بسم الله الرحمن الرحیم

طراحی سیم‌کشی و ماشین‌های الکتریکی

رشتهٔ الکترونیک و مخابرات دریایی

گروه برق و رایانه

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

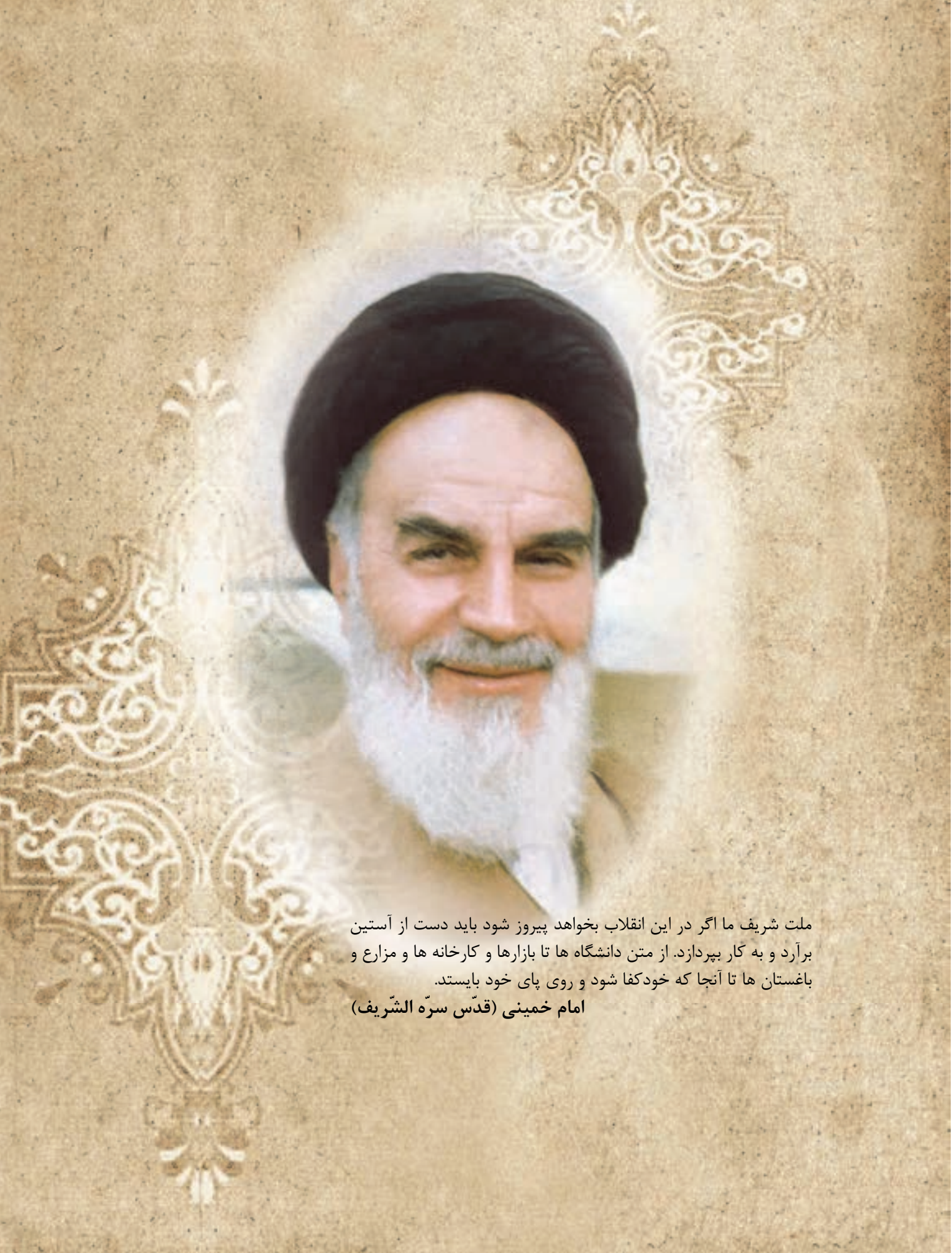
پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: طراحی سیم‌کشی و ماشین‌های الکتریکی ـ ۲۱۱۲۸۳
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: افشار بهمنی، محمدرضا پالوج، مصطفی ربیعی، علی سلیمان‌اوغلی، محمدعلی علی‌نژاد، ایمان کفاشان، علی‌حسین کولیوند، علیرضا محسنیان، عباس محمدی، غلامرضا ناطقیان (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
محمدرضا پالوج، مصطفی ربیعی، علی سلیمان‌اوغلی، محمدعلی علی‌نژاد، ایمان کفاشان، عباس محمدی (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: سیدمرتضی میرمجیدی(رسام فنی) ـ رحیم‌الله وردی‌پور(صفحه‌آرا)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱ ، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وبگاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)
تلفن: ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ دوم 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 ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۷- ۲۸۳۲ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 2832–7**



