسیون‌های دیجیتال ASK، FSK، PSK را شرح دهید.

نیاز و اهمیت مخابرات در دریا

در اینجا ماموریت یک واحد شناور را در نظر می‌گیریم. مثلاً برای حرکت آن باید دانست که داشتن بدنه سالم طبقات مختلف پل فرماندهی موتورخانه‌ها انبارها و غیره از ضروریات است. اما مسائل امنیتی آنچه در حال توقف و چه در حالت دریا نوردی در رأس ملزومات آن قرار دارد. تأمین وضعیت ایمنی در شناورها به چند نوع موضوع و امکانات اساسی وابسته است که مهم‌ترین آن عبارت است از : فراهم بودن ارتباطات داخلی و خارجی شناور با سایر مراکز.

هر شناوری پس از بارگیری و استقرار مسافران از مبدأ به مقصد رسیدن به مقصد حرکت داده می‌شود. شناور پس از آنکه از محل استقرار دور شد و از منطقه دید خارج گشت ممکن است کسی از چگونگی اتفاقات احتمالی آن بی‌خبر باشد اما تنها وسیله‌ای که می‌تواند موقعیت و وضعیت آن را در مواقع ضروری و بروز هرگونه اتفاق ناگوار به سایر مراکز اطلاع دهد، وسایل ارتباطی موجود بر روی شناور است. ارتباطات در مواقع ضروری از شناور به ساحل و از ساحل به شناور و یا از شناور به شناور امکان‌پذیر است و اگر این ارتباطات حتی در حالت‌های عادی میسر نباشد. انجام مأموریت برای شناور خالی از اشکال نخواهد بود. برای مثال شناوری که حامل کالا و یا مسافر برای مقصدی چه در مرزهای آبی خودی و چه برای کشورهای دیگر است برابر مقررات بین‌المللی باید مشخصات ساعت ورود و مسائل مربوط به تخلیه و بارگیری را در آن محل و بندر مورد نظر اطلاع دهد. تا به هنگام ورود، تسهیلات لازم از طرف بندر پذیرنده فراهم آید و یا در وضعیت غیر مترقبه چنانچه شناور دچار وضع اضطراری قرار گیرد تنها از طریق ارتباط می‌توان به نجات او شتا فت اما در صورت عدم ارتباط در کشتی‌ها ممکن است فاجعه‌ای جبران ناپذیر رخ دهد که در زمان‌های گذشته نظایر بسیاری از آن در تاریخ دریانوردان به ثبت رسیده است. مسائلی متعددی پیرامون ارتباطات وجود دارد که فقط به چند نکته آن اکتفا شده است و با توجه به نکات یاد شده ا همیت و نقش مخابرات در دریا به خوبی آشکار می‌شود. با توجه به توسعه روز افزون ناوگان تجاری در جهان به خصوص در کشور اسلامی ما مراکز مخابراتی ساحلی در سیستم ارتباطات امروزی یک شبکه ارتباطی جهانی به وجود می‌آورد که از طریق آن می‌توان با هر یک از شناورهای در حال دریا نوردی در اقصی نقاط آب‌های جهان تماس بر قرار نمود و از موقعت‌های آنان اطلاع کسب کرد و مهم‌تر از همه برای حمایت از امنیت و کمک درحالت اضطراری برای شناورها و هواپیماها فرکانس‌های خاصی از طریق ارتباط رادیو تلفنی و رادیو تلگرافی وجود دارد که در تمام حالت‌ها و مواقع معین می‌توان با آن وسیله ارتباط

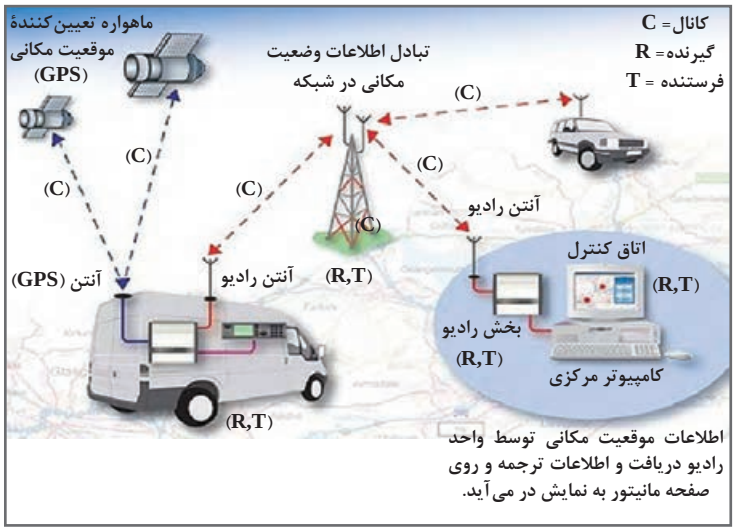
برقرار نمود. اما علایم بصری مربوط به درخواست کمک به هنگام پیش آمد و وضع اضطراری نیز ارزش خاص خود را دارد که در فصول بعدی کتاب به آنها اشاره خواهد شد. با توجه به نکات فشرده مذکور و آگاهی از اهمیت آن در حفظ سلامت و ایمنی جان افراد همچنین خود شناور و محموله آن شرط اساسی آموزش صحیح و مهارت لازم در به‌کارگیری دستگاه‌های مخابراتی و همچنین توجه کامل به دستورالعمل‌هایی است که در این زمینه برقرار گردیده است و این کتاب راهنمای مناسبی به منظور استفاده از قوانین و مقررات بین‌المللی در این مورد است.

کار درکلاس :

برای اجزای هر سیستم مخابراتی در شناور مثالی ارائه نمایید.

پاسخ :

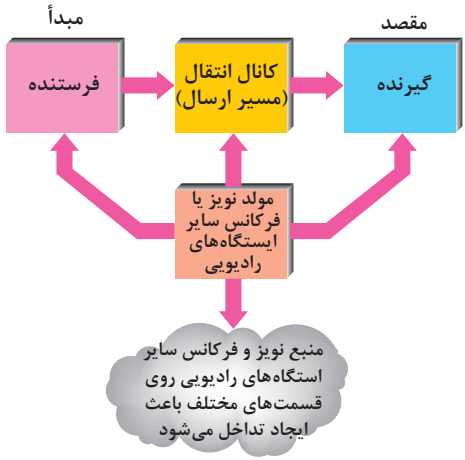
دریک سیستم مخابراتی، فرستنده از طریق آنتن (Antenna) امواج را در فضا پخش می‌کند. آنتن گیرنده امواج رادیویی منتشر شده از فرستنده را از فضا دریافت می‌کند. کانال ارتباطی در این سیستم فضای بین فرستنده و گیرنده است. کانال ارتباطی معمولاً تحت تأثیر عوامل خارجی قرار می‌گیرد.



تحقیق کنید :

در مورد عناصر سیستم مخابراتی و تأثیر منبع نویز و فرکانس سایر ایستگاه‌های رادیویی روی قسمت‌های مختلف آن را بیان کنید.

پاسخ:



کار درکلاس :

جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	محدوده فرکانس	موارد کار برد	موارد کار برد در زبان انگلیسی
۱	صفر	ولتاژ و جریان Dc	Dc voltage and current
۲	۱۰Hz_۱KHz		
۳	۲۰Hz_۲۰KHz	شنوایی	Audio
۴	۲۰KHz_۲MHz		
۵	۳MHz_۳۰۰GHz	رادیو	Radio
۶	۵۰Hz_۵MHz		
۷	۱THz_۴۳۰THz	اشعه مادون قرمز	Infrared
۸	۴۳۰THz_۱۰۰۰THz		
۹	۱۰۰۰THz_۶×۱۰^{۴} THz	اشعه ماورای بنفش	Ultra Violet
۱۰	۶×۱۰^{۴}THz_۳×۱۰^{۷} THz		
۱۱	۳×۱۰^{۷}THz_۵×۱۰^{۸}THz	اشعه گاما	Gam a Ray
۱۲	۵×۱۰^{۸}THz_۸×۱۰^{۹}THz		

پاسخ:

ردیف	محدوده فرکانس	موارد کاربرد	موارد کاربرد در زبان‌انگلیسی	
۱	صفر	ولتاژ و جریان Dc	Dc voltage and current	
۲	۱۰Hz_۱KHz	خطوط انتقال قدرت	Power Transmittion	
۳	۲۰Hz_۲۰KHz	شنوایی	Audio	
۴	۲۰KHz_۲MHz	ماورای صوت(فراصوت)	Ultra Sonic	
۵	۳MHz_۳۰۰GHz	رادیو	Radio	
۶	۵۰Hz_۵MHz	ویدئو (تصویر)	Video	
۷	۱THz_۴۳۰THz	اشعه مادون قرمز	Infrared	این محدوده فرکانسی کاربرد فیزیولوژیکی دارد
۸	۴۳۰THz_۱۰۰۰THz	نور مرئی	Visible Light	
۹	۱۰۰۰THz_۶×۱۰^{۴} THz	اشعه ماورای بنفش	Ultra Violet	
۱۰	۶×۱۰^{۴}THz_۳×۱۰^{۷} THz	اشعه x (نرم تا سخت)	X Ray(soft to)hard	
۱۱	۳×۱۰^{۷}THz_۵×۱۰^{۸}THz	اشعه گاما	Gam a Ray	
۱۲	۵×۱۰^{۸}THz_۸×۱۰^{۹}THz	اشعه کیهانی	Cosmic Ray	

تحقیق کنید :

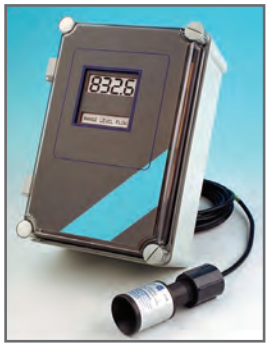
با استفاده از منابع مختلف و اینترنت و شکل ۵ موارد کاربرد انواع باندهای فرکانسی را بررسی کرده و نتایج تحقیق را در کلاس به‌صورت پرده نگار به نمایش درآورید.

پاسخ:

الف) سیگنال DC : که فرکانس آن صفر است و بیشتر به عنوان منبع انرژی در دستگاه‌های مختلف استفاده می شود.

ب) فرکانس‌های ده هرتز تا یک کیلوهرتز: این فرکانس‌ها در مولدهای قدرت و خطوط انتقال در نیروگاه‌ها استفاده می‌شود.

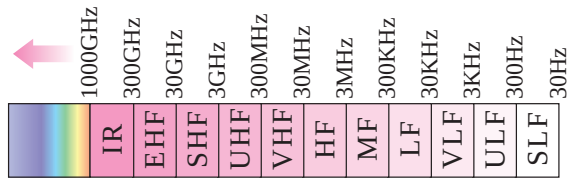
ج) فرکانس‌های صوتی AF : این فرکانس‌ها در محدوده ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز قرار دارد و محدوده گویش و شنوایی انسان را در بر می‌گیرد.



د) امواج اولتراسونیک یا ماورای صوت : این امواج در محدوده ۲۰ کیلوهرتز تا ۲ مگاهرتز قرار دارد و بیشتر در دستگاه‌های کنترل از راه دور استفاده می‌شود.

هـ) فرکانس‌های تصویر یا ویدئو : این فرکانس‌ها در محدوده ۵۰ هرتز تا ۵ مگاهرتز قرار دارد و فرکانس‌های تصویر یا ویدئو را در تلویزیون تشکیل می‌دهد.
و) فرکانس‌های رادیویی خیلی کم VLF: این فرکانس‌ها در محدوده ۳ کیلوهرتز تا ۳۰ کیلوهرتز قرار دارد و امروزه به عنوان سیگنال رادیویی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.
ز) فرکانس‌های رادیویی کم LF : این فرکانس‌ها در محدوده ۳۰ کیلوهرتز تا ۳۰۰ کیلوهرتز قرار دارد و به LF مشهور است. این محدوده فرکانسی در گیرنده‌های قدیمی مورد استفاده قرار می‌گرفت.
ح) فرکانس‌های رادیویی متوسط MF : این فرکانس‌ها در محدوده ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۳ مگاهرتز قرار دارد و باند موج متوسط رادیو را پوشش می‌دهد.
ط) فرکانس‌های رادیویی زیاد HF : این فرکانس‌ها در محدوده ۳ تا ۳۰ مگاهرتز قرار دارد و معمولاً موج کوتاه رادیو را تشکیل می‌دهد.
ی) فرکانس‌های رادیویی خیلی زیاد VHF: این فرکانس‌ها در محدوده فرکانسی ۳۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ مگاهرتز قرار دارد و فرکانس‌های رادیویی آماتوری و کانال‌های تلویزیونی را تشکیل می‌دهد.
ک) فرکانس‌های رادیویی خیلی خیلی زیاد UHF: این فرکانس‌ها در محدوده ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳ گیگاهرتز قرار دارد و کانال‌های UHF تلویزیونی، موبایل و... را تشکیل می‌دهد.
ل) فرکانس‌های رادیویی فوق‌العاده زیاد SHF : محدوده فرکانسی این باند در حد فاصل ۳ گیگاهرتز تا ۳۰ گیگاهرتز قرار دارد.

م) فرکانس‌های رادیویی بی‌نهایت زیاد EHF: این فرکانس‌ها در محدوده ۳۰ گیگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز قرار دارد. فرکانس‌ها SHF و EHF معمولاً باند میکروویو را تشکیل می‌دهد.

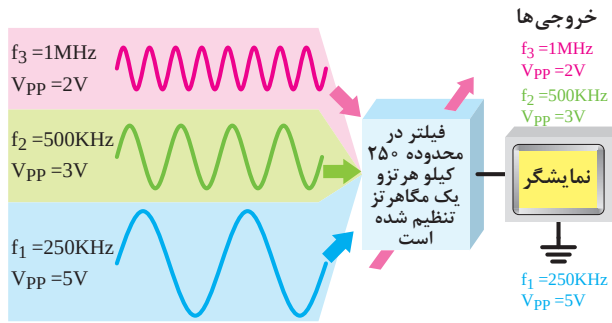


کار در کلاس :

اصول کار دستگاه طیف نما را بررسی نمایید.

پاسخ:

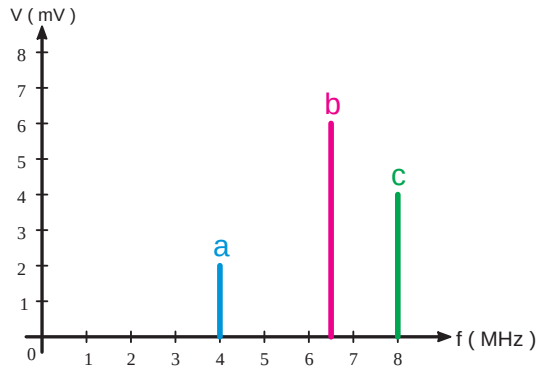
هرموج غیر سینوسی از تعدادی موج سینوسی تشکیل می‌گردد که آنها را هارمونیک آن موج می‌نامند از دستگاه طیف نما جهت مشاهده هارمونیک‌های خروجی فرستنده‌ها و اکولایزرهای صوت می‌توان استفاده کرد در داخل دستگاه طیف نما یک فیلتر وجود دارد. فیلتر مداری است که می‌تواند یک یا چند فرکانس را از میان سایر فرکانس‌ها انتخاب کند در خروجی دستگاه طیف نما یک دستگاه اندازه‌گیری (نمایش‌گر) وجود دارد که کمیت مورد نظر را اندازه‌گیری کرده و نشان می‌دهد. فیلتر دستگاه طیف نما را می‌توان طوری تنظیم کرد که چند سیگنال سینوسی خالص را از یکدیگر جدا کند و به مؤلفه‌هایی از فرکانس روی صفحه نمایش دهد. مثلاً اگر هارمونیک‌های مربوط به یک موج غیر سینوسی شامل هارمونیک اصلی KHz۲۵۰ و دو هارمونیک به ورودی دستگاه متصل می‌شود در صورتی که فیلترهای دستگاه طیف نما بین (۲۵۰ کیلو هرتز) و یک مگا هرتز تنظیم شده باشد دستگاه هر سه کمیت را روی صفحه نشان می‌دهد.



برای نمایش سیگنال‌های خروجی روی یک دستگاه محورهای مختصات، لازم است آنها را در حوزه فرکانس نمایش دهیم. در دستگاه طیف‌نما، این عمل به‌طور اتوماتیک توسط مدارهای الکترونیکی انجام می‌شود. خواندن مقادیر، ازروی دستگاه طیف نما، مشابهت زیادی باخواندن مقادیر فرکانس و ولتاژ از روی صفحه اسیلوسکوپ دارد. دستگاه طیف نما، مقادیر ولتاژ و فرکانس را درحوزه فرکانس نشان می‌دهد.

کار درکلاس :

یک دستگاه طیف نما اطلاعاتی مطابق شکل زیر را به ما می‌دهد.



تعیین کنید :

الف) تعداد سیگنال‌های سینوسی و مقادیر فرکانس‌های آنها.

پاسخ:

سیگنال سینوسی با فرکانس ۴مگاهرتز و۶/۵ مگاهرتز

ب) کدام سیگنال سینوسی دارای بیشترین دامنه است؟

پاسخ:

موج سینوسی ۶/۵ مگاهرتز دامنه‌ای برابر ۶ میلی ولت دارد که بیشترین دامنه است.

پ) کدام سیگنال سینوسی دارای کمترین دامنه است؟

پاسخ:

موج سینوسی ۴مگاهرتز دارای دامنه‌ای برابر با دو میلی ولت است که کمترین دامنه است.

کار در کلاس:

جدول زیر را کامل کنید:

ردیف	طیف فرکانسی صوت	تشریح
۱	موج	.....
۲	صوت	صوت مجموعه‌ای از ارتعاشات مکانیکی است.
۳	بلندی صوت	.....
۴	انرژی صوت	.....
۵	شدت صوت	مقدار توان صوتی در واحد سطح را شدت صوت می‌گویند. شدت برحسب میکرو وات برمتر مربع یا وات بر سانتی‌متر مربع سنجیده می‌شود.
۶	ارتفاع یا آهنگ صوت	.....
۷	طنین صوت	.....
۸	محدوده فرکانس صوتی وطیف آن	.....

پاسخ:

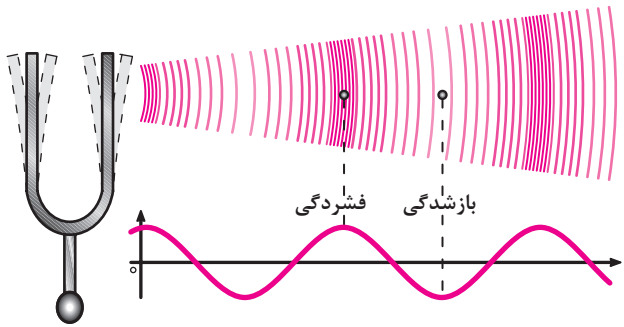
موج

همهٔ ما موج را می‌شناسیم. اگر سنگی را در آب حوض بیندازیم دایره‌هایی در سطح آب پیدا می‌شود که لحظه به لحظه بزرگ‌تر می‌شود. در اینجا موجی داریم که در سطح آب منتشر می‌شود. این موج در حقیقت اختلالی است. که در سطح آب ایجاد کرده‌ایم. هر گونه اختلالی که در یک محیط منتشر می‌شود موج نام دارد. امواج می‌تواند انرژی را از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل کنند

صوت چیست؟

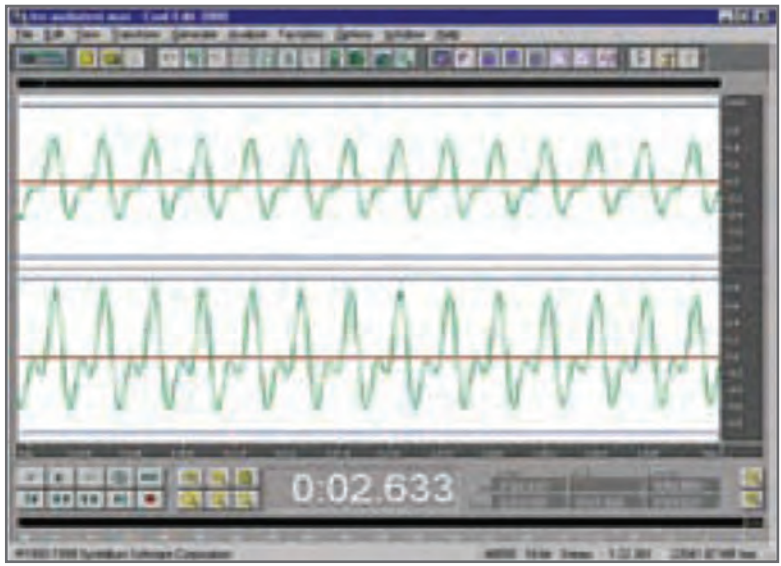
صوت مجموعه‌ای از ارتعاشات مکانیکی است. وقتی به یک صفحهٔ فلزی ضربه می‌زنیم مرتعش می‌شود. این ضربه لایه‌های هوا (مولکول‌های هوا) را به ارتعاش در می‌آورد. ارتعاشات هوا به‌صورت موج منتشر می‌شود و به گوش ما می‌رسد. پردهٔ گوش ما ارتعاش پیدا می‌کند و مجموعهٔ دستگاه شنوایی ما از آن متأثر می‌شود و احساس شنیدن به ما دست می‌دهد. ارتعاشات تولید شده را توسط دیاپازون که یک سیگنال سینوسی خالص است تن صوتی می‌نامند. همان‌طور که مشاهده می‌شود هنگامی‌که دامنهٔ صوت بیشترین مقدار مثبت را دارد فرض می‌کنیم در

مولکول‌های هوا بیشترین فشردگی (تراکم) و هنگامی که دامنهٔ صوت در قلهٔ منفی قرار دارد در مولکول‌های هوا کمترین فشردگی (انبساط) ایجاد شود.



بلندی صوت

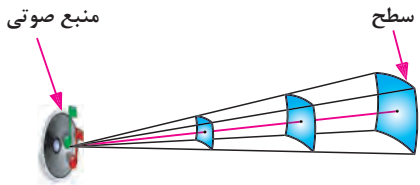
اگر به یک ظرف فلزی یا یک تار، ضربه‌ای وارد کنیم و آن را به ارتعاش در آوریم پس از مدتی احساس می‌کنیم که صوت ضعیف می‌شود. شدت و ضعف دامنهٔ صوت را که توسط حس شنوایی تشخیص داده می‌شود بلندی صوت می‌نامند. در صورتی که صوت یک تن سینوسی ساده باشد دامنهٔ سیگنا ل صوتی را بلندی صوت می‌نامند. هر قدر مقدار این دامنه بیشتر باشد صدا بلندتر است.



انرژی صوت

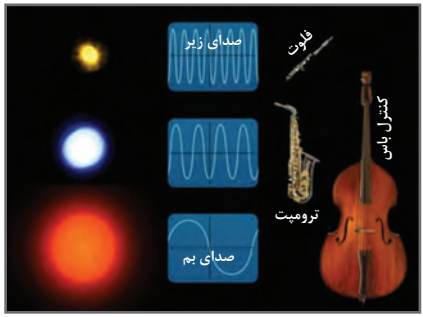
همهٔ امواج از جمله آماج صوتی انرژی را از یک نقطه به نقطهٔ دیگر منتقل می‌کند. اگر فرکانس و دامنهٔ موج صوتی دارای مقدار معینی باشد انرژی آن نیز مقدار مشخصی خواهد بود مقدار انرژی به فرکا نس منبع و ویژگی‌های محیطی که صوت در آن منتشر می‌شود بستگی دارد. در صورتی که افت انرژی در محیط صفر باشد اندازهٔ انرژی موج با مقدار کاری که منبع انجام داده برابر است. مقدار انرژی صوتی در واحد زمان را توان صوتی می‌نامند. مقدار انرژی صوتی و توان صوتی با انرژی و توان مکانیکی قابل مقایسه است.

شدت صوت



مقدار توان صوتی در واحد سطح را شدت صوت می‌گویند. شدت صوت برحسب میکرو وات برمتر مربع یا وات بر سانتی‌متر مربع سنجیده می‌شود.

ارتفاع آهنگ صوت



گوش انسان می‌تواند صداهای ساده‌ای را که با یک شدت احساس می‌شوند از یکدیگر تمیز دهد. تفکیک صداها با استفاده از اصطلاحات زیر و بم صورت می‌گیرد. عاملی که زیر و بم صوت را تعیین می‌کند ارتفاع صوت نامیده می‌شود. ارتفاع صوت بستگی به فرکانس صوت دارد. هر قدر فرکانس صوت بیشتر باشد صدا زیرتر و هر قدر فرکانس صوت کمتر باشد صدا بم است مثلاً صدای طبل (بم) و صدای سنج (زیر) است

طنین صوت

هر گاه دو تار مرتعش AB را که طول یکسانی دارند با یک شدت به ارتعاش در آوریم تن صوتی یکسانی را تولید می‌کنند. در صورتی که این تارهای صوتی هر کدام به‌طور جداگانه روی یک ابزار موسیقی مثلاً با تار نصب شود به‌طوری که شرایط هر دو از نظر کشش و طول یکسان باشند بیا ارتعاش هر یک از تارها صدای متفاوتی تولید می‌شود. این تفاوت مربوط به عاملی به نام طنین صوت است. صوت حاصل از یک تار صوتی با یک دیاپازون دارای ویژ گی طنین نیستند. طنین

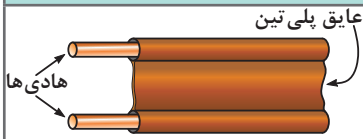
صوت زمانی به وجود می‌آید که فرکانس اصلی باهارمونیک‌های آن ترکیب شود. اصوات انسان‌ها دارای طنین‌های متفاوت‌اند چرا که از ترکیب یک فرکانس اصلی و تعدادی هارمونیک به وجود می‌آید. محدودهٔ فرکانس‌های قابل تولید توسط هنجرهٔ انسان در فا صلهٔ ۲۰هرتز تا حد اکثر ۷/۵ کیلو هرتز است. ابزار موسیقی می‌تواند فرکانس‌هایی در محدودهٔ ۳۰ هرتز تا ۱۵ کیلو هرتز تولید کنند محدودهٔ فرکانس‌های شنوایی انسان در فاصلهٔ ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلو هرتز قرار دارد. محدودهٔ فرکانس‌های صوتی تولیدی و شنوایی در حیوان‌های مختلف فرق می‌کند مثلاً دلفین می‌تواند فرکا نس ۱۵۰ هرتز تا ۱۵۰کیلو هرتز را بشنود و فرکانس ۷ کیلو هرتز تا ۱۲۰ کیلو هرتز را تولید کند. به همین دلیل حیوانات می‌توانند ارتعاشات قبل از وقوع زلزله را احساس و اعلام خطر کنند.

محدودهٔ فرکانس صوت وطیف آن

در صورتی که صدای انسان را پس از تبدیل‌کردن به انرژی الکتریکی به ورودی دستگاه طیف نما وصل کنیم طیف فرکانسی صوت روی صفحه ظاهر می‌شود و متناسب با ترکیب صوت فرکانس‌های متفاوتی مشاهده می‌شود. به عنوان مثال چون صدای کودک صدای فلوت و صدای ویلن زیر است از این رو در طیف فرکانسی آن تعداد مؤلفه‌های فرکانس بالا بیشتر است در صورتی که در صداهای بم مانند صدای مردان صدای طبل کنتر باس تعداد مؤلفه‌های فرکانس بالا کمتر است.

کار در کلاس:

جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	انواع خط انتقال	شرح	شکل
۱	خط انتقال دو سیمه Parallel wire (balanced line)	.....	
۲	خط انتقال هم محور (coaxial)	.....	

پاسخ:

خط انتقال دو سیمه

از دو سیم موازی تشکیل شده است، که فاصله بین آنها را مادهٔ دی‌الکتریک مانند هوا یا نوعی پلاستیک می‌پوشاند، در قدیم از این خطوط انتقال به عنوان سیم رابط آنتن تلویزیون سیاه سفید استفاده می‌شد. خط انتقال دو سیمه را خط انتقال متعادل نیز می‌نامند.

خط انتقال هم محور (coaxial)

خط انتقال هم محور را کابل کواکسیال یا خط انتقال نا متعادل (Unbalanced Line) نیز می‌نامند. از این نوع کابل به عنوان سیم آنتن، در تلویزیون‌های سیاه سفید و رنگی استفاده می‌شود.

تحقیق کنید:

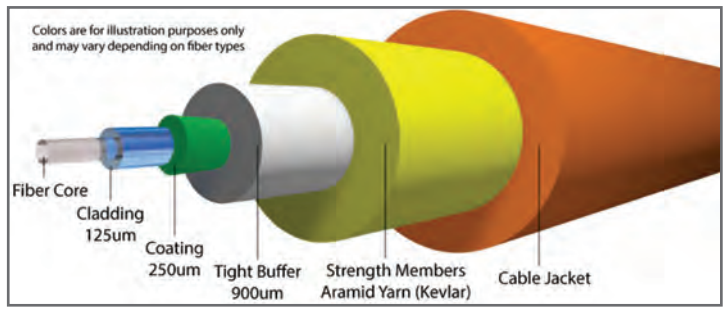
در مورد انواع کابل‌های کواکسیال و مشخضات آنها تحقیق نمایید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

پاسخ:

در عمل از خطوط انتقال دو سیمه و کابل کواکسیال به عنوان سیم‌های آنتن تلویزیون استفاده می‌شود. محاسبه نشان می‌دهد امپدانس مشخصه خط انتقال دو سیمه حدود ۳۰۰ اهم و امپدانس مشخصه کابل کواکسیال حدود ۷۵ اهم است. مشخصه‌های کابل‌های کواکسیال با توجه به ابعادآن، فرق می‌کند.

کار در کلاس:

با توجه به شکل زیر اجزای مختلف یک فیبر نوری را تشریح و مزایای استفاده از فیبر نوری نسبت به سایر خطوط انتقال را بررسی کنید.



پاسخ:

فیبر نوری از یک قسمت اصلی به نام مغزی و غلاف (عایق) و یک قسمت پوشش به نام پوشش میانی و خارجی تشکیل شده است. قطر مغزی می‌تواند از ۵ میکرومتر تا ۱۰۰ میکرومتر تغییر کند و قطر غلاف در حدود ۱۲۵ میکرومتر است برای استحکام بیشتر و محافظت از فیبر، اغلب دو لایه پلاستیکی نرم و سخت به‌صورت پوشش میانی و خارجی روی فیبر قرار می‌دهند.

مزایای استفاده از فیبرنوری

فیبرنوری نسبت به سایر خطوط انتقال دارای مزایایی به شرح زیر است :

۱ تلفات انرژی بسیار کم

۲ پهنای باند وسیع اطلاعات (ارسال اطلاعات در حجم زیاد)

۳ قابلیت انعطاف در مقابل خمش و پیچش با توجه به نوع مواد به‌کار رفته در فیبر نوری

۴ داشتن سطح مقطع کوچک و سبک

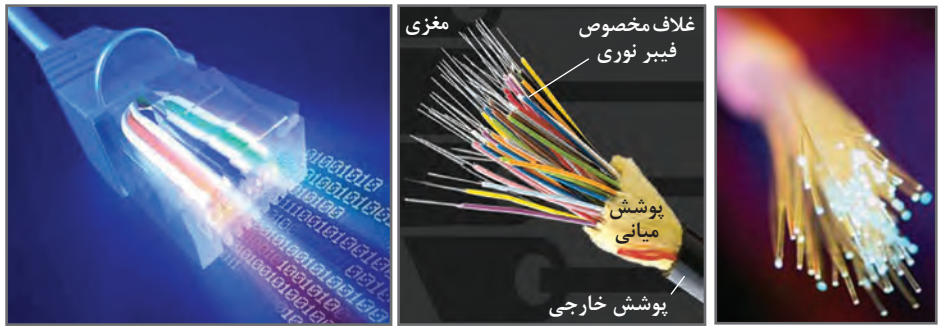
۵ دریافت نشدن آثار القایی (باتوجه به خاصیت نارسانایی فیبر)

۶ مصونیت در برابر استراق سمع (به دلیل نتابیدن نور ازداخل به بیرون)

تحقیق کنید:

با مراجعه به منابع مختلف اطلاعاتی مرتبط بافیبر نوری، تصاویر مربوط به فیبر نوری را تهیه و به کلاس ارائه‌کنید.

پاسخ:

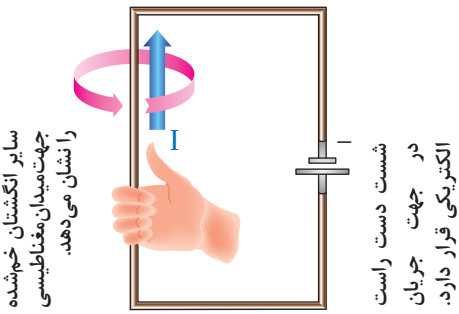


کار در کلاس:

جهت خطوط میدان‌های مغناطیسی را به‌کمک چه قانونی می‌توان به‌دست آورد؟

پاسخ:

قانون دست راست: اگر انگشت شصت دست راست طوری قرار گیرد که جهت جریان را نشان دهد، سایر انگشتان خم‌شده جهت خطوط میدان مغناطیسی را نشان می دهند



کار در کلاس:

جدول زیر که مربوط به مشخصه‌های آنتن می‌باشد را تکمیل کنید.

مشخصه‌های آنتن	اصطلاح انگلیسی	شرح
مقاومت تابشی آنتن	Antenna Radiation Resistance	آنتن در فرکانس کار خود به‌صورت یک مقاومت Rr در مدار ظاهر می‌شود که به آن مقاومت تابشی آنتن گفته می‌شود
توان تابشی آنتن	Antenna Radiation Power	اگر جریان عبوری آنتن I و مقاومت تابشی آن Rr باشد، توان تابشی از رابطه $P=R_r \times I^2$ به‌دست می‌آید.
بهره آنتن	Antenna Gain	.....
امپدانس آنتن	Antenna Impedance	.....

پاسخ:

مقاومت تابشی آنتن (Antenna Radiation Resistance)

آنتن در فرکانس کار خود به‌صورت یک مقاومت R_r در مدار ظاهر می‌شود که به آن مقاومت تابشی آنتن گفته می‌شود. مقاومت R_r مقاومتی نیست که موجب اتلاف امواج شود بلکه باعث انتشار امواج می‌شود.

توان تابشی آنتن (Antenna Radiation Power)

اگر جریان عبوری آنتن I و مقاومت تابشی آن R_r باشد، توان تابشی از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$P=R_r \times I^2$$

بهره آنتن (Antenna Gain)

یکی از متداول‌ترین پارامترها در آنتن، بهره آنتن است، یک آنتن ممکن است مقدار زیادی از توان تابشی خود را در یک جهت به خصوص بفرستد. این حالت را سمت گرایی (Directivity) می‌گویند، بهره آنتن را در جهت به خصوص، بهره جهتی آنتن می‌نامند. بهره آنتن را می‌توان به‌صورت زیر تعریف کرد:

$$\text{بهره آنتن} = \frac{\text{توان توسط آنتن اصلی}}{\text{توان تابشی توسط آنتن مرجع}}$$

آنتن مرجع عبارت از آنتنی است که به‌صورت یک منبع تابشی، تمام توان خود را در تمام جهات به‌طور یک نواخت و همگن بتاباند. به عبارت دیگر پرتو تشعشعی آن کروی باشد.

در محاسبه بهره آنتن، توان ورودی و توان آنتن مرجع یکسان در نظر گرفته می‌شود.

امپدانس آنتن(Antenna Impedance)

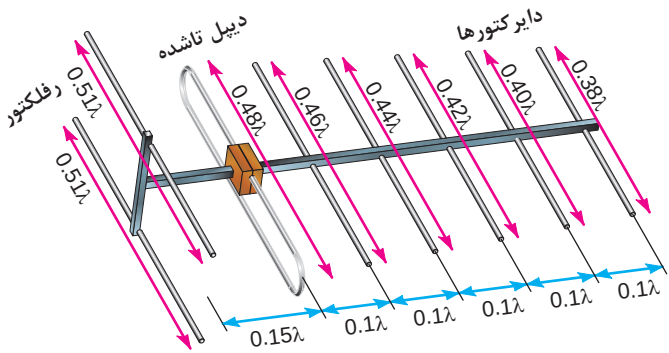
همان‌طور که قبلاً بررسی شد، در یک آنتن نیم موج جریان در محل اتصال تغذیه حداکثر و در دو انتهای آن صفر است. در حالی که توزیع ولتاژ بر عکس توزیع جریان است.

در آنتن عملی، مقادیر ولتاژ یا جریان در نقاط گره ولتاژ و جریان دقیقاً صفر نیست. نسبت بین ولتاژ و جریان را در هر نقطه از آنتن، امپدانس آنتن می‌نامند.

مقدار امپدانس آنتن دو قطبی (دی پل) نیم موج در وسط آنتن حدوداً برابر ۷۵ اهم و در دو انتهای آن تقریباً ۲۵۰۰ اهم است.

کار در کلاس :

در مورد شکل زیر و همچنین اجزاء آنتن یاگی بحث و تبادل نظر کنید.



پاسخ:

آنتن یاگی (Yagi Antenna)

این آنتن اولین بار توسط اشخاصی به نام‌های یاگی و اودا (Yagi_uda) ساخته شد و به بازار عرضه گردید. درآنتن یاگی مجموعه رفلکتورها و دایرکتورها مانند عدسی عمل می‌کنند و امواج را به دیپل می‌رسانند. قدرت جذب یا انتشار امواج به تعداد دایرکتورها بستگی دارد.

تحقیق کنید:

با مراجعه به منابع مختلف تعداد کارخانه‌های داخلی را که آنتن تولید می‌کنند، شناسایی کنید و مشخصات محصولات آنان به خصوص انواع آنتن یاگی را بیابید.

کار در کلاس :

به چه دلایلی آنتن‌های بشقابی را معمولاً به صورتی برشی سهمی یا کره می‌سازند.

پاسخ:

الف) چون باید آنتن گیرنده دقیقاً در جهت آنتن فرستنده قرار گیرد، لذا عملاً آنتن در تمام جهت نمی‌تواند کارآیی داشته باشد.

ب) گیرنده‌های این باند نسبت به گیرنده‌هایی که با فرکانس کمتر کار می‌کنند در مقابل نویز حساسیت بیشتری دارند. لذا سیگنال رسیده به آنتن این نوع گیرنده‌ها باید تا حد امکان قوی باشد.

ج) هرقدر فرکانس افزایش می یابد، ابعاد وسایل الکترونیکی مرتبط با آن کوچک‌تر می شود، لذا عملاً توان الکتریکی دستگاه به‌طور نسبی کاهش می‌یابد.

د) از امواج میکروویو و مایکروویو برای انتقال و دریافت انرژی به فواصل دور استفاده می‌شود میزان انرژی دریافتی توسط گیرنده خیلی ضعیف می‌گردد، بنابراین در امواج میکروویو و مایکروویو استفاده از آنتن با بهره زیاد ضروری است.

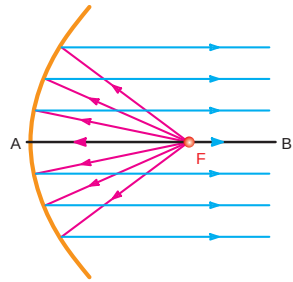
هـ) به علت کاربرد وسیع باند میکروویو و مایکروویو مانند رادار و غیره، سمت‌یابی و اندازه‌گیری میدان مورد نیاز است.

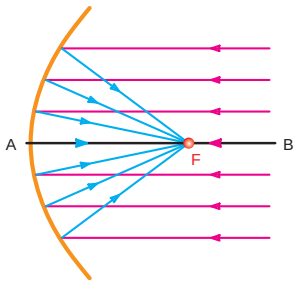
تحقیق کنید:

در مورد آنتن‌های با منعکس‌کننده سهموی و ساختمان آنها تحقیق کنید

آنتن با منعکس‌کننده سهموی (Parabolic – بشقابی)

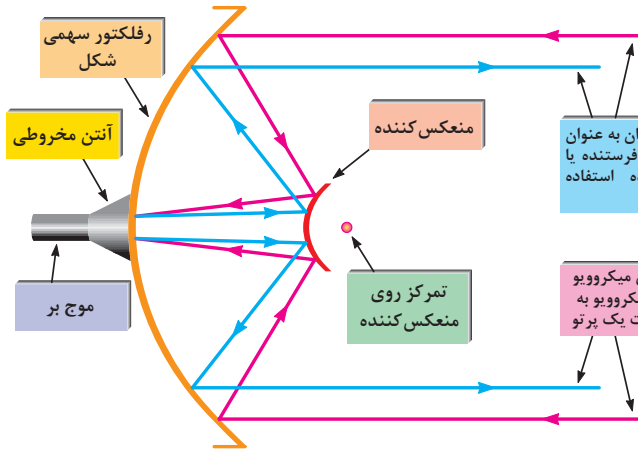
هرگاه به یک آنتن سهموی شکل از فاصله بسیار دور (بی‌نهایت) نور امواج رادیویی تابانده شود، این امواج پس از برخورد با سطح داخلی سهمی در نقطه‌ای متمرکز می‌شوند که آن نقطه را کانون سهمی‌گویند و آن را با F نشان می‌دهند؛





از سوی دیگر هرگاه منبعی تشعشعی در کانون سهمی قرار گیرد تمام امواجی که از منبع خارج می‌شوند در راستای خط AB و به موازات آن منعکس می‌گردند.

در این حالت تمام امواج منعکس شده با هم، هم فاز بوده و یک پرتو (اشعه) بسیار شدید را در امتداد محور AB به وجود می‌آورند. سایر امواج که از جهات دیگر وارد سهمی می‌شوند به علت تفاوت در مسیر آنها اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند. لذا آنتن‌های سهمی شکل دارای بهره جهتی بسیار زیادند.



اشعه با رنگ آبی از موج بر خارج می‌شود و پس از برخورد به رفلکتور سهمی شکل به‌طور موازی در فضا پخش می‌شود.

اشعه با رنگ قرمز پس از برخورد به بشقاب منعکس شده و به سمت کانون هدایت می‌شود و به منعکس‌کننده برخورد می‌نماید و پس از انعکاس مجدد به موج بر می‌رسد.

کار در کلاس:

LMB از اول حروف چه کلماتی است و مفهوم آن چیست ؟و شامل چند بخش می‌باشد؟

پاسخ:

LNB حروف اول Low Noise Block به معنی بلوک (قسمت) با نویز کم است.

LNB شامل دو بخش جداگانه LNA و LNC است.

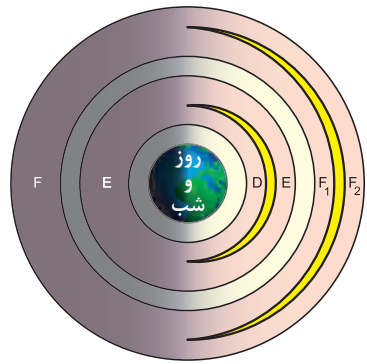
LNA حروف اول کلمات Low Noise Amplifier و به معنی تقویت‌کننده با نویز بسیار پایین است. این طبقه عمل تقویت‌کنندگی امواج دریافتی را برعهده دارد.

LNC حروف اول Low Noise Converter به معنی تبدیل‌کننده فرکانس با نویز بسیار کم است.

LNB در کانون Dish قرار می‌گیرد و ضمن دریافت امواج ارسالی از سطح بشقاب، آنها را تقویت و به امواجی با محدوده فرکانس کمتر تبدیل می‌کند تا برای دستگاه‌های مرتبط با آن قابل استفاده باشد.

کار در کلاس:

با توجه به شکل زیر لایه‌های یونسفر را بررسی کنید.



پاسخ:

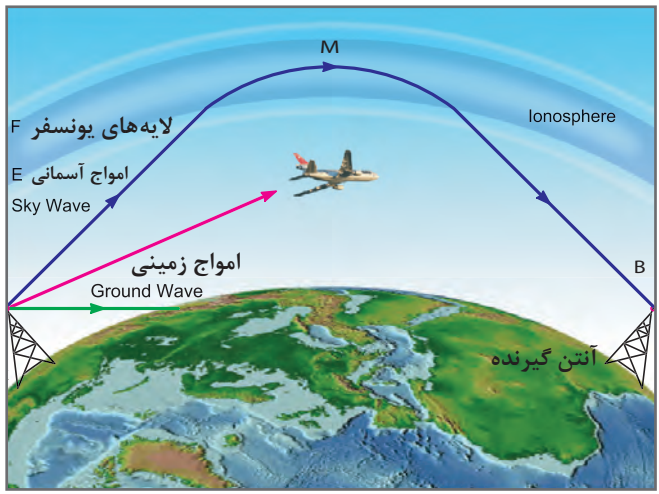
امواج آسمانی (Sky wave)

انتشار امواج آسمانی به نوعی انتشار اطلاق می‌گردد که امواج رادیویی منتشر شده در فضا، بعد از برخورد با لایه‌های یونیزهٔ جو (یونسفر) مجدداً به طرف زمین منعکس می‌شوند.

ناحیه یونیزهٔ جو از ۵۰ کیلومتری سطح زمین شروع می‌شود و تا ارتفاع ۴۰۰ کیلومتری ادامه دارد.
ناحیه یونسفر خود به سه لایه تقسیم‌بندی شده است، که به ترتیب (ارتفاع) لایه‌های D، E و F معروف‌اند.
لایهٔ F در طول روز خود به لایه‌های فرعی مانند F_1 و F_2 تقسیم‌بندی می‌شود.
در شکل صفحهٔ قبل چگونگی تقسیم‌بندی لایه‌های مختلف یونسفر در طول روز و شب نشان داده شده است. لایهٔ D که موجب جذب امواج رادیویی در محدوده فرکانسی معینی می‌شود در طول شب وجود ندارد.
لایهٔ D در ارتفاع تقریبی ۵۰ تا ۹۰ کیلومتری قرار دارد و فقط در هنگام روز به وجود می‌آید. اگرچه این لایه به عنوان منعکس‌کنندهٔ امواج ELF و VLF و قسمتی از LF عمل می‌کند ولی نقش عمده‌ای در حذف انرژی دارد و در نتیجه در طول روز موجب تضعیف امواج رادیویی در باند MF و HF می‌شود. لایهٔ E در ارتفاع ۹۰ تا ۱۳۰ کیلومتری قرار دارد چگالی (دانسیته Density) یون آن در طول روز بسیار بالاتر از هنگام شب است که امواج رادیویی، به هنگام روز، در باند متوسط شدیداً در این لایه تضعیف می‌شوند.
در طول شب امواج باند متوسط با کمترین تضعیف به طرف زمین منعکس می‌شوند.
لایه F که در ارتفاع ۱۳۰ کیلومتر به بالا قرار دارد. در هنگام روز به دولایه F_1 و F_2 تقسیم می‌شود به طوری که لایه F_1 در ارتفاع ۱۳۰ کیلومتر تا ۲۱۰ کیلومتر قرار دارد.

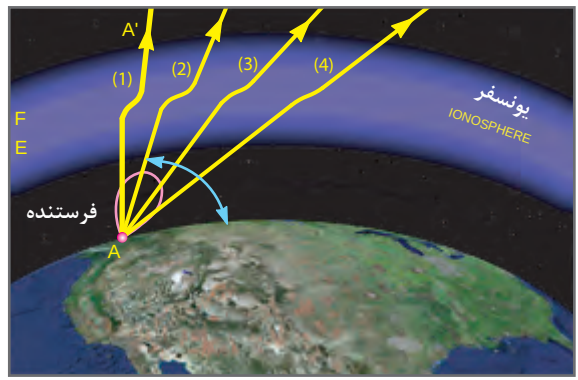
تحقیق کنید:

با توجه به شکل زیر انعکاس امواج به چه صورت انجام می‌گیرد؟



پاسخ:

الف) اگر فرکانس از حد معینی (حدود ۳۰ مگاهرتز) بیشتر باشد امواج منعکس نمی‌شود. و طبق شکل زیر به طرف ادامهٔ 'AA مسیر خواهد داد.



ب) اگر فرکانس‌های منتشر شده از فرستنده در باند MW و SW قرار داشته باشد و موج منتشر شده دارای انرژی کافی باشد و تحت زاویهٔ معینی تابیده می‌شود. در زمانی که لایهٔ D وجود ندارد (طول شب)، امواجی که به لایهٔ F از طرف زمین منعکس می‌شوند و در نقطهٔ دیگری از سطح زمین قابل دریافت است؛ به عبارت دیگر لایهٔ F به عنوان یک آنتن عمل می‌کند. به عنوان مثال امواج منتشرشده از فرستنده A پس از رسیدن به نقطه M منعکس می‌شود و در نقطه B قابل دریافت است.

کاردر کلاس:

در مورد محدودهٔ فرکانسی امواج رادیویی و نوع انتشار آنها بحث و تبادل نظر کنید.

پاسخ:

امواجی که فرکانس آنها بین ۳۰ KHz تا ۳۰۰ KHz قرار دارد به امواج زمینی معروف‌اند و با LF نشان داده می‌شوند و آنها را در رادیوهای با موج بلند (LW) استفاده می‌کنند.

امواجی که فرکانس آنها بین ۳۰۰ KHz تا ۳ MHz قرار دارد (MF) دارای مؤلفهٔ زمینی قوی و مؤلفهٔ آسمانی ضعیف‌اند.

امواجی که فرکانس آنها بین ۳ MHz تا ۳۰ MHz قرار دارد (HF) دارای مؤلفهٔ زمینی ضعیف و مؤلفهٔ آسمانی قوی‌اند.

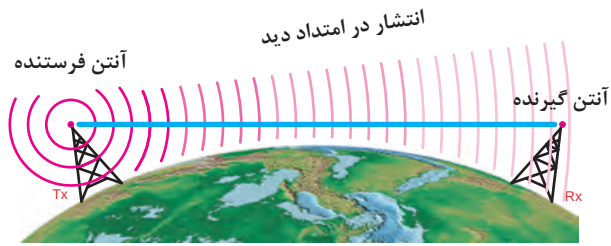
از این امواج در رادیوهای موج کوتاه (SW) استفاده می‌شود.
امواجی که فرکانس آنها بین ۳۰ مگاهرتز تا ۳۰۰۰ مگاهرتز قرار دارد (VHF و UHF) دارای مؤلفهٔ فضایی قوی‌اند. از این رو به امواج فضایی معروف‌اند.

تحقیق کنید:

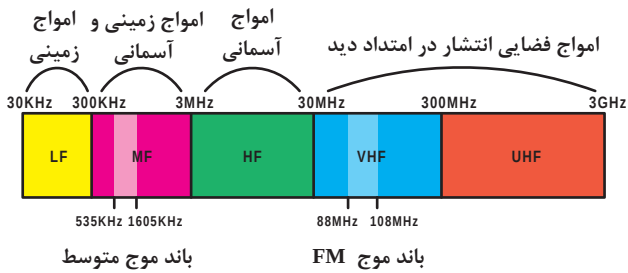
بررسی کنید ارتباط رادیویی بین کشتی‌ها در سطح دریا با چه روش‌هایی صورت می‌گیرد؟

پاسخ:

انتشار امواج فضایی به انتشار در امتداد دید (Line of sight)، نیز معروف است، چرا که باید فرستنده و گیرنده در دید مستقیم یکدیگر قرار گیرند تا بتوانند ارتباط برقرار کنند. امواج فضایی در تلویزیون استفاده می‌شود. در شکل زیر چگونگی انتشار امواج فضایی آمده است. این امواج از انحنای زمین تبعیت نمی‌کند.



موج متوسط رادیو (MW) که در محدودهٔ فرکانسی ۵۳۵ کیلوهرتز تا ۱۶۰۵ کیلوهرتز قرار دارد به صورت امواج زمینی و آسمانی منتشر می‌شود. در موج MW، انتشار امواج آسمانی از امواج زمینی ضعیف‌تر است.
موج FM نیز که در محدوده فرکانس ۸۸ مگاهرتز تا ۱۰۸ مگاهرتز واقع است، به‌صورت امواج فضایی منتشر می‌شود.



کار درکلاس:

برای کمترین و بیشترین فرکانس صوتی (AF) طول موج را محاسبه کنید.

پاسخ:

برای فرکانس کم

$$\lambda = \frac{V}{F_1} = \frac{۳۴۰m/sec}{۲۰Hz} = ۱۷m$$

برای فرکانس بیشتر

$$\lambda = \frac{V}{F_2} = \frac{۳۴۰m/sec}{۲۰/۰۰۰Hz} = ۱۷mm$$

کار در کلاس:

چرا یک سیگنال صوتی را نمی‌توان به فواصل خیلی دور (بین دو شهر) منتقل کرد؟

پاسخ:

الف) تلفات توان و افت ولتاژ زیاد می شود.

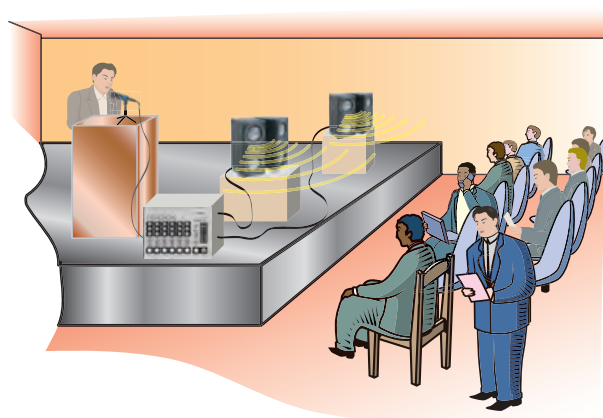
ب) به سبب طولانی بودن کابل، سیستم آسیب‌پذیرتر می‌شود.

ج) هزینهٔ نصب و راه‌اندازی، تعمیرات و نگهداری آن زیاد است.

د) چون پیام پس از انتقال به‌وسیلهٔ بلندگو پخش می‌شود برای همه قابل استفاده است و نمی‌تواند محرمانه باشد.

فعالیت کلاسی :

با توجه دیاگرام زیر دلایلی که امکان انتقال صوت به مسافت‌های دور به‌صورت امواج الکترومغناطیسی نمی‌باشد را بحث و تبادل نظر نمایید.



پاسخ:

الف) فرکانس امواج صوتی کم و طول موج آنها بسیار زیاد است، بنابراین پس از تبدیل این امواج به امواج الکترومغناطیسی، انتشار آنها از آنتن بسیار سخت و تقریباً غیرممکن است.

ب) در صورتی که انتشار امواج صوتی از آنتن ممکن باشد، برای انتشار نیاز به آنتن بسیار بلند است.

کاردر کلاس:

در صورتی که بخواهیم سیگنال صوتی با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز را با استفاده از آنتن $\frac{\lambda}{۴}$ منتشر کنیم، طول آنتن چه قدر می شود؟

پاسخ:

امواج الکترومغناطیسی که از آنتن $\frac{\lambda}{۴}$ پخش می‌شوند دارای سرعت سیری حدوداً برابر با سرعت نوراند. بنابراین از رابطهٔ $\lambda = \frac{c}{f}$ استفاده می کنیم.

$$\text{طول موج} = \lambda = \frac{c}{f} = \frac{۳۰۰۰۰۰\text{km/s}}{۲۰۰۰۰\text{Hz}} = ۱۵\text{km} = ۱۵۰۰۰\text{m}$$

$$\text{طول انتن} = La = \frac{\lambda}{۴} = \frac{۱۵۰۰۰}{۴} = ۳۷۵۰ \text{ متر}$$

تحقیق کنید:

به‌طور کلی هرگز نمی‌توان سیگنال صوتی را به‌طور مستقیم در فضا انتشار داد. پس برای انتقال آنچه باید کرد؟ در این مورد تحقیق کنید.

پاسخ:

با فرض اینکه بتوان آنتن بلند را مورد استفاده قرار داد، به دلیل اینکه صوت، ترکیبی از فرکانس‌های مختلف است، نیاز به آنتن‌های متعدد با طول‌های متفاوت دارد. مثلاً برای فرکانس ۲۰ کیلوهرتز نیاز به آنتنی به طول ۳۷۵۰ متر و برای فرکانس ۲۰ هرتز نیاز به آنتنی به طول ۳۷۵۰ کیلومتر است.

در صورتی که نیاز به آنتن‌های متعدد را نیز بپذیریم، در هر منطقه بیش از یک ایستگاه رادیویی نمی‌توانیم داشته باشیم. چرا که به دلیل مشابهت طیف فرکانسی صوت انسان‌ها با یکدیگر، تداخل به‌وجود می‌آید و صداها با هم مخلوط می‌شود.

کاردر کلاس:

در صورتی که فرکانس حامل برابر با ۱۰۰ مگاهرتز باشد، طول آنتن $\frac{\lambda}{۴}$ را به‌دست آورید.

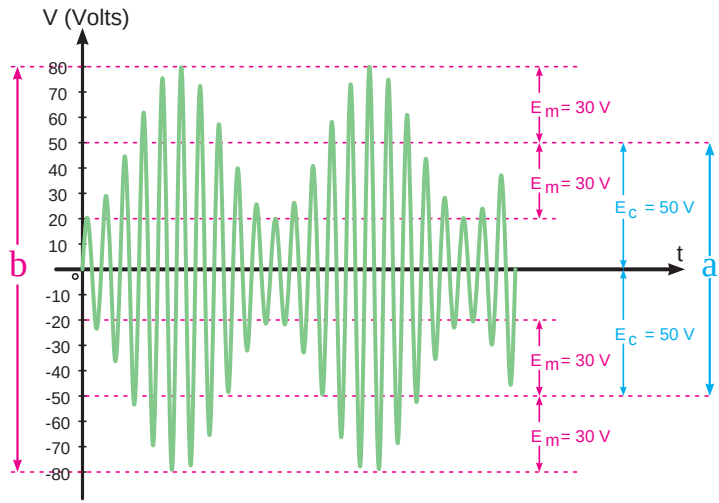
پاسخ:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{۳۰۰۰۰۰۰\times۱۰^{۳}\ m/s}{۱۰۰\times۱۰^{۶}\ hz} = ۳\ m$$

$$La = \frac{\lambda}{۴} = \frac{۳}{۴} = ۷۵m$$

کاردر کلاس:

ضریب و درصد مدولاسیون را با توجه به شکل زیر به‌دست آورید.



پاسخ:

همان‌طورکه در شکل مشاهده می‌شود، دامنهٔ حامل برابر با ۵۰ ولت و دامنهٔ پیام برابر با ۳۰ ولت است. در اثر مدولاسیون دامنهٔ حامل در نیم سیکل مثبت پیام از ۵۰ ولت به ۸۰=۵۰+۳۰ ولت افزایش و در نیم سیکل منفی از ۵۰ ولت به ۲۰ = ۳۰ – ۵۰

ولت کاهش می‌یابد؛ به عبارت دیگر سیگنال پیام به‌طور لحظه‌ای با دامنه حامل جمع می‌شود. بنابراین، داریم:

دامنهٔ حامل E_C=۵۰V

دامنهٔ پیام E_m =۳۰V

ضریب مدولاسیون $M=\frac{E_m}{E_c}=\frac{۳۰}{۵۰}=۰/۶$

دامنه حامل و پیام را می‌توانید برحسب پیک، پیک توپیک یا مؤثر قرار دهید. دقت کنید اگرEc را برحسب پیک انتخاب کردید باید Em نیز برحسب پیک انتخاب شود.

مثال: درصد مدولاسیون را برای شکل بالا در مثال قبل به‌دست آورید:

پاسخ:

$$M=m_p=\frac{E_m}{E_c}\times ۱۰۰$$

$$M=m_p=\frac{۳۰}{۵۰}\times ۱۰۰=٪۶۰$$

کار در کلاس:

یک سیگنال حامل با فرکانس ۷۵۰ کیلوهرتز توسط یک موج سینوسی خالص با فرکانس۳ کیلوهرتز مدوله می شود. مقادیر فرکانس‌های موجود در طیف فرکانسی را به‌دست آورید. کدام فرکانس، فرکانس کناری بالا و کدام فرکانس، فرکانس کناری پایین است؟

پاسخ:

F_C=۷۵۰KHZ

F_M=۳KHZ

F_C+F_M =۷۵۰KHZ+۳KHZ=۷۴۷KHZ

F_C-F_M=۷۵۰KHZ-۳KHZ=۷۴۷KHZ

LSF=۷۴۷KHZ

USF=۷۵۳KHZ

کار در کلاس:

سیگنال پیامی شامل فرکانس‌های F_{M1}=۳ KHz و F_{M2} =۱۰ KHz و F_{M3} =۲۰ KHz است. در صورتی که این سیگنال‌ها را روی حامل Fc=۵۰۰ KHz مدوله کنیم و سیگنال مدوله شده را به دستگاه طیف نما بدهیم چه فرکانس‌هایی روی صفحه دستگاه ظاهر می‌شود؟ فرکانس‌های کناری بالا و فرکانس‌های کناری پایین کدام‌اند؟ دامنهٔ طیف فرکانسی بستگی به چه عواملی دارد؟

پاسخ:

$F_1 = F_C + F_{M1} = ۵۰۰ + ۳ = ۵۰۳HZ$

$F_2 = F_C + F_{M2} = ۵۰۰ + ۱۰ = ۵۱۰HZ$

$F_3 = F_C + F_{M3} = ۵۰۰ + ۲۰ = ۵۲۰HZ$

$F_4 = F_C - F_{M1} = ۵۰۰ - ۳ = ۴۹۷HZ$

$F_5 = F_C - F_{M2} = ۵۰۰ - ۱۰ = ۵۹۰HZ$

$F_6 = F_C - F_{M2} = ۵۰۰ - ۲۰ = ۴۸۰HZ$

فعالیت کلاسی:

طرز به‌دست آوردن رابطه دیگر پهنای باند ($BW = ۲F_m \ max$ را بررسی کنید)

پاسخ:

$BW=(Fc + Fm\ max) - (Fc - Fm\ max)$

$BW = ۲ \ F_m\ max$

کار درکلاس:

با توجه به معادلهٔ $BW = ۲F_m \ max$ در می‌یابیم که پهنای باند دو برابر بیشترین فرکانس پیام است. به عبارت دیگر، در سیگنال AM پهنای باند دو برابر فرکانس پیام است. در فرستنده‌هایAM تجارتی پهنای باند را ده کیلوهرتز در نظر می‌گیرند. بنابراین، سیگنال پیام نباید از ۵ کیلوهرتز بیشتر شود. بدین ترتیب بیشترین فرکانس پیام در فرستنده‌های AM برابر ۵ کیلوهرتز است.

کار درکلاس:

اگر فرکانس سیگنال حامل در یک فرستنده رادیویی۱مگاهرتز باشد و بخواهیم آن را با فرکانس ۵ کیلوهرتز مدوله کنیم، پهنای باند سیگنال AM ارسالی چه قدر خواهد شد؟

پاسخ:

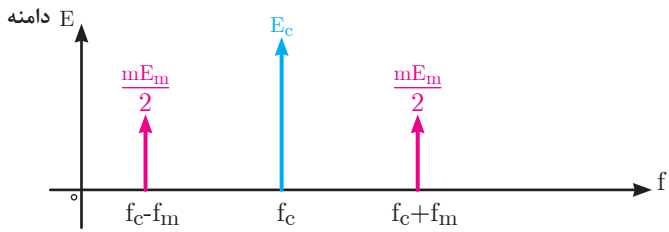
$B_w=۲F_m = ۱۰ = ۲\times۵HZ$

تحقیق کنید:

در سیگنال مدوله شده AM، درصد توان در سیگنال حامل و باندهای کناری به چه میزان می‌باشد.

پاسخ:

همان‌طور که نشان داده شد، طیف فرکانسی موج مدوله شده AM باپیام به‌صورت سینوسی خالص، شامل موج حامل مدوله نشده و دو مؤلفهٔ فرکانس‌های جانبی بالا و پایین است. شکل زیرموج حامل و فرکانس‌های جانبی بالا و پایین را نشان می‌دهد.



چون دامنه Ec نیز در طیف فرکانسی AM ظاهر می‌شود بنابراین موج مدوله شده AM دارای توانی بیشتر از توان موج حامل قبل از انجام مدولاسیون است. مقدار کل توان از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

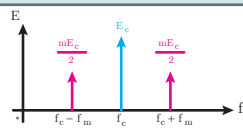
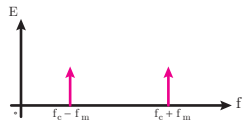
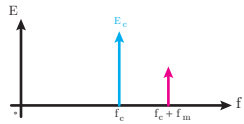
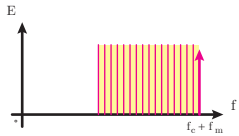
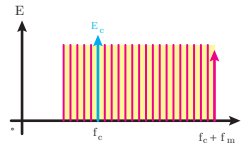
$$P_T = \frac{E_{Ce}^2}{R} + \frac{E_{LSFe}^2}{R} + \frac{E_{USFe}^2}{R}$$

- P_T: توان کل موج AM
- $\frac{E_{Ce}^2}{R}$: توان موج حامل
- $\frac{E_{LSFe}^2}{R}$: توان فرکانس جانبی پایین
- $\frac{E_{USFe}^2}{R}$: توان فرکانس جانبی بالا

کار درکلاس:

جدول زیر را کامل کنید.

پاسخ:

نوع مدولاسیون AM	طیف موج مدوله شده	پهنای باند BW	کاربرد
AM-FC		$۲f_m$	فرستنده‌های رادیویی محلی
AMیDSB-SC		$۲f_m$	در مواردی که محدودیت در تولید انرژی در فرستنده وجود دارد مانند بی‌سیم پلیس
SSB		f_m	در مواردی که محدودیت پهنای باند وجود دارد. مانند ارتباطات ناوبری دریایی، رادیو آماتوری و نظامی
ISB		f_m	در مواردی که محدودیت توان و پهنای باند وجود دارد. مانند مخابرات نقطه به نقطه و رادیو تلفنی
VSB		اندکی بیشتر از f_m	در فرستنده تلویزیونی

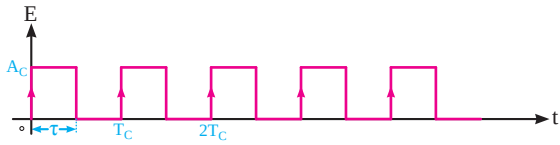
تحقیق کنید:

در مورد سایر انواع مدولاسیون پالس تحقیق کرده و نتیجه را در کلاس ارائه نمایید.

پاسخ:

مدولاسیون‌های دیجیتال:

مانند PCM که در سیستم‌های مخابره دیجیتال (مانند تلفنی، تصویری) به‌کار می‌رود. در PCM، پیام به‌صورت کدهای دیجیتالی منتقل می‌شود. برای مسافت‌های طولانی ترازانواع دیگر مدولاسیون‌های دیجیتال مانند ASK، FSK و PSK استفاده می‌شود.



سیگنال منفصل(گسسته):

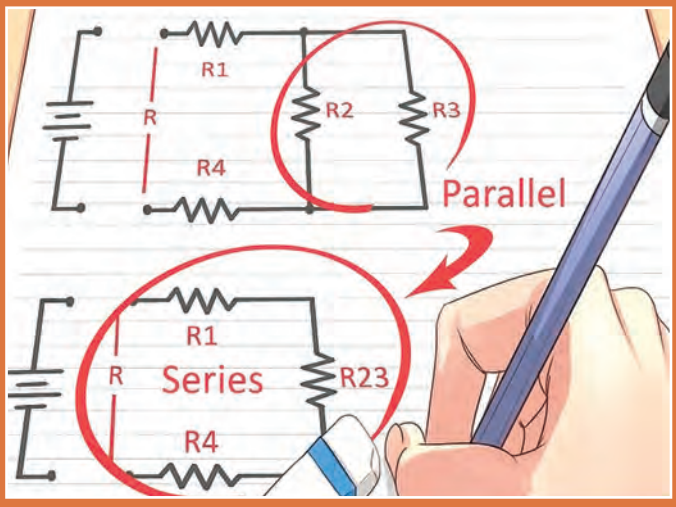
اگر از سیگنال انالوگ به‌صورت پالسی نمونه‌برداری کنیم سیگنال منفصل به‌دست می‌آید. عمل نمونه‌برداری به‌وسیلهٔ پالس‌های سیگنال حامل صورت می‌گیرد. در این حالت دامنهٔ سیگنال حامل تحت تأثیر سیگنال پیام قرار می‌گیرد و متناسب با آن تغییر می‌کند. سیگنال منفصل حاصل شده را سیگنال مدوله شدهٔ دامنه پالس یا PAM می‌نامند.

مدلاسیون پالسی کد شده PCM:

اگر سیگنال منفصل PAM را بایک درجه‌بندی مشخص و تعریف شده به کدهای باینری تبدیل کنیم مدلاسیون PCM شکل می‌گیرد. این روش را کوانتیزه‌کردن می‌نامند.

فصل ۲

تحلیل مدارهای الکتریکی



واحد یادگیری ۲

تحلیل مدارهای الکتریکی

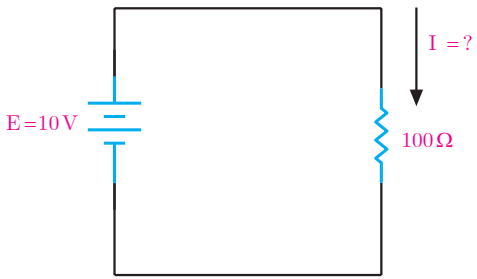
نوع درس: نظری ■ **کل ساعت:** ۳۰ ساعت ■ **ساعت نظری:** ۳۰ ساعت

سؤالات پیشنهادی

- طبق قانون اهم چه رابطه‌ای بین مقاومت و ولتاژ وجود دارد؟
- مدارهای سری و موازی مقاومت‌ها چه مشخصاتی دارند؟
- قوانین کیرشهف در مدارهای الکتریکی چه کاربردی دارند؟
- عناصر فعال و غیرفعال در مدارهای الکتریکی‌چه نقشی دارند؟
- مدارهای جریان مستقیم با چه روش‌هایی تحلیل می‌شوند؟
- منابع ولتاژ و جریان به چه صورت به یکدیگر تبدیل می‌شوند ؟
- معادل تونن و نورتن مدارهای جریان مستقیم چگونه به دست می‌آید؟

کار در کلاس:

به دو سر یک مقاومت ۱۰۰Ω، ولتاژی برابر با ۱۰ ولت وارد می‌کنیم (مطابق شکل زیر)، جریان گذرنده از مدار چند میلی‌آمپر است؟

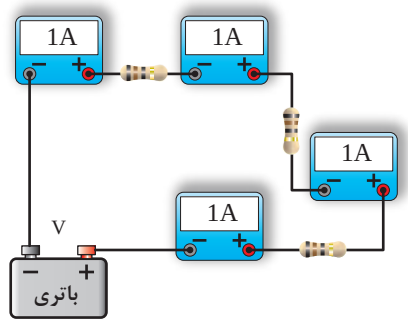


پاسخ:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{۱۰}{۱۰۰} = ۰/۱A = ۱۰۰mA$$

کار در کلاس:

با توجه به آموخته‌های خود دربارهٔ مدار سری، مدار موجود در شکل زیر را بررسی و دربارهٔ آن بحث کنید.

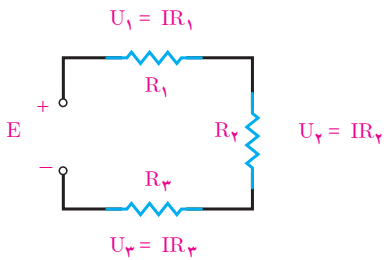


پاسخ

در یک مدار سری شدت جریان، همانند سرعت در قطار، در همهٔ نقاط مدار یکسان است؛ یعنی، جریان وارد شده در هر نقطه از مدار سری با جریان خارج شده از همان نقطه برابر است. بنابراین، اگر، مطابق شکل بالا در نقاط مختلف یک مدار سری آمپرمترهایی قرار دهیم، همه یک جریان را نشان می‌دهند.

کار در کلاس:

درشکل روبه‌رو، مقاومت معادل را اثبات کنید.



پاسخ:

در مدار شکل بالا ولتاژ منبع با جمع افت ولتاژهای دو سر مقاومت‌ها برابر است.

بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

$$E = U_1 + U_2 + U_3 \qquad (1)$$

با توجه به قانون اهم داریم:

(۲)

$$E = I \times R_T \, , \, U_1 = IR_1 \, , \, U_2 = IR_2 \, , \, U_3 = IR_3$$

مقادیر روابط ۲ را در رابطهٔ ۱ قرار می‌دهیم.

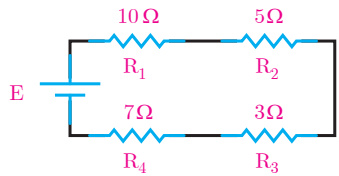
$$IR_T = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

با حذف جریان‌ها از طرفین تساوی به رابطه مقاومت معادل می‌رسیم.

$$I(R_T) = I(R_1 + R_2 + R_3) \qquad R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

کاردر کلاس:

مقاومت معادل را در مدار شکل زیر به دست آورید.



پاسخ:

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

$$R_T = ۱۰ + ۵ + ۲ + ۳ = ۲۰\Omega$$

تحقیق کنید:

ولتاژ دو سر مقاومت از چه رابطه‌ای به‌دست می‌آید؟

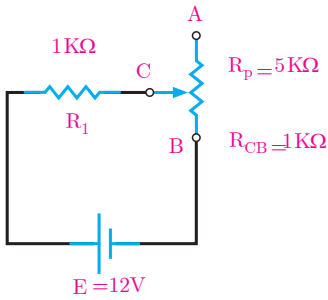
پاسخ:

ولتاژ دوسر مقاومت R_1 را نسبت به ولتاژ کل در مدار سری مشخص می‌کند. مقدار ولتاژ دوسر R_2 برابر است با:

$$U_2 = E\frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

کاردر کلاس:

شدت جریان مدار شکل روبه‌رو را در حالت‌های زیر به دست آورید:



۱ سر لغزندهٔ C در نقطهٔ A قرار دارد.

۲ سر لغزندهٔ C در نقطهٔ B قرار دارد.

۳ سر لغزندهٔ بین A و B قرار دارد و آن را دو قسمت می‌کند.

پاسخ:

حالت ۱:

$$R_T = R_۱ + R_P = ۱K\Omega + ۵K\Omega = ۶K\Omega$$

$$I = \frac{۱۲V}{۶\times ۱۰^{۳}} = ۲mA$$

حالت ۲:

$$R_T = R_۱ + R_{CB} = ۱K\Omega + ۱K\Omega = ۲K\Omega$$

$$I = \frac{۱۲V}{۲\times ۱۰^{۳}} = ۶mA$$

حالت ۳:

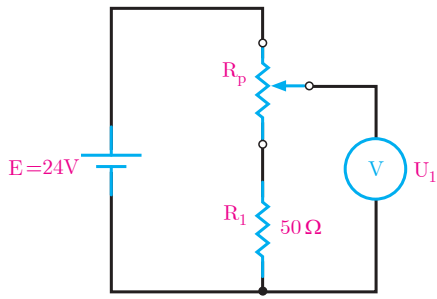
$$R_T = R_۱ + \frac{R_P}{۲} = ۱ + ۲/۵ = ۳/۵K\Omega$$

$$I = \frac{۱۲}{۳/۵} = ۳/۴mA$$

از کار درکلاس فوق مشخص می‌شود که مقاومت مدار در حالت ۱ برابر $۶K\Omega$ و شدت جریان $۲mA$ است. در حالت ۲ مقاومت مدار کاهش یافته و به $۲K\Omega$ رسیده‌است، در نتیجه، شدت جریان افزایش می‌یابد و به $۶mA$ می‌رسد. در حالت ۳ مقدار مقاومت بین حالت ۱ و ۲ قرار دارد و جریان مدار ۳/۴ میلی‌آمپر است. بنابراین، با قرار گرفتن یک رئوستا به‌طور سری در مدار، شدت جریان کنترل می‌شود.

کار در کلاس:

در شکل زیر برای دریافت ولتاژ از ۶ تا ۲۴ ولت، چه پتانسیومتری را در مدار قرار می‌دهید؟



پاسخ:

$$U_1 = E\frac{R_1}{R_1 + R_P}$$

$$U_1(R_1 + R_P) = ER_1 \rightarrow U_1R_1 + U_1R_P = ER_1$$

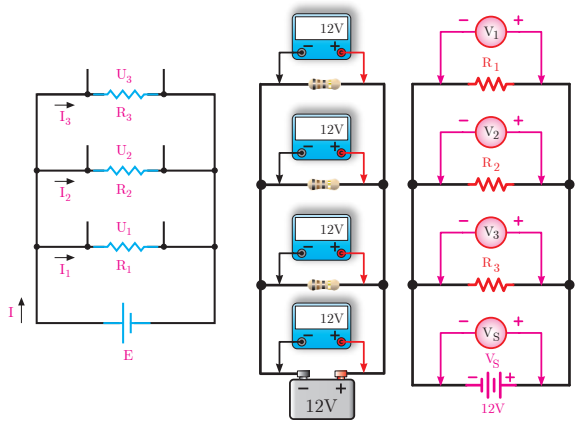
$$U_1R_P = ER_1 - U_1R_1$$

$$R_P = \frac{R_1(E - U_1)}{U_1}$$

$$R_P = ۵۰ \times \frac{(۲۴ - ۶)}{۶} = \frac{۵۰ \times ۱۸}{۶} = ۱۵۰\Omega$$

کار در کلاس:

ویژگی‌های مدارهای سری را بنویسید و در کلاس به بحث بگذارید.



پاسخ:

۱ شدت جریان در تمام نقاط مدار یکسان و برابر $\frac{U_T}{R_T}$ است.

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

۲ مقاومت کل (معادل) از جمع مقاومت‌های جزء مدار حاصل می‌شود و برابر است با:

$R_T = R_1 = R_2 = ... = R_n$

۳ ولتاژ کل از جمع افت ولتاژهای جزء مدار به دست می‌آید.

$E = U_1 = U_2 = ... = U_n$

۴ افت ولتاژ دو سر مقاومت‌های جزء با مقدار مقاومت‌های مدار نسبت مستقیم دارد.

$$U_1 = E\frac{R_1}{R_T} \quad , \quad U_2 = E\frac{R_2}{R_T} \quad , \quad U_n = E\frac{R_n}{R_T}$$

۵ توان کل با جمع توان‌های جزء مدار برابر است.

$P_T = P_1 = P_2 = ... = P_n$

۶ در مقاومت کل (معادل) از بزرگ‌ترین مقاومت مدار نیز بزرگ‌تر است.

۷ قطع (باز) شدن مدار در یک نقطه باعث قطع جریان کل مدار می‌شود.

کار در کلاس:

در شکل کار در کلاس صفحه قبل مدارهای سری مقاومت معادل را اثبات کنید.

پاسخ:

مقاومت معادل:

مقاومت کل (معادل) در مدار موازی، مقاومتی است که به جای مقاومت‌های موازی قرار می‌گیرد و شدت جریان کل مدار را تغییر نمی‌دهد. در مدار موازی، با افزایش شاخه‌های مدار تعداد مسیرهای جریان زیادتر می‌شود و شدت جریان کل افزایش می‌یابد. در شکل ۳۲ جریان کل و جریان شاخه‌ها مشخص شده‌است.

مدار شکل ۱ را با سه مقاومت R_1، R_2 و R_3 در نظر می‌گیریم.

در مدار موازی ولتاژ منبع با ولتاژ دو سر شاخه‌ها برابر است و جریان کل از مجموع

جریان‌های شاخه‌ها به دست می‌آید. با توجه به این نکات می‌توانیم رابطه مربوط به مقدار مقاومت معادل را به‌دست آوریم.

$$E = U_1 = U_2 = U_3 \quad (1)$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (2)$$

طبق قانون اهم می‌توان نوشت:

$$I = \frac{E}{R_t} \ , \ I_1 = \frac{E}{R_1} \ , \ I_2 = \frac{E}{R_2} \ , \ I_3 = \frac{E}{R_3}$$

مقادیر معادل جریان‌ها را در رابطه ۲ می‌گذاریم:

$$\frac{E}{R_t} = \frac{E}{R_1} = \frac{E}{R_2} = \frac{E}{R_3}$$

با فاکتورگیری و حذف E از طرفین تساوی، به رابطه ۳ می‌رسیم.

$$\frac{E}{R_t} = E\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

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

کار در کلاس:

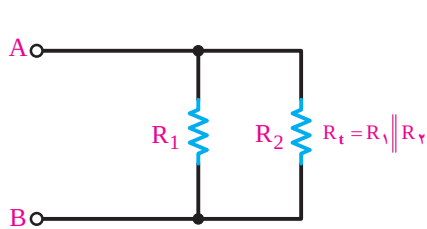
حالات خاص مقاومت معادل بین دو مقاومت موازی را بنویسید.

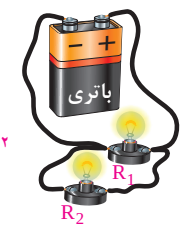
پاسخ:

الف) رابطه مقاومت معادل بین دو مقاومت موازی شکل زیر به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2} \rightarrow R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$





ب) در صورتی که مقاومت‌های موازی شده باهم مساوی باشند، مقاومت معادل به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\frac{۱}{R_t}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}+\cdots+\frac{۱}{R_n}$$

تا n

$$\frac{۱}{R_t}=\frac{۱}{R}(۱+۱+\cdots n)$$

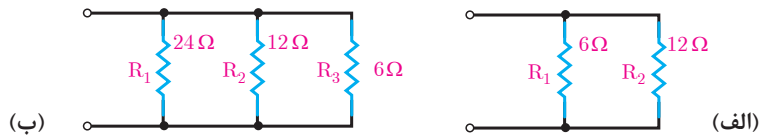
$$\frac{۱}{R_t}=\frac{۱}{R}\times n=\frac{n}{R}$$

$$R_t=\frac{R}{n}$$

n تعداد مقاومت‌های موازی شده و R یکی از مقاومت‌هاست.

کار در کلاس:

مقاومت معادل مدارهای شکل زیر را به‌دست آورید.



پاسخ:

مقاومت معادل مدار الف برابر است با:

$$R_t=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}=\frac{۶\times۱۲}{۶+۱۲}=\frac{۷۲}{۱۸}=۴\Omega$$

همچنین در مدار ب مقاومت معادل برابر است با:

$$\frac{۱}{R_t}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}=\frac{۱}{۲۴}+\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۶}$$

$$\frac{۱}{R_t}=\frac{۱+۲+۴}{۲۴}=\frac{۷}{۲۴}$$

$$R_t=\frac{۲۴}{۷}=۳/۴۳\Omega$$

تحقیق کنید:

با توجه به روش به دست آوردن جریان I_2 بر حسب I و مقادیر مقاومت R_1 و R_2، اثبات کنید که:

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

پاسخ:

I_2 نیز به ترتیب زیر به‌دست می‌آید.

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

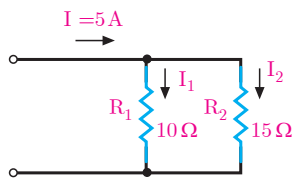
$$I_2 = \frac{I\dfrac{R_1R_2}{R_1 + R_2}}{R_2} = I\frac{R_1R_2}{R_2(R_1 + R_2)}$$

با حذف R_2 از صورت و مخرج داریم:

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

کار در کلاس:

شدّت جریان هر شاخه از مدار شکل روبه‌رو را به‌دست آورید.



پاسخ:

رابطه جریان شاخه R_1:

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

جریان شاخه R_1:

$$I_1 = \frac{۵\times۱۵}{۱۵+۱۰}$$

جریان شاخه R_2:

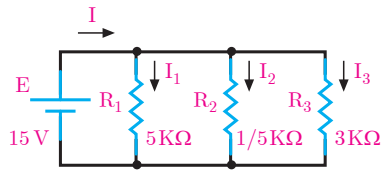
$$I_1 = \frac{۷۵}{۲۵} = ۳A$$

$$I_2 = I - I_1 = ۵ - ۳ = ۲A$$

$$I_2 = I\times\frac{R_1}{R_1 + R_2} = ۵\frac{۱۰}{۲۵} = ۲A$$

کار در کلاس:

در مدار شکل زیر شدّت جریان هر شاخه و شدت جریان کل را به‌دست آورید.



پاسخ:

$$I_۱ = \frac{E}{R_۱} = \frac{۱۵V}{۵\times۱۰^{+۳}} = ۳mA$$

$$I_۲ = \frac{E}{R_۲} = \frac{۱۵V}{۱/۵\times۱۰^{۳}} = ۱۰mA$$

$$I_۳ = \frac{E}{R_۳} = \frac{۱۵V}{۳\times۱۰^{۳}} = ۵mA$$

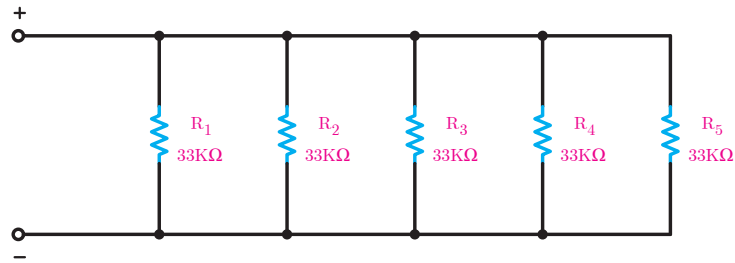
$$I = I_۱ + I_۲ + I_۳$$

$$I = ۳ + ۱۰ + ۵$$

$$I = ۱۸mA$$

ارزشیابی ۱

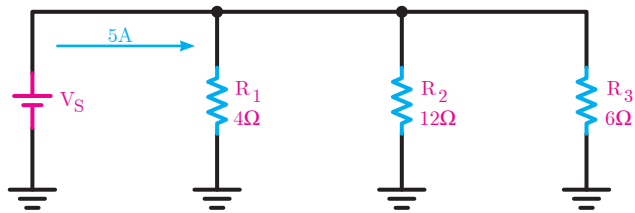
۱ مقاومت معادل را در شکل زیر به دست آورید.



پاسخ:

$$R_T = \frac{۳۳}{۵} = ۶/۶K\Omega$$

۲ با توجه به مدار شکل زیر، مقدار ولتاژ منبع تغذیه و ولتاژ هر یک از مقاومت‌ها را محاسبه کنید.



پاسخ:

$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۴}+\frac{۱}{۶}$$

$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱+۳+۲}{۱۲}$$

$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۶}{۱۲}$$

$$R_T=\frac{۱۲}{۶}=۲\Omega$$

$$V_S=۲\times۵=۱۰A$$

$$V_S=V_۱=V_۲=V_۳=۱۰V$$

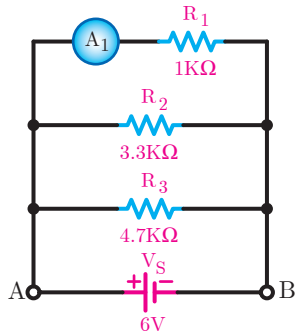
۳ جریان هر یک از مقاومت‌های شکل زیررا به دست آورید.

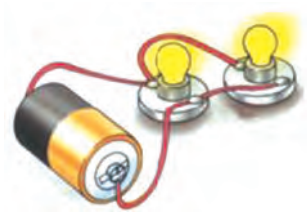
پاسخ:

$$I_۱=\frac{V_۱}{R_۱}=\frac{۶}{۱}=۶mA$$

$$I_۲=\frac{V_۱}{R_۲}=\frac{۶}{۳/۳}=۱/۸mA$$

$$I_۳=\frac{V_۱}{R_۳}=\frac{۶}{۴/۷}=۱/۲۷mA$$





۴ دو لامپ با مقاومت داخلی ۴ اهم مطابق شکل روبه‌رو با هم موازی و به باتری ۱/۵ ولتی متصل شده‌اند. در صورتی که جریان کل عبوری از مدار، ۱/۵ آمپر باشد، جریان هر یک از لامپ‌ها چقدر است؟

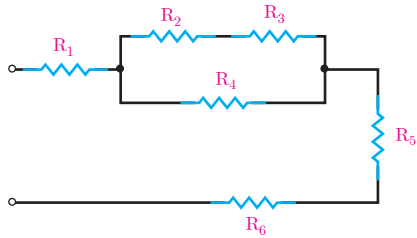
پاسخ:

$$I_C = \frac{۷۴}{RI}$$

$$I_۱ = I_۲ = \frac{۱/۵}{۲} = ۰/۷۵A$$

کار در کلاس:

در مدار شکل زیر مشخص کنید که کدام مقاومت‌ها با هم سری و کدام مقاومت‌ها با هم موازی هستند؟



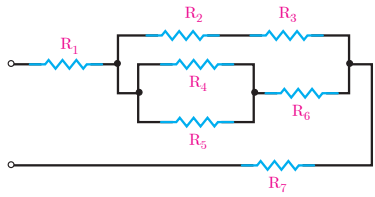
پاسخ:

$R_۲$ و $R_۳$ با هم سری، $R_{۲,۳}$ با $R_۴$ موازی و $R_۱$ و $(R_{۲,۳,۴})$ و $R_۵$ و $R_۶$ با هم سری‌اند.
خلاصه این توضیح را به‌صورت زیر می‌توان نوشت:

$$R_t = R_۱ + [(R_۲+R_۳)||R_۴] + R_۵ + R_۶$$

کار در کلاس:

در مدار شکل زیر مقاومت‌های سری و موازی را با استفاده از نمادهای تعریف شده بنویسید.

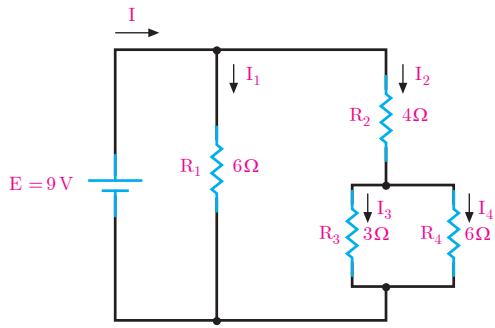


پاسخ:

$$R_t = R_۱ + \{(R_۲+R_۳)||[R_۴||R_۵) + R_۶]\} + R_۷$$

کار در کلاس:

مقاومت معادل، جریان کل و جریان هر شاخه از مدار شکل زیر را به‌دست آورید.



پاسخ:

$$R_{۳,۴} = R_۴ \| R_۳ = \frac{۳ \times ۶}{۳ + ۶} = ۲\Omega$$

$$R_{۳,۴} + R_۲ = ۲\Omega + ۴\Omega = ۶\Omega$$

مقاومت کل

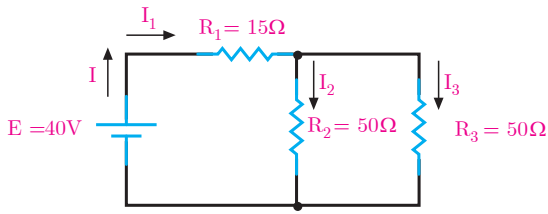
$$R_t = R_۱ \| R_{۲,۳,۴} = \frac{۶\Omega}{۲} = ۳\Omega$$

شدت جریان کل

$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{۹V}{۳\Omega} = ۳A$$

کار در کلاس:

افت ولتاژ دوسر $R_۲$ و $R_۱$ را در مدار شکل زیر حساب کنید.



پاسخ:

با محاسبه مقاومت معادل، شدت جریان کل را به‌دست می‌آوریم.

$$R_{۲} \,||\, R_{۳} = \frac{۵۰\Omega}{۲} = ۲۵\Omega$$

$$R_t = R_۱ + R_{۲,۳}$$

$$R_t = ۱۵\Omega + ۲۵\Omega = ۴۰\Omega$$

$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{۴۰V}{۴۰\Omega}$$

$$I = ۱A$$

افت ولتاژ دو سر $R_۱$ از حاصل‌ضرب شدت جریان عبوری از آن در مقدار $R_۱$ به‌دست می‌آید.

$$U_{R_۱} = R_۱ I_۱$$

$$I = I_۱ = ۱A$$

$$U_{R_۱} = ۱۵\Omega + ۱A = ۱۵V$$

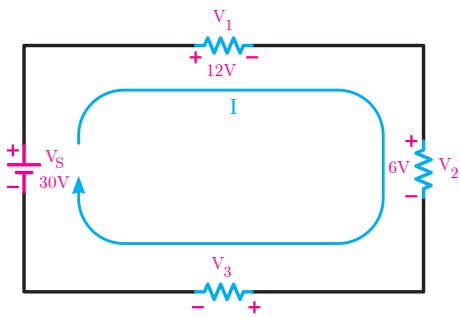
یا

$$U_{R_{۲,۳}} = U_{R_۲} = U_{R_۳} = E - U_{R_۱} = ۴۰ - ۱۵ = ۲۵V$$

قوانین کیرشهف

کار در کلاس:

مقدار ولتاژ $V_۳$ در شکل زیر چند ولت است؟



پاسخ:

$V_۱+V_۲+V_۳-V_s=۰$

$V_۱+V_۲+V_۳=V_s$

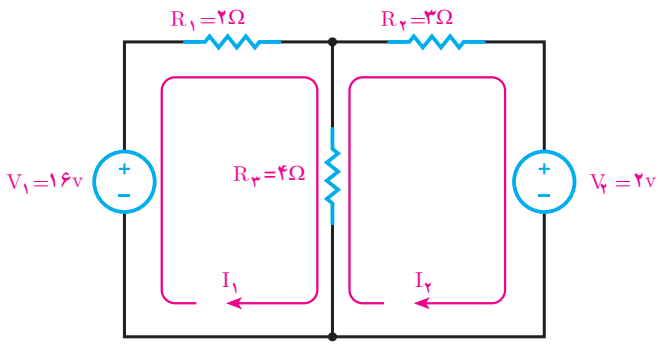
$V_۳ = V_s - (V_۱ +V_۲)$

$V_۳ = ۳۰ - (۱۲ +۶)$

$V_۳ = ۱۲V$

کار در کلاس:

در مدار شکل زیر توان هر یک از مقاومت‌های مدار را حساب کنید.



پاسخ:

الف) برای هر حلقه جریانی را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت منظور می‌کنیم و از یک نقطه در هر حلقه حرکت می‌کنیم و معادلات K.V.L را می‌نویسیم.

حلقه ۱ K.V.L

$R_۱I_۱ + R_۳ (I_۱ - I_۲) - V_۱ = ۰$

$\rightarrow ۲I_۱ + ۴(I_۱ - I_۲) - ۱۶ = ۰$

حلقه ۲ K.V.L

$R_۲I_۲ + V_۲ + R_۳(I_۲ - I_۱) = ۰$

$\rightarrow ۳I_۲ + ۳ + ۴(I_۲ - I_۱) = ۰$

ب) معادله‌ها را مرتب کرده و حل می‌کنیم.

$$\begin{matrix}۲\\۳\end{matrix}\begin{cases}۶I_۱ - ۴I_۲ = ۱۶\\ -۴I_۱ + ۷I_۲ = ۲\end{cases} \quad \begin{cases}۱۲I_۱ - ۸I_۲ = ۳۲\\ -۱۲I_۱ + ۲۱I_۲ = -۶\end{cases}$$

$$۱۳I_۲ = ۲۶ \qquad I_۲ = ۲A$$

$$۶I_۱ - ۴\times۲ = ۱۶ \Rightarrow ۶I_۱ = ۲۴ \Rightarrow I_۱ = ۴A$$

پ) برای محاسبه توان هر یک از مقاومت‌ها باید ابتدا جریان‌های هر مقاومت را محاسبه سپس توان‌ها را به‌صورت زیر به‌دست آورد.

$$I_{R۱} = I_۱ = ۴A$$

$$I_{R۲} = I_۲ = ۲A \Rightarrow I_{R۳} = I_۳ = I_۱ I_۲ = ۴ - ۲ = ۲A$$

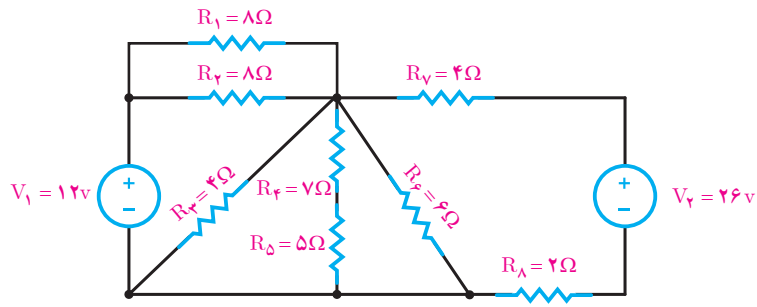
$$P_{R۱} = R_۱ \times I_R^۲ = ۲\times(۴^۲) = ۳۲W$$

$$P_{R۲} = R_۲ \times I_۲^۲ = ۳\times(۲^۲) = ۱۲W$$

$$P_{R۳} = R_۳ \times I_۳^۲ = ۴\times(۲^۲) = ۱۶W$$

کار در کلاس:

در مدار شکل زیر، توانی را که هر منبع به مدار می‌دهد حساب کنید.



پاسخ:

در این مدار چون تعداد مقاومت ها زیاد است و امکان ساده‌سازی را نیز دارد به همین دلیل ابتدا مدار را بر پایه قواعد سری و موازی تا حد امکان ساده می‌کنیم.

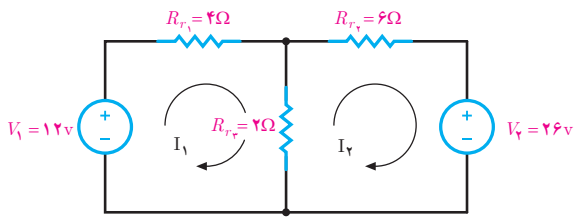
$$R_{T۱} = R_۱ \,||\, R_۲ = \frac{۸\times۸}{۸+۸} = \frac{۶۴}{۱۶} = ۴\Omega$$

$$R_{T۲} = R_۲ + R_۵ = ۷ + ۵ = ۱۲\Omega$$

$$R_{T۳} = R_۳ \,||\, R_{T۲} \,||\, R_۶ = (۱+x)^n = \frac{۱}{\frac{۱}{۴}+\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۶}} = \frac{۱}{\frac{۳+۱+۲}{۱۳}} = ۲\Omega$$

$$R_{T۴} = R_۷ + R_۸ = ۴ + ۲ = ۶\Omega$$

شکل مدار پس از ساده‌سازی به‌صورت شکل زیر است.



با کمی دقت مشاهده می‌شود شکل مدار به‌دست آمده مشابه شکل بالا شده به همین خاطر بقیه مراحل را مطابق مثال قبل عمل می‌کنیم.

معادله حلقه ۱ $R_{T۱} \times I_۱ + R_{T۳}\,(I_۱ - I_۲) - V_۱ = ۰$

معادله حلقه ۲ $R_{T۴} \times I_۲ + V_۲ + R_{T۳}\,(I_۲ - I_۱) = ۰$

$۴I_۱ + ۲(I_۱ - I_۲) - ۱۲ = ۰$

$۶I_۲ + ۲۶ + ۲(I_۲ - I_۱) = ۰$

↓↓↓↓↓

$۶I_۱ - ۲I_۲ = ۱۲$

$-۲I_۱ + ۸I_۲ = -۲۶$

پس از مرتب‌سازی معادلات و حل دستگاه داریم:

$I_۱ = ۱A \;,\; I_۲ = -۳A$

علامت منفی جریان $I_۲$ نشان‌دهنده آن است که جهت انتخابی برای حلقه خلاف جهت واقعی فرض شده است.

برای محاسبه توان هر منبع باید به جهت جریان توجه داشت. چرا که بر اساس آن می‌توان مقدار و نوع توان را معین نمود. هر گاه جهت جریان به قطب مثبت منبع وارد شود علامت ولتاژ در رابطه $P = V \times I$ را مثبت و در صورتی که به قطب

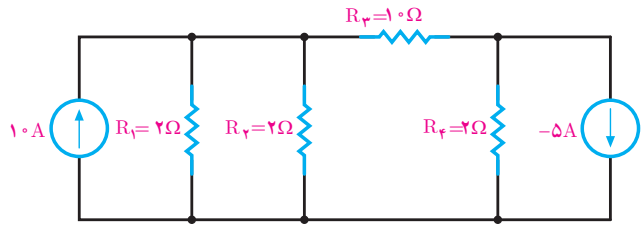
منفی وارد شود علامت آن را منفی منظور می‌کنیم چنان چه حاصل توان منفی باشد یعنی، مولد به شبکه توان می‌دهد و اگر توان مثبت شود، یعنی مولد، خود مصرف‌کننده شده است.

$$P_{V_1} = V_1 \times I_1 = (-12) \times 1 = -12W$$
$$P_{V_2} = V_2 \times I_2 = 26 \times (-3) = -78W$$

پس معلوم می‌شود که منبع ۱۲ ولت، ۱۲ وات و منبع ۲۶ ولت، ۷۸ وات توان به مدار می‌دهد در نتیجه، مشخص است که مقاومت‌های موجود در مدار در مجموع ۹۰ وات توان مصرف می‌کنند.

کار در کلاس:

در مدار شکل زیر، جریان را در مصرف کننده ۱۰ اهم حساب کنید.



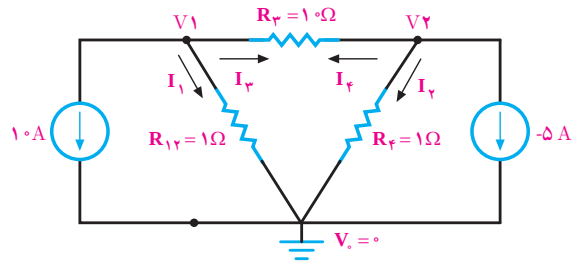
پاسخ:

الف) ابتدا مقاومت R_1 و R_2 را باهم موازی می‌کنیم و مدار را به‌صورت شکل زیر ساده می‌کنیم.

$$R_{12} = (R_1 \| R_2) = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \times 2}{2 + 2} = 1\Omega$$

ب)گره‌های مدار را تعیین می‌کنیم و به هر یک پتانسیلی را نسبت می‌دهیم.

پ) برای هر شاخه یک جهت جریان تعیین می‌کنیم.



ت) در این مدار سه گره داریم. پس KCL را برای گره‌های ۱و۲ می‌نویسیم و برای آنها معادله تشکیل می‌دهیم.

KCL گره ۱ $-۱۰ + I_۱ + I_۳ = ۰$ $\qquad -۱۰+\frac{V_۱}{۱}+\frac{V_۱ - V_۲}{۱۰}=۰$

KCL گره ۲ $+ I_۴ + I_۲ + (-۵) = ۰$ $\qquad +\frac{V_۲ - V_۱}{۱۰}+\frac{V_۲}{۲}+(-۵)=۰$

ث) معادله‌ها را مرتب کرده حل می‌کنیم تا $V_۱$ و $V_۲$ به‌دست آید.

$$\begin{cases} ۱۱V_۱ - V_۲ = ۱۰۰ \\ -V_۱ + ۶V_۲ = ۵۰ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_۱ = ۱۰V \\ V_۲ = ۱۰V \end{cases}$$

ج) اکنون جریان مقاومت ۱۰ اهم به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$I_{۱۰\Omega} = \frac{V_۱ - V_۲}{۱۰} = \frac{۱۰-۱۰}{۱۰} = ۰A$$

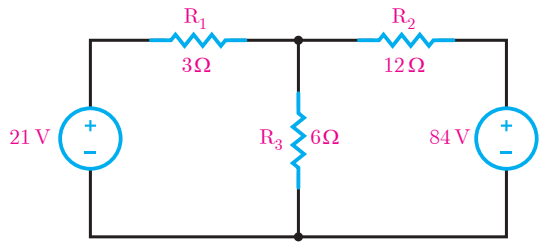
پس در این مدار از مقاومت ۱۰Ω جریانی عبور نمی‌کند. البته در رابطه‌های بالا می‌شد $\frac{V_۲ - V_۱}{۱۰}$ هم نوشت که در این صورت جهت جریان به‌دست آمده از سمت گره ۲ به سمت گره ۱ تعیین می‌شد. به هرحال، در این مثال خاص که مقدار جریان صفر است، هیچ مسئله‌ای نیز در مورد جهت جریان وجود ندارد.

نتیجه:

اگردرمداری تعداد حلقه ها زیاد ولی تعداد گره‌ها کم باشد، استفاده از روش پتانسیل گره مناسب‌تر است، اگر تعداد حلقه‌ها کمتر از تعداد گره‌ها باشد، استفاده از روش جریان حلقه بهتر است؛ زیرا معادلات کمتری تشکیل می‌شود و حل کردن آنها ساده‌تر است.

کار در کلاس:

در مدار شکل زیر جریان را در مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 و توان و ولتاژ مقاومت ۶ اهم را محاسبه کنید.

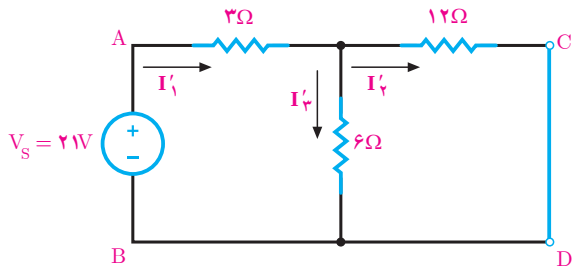


پاسخ:

الف) ابتدا بجز یک منبع (مثلاً ۲۱v) بقیهٔ منابع را از مدار حذف می‌کنیم.

حال برای هرعنصرجریانی رادرنظر می‌گیریم و آنها را مطابق روش‌هایی که قبلاً آموخته‌ایم.

حساب می‌کنیم.



می‌بینیم مقاومت ۶ اهمی به‌صورت موازی با مقاومت ۱۲ اهمی و مجموعه آنها به‌صورت سری با مقاومت ۲ اهمی قرار دارد.

$$R_{AB} = \frac{۱۲ \times ۶}{۱۲ + ۶} + ۳ = ۷\Omega$$

$$I'_۱ = \frac{۲۱}{۷} = ۳A$$

$$I'_۲ = I'_۱ \times \frac{۱۲}{۱۲ + ۶} = ۳ \times \frac{۱}{۳} = ۱A$$

$$I'_۳ = ۳ \times \frac{۱۲}{۱۲ + ۶} = ۲A$$

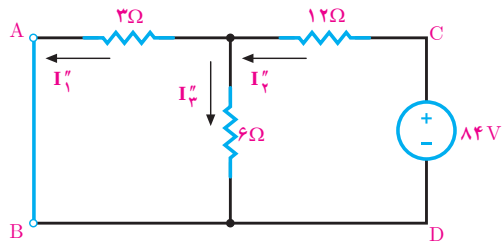
ب) این بار منبع دوم را حذف می‌کنیم و مجدداً جریان عناصر مدار را محاسبه می‌نماییم.

$$R_{CD} = \frac{۳ \times ۶}{۳ + ۶} + ۱۲ = ۱۴\Omega$$

$$I''_۲ = \frac{۸۴}{۱۴} = ۶A$$

$$I''_۳ = ۶ \times \frac{۳}{۳ + ۶} = ۴A$$

$$I''_۱ = ۶ \times \frac{۶}{۳ + ۶} = ۴A$$



اگر جریان‌های هر عنصر را که در دو حالت محاسبه شده با توجه به جهت آنها با یکدیگر جمع کنیم، جریان هر عنصر برای زمانی که هر دو منبع در مدار هستند به‌دست می‌آید.

$$I_۱ = I''_۲ - I'_۱ = ۴ - ۳ = ۱A$$

$$I_۲ = I''_۲ - I'_۲ = ۶ - ۱ = ۵A$$

$$I_۳ = I'_۳ - I''_۳ = ۲ + ۲ = ۴A$$

پ) برای محاسبه ولتاژ مقاومت ۶ اهم، می‌توان به دو صورت زیر عمل کرد.

۱) $V_{۶\Omega} = I_۳ \times ۶ = ۴ \times ۶ = ۲۴[V]$

۲) $V_{۶\Omega} = I'_۳ \times ۶ + I''_۳ \times ۶ = ۲ \times ۶ + ۲ \times ۶ = ۲۴[V]$

ت) توان در مقاومت ۶ اهمی از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

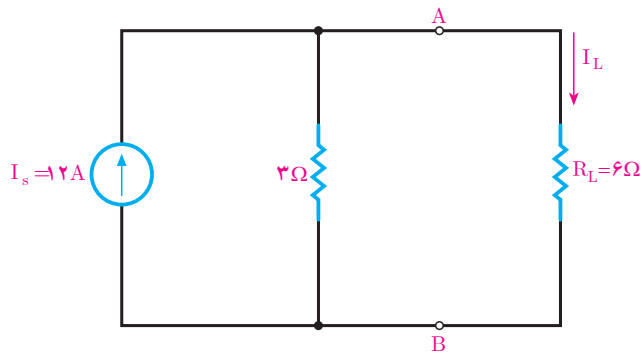
$$P = ۶ \times I_۳^۲ = ۶ \times ۴^۲ = ۹۶\ W$$

توجه کنید که توان این مقاومت را نمی‌توان از رابطهٔ زیر به‌دست آورد؛ زیرا حاصل ۹۶وات نمی‌شود.

$$۶I'^{۲}_۳ + ۶ \times I''^{۲}_۳ = ۶ \times ۲^۲ + ۶ \times ۲^۲ = ۴۸ \neq ۹۶$$

کار در کلاس:

در شکل زیر ابتدا جریان مصرف‌کننده (RL) راحساب کنید. سپس منبع ولتاژ معادل و منبع جریان مدار را محاسبه کرده شکل مدار را رسم کنید و بار دیگر جریان مصرف کننده را محاسبه نمایید.



پاسخ:

$$I_L = ۱۲ \times \frac{۳}{۳+۶} = ۴A$$

$$V_S = ۱۲ \times ۳ = ۳۶V \text{ و } R_S = ۳\Omega$$

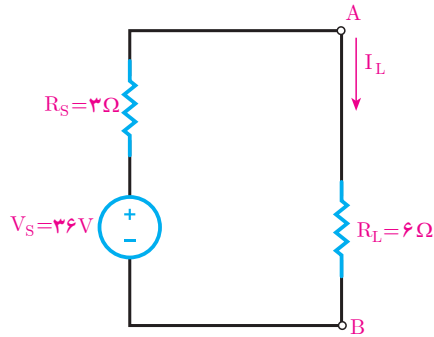
اکنون مدار به‌صورت شکل زیر خواهد شد.

در این حالت جریان I_L را داریم:

$$I_L = \frac{۳۶}{۳+۶} = ۴A$$

ملاحظه می‌کنید که جریان مصرف‌کننده باز هم ۴ آمپر است. بدیهی است ولتاژ و توان مصرفی آن نیز تغییر نمی‌کند.

لازم به یادآوری است که منابع ایده‌ال را نمی‌توان به یکدیگر تبدیل کرد.

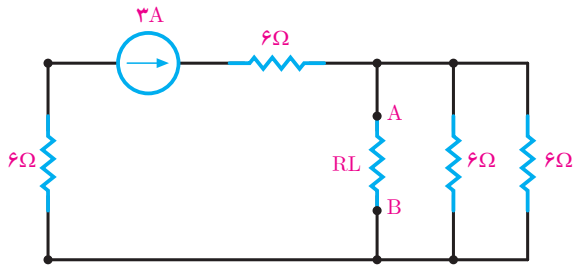


کار در کلاس:

در مدار داده شده مطلوب است:

الف) با محاسبه R_N و I_N، مدار معادل نورتن از دوسربار را رسم کنید.

ب) R_L چه مقدار انتخاب شود تا ماکزیمم توان به آن انتقال یابد؟

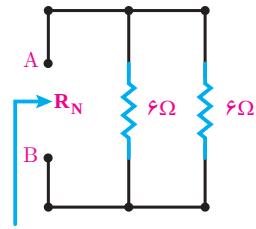


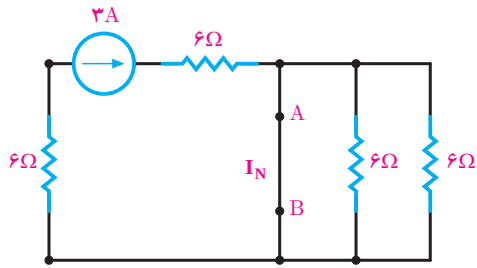
پاسخ:

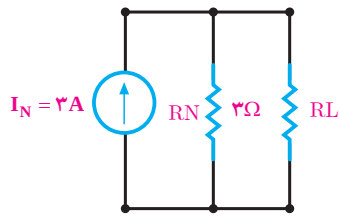
$$R_N = \frac{۶ \times ۶}{۶ + ۶} = ۳\Omega$$

$$I_N = ۳A$$

$$PL_{MAX} \rightarrow R_L = R_N = ۳\Omega$$

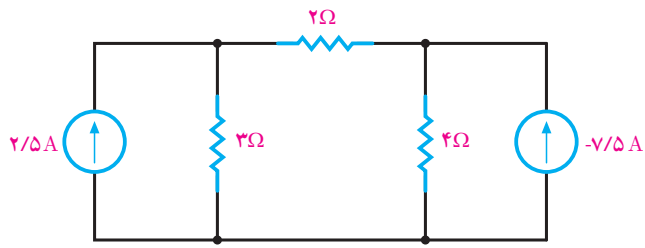




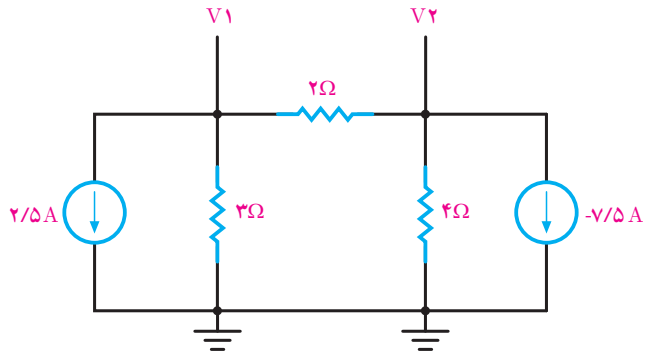


ارزشیابی ۴

۱ با استفاده از روش پتانسیل گره توان مقاومت ۳ اهمی را حساب کنید.



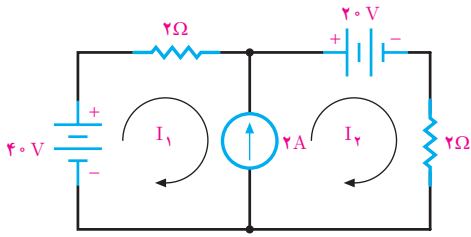
پاسخ:



$$\frac{V_1}{3}+\frac{V_1-V_2}{2}-\frac{2}{5}=0 \Rightarrow 5V_1-3V_2=15$$

$$\frac{V_2}{4}+\frac{V_2-V_1}{2}+(-7/5)=0 \Rightarrow -2V_1+3V_2=30$$

$$V_1=15V \rightarrow P=\frac{V_1^2}{3}=75W$$



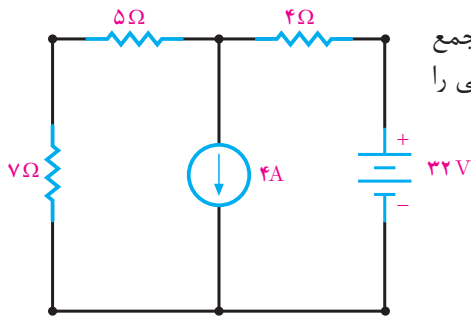
۲ درمدار شکل داده شده به کمک روش جریان حلقه توان مقاومت ۴ اهمی را به‌دست آورید. مقاومت ۲ اهمی دوم ۴ اهم شود.

پاسخ:

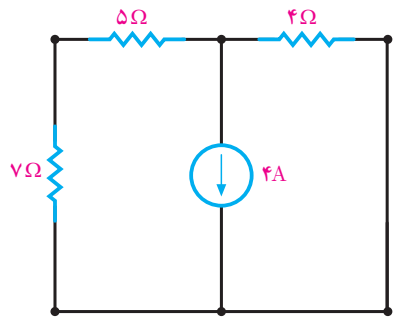
$$\text{حلقه بزرگ}\begin{cases}-۴۰+۲I_۱+۲۰+۴I_۲=۰ \quad (۰/۲۵)\\ I_۲=I_۱+۲ \quad (۰/۲۵)\end{cases}\Rightarrow ۲I_۱+۴I_۲=۲۰$$

$$\rightarrow ۲I_۱+۴(I_۱+۲)=۲۰(۰/۲۵)$$

$$\rightarrow I_۱=۲A\ ,\ I_۲=۲+۲\rightarrow I_۲=۴A \quad (۰/۲۵)\rightarrow P_{۴\Omega}=I_۲^۲\times ۴\Omega=۴^۲\times ۴=۶۴W$$



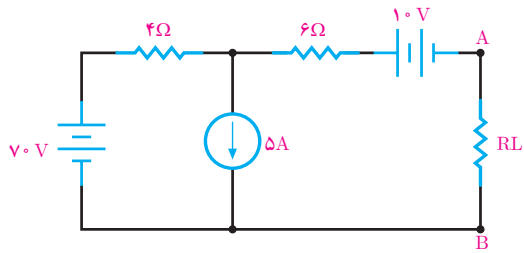
۳ درمدار مقابل به کمک روش جمع آثار افت ولتاژ دوسر مقاومت ۷اهمی را محاسبه کنید.