ملت شریف ما اگر در این انقلاب بخواهد پیروز شود باید دست از آستین برآرد و به کار بپردازد. از متن دانشگاه ها تا بازارها و کارخانه ها و مزارع و باغستان ها تا آنجا که خودکفا شود و روی پای خود بایستد.

امام خمینی (قدّس سرّه الشّریف)

فهرست

پودمان ۱: سیم و سیم‌کشی ۱
واحد یادگیری ۱: سیم و سیم‌کشی ۲
ارزشیابی شایستگی سیم و سیم‌کشی ۵۴
پودمان ۲: ماشین‌های الکتریکی ۵۵
واحد یادگیری ۲: ماشین‌های الکتریکی ۵۶
ارزشیابی شایستگی ماشین‌های الکتریکی ۱۰۲
پودمان ۳: کاربری اجزای شبکه‌های سه‌فاز ۱۰۳
واحد یادگیری ۳: کاربری اجزای شبکه‌های سه‌فاز ۱۰۴
ارزشیابی شایستگی کاربری اجزای شبکه‌های سه‌فاز ۱۵۵
پودمان ۴: راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه‌فاز ۱۵۷
واحد یادگیری ۴: راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه‌فاز ۱۵۸
ارزشیابی شایستگی راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه‌فاز ۱۹۸
پودمان ۵: سیستم‌های برق شناور ۱۹۹
واحد یادگیری ۵: سیستم‌های برق شناور ۲۰۰
ارزشیابی شایستگی سیستم‌های برق شناور ۲۵۲

سخنی با هنرجویان عزیز

به‌نام خدا

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی بر اساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی بطور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی – حرفه ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته است:

۱- شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی سیم‌کشی ساختمان و کار بر روی شناور

۲- شایستگی‌های غیر فنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه

۳- شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم افزارها

۴- شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.

این درس، چهارمین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژه رشته الکترونیک و مخابرات دریایی در پایه ۱۱ تألیف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و حرفه‌ای شما بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرآیند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی طراحی سیم‌کشی و ماشین‌های الکتریکی شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله‌کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید و نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد. در صورت احراز نشدن شایستگی پس ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی وجود دارد.کارنامه شما در این درس شامل ۵ پودمان و از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی برای هر پودمان خواهد بود و اگر در یکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، تنها در همان پودمان لازم است مورد ارزشیابی قرار گیرید و پودمان‌های قبول شده در مرحله اول ارزشیابی مورد تایید و لازم به ارزشیابی مجدد نمی باشد. همچنین این درس دارای ضریب ۸ است و در معدل کل شما بسیار تاثیرگذار است.

همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزاء بسته آموزشی که برای شما طراحی و تالیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو می‌باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید. سایر اجزای بسته آموزشی دیگری نیز برای شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وب‌گاه رشته خود با نشانی www.tvoccd.medu.ir می‌توانید از عناوین آن مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثری شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرآموزان گرامی

به‌نام خدا

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه‌درسی رشته الکترونیک و مخابرات دریایی طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می باشد که برای پایهٔ یازدهم تدوین و تألیف گردیده است این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی می‌بایست برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هریک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزاء بستهٔ آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته‌یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. لازم به یادآوری است، کارنامه صادر شده در سال تحصیلی قبل بر اساس نمره ۵ پودمان بوده است.ودر هنگام آموزش و سنجش و ارزشیابی پودمان‌ها و شایستگی‌ها، می بایست به استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی منتشر شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی مراجعه گردد. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیر فنی و مراحل کلیدی بر اساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می باشند. همچنین برای هنرجویان تبیین شود که این درس با ضریب ۸ در معدل کل محاسبه می‌شود و دارای تاثیر زیادی است.

کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: با عنوان "سیم و سیم‌کشی" که ابتدا با مفهوم سیم و کابل و سپس ابزارهای مورد نیاز برای سیم‌کشی اشاره شده است و در ادامه به چگونگی خواندن پلان‌ها و طراحی سیم کشی پرداخته می‌شود.

پودمان دوم: عنوان "ماشین‌های الکتریکی" دارد، که در آن انواع مولدها و موتورها و کاربرد و ویژگی‌های هر یک از آنها آموزش داده شده است و در ادامه به چگونگی خواندن پلاک انواع موتورها پرداخته می شود.

پودمان سوم: دارای عنوان "کاربری اجزای شبکه‌های سه فاز" است. در این پودمان اجزای شبکه‌های توزیع شرح داده شده و در ادامه برخی از این اجزا را می‌تواند فعال نموده و راه‌اندازی نمایند.

پودمان چهارم: "راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه فاز" نام دارد. ابتدا راه‌اندازی و کنترل موتورهای سه فاز توسط کنتاکتورها آموزش داده می‌شود سپس به‌کنترل کننده های منطقی PLC پرداخته می شود.

پودمان پنجم: با عنوان "سیستم های برق شناور" می‌باشد که در آن هنرجویان ابتدا با سیستم برق یک شناور آشنا شده و در ادامه روش‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات شناوری به آنها آموزش داده می شود.

نظر به اینکه یکی از شایستگی‌های مهم یادگیری مادام‌العمر است و کسب اطلاعات به زبان انگلیسی نیز یکی از شیوه‌های کمک به این موضوع است، در برخی از تصاویر و محتوای این کتاب، واژگان انگلیسی به‌کار گرفته شده است. از هنرجویان بخواهید با کمک سایر تصاویر و جست‌وجو در فرهنگ‌های لغت، معانی فارسی آن را در کنار کلمه مورد نظر درج کنند.

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق گردد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

سیم و سیم‌کشی

واحد یادگیری ۱

سیم و سیم‌کشی

آیا تابه‌حال پی برده‌اید

- انتخاب سیم و کابل برای سیم‌کشی برق شناور در مدارهای مختلف چگونه صورت می‌گیرد؟
- سیم مفتولی با سیم افشان چه تفاوتی دارد؟
- اتصال سیم‌ها وکابل‌ها به یکدیگر چگونه انجام می‌شود؟
- استفادهٔ صحیح از ابزار درکیفیت سیم‌کشی شناورها چه اندازه مؤثر است؟
- نصب تجهیزات سیم‌کشی چگونه انجام می‌شود؟
- طراحی مدارهای الکتریکی چگونه انجام می‌شود؟
- نقشه‌خوانی از روی یک پلان به چه صورت انجام می‌شود؟
- پلان روشنایی شناور و ساختمان چه کمکی به برق‌کار می‌کند؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود انواع سیم و کابل برای سیم‌کشی و کابل‌کشی و انواع اتصال‌های مختلف سر سیم و کابل‌شو را تشخیص دهند. هم‌چنین طراحی و نصب انواع کلیدها، پریزها و مدارهای روشنایی را انجام دهند و در پایان علاوه بر تشخیص اجزای نقشه، قادر خواهند بود نقشهٔ قسمت‌های مختلف پلان یک واحد مسکونی و یک شناور را بخوانند.