پاسخ:

$$I_۱=\frac{۳۲}{۴+۵+۷}=۲A \qquad I_۱=\frac{۴\times ۴}{۴+(۵+۷)}=۱A$$

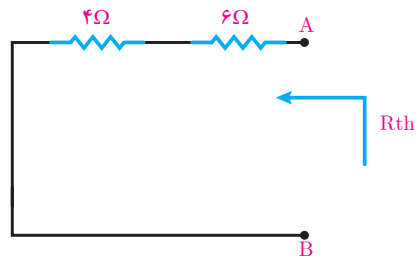
$$\Rightarrow I_۱=I_۱+I_۱=۱+۲=۳A \Rightarrow V_{۷\Omega}=I_۱\times ۷\Omega=۳\times ۷=۲۱V$$



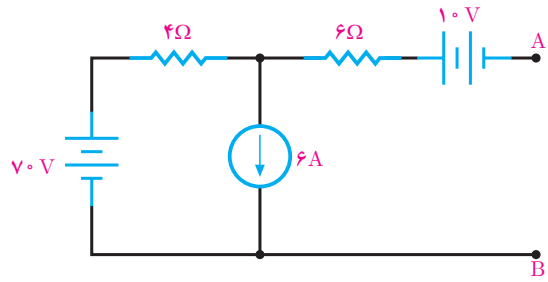
۴ درمدار مطلوب است:
الف) محاسبه R_{th} و V_{th} از دو سربار
ب) رسم مدار معادل تونن
ج) ماکزیمم توان قابل انتقال به بار

پاسخ:

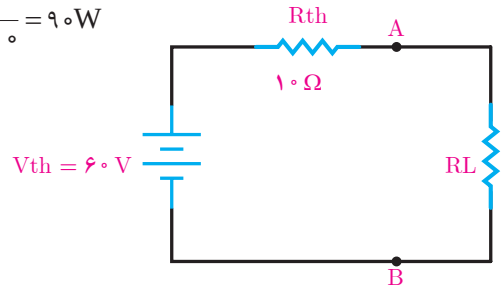
(الف) $R_{th} = ۴ + ۶ = ۱۰\Omega$



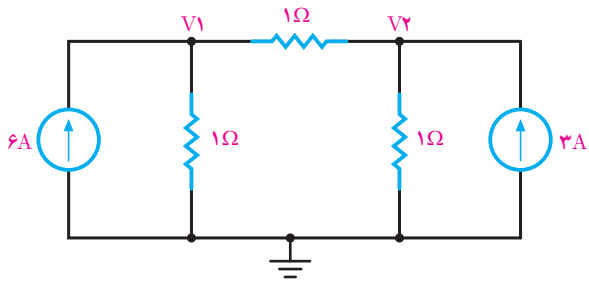
(ب) $-۷۰ + (۴\times ۵) - ۱۰ + Vth = ۰ \longrightarrow Vth = ۶۰V$



(ج)
$$R_L = R_{th} \rightarrow PL_{MAX}$$
$$PL_{MAX} = \frac{V_{th}^{۲}}{۴RL} = \frac{۶۰^{۲}}{۴\times ۱۰} = ۹۰W$$



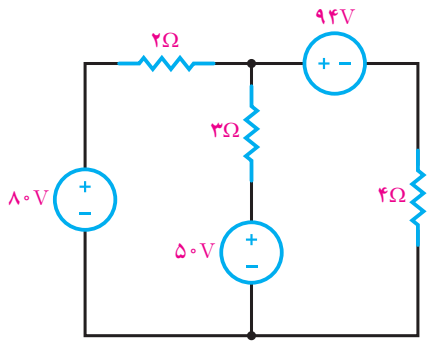
۵ به کمک روش پتانسیل گره، ولتاژهای V_1 و V_2 را به‌دست آورید.



پاسخ:

$$\begin{cases} -۶ + V_۱ + (V_۱ - V_۲) = ۰ \\ -۳ + V_۲ + (V_۲ - V_۱) = ۰ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} ۲V_۱ - V_۲ \\ -V_۱ + ۲V_۲ = ۳ \end{cases} \Rightarrow ۳V_۲ = ۱۲$$

$$\rightarrow V_۲ = ۴V \rightarrow V_۱ = ۵V$$



۶ در مدار شکل زیر با استفاده از روش جریان حلقه، توان مصرفی در مقاومت ۳ اهمی را حساب کنید.

پاسخ:

$$KVL۱ : -۸۰ + ۲I_۱ + ۳(I_۱ - I_۲) + ۵۰ = ۰$$

$$\times ۳ \ \{۵I_۱ - ۳I_۲ = ۳۰ \Rightarrow \{۱۵I_۱ - ۹I_۲ = ۹۰$$

$$\times ۵ \ \{-۳I_۱ + ۷I_۲ = ۲۴ \Rightarrow \{-۱۵I_۱ + ۳۵I_۲ = -۲۲$$

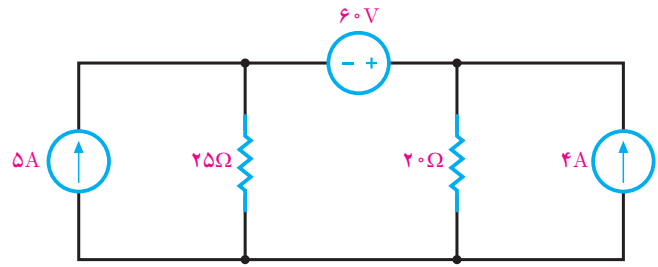
$$۲۶I_۲ = -۱۳۰$$

$$I_۲ = \frac{-۱۳۰}{۲۶} = -۵A$$

$$۵I_۱ - ۳(-۵) = ۳۰ \rightarrow ۵I_۱ + ۱۵ = ۳۰ \rightarrow I_۱ = ۳A$$

$$I_{۳\Omega} = I_۱ - I_۲ = ۳ - (-۵) = ۸A \rightarrow P_{۳\Omega} = RI^۲ = ۳ \times ۸^۲ = ۱۹۲W$$

۷ در مدار شکل زیر با استفاده از روش جریان حلقه و بدون تبدیل منابع، توان منبع ولتاژ را محاسبه کنید.



پاسخ:

$I_1 = 5A$

$I_3 = -4A$

$KVL2 : 25(I_2 - I_1) - 60 + 20(I_2 - I_3) = 0$

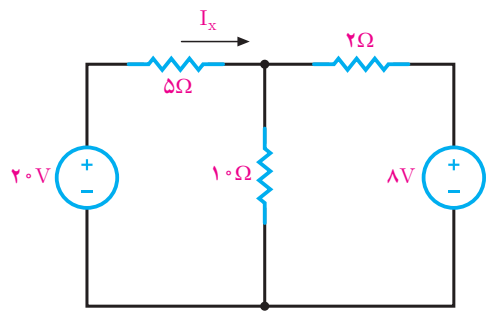
$25I_2 - 125 - 60 + 20I_2 + 80 = 0$

$45I_2 = 105 \rightarrow I_2 = \frac{105 \div 5}{45 \div 5} = 2/33A$

$I_{\text{منبع}} = I_1 + I_2 = 5 + 2/33 = 7/33$

$P = V \times I \rightarrow P = 60 \times 7/33 = 440W$

۸ با استفاده از روش پتانسیل گره و بدون تبدیل منابع، جریان I_x را حساب کنید.



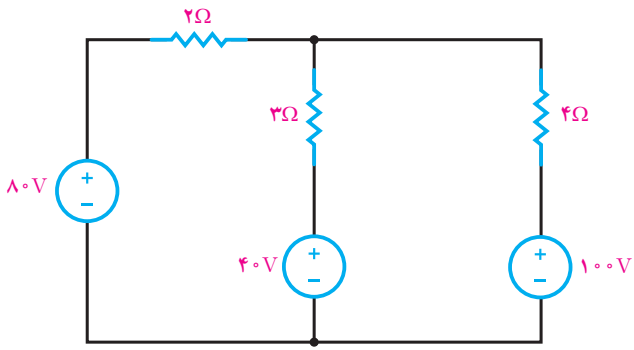
پاسخ:

$$KCL: \frac{V_A - ۲۰}{۶} + \frac{V_A}{۱۰} + \frac{V_A - ۸}{۲} = ۰$$

$$۲V_A - ۴۰ + V_A + ۵V_A - ۴۰ = ۰ \longrightarrow ۸V_A = ۸۰ \rightarrow V_A = ۱۰V$$

$$I_x = \frac{۲۰ - V_A}{۵} = \frac{۱۰ - ۲۰}{۵} = ۲A$$

۹ در مدار شکل زیر با استفاده از روش پتانسیل گره و بدون تبدیل منابع، توان مصرفی در مقاومت ۳ اهمی را محاسبه کنید.



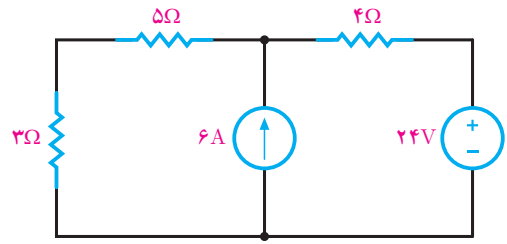
پاسخ:

$$KCL: \frac{V_A - ۸۰}{۲} + \frac{V_A - ۴۰}{۳} = \frac{V_A - ۱۰۰}{۴} = ۰$$

$$۶V_A = ۴۸۰ + ۴V_A - ۱۶۰ + ۳V_A = ۳۰۰ = ۰$$

$$۱۳V_A = \rightarrow V_A = ۷۲/۳V \rightarrow P = \frac{V^۲}{R} = \frac{۷۲/۳^۲}{۳} = ۳۴۷/۷$$

۱۰ در شکل زیر با استفاده از اصل جمع آثار، توان را در مقاومت ۳ اهمی محاسبه کنید.

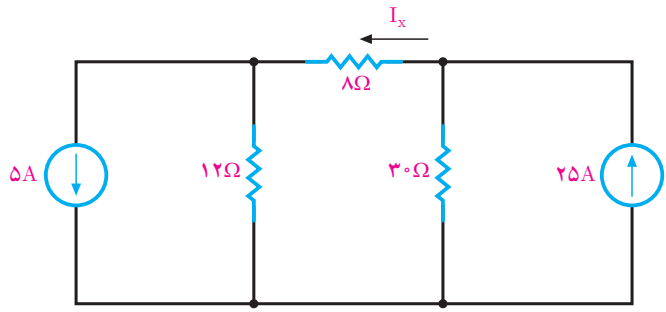


پاسخ:

$$I_1 = \frac{۲۴}{۱۲} = ۲A$$

$$I_2 = ۶ \times \frac{۴}{۴+۸} = ۲A$$

۱۱ با استفاده از روش جمع آثار، جریان I_X را در مدار شکل زیر حساب کنید.



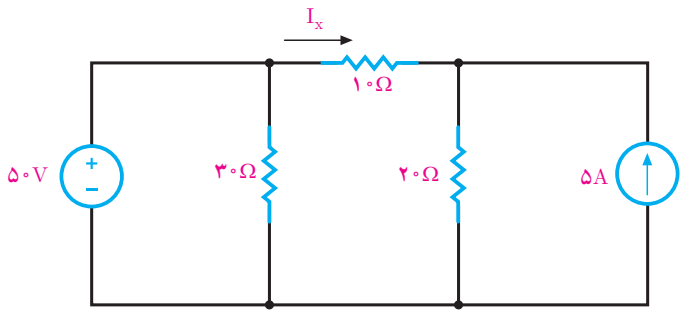
پاسخ:

$$I_1 = ۲۵ \times \frac{۳۰}{۳۰+۲۰} = ۱۵A$$

$$I_2 = ۵ \times \frac{۱۲}{۱۲+۳۸} = ۱/۲A$$

$$I_X = ۱/۲ + ۱۵ = ۱۶/۲A$$

۱۲ در مدار شکل زیر مطلوب است محاسبهٔ جریان I_X با استفاده از روش‌های:



پاسخ:

الف) اصل جمع آثار؛

$$\rightarrow I_1 = 5 \times \frac{20}{20+10} = \frac{100}{30} = \frac{10}{3} \quad \{I_X \frac{5}{3} - \frac{10}{3} = \frac{-5}{3}\}$$

$$\rightarrow I_2 = \frac{50}{3} = \frac{5}{3}$$

ب) پتانسیل گره؛

$$V_A = 50V$$

$$KCL(B): \frac{-5}{1} + \frac{V_B}{20} + \frac{V_V - 50}{10} = 0$$

$$-100 + V_B = 2V_B - 100 = 0 \Rightarrow 3V_B = 200 \rightarrow V_B = \frac{200}{3}$$

$$I_X = \frac{V_A - V_B}{10} = \frac{50 - \frac{200}{3}}{10} = \frac{\frac{-50}{3}}{\frac{10}{1}} = -\frac{5}{3}A$$

ب) جریان حلقه.

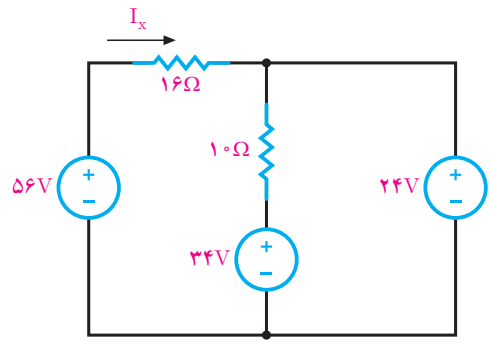
$$I_3 = -5A$$

$$KVL1 : -50 + 30(I_1 - I_2) = 0$$

$$KVL2 : 30(I_2 - I_1) + 10I_2 + 20(I_2 - I_3) = 0$$

$$\begin{cases} 30I_1 - 30I_2 = 50 \rightarrow 30I_2 = -50 \rightarrow I_2 = \frac{-50}{30} = \frac{-5}{3} \\ -30I_1 + 60I_2 = -100 \end{cases}$$

۱۳ در مدار شکل زیر مطلوب است:



پاسخ:

الف) جریان I_X؛

$$V_A = ۲۴V \rightarrow I_X = \frac{۵۶ - ۲۴}{۱۶} = \frac{۳۲}{۱۶} = ۲A$$

$$P_{۱۰\Omega} = \frac{V^۲}{R} = \frac{(۲۴ - ۳۴)^۲}{۱۶} = ۱۰W$$

ب) توان مصرفی در مقاومت ۱۰ اهمی؛

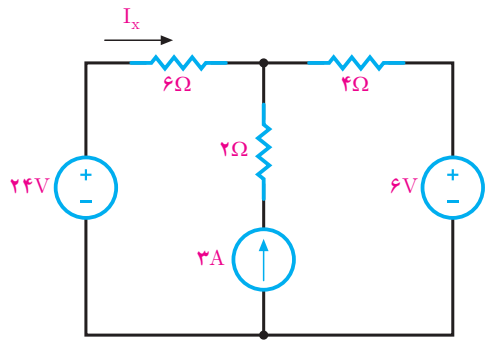
$$I_۱ = \frac{۵۶ - ۲۴}{۱۶} = ۲A$$

$$I_۲ = \frac{۳۴ - ۲۴}{۱۶} = ۱A \rightarrow I_{\text{منبع}} = ۲ + ۱ = ۳A$$

پ) توان منبع ولتاژ ۲۴ ولتی.

$$P = V \times I = (-۲۴) \times (۳) = -۷۲A$$

۱۴ در مدار شکل زیر جریان I_x را از طریق پتانسیل گره محاسبه کنید.

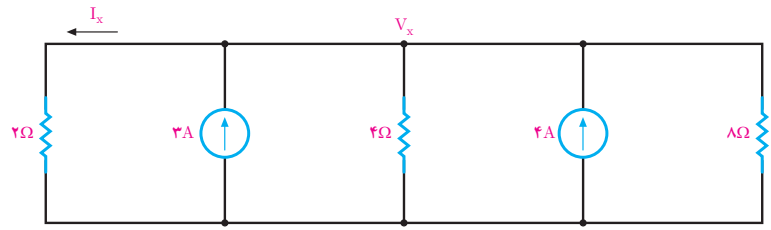


پاسخ:

$$\frac{V_A-۲۴}{۶}=\frac{V_A-۶}{۴}-۳=۰\rightarrow ۲V_A-۴۸=۳V_A-۱۸-۳۶=۰$$

$$۵V_A=۱۰۲\rightarrow V_A=۲۰/۴V\rightarrow I_X=\frac{۲۴-۲۰/۴}{۶}=\frac{۳/۶}{۶}=۰/۶A$$

۱۵ در مدار شکل زیر مطلوب است:



پاسخ:

الف) پتانسیل V_X؛

$$KCL:\frac{V_X}{۳}-۳+\frac{V_X}{۴}-۴+\frac{V_X}{۸}=۰$$

$$۴V_X-۲۴+۲V_X-۳۲+V_X=۰\Rightarrow ۷V_X=۵۶\rightarrow V_X=\frac{۵۶}{۷}=۸V$$

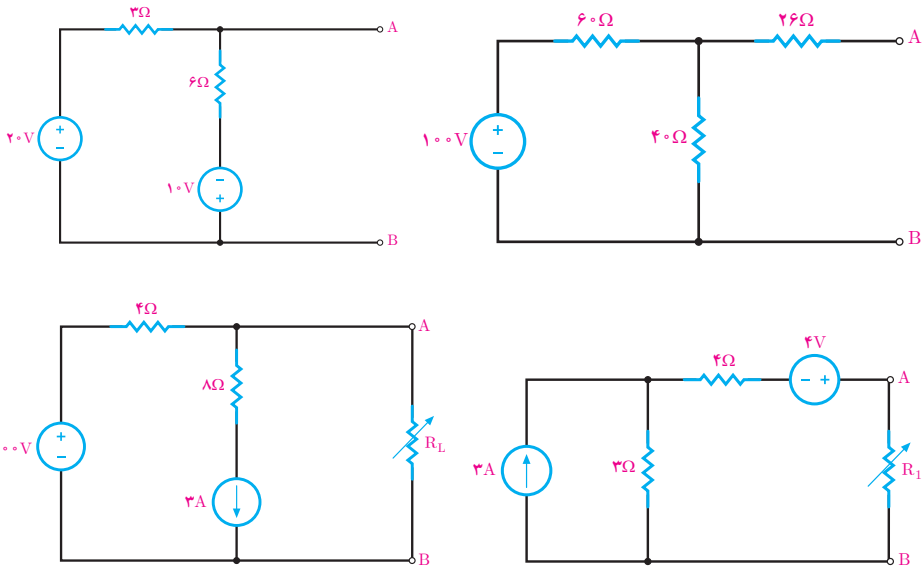
ب) جریان I_X؛

$$I_X=\frac{V_X}{۲}=\frac{۸}{۲}=۴A$$

پ) توان مقاومت.

$$P=\frac{V_X^۲}{R}=\frac{۸^۲}{۸}=۸W$$

۱۶ در مدارهای زیر مطلوب است:



پاسخ:

الف) معادل تونن مدار از دو پایانه A و B؛

$$V_{th} = ۱۰۰ \times \frac{۴۰}{۴۰+۶۰} = ۴۰V$$

$$R_{th} = ۶۰ \parallel ۴۰ + ۲۶ = ۵۰\Omega$$

$$R_{th} = ۳ \parallel ۶ = \frac{۳ \times ۶}{۳+۶} = ۲\Omega$$

$$V_{th} = \frac{V_{th} - ۲۰}{۳} = \frac{V_{th} - ۱۰}{۶} = ۰ \Rightarrow ۲V_{th} - ۴۰ + V_{th} + ۱۰ = ۰$$

$$۳V_{th} = -۳۰ \rightarrow V_{th} = ۱۰V$$

$$R_{th} = ۴ + ۳ = ۷\Omega$$

$$V_{th} = ۷V$$

$$V_{th} = ۳ \times ۳ + ۴ = ۱۳V$$

$$V_{th} = \frac{V_{th} - ۲۰۰}{۴} = ۳ = ۰ \rightarrow V_{th} - ۲۰۰ + ۱۲ = ۰ \Rightarrow V_{th} = ۱۸۸$$

ب) معادل نورتن مدار از دو پایانه A و B.

$R_N = R_{th} = ۶۰ \| ۴۰ + ۲۶ = ۵۰\Omega$

$R_T = ۴۰ \| ۲۶ + ۶۰ = ۷۵ / ۷۵ \rightarrow] = \frac{۱۰۰}{۷۵ / ۷۵} = ۱ / ۳۲A$

$I_N = ۱ / ۳۲ \times \frac{۴۰}{۴۰ + ۲۶} = ۰ / ۸A$

$I_N = ۳ \| ۶ = ۲\Omega$

$I_۱ = \frac{۲۰}{۳}$

$\rightarrow I_N = \frac{۲۰}{۳} - \frac{۱۰}{۶} = \frac{۳۰}{۶} = ۵A$

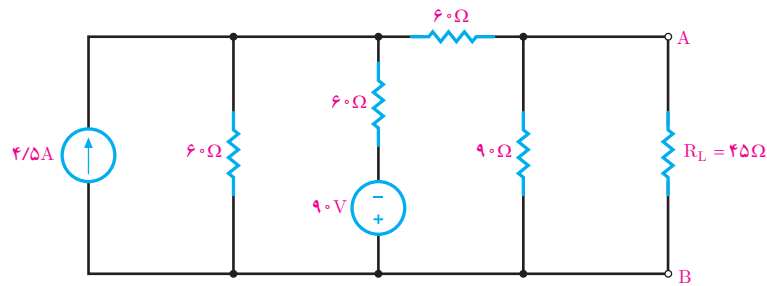
$R_N = ۳ + ۴ = ۷\Omega$

$I_N = \frac{۹ + ۴}{۷} = \frac{۱۳}{۷}A$

$I_N = \frac{۲۰۰}{۴} - ۳ = ۴۷A$

$R_N = ۴\Omega$

۱۷ درشکل زیر توان مقاومت بار (R_L) را با استفاده از معادل تونن مدار به‌دست آورید.



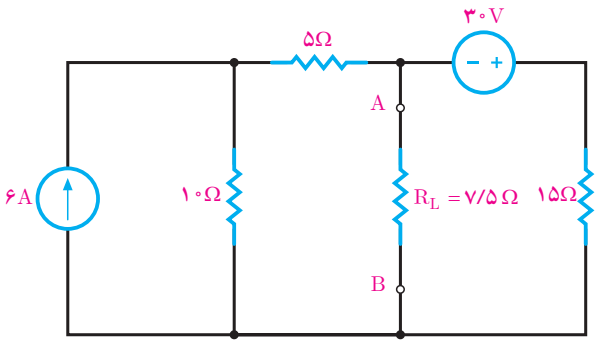
پاسخ:

$R_{th} = ۹۰ \| ۹۰ = ۴۵\Omega$

$V_{th} = ۴۵\ V$

چون $R_L = R_{th} \Rightarrow P_{max} = \frac{V_{th}^۲}{۴R_{th}} = \frac{۴۵^۲}{۴ \times ۴۵} = \frac{۴۵}{۴}$

۱۸ در شکل زیر جریان مقاومت بار (R_L) را با استفاده از معادل نورتن مدار به‌دست آورید.



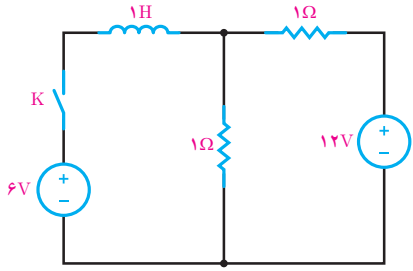
پاسخ:

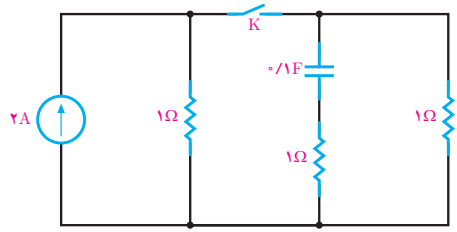
$$R_N = ۱۵ \parallel ۱۵ = ۷/۵\Omega$$

$$I_N = \frac{۶۰}{۱۵} - \frac{۳۰}{۱۵} = ۴ - ۲ = ۲A$$

$$I_L = ۱_A$$

۱۹ در مدارهای زیر پس از وصل شدن کلید وسپری شدن ۵ ثابت زمانی، انرژی ذخیره شده در سلف و خازن را حساب کنید.





پاسخ:

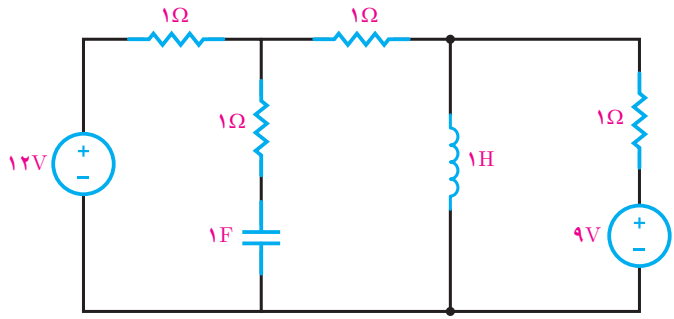
$$\Rightarrow V_C = R \times I = ۰/۵ \times ۲ = ۱V$$

$$W_C = \frac{۱}{۲} CV^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۱ \times ۱۲ = ۰/۰۵J$$

$$I = \frac{۶}{۱} - \frac{۱۲-۶}{۱} = ۰A$$

$$W_L \frac{۱}{۲} LI^۲ = ۰J$$

۲۰ مدار شکل زیر در حالت ماندگاراست. توان هر کدام ازمنابع و انرژی ذخیره شده در سلف وخازن را حساب کنید.



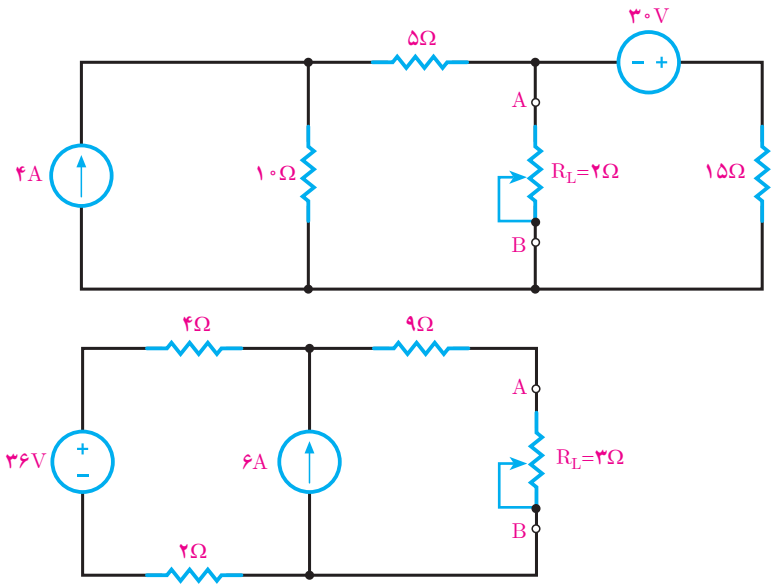
پاسخ:

$$\frac{۱۲}{۲}+\frac{۹}{۱}=۱۵V \rightarrow W_L=\frac{۱}{۲}LI^۲=\frac{۱}{۲}\times۱\times۱۵^۲=۱۱۲/۵j$$

$$V_C = ۱۲ - ۶ = ۶V \rightarrow V_C = \frac{۱}{۱}VC^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۱ \times ۶^۲ - ۱۸J$$

$$P_{۱۲V} = VI = ۱۲ \times ۶ = ۷۲J$$

۲۱ درمدارهای زیر با استفاده از روش نورتن مطلوب است:



پاسخ:

الف) جریان R_L در شرایط فعلی مدار؛

$$R_{th} = ۱۵ \parallel ۱۵ + ۷/۵\Omega$$

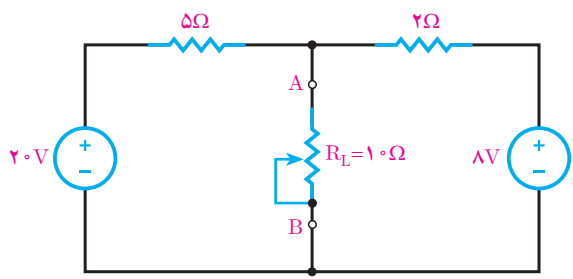
$$\frac{V_{th} - ۴۰}{۱۵} + \frac{V_{th} + ۳۰}{۱۵} = ۰ \rightarrow ۲V_{th} = ۱۰ \rightarrow V_{th} = ۵V$$

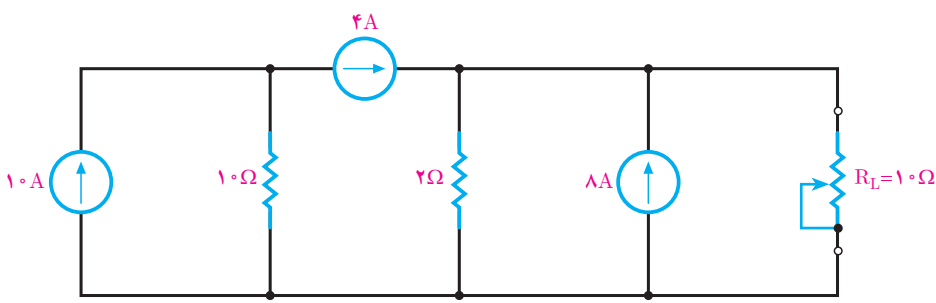
ب) ماکزیمم توان انتقالی به R_L.

$$R_{th} = ۱۵ \parallel ۱۵ = ۷/۷\Omega$$

$$\frac{V_{th} - ۴۰}{۱۵} + \frac{V_{th} - ۳۰}{۱۵} = ۰ \rightarrow ۱۰V_{th} = ۵V$$

۳۲ در مدارهای زیر با استفاده از روش نورتن مطلوب است:





پاسخ:

الف) جریان R_L درشرایط فعلی مدار؛

$$R_N = ۵ \| ۲ = \frac{۱۰}{۷}$$

$$I_N = ۴ + ۴ = ۸A$$

$$I_L = ۸ \times \frac{\frac{۱۰}{۷}}{۱۰ + \frac{۱۰}{۷}} = \frac{\frac{۸۰}{۷}}{\frac{۸۰}{۷}} = ۱A$$

$$P_{max} = \frac{۱}{۴} R_N I_N^۲ = \frac{۱}{۴} \times \frac{۱۰}{۷} \times ۸^۲ = \frac{۱۶۰}{۷} W$$

ب) ماکزیمم توان انتقالی به R_L.

$$R_N = ۲\Omega$$

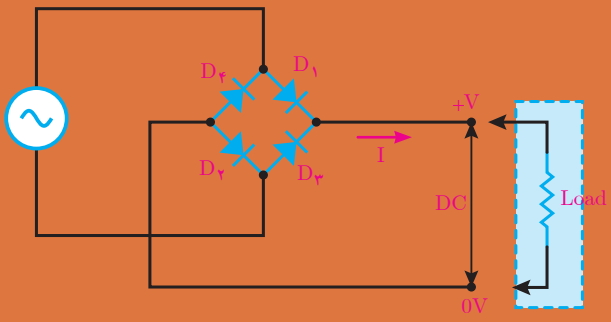
$$I_N = ۴ + ۰ + ۸ = ۱۲A$$

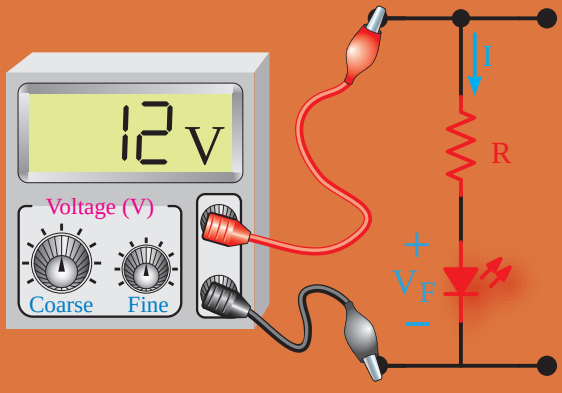
$$I_L = ۱۲ \times \frac{۲}{۱۲ + ۲} = ۲A$$

$$P_{max} = \frac{۱}{۴} R_N I_N^۲ = \frac{۱}{۴} \times ۲ \times ۱۲^۲ = ۷۲W$$

فصل ۳

تحلیل مدارهای الکترونیکی





واحد یادگیری ۳

تحلیل مدارهای دیودی

نوع درس: نظری ■ **کل ساعت:** ۳۰ ساعت ■ **ساعت نظری:** ۳۰ ساعت

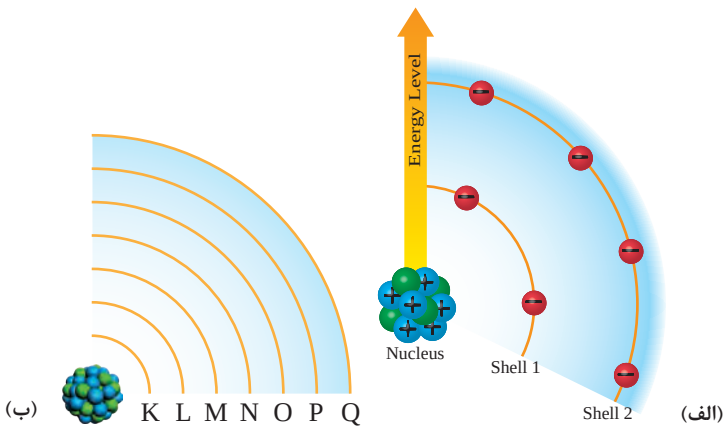
سؤالات پیشنهادی

- ناخالص کردن نیمه‌هادی‌ها چگونه است؟
- ساختمان دیود به چه شکلی است؟
- انواع دیودها چگونه و در کجا استفاده می‌شود؟
- جریان و ولتاژ در ترانزیستورها چگونه تجزیه و تحلیل می‌شود؟
- نواحی کار ترانزیستور و منحنی مشخصه ترانزیستور چگونه است؟
- مقاومت‌های بایاس را با معلوم بودن مشخصات نقطهٔ کار در بایاس مستقیم و اتوماتیک و سرخود چگونه محاسبه می‌شود؟
- اتم را تعریف کنید.
- قسمت‌های اصلی اتم را نام ببرید.
- تعداد الکترون‌های هر لایه اتم را با استفاده از رابطهٔ $2n^2$ محاسبه کنید.
- لایهٔ والانس و الکترون والانس را تعریف کنید.
- هادی‌ها، نیمه‌هادی‌ها و عایق‌ها را تعریف کنید.
- باندهای انرژی هادی‌ها، نیمه‌هادی‌ها و عایق‌ها را توضیح دهید.
- تجربهٔ ادیسون را تشریح کنید
- الکترودهای حباب خلأ را نام‌گذاری کنید.
- ساختمان لامپ خلأ دیود را تشریح کنید.
- کاربرد لامپ خلأ دیود را شرح دهید.
- ساختمان لامپ تریود را شرح دهید.
- لامپ خلأ را با ترانزیستور مقایسه کنید.
- نیمه‌هادی را تعریف کنید.
- انواع نیمه‌هادی را نام ببرید.

- باندهای انرژی نیمه‌هادی‌ها را تشریح کنید.
- باندهای انرژی را در ژرمانیم و سیلیسیم توضیح دهید.
- ساختمان اتمی ژرمانیم و سیلیسیم را شرح دهید.
- ساختمان کریستالی ژرمانیم و سیلیسیم را تشریح کنید.
- نحوهٔ پیوند اتم‌های کریستال ژرمانیم و سیلیسیم را توضیح دهید.
- هدایت الکتریکی در سیلیسیم و ژرمانیم خالص را توضیح دهید.
- حفره را تعریف کنید.
- چگونگی حرکت الکترون و حفره را در داخل کریستال توضیح دهید.
- چگونگی ناخالص کردن کریستال نیمه‌هادی برای تشکیل نیمه‌هادی نوع N را شرح دهید.
- چگونگی ناخالص کردن کریستال نیمه‌هادی برای تشکیل نیمه‌هادی نوع P را بیان کنید.
- هدف‌های مربوط به حیطهٔ عاطفی که در فصل اوّل آمده است را اجرا نمایید.
- اجسام از نظر هدایت به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید؟
- دلیل استفاده از حباب خلأ در تجربهٔ ادیسون را شرح دهید.
- پدیدهٔ ترمویونیک را توضیح دهید.
- مقاومت مخصوص را تعریف کنید.
- چگونگی اتصال اتم‌ها را تشریح کنید.
- الکترون آزاد را توضیح دهید.
- چگونگی تشکیل نیمه‌هادی نوع N را شرح دهید.
- چگونگی تشکیل نیمه‌هادی نوع P را شرح دهید.
- مزیت استفادهٔ نیمه‌هادی سیلیسیم نسبت به ژرمانیم را توضیح دهید.
- اتصال PN را توضیح دهید.
- خصوصیات اتصال PN را بنویسید.
- پتانسیل سد را تعریف کنید. مقدار آن برای ژرمانیم چقدر است.
- شکل ظاهری و نماد دیود را رسم کنید.
- منحنی مشخصهٔ ولت آمپر دیود معمولی را برای ژرمانیم و سیلیسیم رسم کنید.
- مقاومت استاتیکی و دینامیکی دیود را تعریف کنید.
- مدار معادل دیود معمولی را بکشید.
- خصوصیات و اصول کار دیود زنر را توضیح دهید.
- برتری‌های LED بر لامپ معمولی را بنویسید.
- دیود واراکتور در چه بایاسی کار می‌کند. عامل متغیر در دیود واراکتور را نام ببرید.
- فتودید در چه بایاسی کار می‌کند. چگونگی تغییر جریان معکوس با بازتابش نور را توضیح دهید.
- چه المانی می‌تواند جایگزین فتودیود شود. نام ببرید.

مرور بر ساختمان اتمی عناصر

عناصر موجود در طبیعت از ذرات بسیار کوچکی به نام اتم تشکیل شده‌اند که دارای دو قسمت اصلی هسته و پوسته‌های الکترونی هستند. الکترون‌های هر اتم روی مدارهایی (پوسته shell_orbit) بیضی‌شکل دوران می‌کنند. در بسیاری از عناصر تعداد حداکثر الکترون‌های هر مدار از رابطهٔ $2n^2$ تعیین می‌گردد. در این رابطه n شمارهٔ مدار مورد نظر است و با حروف K،L،M،N،O،P،Q مشخص می‌شود. در شکل زیر الف هسته و بخشی از دو مدار اتمی را ملاحظه می‌کنید. در شکل زیر ب مدارها با حروف مختلف نشان داده شده‌اند.



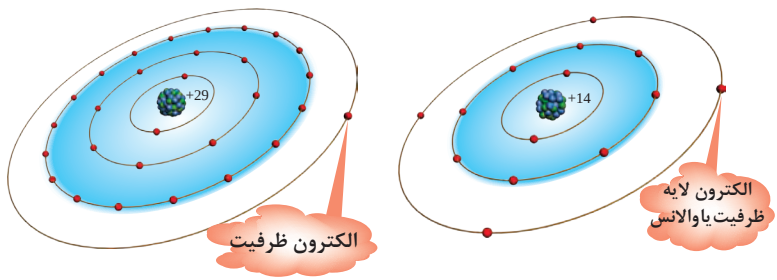
ساختمان اتم و لایه‌های آن

در این قسمت ما مدار (Orbit) یا پوسته (Shell) را اصطلاحاً لایه می‌نامیم و کلمهٔ لایه را مورد استفاده قرار می‌دهیم.

نحوهٔ توزیع الکترون‌ها روی لایه‌ها

همان‌طوری که گفته شد، پذیرش الکترون‌ها در هر لایه محدودیت دارد. برای مثال، لایهٔ اول (K)نمی‌تواند بیش از ۲ الکترون و لایهٔ دوم (L) بیش از ۸ الکترون و لایهٔ سوم (M) بیش از ۱۸ الکترون را بپذیرند. این محدودیت برای تمام لایه‌ها وجود دارد. از طرفی، با توجه به عدد اتمی عناصر، شرایطی پدید می‌آید که توزیع الکترون در لایه‌های آخر را با مشکل مواجه می‌سازد. در این قسمت به تشریح این

موضوع می‌پردازیم. می‌دانیم درصورتی‌که عدد اتمی عنصری ۱۰باشد، لایهٔ اول با ۲ الکترون و لایه دوم با ۸ الکترون کامل می‌شود و چون این آخرین حد برای لایهٔ دوم است، باید لایهٔ سوم شروع شود. برای عناصری با عدد اتمی ۱۱ تا ۱۸ لایهٔ اول با ۲ الکترون، لایهٔ دوم با ۸ الکترون و لایهٔ سوم با ۸ الکترون پر می‌شود و پس از آن لایهٔ چهارم شروع می‌شود. برای عناصری با عدد اتمی ۱۹ تا ۲۹ پس از پر شدن لایهٔ اول و دوم، لایهٔ سوم با حداکثر ظرفیت یعنی۱۸ الکترون پر می‌شود و پس از آن لایهٔ چهارم شروع می‌گردد. شکل زیر مدار لایه‌ای عناصر مس و سیلیسیم را با عدد اتمی آنها نشان می‌دهد. به آخرین لایهٔ اتم، که در آن تعداد الکترون‌ها پر نمی‌شوند، لایهٔ ظرفیت یا لایهٔ والانس (Valance) می‌گویند.



مدار لایه‌های اتم مس و اتم سیلسیم

رابطهٔ $2n^2$ عمومیت ندارد و برای برخی از عناصر صدق نمی‌کند.

کار در کلاس:

کاربرد هادی‌ها و نیمه‌هادی‌ها و عایق‌ها را بررسی کنید.

پاسخ:

هادی‌ها

که به‌راحتی جریان برق را از خود عبور می‌دهند. هادی‌ها به علت دارا بودن الکترون آزاد می‌توانند جریان الکتریکی را از خود عبور می‌دهند، فلزات یک تا سه ظرفیتی هادی‌ها هستند. مانند مس و آهن و...

نیمه‌هادی‌ها

به عناصری که اتم‌های آن در مدار آخر خود چهار الکترون دارند «نیمه‌هادی» گویند. نیمه‌هادی‌ها در صفر مطلق ($^{\circ}C$ ۲۷۳-) تقریباً عایق هستند. در درجهٔ حرارت معمولی ($^{\circ}C$ ۲۵) انرژی حرارتی باعث آزاد شدن تعدادی از الکترون‌های

لایه ظرفیت می‌شود و هدایت الکتریکی در جسم بالا می‌رود. با افزودن ناخالصی هم می‌تواند هدایت الکتریکی جسم را بالا ببرد. عناصری مانند کربن، سیلیسیوم (سیلیکون) و ژرمانیوم نمونه‌هایی از نیمه‌هادی‌ها به‌شمار می‌آیند. این دو عنصر در صنعت برق و الکترونیک کاربرد فراوان دارند.

عایق‌ها

عایق‌ها اجسامی هستند که درجه معمولی جریان برق را از خود عبور نمی‌دهند مانند شیشه و پلاستیک.

کار در کلاس:

جدول زیر را در کلاس کامل کرده و آن را بررسی کنید.

نام باند	نام انگلیسی	شرح
باند ظرفیت	Valence Band	در این باند الکترون‌های لایهٔ آخر هر اتم با تحریک انرژی خارجی از مدار جدا می‌شوند.
باند ممنوع یا شکاف انرژی	Energy Gap	این باند نشان می‌دهدکه چه مقدار انرژی لازم است تا الکترون‌ها از مدار آخر آزاد شوند.
باند هدایت	Conduction Band	در این باند الکترون‌های آزاد با تحریک خارجی از جمله میدان الکتریکی می‌توانند به راحتی در داخل اجسام به حرکت در می‌آیند.

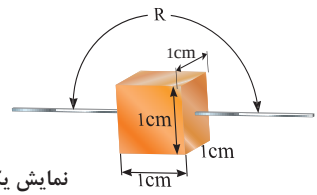
تحقیق کنید:

بررسی کنید چرا برای مقایسهٔ گروه نیمه‌هادی‌ها با اجسام هادی و عایق، از مقاومت مخصوص آنها استفاده می‌شود؟

پاسخ:

مقاومت مخصوص به‌وسیلهٔ قطعه‌ای از ماده به طول یک سانتی‌متر و سطح مقطع یک سانتی‌متر مربع، (مطابق شکل زیر) نشان داده می‌شود. مقاومت مخصوص را با ρ نمایش می‌دهند. واحد ρ اهم سانتی‌متر است که از رابطهٔ حاصل می‌شود.

$$\rho = \frac{RA}{L} = \frac{\Omega.Cm^{2}}{Cm} = \Omega.cm$$



نمایش یک اهم سانتی‌متر

اگر مقدار طول برحسب متر و سطح مقطع برحسب میلی‌متر مربع باشد مقاومت مخصوص برحسب اهم میلی mm خواهد بود.

تحقیق کنید:

باندهای انرژی نیمه‌هادی‌ها را بررسی کنید.

پاسخ:

نیمه‌هادی‌های ژرمانیم با توجه به کاربردشان در ساخت قطعات الکترونیکی، نسبت به بقیه از اهمیت زیادتری برخوردارند انرژی لازم برای عبور الکترون از منطقه ممنوعه در اتم ژرمانیم، حدود ۰/۷ الکترون ولت است. انرژی لازم برای عبور الکترون از منطقه ممنوعه در اتم سیلیسیم، حدود ۱/۲ الکترون ولت است.

باندهای انرژی نیمه‌هادی‌ها

نیمه‌هادی‌های ژرمانیم (Germanium) و سیلیکن (Silicon) با توجه به کاربردشان در ساخت قطعات الکترونیکی، نسبت به بقیه از اهمیت زیادتری برخوردارند.

در اینجا فقط باندهای انرژی ژرمانیم و سیلیسیم را مورد بررسی قرار می‌دهیم.
شکل روبه‌رو باندهای انرژی ژرمانیم را، در دو درجهٔ حرارت صفر و ۳۰۰°K نشان می‌دهد.
انرژی لازم برای عبور الکترون از منطقهٔ ممنوعه در اتم ژرمانیم، حدود ۰/۷ الکترون ولت است.

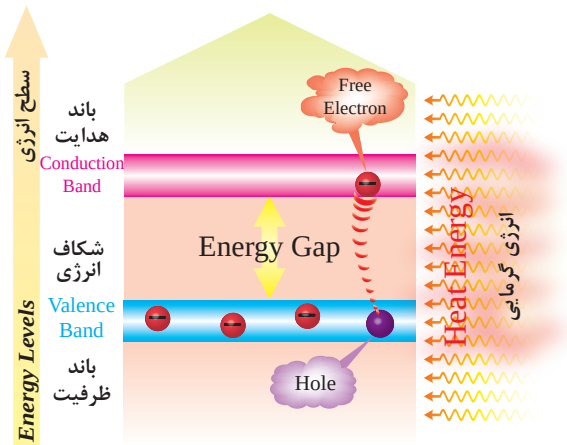
شکل باندهای اتم ژرمانیم

شکل باندهای انرژی سیلسیم

شکل باندهای انرژی سیلیسیم را در دو درجهٔ حرارت صفر و ۳۰۰°K نشان می‌دهد. انرژی لازم جهت عبور الکترون از منطقهٔ ممنوعه در اتم سیلیسیم حدود ۱/۲ الکترون‌ولت است.

باند ظرفیت سطح انرژی Energy Levels دومین لایه اولین لایه هسته باند هدایت

الکترون‌ها در باندهای انرژی تعریف شده قرار دارند و در باند هدایت هیچ الکترون آزادی وجود ندارد. این شرایط در درجهٔ حرارت صفرِ مطلق (۲۷۳- درجهٔ سانتی‌گراد) رخ می‌دهد. در این دما تمام الکترون‌ها شدیداً به اتم‌های کریستال متّصل‌اند و هیچ‌گونه انرژی خارجی از جمله گرما وجود ندارد تا پیوندها را بشکنند و الکترون آزاد تولید کند. بنابراین، در صفر درجهٔ مطلق، ژرمانیم و سیلیسیم، عایق به‌شمار می‌آیند. اگر به کریستال انرژی داده شود مثلاً کریستال در دمای محیط (۳۰۰°K = ۲۷°C) قرار گیرد، انرژی گرمایی محیط الکترون‌ها را (مطابق شکل) به باند هدایت انتقال می‌دهد و آن را به الکترون آزاد تبدیل می‌کند. این الکترون‌های آزاد، هدایت الکتریکی را در نیمه‌هادی بالا می‌برند. این هدایت را هدایت ذاتی کریستال می‌نامند. هدایت ذاتی فقط در اثر حرارت ایجاد می‌شود.



شکل انتقال الکترون به باند هدایت

باند هدایت باند ظرفیت شکاف انرژی سطح انرژی گرمایی

هدایت ذاتی الکتریکی ژرمانیم از سیلیسیم بیشتر است، زیرا در یک درجهٔ حرارت معین، پهنای باند ممنوع در کریستال ژرمانیم، از سیلیسیم کمتر است. لذا اگر به

کریستال حرارت دهیم در کریستال ژرمانیم پیوندهای بیشتری نسبت به سیلیسیم شکسته می‌شود و جریان بیشتری را می‌تواند در مدار جاری کند.
بنابراین لازم است نکته زیر را دقیقاً به خاطر بسپارید:
در یک درجه حرارت معین، تعداد الکترون‌های آزاد در کریستال ژرمانیم از تعداد الکترون‌های آزاد در کریستال سیلیسیم بیشتر است.

دانش‌افزایی

سحر و جادو در تجربهٔ ادیسون

ادیسون در ادامهٔ تحقیقات خود با مسئلهٔ عجیبی روبه‌رو شدکه ابتدا آن را سحر و جادو نامید. او در یکی از تجربه‌های خود طبق شکل زیر مشاهده کرد که با وجود خلأ در داخل لامپ، جریان الکتریکی در مدار خارجی برقرار است. با توجه به اینکه خلأ از نظر الکتریکی عایق است، ابتدا این مسئله غیرممکن به نظر می‌رسید.

عبور جریان از حباب خلأ

دانش‌افزایی

علت عبور جریان از حباب خلأ

ادیسون بعدها دریافت که علت برقراری جریان الکتریکی در مدار، انتشار الکترون از رشتهٔ حرارتی است. این الکترون‌ها که دارای بار منفی هستند پس از عبور از خلأ به صفحه‌ای که بار الکتریکی مثبت دارد، جذب می‌شوند و جریان الکتریکی را در مدار خارجی برقرار می‌نمایند. این پدیده را انتشار ترمویونیک (Thermoionic) یا انتشار الکترون در اثر گرما می‌نامند.

دانش‌افزایی

تعویض قطب‌های باتری

تحقیقات ادیسون ادامه یافت تا اینکه روزی تصادفی جهت قطب منبع تغذیهٔ متصل به صفحه را (طبق شکل زیر) تغییر داد و با کمال تعجب مشاهده کرد که جریانی در مدار برقرار نمی‌شود. مجدداً مدار را به حالت اول (شکل ۳) درآورد. مشاهده کرد جریان الکتریکی در مدار جاری شد، از این تجربیات نتیجه‌گیری کرد که حباب خلأ در یک جهت، جریان الکتریکی را عبور می‌دهد و در جهت دیگر جریان الکتریکی را متوقف می‌سازد. دلیل برقرار نشدن جریان الکتریکی نیروی دافعه موجود بین صفحه و الکترون‌ها است، که هر دو دارای بار منفی هستند.

تعویض قطب‌های باتری

دانش‌افزایی

نام‌گذاری حباب خلأ

پس از تجربیات فوق، ادیسون، حباب خلأ را لامپ خلأ (Vacuum Tube) نامید و نظر به اینکه در این لامپ از دو الکترود یا دو قطب استفاده شده بود. نام لامپ دیود دو قطبی (diode) را برای آن انتخاب کرد. رشتهٔ حرارتی را که الکترون پخش می‌کند کاتد (Cathode) و صفحه‌ای را که الکترون جذب می‌کند آند (Anode) می‌نامند. علامت اختصاری لامپ دیود و شکل ظاهری آن در شکل صفحهٔ بعد نشان داده شده است.

الف) علامت اختصاری

ب) شکل ظاهری لامپ

علامت اختصاری لامپ دیود و شکل ظاهری لامپ دیود

کار در کلاس:

الکترون‌ها در هر اتم روی لایه‌ها به‌صورت ..... حرکت می‌کنند و حداکثر تعداد الکترون‌های هر لایه از رابطه ..... به‌دست می‌آید.

پاسخ:

بیضی شکل ـ $2n^2$

دانش‌افزایی

کاربرد لامپ دیود و تکامل لامپ‌های خلأ:

در گذشته از لامپ‌های دیود به‌عنوان یکسوساز در تبدیل ولتاژ متناوب (AC) به ولتاژ مستقیم (DC) استفاده می‌شد. به تدریج لامپ‌های خلأ تکامل یافتند و لامپ‌های تریود (سه قطبی) Triode، تترود (چهار قطبی) Tetrode، پنتد (پنج قطبی) pentode و... ساخته شد.

که با توجه به علم روز تحول شگفت‌آوری در زمینهٔ علم الکترونیک محسوب می‌گردید. با ساخت لامپ‌های مزبور مدارهای مختلف الکترونیکی، از قبیل تقویت‌کننده و رادیو نیز شکل گرفت.

دانش‌افزایی

توماس آلوا ادیسون (Tomas Alva Edison)

از او اختراعات زیادی به‌جا مانده است. لامپ خلأ، لامپ روشنایی، نیروگاه برق، دستگاه تلفن ساده، دستگاه تلگراف ساده و... از جمله اختراعات او است. ادیسون زندگی بسیار سختی را گذرانده و با کار و تلاش توانسته است به اهداف خود برسد. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد زندگی‌نامه و فعالیت‌های این دانشمند

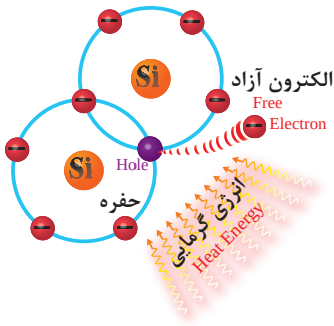
می‌توانید از طریق درج نام وی در یکی از موتورهای جستجو مانند Yahoo یا google اقدام کنید.

اولین لامپ ساخته شده توسط توماس ادیسون

دانش‌افزایی

تئوری حفره‌ها

همان‌طوری که گفته شد، در اثر انرژی خارجی (مثلاً گرما) پیوندها شکسته می‌شود و در نتیجه الکترون از اتم خود جدا می‌شود. بدین ترتیب در اتم نیمه‌هادی، کمبود الکترون حاصل می‌شود جای خالی الکترون در اتم را حفره می‌نامند. یک حفره به منزلهٔ یک بار مثبت است، زیرا می‌تواند الکترونی را که از دست داده دوباره پس بگیرد. در یک کریستال ژرمانیم یا سیلیسیم خالص، تعداد الکترون‌های آزاد و حفره‌ها با هم برابرند. الکترون‌های آزاد به‌طور نامنظم، درون کریستال در حال حرکت‌اند. شکل روبه‌رو یک الکترون آزاد و یک حفره را که بر اثر شکسته شدن پیوند، در یک کریستال نیمه‌هادی به‌وجود آمده‌اند، نشان می‌دهد.

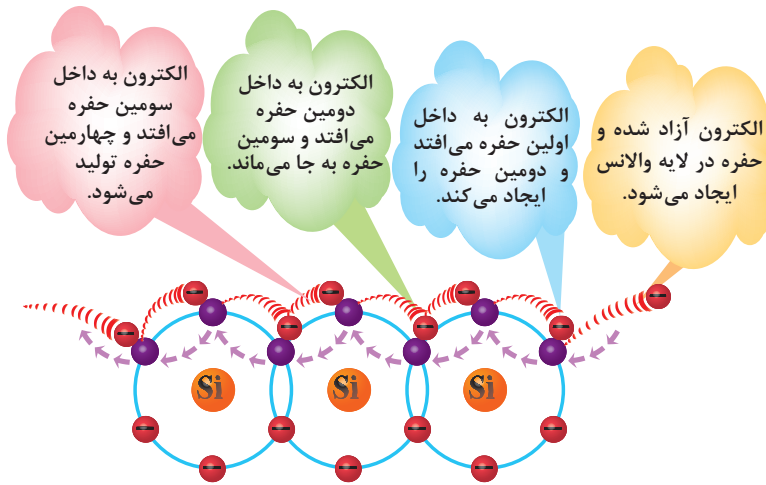


نمایش حفره و الکترون آزاد

حرکت الکترون‌ها و حفره‌ها داخل کریستال نیمه‌هادی

بعد از شکستن پیوندها و ایجاد الکترون‌ها و حفره‌ها، الکترون‌ها مرتب جذب حفره‌ها می‌شوند و از حالت آزاد بودن خارج می‌گردند. بنابراین هنگامی که الکترون‌ها در داخل کریستال نیمه‌هادی حرکت می‌کنند، وقتی از کنار حفره که بار مثبت دارد می‌گذرند جذب حفره می‌شوند. در شرایط معمولی، یعنی در صورت وجود انرژی گرمایی، شکست پیوندها ادامه می‌یابد. حرکت فرضی حفره‌ها عکس جهت حرکت الکترون‌هاست.

البته حفره‌ها حرکت نمی‌کنند. و همان‌طور که گفته شد، حفره‌ها فقط جای خالی الکترون‌ها هستند. شکل زیر تصویری از جهت حرکت الکترون‌ها و حفره‌ها را نشان می‌دهد.



حرکت الکترون و حرکت فرضی حفره در جهت عکس یکدیگر است.

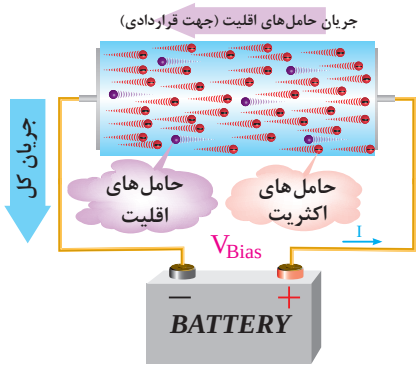
الکترون آزاد شده و حفره در لایه والانس ایجاد می‌شود الکترون به داخل اولین حفره می‌افتد و دومین حفره را ایجاد می‌کند الکترون به داخل دومین حفره می‌افتد و سومین حفره به‌جا می‌ماند الکترون به داخل سومین حفره می‌افتد و چهارمین حفره تولید می‌شود.

هنگامی که نیروی خارجی اعمال نمی‌شود حرکت الکترون‌ها و جذب شدن آنها توسّط حفره‌ها، به‌طور نامنظم در کریستال ادامه دارد.

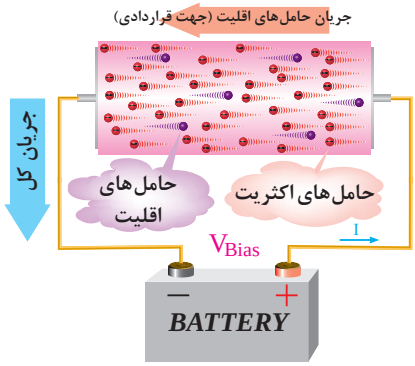
اگر کریستال‌ها به باتری اتصال داده شوند. جریان‌های ناشی از حامل‌های اقلیّت

(حفره‌ها) و حامل‌های اکثریت (الکترون‌ها) عملاً در کریستال نوع N با هم جمع می‌شوند و جریان کل را تشکیل می‌دهند. این موضوع برای کریستال نوع P نیز صدق می‌کند. (شکل روبه‌رو الف و ب)

لازم است یادآوری شود که مقدار ناخالصی بسیار کم است (حدود تقریبی یک اتم ناخالصی در مقابل ۱۰۷ اتم ژرمانیم یا سیلیسیم). باز هم به‌طور تقریب می‌توان گفت که این مقدار ناخالصی، مقاومت نیمه‌هادی را حدود ۱۶ برابر کم می‌کند اگر به ۱۰۷ اتم ژرمانیم یا سیلیسیم تعداد دو اتم ناخالصی اضافه شود، مقاومت نیمه‌هادی حدود ۱۶۰ برابر کمتر خواهد شد به عبارت دیگر، هدایت آن ۱۶۰ برابر افزایش می‌یابد.



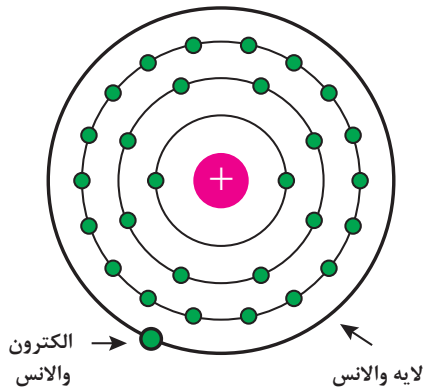
الف) جریان در کریستال نوع N



ب) جریان در کریستال نوع P

کار در کلاس:

شکل روبه‌رو را تجزیه و تحلیل کنید:



پاسخ:

الکترون لایهٔ والانس

این نیمه‌هادی، در سال ۱۸۸۶ توسط وینکلر (Winkler) کشف شد. ژرمانیم، دارای چگالی ۵/۳۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب است و در حرارت ۹۳۷/۴ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود.

سیلیسیم، دارای عدد اتمی ۱۴ است و الکترون‌های لایه‌های آن به ترتیب عبارت‌اند: از ۲ـ۸ـ۴،

این نیمه‌هادی، در سال ۱۸۱۰ توسط گیلوساک (Gilosake) و تنارد (Tanard) کشف شد. سیلیسیم در حرارت ۱۴۱۰ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود و دارای چگالی ۲/۳۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

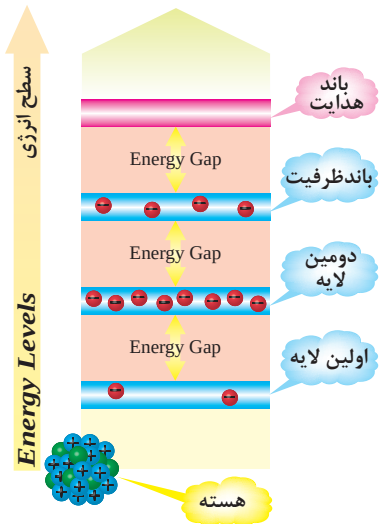
لایهٔ والانس و الکترون والانس

با توجه به مطالب فوق، اگر چه لایهٔ سوم می‌تواند تا ۱۸الکترون داشته باشد ولی هرگز قبل از اینکه لایهٔ چهارم شروع شود بیش از ۸ الکترون نمی‌پذیرد. این مطلب در مورد لایهٔ چهارم نیز، صادق است، یعنی با وجود اینکه لایهٔ چهارم می‌تواند حداکثر ۳۲ الکترون بپذیرد، اما هرگز قبل از شروع لایهٔ پنجم بیشتر از ۸ الکترون را قبول نمی‌کند. این یک قانون کلّی است.

آخرین لایهٔ هر اتم (لایهٔ خارجی) نمی‌تواند بیشتر از ۸ الکترون داشته باشد. به آخرین لایهٔ هر اتم لایهٔ والانس یا ظرفیت می‌گویند. همچنین الکترون‌های لایهٔ ظرفیت، الکترونی‌های والانس یا ظرفیت نامیده می‌شوند. این الکترون‌ها هستند که ماهیت هدایتی اجسام را شکل می‌دهند.

کار در کلاس:

با توجه به شکل روبه‌رو هدایت الکتریکی در سیلیسیم و ژرمانیم خالص چگونه است؟



پاسخ:
الکترون‌ها در باندهای انرژی تعریف شده قرار دارند و در باند هدایت هیچ الکترون آزادی وجود ندارد. این شرایط در درجه حرارت صفر مطلق رخ می‌دهد در این دما تمام الکترون‌ها شدیداً به اتم‌های کریستال متصل‌اند و هیچ‌گونه انرژی خارجی از جمله گرما وجود ندارد تا پیوندها را بشکنند و الکترون آزاد تولید کند.
هدایت ذاتی ژرمانیم از سیلیسیم بیشتر است، زیرا در یک درجه حرارت معین پهنای باند ممنوع در کریستال ژرمانیم، از سیلیسیم کمتر است.

کار در کلاس:
منظور از حامل‌های اکثریت و حامل‌های اقلیت در نیمه‌هادی نوع N چیست؟

پاسخ:
تعداد الکترون‌ها از تعداد حفره‌ها بسیار بیشتر است؛ و الکترون‌ها عمل هدایت جریان را نیز انجام می‌دهند. به الکترون‌ها حامل‌های اکثریت و به حفره‌ها حامل‌های اقلیت می‌گویند. یادآوری می‌شود که تعداد حامل‌های اکثریت، حدود یک میلیون برابر تعداد حامل‌های اقلیت است.

دانش‌افزایی

با مراجعه به منابع مختلف از جمله سایت‌های اینترنتی مواردی را بیابید به چه دلایلی نیمه‌هادی‌ها به‌جای لامپ‌های خلأ در دستگاه‌های الکترونیکی مورد استفاده قرار گرفت.

پاسخ:
با توجه به کشف نیمه‌هادی‌ها، لامپ‌های خلأ نتوانستند به مدت طولانی دوام پیدا کنند و در دستگاه‌های الکترونیکی مورد استفاده قرار گیرند، زیرا به‌تدریج قطعات نیمه‌هادی، از قبیل دیود و ترانزیستور جایگزین لامپ‌ها شدند. در نتیجه طولی نکشید که استفاده از لامپ‌ها در دستگاه‌های الکترونیکی معمولی کنار گذاشته شد. در عین حال به دلیل خاصیت‌های ویژه‌ای که لامپ‌های خلأ در قدرت‌های بالا و فرکانس بالا دارند کاملاً از رده خارج نشدند امروزه از لامپ‌های خلأ در اسیلوسکوپ، لامپ تصویر تلویزیون، رادار، صفحهٔ نمایش کامپیوتر، دستگاه مولد

اشعهٔ x، طبقات خروجی فرستنده‌های پر قدرت و سیستم‌های مایکروویو استفاده می‌شود.

کار در کلاس:
منظور از حامل‌های اکثریت و حامل‌های اقلیت در نیمه‌هادی نوع P چیست؟

پاسخ:
تعداد حفره‌ها از تعداد الکترون‌ها بیشتر است. به حفره‌ها حامل‌های اکثریت و به الکترون‌ها حامل‌های اقلیت گویند.

تحقیق کنید:
دلایل استفادهٔ بیشتر از نیمه‌هادی سیلیسیم در مقایسه با ژرمانیم را بیان کنید.

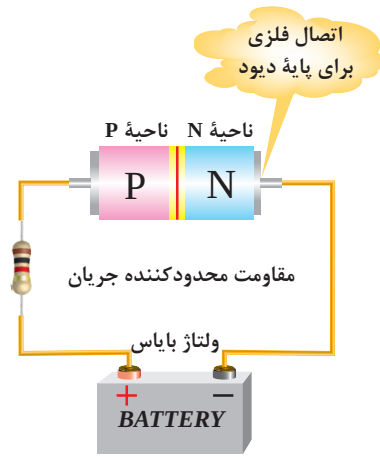
پاسخ:
در حال حاضر در کلیهٔ موارد، به جز چند مورد خاص (مثلاً در دیودهای آشکارساز)، از نیمه‌هادی سیلیسیم استفاده می‌شود، زیرا: سیلیسیم به مقدار زیاد و به‌صورت سیلیس (SiO_2) در طبیعت یافت می‌شود. خالص کردن سیلیسیم به مراتب ساده‌تر از ژرمانیم است.
تکنولوژی ساخت دیود، ترانزیستور و مدارات مجتمع (IC) با سیلیسیم ساده‌تر است.
تحمل درجهٔ حرارت سیلیسیم از ژرمانیم بیشتر است.
باند ممنوعهٔ سیلیسیم پهن‌تر است، لذا جریان ناشی از هدایت ذاتی سیلیسیم کمتر است.
چگالی جریان Si از Ge بیشتر است، چگالی جریان برای سیلیسیم در حدود ۲۰۰ آمپر بر میلی‌متر مربع و برای ژرمانیم در حدود ۱۵۰ آمپر بر میلی‌مترمربع است.
امروزه تقریباً بیش از ۹۰ درصد قطعات نیمه‌هادی، از سیلیسیم ساخته می‌شود.

کار در کلاس:
مقدار پتانسیل سد برای دیودهای سیلیسیمی و برای دیودهای ژرمانیمی حدود چند ولت است.

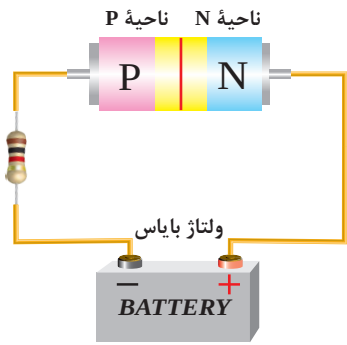
پاسخ:
برای سیلیسیمی ۰/۷ ولت و برای ژرمانیم ۰/۲ است.

کار در کلاس:

با توجه به لایه سد که در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ می‌بینید رفتار دیود در بایاس مستقیم و بایاس معکوس را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید و نتیجه را به کلاس ارائه کنید.



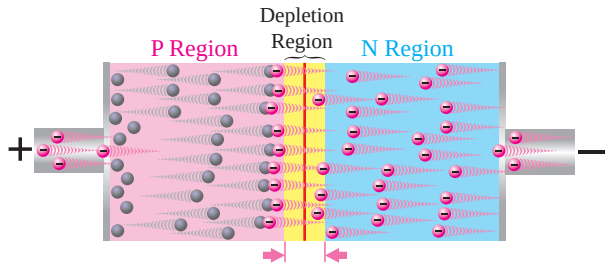
شکل ۱۰ــ پیوند PN در بایاس موافق



شکل ۱۱ــ پیوند PN در بایاس مخالف

پاسخ:

رفتار دیود در بایاس مستقیم (بایاس موافق ـ گرایش مستقیم): شکل زیر اتصال یک دیود PN را به ولتاژ باتری در بایاس مستقیم نشان می‌دهد.



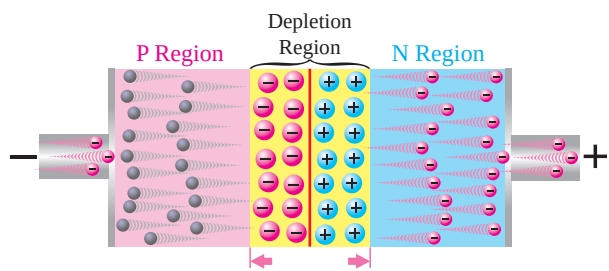
رفتار دیود در بایاس مستقیم

اگر در این بایاس، ولتاژ باتری بیشتر از پتانسیل سد باشد، میدان الکتریکی ناشی از ولتاژ باتری، میدان الکتریکی پتانسیل سد دیود را خنثی می‌کند (زیرا جهت میدان باتری، عکس میدان پتانسیل سد است). لذا منطقهٔ تخلیه و پتانسیل سد از بین می‌رود به عبارت دیگر لایهٔ سد، در اثر میدان الکتریکی ولتاژ باتری می‌شکند. در نتیجه، الکترون‌های آزاد واقع در نیمه‌هادی نوع N، توسط بار الکتریکی منفی باتری، به سمت محل پیوند رانده می‌شوند و از محل پیوند عبور می‌کنند و بعد از عبور از نیمه‌هادی نوع P، جذب پتانسیل مثبت باتری می‌گردند. در همین حال، حفره‌ها که در اثر ولتاژ مثبت باتری به سمت محل پیوند رانده شده‌اند وارد نیمه‌هادی نوع N می‌گردند و جذب قطب منفی باتری می‌شوند. به این ترتیب، الکترون‌ها از قطب منفی خارج می‌شوند و وارد قطب مثبت می‌گردند. یعنی در مدار، جریان برقرار می‌شود. به این نکته توجه داشته باشیم که، وقتی الکترون‌ها از محل پیوند عبور می‌کنند وارد نیمه‌هادی نوع P می‌شوند و مرتباً با حفره‌ها ترکیب می‌گردند. پیوندهای تشکیل شده، به سبب میدان خارجی مرتباً شکسته می‌شود و الکترون آزاد می‌کند. الکترون آزاد شده با حفره مجاور ترکیب می‌شود، به این ترتیب با ترکیب‌های زیاد و شکسته شدن‌های مجدد پیوندها، الکترون‌ها از نیمه‌هادی نوع P عبور می‌کنند و جذب قطب مثبت باتری می‌گردند. بنابراین الکترون‌ها از طریق حفره‌ها به قطب مثبت می‌رسند. همان‌طور که حفره‌ها نیز عکس جهت حرکت الکترون‌ها، حرکت می‌کنند و جذب قطب منفی می‌شوند.

اگر نیمه‌هادی نوع P به قطب مثبت باتری و نیمه‌هادی نوع N به قطب منفی آن وصل شود و ولتاژ باتری از پتانسیل سد دیود بیشتر باشد، در مدار، جریان برقرار خواهد شد.

رفتار دیود در بایاس معکوس (مخالف)

شکل زیر اتصّال بایاس معکوس یک دیود را نشان می‌دهد.



بایاس معکوس (مخالف)

الکترون‌های آزاد واقع در نیمه‌هادی نوع N، به سبب پتانسیل مثبت باتری، به سمت راست و حفره‌ها نیز به دلیل پتانسیل منفی باتری، به سمت چپ کشیده می‌شوند. در این حالت، عرض ناحیهٔ تخلیه زیادتر می‌گردد و ولتاژ باتری، پتانسیل سد را تشدید می‌کند. لذا، به دلیل افزایش پتانسیل سد و تهی‌تر شدن ناحیهٔ تخلیه از الکترون‌ها و حفره‌ها، جریانی در مدار برقرار نخواهد شد.

اگر قطب مثبت باتری به نیمه‌هادی نوع N و قطب منفی باتری به نیمه‌هادی نوع P وصل شود، جریانی در مدار نخواهیم داشت. به عبارت دیگر، در بایاس معکوس جریانی در مدار برقرار نمی‌شود.

دانش‌افزایی

رفتار دیود در در بایاس مستقیم و بایاس معکوس در مدارهای الکتریکی چه کاربردی می‌تواند داشته باشد؟

پاسخ:

در بایاس مستقیم جریان در مدار جریان برقرار می‌شود و در بایاس معکوس در مدار جریان برقرار نمی‌شود.

تحقیق کنید:

آیا از نظر شکل ظاهری انواع دیگری از دیودها را می‌شناسید؟ نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

پاسخ:

دیود یکسوکنندهٔ معمولی Rectifiers Diods :

این نوع دیود برای یکسوسازی یا یک‌طرفه کردن ولتاژهای متناوب (معمولاً سینوسی) به‌کار می‌رود و با جریان متوسط I_F حدود ۵۰mA تا ۱۰۰۰ آمپر ساخته می‌شود. دیودهای یکسوکنندهٔ معمولی در محدوده فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز کار می‌کنند. لذا برای یکسوسازی فرکانس‌های بالاتر باید از دیودهای سریع استفاده شود.

قطعات نصب سطحی دیود Surface Mount Device (SMD)

قطعات نصب سطحی را SMD می‌نامند. شکل زیر دیودهای نصب سطحی را نشان می‌دهد. دیود نصب سطحی، روی سطح مس فیبر مدار چاپی نصب می‌شوند. این

دیودها معمولاً برای عبور از سوراخ مدار چاپی پایهٔ مستقل ندارند و مستقیماً روی سطح مس مدار چاپی لحیم می‌شوند.

چند نمونه دیود نصب سطحی

کار در کلاس:

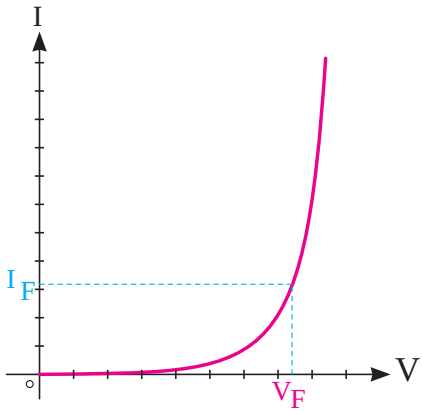
دیود در حالت ایده‌آل را بررسی کنید.

پاسخ:

یک دیود در حالت ایده‌آل مانند کلیدی است که در بایاس مستقیم به‌صورت کلید بسته و در بایاس معکوس به‌صورت کلید باز عمل می‌کند.

کار در کلاس:

برای مشخصهٔ شکل زیر مقاومت استاتیکی DC را در جریان‌های ۲۰mA، ۲mA، ۲μA- به‌دست آورید.



پاسخ:

$I_f = ۲۰\ mA \longrightarrow V_f = ۰/۸\ v$

$$r_{dc} = \frac{V_f}{I_f} = \frac{۰/۸\ v}{۲۰\ mA} = ۴۰\ \Omega$$

$I_f = ۲\ mA \longrightarrow V_f = ۰/۵\ v$

$$r_{dc} = \frac{V_f}{I_f} = \frac{۰/۵\ v}{۲\ mA} = ۲۵۰\ \Omega$$

$I_f = -۲\ \mu A \longrightarrow V_f = -۱۰\ v$

$$r_{dc} = \frac{V_f}{I_f} = \frac{-۱۰\ v}{-۲\mu A} = ۵\ M\Omega$$

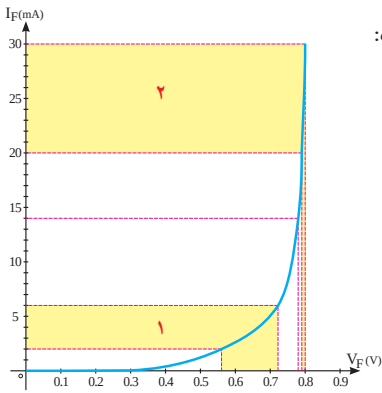
کار در کلاس:

برای مشخصهٔ شکل روبه‌رو مطلوب است:

الف) مقاومت AC برای ناحیهٔ ۱

ب) مقاومت AC برای ناحیهٔ ۲

ج) مقایسه مقاومت نواحی ۱ و ۲



پاسخ:

الف) برای ناحیه ۱

$\Delta V_F = ۰/۷۲ - ۰/۵۷ = ۰/۱۵\ v$

$\Delta I_F = ۶ - ۲ = ۴\ mA$

$$r_{ac_۱} = \frac{\Delta V_f}{\Delta I_f} = \frac{۰/۱۵}{۴} = ۳۷/۵\ \Omega$$

ب) برای ناحیهٔ ۲

$\Delta V_F = ۰/۸ - ۰/۷۸ = ۰/۰۲\ v$

$\Delta I_F = ۳۰ - ۲۰ = ۱۰\ mA$

$$r_{ac_۲} = \frac{\Delta V_f}{\Delta I_f} = \frac{۰/۰۲}{۱۰} = ۲\ \Omega$$

ج) مقایسهٔ مقاومت دینامیکی نواحی ۱ و ۲

$$\text{نسبت مقاومت‌ها} = \frac{۳۷/۵}{۲} \cong ۱۹$$

تحقیق کنید:

با جست‌وجو در اینترنت مقادیر حد در دیودها را تحقیق کرده و نتیجه را به‌طور پرده‌نگار نمایش دهید.

پاسخ:

الف) مشخصه‌های جریان

مشخصه‌های جریان، مقادیری از جریان هستند که در بایاس موافق از دیود عبور می‌کنند. کارخانهٔ سازنده حداکثر مقدار مجاز آنها را در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌دهد. اگر مقادیری که از دیود عبور می‌کند از مقادیر اعلام شده توسط کارخانهٔ سازنده بیشتر باشد، دیود آسیب می‌بیند. مهم‌ترین مشخصه‌های جریان عبارت‌اند از:

ماکزیمم جریان مستقیم یا متوسط دیود: مقدار ماکزیمم جریان عبوری مستقیم، عبارت است از مقدار جریان dc یا متوسط که مُجاز هستیم از دیود عبور دهیم. درصورتی‌که بر اثر عبور این جریان، حرارت ایجاد شده در اتصّال PN، در هوای آزاد به خوبی نتواند دفع شود باید دیود را روی گرماگیر نصب نمود. لازم است یادآوری کنیم که اگر قرار باشد دیود روی گرماگیر نصب شود، کارخانهٔ سازنده مشخص می‌کند.

ماکزیمم جریان تکراری (FRM): ماکزیمم جریان تکراری، عبارت است از حداکثر دامنهٔ جریانی که به‌صورت تکرار سیکل‌ها در دیود جاری می‌گردد.

ماکزیمم جریان لحظه‌ای (FRM): عبارت است از حداکثر جریانی غیرتکراری که دیود می‌تواند در لحظه‌ای بسیار کوتاه (حدود چند میکرو ثانیه یا میلی ثانیه) تحمّل کند اگر این جریان چند بار پشت سر هم به دیود اعمال شود، دیود ممکن است بسوزد.

ب) مشخصه‌های ولتاژ

مشخصه‌های ولتاژ مقادیری از انواع ولتاژها هستند که در بایاس معکوس دیود مطرح می‌شوند. کارخانه‌های سازنده حداکثر مقدار مجاز این ولتاژها را در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌دهند. اگر مقادیری که به دیود اعمال می‌شود از مقادیر اعلام شده توسط کارخانهٔ سازنده بیشتر باشد، احتمال آسیب دیدن دیود زیاد است. مهم‌ترین مشخصه‌های ولتاژ عبارت‌اند از:

ماکزیمم ولتاژ معکوس مجاز V_R: ماکزیمم ولتاژ معکوس مجاز، عبارت است از حداکثر ولتاژی که در بایاس معکوس، دو سر دیود قرار می‌گیرد. این ولتاژ می‌تواند جمع ولتاژهای لحظه‌ای و ثابت یا ماکزیمم دامنهٔ سیکل‌های تکراری باشد. معمولاً کارخانجات سازنده، حداکثر ولتاژ معکوس مجاز که در دو سر دیود قرار می‌گیرد

را برای ولتاژهای ثابت و ولتاژهای متناوب به‌طور جداگانه در اختیار می‌گذارند و علامت V_R را برای ولتاژهای ثابت و علامت V_{RM} را برای ولتاژهای متناوب به‌کار می‌برند.

ماکزیمم ولتاژ معکوس غیرتکراری V_{RSM}: حداکثر ولتاژی است که دیود می‌تواند به‌صورت غیرتکراری در بایاس معکوس تحمل کند و در صورت تکرار، دیود آسیب می‌بیند.

تحقیق کنید:

منظور از کتاب اطلاعات Data Book و برگهٔ اطلاعات Data Sheet چیست؟

پاسخ:

همان‌طور که اشاره شد کلیهٔ قطعات از جمله قطعات نیمه‌هادی مانند دیودها دارای مقادیر حد مجاز هستند. برای مثال، ولتاژ معکوس بیشینهٔ دو سر دیود از مقادیری است که باید توسط کارخانهٔ سازنده مشخص شود. موارد دیگری از قبیل جریان متوسط بیشینه (ماکزیمم)، جریان اشباع معکوس و... نیز وجود دارد که باید توسط کارخانهٔ سازنده ارائه گردد. این مقادیر معمولاً در کتاب اطلاعات (Data Book) یا در برگهٔ اطلاعات Data Sheet درج می‌شود. کتاب و برگهٔ اطلاعات معمولاً در دسترس مصرف‌کننده و طراح قرار می‌گیرد. همچنین افراد می‌توانند از طریق سایت‌های اینترنتی مانند All Data sheet.com به این اطلاعات دست یابند. برگه‌های اطلاعاتی به‌صورت‌های مختلف عرضه می‌شوند که تعدادی از آن به شرح زیر است.

دستهٔ اول: آن بخش از برگه‌های اطلاعاتی که در این گروه قرار دارند معمولاً دارای مشخصات عمده و کاربردی قطعات هستند. معمولاً قطعات براساس شماره و الفبا تقسیم‌بندی می‌شوند و در هر صفحه تعدادی قطعه جای می‌گیرد. این مجموعه در کتابی به نام کتاب اطلاعات Data Bookثبت می‌شود. از نمونهٔ کتاب‌های اطلاعات می‌توان کتاب Towers International را نام برد که در آن مشخصات عمومی متجاوز از بیست هزار قطعهٔ نیمه‌هادی قرار دارد. از کتاب اطلاعات Data Book برای پیدا کردن قطعات جایگزین استفاده می‌کنند.

دستهٔ دوم: در این دسته معمولاً اطلاعات بیشتری از قطعات در یک یا دو صفحه عرضه می‌شود. شکل ظاهری، مشخصات مهم، مقادیر مجاز ویژگی‌های حرارتی، نمودارها و... از جمله اطلاعاتی است که در برگه‌ای اطلاعاتی Data Sheet درج می‌شود. با استفاده از این برگه‌های اطلاعات می‌توان انتخاب قطعه و طراحی‌های اولیه را انجام داد.

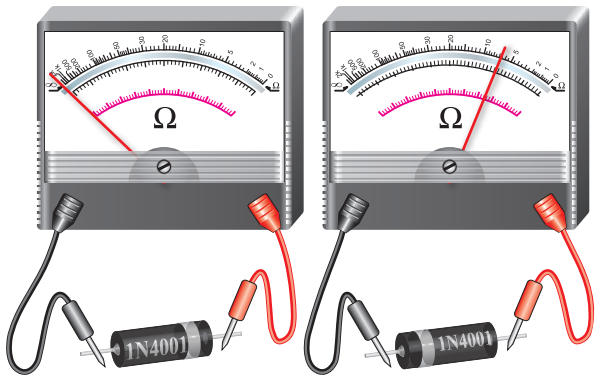
دستهٔ سوم: در این گروه اطلاعات کامل‌تری از قطعه را در اختیار می‌گذارند و

مدارهای کاربردی و عملی آن را نیز ارائه می‌نمایند. منحنی‌های تغییرات جریان در اثر حرارت، فرکانس و... نیز از جمله مواردی است که در برگه‌های اطلاعات Data Sheets می‌آید.
غالباً در کتاب‌های اطلاعات Data Books نحوهٔ شماره‌گذاری قطعات مشخص می‌شود.

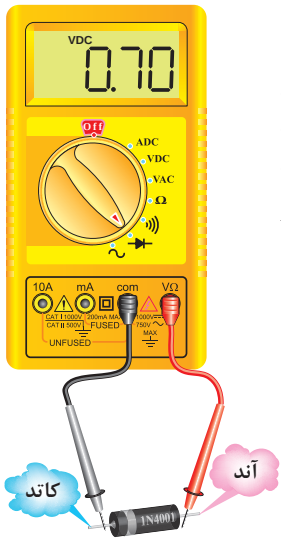
دانش‌افزایی

تشخیص پایه‌ها و سالم بودن دیود با مولتی‌متر

استفاده از اهم‌متر عقربه‌ای: سالم بودن یک دیود را به راحتی می‌توان با یک اهم‌متر قطبی مشخّص کرد. اهم‌متر قطبی، اهم‌متری است که ترمینال‌های + و - آن از داخل به ترتیب به قطب‌های مثبت و منفی باتری داخلی اهم‌متر متصل است. یعنی ترمینال‌های مشخص شده روی اهم‌متر همان قطب‌های باتری داخلی است. دیود را به ترمینال‌های اهم‌متر قطبی، وصل می‌کنیم (سلکتور اهم‌متر روی R×۱۰۰ باشد) اگر عقربه حرکت کرد و اهم کمی را نشان داد، اتصّال دیود را معکوس می‌کنیم. این بار، عقربه نباید حرکت کند. یعنی باید مقاومت بی‌نهایت را نشان دهد. پس هدایت دیود از یک جهت و هدایت نکردن آن در جهت دیگر، دلیل بر سالم بودن آن است. اکنون برای شناسایی پایه‌های آن، حالتی را که اهم‌متر اهم کمی را نشان می‌دهد، در نظر می‌گیریم. پایه‌ای که به قطب مثبت اهم‌متر قطبی وصل شده است آند و پایه دیگر کاتد خواهد بود. درصورتی‌که مقاومت دیود از هر دو طرف کم باشد، مفهوم آن این است که دو سر دیود از داخل به هم وصل شده است و برعکس، اگر مقاومت دیود از هر دو طرف بی‌نهایت باشد دیود از داخل قطع شده است. شکل زیر طرز آزمایش دیود را نشان می‌دهد.

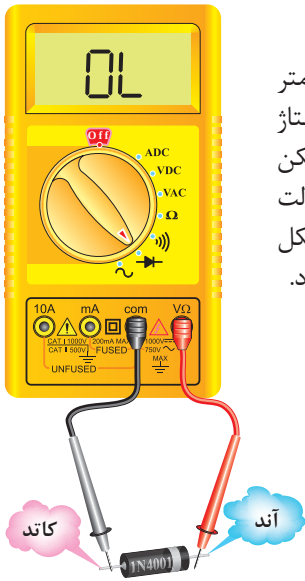


نحوهٔ آزمایش سالم بودن دیود



آزمایش دیود در ولتاژ موافق

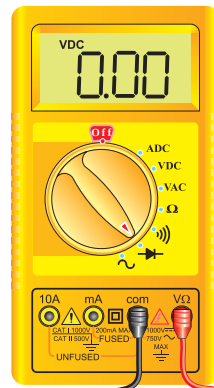
استفاده از مولتی‌متر دیجیتالی: اغلب مولتی‌مترهای دیجیتالی دارای وضعیت تست دیود هستند. هرگاه کلید سلکتور مولتی‌متر دیجیتالی را در وضعیت تست دیود قرار دهیم و دیود را به گونه‌ای به مولتی‌متر وصل کنیم که مولتی‌متر دیجیتالی دیود را در بایاس موافق قرار دهد، مولتی‌متر ولتاژ بایاس دو سر دیود را نشان می‌دهد. این ولتاژ برای دیودهای سیلیسیومی حدود ۰/۷ ولت و برای دیودهایی از جنس ژرمانیم حدود ۰/۲ ولت است. شکل روبه‌رو این حالت را نشان می‌دهد.



آزمایش دیود در ولتاژ مخالف

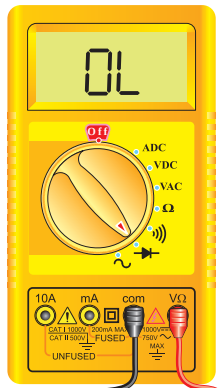
اگر دیود در بایاس مخالف قرار گیرد، مولتی‌متر ولتاژ بایاس مخالف دو سر دیود را که همان ولتاژ داخلی دستگاه است، نشان می‌دهد. این ولتاژ ممکن است با توجه به نوع مولتی‌متر بین ۱/۵ تا ۳ ولت باشد. در برخی مولتی‌مترها علامتی مطابق شکل زیر روی صفحه نمایشگر مولتی‌متر ظاهر می‌شود.

درصورتی‌که سیم منفی سیم مشترک یا com مولتی‌متر به کاتد و سیم مثبت آن به آند دیود معیوب وصل شود اگر دیود قطع باشد علامت OL و اگر دیود اتصال کوتاه باشد عدد ۰ یا علامت دیگری را نشان می‌دهد آرامش، رعایت نکات ایمنی، توجه به اهداف تعیین شده و اجرای دقیق مراحل کار، از مواردی است که منجر به موفقیت شما در رسیدن به شغل ایده‌آل می‌شود.



اگر دیود اتصال کوتاه باشد در ولتاژ موافق یا مخالف صفر را نشان می‌دهد.

دیود معیوب اتصال کوتاه شده است



اگر دیود قطع باشد در هر دو حالت علامت **OL** به معنی **Open Loop** یا **Open Load** را نشان می‌دهد.

دیود قطع

کار در کلاس:

با توجه به شکل زیر جریان کل و جریان هر دیود و V_O را محاسبه کنید. هر دو دیود از جنس سیلیسیم و ولتاژ وصل آنها ۰/۷ ولت است.

پاسخ:

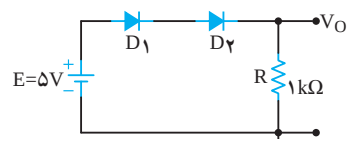
$-E + ۰/۷ + RI = ۰$

$-۵ + ۰/۷ + ۱\times۱۰^{۳}\times I = ۰$

$I = ۴/۳\ mA$

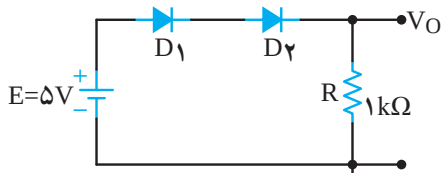
$V_O = RI = ۱\times۱۰^{۳}\times۴/۳ = ۴/۳\ mV$

$I = I_{D۱} = I_{D۲} = ۴/۳\ mA$



فعالیت:

با توجه به شکل زیر I_{D_1}، I_{D_2} و V_O را محاسبه کنید. هر دو دیود از جنس ژرمانیم و ولتاژ وصل آنها ۰/۲ ولت است. دیودها کاملاً مشابه هستند.



پاسخ:

$-E + ۰/۲ + RI = ۰$

$-۵ + ۰/۲ + ۱\times۱۰^{۳}\times I = ۰$

$I = ۴/۸\ mA$

$V_O = RI = ۱\times۱۰^{۳}\times۴/۸ = ۴/۸\ mV$

$I = I_{D_1} = I_{D_2} = ۴/۸\ mA$

تحقیق کنید:

با مراجعه به فضای مجازی درباره زندگی‌نامه zener تحقیق کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

پاسخ:

زنر نام شخصی است که اوّلین بار در سال ۱۹۳۳ این پدیده را کشف کرد. پدیدهٔ زنر در جهت معکوس، و با ولتاژ زیادی که عملاً در ناحیهٔ تخلیه قرار می‌گیرد رخ می‌دهد زیرا E بسیار قوی در این ناحیه به وجود می‌آید. این میدان قوی، قادر خواهد بود که پیوندهای سد را بشکند. در نتیجهٔ شکسته شدن سد، الکترون آزاد و حفره ایجاد می‌شود. الکترون‌های آزاد بر اثر این میدان قوی، سرعت می‌گیرند و می‌توانند با برخورد به اتم‌های دیگر، الکترون‌های دیگری را نیز آزاد کنند. به این طریق، در اثر این پدیدهٔ زنجیری، تعداد زیادی از پیوندها شکسته می‌شود و در دیود جریان جاری می‌گردد. این پدیده شبیه جریان اشباع معکوس است، با این تفاوت که تعداد پیوندهای شکسته شده، بر اثر گرما نبوده، بلکه به سبب میدان قوی‌ای است که در دو سر آن قرار می‌گیرد.

این پدیده را شکست بهمنی می‌نامند. در دیودهای زنر، با تنظیم ناخالصی، می‌توان شکسته شدن پیوندها را با میدان‌های مختلف (در نتیجه ولتاژهای مختلف) کنترل کرد. بنابراین با این روش می‌توان دیودهایی ساخت که به ازای یک ولتاژ معین در بایاس معکوس، جریان در مدار برقرار کنند.

ولتاژی که دیود زنر، به ازای آن در بایاس معکوس، هادی می‌شود به ولتاژ زنر معروف است.

آقای دکتر کلارنس ملوین زِنِر

Clarence Melvin Zener دکترای فیزیک، استاد دانشگاه متولد ۱۹۰۵، مخترع خاصیت شکست زنر و دیود زِنر است. او در سن ۸۷ سالگی در سال ۱۹۹۳ رخت از دنیا بربست.

تحقیق کنید:

با مراجعه به فضای مجازی از جمله سایت rosd.ir مقادیر استاندارد و ضریب حرارتی دیودهای زنر را بیابید و به کلاس ارائه دهید.

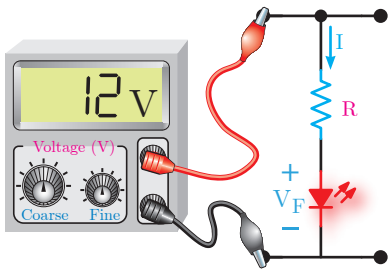
پاسخ:

ضریب حرارتی دیود زنر: مقدار ولتاژ دیود زنر در اثر گرما تغییر می‌کند. کارخانه‌های سازنده برای هر دیود زنر ضریبی می‌دهند که آن را ضریب حرارتی دیود می‌نامند و با TC نشان می‌دهند. این ضریب مقدار تغییر ولتاژ زنر را به ازای تغییر یک درجه سانتی‌گراد تعیین می‌کند.

استاندارد ولتاژهای زنر: ولتاژ دیودهای زنر را معمولاً در دو استاندارد E۱۲ و E۲۴ می‌سازند با این توضیح که سری E۲۴ رایج‌تر است. معمولاً ساخت ولتاژ زنر از ۲/۴ ولت شروع می‌شود و تا ولتاژ ۲۰۰ ولت ادامه می‌یابد. مقدار ولتاژ زنر سری‌های فوق، مانند استاندارد مقاومت‌هاست. سری E۱۲ را با تلرانس ۱۰ درصد و سری E۲۴ را با تلرانس ۵ درصد می‌سازند. معمولاً مقدار تلرانس را روی بدنهٔ دیود زنر می‌نویسند. برای تلرانس ۵ درصد از حرف C و برای تلرانس ۱۰ درصد از حرف D استفاده می‌کنند. مثلاً ولتاژ دیود زنر ۳/۹ «BZX ۳۲/C۳ V۹» ولت و تلرانس آن (C) ۵ درصد است. در نام‌گذاری دیود، علامت V به‌جای ممیز به‌کار می‌رود.

کار در کلاس:

در شکل زیر درصورتی‌که ولتاژ تغذیه E=۱۲ ولت باید، مقدار R را طوری محاسبه کنید که LED نور مناسب داشته باشد.



پاسخ:

$-E + RI + V_F = ۰$

$-۱۲ + R \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} + ۳ = ۰$

$R = ۹۰۰\ \Omega$

تحقیق کنید:

نور تولیدی در LED به چه عواملی بستگی دارد.

پاسخ:

نور تولیدی به جنس به‌کار برده شدهٔ نیمه‌هادی بستگی دارد و معمولاً به رنگ مادون قرمز (نامرئی)، قرمز، نارنجی، سبز و زرد (مرئی) ساخته می‌شود.

کار در کلاس:

برتری‌های LED بر لامپ معمولی را بررسی کنید.

پاسخ:

با ورود LED به دنیای الکترونیک، ابتدا تصور می‌شد که این قطعات صرفاً می‌توانند به‌جای لامپ‌های کوچک جایگزین شوند ولی به مرور زمان دریافتند که این قطعه می‌تواند کارایی‌های بسیار زیادتری را داشته باشد. پاره‌ای از مزایای LED نسبت به لامپ‌های معمولی به شرح زیر است.

۱ کوچک بودن و نیاز به فضای کم داشتن

۲ محکم بودن و داشتن عمر طولانی (حدود صد هزار ساعت کار).

۳ قطع و وصل سریع نور.

۴ تلفات حرارتی کم.

۵ ولتاژ کار کم، بین ۱/۷ تا ۳/۳ ولت.

۶ جریان کم، حدود چند میلی‌آمپر با نور قابل رؤیت.

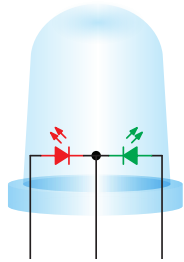
۷ توان کم، حدود ۱۰ تا ۱۵۰ میلی‌وات.

دانش‌افزایی

LEDهای دورنگ

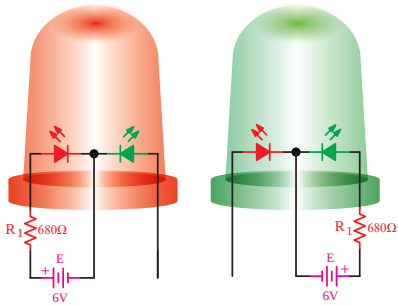
ساختار این نوع LEDها معمولاً ترکیبی از دو LED مجزا به رنگ‌های سبز و قرمز است که در داخل قطعه معمولی جاسازی شده است. LEDهای دورنگ دارای

سه‌پایه هستند که یکی از پایه‌ها مشترک و دو پایه دیگر هر کدام مربوط به LED های قرمز و سبز است.



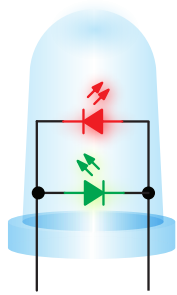
LED دورنگ

نحوه روشن کردن LED سبز و قرمز را در شکل روبه‌رو مشاهده می‌کنید.



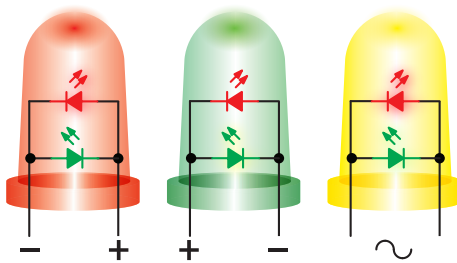
نحوه اتصال ولتاژ به LEDها

نوع دیگری از LED نیز وجود دارد که دو پایه هستند و سه رنگ مختلف تولید می‌کنند.



ساختمان داخلی LED دو پایه سه رنگ

نحوهٔ تولید رنگ‌های قرمز، سبز و زرد را مشاهده می‌کنید.



نحوهٔ روشن شدن LED به رنگ‌های قرمز، سبز و زرد

یک نمونه LED با نور فوق‌العاده زیاد

LEDهای با نور فوق‌العاده زیاد: نوع دیگری از LED به نام Ultra Bright LED ساخته شده است که میزان نوردهی آن فوق‌العاده زیاد است و ده‌ها برابر یک LED معمولی نور تولید می‌کند. این LEDها در رنگ‌های آبی، سبز، قرمز و سفید در بازار یافت می‌شود.

سایر کاربردها: استفاده از LEDهای پر نور امروزه در سطح بسیار گسترده‌ای توسعه یافته است. استفاده از ریسه‌های LED، ترمز اتومبیل، تابلوی روان و نور تزئینی، تعدادی از موارد کاربرد LEDهای پر نور است. آرایه‌های LED پر نور سفید به‌تدریج جایگزین لامپ‌های فلورسنت می‌شوند، زیرا این نوع LEDها به‌راحتی در هوای بد نورافشانی می‌کنند و عمر آنها ۱۰۰ برابر بیشتر است. LEDهای پر نور سفید و رنگی به خانه‌ها، مغازه‌ها و مراکز تجاری نیز وارد شده‌اند و در آیندهٔ نه چندان دور جای لامپ‌های کنونی را خواهند گرفت. همچنین این نوع LEDها وارد صنایع اتومبیل‌سازی نیز شده‌اند. به زودی شاهد این مسئله خواهیم بود که در چراغ‌های جلوی خودروها LEDهای پر نور استفاده شود. توجه داشته باشید که از ترکیب مقادیر مشخصی نور قرمز، سبز و آبی، به آسانی می‌توانید نور سفید تولید کنید.

تحقیق کنید:

با مراجعه به اینترنت در مورد انواع LEDها تحقیق کرده و نتیجه را به‌صورت پرده‌نگار در کلاس ارائه نمایید.

پاسخ:

LEDهای ارگانیکی Organic LED OLED

کلمهٔ ارگانیک به معنی سازگار بودن با محیط و بدن انسان است. LEDهای ارگانیک از دو یا سه لایه مواد ارگانیک پلیمری ساخته شده‌اند که در اثر اعمال ولتاژ می‌توانند نور تولید کنند. LEDهای ارگانیک نور را به‌صورت الکترو فسفر سانس (مشابه لامپ‌های فلورسنت) تولید می‌کنند.

LEDهای دورنگ

ساختار این نوع LEDها معمولاً ترکیبی از دو LED مجزا به رنگ‌های سبز و

قرمز است که در داخل قطعه معمولی جاسازی شده است. LEDهای دو رنگ دارای سه پایه هستند که یکی از پایه‌ها مشترک و دو پایه دیگر هر کدام مربوط به LEDهای قرمز و سبز است.

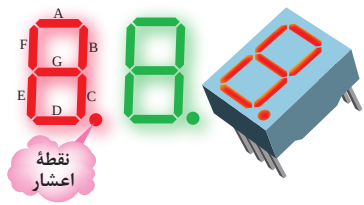
LEDهای با نور فوق‌العاده زیاد

نوع دیگری از LED به نام Ultra Bright LED ساخته شده است که میزان نوردهی آن فوق‌العاده زیاد است و ده‌ها برابر یک LED معمولی نور تولید می‌کند. این LEDها در رنگ‌های آبی، سبز، قرمز و سفید در بازار یافت می‌شود.

دانش‌افزایی

نمایشگرها

نمایشگر هفت قطعه‌ای 7Segment: اگر هفت قطعه LED را به فرم خاص کنار هم قرار دهند، به شکل عدد انگلیسی در می‌آید که به‌وسیلهٔ آن می‌توان اعداد از ۰ تا ۹ انگلیسی و نیز برخی حروف نظیر A، B، C، D، E و F را نمایش داد. شکل ظاهری نمایشگر ۷ قطعه‌ای با نقطهٔ اعشار را در شکل زیر مشاهده می‌کنید.

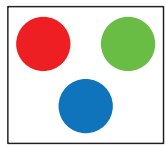


نمایشگر هفت قطعه‌ای

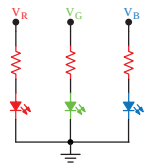
نمایشگر قطعه‌ای به دو صورت آند مشترک Common Anode و کاتد مشترک Common Cathode ساخته می‌شوند.

نمایشگرهای ترکیبی LED: امروزه LEDها به‌طور گسترده برای نمایش پیام‌ها، علائم بزرگ و کوچک در فضاهای داخلی و خارجی حتی به‌عنوان تلویزیون صفحه بزرگ به‌کار می‌رود. نمایش سیگنال‌ها می‌تواند به‌صورت چند رنگ یا تمام رنگی باشد. در نمایشگرهای تمام رنگی از گروه‌های LED فشرده با نور زیاد که تشکیل نقطهٔ نورانی رنگی را می‌دهند استفاده می‌شود. این نقاط رنگی را پیکسل Pixel می‌گویند. پیکسل‌ها از سه رنگ قرمز R Red سبز G Green و آبی B Blue شکل می‌گیرند که اصطلاحاً آن را RGB می‌نامند. به عبارت دیگر RGB می‌تواند سه رنگ قرمز، سبز و آبی را تولید کند. از ترکیب این سه رنگ طیف رنگی نورهای مختلف به وجود می‌آید. نمونه‌ای از LEDهای سه گانه RGB را

در شکل زیر مشاهده می‌کنید. در LEDهای، RGB میزان شدت نور، رنگ نور و طیف نور به جریان‌های موافقی بستگی دارد که از هر یک از LEDهای قرمز R سبز G و آبی B می‌گذرد. از ترکیب پیکسل‌های (سلول‌های تصویر LED) سه رنگ RGB صفحه نمایش‌های بزرگ شکل می‌گیرد. پیکسل‌های LED را که در صفحهٔ نمایش‌های بزرگ به‌کار می‌رود.

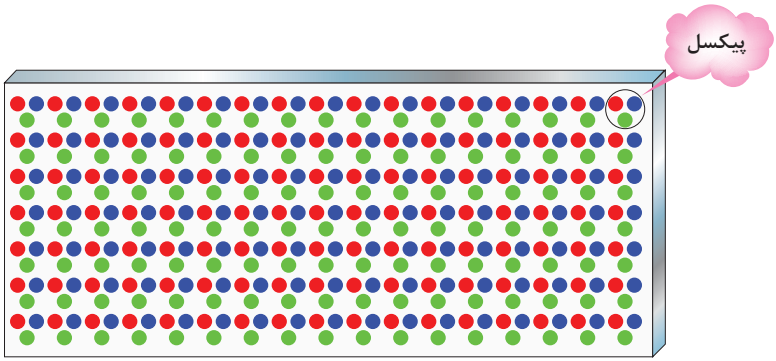


اساس کار پیکسل (Pixel)



مدار پیکسل

مثال‌هایی در ترکیب مساوی رنگ‌های اصلی برای تولید سایر رنگ‌ها



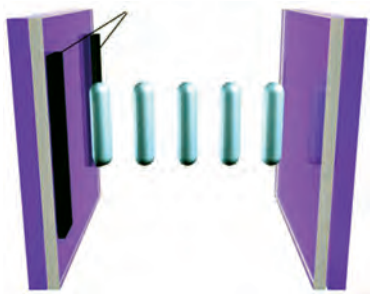
پیکسل‌های LEDای به کار رفته در صفحهٔ نمایش‌های بزرگ

دانش‌افزایی

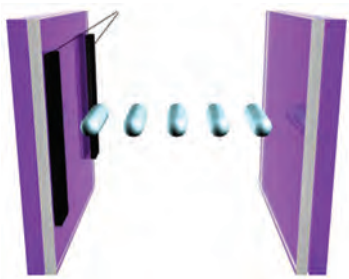
LCD (Liquid Crystal Display):

LCD به معنای صفحه نمایش کریستال مایع است. کریستال مایع موادی هستند

که در ظاهر به‌صورت مایع به نظر می‌آیند ولی مولکول‌های آنها نسبت به یکدیگر آرایش خاصی دارند. کریستال مایع در بین مایع و جامد قرار دارد. با اندکی حرارت به‌صورت مایع در می‌آید و با اندکی سرما به حالت معمول خود برمی‌گردد. برخی از این مواد به جریان الکتریسته حساس هستند و مولکول‌های آنها متناسب با ولتاژ اعمالی تغییر زاویه می‌دهند. چون طبق شکل روبه‌رو هر مولکول مانند میله است. لذا اگر ولتاژی حدود ۶ تا ۱۲ ولت به الکترودها داده شود، ترکیب موجود مولکول‌ها و ضریب انکسار ناحیه به هم می‌ریزد و تغییر می‌کند. به این ترتیب نور را در جهات مختلف منعکس می‌نماید و در این حالت ناحیه‌ای که مولکول‌های آن به هم ریخته است کدرتر به‌نظر می‌رسد. شکل روبه‌رو تغییر جهت مولکول‌ها را نشان می‌دهد.



مولکول‌ها در جهت طبیعی قرار دارند



مولکول‌ها تغییر جهت داده‌اند

بحث روی کریستال مایع بسیار مفصل و متنوع است. در این مبحث هدف فقط آشنایی با کریستال مایع است. برای دسترسی به اطلاعات بیشتر در مورد LCDها می‌توانید به سایت‌های مرتبط مراجعه نمایید.

دانش‌افزایی

صفحهٔ نمایش پلاسما

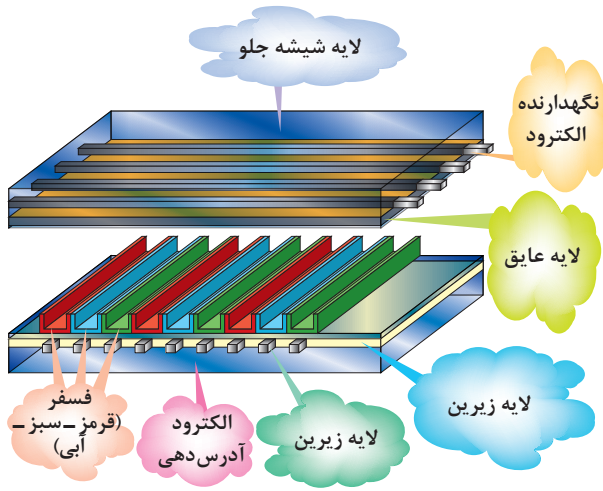
بنابر تعریف، برای ماده سه حالت جامد، مایع و گاز وجود دارد. علاوه بر سه حالت، حالت چهارمی نیز فرض می‌شود که آن را پلاسما می‌نامند. اگر تا به حال یک لامپ مهتابی را شکسته باشید حتماً جز مقداری گرد سفیدرنگ خطرناک چیز دیگری مشاهده نکرده‌اید. وقتی مهتابی روشن است چنین به نظر می‌رسد که ماده‌ای نورانی درون لامپ قرار دارد. حالتی که مواد داخل لامپ مهتابی، پس از روشن شدن، به خود می‌گیرند حالت پلاسما نامیده می‌شود. واژه پلاسما به گاز یونیزه شده گفته می‌شود. می‌دانیم در عمل یونیزاسیون، همه یا بخش قابل توجهی از ماده یک یا چند الکترون از دست می‌دهد و به یون مثبت تبدیل می‌شود. به‌عبارت

دیگر، اتم‌ها به یون‌های مثبت و الکترون‌های منفی تجزیه شده‌اند.

صفحهٔ نمایش پلاسما Plasma Display PanelPDP

صفحهٔ نمایش پلاسما از دو صفحهٔ شیشه‌ای که در مقابل هوا نفوذناپذیر هستند، تشکیل می‌شود. فاصلهٔ بین این دو صفحه توسط لایه‌هایی از هم مجزا شده‌اند و بین آنها گازهایی مانند هلیوم، نئون یا گزنون تزریق شده است. با اعمال ولتاژ به هر سلول، گاز بین دو صفحه دشارژ می‌شود و نور Ultra Violet UV یا همان ماورای بنفش تولید می‌کند. از آنجا که بین دو لایه سلول‌هایی از مواد فسفرسانس در سه رنگ قرمز، سبز و آبی یعنی:

RGB (R=Red-G =Green-B= Blue) وجود دارد. با برخورد نور ماورای‌بنفش به این مواد، نور مرئی رنگی و قابل رؤیت از سلول خارج می‌گردد.



تصویری از داخل صفحه نمایش پلاسما

تحقیق کنید:

با مراجعه به اینترنت تفاوت‌های LCD و پلاسما را بررسی کنید.

پاسخ:

در LCD به دلیل وجود نور پس زمینه ایجاد رنگ مشکی به‌طور کامل و صددرصد امکان‌پذیر نیست، البته با پیشرفت فناوری این مورد در حال بهبود یافتن است. در پلاسما پس‌زمینه وجود ندارد و هر سلول نور مورد نیاز را تولید می‌کند. لذا

کنتراست تصویر (درجه اختلاف میان تاریک‌ترین و روشن‌ترین رنگ ـ تمایز نور) در پلاسما از LCD بسیار بیشتر است.
وضوح تصویر: هر دو محصول فناوری وضوح بالایی را ایجاد می‌کنند، ولی در LCD در اندازه‌های کوچک امکان ایجاد وضوح بالا بیشتر است.
زاویه دید: یکی از مشکلات LCD زاویه دید آن است. وقتی از کناره‌ها یا بالا و پایین به تصویر نگاه می‌کنید سطوح روشنایی و رنگ متفاوت است. در پلاسما این مسئله کمتر رخ می‌دهد و ساختن تلویزیون و نمایشگر با زاویهٔ دید بالاتر، راحت‌تر است.
عمق تصویر: سبب فناوری خاص پلاسما، تصاویر در پلاسما سه‌بعدی و عمیق‌تر به نظر می‌رسند. تصاویر در LCD اندکی تخت‌تر هستند.
ابعاد: ساختن پلاسما در ابعاد کوچک چندان به‌صرفه نیست. برعکس ساختن LCD در اندازه‌های بزرگ پرهزینه است.
وزن: تلویزیون LCD نسبت به تلویزیون‌های پلاسما سبک‌تر است.

کار در کلاس:
تفاوت و شباهت‌های فتو دیود نسبت به فتو رزیستانس را بررسی کنید.

پاسخ:
شباهت: مقاومت هر دو تابع نور می‌باشد.

کار در کلاس:
جدول زیر را کامل کنید.

نام دیود	بایاس	کاربرد
اتصال نقطه‌ای	معکوس	فرکانس بالا ـ آشکارسازی مخلوط‌کنندگی‌ها
زنر	معکوس	تثبیت‌کننده ولتاژ
نوردهنده LED	مستقیم	نمایش الفبای عددی ـ سون سگمنت
فتودیود	معکوس	تشخیص نور در دستگاه‌های نورسنج ـ شمارش سریع و سوئیچ کردن
خازنی	معکوس	رادیو و تلویزیون
شاتکی		برای بالا بردن سرعت قطع و وصل در یک دیود استفاده می‌شود

کار در کلاس:

دیودهای AA۱۱۶ و BA۳۱۶ و BY۱۲۷ و BZ۱۰۰ را به روش اروپایی نام‌گذاری کنید.

پاسخ:

AA۱۱۶: دیود معمولی یکسوکننده ژرمانیومی

BA۳۱۶: دیود معمولی یکسوکننده سیلسیومی

BY۱۲۷: دیود یکسوکننده قدرت

BZ۱۰۰: دیود زنر

کار در کلاس:

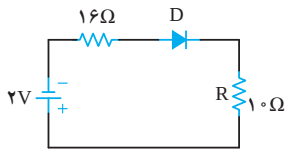
۱N۴۱۴۸ نام‌گذاری دیود با روش ..... و OA۹۰ نام‌گذاری دیود با روش ..... است.

پاسخ: آمریکایی ـ اروپایی

ارزشیابی

۱ در شبکهٔ دیودی شکل زیرجریان دیود را به‌دست آورید.

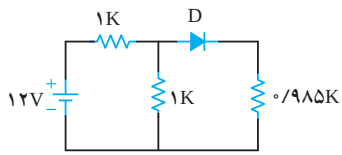
$$\begin{cases} V_D = ۰/۷ \\ R_F = ۲۰\,\Omega \end{cases}$$



پاسخ:

با توجه به شکل مدار دیود در شبکه بایاس معکوس قرار داشته بنابراین دیود قطع می‌باشد و مانند مدار باز عمل نموده و جریان در این مدار برابر با صفر می‌باشد.

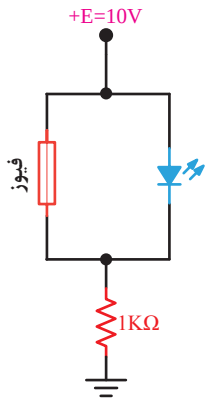
۲ در شبکهٔ دیود شکل زیر دیود D از جنس سیلیس با $R_F = ۱۵\ \Omega$ مفروض می‌باشد. مقدار جریان گذرنده از دیود چند آمپر می‌باشد؟



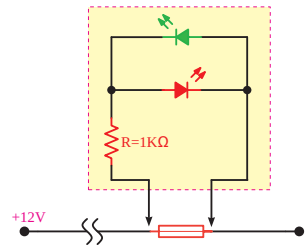
پاسخ:

با توجه به شکل بالا مشخص می‌باشد که دیود در بایاس مستقیم قرار دارد و بنابراین دیود روشن می‌باشد و به‌جای دیود روشن مدل واقعی آن را قرار می‌دهیم.