مقدمه

برای تأمین برق مصارف داخلی سیستم‌های تهویهٔ هوا، هواکش‌ها، هوادهنده‌ها، سردخانه‌ها، یخچال‌ها و سایر خدمات زیستی در شناورها به نیروی برق زیادی نیاز است که از طریق مولدهای برق تأمین می‌شود. این انتقال انرژی الکتریکی از محل تولید تا محل تحویل به «مصرف کننده» به کمک «شبکه الکتریکی» صورت می‌گیرد. شبکه‌های الکتریکی، انرژی الکتریکی را توسط «هادی الکتریکی» انتقال می‌دهند. بنابراین هادی‌های الکتریکی باید رسانای الکتریکی باشند. هادی‌ها به دو صورت روکش‌دار و بدون روکش در شبکهٔ الکتریکی استفاده می‌شوند. روکش نقش «عایق الکتریکی» را ایفا می‌کند تا از برق گرفتگی جلوگیری نماید. در هادی‌های بدون روکش، هوا نقش عایق را دارد. هادی‌ها از طریق سطح مقطع از یکدیگر تمایز داده می‌شوند. به هادی‌های روکش‌دار تا سطح مقطع $۱۰mm^۲$ و بدون روکش از مقطع $۱۰ mm^۲$ تا $۱۲۰ mm^۲$ «سیم» گفته می‌شود. شکل ۱ به‌طور کلی فرایند ارتباط الکتریکی در شبکه‌های الکتریکی توسط سیم را «سیم کشی» گویند.

شکل ۱ - سیم

بررسی سیم و کابل

سیم در سیم‌کشی ساختمان و شناورها ارتباط الکتریکی بین تجهیزات الکتریکی را برقرار می‌سازد. انتخاب سیم مطابق استاندارد و جداول مربوط می‌باشد. سیم‌ها در انواع مختلف مفتولی، افشان و رشته‌ای می‌باشند که شرح و کاربرد آنها در جدول ۱ بیان شده است.

جدول ۱- انواع سیم‌ها

ردیف	نوع سیم	شرح و کاربرد	تصویر
۱	سیم مفتولی	سیم مفتولی از یک رشته هادی از جنس مس با مقاطع ۰/۵، ۱ ، ۱/۵، ۲/۵ ، ۴ ، ۶ و ۱۰ میلی‌متر مربع تولید می‌شود. جنس روکش هادی از مواد عایق PVC با رنگ‌های مختلف می‌باشد. از سیم‌های مفتولی در سیم‌کشی ساختمان استفاده می‌شود و به‌کارگیری آنها در لوله‌های برقی و زیرگچ مجاز است. سیم‌های مفتولی تحت عنوان «سیم‌های نصب ثابت» شناسایی می‌شوند و با حرف NYA مشخص می‌شوند.	
۲	سیم افشان	سیم افشان از به هم تابیدن نامنظم چندین تار مسی تولید می‌شود لذا از انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به سیم مفتولی برخوردار است. سطح مقطع هادی و رنگ روکش سیم‌های افشان مشابه سیم مفتولی است. در صورت استفاده از سیم افشان نصب سرسیم الزامی است. هم‌چنین در محل‌هایی که مجموع زوایای مسیر سیم‌کشی بیش از ۳۶۰ درجه باشد با کسب اجازه از ناظر برق ساختمان استفاده از سیم افشان مجاز است. سیم‌های افشان با حرف NYAF مشخص می‌شوند.	
۳	سیم رشته‌ای	سیم‌های رشته‌ای از به هم تابیدن منظم چندین رشته مسی بدون روکش تولید می‌شوند. از سیم رشته‌ای برای توزیع انرژی الکتریکی درخطوط هوایی و زمین حفاظتی (ارت) در سیم‌کشی ساختمان استفاده می‌شود و سطح مقطع آنها بیش از $10\,mm^2$ می‌باشد. مثلاً برای سیستم اتصال زمین از سیم رشته‌ای $25\,mm^2$ یا $35\,mm^2$ استفاده می‌شود.	

تحقیق کنید

در مورد تفاوت کاربردی سیم‌های مفتولی و افشان تحقیق کنید.