۳ در شکل زیر، درصورتی‌که فیوز بسوزد یا سالم باشد، در نور LED چه تغییری به‌وجود می‌آید؟ شرح دهید.



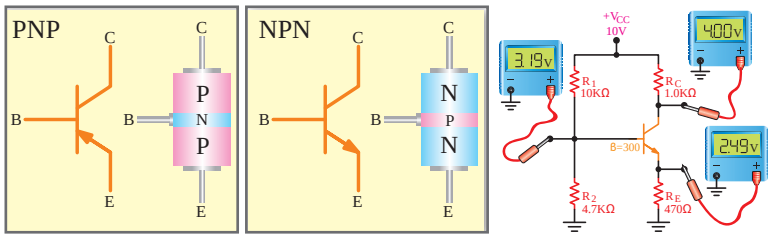
۴ در مدار شکل زیر اگر فیوز سوخته یا سالم باشد، در نور LED چه تغییری ایجاد می‌شود؟ شرح دهید. دو LED که به‌طور معکوس بسته شده‌اند چه نقشی در مدار دارند؟

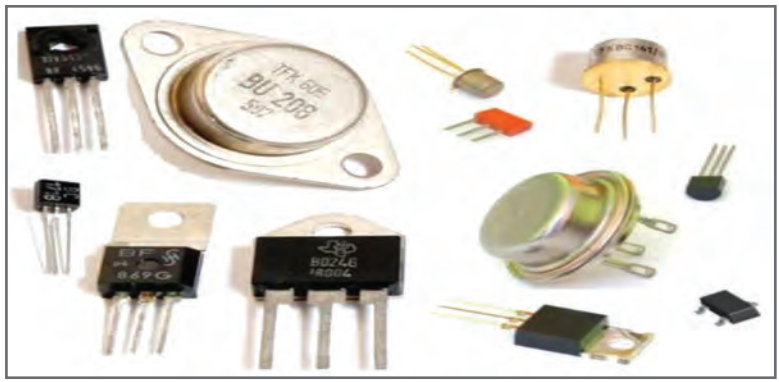


۵ برای نوشتن هر یک از اعداد و حروف شکل زیر کدام LEDها در 7-Segment باید روشن شود؟

واحد یادگیری ۴

تحلیل مدارهای ترانزیستوری





سؤالات پیشنهادی

- ترانزیستور چه برتری‌هایی بر لامپ‌های الکترونیکی دارد؟
- ترانزیستور از نظر نوع ساختمان به چند دسته تقسیم می‌شود؟
- جریان و ولتاژ در ترانزیستورها چگونه تجزیه و تحلیل می‌شود؟
- نواحی کار ترانزیستور و منحنی مشخصهٔ ترانزیستور چگونه است؟
- مقاومت‌های بایاس با معلوم بودن مشخصات نقطهٔ کار در بایاس مستقیم، اتوماتیک و سرخود چگونه محاسبه می‌شوند؟
- انواع ترانزیستور را از نظر ساختمان کریستالی نام ببرید.
- برتری‌های استفاده از ترانزیستور به‌جای لامپ را نام ببرید.
- ساختمان ترانزیستور را توضیح دهید.
- بایاس ترانزیستور را شرح دهید.
- روابط بین جریان‌ها و ولتاژها و تغییرات آنها در ترانزیستور به چه عواملی بستگی دارد. نام ببرید.

- نقطه کار DC را تعریف کنید.
- محل مناسب نقطه کار در روی منحنی مشخصه کجاست. شرح دهید.
- خط بار DC را تعریف کنید.
- معادله خط بار را بنویسید.
- عیب بایاس با دو منبع مستقل را توضیح دهید.
- چگونگی جریان کلکتور در بایاس با تقسیم‌کننده ولتاژ مقاومتی به‌طور خودکار کنترل می‌شود توضیح دهید.
- تاریخچه اختراع ترانزیستور را شرح دهید.
- ترانزیستور را تعریف کنید.
- برتری‌های ترانزیستور بر لامپ الکترونی را نام ببرید.
- ساختمان ترانزیستور را شرح دهید.
- معادل دیودی ترانزیستور را شرح دهید.
- جهت جریان در ترانزیستور را توضیح دهید.
- ولتاژ روی پایه‌های ترانزیستور را نام‌گذاری کنید.
- نواحی کار ترانزیستور را شرح دهید.
- نواحی کار ترانزیستور را روی مشخصهٔ خروجی ترانزیستور نشان دهید.
- کلاس‌های مختلف تقویت‌کنندگی را توضیح دهید.
- مقادیر حد در ترانزیستور را شرح دهید.

استاندارد عملکرد

در پایان این واحد یادگیری، هنرجو می‌تواند چگونگی ساخت ترانزیستور مدارهای ترانزیستوری را تجزیه و تحلیل نماید؛ سپس آنها را نام‌گذاری کرده و محاسبات آنها را انجام دهد.

تحقیق کنید:

با توجه به شکل روبه‌رو تاریخچهٔ اختراع ترانزیستور را بررسی کنید.

پاسخ:

در سال ۱۹۰۴ تا ۱۹۴۷ لامپ‌ها تنها وسایل الکترونیکی‌ای بودند که برای تقویت مورد استفاده قرار می‌گرفتند. در سال ۱۹۰۶، لامپ سه قطبی توسط لی دی فورست ساخته شد و در سال ۱۹۳۰ لامپ‌های چهار قطبی و پنج قطبی نیز ساخته شدند. در سال‌های بعد، صنعت الکترونیک به منزلهٔ یک صنعت اصلی و

مهم با قابلیت توسعهٔ بسیار، مورد توجه قرار گرفت. در ۲۳ دسامبر ۱۹۴۷ صنعت الکترونیک به موفقیت جدیدی دست یافت. در بعدازظهر این روز والتربرتین و جان باردین عمل تقویت سیگنال را توسط اولین ترانزیستوری، که در لابراتوار کمپانی بل، طراحی و ساخته شده بود، انجام دادند. این ترانزیستور در شکل صفحه قبل نشان داده شده است.

کار در کلاس:

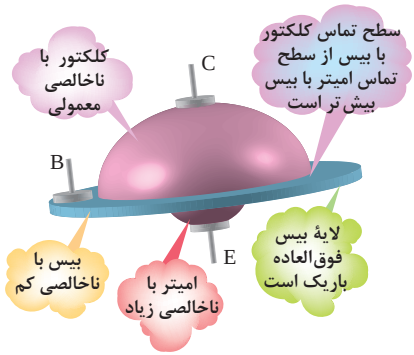
برتری‌های لامپ‌های الکترونی را بر ترانزیستور بیان کنید.

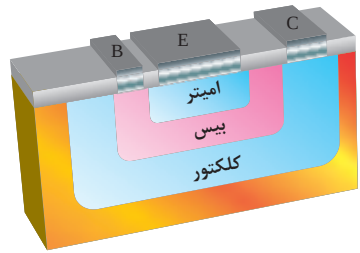
پاسخ:

باید توجه داشت که لامپ‌ها نیز نسبت به ترانزیستورها از برتری‌هایی برخوردارند، از جمله قدرت بسیار بالا، تغییر نکردن نقطه کار بر اثر گرما و... ولی ترانزیستور با داشتن برتری‌های فوق در قدرت کم و متوسط جانشین لامپ‌ها شده است.

کار در کلاس:

با توجه به شکل‌های زیر، لایه‌های ترانزیستور را از نظر ناخالصی با هم مقایسه کنید.



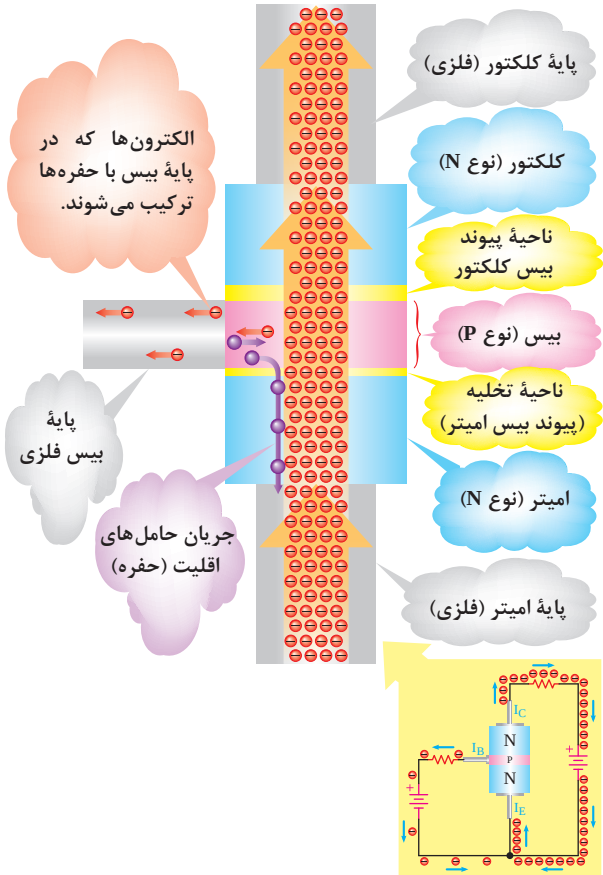


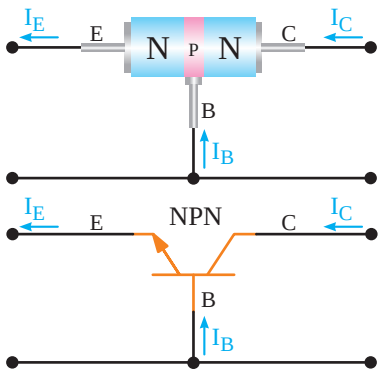
پاسخ:

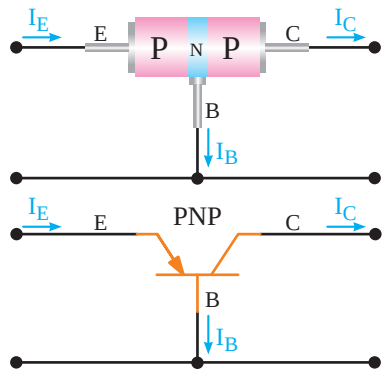
نیمه‌هادی نوع P و N که به‌عنوان امیتر به‌کار می‌رود، نسبت به لایهٔ بیس و کلکتور، ناخالصی بیشتری دارد ضخامت این لایه حدود چند ده میکرون است (عملاً حدود ۲۰ـ۲۰۰۰ um) و سطح تماس آن نیز به میزان فرکانس و قدرت ترانزیستور بستگی دارد. لایهٔ بیس، نسبت به کلکتور و امیتر، ناخالصی کمتری دارد و ضخامت آن نیز به مراتب از امیتر و کلکتور کمتر است و عملاً از چند میکرون تجاوز نمی‌کند. ناخالصی لایهٔ کلکتور از امیتر کمتر و از بیس بیشتر است. ضخامت این لایه به مراتب از امیتر بزرگ‌تر است، زیرا تقریباً تمامی تلفات حرارتی ترانزیستور در کلکتور ایجاد می‌شود.

کار در کلاس:

شکل‌های روبه‌رو را تجزیه و تحلیل کنید.







پاسخ:

همان‌طور که در شکل صفحه قبل نشان داده شده است، جریانی که از امیتر عبور می‌کند، به دو انشعاب تقسیم می‌شود. قسمت بسیار کمی از جریان از بیس و قسمت اعظم آن از کلکتور عبور می‌کند. لذا جریان امیتر برابر است با جریان بیس به علاوهٔ جریان کلکتور، یعنی: $I_E=I_B+I_C$

برای سادگی و درک جهت جریان، معمولاً جهت قراردادی را در نظر می‌گیرند. در جهت قراردادی، جریان از قطب مثبت باتری یا منبع تغذیه خارج و پس از عبور از مدار خارجی، به قطب منفی آن وارد می‌شود. در شکل‌های بالا جهت قراردادی جریان در ترانزیستور NPN و PNP نشان داده شده است. جهت جریان قراردادی، همیشه با جهت دیود بیس ـ امیتر مطابقت دارد. همان‌طوری که در شکل‌ها دیده می‌شود، رابطهٔ $I_E=I_B+I_C$ برای هر دو نوع ترانزیستور صادق است.

کار در کلاس:

با توجه به شکل زیر I_B و V_{CE} را محاسبه کنید.

$V_{BE} = ۰/۷\ V$

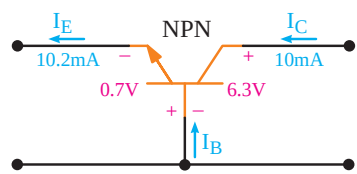
$I_E = I_C + I_B$

$I_B = I_E - I_C = ۱۰/۲\ mA - ۱۰\ mA = ۰/۲\ mA$

$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$

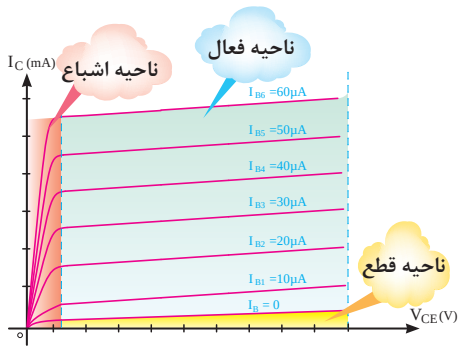
$V_{CE} = ۶/۳ + ۰/۷$

$V_{CE} = ۷\ V$



تحقیق کنید:

منحنی مشخصهٔ خروجی ترانزیستور و نواحی آن را بررسی کنید.



پاسخ:

منحنی مشخصهٔ خروجی ترانزیستور، رابطهٔ بین جریان و ولتاژ خروجی به ازای جریان ورودی معیّن را نشان می‌دهد.

ناحیه خطی و فعال: در این ناحیه، ترانزیستور در حالت هدایت است و با تغییرات زیاد V_{CE} تغییرات جریان کلکتور کم است (I_B= ثابت). لذا این ناحیه دارای مشخصات زیر است:

$V_{CE} \neq ۰$ $I_C \neq ۰$ $I_B \neq ۰$

ناحیه قطع:

ناحیه‌ای است که جریان بیس، صفر و ترانزیستور هنوز به آستانه هدایت نرسیده است لذا دارای مشخصات زیر است.

$V_{CE} \approx V_{CC}$ $I_C = ۰$ $I_B = ۰$

ناحیه اشباع:

ناحیه‌ای است که ترانزیستور در حال هدایت است، ولی با تغییر جزئی V_{CE} (کسری از ولت) تغییرات بسیار زیادی در جریان کلکتور مشاهده می‌شود.

$V_{CE} \cong ۰/۲۷$ $V_{CE} \neq ۰$ $I_C \neq ۰$ $I_B \neq ۰$

تحقیق کنید:

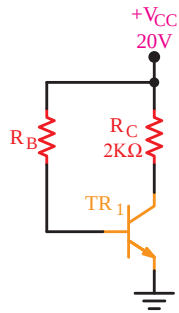
برای انتخاب نقطهٔ کار چه محدودیت‌هایی را در ترانزیستور باید در نظر گرفت؟

پاسخ:

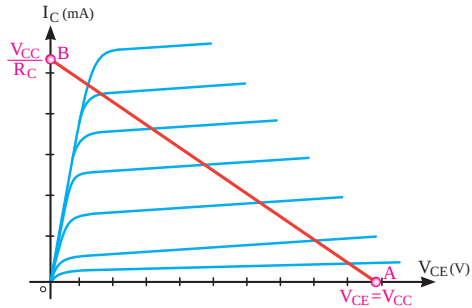
برای انتخاب نقطهٔ کار، ابتدا باید محدودیت‌های ترانزیستور را در نظر گرفت. از جمله محدودیت‌ها، تحمّل توان تلف شده در ترانزیستور، حداکثر جریان کلکتور و حداکثر ولتاژ بین کلکتور و امیتر است.

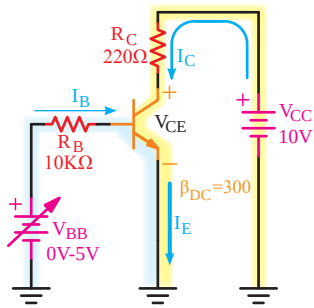
کار در کلاس:

با توجه به شکل روبه‌رو، معادلهٔ خط بار را بنویسید و سپس آن را روی منحنی مشخصهٔ خروجی رسم کنید.



پاسخ: معادله خط بار $-V_{CC} + R_C I_C + V_{CE} = ۰$





کار در کلاس:

با توجه به تقویت‌کنندهٔ شکل روبه‌رو معادلهٔ خط بار را بنویسید و سپس آن را روی منحنی مشخصهٔ خروجی شکل رسم کنید. نقطهٔ کار را در وسط خط بار مشخص کنید و مختصات آن را بنویسید. V_{BE} = ۰/۷ ولت است.

پاسخ:

نقطهٔ A:

$I_C = ۰$

$-V_{CC} + I_C \times R_C + V_{CE} = ۰$

$-۱۰ + ۰ \times ۲۲۰ + V_{CE} = ۰$

$V_{CC} = V_{CE} = ۱۰$

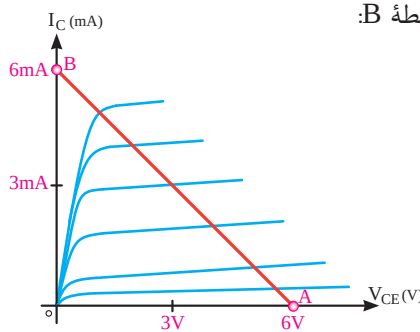
نقطهٔ B:

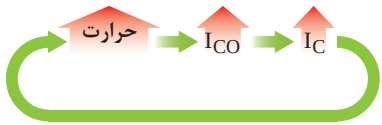
$-V_{CC} + I_C \times R_C + V_{CE} = ۰$

$V_{CE} = ۰$

$-۱۰ + ۲۲۰ \times I_C + ۰ = ۰$

$I_C = ۴۵$ mA





کار در کلاس:

رابطهٔ روبه‌رو را بررسی کنید.

پاسخ:

با استفاده از یک باتری، مقدار R_C=۱/۲ KΩ و R_B=۱۱۳ KΩ به‌دست آمد که ظاهراً خواستهٔ ما را از لحاظ بایاس تأمین می‌کند، ولی باید توجه داشت که در این مدار در اثر حرارت، جریان ناخواستهٔ I_{CO} (جریان نشتی) در ترانزیستور به‌وجود می‌آید. جریان نشتی در حرارت‌های کم ناچیز است و از آن صرف نظر می‌شود، ولی در حرارت‌های بالا I_{CO} به شدت افزایش می‌یابد و به ناچار از بیس ترانزیستور عبور می‌کند. از طرفی، می‌دانیم که هر جریانی که وارد بیس β شود برابر آن از کلکتور می‌گذرد، لذا جریان نشتی که از کلکتور عبور می‌کند با جریان نشتی اولیه به علاوهٔ جریان نشتی تقویت شده، برابر است یعنی:

$$I_{CO} + \beta I_{CO} = (1+\beta)I_{CO}$$

در نتیجه، اگر جریان I_C واقعی را بخواهیم، باید جریان نشتی را نیز به آن بیفزاییم.

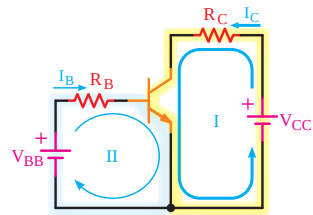
$$I_C = \beta I_\beta + (1+\beta)I_{CO}$$

چنانچه برای پیشگیری از افزایش I_{CO}، اقدامی نشود، ترانزیستور از نقطهٔ کار Q خارج می‌گردد و ثبات حرارتی نخواهد داشت، زیرا با افزایش درجهٔ حرارت I_{CO} زیاد می‌شود. زیاد شدن I_{CO} نیز حرارت اولیه را زیادتر می‌کند. حرارت بیشتر، مجدداً I_{CO} را افزایش می‌دهد و همین‌طور این سیکل I_{CO} افزایش و افزایش حرارت، ادامه پیدا می‌کند تا اینکه ترانزیستور کاملاً از نقطه کار خارج شده یا می‌سوزد. بنابراین، از این نوع بایاس باید در جاهایی که حرارت پایین و ثابت است، استفاده کرد که چون کاملاً امکان‌پذیر نیست باید چاره‌ای دیگری اندیشید.

کار در کلاس:

برای تقویت‌کنندهٔ شکل زیر، مقاومت‌های بایاس R_B و R_C را طوری محاسبه کنید که نقطهٔ کار ترانزیستور، با مختصات Q برابر شود.

V_{CB} = ۰/۷ V
V_{CE} = ۶ V
I_C = ۵ mA
I_B = ۰/۱ mA
V_{CC} = ۱۲ V
V_{BB} = ۲ V



پاسخ:

$I_E = I_C + I_B = ۵ + ۰/۱ = ۵/۱$

$-V_{CC} + R_C I_E + V_{CE} = ۰$

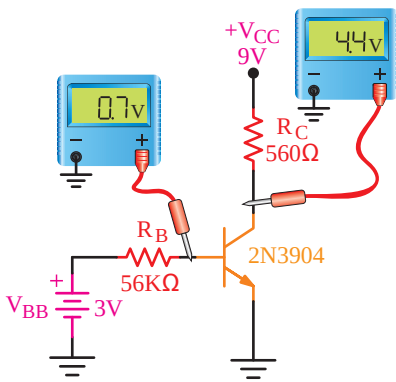
$R_C (۵/۱) = ۱۲ - ۶$

$$R_C = \frac{۶}{۵/۱} = ۱/۱۷۶\ K\Omega$$

$$R_B = \frac{۰/۷}{۰/۱} = ۷\ K\Omega$$

کار در کلاس:

با توجه به شکل زیر I_B و I_C ترانزیستور را محاسبه کنید.



پاسخ:

$-V_{CC} + R_C I_C + V_{CE} = ۰$

$-۹ + ۵۶۰ \times I_C + ۴/۴ = ۰$

$I_C = ۰/۰۰۸\ A$

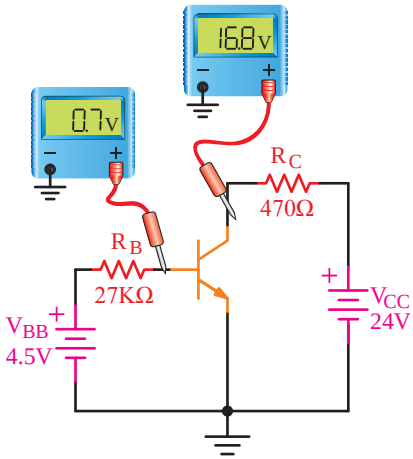
$-V_{BB} + R_B I_B + V_{BE} = ۰$

$-۳ + ۵۶\ K\Omega \times I_B + ۰/۷ = ۰$

$I_B = ۰/۰۴۱$

کار در کلاس:

با توجه به شکل روبه‌رو β و γ و α را محاسبه کنید.



پاسخ:

$$-V_{CC} + R_C I_C + V_{CE} = ۰$$

$$-۲۴ + ۴۷۰ \times I_C + ۱۶/۸ = ۰$$

$$I_C = ۰/۰۱$$

$$-V_{BB} + R_B I_B + V_{BE} = ۰$$

$$-۴/۵ + ۲۷\ K \times I_B + ۰/۷ = ۰$$

$$I_B = ۰/۱۴\ mA$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{۰/۰۱}{۰/۱۴ \times ۱۰^{-۳}} = ۷۱/۴۲$$

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + ۱} = \frac{۷۱/۴۲}{۷۱/۴۲ + ۱} = ۰/۹۸$$

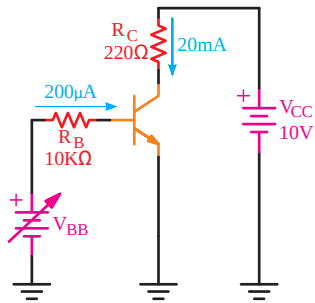
$$\gamma = \beta + ۱$$

$$\gamma = ۷۱/۴۲ + ۱$$

$$\gamma = ۷۲/۴۲$$

کار در کلاس:

در مدار شکل روبه‌رو، V_{CE} را محاسبه کرده و بگویید مقدار منبع ولتاژ V_{BB} چقدر است؟ (V_{BE}=۰/۷)



پاسخ:

$$-V_{CC} + R_C I_C + V_{CE} = ۰$$

$$-۱۰ + ۲۲۰ \times ۲۰\ mA + V_{CE} = ۰$$

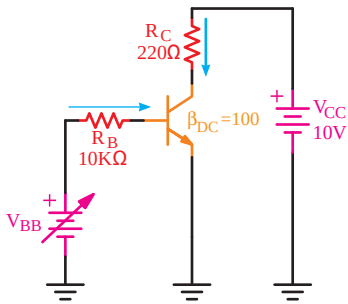
$$V_{CE} = ۵/۶$$

$$-V_{BB} + R_B I_B + V_{BE} = ۰$$

$$-V_{BB} + ۲۰۰\ \mu A \times ۱۰ \times ۱۰^{۳} + ۰/۷ = ۰$$

$$V_{BB} = ۲/۷$$

کار در کلاس:



در مدار شکل روبه‌رو اگر V_{BB} = ۴/۷ و V_{BE}=۰/۷ ولت باشد، I_B، I_C و V_{CE} را محاسبه کنید.

پاسخ:

$$-V_{BB}+R_BI_B+V_{BE}=0$$

$$-4/7+10\times10^{3}I_B+0/7=0$$

$$I_B = 0/4\ mA$$

$$\beta=\frac{I_C}{I_B}$$

$$I_C=\beta\times I_B=100\times0/4\times10^{-3}=0/04\ A$$

$$-V_{CC}+R_CI_C+V_{CE}=0$$

$$-10+220\times 0/04+V_{CE}=0$$

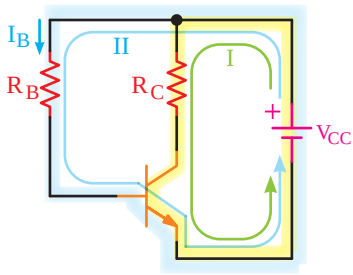
$$V_{CE} = 1/2\ V$$

کار در کلاس:

برای نقطهٔ کار Q با مختصات:

V_{BE} =۰/۷ V V_{CE} = ۶ V

I_C = ۵ mA I_B = ۰/۱ mA



و با معلوم بودن مقدار V_{CC} برابر ۱۲ولت، مقاومت‌های بایاس، R_C و R_B را در تقویت‌کنندهٔ شکل روبه‌رو محاسبه کنید.

پاسخ:

$$-V_{CC}+R_CI_C+V_{CE}=0$$

$$-12+R_C\times5\times10^{-3}+6=0$$

$$R_C = 1200\ \Omega = 1/2\ K\Omega$$

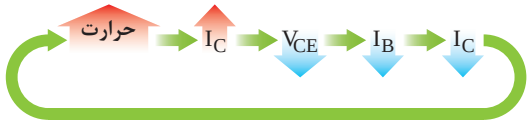
$$-V_{CC}+R_BI_B+V_{BE}=0$$

$$-12+R_B\times0/1\times10^{-3}+0/7=0$$

$$R_B = 113\ K\Omega$$

کار در کلاس:

رابطهٔ زیر را بررسی کنید.



پاسخ:

این مدار، جریان کلکتور را به‌طور اتوماتیک کنترل می‌کند و از افزایش I_{CO} جلوگیری می‌کند. زیرا همان‌گونه که از رابطهٔ $-V_{CC} + I_E R_C + V_{CE} = ۰$ پیداست چون V_{CC} و R_C ثابت هستند، لذا اگر در اثر حرارت I_C افزایش یابد، به ناچار V_{CE} کاهش می‌یابد. با کاهش V_{CE} طبق رابطهٔ $-V_{CE} + I_B R_B + V_{BE} = ۰$ چون V_{BE} و R_B ثابت هستند I_B کاهش می‌یابد. بدیهی است که کاهش I_B کاهش I_C را نیز به دنبال دارد. بنابراین مدار به‌طور اتوماتیک، جریان I_C را در مقابل حرارت ثابت نگه می‌دارد. مطالب فوق را می‌توان به‌صورت شکل بالا خلاصه نمود.

کار در کلاس:

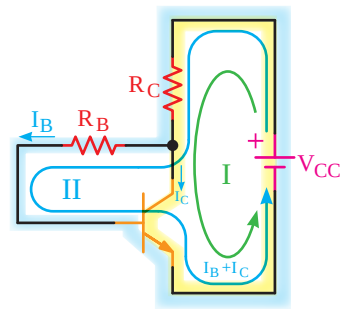
در شکل زیر برای نقطهٔ کار Q:

$V_{BE} = ۰/۷$

$V_{CE} = ۵\ V$

$I_C = ۵\ mA$

$I_B = ۰/۱\ mA$



و با معلوم بودن مقدار $V_{CC} = ۱۲$ ولت مقادیر R_C و R_B را برای مدار محاسبه کنید.

پاسخ:

$-V_{CC} + R_C I_C + V_{CE} = ۰$

$-۱۲ + R_C \times ۵ \times ۱۰^{-۳} + ۵ = ۰$

$R_C = ۱۴۰۰\ \Omega = ۱/۴\ K\Omega$

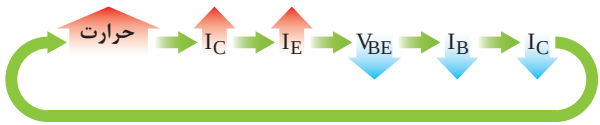
$-V_{CC} + R_C I_C + R_B I_B + V_{BE} = ۰$

$-۱۲ + ۱۴۰۰ \times ۵ \times ۱۰^{-۳} + R_B \times ۰/۱ \times ۱۰^{-۳} + ۰/۷ = ۰$

$R_B = ۴۳\ K\Omega$

کار در کلاس:

رابطهٔ زیر را بررسی کنید.



پاسخ:

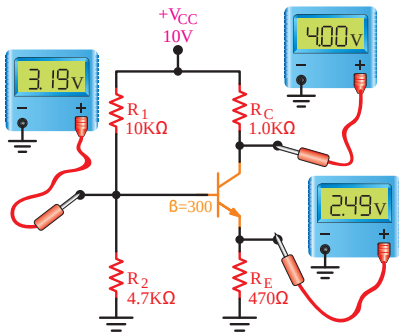
چون R_E و V_{R_2} مقادیر ثابتی هستند با افزایش I_E، ($I_B + I_C$)، به ناچار V_{BE} کاهش می‌یابد. کاهش V_{BE}، کاهش I_B را به دنبال دارد، در نتیجه با کاهش I_B جریان کلکتور (I_C) کاسته می‌شود. سیکل خلاصه شده به‌صورت شکل بالا می‌باشد.

تحقیق کنید:

یک نمونه مدار بایاس را با نرم‌افزار شبیه‌سازی کنید و نتیجه با پرده‌نگار نمایش دهید.

کار در کلاس:

آیا مقادیری را که ولت‌مترها نشان می‌دهند، صحیح است؟ ولتاژ نقاط مشخص شده را محاسبه کنید (V_{BE}=۰/۷ ولت است).



پاسخ:

$$V_B = \frac{V_{CC} R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_B = \frac{۱۰ \times ۴/۷}{۱۰ + ۴/۷} = ۳/۱۹\ V$$

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

$$V_E = ۳/۱۹ - ۰/۷ = ۲/۴۹$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{۲/۴۹}{۴۷۰} = ۵/۲۹\ mA$$

$$I_C = I_E = ۵/۲۹\ mA$$

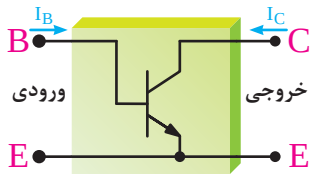
$$V_C = V_{CC} - R_C I_C$$

$$V_C = ۱۰ - ۱ \times ۵/۲۹ = ۴/۷۱$$

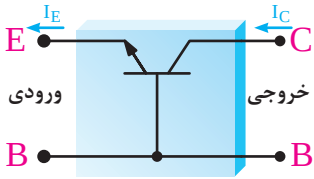
تحقیق کنید:

با جست‌وجو در شبکه‌های مجازی و اینترنت، مشخصات آرایش‌های ترانزیستور را تحقیق کنید و نتیجه را به‌صورت پرده‌نگار نمایش دهید.

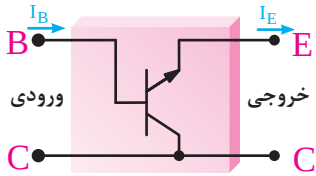
پاسخ:



امیتر مشترک: در این آرایش پایهٔ امیتر، بین ورودی و خروجی مدار مشترک است. و سبب نام‌گذاری این آرایش نیز به دلیل مشترک بودن پایهٔ امیتر است.



بیس مشترک: در این آرایش، چون پایهٔ بیس بین ورودی و خروجی مشترک است. آرایش آن را نیز بیس مشترک نامیده‌اند.



کلکتور مشترک: پایهٔ مشترک بین ورودی و خروجی، در این آرایش، کلکتور است و به دلیل مشترک بودن پایهٔ کلکتور نیز به آن کلکتور مشترک می‌گویند.

دانش‌افزایی

روابط α و β و γ

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \qquad \alpha = \frac{\beta}{\beta+1} = \frac{\beta}{\gamma}$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \qquad \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

$$\gamma = \frac{I_E}{I_B} \qquad \gamma = \beta+1$$

کار درکلاس:

در یک ترانزیستور $\alpha = 0/99$ است. مقدار β و γ را محاسبه کنید.

پاسخ:

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0/99}{1-0/99} = 9/9$$

$$\gamma = \beta + 1 = 9/9 + 1 = 10/9$$

کار در کلاس:

با توجه به حروف و اعداد نام‌گذاری شده برای ترانزیستورهای BF۱۳۹، BU۱۱۲، BC۱۰۹، AF۱۳۹، BD۱۳۶ و AC۱۷۸ چه مشخصاتی را می‌توانید استخراج کنید؟ شرح دهید.

پاسخ:

BF۱۳۹: ترانزیستور کم قدرت سیلیسیمی با فرکانس کار زیاد
BU۱۱۲: ترانزیستور قدرت سیلیسیمی
BC۱۰۹: ترانزیستور کم قدرت سیلیسیمی با فرکانس کار کم
AF۱۳۹: ترانزیستور کم قدرت ژرمانیم با فرکانس کار زیاد
BD۱۳۶: ترانزیستور قدرت سیلیسیمی با فرکانس کار کم
AC۱۷۸: ترانزیستور کم قدرت ژرمانیم با فرکانس کار کم

کار در منزل

کدام مشخصهٔ الکتریکی را می‌توان از روی یک قطعه به شمارهٔ ۲N۳۰۵۵ استخراج کرد؟
پاسخ: ترانزیستور قدرت (NPN) که در فرکانس‌های کم کار می‌کند.

دانش‌افزایی

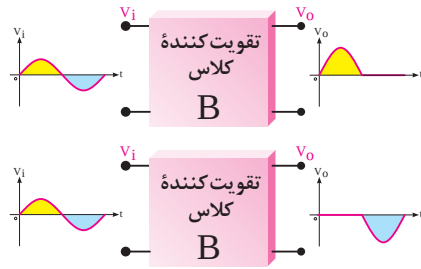
کلاس‌های تقویت‌کننده ترانزیستور:

تقویت‌کنندهٔ کلاس A: در تقویت‌کننده کلاس A، دامنهٔ سیگنال در تمام سیکل به یک اندازه تقویت می‌شود و هیچ قسمتی از یک سیکل کامل حذف نمی‌شود. بلوک دیاگرام تقویت‌کنندهٔ کلاس A در شکل ۱ نشان داده شده است.

تقویت‌کنندهٔ کلاس A

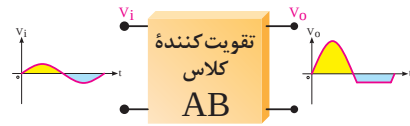
در این گونه تقویت‌کننده‌ها معمولاً $V_{CE} = \frac{1}{2} V_{CC}$ انتخاب می‌شود.
در این کلاس تقویت‌کنندگی اعوجاج سیگنال تقویت شده خروجی بسیار کم است.
اکثر طبقات تقویت‌کننده‌های صوتی (به‌جز طبقهٔ آخر) در کلاس A کار می‌کنند.

تقویت‌کنندهٔ کلاس B: در این کلاس کمی کمتر از نیم سیکل از سیگنال متناوب ورودی تقویت می‌شود. زیرا دیود بیس امیتر را بایاس نمی‌کنند، یعنی $I_B = 0$ و $I_C = 0$ است. به علت بایاس نشدن دیود بیس امیتر قسمت کمی از سیگنال تقویت نخواهد شد. در این کلاس اعوجاج سیگنال تقویت شده خروجی زیاد است.



تقویت‌کننده کلاس B

تقویت‌کننده کلاس AB: این تقویت‌کننده از نظر DC، طوری بایاس می‌شود که شکل موج ورودی را بیشتر از ۱۸۰ درجه و کمتر از ۳۶۰ درجه تقویت می‌کند. بایاسینگ این تقویت‌کننده مشابه کلاس A است با این تفاوت که مقادیر آن فرق می‌کند.



تقویت‌کننده کلاس AB

تقویت‌کننده کلاس C: در این نوع تقویت‌کننده، فقط قسمت کمی از نیم سیکل مثبت یا نیم سیکل منفی تقویت می‌شود.

تقویت کننده کلاس C

تحقیق کنید:

با جست‌وجو در شبکه‌های مجازی و اینترنت مقادیر حد در ترانزیستورها را تحقیق کنید و نتیجه را به‌صورت پرده‌نگار نمایش دهید.

پاسخ:

هر المان نیمه‌هادی، از جمله ترانزیستور، برای مقادیر الکتریکی مشخصی ساخته می‌شود. مثلاً هر ترانزیستوری را برای تحمل توان مشخصی می‌سازند. اگر مقادیر الکتریکی اعمال شده به ترانزیستور بیشتر از آنچه کارخانه سازنده مشخص کرده است باشد، ترانزیستور معیوب می‌شود. این مقادیر الکتریکی به مقادیر حد معروف‌اند. کارخانجات سازنده، حداکثر مقدار مجاز مقادیر الکتریکی را مشخص می‌کنند.

مهم‌ترین این مقادیر عبارت‌اند از:

۱ **حداکثر ولتاژ کلکتور ـ امیتر:** این پارامتر، حداکثر ولتاژ مجاز بین پایه‌های کلکتور و امیتر را مشخص می‌کند و آن را با VCEmax نمایش می‌دهند.

۲ **حداکثر جریان کلکتور:** حداکثر جریانی است که ترانزیستور می‌تواند در دمای مشخص شده از طرف کارخانه سازنده، تحمل کند و آن را با ICmax نمایش می‌دهند.

۳ **حداکثر توان:** حداکثر توانی است که می‌تواند در یک ترانزیستور به‌صورت حرارت تلف شود و آن را با Pmax نمایش می‌دهند.

۴ **حداکثر درجه حرارت محل پیوند:** حداکثر درجه حرارتی است که در محل اتصال کلکتور ـ بیس، ترانزیستور می‌تواند تحمل کند و آن را با Tj نمایش می‌دهند.

تحقیق کنید:

با مراجعه به رسانه‌های مختلف، بررسی کنید چرا شهید حسن تهرانی‌مقدم را پدر علم موشکی ایران می‌نامند؟

پاسخ:

سردار سرلشکر پاسدار شهید حسن تهرانی‌مقدم

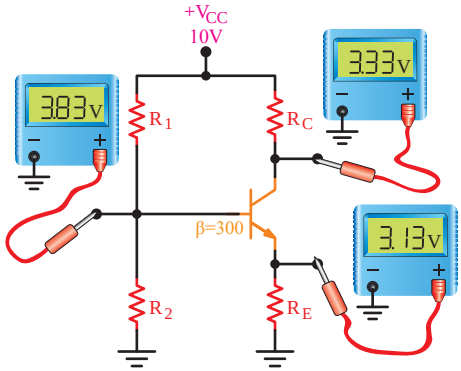
سردار سرلشکر پاسدار شهید حسن تهرانی‌مقدم از بنیانگذاران اصلی صنایع موشکی جمهوری اسلامی ایران و بنیانگذار توپخانه و موشکی سپاه در دوران پر افتخار هشت سال دفاع مقدس و مسئول سازمان خودکفایی و تحقیقات صنعتی سپاه پاسداران، بود. این شهید گرانقدر تقریباً ۲۵ سال از عمر خود را در ایجاد و توسعه این بخش از توان دفاعی قرار داده بود و به‌عنوان پدر موشکی ایران لقب گرفت.

تولد؛ ۱۳۳۸: حسن تهرانی‌مقدم در ۶ آبان ماه ۱۳۳۸ در محله سرچشمه تهران متولد شد.

همراهی در مبارزات انقلابی؛ ۱۳۵۷: هم‌زمان با اوج‌گیری فعالیت انقلابی، تحت‌تأثیر برادرش (محمد) به صف انقلابیون پیوست.

عضویت در سپاه پاسداران؛ تیرماه ۱۳۵۹: تهرانی‌مقدم در ۲۱ سالگی و در ابتدای شکل‌گیری رسمی سپاه پاسداران، به‌عنوان مسئول اطلاعات منطقهٔ ۳ سپاه شمال، مشغول به فعالیت شد و تا ۵۹/۷/۳۱ در این سمت باقی ماند. در زمان بروز ناآرامی‌ها در نقاط مرزی که مهم‌ترین آنها حوادث تجزیه‌طلبانه در کردستان بود، سپاه را در ۱۵ ماه اول عمر خود متوجه ضرورت تقویت صبغه نظامی کرد. با این رویکرد تا شهریور ۱۳۵۹ که کشور در آستانه هجوم رژیم بعث عراق قرار گرفت، حداکثر توان رزمی سپاه، تعداد معدودی گردان‌های رزمی بود که با روش‌های چریکی و غیرکلاسیک، درگیر مبارزه با اشرار و ضد انقلابیون مسلح در کردستان شدند. سنگین‌ترین سلاحی که در آن دوران در اختیار سپاه بود، تعدادی خمپاره‌انداز و آرپی‌جی و تیربار بود، درحالی‌که در همین وضعیت، ضد انقلابیون در کردستان، حتی به توپخانه نیز مجهز بودند. شاید آمار کل سلاح‌های سپاه در آن مقطع از چند هزار تفنگ G۳، کلت، آرپی‌جی و ده‌ها قبضه خمپاره‌انداز تجاوز نمی‌کرد.

۱ با توجه به مقادیر نشان داده شده در شکل روبه‌رو V_{CE} و V_{BE} و V_{CB} را محاسبه کنید. ناحیهٔ کار ترانزیستور را مشخص کنید.



پاسخ:

ناحیه قطع کار می‌کند.

$V_{CE}=V_C-V_E$

$V_{CE}=$ ۳/۳۳ − ۳/۱۳ = ۰/۲ V

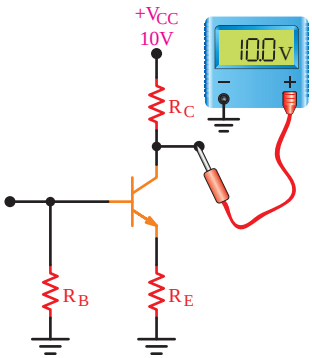
$V_{BE}=V_B-V_E$

$V_{BE}=$ ۳/۸۳ − ۳/۱۳ = ۰/۷

$V_{CB}=V_{CE}-V_{BE}$

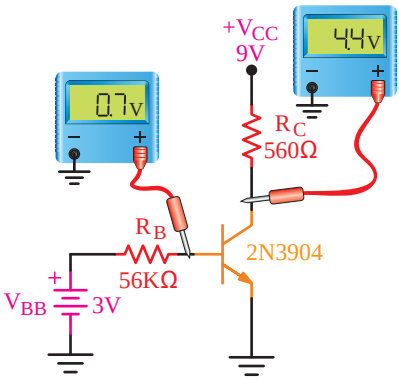
$V_{CB}=$ ۰/۲ − ۰/۷ = −۰/۵

۲ با توجه به مقدار ولتاژ نشان داده شده در شکل زیر ناحیهٔ کار ترانزیستور را مشخص کنید.



پاسخ:

ناحیه فعال کار می‌کند.



۳ با توجه به شکل روبه‌رو I_B و I_C و β_{DC} ترانزیستور را محاسبه کنید.

پاسخ:

$$-V_{CC} + R_C I_C + V_{CE} = ۰$$

$$-۹ + ۵۶۰ \times I_C + ۴/۴ = ۰$$

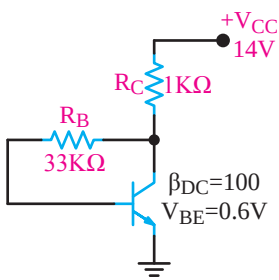
$$I_C = ۸/۲۱ \text{ mA}$$

$$-V_{BB} + R_B I_B + V_{BE} = ۰$$

$$-۳ + ۵۶ \times ۱۰^{۳} \times I_B + ۰/۷ = ۰$$

$$I_B = ۰/۰۴ \text{ mA}$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{۸/۲۱ \text{ mA}}{۰/۰۴ \text{ mA}} = ۲۰۵/۲۵$$



۴ با توجه به شکل روبه‌رو مقادیر داده شده در مدار، I_B، I_C، V_{CE} را محاسبه کنید.

پاسخ:

$$I_C = \beta I_B = ۴/۳۸ \times ۱۰^{-۷} \times ۱۰۰ = ۴/۳۸ \times ۱۰^{-۵}$$

$$-V_{CC} + R_C I_C + R_B I_B + V_{BE} = ۰$$

$$-V_{CC} + R_C \beta I_B + R_B I_B + V_{BE} = ۰$$

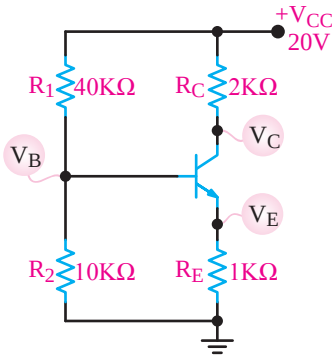
$$-۱۴ + ۱ \times ۱۰^{۳} \times ۱۰۰ I_B + ۳۳ \times ۱۰^{۳} \times I_B + ۰/۶ = ۰$$

$$I_B = -۴/۳۸ \times ۱۰^{-۷}$$

$$-V_{CC} + R_C I_C + V_{CE} = ۰$$

$$-۱۴ + ۱ \times ۱۰^{۳} \times ۴/۳۸ \times ۱۰^{-۵} + V_{CE} = ۰$$

$$V_{CE} = ۱۳/۹۵$$



۵ در شکل روبه‌رو با فرض $I_E=I_C$ ولتاژ پایه‌ها و جریان ترانزیستور را محاسبه کنید. $V_{BE}=۰/۷$

پاسخ:

$$V_B=\frac{V_{CC}R_۲}{R_۱+R_۲}$$

$$V_B=\frac{۲۰\times ۱۰}{۱۰+۴۰}=۴\ V$$

$$V_E=V_B-V_{BE}$$

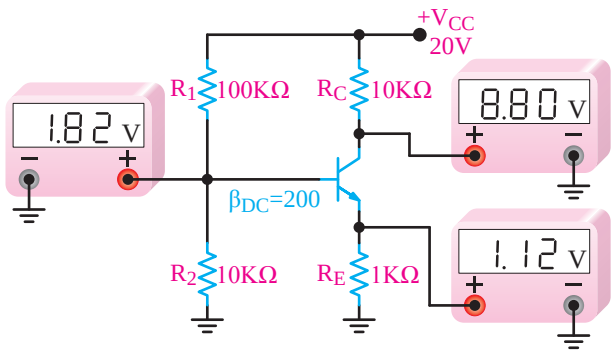
$$V_E=۴-۰/۷=۳/۳\ V$$

$$I_E=\frac{V_E}{R_E}=\frac{۴}{۱K}=۴\ mA$$

$$V_C=V_{CC}-R_CI_C$$

$$V_C=۲۰-۲\times ۱۰^{۳}\times ۴\times ۱۰^{-۳}=۱۲\ V$$

۶ با استفاده از روابط مربوط به بایاس سرخود اثبات کنید که مقادیر نشان داده‌شده توسط ولت‌مترهای شکل زیر صحیح است. $V_{BE}=۰/۷$



پاسخ:

$$V_B = \frac{V_{CC} R_۲}{R_۱ + R_۲}$$

$$V_B = \frac{۲۰ \times ۱۰}{۱۰ + ۱۰۰} = ۱/۸۱$$

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

$$V_E = ۱/۸۱ - ۰/۷ = ۱/۱۱$$

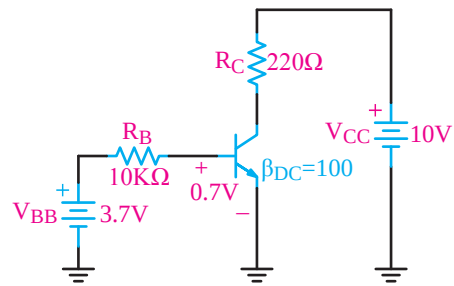
$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{۱/۱۱}{۱K} = ۱/۱۱ mA$$

$$I_E = I_C$$

$$V_C = V_{CC} - R_C I_C$$

$$V_C = ۲۰ - ۱۰ \times ۱۰^{۳} \times ۱/۱۱ \times ۱۰^{-۳} = ۸/۹ V$$

۷ـ با توجه به شکل زیر و مقادیر داده شده در مدار I_B، I_C، V_{CE} را محاسبه کنید.



پاسخ:

$$-V_{BB} + R_B I_B + V_{BE} = ۰$$

$$-۳/۷ + ۱۰ \times ۱۰^{۳} \times I_B + ۰/۷ = ۰$$

$$I_B = ۰/۳ mA$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \rightarrow I_C = \beta \times I_B = ۱۰۰ \times ۰/۳ mA = ۳۰ mA$$

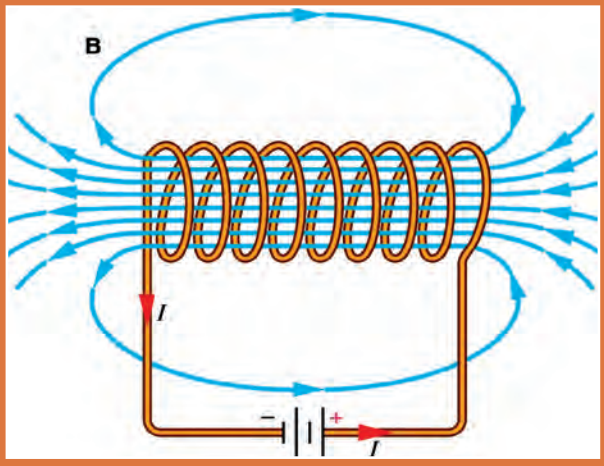
$$-V_{CC} + R_C I_C + V_{CE} = ۰$$

$$-۱۰ + ۲۲۰ \times ۳۰ \times ۱۰^{-۳} + V_{CE} = ۰$$

$$V_{CE} = ۳/۴$$

فصل ۴

کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی



واحد یادگیری ۵

بررسی کمیت‌های مغناطیسی

نوع درس: نظری **کل ساعت:** ۳۰ ساعت **ساعت نظری:** ۳۰ ساعت

سؤالات پیشنهادی

- میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان را تعریف کند.
- رابطه میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان را توضیح دهد.
- کمیت‌های مغناطیسی را نام ببرد.
- نیروی محرکه مغناطیسی را تعریف کند.
- رابطه نیروی محرکه مغناطیسی را توضیح دهد.
- شدت میدان مغناطیسی را تعریف کند.
- رابطه شدت میدان مغناطیسی را توضیح دهد.
- فوران مغناطیسی را تعریف کند و واحدهای آن را نام ببرد.
- چگالی میدان مغناطیسی را تعریف کند و رابطه آن را توضیح دهد.
- ضریب نفوذ میدان مغناطیسی و رابطه آن را توضیح دهد.
- ضریب نفوذ میدان مغناطیسی در خلأ را تعریف کند و عدد خاص آن را بیان کند.
- ضریب نفوذ میدان مغناطیسی نسبی را تعریف کند و رابطه آن را توضیح دهد.
- مدارهای مغناطیسی را تعریف کند و اجزای آن را نام ببرد.
- مقاومت مغناطیسی را تعریف کند و رابطه آن را توضیح دهد.
- مقاومت مغناطیسی یک مدار مغناطیسی با فاصله هوایی را تعریف کند و رابطه آن را توضیح دهد.
- اجزای یک مدار مغناطیسی ساده را با یک مدار الکتریکی ساده مقایسه کند.
- روابط حاکم بر مدار مغناطیسی ساده را با مدار الکتریکی ساده مقایسه کند.
- روابط حاکم بر مدار مغناطیسی ساده را با کمک قانون نیروی محرکه مغناطیسی تحلیل نماید.
- روابط حاکم بر مدار مغناطیسی ساده با فاصله هوایی را به کمک قانون نیروی محرکه مغناطیسی تحلیل نماید.

ماکسول

جیمز کلارک ماکسول در ۱۳ نوامبر سال ۱۸۳۱ در ادینبرای اسکاتلند متولد شد. از کودکی به ریاضیات و فیزیک علاقه فراوان داشت، در سال ۱۸۴۷ وارد دانشگاه ادینبرا شد و در ۱۸۵۰ به دانشگاه کمبریج رفت و در سال ۱۸۵۴ از تحصیل فراغت یافت.
ماکسول از سال ۱۸۵۶ تا ۱۸۶۵ استاد کالج مارشال در آبردین و کالج کینگ لندن بود، وی در سال ۱۸۷۳ کتابی به نام دوره الکتریسیته و مغناطیس منتشر کرد و بلافاصله به سمت استاد کرسی فیزیک‌دانشگاه انتخاب شد. ولی عمر وی کوتاه بود و در سال ۱۸۷۹ در سن ۴۹ سالگی وفات یافت.

ویلهم‌وبر

ویلهم وبر در سال ۱۷۹۵ میلادی در آلمان به دنیا آمد. وی فیزیک‌دان بود و شهرتش به مطالعات در زمینه مغناطیس مربوط می‌شود. وبر در سال ۱۸۷۸ میلادی دیده از جهان فرو بست.

تحقیق کنید:

تحقیق کنید یک وبر برابر چند ماکسول است.

پاسخ:

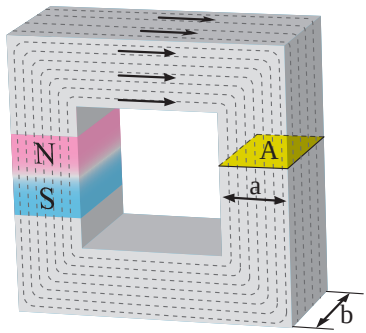
$1[v.sec] = 1[web] = 10^{8}[max]$

گاوس

کارل فردریش گاوس در سال ۱۷۷۷ میلادی در آلمان به دنیا آمد. معاصرانش او را سلطان ریاضی‌دانان می‌نامیدند. استعداد ریاضی گاوس از دوران کودکی ظاهر شد.خود او، وقتی دوران کودکی‌اش را به یاد می‌آورد، به شوخی می‌گفت: «من شمردن را پیش از حرف زدن یاد گرفتم» او آموزش عالی خود را در دانشگاه گوتینگن گذراند. بعدها به مدت ۵۰ سال، کرسی استادی همین دانشگاه را به عهده داشت. گاوس در سال ۱۸۵۵ درگذشت.

کار در کلاس:

آهنربایی با فوران مغناطیسی ۰/۰۲mwb مطابق شکل زیر در نظر است. چگالی فـوران مغناطیسی در سطح مقطع A هسته چند گـاوس می‌باشد؟ درصورتی که $b = ۲۰mm$ و $a = ۱۰\ mm$ باشد.



پاسخ:

- سطح مقطع A برابر است با: $A = a.b = ۱۰\times۲۰ = ۲۰۰[mm^۲]$
- واحد سطح مقطع به مترمربع تبدیل می‌شود:

$$\frac{۱m}{A}=\frac{۱^۶ mm^۲}{۲۰۰mm^۲}$$

$$A=\frac{۲۰۰\times۱}{۱۰^۶}=۲۰۰\times۱۰^{-۶}=۲\times۱۰^{-۴}[m^۲]$$

- واحد فوران مغناطیسی به وبر تبدیل می‌شود:

$$\frac{۱wb}{\varphi}=\frac{۱۰^۳ mwb}{۰/۰۲mwb}$$

$$\varphi=\frac{۰/۰۲\times۱}{۱۰^۳}=۰/۰۲\times۱۰^{-۳}=۲\times۱۰^{-۵}[web]$$

- از رابطه چگالی فوران مغناطیسی به‌دست می‌آید:

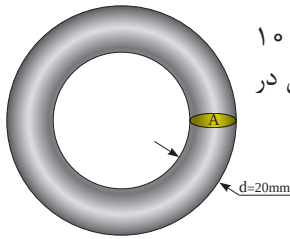
$$B=\frac{\varphi}{A}=\frac{۲\times۱۰^{-۵}}{۲\times۱۰^{-۴}}=۰/۱\left[\frac{wb}{m^۲}\right]=[T]$$

- واحد چگالی فوران مغناطیسی به گاوس تبدیل می‌شود:

$$\frac{۱T}{۰/۱T}=\frac{۱۰^۴ G}{B}$$

$$B=\frac{۰/۱\times۱۰^۴}{۱}=۰/۱\times۱۰^۴=۱۰۰۰[G]$$

کار در کلاس:



آهنربایی با چگالی فوران مغناطیسی ۱۰۰۰۰ G مطابق شکل روبه‌رو در نظر است. فوران مغناطیسی در سطح مقطع A هسته چند میلی وبر است؟

پاسخ:

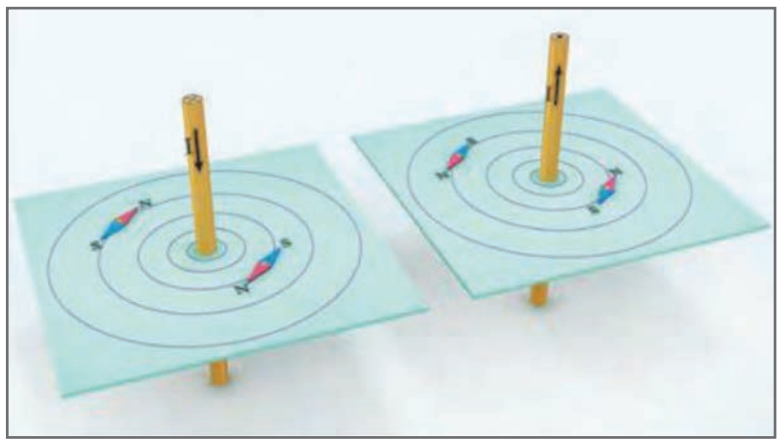
$$B = ۱۰۰۰۰ \times ۱۰^{-۸} = ۱۰^{-۴}\ T$$

$$A = \frac{\pi d^{۲}}{۴} = \frac{\pi}{۴} \times ۴۰۰ \times ۱۰^{-۶} = ۱۰^{-۴}\pi m^{۲}$$

$$\varphi = B \times A = ۱۰^{-۴} \times ۱۰^{-۴}\pi$$

دانش افزایی

جریان الکتریکی، میدان مغناطیسی تولید می‌کند اورستد اولین کسی بود که به بررسی ارتباط بنیادی میان جریان الکتریکی و مغناطیس پرداخت و نظریه الکترومغناطیس را ارائه کرد. وی برای تشریح این نظریه با قرار دادن یک عقربه مغناطیسی در تمام نقاط مختلف اطراف یک هادی حامل جریان مطابق شکل مشاهده کرد عبور جریان الکتریکی باعث انحراف عقربه مغناطیسی می‌شود و با تغییر جهت جریان الکتریکی در هادی، جهت عقربه‌های مغناطیسی تغییر می‌کند.



کار در کلاس:

چگالی فوران میدان مغناطیسی در نقطه‌ای به فاصله ۱CM از هادی حامل جریان ۱۰A چند گاوس است؟

پاسخ:

- واحد فاصله برحسب متر تبدیل می‌شود.

$$\frac{1m}{r}=\frac{100cm}{1cm}$$

$$r=\frac{1\times 1}{100}=0/01m$$

- چگالی میدان مغناطیسی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$B=k\frac{i}{r}$$

$$B=2\times 10^{-7}\times\frac{10}{0/01}=2\times 10^{-4}\left[\frac{wb}{m^2}\right].[T]$$

- واحد چگالی فوران مغناطیسی به گوس تبدیل می‌شود:

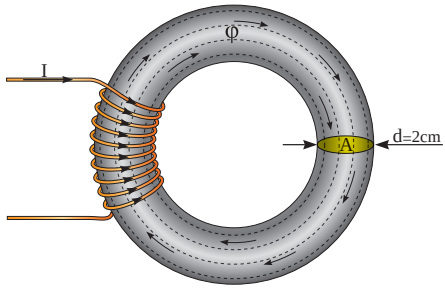
$$\frac{10}{2\times 10^{-4}T}=\frac{10^4 G}{B}$$

$$B=\frac{2\times 10^{-4}\times 10^4}{1}=2[G]$$

نیکولا تسلا

نیکولا تسلا در سال ۱۸۵۶ در امپراتوری اتریش مجارستان متولد شد و در سال ۱۸۸۴ به‌عنوان یک فیزیک‌دان به ایالات متحده آمریکا مهاجرت کرد. او پیشگام تولید، انتقال و استفاده از جریان الکتریکی متناوب شد. در سال ۱۸۸۸ شرکت وستینگ هاوس امتیاز تسلا شامل موتور و ژنراتور الکتریکی را خرید و این شرکت از سیستم جریان متناوب تسلا برای روشنایی استفاده کرد.

تسلا در طی زندگی‌اش یک میراث حقیقی از اختراعات به‌جای گذاشت که امروزه هنوز جذاب است. جهان به افتخار نام او نام واحد چگالی شار مغناطیسی را تسلا گذاشت. نیکولا تسلا در سال ۱۹۴۳ در اتاق یک هتل در شهر نیویورک دیده از جهان فروبست.



کار در کلاس: سیم‌پیچ حامل جریان الکتریکی شکل روبه‌رو، میدان الکترومغناطیسی با فوران ۳/۱۴mwb در هسته تولید می‌کند. چگالی فوران مغناطیسی در هسته چند تسلا است؟

پاسخ:

■ چگالی فوران از رابطه $B=\frac{\varphi}{A}$ به‌دست می‌آید ابتدا واحد فوران را به وبر تبدیل می‌کنیم و سپس مساحت سطح مقطع را محاسبه کنیم:

$$\frac{1wb}{\varphi}=\frac{10^{3}mwb}{\frac{3}{14}}\Rightarrow\varphi=\frac{3/14}{10^{3}}=3/14\times10^{-3}[wb]$$

$$A=\frac{\pi d^{2}}{4}$$

$$A=\frac{\pi(2)^{2}}{4}=3/14\,[cm^{2}]$$

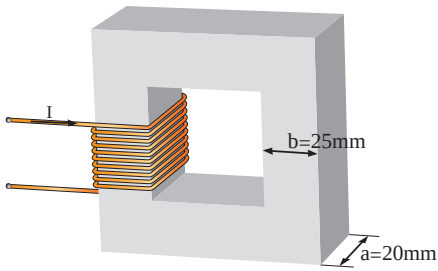
$$\frac{1m^{2}}{A}=\frac{10^{4}cm^{2}}{3/14}\Rightarrow A=\frac{1\times3/14}{10^{4}}=3/14\times10^{-4}[m^{2}]$$

$$B=\frac{\varphi}{A}$$

$$B=\frac{3/14\times10^{-3}}{3/14\times10^{-4}}=10\left[\frac{wb}{m^{2}}\right]=[T]$$

کار در کلاس:

سیم‌پیچ حامل جریان الکتریکی شکل روبه‌رو، چگالی فوران مغناطیسی ۱ تسلا را در هسته ایجاد کرده است. فوران مغناطیسی هسته چند میلی وبر است؟



پاسخ:

$A = a.b = 20\times25 = 500\times10^{-6}\,[m^{2}]$

$\varphi = B\times A = 1\times500\times10^{-6}\,[web]$

کار در کلاس:

از یک سیم‌پیچ با ۵۰۰۰ دور، جریان الکتریکی ۰/۱ آمپر می‌گذرد. نیروی محرکهٔ مغناطیسی آن چند آمپر است؟

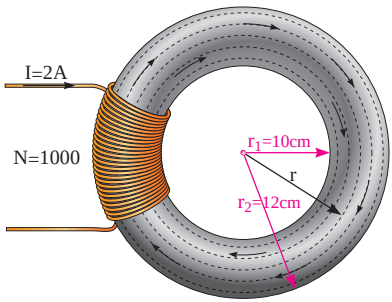
پاسخ:

$\theta = NI$

$\theta = ۵۰۰۰ \times ۰/۱ = ۵۰۰ [A.T]$

کار در کلاس:

شدت میدان مغناطیسی شکل روبه‌رو را به‌دست آورید.



پاسخ:

- شدت میدان مغناطیسی H از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\theta = \frac{NI}{L_C}$$

- طول متوسط هسته L_C به شکل دایره است. برای محاسبه آن باید ابتدا شعاع متوسط هسته را به‌دست آورد:

$$r = \frac{r_۱ + r_۲}{۲} = \frac{۱۰ + ۱۲}{۲} = ۱۱cm$$

- محیط دایره از رابطه مقابل به‌دست می‌آید:

$L = ۲\pi R$

$L_C = ۲ \times ۳/۱۴ \times ۱۱ = ۶۹/۰۸ [cm]$

- واحد طول متوسط را به متر تبدیل می‌کنیم:

$$\frac{۱m}{L_C} = \frac{۱۰۰cm}{۶۹/۰۸cm}$$

$$L_C = \frac{۶۹/۰۸ \times ۱}{۱۰۰} = ۰/۶۹۰۸m$$

- اکنون شدت میدان مغناطیسی از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$H = \frac{NI}{L_C} = \frac{۱۰۰ \times ۲}{۰/۶۹۰۸} = ۲۸۹۵/۱۹ [\frac{AT}{M}]$$

آمپر

آندره آمپر در سال ۱۷۷۵ در شهر لیون فرانسه به دنیا آمد. در سال ۱۸۰۹ سمت استادی آنالیز و مکانیک پلی تکنیک را به‌دست آورد. وی در سال ۱۸۳۶ به دنبال کار مداوم که روح و تن او را خسته و فرسوده کرده بود در گذشت.

کار درکلاس:

شدت میدان مغناطیسی در هسته به طول ۲۰ cm برابر $۲۰۰۰[\frac{AT}{m}]$ است. اگرسیم‌پیچ این هسته دارای ۴۰۰۰ دور باشد، شدت جریان الکتریکی آن چند آمپر است؟

پاسخ:

$$H = ۲۰۰۰[\frac{AT}{m}]$$

$$L = ۰/۲[m]$$

$$N = ۴۰۰۰ \text{ دور}$$

$$HL = NI \rightarrow I = \frac{۲۰۰۰ \times ۰/۲}{۴۰۰۰} = ۰/۱[A]$$

کار درکلاس:

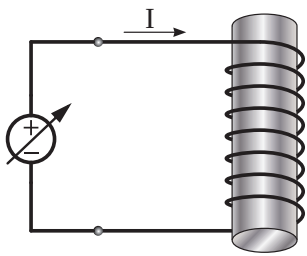
واحدضریب نفوذ مغناطیسی μ چگونه به‌دست می‌آید؟

پاسخ:

$$[\mu] = \frac{\frac{wb}{m^۲}}{\frac{A.T}{m}} = \frac{wb.m}{ATm^۲} = [\frac{wb}{AT.m}]$$

تحقیق کنید:

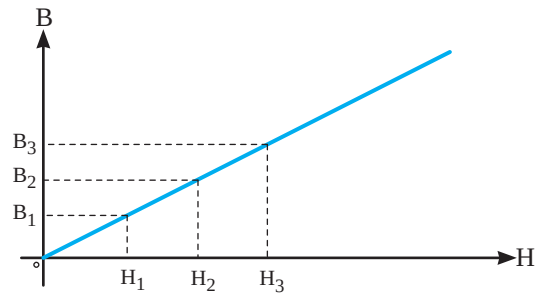
در مورد ضریب نفوذ مغناطیسی در خلأ تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.



پاسخ:

برای نشان دادن ضریب نفوذ مغناطیسی در خلأ، جریان مستقیم از سیم‌پیچ بدون هسته در خلأ عبور داده شده است. جریان الکتریکی سیم‌پیچ از صفر به آهستگی تا حداکثر مجاز

افزایش داده می‌شود. افزایش جریان I، شدت میدان مغناطیسی سیم‌پیچ را طبق رابطه $H = \frac{NI}{L}$ افزایش می‌دهد. اگر تغییرات چگالی فوران مغناطیسی B درون سیم‌پیچ نسبت به افزایش شدت میدان مغناطیسی H سیم‌پیچ رسم شود، نمودار خطی شکل به‌دست می‌آید.

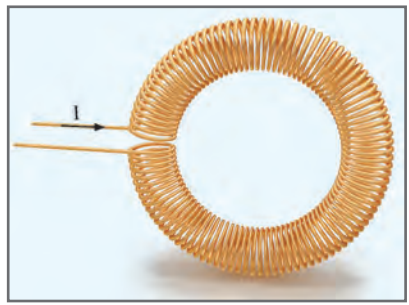


در شکل بالا مشاهده می‌شود تغییرات چگالی فوران مغناطیسی B نسبت به تغییر شدت میدان مغناطیسی H خطی است. شیب این خط مقداری ثابت دارد و بیانگر «ضریب نفوذ مغناطیسی در خلأ» می‌باشد. طبق تعریف، نسبت چگالی فوران مغناطیسی B به شدت میدان مغناطیسی H در هر نقطه از این نمودار را«ضریب نفوذ مغناطیسی خلأ» گویند و آن را با «μ_0» نشان می‌دهند و از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$\mu_0 = \frac{B_0}{H_0}$$

کار در کلاس:

سیم‌پیچی بدون هسته در خلأ دارای ۱۰۰۰ حلقه و طول متوسط ۱۰ سانتی‌متر در شکل زیر نشان داده شده است. چگالی فوران مغناطیسی درون این سیم‌پیچ در خلأ ۰/۶ وبر بر متر مربع اندازه‌گیری شده است. جریان الکتریکی سیم‌پیچ چند آمپر است؟



پاسخ:

- شدت میدان مغناطیسی از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$\mu_0 = \frac{B_0}{H_0}$$

$$H_0 = \frac{B_0}{\mu_0} = \frac{0/6}{4\pi \times 10^{-7}} = 500000[\frac{A.T}{M}]$$

- جریان سیم‌پیچی از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

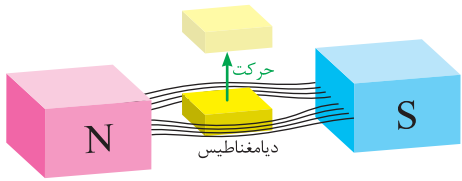
$$H = \frac{NI}{L}$$

$$I = \frac{H.L}{N} = \frac{5000000 \times 10 \times 10^{-2}}{1000} = 50[A]$$

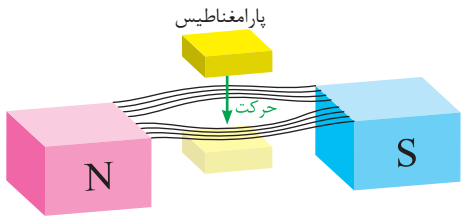
تحقیق کنید:

مواد براساس ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی به چند گروه دسته‌بندی می‌شوند؟ بررسی کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

پاسخ:



مواد دیامغناطیس: ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی μ_r مواد دیامغناطیس کمی کمتر از یک می‌باشد. جیوه، نقره، قلع و آب از این مواد هستند. در مواد دیامغناطیس مولکول‌های مغناطیسی به‌وجود نمی‌آید. هنگامی که مواد دیامغناطیس در میدان مغناطیسی آهن‌ربای قوی مطابق شکل مقابل قرار می‌گیرند: فوران مغناطیسی را از خود عبور نمی‌دهند. میدان مغناطیسی را غیریکنواخت می‌کنند و از طرف میدان مغناطیسی دفع می‌شوند.



مواد پارامغناطیس: ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی μ_r مواد پارامغناطیس کمی از یک بیشتر است. آلومینیم، هوا و پلاتین از این مواد هستند. مواد پارامغناطیس، مولکول‌های مغناطیسی ضعیفی دارند؛ هنگامی که مواد پارامغناطیس در میدان مغناطیسی آهن‌ربای قوی مطابق شکل قرار می‌گیرند. مولکول‌های مغناطیسی آنها می‌کوشند

تا در جهت میدان مغناطیسی منظم شوند و به طرف ناحیه قوی میدان مغناطیسی کشیده می‌شوند. عامل این حرکت نیروی جاذبه بین مولکول‌های مغناطیسی این مواد و میدان مغناطیسی است که به آهنربا تبدیل می‌شوند و با خروج از میدان مغناطیسی، خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهند.

مواد فرومغناطیس: ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی μr مواد فرومغناطیس بین ۲۰۰۰ تا ۸۰۰۰۰ است. آهن و آلیاژهای آن از این مواد هستند. مواد فرومغناطیسی مولکول‌های مغناطیسی بسیار قوی دارند. هنگامی که مواد فرومغناطیس در میدان مغناطیسی آهن ربای قوی قرار می‌گیرند:

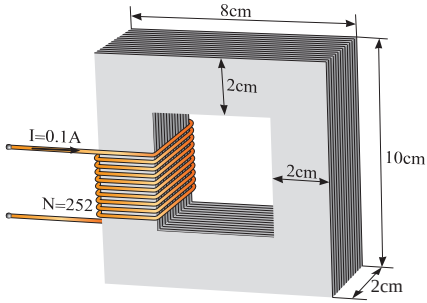
- مولکول‌های مغناطیسی آنها در جهت میدان مغناطیسی منظم می‌شوند و به بالاترین درجه هم‌سویی می‌رسند.
- به طرف ناحیه قوی میدان مغناطیسی کشیده می‌شوند و جذب قطب‌ها می‌شوند.
- به آهنربا تبدیل می‌شوند و با خروج از میدان مغناطیسی، خاصیت آهنربایی خود را از دست نمی‌دهند.
- اگر دمای مواد فرومغناطیس از یک مقدار معین که دمای «کوری» نامیده می‌شود بالاتر برود، هم‌سویی مولکول‌های مغناطیسی از بین می‌رود و این مواد پارامغناطیس می‌شوند.

در جدول زیر ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی μr چند نمونه از مواد در ناحیه اشباع نشده با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

مواد فرومغناطیس		مواد پارامغناطیس		مواد دیامغناطیس	
ماده	μ_r	ماده	μ_r	ماده	μ_r
آهن بدون آلیاژ	تا ۶۰۰۰	هوا	۱/۰۰۰۰۰۰۴	جیوه	۰/۹۹۹۷۵
فولاد الکتریکی	تا ۶۵۰۰	اکسیژن	۱/۰۰۰۰۰۰۳	نقره	۰/۹۹۹۹۸۱
آهن نیکل آلیاژ	۳۰۰۰۰۰	آلومینیم	۱/۰۰۰۰۳۲	قلع	۰/۹۹۹۸۸
فریت‌مغناطیسی	۱۰۰۰۰	پلاتین	۱/۰۰۰۳۶	آب	۰/۸۹۹۹۱

کار در کلاس:

ضریب نفوذ مغناطیسی μ هستهٔ شکل روبه‌رو را که از جنس فولاد ورق است به‌دست آورید.



پاسخ:

محیط بیرونی هسته برابر است با: $L_{C1} = ۲(۱۰+۸) = ۳۶\,[CM]$

محیط درونی هسته برابر است با: $L_{C2} = ۲(۶+۴) = ۲۰\,[CM]$

محیط متوسط برابر است با: $L_C = \frac{۳۶+۲۰}{۲} = ۲۸\,[CM]$

شدت میدان مغناطیسی از رابطه زیر برابراست با:

$$H = \frac{NI}{L_C} = \frac{۲۵۲\times ۰/۱}{۲۸\times ۱۰^{-۲}} = ۹۰[\frac{AT}{M}]$$

منحنی ضریب نفوذ مغناطیسی برابر است با:

$$H = ۹۰\left[\frac{AT}{M}\right] \rightarrow \mu_r = ۶۰۰۰$$

رابطه ضریب نفوذ مغناطیسی برابر است با:

$\mu = \mu_۰\mu_r$

$$\mu = ۴\pi\times ۱۰^{-۷}\times ۶۰۰۰ = ۷/۵\times ۱۰^{-۳}[\frac{wb}{A.T.M}]$$

کار در کلاس:

هستهٔ فرومغناطیسی با ضریب نفوذ مغناطیسی $\frac{wb}{AT.m}$ ۰/۵و طول ۲۰ cm در نظر گرفته است. اگر روی این هسته، سیم‌پیچ ۲۰۰۰ دوری با شدت جریان الکتریکی ۲۰mA قرار گیرد، چگالی شار هسته چند تسلا خواهد شد؟

پاسخ:

$$\mu = ۰/۵\left[\frac{wb}{AT\,m}\right]$$

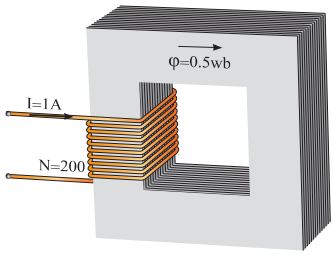
$$L = ۰/۲[m] \qquad B = \mu\frac{NI}{L} \Rightarrow B = \frac{۰/۵ \times ۲۰۰۰ \times ۲۰ \times ۱۰^{-۳}}{۰/۲} = ۱۰۰[T]$$

N = ۲۰۰۰ دور

I = ۲۰×۱۰$^{-۳}$[A]

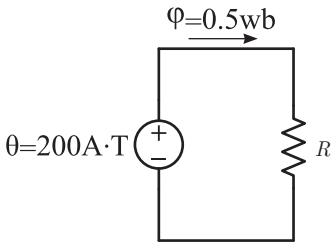
مثال:

فوران مغناطیسی در هستهٔ شکل روبه‌رو برابر ۰/۵Wb است. مقاومت مغناطیسی هسته چقدر می‌باشد؟



پاسخ:

$$\theta = N \times I = ۲۰۰ \times ۱ = ۲۰۰\ A.T$$



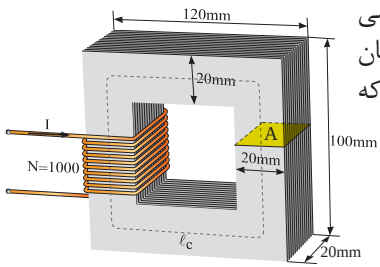
مدار الکتریکی معادل با درج مقادیر مغناطیسی بر روی آن به‌صورت شکل روبه‌رو است:

مقاومت مغناطیسی از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$R = \frac{\theta}{\varphi} = \frac{۲۰۰}{۰/۵} = ۴۰۰\begin{cases} A.T \\ wb \end{cases}$$

کار در کلاس:

اگر فوران مغناطیسی در مدار مغناطیسی شکل روبه‌رو برابر با ۴mwb باشد، جریان سیم‌پیچ چند آمپرمتر است؟ در صورتی که $\pi = ۳$ و $\mu_r = ۶۰۰۰$ باشد.



پاسخ:

- محیط بیرونی هسته برابر است با: $l_1 = (120+100) \times 2 = 440\,mm$
- محیط درونی هسته برابر است با: $l_2 = (80+60) \times 2 = 280\,mm$
- محیط متوسط برابر است با:

$$l_c = \frac{l_1 + l_2}{2} = \frac{440+280}{2} = 360\,mm$$

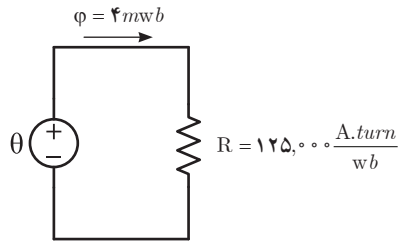
سطح مقطع بازوی هسته A که به شکل مربع است برابراست با:

سطح مقطع هسته $A_C = 20 \times 20 = 400\,mm^2$

مقاومت مغناطیسی هسته از رابطه زیر برابر است با:

$$R_c = \frac{l_c}{\mu_0 \mu_r A} = \frac{360 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-7} \times 6000 \times 400 \times 10^{-6}} = 125000\left[\frac{AT}{wb}\right]$$

- مدار الکتریکی معادل رسم و مقادیر بر روی آن درج می‌شود:



- نیروی محرکه مغناطیسی از رابطه زیر برابر است با:

$$R = \frac{\theta}{\varphi}$$

$$\theta = R_c.\varphi = 125000 \times 4 \times 10^{-3} = 500\,[A]$$

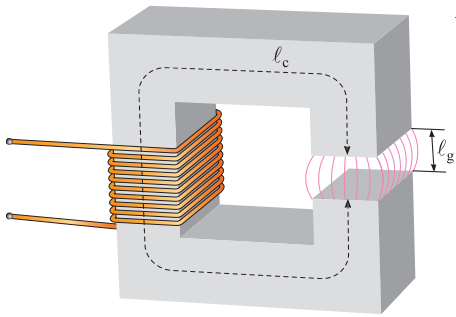
- جریان سیم‌پیچ از رابطه زیر برابر است با:

$$\theta = NI$$

$$I = \frac{\theta}{N} = \frac{500}{1000} = 0/5\,[A]$$

کار در کلاس:

در مدار مغناطیسی شکل زیر، شکاف هوایی به طول ۰/۴۸ mm ایجاد شده است. با فرض اینکه طول متوسط هسته تغییر نکرده است، برای داشتن فوران مغناطیسی ۴mwb، جریان سیم‌پیچ چند آمپر است؟



پاسخ:

- مقاومت مغناطیسی هسته تغییر نمی‌کند و برابر است با:

$$R_C = \frac{L_C}{\mu_0 \mu_1 A} = ۱۲۵۰۰۰ \left[\frac{A.T}{wb}\right]$$

- طول شکاف هوایی برحسب متر برابر است با:

$L_g = ۰/۴۸ \times ۱۰^{-۳} [m]$

- طول شکاف هوایی بسیار کوچک‌تر از ابعاد سطح مقطع هسته می‌باشد، لذا سطح مقطع شکاف هوایی با هسته برابر است.یعنی:

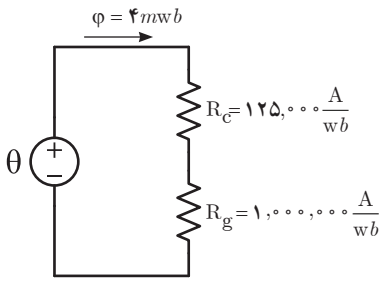
$A_g = A_C = ۴۰۰ \times ۱۰^{-۶} [m^۲]$

- برای سهولت در محاسبات ضریب نفوذ نسبی هوا برابر است با: $\mu_r = ۱$

مقاومت مغناطیسی هوا از رابطه بالا برابر است با:

$$R_g = \frac{L_g}{\mu_0 \mu_r A} = \frac{۰/۴۸ \times ۱۰^{-۳}}{۴\pi \times ۱۰^{-۳} \times ۱ \times ۴۰۰ \times ۱۰^{-۶}} = ۱۰۰۰۰۰۰ \left[\frac{A.T}{wb}\right]$$

- مدار الکتریکی معادل رسم می‌شود و مقادیر در آن نوشته خواهد شد:



■ مقاومت مغناطیسی معادل از رابطه زیر برابر است با:

$$R_{eq} = R_C + R_g = ۱۲۵۰۰۰ + ۱۰۰۰۰۰۰ = ۱۱۲۵۰۰۰ \left[\frac{A.T}{wb}\right]$$

■ نیرو محرکه مغناطیسی از رابطه زیر برابر است با:

$$R = \frac{\theta}{\varphi} \Rightarrow \theta = R.\varphi$$

$$\theta = ۱۱۲۵۰۰۰ \times ۴ \times ۱۰^{-۳} = ۴۵۰۰ [A.T]$$

■ جریان سیم‌پیچ از رابطه زیر برابر است با:

$$\theta = NI \Rightarrow I = \frac{F}{N} = \frac{۴۵۰۰}{۱۰۰۰} = ۴/۵ [A]$$

تحقیق کنید:

چرا با ایجاد شکاف هوایی، جریان سیم‌پیچ افزایش می‌یابد؟

پاسخ:

با ایجاد فاصلهٔ هوایی طول فاصلهٔ هوایی افزایش یافته و مقاومت کاهش می‌یابد و جریان افزایش می‌یابد.

ارزشیابی

۱ چگالی فوران مغناطیسی در فاصله ۲ cm از یک هادی حامل جریان ۳ T است. جریان الکتریکی هادی چند آمپر است؟

پاسخ:

$d = ۲ \times ۱۰^{-۲} m$

$$B = ۳ \times ۱۰^{-۴} \qquad \rightarrow B = K\frac{I}{d} \rightarrow I = \frac{Bd}{K} \times \frac{۳ \times ۱۰^{-۴} \times ۲ \times ۱۰^{-۲}}{۲ \times ۱۰^{-۷}} = ۳۰A$$

۲ نیروی محرکه مغناطیسی یک سیم‌پیچ ۱۰۰۰ دوری، {A.turn} ۲۰۰ است. شدت جریان الکتریکی سیم‌پیچ چند آمپر است؟

پاسخ:

$\theta = ۲۰۰ AT$

$N = ۱۰۰۰$ دور

$$\rightarrow I = \frac{\theta}{N} = \frac{۲۰۰}{۱۰۰۰} = ۰/۲A$$

۳ هسته فرومغناطیسی با ضریب نفوذ مغناطیسی $۰/۵\frac{wb}{A.T.M}$ و طول ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. اگر روی این هسته سیم‌پیچ ۱۰۰۰ دوری با شدت جریان الکتریکی ۲۰ mA قرار داده شده باشد، چگالی شار هسته چند تسلا خواهد شد؟

پاسخ:

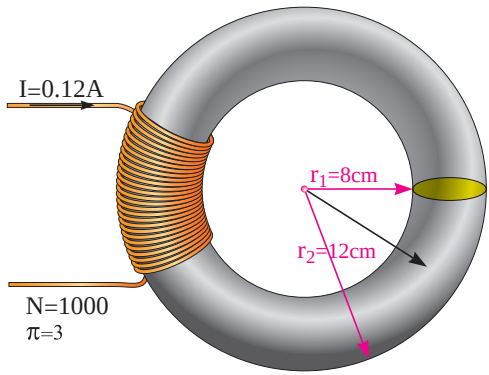
$$\mu = ۰/۵\left[\frac{wb}{ATm}\right]$$

$$L = ۰/۲[m] \qquad B = \mu\frac{NI}{L} \Rightarrow B = \frac{۰/۵\times۲۰۰۰\times۲۰\times۱۰^{-۳}}{۰/۲} = ۱۰۰[T]$$

$N = ۲۰۰۰$ دور

$I = ۲۰\times۱۰^{-۳}[A]$

۴ ضریب نفوذ مغناطیسی μ هسته شکل زیر که از جنس فولاد ورق است را به‌دست آورید.



پاسخ:

$$r = \frac{۸+۱۲}{۲} = ۱۰cm = ۰/۱m$$

$$\rightarrow L = ۲\pi r = ۰/۲\pi[m]$$

$N = ۱۰۰۰$

$I = ۰/۱۲[A]$ $\qquad B = \mu_{۰}\mu_{r}\frac{NI}{L} = ۴\pi\times۱۰^{-۷}\times\frac{۱۰۰۰\times۰/۱۲}{۰/۲\pi} = ۲۴\times۱۰^{-۵}[T]$

$\mu_r = ۱$

۵ مقاومت و فوران مغناطیسی در هسته یک مدار مغناطیسی به ترتیب $۵۰۰\frac{AT}{WB}$ و ۱۰mwb می‌باشد. اگر جریان سیم‌پیچ روی هسته ۲۰mA باشد تعداد حلقه‌های سیم‌پیچ را به‌دست آورید.

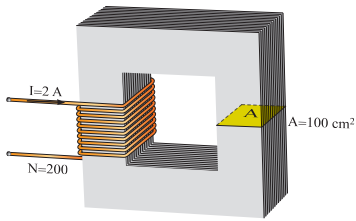
پاسخ:

$$R_m = ۵۰۰\frac{AT}{wb}$$

$\varphi = ۰/۰۱wb$ $\qquad$ $R_m\varphi = NI$

$I = ۲۰\times۱۰^{-۳}A$ $\qquad$ $N = \frac{۵۰۰\times۰/۰۱}{۰/۰۲} = ۲۵۰$ (دور)

۶ در مدار مغناطیسی شکل زیر فوران مغناطیسی هسته ۱۰mwb است؛ مطلوب است:



الف) مقاومت مغناطیسی هسته

ب) اگر یک فاصله هوایی ۱/۲mm در هسته ایجاد شود و بخواهیم فوران هسته همان مقدار قبلی بماند، جریان سیم‌پیچ را چند آمپر باید افزایش دهیم ($\pi=۳$)

پاسخ:

الف)

$\varphi = ۱۰\times۱۰^{-۳}wb$ $\qquad$ $NI = R_m\varphi$

$N = ۲۰۰$ $\qquad$ $R_m = \frac{۲۰۰\times۲}{۰/۰۱} = ۴۰۰۰۰\frac{A}{wb}$

ب)

$I = ۲A$ $\qquad$ $L_g = ۱/۲\times۱۰^{-۳}m$

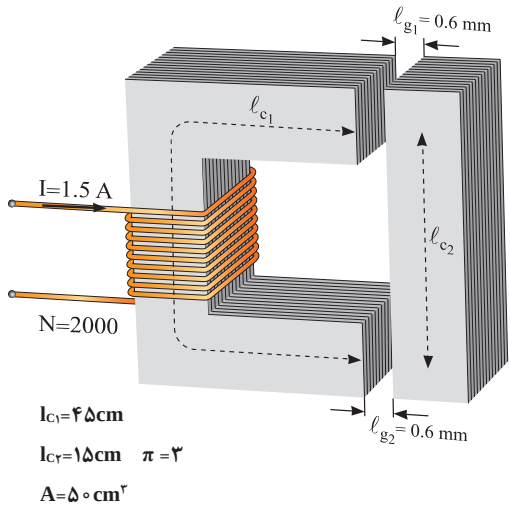
$A = ۱۰۰\times۱۰^{-۴}m^۲$

$$\varphi_g = ۱۰\times۱۰^{-۳} \rightarrow B_g = \frac{\varphi}{A} = \frac{۱۰\times۱۰^{-۳}}{۱۰^{-۲}} = ۱T$$

$$B_g = \mu_۰\mu_r H_g \rightarrow H_g = \frac{۱}{۴\pi\times۱۰^{-۷}}$$

$$H_g = \frac{NI}{L_g} \rightarrow I = \frac{\frac{۱}{۱۲}\times۱۰^{۷}\times۱/۲\times۱۰^{-۳}}{۲۰۰} = ۵A$$

۷ در مدار مغناطیسی شکل زیر مطلوب است محاسبه:
الف) مقاومت مغناطیسی در صورتی‌که فوران مغناطیسی هسته ۱۲ mwb باشد.
ب) ضریب نفوذ نسبی هسته



l_{c_1}=۴۵cm
l_{c_2}=۱۵cm π =۳
A=۵۰cm^2

پاسخ:

φ =۱۲×۱۰$^{-3}$wb $\quad R_m$=? $\quad R_m\varphi$ = NI

$$R_m \frac{۱/۵\times۲۰۰۰}{۱۲\times۱۰^{-۳}} = ۰/۲۵\times۱۰^{۶}\frac{A}{wb}$$

$$R_g = \frac{L_g}{\mu_r \mu_۰ A} = \frac{۱/۲\times۱۰^{-۳}}{۱\times۱۲\times۱۰^{-۷}\times۵۰\times۱۰^{-۴}} = ۲\times۱۰^{۵}T$$

$$R_m = R_C + R_g \rightarrow ۲۵۰۰۰۰ = ۲۰۰۰۰۰ + R_C \rightarrow R_C = ۵۰۰۰۰\frac{A}{wb}$$

$$R_C = \frac{L_C}{\mu_۰ \mu_r A} \rightarrow \mu_r \frac{۶۰\times۱۰^{-۲}}{۱۲\times۱۰^{-۷}\times۵\times۱۰^{-۴}\times۵۰\times۱۰^{۴}} = ۲۰۰۰$$

واحد یادگیری ۶

بررسی ماشین‌های الکتریکی

سؤالات پیشنهادی

- مفاهیم آسنکرون و سنکرون را تعریف کند.
- ماشین آسنکرون را در دو حالت موتوری و مولدی تعریف کند.
- ساختمان ظاهری و داخلی ماشین آسنکرون را از روی شکل توضیح دهد.
- اساس کار موتورهای آسنکرون را توضیح دهد.
- لغزش را تعریف کند.
- کاربرد موتورهای روتور سیم‌پیچی را بیان کند.
- انواع تلفات در موتورهای آسنکرون را تعریف کند.
- انواع ماشین های سنکرون را نام ببرد.
- ساختمان ظاهری و داخلی ماشین سنکرون را از روی شکل توضیح دهد.
- اساس کار موتورهای سنکرون را توضیح دهد.
- لغزش در موتورهای سنکرون را توضیح دهد.
- ساختمان داخلی مولدهای سنکرون را توضیح دهد.

- اساس کار مولدهای سنکرون را توضیح دهد.
- انواع تلفات در مولدهای سنکرون را تعریف کند.
- دیاگرام توازن قدرت در مولدهای سنکرون را رسم کند.
- روابط توان، تلفات و بازده را توضیح دهد.
- ساختمان داخلی موتورهای القایی تک فاز را از روی شکل شرح دهد.
- طرز کار موتورهای القایی تک فاز را توضیح دهد.
- انواع موتورهای القایی تک فاز را نام ببرد.
- شکل واقعی موتور فاز شکسته را از میان موتورهای تک فاز دیگر تمییز دهد.
- ساختمان موتور فاز شکسته را توضیح دهد.
- شکل مداری موتور یک فاز شکسته را رسم کند.
- طرز کار موتور یک فاز شکسته را توضیح دهد.
- کاربردهای موتور تک فاز شکسته را بیان کند.
- ساختمان موتور با خازن راه‌انداز را توضیح دهد.
- شکل واقعی موتور تک فاز خازن دائم کار را از میان موتورهای دیگر تمییز دهد.
- کاربرد موتورهای تک فاز با خازن دائم کار را بیان کند.
- کاربردهای مولد القایی تک فاز را بیان کند.
- ساختمان موتورهای تک فاز دوخازنی را توضیح دهد.
- ساختمان موتور قطب چاک‌دار را از روی شکل توضیح دهد.
- طرز کار موتور قطب چاک‌دار را توضیح دهد.
- شکل واقعی موتور یونیورسال را از دیگر موتورهای تک فاز تمییز دهد.
- ساختمان داخلی موتورهای یونیورسال را از روی شکل توضیح دهد.
- طرز کار موتور یونیورسال را توضیح دهد.
- کاربردهای مولد القایی تک فاز را بیان کند.

کار در کلاس:

چگونگی تولید میدان مغناطیسی دوّار در ماشین‌های جریان متناوب را بررسی کنید.

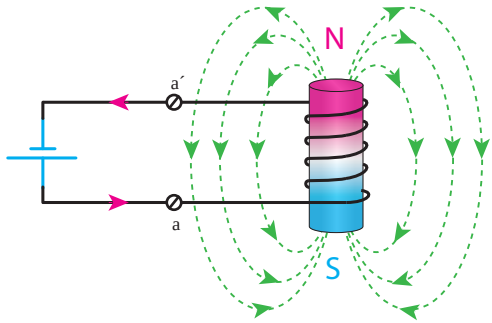
پاسخ:

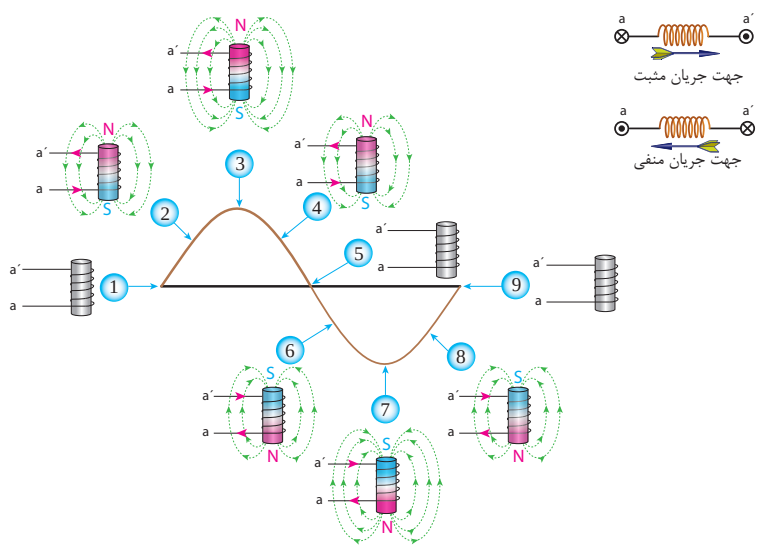
در این بخش پس از معرفی ساختار ماشین القایی سه فاز، ثابت می‌شود که چگونه با عبور جریان سه فاز از سه سیم‌پیچ استاتور ماشین القایی می‌توان میدان دوار ایجاد کرد به‌طوری که این میدان پیرامون هسته استاتور گردش نموده و بدین ترتیب شرایط لازم برای چرخش رتور را فراهم کند.

البته برای اثبات موضوع فوق از معادلات ریاضی بهره می‌گیرند ولی از آنجا که

می‌توان این موضوع را با دلایل فیزیکی نیز شرح داد، لذا برای اثبات میدان دوار از تشریح فیزیکی میدان استفاده می‌گردد.

در آغاز انواع میدان‌های ایجاد شده توسط جریان‌های مستقیم و متناوب یادآوری می‌شود. مطابق شکل پایین با عبور جریان DC از یک سیم‌پیچ می‌توان میدان ثابت ایجاد کرد. زیرا اندازه و جهت این میدان همواره ثابت است. همچنین با عبور جریان متناوب تک فاز میدانی متغیر ایجاد می‌شود که به‌صورت ضربانی جهت آن در هر نیم سیکل مرتب تغییر می‌کند که به آن میدان ضربانی می‌گویند. جهت میدان‌های مغناطیسی اطراف سیم‌پیچ در جریان متناوب تک‌فاز مطابق شکل پایین می‌باشد.





پیکان نشان داده شده در شکل بالا جهت جریان فرضی وارد و خارج شده از سیم‌پیچ را نشان می‌دهد.

تحقیق کنید:

چرا هستهٔ استاتور ماشین‌های القایی را به صورت ورقه ورقه و با پسماند کم می‌سازند؟

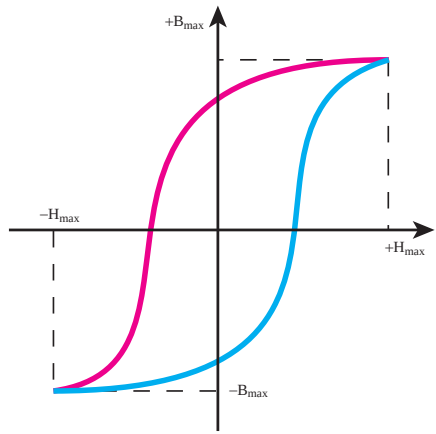
پاسخ:

هسته استاتور، مجموعه‌ای از ورق‌های فولادی است که دارای شیار در سطح داخلی آن می‌باشد که پس از قرار گرفتن در کنار هم تشکیل یک حجم استوانه‌ای توخالی را می‌دهد.

سیم‌پیچ‌های سه فاز ماشین القایی در داخل همین شیارها قرار می‌گیرند. در فصل قبل با پدیده هیسترزیس و فوکو آشنا شدید. در ماشین‌های القایی نیز به دلیل تلفات هیسترزیس، جنس هسته باید از فولاد الکتریکی با پسماند کم انتخاب شود تا تلفات هیسترزیس ماشین به حداقل ممکن برسد. همچنین برای کاهش تلفات فوکو نیز از روش ورق، ورق کردن هسته بهره می‌گیرند.

تلفات هیسترزیس

اگر نیروی محرکه مغناطیسی در مدار مغناطیسی به‌طور متناوب تغییر جهت دهد در این صورت منحنی B ـ H یعنی چگالی میدان مغناطیسی برحسب شدت میدان مغناطیسی مطابق شکل خواهد شد.



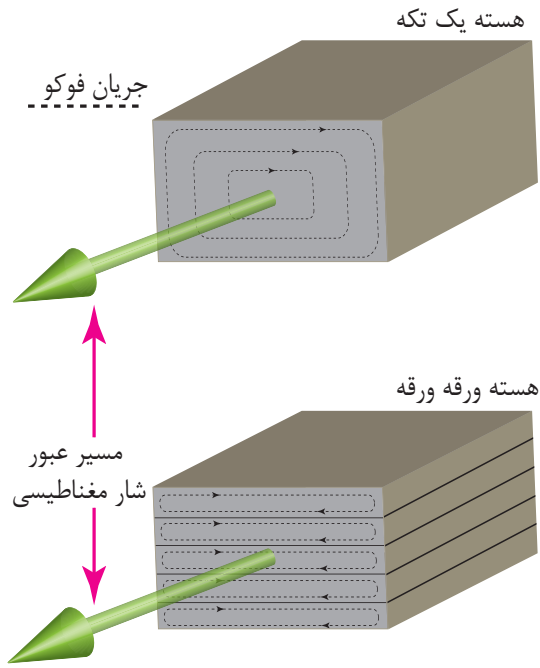
حلقه نشان داده شده در شکل را حلقه هیسترزیس می‌گویند. این حلقه بیانگر آن است که در هر سیکل برای تغییر جهت میدان مغناطیسی در مولکول‌های هسته انرژی الکتریکی لازم است. هرچه حلقه باریک‌تر باشد مساحت آن کمتر و در نتیجه انرژی تلف شده به‌صورت گرما در آن کمتر خواهد بود و بالعکس. به مقدار انرژی الکتریکی که در واحد زمان صرف تغییر جهت شار مغناطیسی در هسته می‌شود را تلفات هیسترزیس گویند.

مقدار تلفات هیسترزیس به فرکانس و جنس هسته بستگی دارد. برای کاهش تلفات هیسترزیس جنس هسته از مواد فرومغناطیس با پسماند کم انتخاب می‌شود. هرچه فرکانس شبکه بیشتر باشد عمل تغییر جهت میدان مغناطیسی سریع‌تر صورت می‌گیرد لذا افزایش فرکانس باعث افزایش تلفات هیسترزیس می‌شود اما از آنجا که فرکانس شبکه جنس هسته جزء ثابت ساختمان ترانسفورماتور هستند پس مقدار این تلفات ثابت می‌باشد.

تلفات فوکو

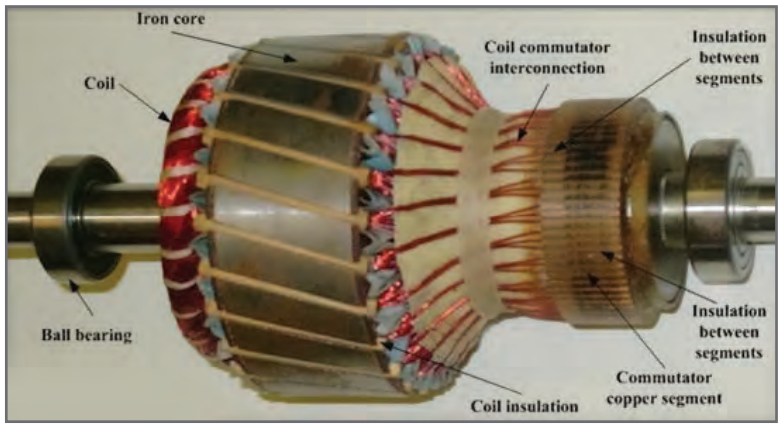
با عبور شار مغناطیسی از هسته، در هستهٔ ترانسفورماتور نیز نیروی محرکه القا می‌شود و چون هسته ترانسفورماتور هادی است، لذا جریان الکتریکی در آن القا می‌شود. مسیر حرکت جریان القایی هسته عمود بر مسیر عبور شار و مانند گرداب در مقطع هسته می‌باشد به همین خاطر آن را جریان گردابی می‌گویند.

در شکل برش مقطعی از یک هسته و مسیر جریان گردابی نشان داده شده است. با جاری شدن جریان گردابی در هسته، به‌دلیل وجود مقاومت الکتریکی آن، هسته ترانسفورماتور گرم می‌شود. مقدار انرژی که در واحد زمان ناشی از جریان‌های گردابی در هسته به گرما تبدیل می‌شود را تلفات فوکو گویند.

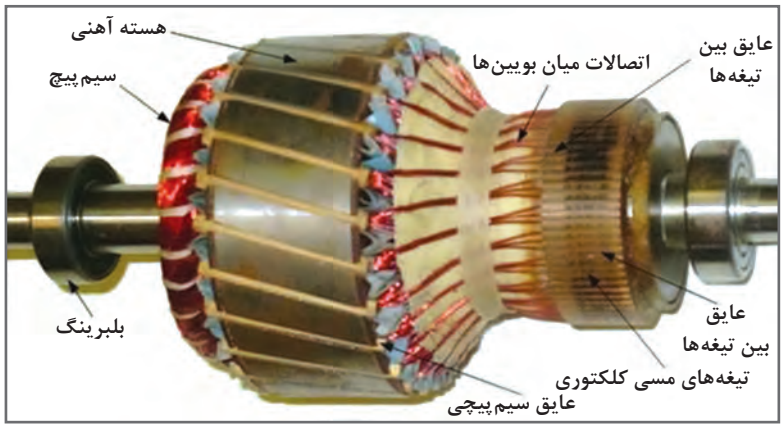


کار در کلاس:

اصطلاحات انگلیسی شکل زیر را ترجمه کنید.

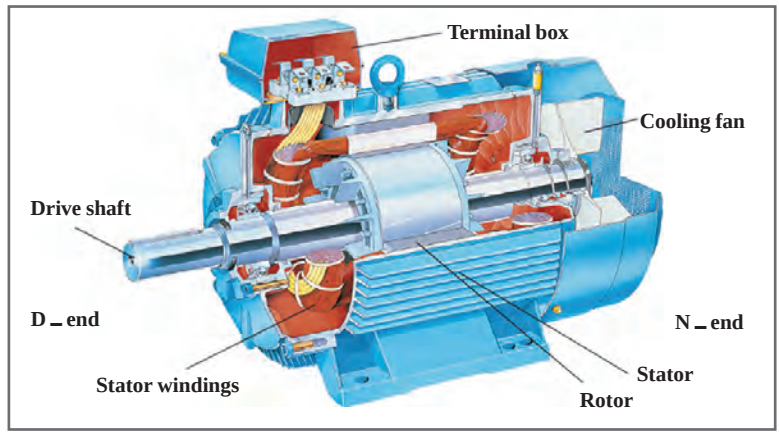


پاسخ:

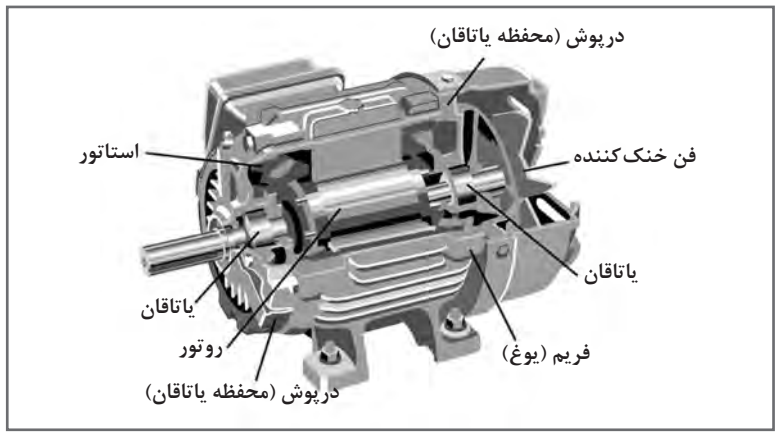


کار در کلاس:

اصطلاحات انگلیسی شکل زیر را ترجمه کنید.



پاسخ:

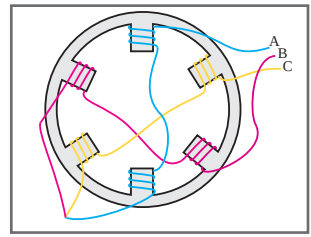


تحقیق کنید:

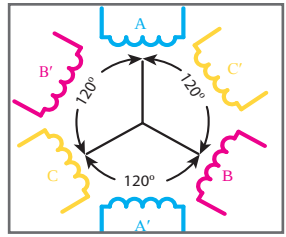
در مورد چگونگی ایجاد میدان دوّار مغناطیسی در استاتور موتورهای سه فاز آسنکرون تحقیق کرده و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

پاسخ:

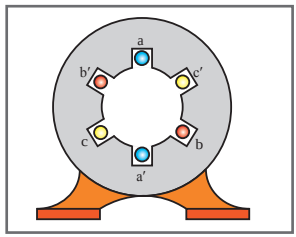
در ادامه نشان داده می‌شود که با عبور جریان‌های متناوب سه فاز در سه سیم‌پیچ مطابق شکل پایین میدان‌های گردشی یا دوار ایجاد خواهد شد. شکل (الف) سیم‌بندی سه فازه ماشین القایی دوقطبی ساده را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (ب ،ج) سیم‌پیچ‌های سه فاز a,b,c در بدنه استاتور، با اختلاف ۱۲۰ درجه مکانی نسبت به یکدیگر جاسازی شده‌اند در این ماشین بازوی برگشت سیم‌پیچ‌های هر فاز استاتور، ماشین را به دو نیم تبدیل نموده است یعنی بازوی رفت سیم‌پیچ مثلاً a با بازوی برگشت آن یعنی a′، ۱۸۰ درجه اختلاف مکانی دارد بنابراین در این ماشین القایی میدان دو قطبی ایجاد می‌شود.



الف)شمای واقعی با ماشین القایی



ب) نمایش کلاف‌ها بر اساس موقعیت مکانی

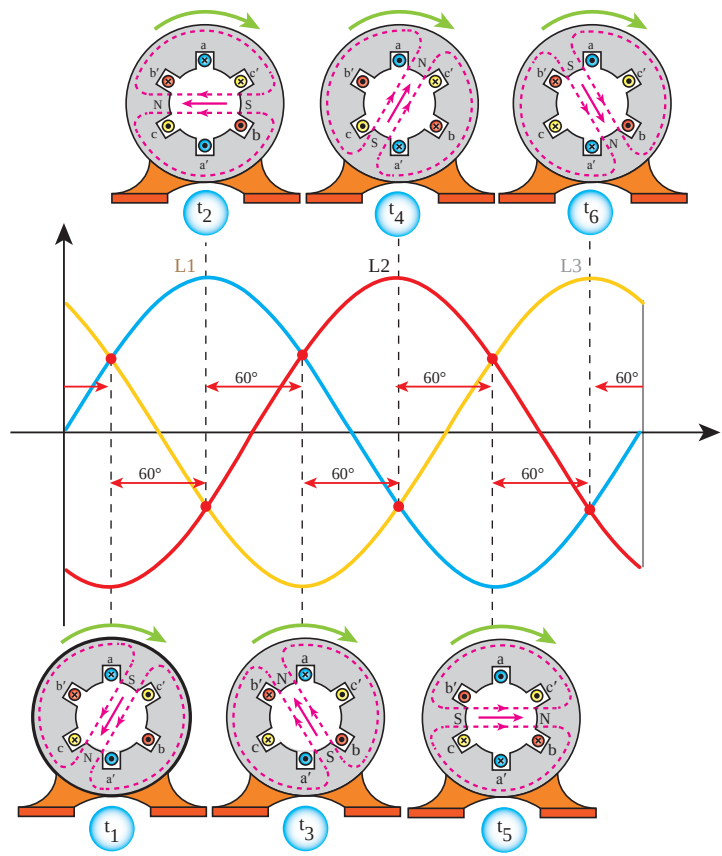


ج) شمای تک حلقه سیم‌بندی ماشین القایی با سیم‌پیچ گسترده براساس موقعیت مکانی با سیم‌پیچ متمرکز

د) شکل واقعی ماشین القایی سیم‌پیچ متمرکز مدل آزمایشگاهی

برای شروع انتهای سیم‌پیچ‌های سه فاز استاتور یعنی (a′ , b′ , c′) را با اتصال ستاره به هم متصل کرده و ابتدای آنها یعنی (a,b,c) را به منبع برق سه فاز با

ولتاژ مناسب، وصل می‌کنند. بلافاصله پس از اتصال برق سه فاز به سیم‌پیچ‌های استاتور، جریان الکتریکی در آن جاری می‌شود و سپس در هادی‌های هر سیم‌پیچ متناسب با جهت جریان عبوری از آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود.
برای تحلیل آسان‌تر میدان دوار، اندازه و جهت جریان‌های سه فازه شکل پایین در زمان‌های t_1 تا t_6 در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه فاصله هر یک از نمونه‌های زمانی ۶۰ درجه از یکدیگر می‌باشد. بنابراین با تحلیل این ۶ نقطه می‌توان گردش کامل میدان دوار را در مسیر دایره‌ای (یعنی ۳۶۰ درجه) بررسی نمود.



کار در کلاس:
استاتور موتور سه فاز آسنکرون ۶ قطب دارد. سرعت سنکرون آن در فرکانس‌های ۵۰ و ۶۰ هرتز چند دور در دقیقه است؟

پاسخ:

$$۲P=۶ \quad \rightarrow \quad P=۳ \quad , \quad NS=\frac{F\times ۶۰}{p}$$

$$F=۵۰Hz \rightarrow NS=\frac{۵۰\times ۶۰}{۳}=۱۰۰۰rpm$$

$$F=۶۰Hz \rightarrow NS=\frac{۶۰\times ۶۰}{۳}=۱۲۰۰rpm$$

مثال:

رتور موتور القایی چهار قطب در فرکانس ۵۰HZ با سرعت ۱۴۵۰RPM می‌چرخد مطلوب است سرعت لغزش و لغزش این موتور القایی:

پاسخ:

$$n_s \frac{۱۲۰f}{p}=\frac{۱۲۰\times ۵۰}{۴}=۱۵۰۰RPM$$

$$\Delta n = n_s - n_r = ۱۵۰۰ - ۱۴۵۰ = ۵۰RPM$$

$$S=\frac{\Delta n}{n_s}=\frac{۵۰}{۱۵۰۰}=۰/۰۳$$

$$۰/۰۳\times ۱۰۰ = ۳٪$$

کار در کلاس:

یک موتور القایی دو قطب در هر دقیقه ۲۸۵۰ دور می‌زند. لغزش موتور در فرکانس ۵۰ هرتز شبکه، چند درصد است؟ در لغزش ۸ درصد، سرعت رتور چند دور در دقیقه خواهد شد؟

پاسخ:

$$۲P \quad , \quad f = ۵۰Hz \quad , \quad Nr = ۲۸۵۰ \ r.p.m$$

$$NS=\frac{F\times ۶۰}{p}=\frac{۵۰\times ۶۰}{۱}=۳۰۰۰rpm$$

$$٪S=\frac{NS-Nr}{NS}\times ۱۰۰=\frac{۳۰۰۰-۲۸۵۰}{۳۰۰۰}\times ۱۰۰ \quad \rightarrow \quad ٪S = ٪۵$$

$$S=\frac{NS-Nr}{NS} \quad \rightarrow \quad SN_S = N_S - N_r \quad \rightarrow \quad N_r = N_S(۱-S)$$

$$N_r = ۳۰۰۰(۱ - ۰/۰۸) = ۲۷۶۰rpm$$

کار در کلاس:

یک موتور القایی شش قطب با فرکانس ۵۰ هرتز، به شبکه متصل و در بار نامی، دارای لغزش ۵ درصد است. سرعت حرکت رتور چقدر است؟

پاسخ:

$$N_S = \frac{F \times ۶۰}{p} = \frac{۵۰ \times ۶۰}{۳} = ۱۰۰۰ \text{rpm}$$

$$N_r = N_S\,(۱ - S) = ۱۰۰۰ \times (۱ - ۰/۰۵) = ۹۵۰ \text{RPM}$$

فعالیت

تغییرات لغزش (S) و سرعت لغزش (Δn) به چه عاملی بستگی دارد؟

پاسخ:

در ماشین القایی به اختلاف سرعت رتور (n_r) با سرعت میدان دوار (n_s) سرعت لغزش می‌گویند و آن را با رابطه زیر نشان می‌دهند.

$$\Delta n = ns - nr$$

از آنجا که سرعت رتور متغیر است لذا سرعت لغزش هم به تناسب آن تغییر می‌کند. نسبت سرعت لغزش به سرعت میدان دوار را لغزش می‌گویند و آن را با S نمایش می‌دهند.

$$S = \frac{\Delta n}{n_s}$$

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s}$$

معمولاً لغزش را در ماشین‌های القایی به‌صورت درصد نمایش می‌دهند و آن را از رابطه زیر محاسبه می‌کنند.