تعیین سطح مقطع سیم

در طراحی سیم‌کشی برق ساختمان و شناور نیاز به انتخاب سیم با سطح مقطع مشخصی می‌باشد. هر سیم با سطح مقطع مشخص، قادر به انتقال جریان معینی است که اگر جریان سیم از آن تجاوزکند سبب تلفات انرژی الکتریکی، کوتاهی عمر سیم و یا سوختن آن می‌شود. لذا در انتخاب سطح مقطع سیم سه اصل زیر را باید در نظر گرفت:

الف) جریان از حد مجاز جریان سیم بیشتر نشود.

ب) افزایش ولتاژ از حد مجاز بیشتر نشود.

پ) محاسبات اقتصادی درمورد سطح مقطع انتخابی از نظر افت توان انجام شود.

حداکثرجریان مجاز سیم بر اساس سطح مقطع و محل استفاده در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- حداکثر جریان مجاز سیم‌های استاندارد شدهٔ مسی

مقطع سیم به میلی‌متر مربع	شدت جریان مجاز سیم بر حسب آمپر		
	سیم‌های با عایق تا حداکثر ۳ سیم در هر لوله	کابل‌های روکار	سیم‌های هوایی
۰/۷۵	۴	۶	۱۰
۱	۶	۱۰	۱۵
۱/۵	۱۰	۱۵	۲۰
۲/۵	۱۵	۲۰	۲۵
۴	۲۰	۲۵	۳۵
۶	۲۵	۳۵	۵۰
۱۰	۳۵	۵۰	۶۰
۱۶	۵۰	۶۰	۸۰
۲۵	۶۰	۸۰	۱۰۰
۳۵	۸۰	۱۰۰	۱۲۵
۵۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰
۷۰	-	۱۶۰	۲۰۰
۹۵	-	۲۰۰	۲۲۵
۱۲۰	-	۲۲۵	۲۶۰
۱۵۰	-	۲۶۰	۳۰۰
۱۸۵	-	۳۰۰	۳۵۰
۲۴۰	-	۳۵۰	۴۳۰
۳۰۰	-	۴۳۰	۵۰۰

به‌طور کلی شرکت‌های تولید کننده به منظور انتخاب سیم یا کابل بدون محاسبه با توجه به جریان و طول سیم جدول ۳ را پیشنهاد می‌دهند. ولی انتخاب دقیق‌تر نیاز به محاسبات و دخالت عوامل محیطی دارد.

جدول ۳- ارتباط سطح مقطع، طول وجریان سیم برحسب آمپر

طول سیم (m) / شماره سیم (mm^2)	۱۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۴۵۰	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۸۰۰	۹۰۰	۱۰۰۰
۱/۵	۲۷	۱۵	۷	۵												
۲/۵	۳۶	۲۵	۱۲	۸	۶											
۴	۴۶	۴۰	۲۰	۱۳	۱۰	۸	۶									
۶	۵۸	۵۸	۳۰	۲۰	۱۵	۱۲	۱۰	۸	۷	۶/۵	۶	۵				
۱۰	۷۷	۷۷	۵۰	۳۳	۲۵	۲۰	۱۶	۱۴	۱۲	۱۱	۱۰	۸	۷	۶	۵	۵
۱۶	۱۰۰	۱۰۰	۸۰	۵۳	۴۰	۳۲	۲۶	۲۲	۲۰	۱۷	۱۶	۱۳	۱۱	۱۰	۸	۸
۲۵	۱۳۰	۱۳۰	۱۲۵	۸۳	۶۲	۵۰	۴۱	۳۵	۳۱	۲۷	۲۵	۲۰	۱۷	۱۵	۱۳	۱۲
۳۵	۱۵۵	۱۵۵	۱۵۵	۱۱۵	۸۶	۶۹	۵۷	۴۹	۴۳	۳۸	۳۴	۲۸	۲۴	۲۱	۱۸	۱۷
۵۰	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۵۶	۱۱۷	۹۳	۷۸	۶۶	۵۸	۵۲	۴۶	۳۸	۳۲	۲۸	۲۵	۲۳
۷۰	۲۳۰	۲۳۰	۲۳۰	۲۲۲	۱۶۶	۱۳۳	۱۱۱	۹۵	۸۳	۷۴	۶۶	۵۵	۴۷	۴۱	۳۶	۳۳
۹۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۲۵	۱۸۰	۱۵۰	۱۲۹	۱۱۲	۱۰۰	۹۰	۷۵	۶۴	۵۶	۵۰	۴۵
۱۲۰	۳۱۵	۳۱۵	۳۱۵	۳۱۵	۲۷۸	۲۲۲	۱۸۵	۱۵۹	۱۳۹	۱۲۳	۱۱۱	۹۲	۸۹	۶۹	۶۷	۵۵
۱۵۰	۳۵۵	۳۵۵	۳۵۵	۳۵۵	۳۳۰	۲۶۴	۲۲۰	۱۸۹	۱۶۵	۱۴۷	۱۳۲	۱۱۰	۹۴	۸۲	۷۳	۶۶
۱۸۵	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۳۹۳	۳۱۴	۲۶۷	۲۲۴	۱۹۶	۱۷۴	۱۵۷	۱۳۱	۱۱۲	۹۸	۸۷	۷۸
۲۴۰	۴۶۵	۴۶۵	۴۶۵	۴۶۵	۴۳۷	۳۴۹	۲۹۱	۲۴۹	۲۱۸	۱۹۴	۱۷۴	۱۴۵	۱۲۴	۱۰۹	۹۷	۸۷
۳۰۰	۵۵۰	۵۵۰	۵۵۰	۵۵۰	۴۹۶	۳۹۷	۳۳۱	۲۸۳	۲۴۸	۲۳۰	۱۹۸	۱۶۵	۱۴۱	۱۲۴	۱۱۰	۹۹

با توجه به جدول ۳، سیم با سطح مقطع $۱۰mm^2$ به طول m ۱۵۰ حداکثر جریان ۳۳A را از خود عبور می‌دهد.

کار کلاسی

با توجه به جدول ۳ سیم با سطح مقطع $۲۵\ mm^۲$ به طول $۲۰۰\ m$ حداکثر چه جریانی را از خود عبور می‌دهد؟

رنگ عایق سیم

برای جلوگیری از بروز اشتباه به هنگام سیم‌کشی و عیب‌یابی مطابق استاندارد رنگ عایق سیم‌ها به صورت زیر انتخاب می‌شود.

فاز اول: رنگ قرمز

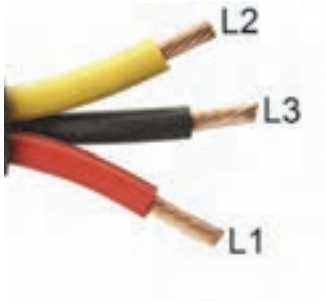
فاز دوم : رنگ زرد

فاز سوم : رنگ سیاه

نول: رنگ آبی کم‌رنگ

برگشت: ترجیحاً رنگ فاز مربوط، با خط سفید و در صورت عدم امکان، رنگ خاکستری

زمین: رنگ زرد با خط سبز (شکل ۲).



سیم زمینی

سیم معمولی

شکل ۲- رنگ عایق سیم

فعالیت کارگاهی

در کارگاه به صورت گروه به گروه انواع سیم‌ها را از نظر سطح مقطع، رنگ و نوع سیم (مفتولی، افشان و رشته‌ای) شناسایی کنید.

کابل(Cable)

به هادی‌های روکش‌دار با مقطع بیش از $10mm^2$ «کابل» گویند.کابل یک یا چند هادی (تک یا چند رشته‌ای) است به‌طوری‌که هر هادی به وسیلهٔ عایق از هادی دیگر جدا می شود و مجموعهٔ هادی‌ها در داخل یک یا چند پوشش اضافی از موادی با جنس‌های مختلف قرار می‌گیرد.کابل‌های شناور باید شرایط محیطی کاملاً متنوعی را تحمل کنند. برای مثال باید دماهای شدید، رطوبت و درجهٔ شوری محیط را متحمل شوند به طوری که در همهٔ شرایط کاری از دوام ، کارایی و ایمنی کافی برخوردار باشند.

تأیید کابل‌ها عموماً شامل تأیید ساختار و ساختمان، اندازه‌گیری مقاومت سیم هادی، آزمون ولتاژ زیاد و آزمایش مقاومت عایق است. کابل‌کشی در شناور همراه با ملاحظهٔ محافظت از آتش‌سوزی و انفجار، جلوگیری از صدمات مکانیکی و قابلیت دسترسی به کابل می‌باشد. کابل‌ها ممکن است به صورت تکی یا گروهی کشیده شوند. برای کابل‌کشی از تجهیزات متعددی مانند ترانک، سینی، لوله و برای محکم کردن کابل و کابل‌کشی از وسایل محکم کردن مانند گیره، بست حایل و پایه استفاده می‌شود.

ظرفیت ولتاژ کابل‌های برق شناور، طبق استانداردهای دریایی از جمله IEC92-350 به ترتیب از ۱۱۰ تا ۲۵۰ ولت و از ۳۸۰ تا ۱۰۰۰ ولت می‌باشد. شکل ۳ شکل ظاهری یک کابل را نشان می‌دهد.

شکل۳- شکل ظاهری کابل

ساختمان کابل

ساختمان کابل‌ها با توجه نوع کاربرد، مقدار و نوع جریان و ولتاژ، تعداد هادی، محل و نوع نصب و موارد دیگر با هم متفاوت می‌باشند اما به‌طورکلی همهٔ کابل‌ها از دو قسمت اصلی هادی و عایق تشکیل شده‌اند ولی در بعضی مواقع تنها هادی و عایق برای یک کابل مناسب کافی نبوده و از غلاف (زره) و شیلد جهت محافظت بیشتر استفاده می‌کنند. تقسیم بندی کابل‌ها براساس جنس، شکل، سطح مقطع و تعداد هادی‌ها، عایق، ولتاژ و نوع نصبشان متفاوت می‌باشند. شکل ۴ ساختمان یک کابل را نشان می‌دهد.

شکل۴- ساختمان کابل

هادی کابل

جنس هادی‌ها معمولاً از مس تقریباً خالص که انعطاف قابل قبولی دارد و یا از آلومینیوم یا آلیاژهای مخصوص آن می‌باشد. هادی‌ها باید از نظر استحکام مکانیکی و هدایت الکتریکی مناسب باشند و معمولاً دارای سطح مقطع گرد و در دو نوع مفتولی و رشته‌ای استفاده می‌شوند. کابل‌های رشته‌ای با مقطع گرد را باحروف rm وکابل‌های مفتولی با مقطع گرد را با حروف re نشان می‌دهند.

شکل۵- شکل ظاهری هادی

عایق کابل‌ها

هادی‌ها برای جلوگیری از اتصال کوتاه به یکدیگر درکابل‌های چند رشته‌ای و جلوگیری از اتصال کوتاه بین هادی‌ها و زمین و محیط اطراف، به موادی به عنوان عایق الکتریکی نیاز دارند. استفاده از عایق دور یک هادی جهت جدایی بین هادی‌ها به کار می‌رود. بیش‌تر عایق‌های کابل را پلیمر و بعضاً کاغذ آغشته به روغن تشکیل می‌دهد. جنس و تعداد لایه‌ها را با توجه به نوع کابل وکاربرد آن انتخاب می‌کنند. برای محافظت در مقابل نیروهای فیزیکی و آسیب‌های شیمیایی، یک پوشش خارجی یک لایه و یا چند لایه روی عایق و هادی قرارمی‌گیرد. در شکل ۶ عایق‌های یک کابل را مشاهده می‌کنید

شکل۶- رنگ عایق کابل‌ها

برای جلوگیری از اشتباه و تشخیص سیم کابل‌ها از یکدیگر، عایق سیم‌های هادی را در رنگ‌های مختلف انتخاب می‌کنند که با توجه به تعداد هادی‌ها در داخل کابل و استاندارد ساخت کابل متفاوت می‌باشد.

غلاف (زره) کابل‌ها

گاهی اوقات، کابل‌ها تحت فشارهای زیاد مکانیکی و یا عوامل محیطی قرار می‌گیرند و هادی‌های عایق‌دار یا فیبرهای نوری آن‌ها، به دلیل عدم حفاظت کافی از بین می‌روند، برای جلوگیری از این مشکل غلافی که معمولاً از جنس فلز (مس، سرب، فولاد روی اندود و آلومینیوم)، کاغذ و مواد پلاستیکی به ویژه PVC است، به صورت یکنواخت بر روی کابل کشیده می‌شود تا با جلوگیری از فشار مکانیکی و عوامل جوی، عمر مفید و ایمنی آن را تضمین کند (شکل ۷).

شکل ۷

به چند نمونه از غلاف در جدول ۴ اشاره می‌شود.

جدول ۴- انواع غلاف

انواع غلاف	توضیحات
غلاف بافته شده	غلاف بافته شده یکی از بهترین غلاف‌ها است که از کابل محافظت می‌کند. این غلاف ممکن است بر روی هادی‌ها و یا به‌طور کلی به عنوان پوشش خارجی کابل مورد استفاده قرارگیرد.
غلاف یکپارچه موج‌دار	غلاف یکپارچهٔ موج‌دار از نوارهای آلومینیومی ساخته شده است که در امتداد کابل به صورت مارپیچ تابیده می‌شود به‌طوریکه هیچ فاصله‌ای بین نوارها وجود نداشته باشد. این غلاف به صورت یک لوله با لبه‌های دندانه‌دار به دور کابل تابیده شده است و در برابر رطوبت، موادشیمیایی و فشارهای فیزیکی بسیار مقاوم است.
غلاف حصیری	غلاف با بافت حصیری شکل، پوشش سختی است که به صورت سیم‌های فلزی (فولاد، آلومینیوم یا برنز) دورکابل بافته شده است. معمولاً این نوع غلاف فلزی به دلیل پایداری عالی در برابر فشارهای زیاد مکانیکی و وزن کمتر آن نسبت به زره‌های دیگر، برای روکش کابل‌های کشتی استفاده می‌شود.
غلاف سربی	غلاف سربی به دلیل پایداری مناسب در برابر رطوبت در تأسیسات زیرزمینی،کانال‌ها و لوله‌های ویژهٔ عبورکابل به‌کار می‌رود. همچنین این نوع غلاف در برابر اسیدهای خورنده نیز مقاوم می‌باشد.
غلاف سیمی	بیش‌ترین کاربرد غلاف سیمی برای کابل‌های دریایی می‌باشد و دلیل آن پایداری مناسب در برابر فشارهای مکانیکی در بنادر و لنگرگاه‌ها، سنگ‌های تیز و حفاظت در مقابل کوسه می‌باشد. این غلاف از مفتول‌هایی با قطر ۳/۶ mm-۰/۰ که به‌طور مارپیچ دورکابل تابیده شده تشکیل شده است و روی آن با نوعی قیر ویژه پوشانده شده که کابل را در برابر خوردگی اسید محافظت می‌کند.

پوشش محافظ (شیلد) کابل

پوشش محافظ (شیلد) کابل‌های الکتریکی، از به‌وجود آمدن میدان الکتریکی بین یک هادی با هادی‌های دیگر جلوگیری می‌کند و برای کابل‌های روکش‌دار غیرفلزی در مدارهای با ولتاژ بالای ۲ کیلو ولت (کابل‌های تک هادی) و ۵ کیلو ولت (کابل‌های چند هادی)،کابل‌های کنترل و کابل‌های سیگنال‌های صوتی و تصویری به کار می‌رود. شیلد باید از فشار بیش از حد ولتاژ میان هادی‌ها جلوگیری کند و همچنین به عایق چسبیده باشد و در هر شرایطی پایداری خود را حفظ کند. کابل‌های نصب شده در لوله‌های غیرفلزی و فلزی، به‌تدریج از بین می‌روند که استفاده از شیلد تا حدودی مانع از آن می‌شود. هم‌چنین در سطح کابل‌های بدون روکش به دلیل امکان وجود لایه‌ای نمناک یا پوشیده از دوده،گریس‌ها یا چربی‌ها، احتمال انتقال ولتاژ وجود دارد. برای کابل‌هایی که مستقیماً در زیر زمین و یا در مجراها و کانال‌های غیرفلزی به‌کار رفته‌اند، استفاده از پوشش محافظ (