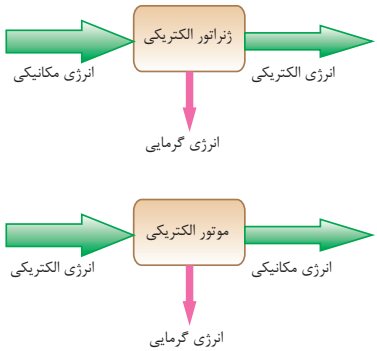
$$\% S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times ۱۰۰$$

تحقیق کنید:

در مورد توان اکتیو و راکتیو تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

پاسخ:

ماشین الکتریکی به‌عنوان موتور، انرژی الکتریکی را از طریق میدان مغناطیسی به

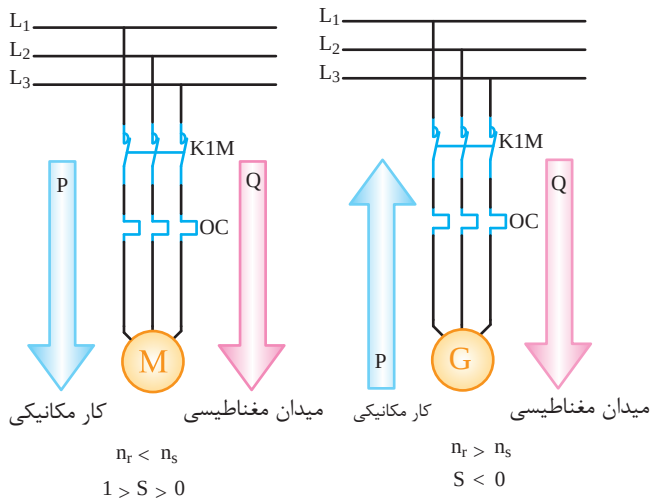


انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند. همچنین به ماشینی که انرژی مکانیکی را با کمک میدان مغناطیسی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند، ژنراتور می‌گویند. بنابراین عملکرد ژنراتور دقیقاً عکس حالت موتور الکتریکی تعریف می‌شود. تعاریف ژنراتور و موتور به‌صورت طرح‌واره در شکل روبه‌رو نشان داده شده است.

ماشین القایی، میتواند هم به‌صورت ژنراتور و یا به عنوان موتور استفاده شود. ماشین القایی در حالت موتوری از شبکه برق توان اکتیو (P) و توان راکتیو (Q) جذب می‌کند. که توان اکتیو (P) را به مصرف خروجی جهت غلبه بر بار مکانیکی می‌رساند و البته بخشی از آن نیز تلف می‌شود. توان راکتیو را موتور القایی برای ایجاد میدان دوار مغناطیسی نیاز دارد.

شکل پایین این واقعیت را نمایش می‌دهد. البته سمت انتقال توان اکتیو و راکتیو (Q,P) در موتورها از شبکه برق به طرف موتور می‌باشد.

اما در حالتی که ماشین القایی به عنوان ژنراتور استفاده شود، قدرت مکانیکی (ورودی) به محور ماشین القایی مطابق شکل پایین به‌صورت توان اکتیو (P) به شبکه برق تحویل می‌شود البته به شرطی که توان راکتیو (Q) مورد نیاز ماشین تأمین شود.



تحقیق کنید:

در مورد چگونگی اتصال ژنراتور القایی به شبکه برق تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

برای تأمین توان راکتیو (Q) دو راه وجود دارد: الف) اتصال ژنراتور القایی به شبکه برق ب) استفاده از خازن

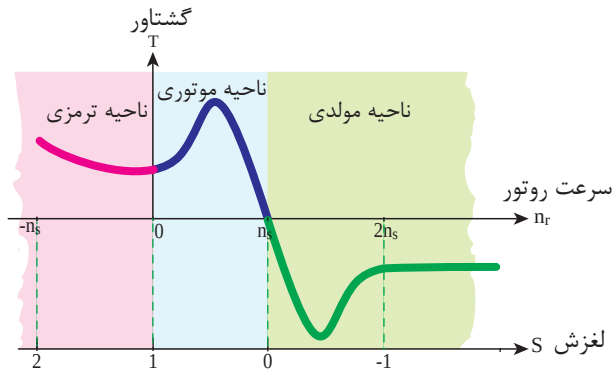
پاسخ:

اتصال ژنراتور القایی به شبکه برق

در این حالت ژنراتور القایی، توان راکتیو (Q) را از شبکه برق سه فاز دریافت نموده و در نتیجه توان اکتیو (P) را به شبکه برق تحویل می‌دهد. البته نباید فراموش کرد که باید سرعت رتور از سرعت میدان دوار بیشتر باشد ($n_s < n_r$) در این صورت لغزش منفی است ($S < 0$) تا ماشین القایی در ناحیه ژنراتوری قرار گیرد.

با اتصال ژنراتور القایی به شبکه برق، سرعت میدان دوار همواره ثابت و از رابطه بالا تبعیت می‌کند و چون سرعت رتور به سرعت محرک مکانیکی وابسته می‌باشد، تأثیری بر فرکانس ندارد. اما از آنجا که ژنراتور با فرکانس ثابت شبکه کار می‌کند، توان اکتیو تحویلی به شبکه فقط به سرعت رتور بستگی دارد.

بنابراین ژنراتور القایی، ژنراتوری است که می‌تواند با دور متغیر کار کند بدون آنکه تأثیری روی فرکانس شبکه ایجاد نماید کاربرد این نوع ژنراتورها در نیروگاه‌های بادی است. زیرا سرعت باد را نمی‌توان کنترل نمود.

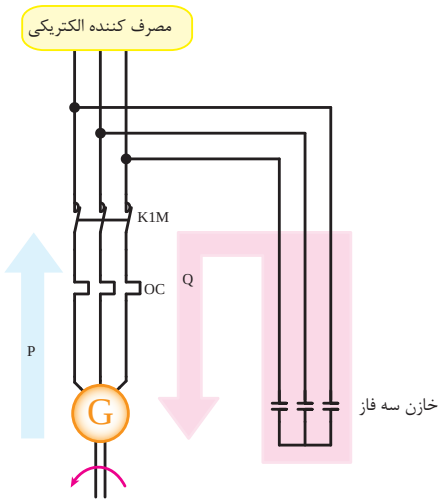


نکته

هر چه سرعت رتور ژنراتور سریع‌تر باشد توان اکتیو تولید شده بیشتر است و بالعکس با کاهش سرعت، توان اکتیو کمتری به شبکه تحویل می‌شود.

استفاده از خازن (مولد القایی در حالت منفرد)

هرگاه از ژنراتور القایی به‌صورت منفرد استفاده شود، باید توان راکتیو موردنیاز آن را مطابق شکل پایین توسط خازن تأمین نمود.



با توجه به وابستگی فرکانس به سرعت چرخش رتور و منفرد بودن ژنراتور، فرکانس برق تولید شده در این حالت کاملاً به سرعت رتور وابسته است. لازم به ذکر است که شرط ایجاد ولتاژ، وجود پسماند مغناطیسی در رتور این‌گونه ژنراتورها می‌باشد. کاربرد این ژنراتورها در مواردی است که بار مصرفی فقط از نوع اکتیو باشد. (مانند ژنراتورهای جوشکاری)

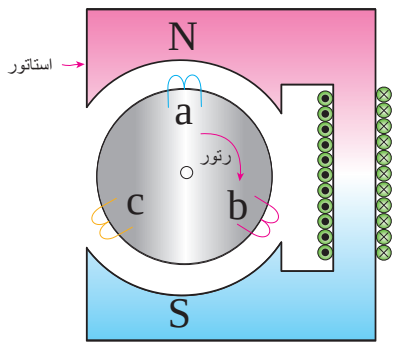
کار در کلاس:

به چه دلایلی القاگر بودن رتور (چرخش میدان مغناطیسی توسط رتور) و دریافت انرژی الکتریکی از سیم‌پیچ‌های استاتور، مزیت بیشتری نسبت به حالت عکس آن دارد.

پاسخ:

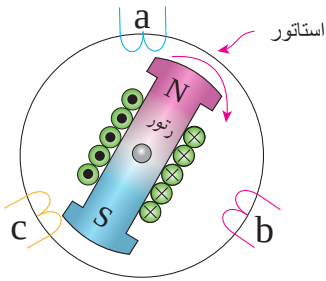
ژنراتور سنکرون سه فاز به دو روش انرژی الکتریکی تولید می‌کند:

به کمک میدان مغناطیسی ساکن:



در این حالت میدان مغناطیسی ساکن به‌وسیله سیم‌پیچ تحریک درون استاتور به‌وجود می‌آید و سه سیم‌پیچ مشابه با اختلاف فاز مکانی ۱۲۰° روی رتور قرار داده می‌شود و در داخل میدان مغناطیسی ساکن استاتور چرخانده می‌شود (مطابق شکل روبه‌رو).

به کمک میدان مغناطیسی دوار: در این حالت میدان مغناطیسی به‌وسیله سیم‌پیچ تحریک برروی رتور به‌وجود می‌آید و با چرخش رتور میدان مغناطیسی دوار فراهم می‌شود و سیم‌پیچ مشابه درون استاتور با اختلاف فاز مکانی° ۱۲۰ قرار داده می‌شود (مطابق شکل مقابل).



در ماشین‌های سنکرون سیم‌پیچ تولیدکننده میدان مغناطیسی را سیم‌پیچ تحریک و جریان عبوری از آن را جریان تحریک می‌گویند.

البته القاگر بودن رتور (چرخش میدان مغناطیسی توسط رتور) و دریافت انرژی الکتریکی از سیم‌پیچ‌های استاتور مزیت بیشتری نسبت به حالت عکس آن دارد زیرا:

الف) جریان تحریک خیلی کمتر از جریان آرمیچر می‌باشد و در نتیجه ارتباط آن از طریق حلقه‌های لغزان و جاروبک آسان‌تر و بی‌دردسرتر است.

ب) عایق‌بندی سیم‌پیچ‌های رتور به علت داشتن ولتاژ پایین (زیر ۱۰۰۰ ولت) بسیار آسان و ساده است.

ج) دریافت ولتاژ و جریان بالای سه فاز، از ترمینال‌های ثابت استاتور به سادگی امکان‌پذیر است.

د) از آنجا که قدرت ژنراتورهای نیروگاهی غالباً زیاد است، حجم سیم‌بندی القاشونده و در نتیجه وزن آن به مراتب بیشتر ازسیم‌پیچ تحریک بوده و لذا پیاده‌سازی آن بر روی رتور (که دائماً متحرک می‌باشد،) مشکل عدم توازن وزن مکانیکی را در پی خواهد داشت. هر چند دلایل فوق استفاده از چرخش میدان مغناطیسی توسط رتور را در تمامی موارد توجیه می‌کند، اما گاهی در ژنراتورهای با قدرت کم از میدان مغناطیسی ساکن در استاتور و تولید ولتاژ سه فاز توسط سیم‌پیچ‌های رتور استفاده می‌شود. در ادامه، ژنراتورهای سنکرونی بررسی خواهند شد که اصول عملکردشان همان چرخش میدان مغناطیسی است.

مثال:

رتور یک ژنراتور دو قطبی با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه می‌چرخد، در نتیجه، فرکانس ولتاژ تولید شده ۵۰ هرتز خواهد شد یعنی:

$$f = \frac{n_s \times p}{۱۲۰}$$

$$f = \frac{۳۰۰۰ \times ۲}{۱۲۰} = ۵۰Hz$$

رابطه، همان رابطهٔ سرعت سنکرون در ماشین‌های القایی است که در اینجا برحسب فرکانس بیان شده است.

کار در کلاس:

می‌خواهیم فرکانس ولتاژ ژنراتوری ۵۰ هرتز باشد:

پاسخ:

الف) اگر رتور این ماشین چهار قطبی باشد، محور ژنراتور را با چه سرعتی بچرخانیم؟

$$n_s = \frac{۱۲۰ \times f}{p} \Rightarrow n_s = \frac{۱۲۰ \times ۵۰}{۴} = ۱۵۰۰ RPM$$

ب) اگر سرعت رتور (محور ژنراتور)، ۷۵۰ rpm باشد، از ژنراتور چند قطبی باید استفاده کرد؟

$$P = \frac{۱۲۰ \times f}{n_s} \Rightarrow n_s = \frac{۱۲۰ \times ۵۰}{۷۵۰} = ۸$$

تحقیق کنید:

مزایای استفاده از چند ژنراتور سنکرون به جای یک ژنراتور بسیار بزرگ را بنویسید.

پاسخ:

موازی کردن ژنراتورهای سنکرون

در نیروگاه‌ها به جای یک ژنراتور بزرگ از چند ژنراتور کوچک‌تر به صورت موازی با یکدیگر استفاده می‌شود، علت این کار:

- بالا بردن ضریب اطمینان تأمین شبکه برق
- تغییر دائم قدرت درخواستی از شبکه

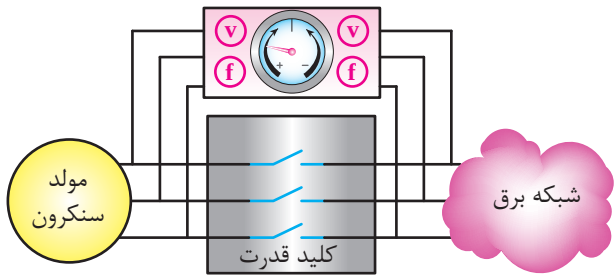
شرایط موازی کردن ژنراتورها

- برابری ولتاژ خروجی ژنراتورها
- برابری فرکانس ژنراتورها
- رعایت توالی فاز در ژنراتورها

برای انجام عملیات موازی کردن دو ژنراتور سنکرون با هم و یا یک ژنراتور سنکرون با شبکه برق سراسری از مداری مطابق شکل پایین استفاده می‌شود. مدار موازی‌سازی شامل دو دستگاه ولت‌متر، دو فرکانس متر و یک دستگاه سنکرونسکوپ می‌باشد.

یکی از ولت متر و فرکانس مترها ولتاژ و فرکانس طرف ژنراتور و دیگری ولتاژ و فرکانس طرف شبکه برق را اندازه‌گیری می‌کند. نشانگر سنکرونسکوپ زاویه فاز

بین ولتاژهای شبکه و ژنراتور را جهت کنترل توالی فازها نشان می‌دهد. وجود این سه دستگاه در تابلوی فرمان نیروگاه برای عمل موازی‌سازی لازم است. برای برابر شدن ولتاژ ژنراتورها جریان تحریک آنها را تغییر می‌دهند و برای تساوی شدن فرکانس آنها سرعت ژنراتورها را تنظیم می‌کنند.



سرعت چرخش عقربه سنکرونسکوپ به اختلاف فاز بین ژنراتور و شبکه برق بستگی دارد. هنگامی که عقربه دستگاه سنکرونسکوپ در وسط و روی عدد صفر ایستاد بهترین زمان وصل کلید قدرت بوده و موازی کردن ژنراتور بلامانع است.

کار در کلاس:

به چه دلیل موتورهای سنکرون هنگام راه‌اندازی نیاز به یک راه‌انداز کمکی دارند؟

پاسخ:

اصول کار موتور سنکرون

اگر سیم‌پیچ‌های سه فاز استاتور موتور سنکرون را به شبکه سه فاز متصل کنیم، مطابق آنچه که در موتورهای القایی گفته شد، میدان دواری با سرعت nsطبق رابطه زیردر داخل موتور ایجاد می‌گردد.

$$n_s = \frac{۱۲۰ \times f}{p}$$

اگر سیم‌پیچی رتور این موتورکه مانند رتور ژنراتورهای سنکرون است و تعداد قطب‌های آن با تعداد قطب‌های استاتور برابر می‌باشد را به منبع ولتاژ DC متصل کنیم، بر اثر عبور جریان تحریک از آن، رتور ماشین تبدیل به آهنربای دائم با تعداد قطب‌هایی متناسب با میدان گردان می‌شود. اما از آنجا که سرعت میدان دوار (مثلاً با فرکانس ۵۰ HZ) خیلی زیاد است، قطب‌های ساکن رتور، قطب‌های دوار را لحظه‌ای در مقابل و خیلی سریع در مخالف خود می‌بینند، بنابراین گشتاور یا نیروی راه‌اندازی به آن وارد نمی‌شود و رتور حرکت نمی‌کند. اما اگر رتور را با سرعتی نزدیک به سرعت سنکرون به حرکت در آوریم در این حالت دو قطب غیر همنام رتور و میدان دوار با یکدیگر قفل شده و با سرعت ثابت (میدان دوار) و در جهت چرخش میدان شروع به گردش می‌کنند. چون گشتاور راه‌اندازی موتور سنکرون صفر است پس موتور سنکرون نیاز به راه‌انداز دارد.

تحقیق کنید:

در مورد روش‌های راه‌اندازی موتور سنکرون تحقیق کنید و نتیجه را به‌صورت پرده‌نگار نمایش دهید.

پاسخ:

روش‌های راه‌اندازی موتور سنکرون

راه‌اندازی داخلی: برای راه‌اندازی موتورهای سنکرون به این شیوه از رتورهایی که بر روی آنها میله‌های قفس سنجابی تعبیه گردیده، استفاده می‌شود. بدین ترتیب که موتور در لحظهٔ راه‌اندازی مانند موتور القایی راه می‌افتد و بعد از آنکه سرعت رتور به ۷۵٪ سرعت میدان دوار رسید جریان تحریک سیم‌پیچ رتور را برقرار می‌کنند، لذا موتور به‌صورت سنکرون به‌کار خود ادامه خواهد داد. به این روش راه‌اندازی روش القایی نیز می‌گویند. از دیگر ویژگی‌های میله‌های قفس سنجابی در رتور موتورهای سنکرون خنثی کردن ضربات ناشی از بار به موتور در شرایط اضافه بار می‌باشد.

راه‌اندازی خارجی: در این روش به کمک یک محرک خارجی موتور سنکرون را راه‌اندازی می‌نمایند، سپس محرک خارجی را خاموش و از سیستم خارج می‌کنند.

بحث کلاسی

دلیل استفاده از خازن راه‌انداز در موتورهای القایی با خازن راه‌انداز را بررسی کنید.

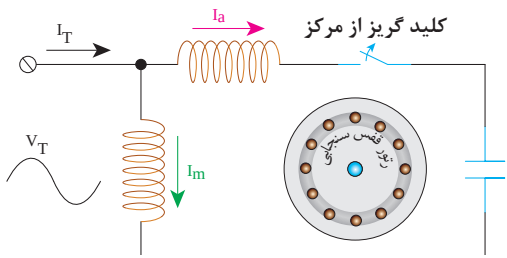
پاسخ:

موتورهای القایی با خازن راه‌انداز: شکل پایین ایجاد اختلاف فاز جریان سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز را به کمک یک خازن سری شده با سیم‌پیچ راه‌انداز نشان می‌دهد.

با محاسبه مقدار مناسب ظرفیت خازن می‌توان اختلاف زاویه بین دو جریان را در زمان راه‌اندازی به ۹۰ درجه رساند. در نتیجه گشتاور راه‌اندازی چنین موتوری بسیار خوب می‌باشد. زیرا بیشترین مقدار گشتاور در موتور القایی تک‌فاز با ایجاد این زاویه به‌دست می‌آید.

بعد از راه‌اندازی موتور، عبورجریان زیاد از خازن باعث سوختن آن می‌شود به همین خاطر باید خازن را توسط کلید گریز از مرکز از مدار خارج کرد.

با توجه به اینکه از خازن راه‌انداز جریان زیادی عبور می‌کند، باید ظرفیت آن نیز زیاد باشد. از طرفی چون این خازن مدت کوتاهی در مدار است بنابراین می‌توان از خازن‌های الکترولیتی استفاده کرد، زیرا با در نظر گرفتن ظرفیت خازن‌های الکترولیتی، حجم آنها کوچک و قیمتشان ارزان است. موتورهای القایی با خازن راه‌انداز مشخصه راه‌اندازی خوبی داشته و به‌طور کلی در وسایلی همچون کمپرسورها، دستگاه‌های چند کاره نجاری و... کاربرد دارند.



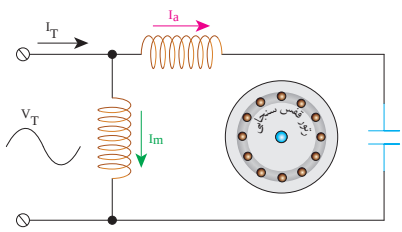
تحقیق کنید:

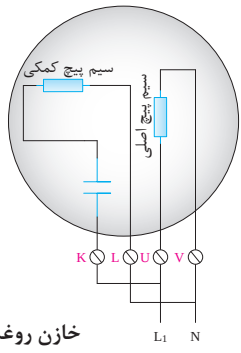
به چه دلایلی موتور القایی با خازن دائم کار را در وسایل خانگی استفاده می‌کنند؟

پاسخ:

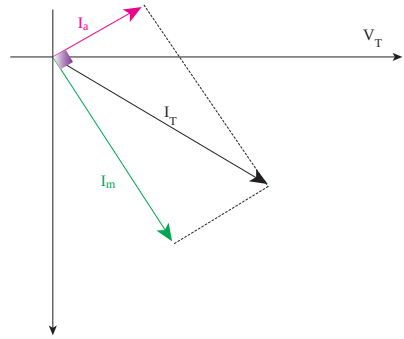
موتور القایی با خازن دائم کار: اگر مطابق شکل پایین خازن سری شده با سیم‌پیچ راه‌انداز طوری محاسبه گردد تا در موقع راه‌اندازی اختلاف فاز اندک ولی در زمان کار، اختلاف فاز تقریباً ۹۰ درجه شود می‌توان خازن را در مدار نگه داشت. در این صورت مقدار ظرفیت خازن دائم کار نسبت به خازن راه‌انداز کمتر است و در زمان راه‌اندازی جریان کمتری از آن عبور می‌کند. از طرفی چون خازن دائم کار مدت زمان بیشتری باید در مدار بماند بنابراین خازن الکترولیت برای آن مناسب نیست. لذا خازن این موتورها از نوع روغنی انتخاب می‌شود که قیمت آنها گران‌تر از خازن‌های الکترولیت است.

- راندمان، ضریب قدرت و گشتاور کار این موتورها در حالت کار بسیار خوب است.
- به دلیل اینکه سیم‌پیچ راه‌انداز از مدار خارج نمی‌شود در نتیجه سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز را در این موتورها مانند هم در نظر می‌گیرند و هر کدام نصف شیارهای استاتور را اشغال می‌کنند.
- از خصوصیات خوب این موتورها سر و صدای کم در زمان کار می‌باشد ضمن آنکه با تغییر ولتاژ سرعتشان قابل کنترل است. به همین خاطر در وسایلی همچون پنکه، ماشین لباسشویی خانگی و هر جایی که تغییر بار در نقطه کار نداشته باشیم، مناسب است.





خازن روغنی



فعالیت کلاسی

در ابتدای راه‌اندازی موتورهای القایی دو خازنی، دو خازن به چه صورت در مدار قرار می‌گیرند؟

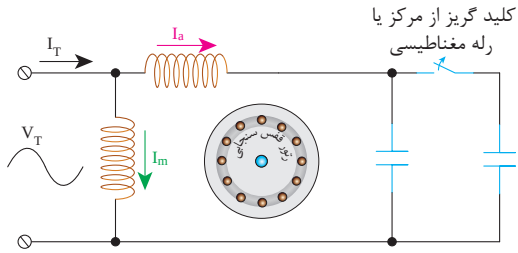
پاسخ:

موتورهای القایی دو خازنی (خازن راه‌انداز و دائم کار): اگر در موتور القایی از هر دو خازن دائم کار و راه‌انداز مطابق شکل پایین هم زمان استفاده شود، موتور را دو خازنی می‌گویند.

همان‌طور که در بخش‌های پیشین به آن اشاره شد خازن راه‌انداز از نوع الکترولیتی و با ظرفیت زیاد می‌باشد در حالی که خازن دائم کار از نوع روغنی و دارای ظرفیت کم است.

در ابتدای راه‌اندازی موتور، هر دو خازن با هم موازی بوده و با سیم‌پیچ راه‌انداز به‌طور سری در مدار قرار می‌گیرند ولی پس از رسیدن دور موتور به ۷۵ درصد دور نامی به وسیله کلید گریز از مرکز خازن راه‌انداز از مدار خارج می‌شود و تنها خازن روغنی در مدار باقی می‌ماند. به دلیل وجود این دو خازن، این نوع موتورها هم دارای مشخصه گشتاور راه‌اندازی خوب می‌باشند و هم در زمان کار آرام و بی‌صدا کار می‌کنند. در این موتورها سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز شبیه یکدیگر در نظر گرفته می‌شود.

این موتورها غالباً جزء موتورهای صنعتی محسوب می‌شوند و در وسایلی مانند ماشین لباسشویی صنعتی، یخچال‌های صنعتی، موتورهای بالابر و... کاربرد دارند.



کار در کلاس:

در کدام یک از لوازم خانگی ازموتور یونیورسال استفاده می‌شود.

پاسخ:

موتور یونیورسال: رابطهٔ گشتاور آن از رابطه زیر تبعیت می‌کند:

$T = kI^{2}$

در رابطه بالا

K ضریبی است که به ساختمان داخلی موتور سری بستگی دارد

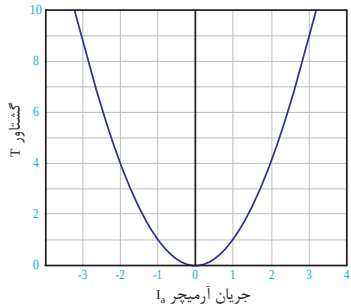
Ia جریان عبوری از آرمیچر برحسب آمپر

T گشتاور موتور برحسب N_m

با توجه به رابطه گشتاور موتور سری رابطه مجذوری با جریان آرمیچر دارد. به‌طور مثال تغییرات گشتاور براساس جریان آرمیچر به‌ازای K=۱ به صورت منحنی شکل زیر در خواهد آمد.

با توجه به شکل زیر، با تغییر جهت جریان آرمیچر، مقدار گشتاور یا نیروی وارد شده به محور منفی نمی‌شود بنابراین جهت گشتاور همواره مثبت بوده و عوض نمی‌گردد. از آنجایی که تغییر جهت جریان تنها براساس تغییر پلاریته ولتاژ اعمالی بر موتور امکان‌پذیر است بنابراین با اتصال منبع تغذیه جریان متناوب به موتور سری، این موتور با رفتار مشابهی که در جریان مستقیم دارد می‌تواند استفاده شود.

البته بدیهی است برای عملکرد بدون آسیب موتور، باید اندازهٔ ولتاژ مؤثر منبع تغذیه متناوب، معادل مقدار ولتاژ منبع تغذیه جریان مستقیم باشد. از آنجا که این موتورها می‌توانند با هر دو نوع جریان متناوب و یا مستقیم کار کنند، موتورهای یونیورسال نامیده می‌شوند.



باید توجه داشت با اتصال موتور سری به جریان متناوب، علاوه‌بر مقاومت اهمی سیم‌پیچ‌های موتور به دلیل وجود اندوکتانس آن، مقاومت القایی نیز به مدار اضافه می‌شود در نتیجه امپدانس آن افزایش می‌یابد، بنابراین به نسبت اتصال موتور به جریان مستقیم، جریان کمتری از سیم‌پیچ های موتور عبور می‌کند.

با مفهوم عکس العمل آرمیچر در درس ماشین الکتریکی DC آشنا شده‌اید. پدیدهٔ عکس‌العمل آرمیچر با عبور جریان متناوب از موتور سری هم ایجاد می‌شود که باعث تضعیف میدان اصلی موتور و تغییر مکان صفحهٔ خنثی می‌گردد.

برخلاف جریان مستقیم، با اتصال موتور یونیورسال به جریان متناوب، در هستهٔ سیم‌پیچ تحریک نیز، تلفات فوکو و هیسترزیس ایجاد خواهد شد و در نتیجه برای مقابله با آن باید جنس هسته از فولاد مغناطیسی مرغوب و به صورت ورقه ورقه ساخته شود.

به‌طور کلی برای بهبود عملکرد موتور یونیورسال در جریان متناوب باید ملاحظات ویژه‌ای در طراحی، ساختمان و سیم‌پیچی آن رعایت شود.

یکی از خصوصیات موتور یونیورسال افزایش سرعت آن در بی‌باری و کاهش سرعت آن در زیر بار می‌باشد. این همان خاصیت موتور سری است. زیرا بر اثر کاهش جریان آرمیچر Ia، فوران (شار مغناطیسی قطب‌ها) نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه برای جبران ولتاژ آرمیچر طبق رابطه پایین، رتور باید با سرعت بیشتری بچرخد.

$$Ea = k\varphi\omega$$

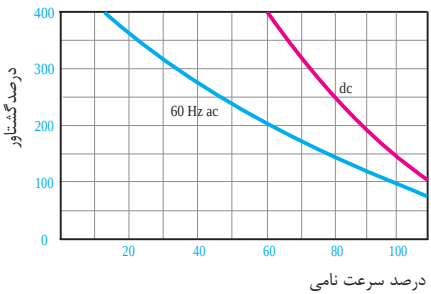
ولتاژ آرمیچر برحسب ولت

K ضریب ثابتی است که به ساختمان موتور بستگی دارد

φ شار مغناطیسی زیر هر قطب برحسب وبر

ω سرعت زاویه رتور برحسب رادیان بر ثانیه

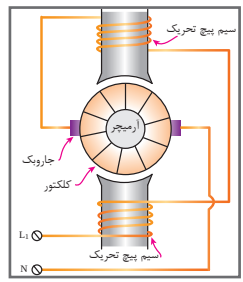
البته گشتاور موتور یونیورسال به‌دلیل وجود راکتانس سیم‌پیچ‌های آرمیچر و قطب‌ها و همچنین عکس‌العمل آرمیچر از موتور سری کمتر است. این تفاوت در مشخصه گشتاور آنها در شکل زیر نشان داده شده است.



از محاسن این نوع موتور حجم کم و سبکی وزن آن به نسبت قدرت تولیدی آن می‌باشد.

همچنین گشتاور فوق‌العاده این موتور در زیر بار، سهولت در کنترل سرعت و استفاده از آن در سرعت‌های بالا (حتی تا ۲۰۰۰۰ RPM) از دیگر مزایای این موتور به‌شمار می‌آید.

این نوع موتور حداکثر تا توان $\frac{3}{4}$ اسب بخار ساخته می‌شود و در وسایل و ابزارهای کارگاهی مانند مته، سنگ فرز وبرخی لوازم خانگی مانند جاروبرقی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

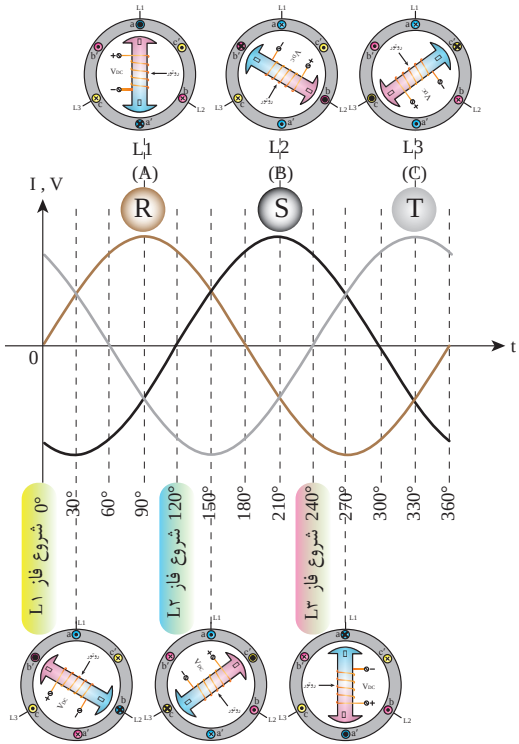


ارزشیابی

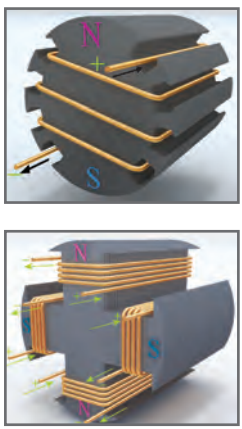
۱ آیا می‌توان با جریان مستقیم میدان دوار ایجاد کرد؟

پاسخ:

در رتور ژنراتور سنکرون با جاری شدن جریان در سیم‌پیچ تحریک میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود تا با چرخش رتور میدان دوار تولید شود. شکل زیر طرح‌واره ایجاد میدان مغناطیسی دوقطبی و چهار قطبی را با سیم‌پیچ‌های رتور ماشین سنکرون نشان می‌دهد. در رتور ماشین سنکرون برای داشتن هسته مغناطیسی، ورقه‌های آهنی سیلیس‌دار را روی هم قرار می‌دهند تا هسته مناسبی برای عبور میدان مغناطیسی ایجاد شود. سپس با قرار دادن سیم‌پیچ‌ها در این هسته و اتصال آنها به منبع جریان مستقیم، رتور ماشین الکترومغناطیس می‌شود. اتصال سیم‌پیچ‌های میدان (تحریک) به منبع جریان مستقیم از طریق دو عدد رینگ و جاروبک صورت می‌گیرد.



تولید ولتاژ سه‌فاز با گردش میدان دو قطبی



طرح واره رتور دوقطبی و چهار قطبی ماشین سنکرون

۲ چرا در ماشین‌های القایی هر چقدر تعداد قطب‌ها بیشتر باشد سرعت میدان دوارکمتر می‌شود؟

پاسخ:

از آنجا که جریان عبوری از سیم‌پیچ ها در یک دوره تناوب فقط یکبار تغییر جهت می‌دهند، می‌توان نتیجه گرفت که قطب‌های N و S میدان دوار در این مدت فقط یکبار عوض می‌شود. بنابراین در یک ماشین دو قطبی که قطب‌ها (۳۶۰ درجه) محیط استاتور را اشغال کرده‌اند در یک دوره تناوب، میدان دوار یک دور محیط استاتور را طی می‌کند در حالی که در یک ماشین چهار قطبی که هر دو قطب آن (۱۸۰ درجه) محیط استاتور را اشغال کرده است در یک دوره تناوب، میدان دوار تنها نیم دور (۱۸۰ درجه) محیط استاتور را طی می‌کند. پس می‌توان نتیجه گرفت، افزایش تعداد قطب‌های استاتور باعث کم شدن سرعت میدان دوار می‌شود

۳ سرعت میدان دوار ماشین القایی ۱۰۰۰ RPM و فرکانس شبکه ۵۰ Hz می‌باشد. تعداد قطب‌های ماشین را به‌دست آورید.

پاسخ:

$$n_s = \frac{۱۲۰ \times f}{p} \rightarrow P = \frac{۱۲۰ \times f}{n_s} = \frac{۱۲۰ \times ۵۰}{۱۰۰۰} = ۶ \quad \text{قطب}$$

۴ سرعت چرخش رتور موتور القایی۴ قطب در شبکه ۵۰ HZ برابر با ۱۴۲۵ RPM می‌باشد لغزش آن را به اعشار و درصد محاسبه کنید.

پاسخ:

$$n_s = \frac{۱۲۰ \times f}{p} = \frac{۱۲۰ \times ۵۰}{۴} = ۱۵۰۰ \text{RPM}$$

$$\% \quad = \frac{N_s \quad N_r}{} \times ۱۰۰ = \frac{۱۵۰۰ \times ۱۴۲۰}{۱۵۰۰} \times ۱۰۰ = \% ۵$$

$$S = ۰/۰۵$$

۵ لغزش موتور القایی که محور آن باسرعت ۲۵۰۰ RPM می‌گردد برابر با ۱/۵- می‌باشد. سرعت میدان دوار آن چقدر است؟

پاسخ:

$$-\frac{۱/۵}{۱۰۰} = -۰/۰۱۵$$

$$N_s = \frac{N_r}{۱ - S} = \frac{۲۵۰۰}{۱ - (-۰/۰۱۵)} = ۲۴۶۳ \text{RPM}$$

۶ منظور از تلفات ثابت و متغیر در ماشین القایی چیست؟

پاسخ:

با توجه به اینکه تلفات مسی در استاتور و تلفات مسی رتور به جریان سیم‌پیچ استاتور و رتور وابسته هستند و این جریان نیز با تغییرات بار، تغییر می‌کند. لذا به مجموع تلفات مسی استاتور و تلفات مسی رتور تلفات متغیر موتور القایی می‌گویند.
تلفات مکانیکی رتور و تلفات هسته در استاتور تلفات ثابت هستند و به مجموع آنها تلفات ثابت موتور القایی می‌گویند.

۷ چرا در ماشین‌های القایی تلفات هسته و تلفات مکانیکی را در تمام مراحل کاری ثابت فرض می‌کنند؟

پاسخ:

بخش دیگری از تلفات در رتور، تلفات مکانیکی است که به علت وجود اصطکاک هوا و یاتاقان‌ها ایجاد می‌شود و چون سرعت موتور القایی ثابت است، تلفات مکانیکی نیز ثابت می‌باشد این تلفات را با Pmis نشان می‌دهند.
از آنجا که فرکانس رتور در حال چرخش کم است لذا از تلفات آهنی رتور می‌توان چشم‌پوشی کرد زیرا تلفات آهنی با مجذور فرکانس نسبت مستقیم دارد.

۸ یک ماشین القایی شش قطب، ۶۰HZ با سرعت ۸۸۰RPM می‌چرخد.

الف) سرعت میدان دوار ب) سرعت لغزش ج) مقدار لغزش را به‌دست آورید:

پاسخ:

الف)

$$n_s = \frac{۱۲۰ \times f}{p} \rightarrow \frac{۱۲۰ \times ۶۰}{۶} = ۱۲۰۰RPM$$

ب)

$$\Delta N = N_s - N_r = ۱۲۰۰ - ۸۸۰ = ۳۲۰RPM$$

ج)

$$\% S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times ۱۰۰ = \frac{۱۲۰۰ \times ۸۸۰}{۱۲۰۰} \times ۱۰۰ = \% ۲۶$$

۹ یک موتور القایی ۴۰۰ ولت، در بار نامی ۳۵۰ آمپراز شبکه دریافت می‌کند. چنانچه مجموع تلفات ۲۰ کیلو وات و ضریب قدرت آن ۰/۸۳ باشد، الف) توان دریافتی از شبکه ب) توان خروجی ج) راندمان موتور را به‌دست آورید:

پاسخ:

الف)

$$P_{in} = \sqrt{۳} U_L I_L COS_{\varphi} = \sqrt{۳} \times ۴۰۰ \times ۳۵۰ \times ۰/۸۳ = ۲۰۱۲۶۴/۳۰ W$$

ب)

$$P_{out} = P_{in} - \Delta P = ۲۰۱۲۶۴/۳۰ - ۲۰۰۰۰ = ۱۸۱۲۶۴/۳ W$$

ج)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times ۱۰۰ = \frac{۲۰۱۲۶۴/۳۰}{۲۰۱۲۶۴/۳۰} = ٪۹۰/۰۶$$

۱۰ چرا به موتورهای تک فاز AC نیاز داریم؟

پاسخ:

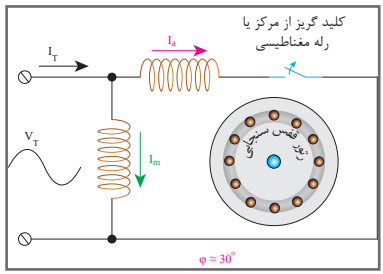
غالباً در ساختمان‌های مسکونی، کارگاه‌های کوچک، مغازه‌ها و فروشگاه‌ها از شبکه برق تک فاز استفاده می‌شود. بنابراین برای استفاده از وسایلی همچون کولر، یخچال، ماشین لباسشویی، پمپ‌های آب خانگی و دیگر وسایل مورد نیاز در زندگی امروزی به موتور تک فاز الکتریکی احتیاج می‌باشد.

۱۱ انواع موتورهای تک فاز القایی را نام برده و نحوهٔ عملکرد آن را شرح دهید.

پاسخ:

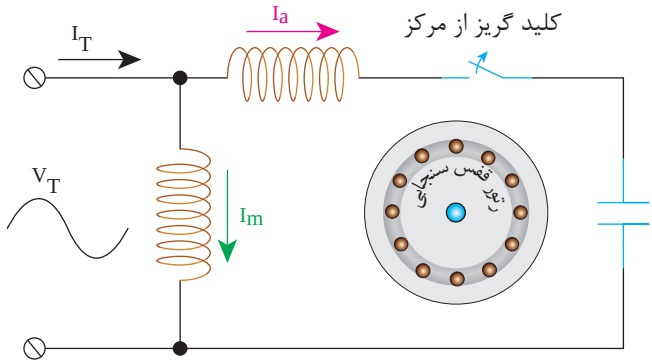
موتورهای القایی تک فاز با فازشکسته: در این موتورها برای ایجاد اختلاف فاز بین جریان سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز، نسبت مقاومت اهمی به القایی، سیم‌پیچ راه‌انداز را بیشتر از سیم‌پیچ اصلی اختیار می‌کنند.

از آنجا که مقاومت اهمی سیم‌پیچ راه‌انداز زیاد می‌باشد، در صورت ادامه کار موتور، تلفات حرارتی در سیم‌پیچ راه‌انداز باعث افزایش دمای سیم‌پیچ و سوختن آن می‌شود. به همین خاطر باید پس از راه‌اندازی موتور و زمانی که سرعت آن حدوداً به ۷۵ درصد سرعت نامی رسید، سیم‌پیچ راه‌انداز از مدار خارج گردد. برای این کار در بعضی موتورها مانند موتور کولر آبی از کلید گریز از مرکز و در برخی دیگر مانند یخچال و فریزر از رلهٔ مغناطیسی استفاده می‌شود.



موتور القایی تک فاز شکسته

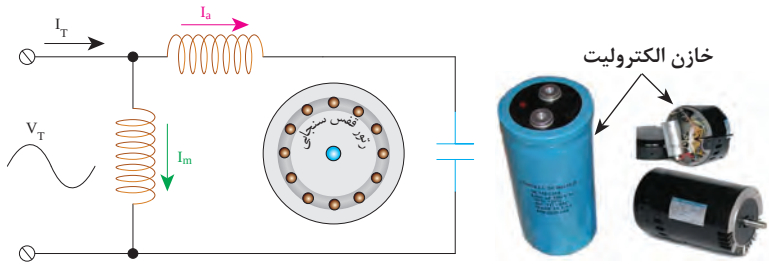
موتورهای القایی با خازن راه‌انداز: ایجاد اختلاف فاز جریان سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز را به کمک یک خازن سری شده با سیم‌پیچ راه‌انداز نشان می‌دهد. با محاسبهٔ مقدار مناسب ظرفیت خازن می‌توان اختلاف زاویه بین دو جریان را در زمان راه‌اندازی به ۹۰ درجه رساند. در نتیجه، گشتاور راه‌اندازی چنین موتوری بسیار خوب می‌باشد. زیرا بیشترین مقدار گشتاور در موتور القایی تک فاز با ایجاد این زاویه به‌دست می‌آید. بعد از راه‌اندازی موتور، عبورجریان زیاد از خازن باعث سوختن آن می‌شود به همین خاطر باید خازن را توسط کلید گریز از مرکز از مدار خارج کرد.



موتور القایی با خازن راه‌انداز

موتورهای القایی با خازن راه‌انداز مشخصهٔ راه‌اندازی خوبی داشته و به‌طور کلی در وسایلی همچون کمپرسورها، دستگاه‌های چند کارهٔ نجاری و... کاربرد دارند.

موتور القایی با خازن دائم کار: اگر مطابق شکل، خازن سری شده با سیم‌پیچ راه‌انداز طوری محاسبه گردد تا در موقع راه‌اندازی اختلاف فاز اندک ولی در زمان کار اختلاف فاز تقریباً ۹۰ درجه شود، می‌توان خازن را در مدار نگه داشت. در این صورت مقدار ظرفیت خازن دائم کار نسبت به خازن راه‌انداز کمتر است و در زمان راه‌اندازی جریان کمتری از آن عبور می‌کند. از طرفی چون خازن دائم کار باید مدت زمان بیشتری در مدار بماند، بنابراین، خازن الکترولیت برای آن مناسب نیست. لذا خازن این موتورها از نوع روغنی انتخاب می‌شود که قیمت آنها گران‌تر از خازن‌های الکترولیت است.
راندمان، ضریب قدرت و گشتاورکار این موتورها در حالت کار بسیار خوب است.

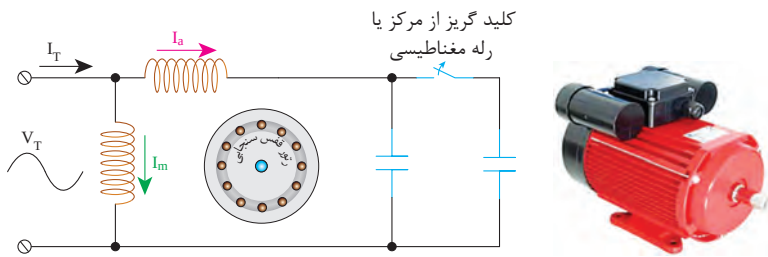


موتور القایی با خازن دائم کار

موتورهای القایی دو خازنی (خازن راه‌انداز و دائم کار): اگر در موتور القایی از هر دو خازن دائم کار و راه‌انداز مطابق شکل زیر، هم زمان استفاده شود، موتور را دو خازنی می‌گویند.

خازن راه‌انداز، از نوع الکترولیتی و با ظرفیت زیاد می‌باشد در حالی که خازن دائم کار از نوع روغنی و دارای ظرفیت کم است.

در ابتدای راه‌اندازی موتور، هر دو خازن با هم موازی بوده و با سیم‌پیچ راه‌انداز به‌طور سری در مدار قرار می‌گیرند ولی پس از رسیدن دور موتور به ۷۵ درصد دور نامی، به وسیلهٔ کلید گریز از مرکز خازن راه‌انداز از مدار خارج می‌شود و تنها خازن روغنی در مدار باقی می‌ماند.



موتور القایی دو خازنی (خازن راه‌انداز و دائم کار)

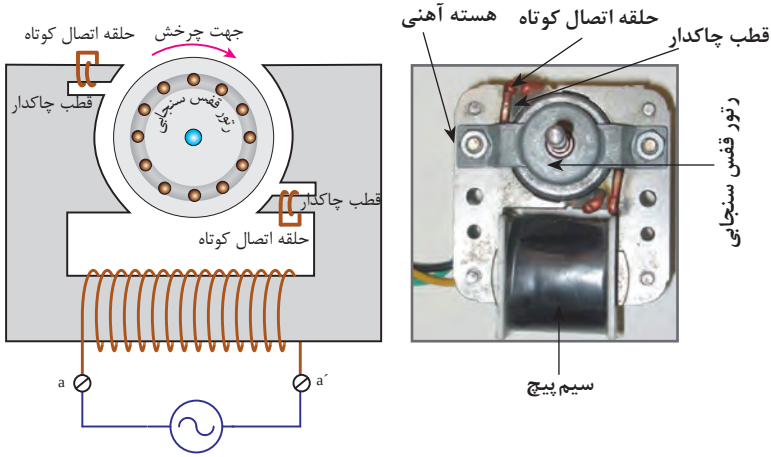
به دلیل وجود این دو خازن، این نوع موتورها هم دارای مشخصهٔ گشتاور راه‌اندازی خوب می‌باشند و هم در زمان کار، آرام و بی‌صدا کار می‌کنند. در این موتورها، سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز، شبیه یکدیگر در نظر گرفته می‌شود.

این موتورها غالباً جزء موتورهای صنعتی محسوب می‌شوند و در وسایلی مانند ماشین لباسشویی صنعتی، یخچال‌های صنعتی، موتورهای بالابر و... کاربرد دارند.

موتورالقایی قطب چاک‌دار: اگر بر روی قطب‌های برجستهٔ موتور، شیارهایی تعبیه گردد و یک یا چند حلقهٔ هادی اتصال کوتاه شده مطابق شکل زیر داخل آن قرار داده شود، در این صورت به این نوع موتور القایی، موتور قطب چاک دار می‌گویند.

گشتاور راه‌اندازی و ضریب بهرهٔ این موتورها بسیار کم است و در توان‌های کمتر از ۱۵۰ وات ساخته می‌شوند. معمولاً مزیت اصلی این موتورها سادگی ساختمان آنها می‌باشد.

پمپ آب کولر، فن‌های کوچک آشپزخانه و... وسایلی هستند که از این موتورها در ساخت آنها استفاده می‌شود.



موتور القایی قطب چاک‌دار (به جهت چرخش و قطب‌ها توجه شود)

۱۲ در ابزارهای دستی از چه نوع موتور تک فازی استفاده می‌شود و چرا؟

پاسخ:

موتور قطب چاک‌دار به علت ساده بودن ساختمان آن

۱۳ تفاوت‌های عملکردی موتور یونیورسال را در جریان DC و AC توضیح دهید.

پاسخ:

رابطهٔ گشتاور آن از رابطه زیر تبعیت می‌کند:

$T = kI^{2}$

در رابطه بالا

K ضریبی است که به ساختمان داخلی موتور سری بستگی دارد

Ia جریان عبوری از آرمیچر برحسب آمپر

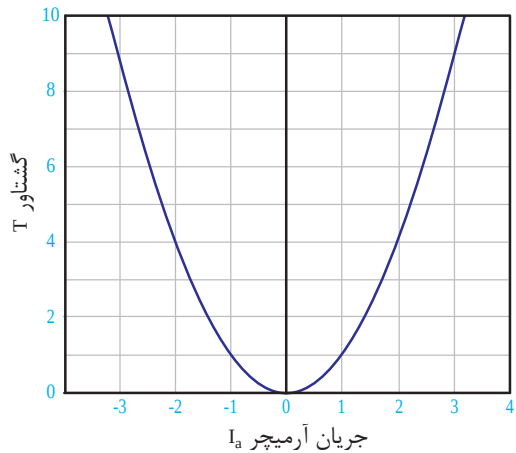
T گشتاور موتور بر حسب N-m

با توجه به رابطه گشتاور موتور سری رابطه مجذوری با جریان آرمیچر دارد. به‌طور مثال تغییرات گشتاور براساس جریان آرمیچر به‌ازای K=۱ به‌صورت منحنی شکل زیر در خواهد آمد.

با توجه به شکل زیر، با تغییر جهت جریان آرمیچر، مقدار گشتاور یا نیروی وارد شده به محور منفی نمی‌شود بنابراین جهت گشتاور همواره مثبت بوده و عوض نمی‌گردد.

از آنجایی که تغییر جهت جریان تنها براساس تغییر پلاریته ولتاژ اعمالی بر موتور امکان‌پذیر است بنابراین با اتصال منبع تغذیه جریان متناوب به موتور سری، این موتور با رفتار مشابهی که در جریان مستقیم دارد می‌تواند استفاده شود.

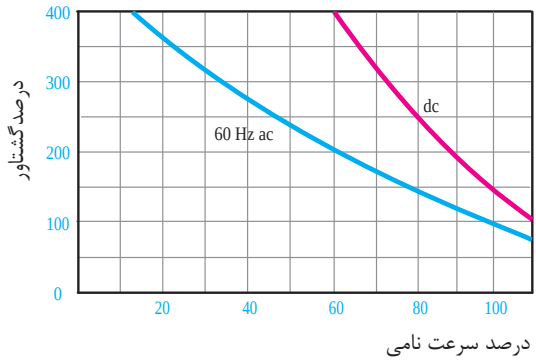
البته بدیهی است برای عملکرد بدون آسیب موتور، باید اندازهٔ ولتاژ مؤثر منبع تغذیه متناوب، معادل مقدار ولتاژ منبع تغذیه جریان مستقیم باشد. از آنجا که این موتورها می‌توانند با هر دو نوع جریان متناوب و یا مستقیم کار کنند، موتورهای یونیورسال نامیده می‌شوند.

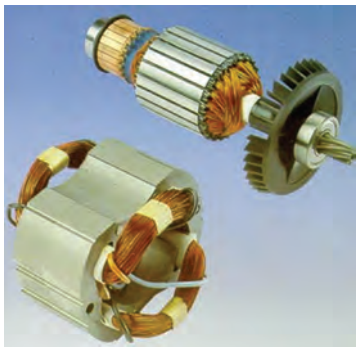


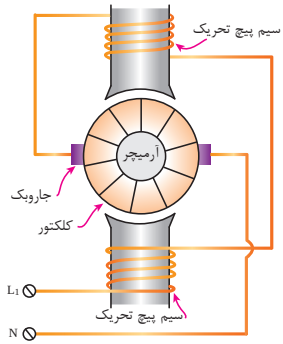
باید توجه داشت با اتصال موتور سری به جریان متناوب، علاوه‌بر مقاومت اهمی سیم‌پیچ‌های موتور به دلیل وجود اندوکتانس آن، مقاومت القایی نیز به مدار اضافه می‌شود در نتیجه امپدانس آن افزایش می‌یابد، بنابراین به نسبت اتصال موتور به جریان مستقیم، جریان کمتری از سیم‌پیچ‌های موتور عبور می‌کند.
با مفهوم عکس‌العمل آرمیچر در درس ماشین الکتریکی DC آشنا شده‌اید. پدیدهٔ عکس‌العمل آرمیچر با عبور جریان متناوب از موتور سری هم ایجاد می‌شود که باعث تضعیف میدان اصلی موتور و تغییر مکان صفحهٔ خنثی می‌گردد.
برخلاف جریان مستقیم، با اتصال موتور یونیورسال به جریان متناوب، در هستهٔ سیم‌پیچ تحریک نیز، تلفات فوکو و هیسترزیس ایجاد خواهد شد و در نتیجه برای مقابله با آن باید جنس هسته از فولاد مغناطیسی مرغوب و به صورت ورقه ورقه ساخته شود.
به‌طور کلی برای بهبود عملکرد موتور یونیورسال در جریان متناوب باید ملاحظات ویژه‌ای در طراحی، ساختمان و سیم‌پیچی آن رعایت شود.
یکی از خصوصیات موتور یونیورسال افزایش سرعت آن در بی باری و کاهش سرعت آن در زیر بار می باشد. این همان خاصیت موتور سری است. زیرا بر اثر کاهش جریان آرمیچر Ia ، فوران (شار مغناطیسی قطب‌ها)نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه برای جبران ولتاژ آرمیچر طبق رابطه پایین، رتور باید با سرعت بیشتری بچرخد.

$$Ea = k\varphi\omega$$

ولتاژ آرمیچر بر حسب ولت
K ضریب ثابتی است که به ساختمان موتور بستگی دارد
φ شار مغناطیسی زیر هر قطب برحسب وبر
ω سرعت زاویه رتور بر حسب رادیان بر ثانیه
البته گشتاور موتور یونیورسال به دلیل وجود راکتانس سیم‌پیچ‌های آرمیچر و قطب‌ها و همچنین عکس‌العمل آرمیچر از موتور سری کمتر است. این تفاوت در مشخصه گشتاور آنها در شکل صفحه بعد نشان داده شده است.







۱۴ مقدار خازن مورد نیاز جهت راه‌اندازی یک موتور سه فاز ۱/۵ Kw به‌صورت تک فاز چقدر باید باشد؟

پاسخ:

$$C\ (\mu F) = ۷۰ \times P\ (kw) = ۷۰ \times ۱/۵ = ۱۰۵\ \mu F$$

فصل ۵

کسب اطلاعات فنی

واحد یادگیری ۷

کسب اطلاعات فنی

نوع درس: نظری **کل ساعت:** ۳۰ ساعت **ساعت نظری:** ۳۰ ساعت

زبان انگلیسی به عنوان کاربردی‌ترین زبان در صنایع دریایی برای شاغلین در این صنایع اهمیت بسیاری دارد و از ارتباطات کلامی و کتبی روزانه گرفته تا مطالعه دفترچه راهنمای فنی تجهیزات، دستگاه‌ها و همه جوانب شغلی آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نظر به این موضوع درس زبان تخصصی در مجموعه دروس هنرجویان این رشته گنجانیده شده است. همان‌گونه که از متن درس برمی‌آید هدف، آموزش زبان انگلیسی صرف و یا مطالب فنی نبوده و تمرکز اصلی بر یادگیری اصطلاحات و اسامی انگلیسی است.

بخش اول

پیش از انجام هر کار الکتریکی، احتیاط‌های ایمنی اولیهٔ ضروری وجود دارد که باید در نظر داشته باشید (ملکه ذهن خود قرار دهید). خطرات احتمالی ناشی از استفادهٔ نادرست تجهیزات الکتریکی به خوبی شناخته شده است. شوک الکتریکی و آتش‌سوزی می‌تواند باعث از دست دادن زندگی و آسیب به تجهیزات شود.
مقرراتی جهت کنترل ساخت، نصب، عملکرد و نگهداری تجهیزات الکتریکی وجود دارد. بنابراین تا آنجا که ممکن است خطر را حذف می‌کند. حداقل استانداردهای قابل قبول ایمنی توسط سازمان‌های مختلف از جمله دولت‌های ملی، کنوانسیون‌های دولتی بین‌المللی (به عنوان مثال SOLAS)، انجمن‌های استاندارد ملی و بین‌المللی (به عنوان مثالِ BSS و IES) و غیره ارائه می‌شود. در موارد افزایش خطر، این افزایش معمولاً ناشی از تصادف، غفلت (نادیده گرفتن) و یا برخی دیگر از موارد نقض مقررات می‌باشد.

دانش‌آموزان باید تجهیزات را به‌صورت ایمن به‌کار ببرند و در همهٔ زمان‌ها تجهیزات را در شرایط ایمن نگهداری کنند. دانش‌آموزان باید در هنگام کار با تجهیزات الکتریکی لیست ضروری از DO (موارد قابل انجام) و DONT (موارد غیرقابل انجام) را به ذهن بسپارند.

آیا تلاشی در شناختن سیستم برق و تجهیزات انجام داده‌اید؟ دستورالعمل‌های آزمایشگاهی و نمودارهای کارگاهی را جهت مشخص کردن محل کلیدها و دستگاه‌های حفاظتی مطالعه کنید. این اطلاعات را در یک دفترچه یادداشت بنویسید. علامت‌های طبیعی روی سیستم توزیع برق (سوئیچ برد) را یادداشت کنید؛ بنابراین عملکردهای غیرطبیعی را می‌توان به سرعت تشخیص داد.

با توجه به توصیه‌های تولیدکنندگان، از تجهیزات استفاده کنید.

نگهداری تجهیزات را بر اساس دستورالعمل‌های (توصیه‌های) سازندگان و یا طبق مراحل کتابچه تعمیراتی انجام دهید.

اطمینان حاصل کنید که تمام حفاظ‌ها، پوشش‌ها و درب‌ها مناسب باشند و اینکه تمام پیچ و مهره‌ها به درستی نصب شده و محکم باشد.

قبل از خاموش کردن تجهیزات برای کار، معلم را مطلع کنید.

قبل از درآوردن حفاظ تجهیزات برای تعمیر و نگهداری، کلیدها را خاموش و منابع تغذیه را قفل، فیوزها را جدا و صفحه نشانگر هشدارها را نصب نمایید.

قبل از دست‌زدن به سیم‌ها و ترمینال‌ها، از قطع بودن مدار (با استفاده از تستر ولتاژ) اطمینان حاصل کنید.

تحت هیچ شرایطی سیم‌های برق‌دار را لمس نکنید.

به قسمت‌های در حال چرخش دست نزنید.

سیم‌های برق‌دار را رها نکنید یا قسمت‌های در حال چرخش را در معرض دید قرار ندهید.
باعث اضافه بار تجهیزات نشوید.
تجهیزات را نادیده نگرفته و آسیب نرسانید.

شما باید همیشه «ایمنی» را در نظر داشته و بنابراین یک نگرش آگاهانه ایمنی ایجاد کنید. این کار ممکن است زندگی شما و زندگی دیگران را نجات دهد. اکثر حوادث، ناشی از، ازدست دادن لحظه‌ای تمرکز (حواس پرتی) بوده و یا در حین تلاش برای متصل کردن مدار به شکل استاندارد صورت بگیرد. اجازه ندهید این اتفاق برایتان بیفتد.

شوک الکتریکی

تقریباً همه ما، زمانی شوک الکتریکی را تجربه کرده‌ایم. در بهترین حالت، شوک یک تجربه ناخوشایند و در بدترین حالت کشنده است (شکل۱). همان‌طور که در اقدامات مربوط به ایمنی شرح داده شد، هر کسی که به تجهیزات الکتریکی برق‌دار دسترسی دارد باید از کمک‌های اولیه و ایمنی مربوط به شوک الکتریکی به‌طور کامل مطلع باشد. رونوشت‌های مراحل کار ایمنی باید بر روی تابلو نمایش داده شود.

اثرات شوک الکتریکی

شوک الکتریکی به علت عبور جریان از طریق بدن شما است. این مسیر اغلب از دست به دست یا از دست به سمت پا است. حداقل جریان شوک ۱۵میلی‌آمپر متناوب یا مستقیم، ممکن است کشنده باشد. بدیهی است که اندازه جریان شوک به ولتاژ اعمال شده و مقاومت بدن شما مربوط می‌شود. متأسفانه، مقاومت بدن شما با افزایش ولتاژ اعمال شده کاهش می‌یابد. این بدین معنی است که جریان شوک در ولتاژهای بالا افزایش می‌یابد. همچنین اندازه مقاومت بدن شما به عوامل دیگری نظیر وضعیت سلامت شما، مقدار زمان تماس بدن با سیم‌های برق‌دار و خستگی یا رطوبت پوست بستگی دارد؛ برای مثال مقاومت طبیعی بدن در حالت خشک کامل حدود ۵۰۰۰ اهم در ولتاژ ۲۵ ولت است که به حدود ۲۰۰۰ اهم در ۲۵۰ ولت کاهش می‌یابد.

پاسخ تمرینات:

A. هر جمله را با دقت بخوانید و تصمیم بگیرید که آیا درست است یا نادرست. برای عبارت درست «T» و برای موارد نادرست «F» بنویسید.

۱ .....T.... در هر کار الکتریکی، تعدادی از اقدامات احتیاطی ایمنی اصلی وجود دارد.

۲ .....T... شوک الکتریکی و آتش‌سوزی می‌تواند باعث از دست رفتن جان و آسیب به تجهیزات شود.

۳ .....T.. با کنترل و مقررات، می‌توان خطر را تا حد امکان حذف کرد.

۴ .....T.. هر دانش‌آموز باید تجهیزات را به‌صورت ایمن استفاده کند و در تمام زمان‌ها در شرایط ایمن نگهداری کند.

۵ .....T... «ایمنی» باید در همه زمان‌ها مورد توجه قرار گیرد. این ممکن است زندگی شما را نجات دهد.

۶ .....T.. شوک الکتریکی در بهترین حالت یک تجربه ناخوشایند است و در بدترین حالت کشنده است.

۷ .....F... شوک الکتریکی به دلیل عبور جریان از طریق تجهیزات است.

۸ .....T... متأسفانه، مقاومت بدن شما با افزایش ولتاژ اعمال شده کاهش می‌یابد.

B. موارد ستون A را با معادل مناسب خود در ستون B تطبیق دهید. a، b، c، ... را در پرانتز ارائه شده وارد کنید.

۱ تلاش کردن (b)	a. استفاده از بعضی چیزها به شکل نادرست
۲ استفاده نادرست (a)	b. تلاش برای انجام دادن بعضی چیزها

۳ مورد (c)
۴ به سرعت (f)
۵ تشخیص دادن (d)
۶ استفاده زیاد (e)
۷ غفلت (h)
۸ مانند (g)

c. دلیل
d. کشف کردن
e. استفاده بیش از حد
f. به سرعت در حال
g. مثل، مانند
h. مراقبت نکردن به اندازه کافی

C. مطالعه کلمه و تعاریف:

۱ **مقاومت**: واحد اهم با نماد R. یک بخش از دستگاه یا مدار، که مخالف عبور جریان است.

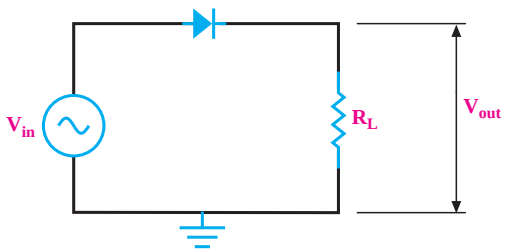
۲ **نیمه‌هادی**: نام عام برای ترانزیستورها، دیودها و دستگاه‌های مشابه که از مواد نیمه‌هادی استفاده می‌کنند، داده می‌شود.

۳ **اتصال کوتاه**: مقاومت کم که مسیر عبور جریان را دور می‌زند.

۴ **قطعه**: قطعات الکترونیکی کوچک

بخش دوم

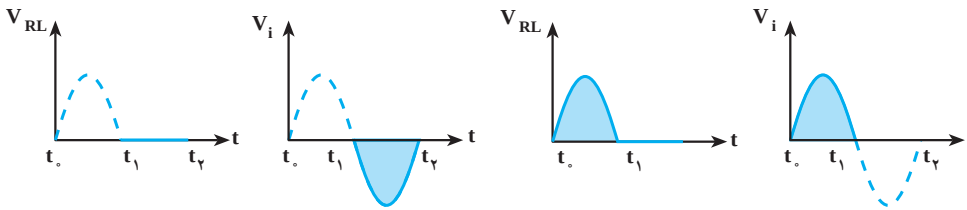
اگرچه منابع اصلی به‌صورت طبیعی AC هستند، ولی برای بسیاری ازکاربردها یک منبع تغذیه dc مورد نیاز است. در جاهایی که استفاده از باتری غیراقتصادی یا غیرعملی است منبع تغذیه AC باید به برق dc تبدیل شود. ما در اینجا سه مدار یک‌سوکننده را جهت تبدیل یک منبع تغذیه تک فاز AC به جریان مستقیم را بررسی خواهیم کرد. شکل زیر یک یک‌سوکننده نیم موج را نشان می‌دهد که شامل یک دیود تکی است. جهت پیکان بر روی نماد دیود نشان‌دهنده مسیر متداول جریان از طریق دیود است.



یک‌سوکننده نیم موج

RL مقاومت بار و VL ولتاژ بار است. جریان متناوب در هر سیکل از مثبت تا منفی تغییر می‌کند. در اکثر سیستم‌های AC این سیکل ۵۰ یا ۶۰ بار در ثانیه تکرار می‌شود. شکل موج حاصل آن سینوسی است.

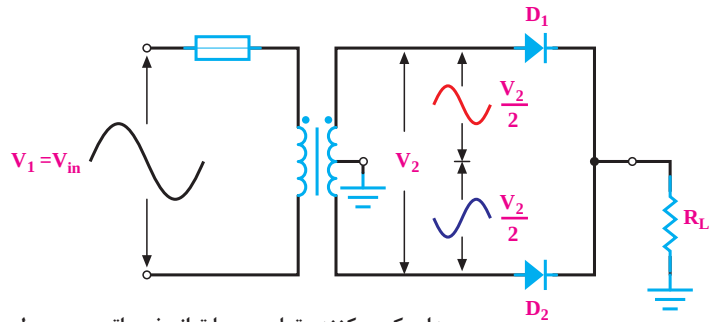
شکل زیر نشان می‌دهد که چه اتفاقی برای موج سینوسی در یک‌سوساز نیم موج رخ می‌دهد. در نیمه اول هر سیکل، ولتاژ اعمال شده مثبت است و دیود هدایت کرده و اجازه می‌دهد جریان از بار عبور کند. در نیمه دوم موج، ولتاژ اعمالی منفی بوده و جریان به واسطهٔ مقاومت بالا دیود در ولتاژ معکوس مسدود می‌شود.



شکل موج مدار یک‌سوکننده نیم موج

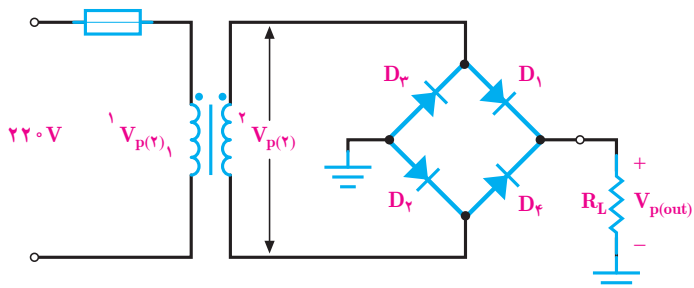
این مدار یک‌سوساز تنها برای کاربردهایی با جریان کم مناسب است. این مدار اقتصادی نیست چرا که نیمی از موج استفاده نمی‌شود.

شکل زیر یک مدار یک‌سوساز تمام موج را ارائه می‌کند. این مدار به یک ترانسفورماتور با سر وسط و دو دیود نیاز دارد. مقدار EMF (نیروی الکترومغناطیس) در هر دو طرف ثانویه ترانس برابر هستند اما در هر لحظه دارای پلاریته (قطبیت) مخالف هستند. بنابراین هنگامی که A نسبت به B مثبت است، D_1 هدایت می‌کند و جریان از طریق بار به B باز می‌گردد. به طور مشابه هنگامی که C نسبت به B مثبت است، D_2 هدایت می‌کند. در هر زمان تنها نصفی از سیم‌پیچ ثانویه ترانس مورد استفاده قرار می‌گیرد.



مدار یک‌سوکننده تمام موج با ترانسفورماتور سر وسط

مدار پل نشان داده شده در شکل زیر که شامل چهار دیود است و به شکل پل سیم‌بندی شده‌اند. این مدار نیز باعث یک‌سوسازی کامل موج می‌شود، برای اینکه تمام خروجی ثانویه ترانس مورد استفاده قرار می‌گیرد کارایی بیشتری دارد.



مدار یک‌سوکننده تمام موج پل دیودی

علاوه بر این، با داشتن چهار دیود، ولتاژ معکوس که هر یک از دیودها باید مقاومت کند، نصف دیودهای مداری است که در شکل ۱۱ نشان داده شده است. در نیم‌سیکل اول، نقاط A و B دارای ولتاژ مثبت بوده، $D_۲$ و $D_۴$ هدایت می‌کنند. $D_۱$ و $D_۳$ در نیم سیکل دوم هدایت می‌کنند. مدارهای پل دارای کاربردهای زیادی هستند و در بیشتر منبع تغذیه‌های وسایل الکترونیکی یافت می‌شوند. یکی دیگر از کاربردهای رایج این مدارها، راه‌اندازی موتورهای dc کم توان است.

پاسخ تمرینات:

A. جمله‌ها را با دقت بخوانید و تصمیم بگیرید که آیا درست است یا نادرست. برای عبارت درست «T» و برای جمله نادرست «F» بنویسید.

۱ .....T.... یک‌سوساز نیم موج یک شامل یک دیود می‌باشد.

۲ .....T.. جریان متناوب در هر سیکل از مثبت تا منفی تغییر می‌کند.

۳ .....T.... یک‌سوساز تمام موج به یک ترانسفورماتور با سر وسط و دو دیود نیاز دارد.

۴ .....T.... EMFها در دو طرف ثانویهٔ ترانسفورماتور برابر است اما در هر لحظه دارای پلاریته (قطب) مخالف هستند.

۵ .....F.. مدار یک‌سوساز پل هیچ کاربردی در اکثر منبع تغذیه‌های تجهیزات الکتریکی متصل به شبکه برق ندارد.

B. موارد ستون A را با معادل مناسب خود در ستون B تطبیق دهید. a، b، c، ... را در پرانتز ارائه شده وارد کنید.

۱ استفاده کردن (d)	a. لحظه‌ای
۲ تجهیزات (c)	b. معمولاً
۳ به‌طور معمول (b)	c. وسیله دستگاه
۴ معکوس (e)	d. استفاده کردن
۵ فوری (a)	e. برعکس یا مخالف

C. مطالعه کلمه و تعاریف:

دیود: یک عنصر الکترونیکی دو پایه است. رایج‌ترین کاربرد آن تبدیل ولتاژ ac به dc

امیتر: یکی از سه پایه ترانزیستور دو قطبی.

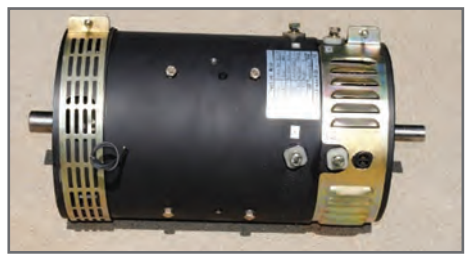
کلکتور: یکی از سه پایه ترانزیستور دو قطبی.

جریان مستقیم (DC): جریانی که تنها در یک جهت جریان دارد. یک باطری منبعی از جریان مستقیم است.

یک‌سوساز نیم موج: یک دیود که ولتاژ AC را به ولتاژ DC تبدیل می‌کند.

بخش سوم

موتور DC دو بخش اصلی دارد: بخش چرخشی که آرمیچر نامیده می‌شود و بخش ثابت که سیم‌پیچ میدان نامیده می‌شود و شامل حلقه‌های سیم‌پیچ است. همچنین قسمت ثابت، استاتور نامیده می‌شود. شکل زیر تصویری از یک موتور DC معمولی را نشان می‌دهد.



موتور DC معمولی

شکل زیر تصویری از آرمیچر موتور DC و شکل زیر یک نمونه از استاتور را نشان می‌دهد.

آرمیچر موتور

استاتور موتور

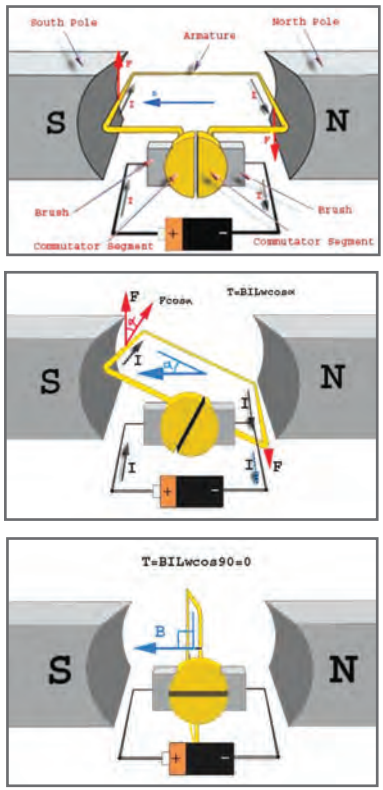
در تصویر شکل زیر می‌توان دید که آرمیچر از کویل سیم‌پیچ‌های پیچیده شده اطراف هسته ساخته شده است و هسته دارای یک شافت بلند است که روی بلبرینگ چرخش می‌کند. شما همچنین باید توجه داشته باشید که انتهای هر سیم‌پیچ در انتهای آرمیچر قطع می‌شود.

کموتاتور موتور

همان‌طور که در شکل نشان داده می‌شود نقاط انتهایی، کموتاتور نامیده می‌شوند، و این جایی است که زغال‌ها عمل تماس الکتریکی را صورت می‌دهند تا جریان الکتریکی از قسمت ثابت به بخش چرخشی موتور آورده شود.
ساده‌تر خواهد بود که عملکرد موتور DC را از طریق نمودار اصلی‌اش بفهمیم که عکس‌العمل مغناطیسی بین آرمیچر چرخشی و سیم‌پیچ‌های ثابت را نشان می‌دهد. شکل صفحه بعد، سه نموداری را نشان می‌دهد که عملکرد موتور DC را در رابطه با تعامل مغناطیسی شرح می‌دهند.
شکل ۱۰a عملکرد مغناطیسی موتور DC را بیان می‌کند. به خاطر دفع قطب‌ها آهنربای چرخشی در جهت عقربه‌های ساعت حرکت می‌کند. (b) به خاطر قطب‌های غیرهمنام آهنربای چرخشی جذب می‌شود. (c) درحال حاضر آهنربای چرخشی به عنوان سیم‌پیچ آرمیچر در شکل‌شان داده شده است نشان داده شده است و قطبیتش توسط زغال‌ها و بخش‌های کموتاتور مشخص می‌شود.

در شکل صفحه بعد (ب) می‌توانید یک آهنربای میله‌ای را ببینید که بر روی شافت نصب شده است، بنابراین می‌تواند چرخش کند. سیم‌پیچ میدان یک سیم‌پیچ طولانی است که به دو قسمت تقسیم شده است. بخش بالا به قطب مثبت باتری وصل شده است و بخش پایین به قطب منفی باتری وصل شده است. مهم است که بدانیم که باتری یک منبع ولتاژ برای این سیم‌پیچ است. در موتور صنعتی واقعی این ولتاژ از منبع ولتاژ dc برای موتور می‌آید. جاری شدن جریان در این جهت، سیم‌پیچ بالایی را به قطب شمال آهنربا و سیم‌پیچ پایین جنوب آهنربا را می‌سازند.

آهنربای میله‌ای نشان‌دهندهٔ آرمیچر است و سیم سیم‌پیچ نشان‌دهندهٔ میدان است. جهت پیکان نشانگر جهت چرخش آرمیچر است. توجه کنید که پیکان نشان می‌دهد که شروع چرخیدن در جهت عقربه‌های ساعت می‌باشد. قطب شمال سیم‌پیچ میدان قطب شمال آرمیچر را باز می‌کند و قطب جنوب سیم پیچ میدان قطب جنوب آرمیچر را از بین می‌برد.



عملکرد مغناطیسی موتور

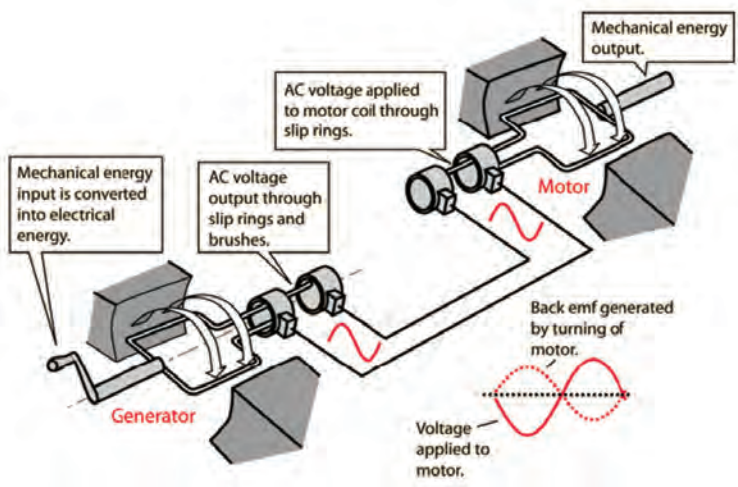
موتورهای AC

امروزه به‌طور وسیعی از موتورهای AC در کاربردهای صنعتی به مراتب بیشتر از موتورهای DC استفاده می‌شود. آنها در سیستم‌های ولتاژی تک فاز و سه فاز استفاده می‌شوند. این ویژگی اجازه می‌دهد تا طراح کنترل موتور بتواند متناسب با کاربرد موتور نوع موتور را انتخاب کند. بیشتر موتورهای تک فاز کمتر از ۳ اسب بخار هستند. هر چند تعدادی از موتورهای بزرگ‌تر از آن نیز در دسترس هستند که رایج نیستند. موتورهای سه فاز تا چندین هزار اسب بخار در دسترس هستند، هرچند بیشتر موتورهایی که با آنها کار می‌کنیم کمتر از ۵۰ اسب بخار هستند.

موتور AC چند مزیت نسبت به موتورهای DC فراهم می‌کند. یک مزیت موتور AC در طراحی آن است که نیاز به زغال و کموتاتورها را از بین می‌برد. مزیت دوم

این است که قسمت چرخشی آن به جای سیم فشرده شده بر روی هسته، از فولاد ورق ورقه ساخته شده است که باعث کاهش نگهداری می‌شود. موتور AC به زغال و کموتاتورها نیازی ندارد زیرا خطوط مغناطیسی قسمت چرخشی از طریق القا ایجاد می‌شود. فرایند القایی که برای جابه‌جایی جریان به عضو چرخشی استفاده می‌شود، شبیه القایی است که بین سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه ترانسفورماتور اتفاق می‌افتد. به دلیل ولتاژ منبع سینوسی این فرایند در یک موتور AC امکان‌پذیر است.

میدان چرخشی در موتور AC روتور و میدان ثابت استاتور نامیده می‌شود. طراحی روتور نسبت به آرمیچر چرخشی در موتور DC متمایز است، زیرا به‌طور کامل از فولاد ورق ورقه‌ای ساخته شده است به جای اینکه سیم پیچ‌های مس را روی یک هسته فولادی فشار داده باشد.



این به موتور AC اجازه می‌دهد تا به مدت طولانی‌تری نسبت به موتور DC کار کند و نگهداری دوره‌ای کمتر داشته باشد. این به این معنی است که موتورهای AC بیشتر از موتورهای DC در صنعت استفاده می‌شود. شما باید آگاه باشید که دلیل اصلی استفاده از موتورهای DC در صنعت در دهه ۱۹۴۰ تا ۱۹۶۰ این بود که سرعت آنها را می‌توان نسبت به سرعت موتورهای AC راحت‌تر کنترل کرد. با ظهور درایوهای متغیر فرکانس، سرعت تمام موتورهای AC را می‌توان راحت‌تر از موتورهای DC تنظیم کرد و به دلیل نداشتن زغال در موتور AC نیاز به نگهداری کمتری دارد.

پاسخ تمرینات:

A. جمله‌ها را با دقت بخوانید و تصمیم بگیرید که آیا درست است یا نادرست. «T» را برای عبارت درست و «F» را برای جمله نادرست بنویسید.

۱ .....T... موتور DC دارای دو قسمت اصلی است: قسمت چرخشی و قسمت ثابت.

۲ .....T.. سه نوع موتور DC، موتور سری، موتور شانت و موتور ترکیبی است.

۳ ....T.... هنگامی که بخش‌های فولادی ورقه‌ای به هم فشرده می‌شوند تا هسته را ایجاد کنند، جریان‌های گردابی می‌توانند از یک قسمت فولادی ورقه‌ای به دیگری جریان داشته باشند.

۳ .....T... با تغییر پلاریته آرمیچر یا سیم‌پیچ میدان می‌توان جهت چرخش یک موتور سری را تغییر داد.

B. موارد ستون A را با معادل مناسب خود در ستون B تطبیق دهید. a، b، c، ... را در پرانتز ارائه شده وارد کنید.

۱ استاتور (d)	a. بخش چرخشی موتور
۲ آرمیچر(a)	b. موتور قفس سنجابی
۳ موتور القایی (b)	c. چرخش در هر دقیقه
۴ R.P.M (c)	d. بخش ثابتی موتور
۵ F.L.A (e)	e. آمپر بار کامل
۶ کموتاتور (h)	f. جریان مغناطیسی که در هسته جریان دارد
۷ جریان جاری (f)	g. تلفات مغناطیسی
۸ تلفات شار (g)	h. نقاط ورق ورقه‌ای

C. مطالعه کلمه و تعاریف:

مغناطیس: کارتریج فلن مغناطیسی دارای یک وان حرکتی بین اجزای سیم‌پیچ است. ولتاژ خروجی بسیار کم است و بر خلاف کارتریج کریستال باید یک مرحله پیش تقویت‌کننده پیش از آن داشته باشد.

میدان مغناطیسی: نیرویی که آهنربا را احاطه کرده و خطوط مغناطیسی را تولید می‌کند.

استاتور: صفحات ثابت در یک خازن متغیر.

عیب‌یابی: روش تعیین شکست خرابی الکتریکی یا الکترونیکی.

انسان‌ها تلاش کرده‌اند تا راهی مطمئن پیدا کنند که به آنها بگوید کجا هستند و به هدایت آنها کمک کند که به کجا می‌روند. احتمالاً غارنشینان از سنگ‌ها و شاخه‌ها استفاده می‌کردند تا مسیر را علامت‌گذاری کنند وقتی که آنها جهت غذا برای شکار برنامه‌ریزی می‌کردند. دریانوردان اولیه در امتداد نزدیک ساحل سکنی گزیدند تا آنها را از گم‌شدن حفظ کند. هنگامی که اولین ناوبرها به دریای آزاد دریانوردی کردند، آنها کشف کردند که می‌توانند مسیر خود را با دنبال کردن ستاره‌ها ترسیم کنند. فنقی‌های باستان از ستاره شمالی برای سفر از مصر و کرت استفاده می‌کردند. پیشرفت‌های اصلی بعدی در جست‌وجوی روش کامل ناوبری، استفاده از قطب نمای مغناطیسی بود.

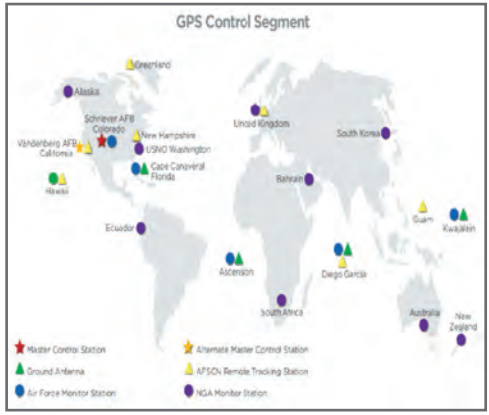
حدود ۵۰ سال پیش، زمانی که فناوری فضایی متولد شد، در واقع آن تولد روشی کاملاً جدید ساخته دست بشر برای ردیابی و هدایت، با استفاده از ستارگان بود که در حال حاضر به عنوان سیستم‌های ناوبری ماهواره‌ای شناخته می‌شود و سیستم موقعیت‌یاب جهانی آخرین دستاورد آن است. سیستم موقعیت‌یابی جهانی (GPS) یک سیستم رادیویی ناوبری در سراسر جهان است که از مجموعه‌ای شامل ۲۴ ماهواره و ایستگاه‌های زمینی‌اش تشکیل شده است. سیستم موقعیت‌یابی جهانی شامل سه بخش تعاملی است:

بخش فضایی: ماهواره‌ها به دور مدار زمین می‌چرخند؛
بخش کنترل: ایستگاه‌های کنترل و نظارت؛
بخش کاربر: گیرنده‌های سیگنال GPS متعلق به کاربران.

بخش فضایی شامل مجموعه‌ای از ۲۴ ماهواره فعال است که هر ۱۲ ساعت به دور مدار زمین می‌چرخند. شش مدار (با چهار ماهواره در هر مدار) وجود دارد، با فاصله مساوی (۶۰ درجه جدا از هم) که حدود پنجاه و پنج درجه نسبت به صفحه استوا زاویه دارد.

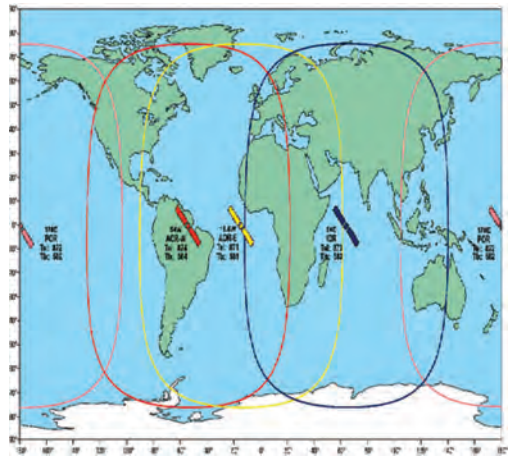
در هر یک از شش مدار چهار ماهواره قرار دارد. مدارها به‌طور مساوی در اطراف زمین توزیع شده‌اند. مدار ماهواره‌ها در ارتفاع حدود ۲۰۲۰۰ کیلومتری از زمین قرار دارد و دارای سرعت ۲۶/۶۱ کیلومتر در ثانیه است. ماهواره‌ها به گونه‌ای قرار می‌گیرند که ما بتوانیم تقریباً ۱۰۰ درصد سیگنال شش تا از آنها را در هر زمان و هر نقطه‌ای از زمین دریافت کنیم.

برای دریافت بهترین اطلاعات موقعیت، به سیگنال‌های زیادی نیاز داریم. این چینش این ویژگی را مهیا می‌کند که برای کاربر بین پنج تا هشت ماهواره در هر نقطه از زمین قابل مشاهده باشد. این ماهواره‌ها به ساعت‌های بسیار دقیقی مجهز هستند که دارای خطای سه نانو ثانیه است. این زمان دقیق مهم است زیرا گیرنده باید دقیقاً بداند چه مدت طول می‌کشد تا سیگنال توسط هر ماهواره دریافت و بازگشت نماید. با دانستن مقدار دقیق زمان دریافت و برگشت سیگنال از هر ماهواره، می‌تواند موقعیت خود را محاسبه کند.



بخش کنترل GPS یا زمین، شامل ایستگاه‌های نظارتی بدون سرنشین واقع در سراسر جهان است. این ایستگاه‌ها ماهواره‌های GPS را نظارت و کنترل می‌کند. مرکز کنترل اصلی در پایگاه نیروی هوایی فالکون در کلرادو اسپرینگز، کلرادو واقع است و چهار ایستگاه بزرگ زمینی سیگنال‌ها را برای ماهواره‌ها پخش می‌کنند.

ایستگاه اصلی کنترل، اطلاعات مدار و



داده‌های ساعت را به ماهواره ارسال می‌کند. سپس ماهواره‌ها مجموعه، داده‌های مدار را به گیرنده‌های GPS از طریق سیگنال‌های رادیویی ارسال می‌کنند.
بخش کاربر GPS شامل گیرنده‌های GPS و جامعه کاربران می‌باشد. گیرنده‌های GPS سیگنال‌های ماهواره را به موقعیت، سرعت، و برآورد زمان تبدیل می‌کنند. برای محاسبه موقعیت چهاربعدی (X، Y، Z) و زمان به چهار ماهواره نیاز است. گیرنده‌های GPS برای ناوبری، موقعیت‌یابی، انتشار زمان و سایر تحقیقات استفاده می‌شود. مشاهدات نجومی، امکانات ارتباطات مخابراتی و استانداردهای آزمایشگاهی می‌توانند توسط گیرنده‌های ویژه GPS برای سیگنال‌های زمان دقیق یا کنترل شده با فرکانس‌های دقیق تنظیم شوند.

ماهواره دو سیگنال حامل مایکروویو را ارسال می‌کند. فرکانس L۱ (۱۵۷۵/۴مگاهرتز) دارای پیام ناوبری و سیگنال‌های کد SPS می‌باشد. فرکانس L۲ (۱۲۲۷/۶۰مگاهرتز) برای اندازه‌گیری تأخیر یونوسفر با گیرنده‌های مجهز به PPS استفاده می‌شود.
GPS تقریباً برای تمام عملیات‌های نظامی و سیستم‌های سلاح مهم است. آنها توسط سربازان پیاده، وسایل نقلیه، هلیکوپترها و پانل‌های هواپیما حمل می‌گردند. همچنین GPS به نجات جان انسان کمک می‌کند. بسیاری از واحدهای خدمات پلیس، آتش‌نشانی و اورژانس از گیرنده‌های GPS برای تعیین ماشین پلیس، کامیون آتش‌نشانی یا آمبولانس نزدیک به اورژانس استفاده می‌کنند و امکان سریع‌ترین پاسخ ممکن را در شرایط زندگی یا مرگ فراهم می‌کنند.

پاسخ تمرینات:

A. جمله‌ها را با دقت بخوانید و تصمیم بگیرید که آیا درست است یا نادرست. برای عبارت درست«T» و برای جمله نادرست «F» بنویسید.

۱ .....F... در هر مدار شش ماهواره وجود دارد.

۲ .....T.. مدار هر ماهواره با زاویه ۵۵ درجه به سمت خط استوا است.

۳ .....T.. در زمانی که زمین برای تکمیل یک دور طول می‌کشد، هر ماهواره دو بار در اطراف زمین می‌چرخد.

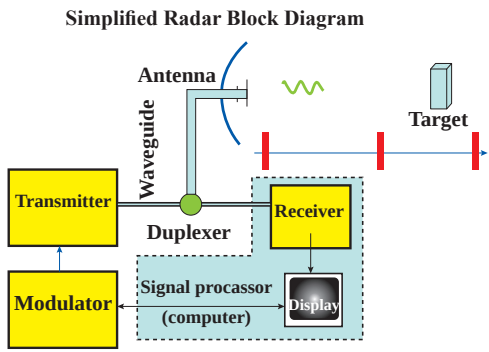
۴ .....T.. سیستم موقعیت‌یابی جهانی متشکل از سه بخش تعاملی است.

۵ .....T..دقت یک موقعیت به‌دست آمده از GPS مستقل از هندسه ماهواره‌های مورد استفاده است.

۶ .....T...ما باید ارتباط بین ساعت گیرنده و ساعت ماهواره را برای اندازه‌گیری محدوده بین ماهواره و گیرنده تعیین کنیم.

بخش پنجم

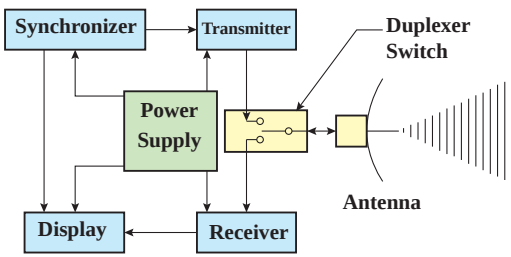
رادار یک سیستم تشخیص شیء است که برای تعیین دامنه، زاویه یا سرعت اشیا از امواج رادیویی استفاده می‌کند. رادار می‌تواند برای شناسایی و کشف هواپیما، کشتی‌ها، فضاپیما، موشک‌های هدایت‌شده، وسایل نقلیه موتوری، اطلاعات هواشناسی و زمین مورد استفاده قرار گیرد. یک سیستم رادار شامل فرستنده که تولیدکننده امواج الکترومغناطیسی درحوزهٔ رادیو یا مایکروویو است، یک آنتن فرستنده، یک آنتن دریافت‌کننده (اغلب همان آنتن برای ارسال و دریافت استفاده می‌شود) و گیرنده و پردازنده برای تعیین خواص اشیا می‌باشد. امواج رادیویی (پالس یا پیوسته) ارسالی فرستنده از جسم منعکس شده و به گیرنده بازمی‌گردند و اطلاعاتی در مورد مکان و سرعت شیء ارائه می‌کنند.



بلوک دیاگرام ساده‌ای از رادار

رادار دوره قبل از جنگ و در حین جنگ جهانی دوم توسط چندین کشور به‌صورت مخفیانه جهت کاربرد نظامی توسعه یافت. واژه RADAR مخفف کلمات تشخیص امواج رادیویی و فاصله‌یابی یا جهت‌یابی امواج رادیویی و فاصله‌یابی است. از آنجایی که واژه رادار از زبان انگلیسی و دیگر زبان‌ها به عنوان اسم عام وارد شده است، با حروف بزرگ‌نویسی را از دست می‌دهد.

یک سیستم رادار واقعی نیاز به هفت مؤلفه اساسی دارد که در شکل روبه‌رو نشان داده شده است:

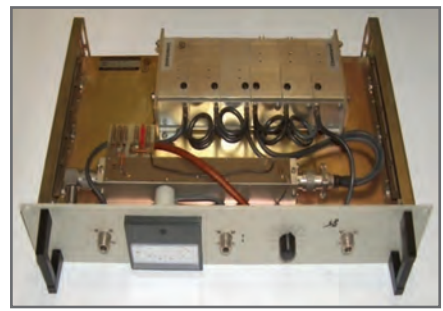


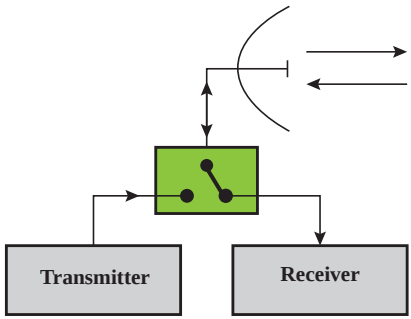
فرستنده: فرستنده موج رادیویی را که باید فرستاده شود، ایجاد می‌کند و موج را سوار می‌کند. فرستنده همچنین باید سیگنال را تا یک سطح قدرت بالایی تقویت کند و فاصلهٔ کافی را پوشش دهد.

گیرنده: گیرنده حساس به محدودهٔ فرکانس‌های در حال ارسال است و عمل تقویت سیگنال برگشتی را فراهم می‌کند. برای فراهم‌کردن بیشترین فاصله، گیرنده باید بدون ایجاد نویز، بیش از حد حساس باشد.

منبع تغذیه: منبع تغذیه، توان الکتریکی تمام قطعات را فراهم می‌کند. بزرگ‌ترین مصرف‌کننده توان، فرستنده است که ممکن است به چندین کیلووات متوسط توان نیاز داشته باشد. در واقع توان ارسالی در رادارهای پالسی ممکن است بیشتر از ۱کیلووات باشد. منبع تغذیه تنها نیاز دارد که قادر به ارائه مقدار متوسط توان مصرف شده باشد، نه دارای سطح توان بالا در طول ارسال پالس واقعی.

دوپلکسر (دو راهه): سوئیچی است که به‌طور متناوب فرستنده یا گیرنده را به آنتن متصل می‌کند. هدف استفاده از آن حفاظت از گیرنده در برابر توان بالا در خروجی فرستنده است.





در حین ارسال یک پالس خروجی، دوپلکسر به مدت زمان پالس، PW برای فرستنده تنظیم می‌شود. پس از ارسال پالس، دوپلکسر، آنتن را با گیرنده تنظیم می‌کند (اتصال می‌دهد). هنگامی که پالس بعدی فرستاده می‌شود، دوپلکسر به سمت فرستنده جابه‌جا خواهد شد. اگر قدرت فرستنده پایین (کم) باشد، دوپلکسر لازم نیست.

آنتن: آنتن پالس رادار را از فرستنده می‌گیرد و آن را در هوا قرار می‌دهد (منتشر می‌کند). علاوه بر این، آنتن باید انرژی را به یک پرتو مشخص متمرکز کند که قدرت را افزایش می‌دهد و تعیین جهت هدف را قادر می‌سازد.

صفحه نمایش: بخش صفحه نمایش ممکن است انواع مختلفی داشته باشد، اما به‌طور کلی طراحی شده است تا اطلاعات دریافت شده را به یک اپراتور ارائه دهد.

یک سیستم رادار دارای فرستنده‌ای است که امواج رادیویی را به نام سیگنال‌های راداری در جهت‌های از پیش تعیین شده منتشر می‌کند. هنگامی که این موج با شیء برخورد می‌کنند، معمولاً در بسیاری جهات منعکس یا پراکنده می‌شوند. اما برخی از آنها جذب می‌شوند و تا حدودی به هدف می‌رسند. سیگنال‌های رادار به‌ویژه به‌وسیلهٔ مواد رسانای الکتریکی، به‌ویژه توسط اکثر فلزات، توسط آب دریا و زمین مرطوب، منعکس می‌شوند. سیگنال‌های رادار که به سمت فرستنده بازتاب می‌شوند، سیگنال‌های مطلوبی هستند که به واسطهٔ آن رادار کار می‌کند. اگر شیء به سمت فرستنده حرکت کند یا از آن دور شود، به خاطر اثر داپلر تغییر جزئی در فرکانس امواج رادیویی ایجاد می‌شود.

اگرچه انعکاس سیگنال‌های راداری جذب شده توسط آنتن گیرنده معمولاً بسیار ضعیف هستند، این سیگنال‌ها می‌توانند توسط تقویت‌کننده‌های الکترونیکی تقویت شوند. جذب ضعیف امواج رادیویی در محیطی که از آن گذر می‌کند، این همان چیزی است که مجموعه رادار را قادر می‌سازد تا اشیا را در فواصل نسبتاً طولانی کشف کند. پدیده‌های آب و هوایی مانند مه، ابرها، باران، بارش برف و یخ که نور مرئی را متوقف می‌کنند معمولاً امواج رادیویی را منتقل می‌کنند. بعضی از فرکانس‌های رادیویی مشخصی که توسط بخار آب، قطره‌های باران یا گازهای اتمسفری (به‌ویژه اکسیژن) جذب یا پراکنده می‌شوند، در طراحی رادارها نادیده گرفته می‌شوند، مگر اینکه تشخیص آنها مدنظر باشد.

پاسخ تمرینات:

A. جمله‌ها را با دقت بخوانید و تصمیم بگیرید که آیا درست است یا نادرست. برای عبارت درست«T» و برای جمله نادرست «F» بنویسید.

۱ ...T..... کلمه دیگر برای آشکارسازی امواج رادیویی و فاصله‌یابی کلمه رادار است.

۲ .....T... رادار وسیله‌ای برای تعیین فاصله و آشکارسازی اهداف است.

۳ ....F.... رادار فرستنده ارسال امواج رادیویی پالسی ندارد.

۴ ....T.... آنتن می‌تواند برای ارسال و همچنین برای دریافت سیگنال به‌کار رود.

۵ .....T... دوپلکسر این امکان را به یک آنتن می‌دهد تا برای ارسال و دریافت استفاده می‌شود.

B. موارد ستون A را با معادل مناسب خود در ستون B تطبیق دهید. a، b، c، ... را در پرانتز ارائه شده وارد کنید.

۱ تشخیص (b)	a. برگشت سیگنال بعد از آنکه منعکس می‌شود.
۲ پژواک (a)	b. کشف کردن یا تعیین محل کردن یک شیء
۳ کنجکاو (d)	c. قانون؛ پایه و اصل
۴ اصل (c)	d. مشتاق
۵ به خوبی، مثل (e)	e. و
۶ زیرا (f)	f. زیرا؛ به واسطه
۷ این است (g)	g. برای مثال؛ به خاطر اینکه
۸ رایج (h)	h. طبیعی، معمول
۹ تنظیم کردن (i)	i. تنظیم کردن
۱۰ ظاهر شدن (k)	k. نمایان شدن؛ دیده شدن

C. مطالعه کلمه و تعاریف:

دوپلکسر: وسیله‌ای برای جدا کردن فرستنده از گیرنده در طول عملکرد رادار.

نشان‌دهنده: وسیله‌ای برای نشان‌دادن انواع موردنظر از اطلاعات دلخواه. نشان‌دهنده موقعیت

صفحه: (PPI): وسیله مورد استفاده در رادار به‌طور مستقیم برای نشان دادن فاصله و جهت یک هدف.

فاصله: فاصله بین دستگاه رادار و یک هدف یا توانایی فاصله‌یابی از رادار.

هدف: شیئی که موقعیتش تعیین می‌شود.

بخش ششم

فرستنده‌های رادیویی با اعمال یک جریان الکتریکی به سرعت در حال تغییر به آنتن یک میدان الکترومغناطیسی متغیر ایجاد می‌کنند. سرعتی که در آن، این جریان‌ها تغییر می‌کنند سرعت تغییر میدان الکترومغناطیسی اطراف آنتن را کنترل می‌کند. این تغییر سرعت به (هرتز) اندازه‌گیری می‌شود.

یک هرتز (۱Hz)یک دور بر ثانیه

۱ کیلوهرتز (۱kHz) یک هزار دور بر ثانیه

۱ مگاهرتز (۱MHz) یک میلیون دور بر ثانیه

۱ گیگاهرتز (۱GHz) یک میلیارد دور بر ثانیه

تصویری از یک سنگ‌ریزه‌ای که در یک حوضچه افتاده است را در نظر بگیرید که سنگ‌ریزه نمایانگر فرستنده باشد. موج‌های تابشی نشان‌دهنده میدان الکترومغناطیسی در حال نوسان است. این میدان‌ها امواج رادیویی نامیده می‌شوند و از آنتن با سرعت نور تشعشع می‌شوند.

رادیو VHF دریایی با فرکانس حدود ۱۵۶ مگاهرتز کار می‌کند، در حالی‌که رادیوهای HF/ MF (تک باند و SSB) در فرکانس‌های حدود ۲ مگاهرتز تا ۲۲مگاهرتز کار می‌کنند. فرکانس برای اهداف خاص دارای ویژگی‌های متفاوت است و به باندهای زیر تقسیم می‌شوند:

طبقه‌بندی رنج فرکانسی و باند اختصاری باند

۱۰ـ۳۰ کیلوهرتز، فرکانس بسیار پایین VLF

۳۰ـ۳۰۰ کیلوهرتز، فرکانس پایین LF

۳۰۰ـ۳۰۰۰ کیلوهرتز (۳ مگاهرتز) فرکانس متوسط MF

۳ـ۳۰ مگاهرتز، فرکانس بالا HF

۳۰ـ۳۰۰ مگاهرتز، فرکانس بسیار بالا VHF

۳۰۰ـ۳۰۰۰ مگاهرتز، فرکانس فوق‌العاده بالا UHF

۳ـ۳۰ گیگاهرتز، فرکانس فوق‌العاده بالا SHF

امواج رادیویی VHF در یک خط مستقیم حرکت می‌کنند و به هیچ وجه در برابر تپه‌ها، دماغه‌ها یا افق خم نمی‌شوند. امواج رادیویی VHF برای انتقال محلی استفاده می‌شود، اما آنتن‌ها باید در دید یکدیگر باشند (به این معنی که آنها خط دید مستقیم دارند).

فرکانس SSB و کانال‌های VHF

تمام شناورهای برای کار در باندهای فرکانس دریایی بین ۱۶۰۵ کیلوهرتز تا ۲۸۵۰کیلوهرتز مجاز هستند و باید قادر به ارسال و دریافت در فرکانس ۲۱۸۲کیلوهرتز باشند. تماس‌های اضطراری و ضروری، اورژانسی و ایمنی باید بر روی این فرکانس انجام شوند. همچنین فرکانس ۲۱۸۲ کیلوهرتز برای تماس عمومی و فرکانس پاسخ‌دهی در هنگام برقراری ارتباط با کشتی‌ها و ایستگاه‌های ساحلی است و توسط ایستگاه‌های ساحلی برای اعلام انتقال اطلاعات ایمنی و لیست‌های پیام‌های جاری به کار برده می‌شود. به غیر از تماس‌های اضطراری و اورژانسی، تمام ارتباطات باید از طریق یک فرکانس کاری یا بین کشتی انجام شود. فرکانس ۲۱۸۲ کیلوهرتز برای چنین تماس‌هایی در دسترس است. ترافیک ایمنی نیز باید بر روی فرکانس کاری ارسال شود.

امواج رادیویی MF تمایل بیشتری به دنبال انحنای زمین دارند. این امواج برای وسایل کمک ناوبری متوسط، ارتباطات منطقه‌ای و ارتباطات با برد متوسط مناسب می‌باشد، زیرا می‌توانند در اطراف مانع و در افق حرکت کنند.
امواج رادیویی HF در افق خمیده نمی‌شوند، فقط از یک لایه جو زمین (یونوسفر) برای انعکاس امواج رادیویی و برگشت به زمین استفاده می‌شود. خواص یونوسفر در طول روز متفاوت است، اما در مدت کوتاهی قبل از طلوع خورشید و فقط پس از غروب خورشید پایدار است. اینها مخصوصاً برای ارتباطات SSB در باند HF خوب هستند. در طول روز، ارسال SSB به دلیل تأثیر خورشید بر روی یونوسفر، قابل اطمینان نیست. به‌طور کلی، فرکانس‌های بالاتر مثل ۱۲ مگاهرتز یا ۱۶ مگاهرتز ارتباطات بهتری را در طول روز ارائه می‌دهد، در حالی که فرکانس‌های پایین مانند ۴ مگاهرتز یا ۶ مگاهرتز در شب بهتر کار می‌کنند. فاصله بین ایستگاه‌ها نیز عاملی است که فرکانس‌های بالاتر(۸ مگاهرتز و بالاتر) نتایج بهتری را در فاصله‌های دورتر فراهم می‌کند.

آنتن‌ها

فاصله تقریبی بر حسب مایل از یک آنتن نسبت به افق به این صورت محاسبه می‌شود:

۱/۲ ارتفاع آنتن (بر حسب متر) × ۳

توجه

ارتفاع آنتن در فرمول، ارتفاع بالاتر از سطح دریا است.

دو آنتن در رنج یکدیگر خواهند بود زمانی که فاصله‌های آنها هم‌پوشانی داشته باشند.
همهٔ آنتن‌ها به‌طور مساوی در تمام جهات تشعشع نمی‌کنند و تنها یک آنتنِ شلاقی (دوقطبی) که به‌صورت عمودی در بالای دکل کشتی قرار می‌گیرد معمولاً دارای پوششی ۳۶۰ درجه‌ای است.

محافظ (شیلد)

آنتن‌ها بایستی برای جلوگیری از محافظت در برابر آسمان‌خراش‌ها، دکل‌ها و ساختارهای مشابه، می‌توانند با امواج رادیویی پخش شده از آنتن، تداخل پیدا کنند. دکل‌ها معمولاً بهترین مکان می‌باشد. زیرا آنتن‌ها کمتر مستعد خراب‌شدن هستند و فاصله آن به حداکثر می‌رسد.

تماس‌های اضطراری
کانال ۱۶ یک کانال VHF بین‌المللی است که برای صدازدن دریایی (تماس) است.
تماس‌های اضطراری، اورژانس و ایمنی
تماس‌های ویژه در موارد اضطرار، فوری (اورژانسی) و ایمنی مورد استفاده قرار می‌گیرد و باید به درستی درک و استفاده شود.
اضطراری: سیگنال اضطراری رادیویی ـ تلفنی MAYDAY استفاده می‌شود و نشان می‌دهد که یک کشتی، هواپیما یا فرد در معرض خطر قریب‌الوقوع است و نیاز به کمک فوری دارد.
اورژانسی (فوری): سیگنال اضطراری رادیویی تلفن PAN PAN جهت نشان دادن اینکه یک کشتی حامل پیام ایمنی برای ارسال فوری (مانند از دست دادن سکان) است، استفاده می‌شود.

ایمنی: سیگنال ایمنی رادیویی تلفن(با تلفظ (say_cure_ee_tay) برای این به کار برده می‌شود که ایستگاه فراخوانی دارای پیام هشدار ناوبری یا هشدار هواشناسی برای ارسال است.
برقراری ارتباط اضطراری: یک ایستگاه در حالت اضطرار می‌تواند از هر وسیله‌ای که در اختیار دارد به منظور جلب توجه، مشخص کردن موقعیتش و به‌دست‌آوردن کمک به آن استفاده کند.
استفاده از MAYDAY به جز برای نشان دادن حالت اضطراری ممنوع است.
تماس اضطراری نسبت به ارسال همه پیام‌های دیگر دارای اولویت مطلق است. تمام شناورها و ایستگاه‌های ساحلی که این پیام را می‌شنوند، باید فوراً تمام ارسال‌هایی را که می‌توانند با اختلال در ارتباطات اضطراری می‌شوند متوقف کنند، و باید در فرکانسی که برای این کار استفاده می‌شود برای گوش دادن منتظر

باشند. تماس‌های اضطراری و پیام‌های اضطراری معمولاً باید فقط به صلاحیت مقام ارشد شناور یا کاپیتان و یا مسئول ایستگاه ارسال شود. ایستگاه‌های نظارت بر ارتباطات اضطراری باید تمرین‌های زیادی انجام دهند تا با ارسال‌های ایستگاه درگیر اضطرار یا سایر ایستگاه‌های کمک‌کننده تداخل نکنند.
هنگامی که پیام اضطراری مجاز نیست، اما برای ایمنی کشتی یا فرد ضروری باشد، باید ازسیگنال PAN PAN فوری استفاده شود.
در صورت عدم نیاز به کمک بیشتر یا اتمام حادثه، تماس‌ها و پیام‌های اضطراری باید لغو شوند.
مراحل پیام اضطراری: مراحل پیام اضطراری موارد زیر را دنبال می‌کند:
سیگنال هشدار (در صورت موجود بودن)
تماس اضطراری
پیام اضطراری. این فرکانس‌ها به زحمت، ایمنی و تماس اختصاص می‌یابد:
تماس‌های رادیویی VHF، در کانال ۱۶ ارسال می‌شود
تماس‌های اضطراری SSB، بر روی فرکانس‌های ۲۱۸۲kHz، ۴۱۲۵kHz، ۶۲۱۵kHz، ۸۲۹۱kHz، ۱۲۲۹۰kHz یا ۱۶۴۲۰kHz ارسال می‌شود.

سیگنال هشداردهنده
سیگنال هشدار رادیو تلفن فقط برای ارسال باند جانبی تکی (SSB) در ۲۱۸۲kHz، ۴۱۲۵kHz یا ۶۲۱۵kHz استفاده می‌شود (اما همه رادیوهای SSB برای مولد سیگنال هشدار مناسب نیستند). این شامل دو فرکانس صوتی متفاوت است که به‌طور متناوب ارسال می‌شود و دو صدای متمایز تولید می‌کند.
هدف از این سیگنال این است که توجه فرد را در مراقبت رادیویی جذب کند و یا هشدارگیرنده اتوماتیک (درصورت نصب) فعال کند. این باید به‌طور مداوم برای حداقل ۳۰ ثانیه فرستاده شود، ولی برای بیش از یک دقیقه طول نکشد.
این سیگنال ممکن است فقط مورد استفاده قرار گیرد:
برای اعلام کردن یک تماس یا پیام اضطراری درحال پیگیری است.
برای اعلام کردن آدم به دریا هنگامی که کمک کشتی‌های دیگر مورد نیاز باشد (در این مورد، پیام باید بر سیگنال اضطراری ارجحیت داشته و سیگنال هشدار نباید توسط سایر ایستگاه‌ها تکرار شود).
توسط ایستگاه ساحلی مجاز یک سیگنال هشدار فوری ارسال شود، بر سیگنال ایمنی مقدم باشد.
هر سیگنال هشدار رادیویی ارسال توسط یک ایستگاه ساحلی، به مدت ۱۰ ثانیه یک بار تکرار می‌شود.

تماس اضطراری

بر روی توان کامل بروید.

تماس تلفنی رادیو، سیگنال اضطراری MAYDAY (سه بار گفته شود)، کلمه این است، نام کشتی در حال اضطرار (سه بار گفته شود) و درخواست (یک بار گفته شود).

این پیام شامل:

سیگنال اضطراری MAYDAY سه بار

نام کشتی در حال اضطرار (سه بار) و علامت درخواست (یک بار)

پیام اضطراری:

تماس اضطراری باید بلافاصله پس از پیام اضطراری انجام شود.

این پیام شامل:

سیگنال اضطراری MAYDAY

نام کشتی در حال اضطرار (سه بار) و علامت درخواست (یک بار)

سیگنال اضطراری MAYDAY و نام کشتی در حال اضطرار و علامت درخواست (یک بار)

موقعیت کشتی (یا از نظر طول و عرض جغرافیایی) یا به عنوان یک سمت حقیقی و فاصله از نقطه جغرافیایی نقشه

ماهیت خطر و نوع کمک مورد نیاز

تعداد افرادی که در عرشه هستند

هرگونه اطلاعات دیگر که ممکن است به نجات کمک کند، مانند شرایط دریا و شرحی از کشتی

کلمه OVER

مثال: به کانال ۱۶VHF یا باند جانبی تکی SSB روی فرکانس‌های ۲۱۸۲kHz، ۴۱۲۵kHz، ۶۲۱۵kHz بروید.

بر روی توان کامل بروید.

در SSB، در صورت امکان یک سیگنال هشدار ارسال کنید.

MAYDAY، MAYDAY، MAYDAY.

این شناور ALBATROSS، ALBATROSS، ALBATROSS ZM۱۷۲۶ است.
MAYDAY ALBATROSS ZM۱۷۲۶ ـ پنج مایلی غرب جزیره کاپیتی ـ به‌دقت گوش کنید، موتورخانه دچارآب گرفتگی شده است ـ نیاز به کمک فوری ـ سه نفر در عرشه ـ دریا متلاطم.
کلمه OVER.

پاسخ تمرینات:

A. هر جمله را با دقت بخوانید و تصمیم بگیرید که آیا درست است یا نادرست. برای عبارت درست «T» و برای موارد نادرست «F» بنویسید.

۱ ..T..... فرکانس برای اهداف خاص دارای ویژگی‌های متفاوت است.

۲ .....T... امواج رادیویی VHF در یک خط مستقیم حرکت می‌کنند و به هیچ‌وجه در برابر تپه‌ها، دماغه‌ها یا افق خم نمی‌شوند

۳ ....F.... آنتن‌ها نبایستی جایی قرارداده شوند تا در برابر آسمان‌خراش‌ها و دکل‌ها محافظت شوند.

۴ ....T.... تماس‌های ویژه در موارد اضطرار، فوری (اورژانسی) و ایمنی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵ .....T... تماس اضطراری باید بلافاصله پس از پیام اضطراری انجام شود.

B. موارد ستون A را با معادل مناسب خود در ستون B تطبیق دهید. a، b، c، ... را در پرانتز ارائه شده وارد کنید.

۱ vhf (b)	a. PAN PAN
۲ ۱MHz (c)	b. فرکانس خیلی بالا
۳ هرتز (d)	c. یک مگاهرتز یک میلیون سیکل بر ثانیه
۴ سیگنال فوری (a)	d. واحد فرکانس

منابع

۱ ماشین‌های الکتریکی DC مؤلف: امیر حسین ترکمانی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۲.

۲ ماشین‌های الکتریکی AC: مؤلفان: محمدعلی مددی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۲.

۳ مدارهای الکتریکی: مؤلفان: علی عراقی، فریدون علومی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۲.

۴ مبانی مخابرات و رادیو: مؤلفان: سید محمود صموتی، یدالله رضازاده، شهرام نصیری سوادکوهی و محمود شبانی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۲.

۵ الکترونیک عمومی: مؤلفان: سید محمود صموتی، شهرام نصیری سوادکوهی:

۶ برنامه درسی رشته الکترونیک و مخابرات دریایی، (۱۳۹۳)، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۷ استاندارد شایستگی حرفه رشته الکترونیک و مخابرات دریایی، (۱۳۹۲)، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۸ استاندارد ارزشیابی حرفه رشته الکترونیک و مخابرات دریایی (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
۹ شیوه‌نامه نحوه ارزشیابی دروس شایستگی‌های فنی و غیرفنی شاخه‌های فنی و حرفه‌ای و برنامه درسی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۹۱.

ارگان‌ها و مؤسساتی که در فرایند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت داشته‌اند:

۱ اداره کل امور دریایی و سازمان‌های تخصصی بین‌المللی سازمان بنادر و دریانوردی.
۲ مؤسسه آموزشی کشتی‌رانی جمهوری اسلامی ایران.
۳ نیروی دریایی راهبردهای ارتش جمهوری اسلامی ایران.
۴ نیروی دریایی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی ایران.
۵ مرزبانی نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران.
۶ دبیرخانه کشوری هنرستان‌های علوم و فنون دریایی.

هنرآموزان محترم، می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را دربارهٔ مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام نگار tvoccd@roshd.ir ارسال نمایند.

وب گاه: tvoccd.oerp.ir

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش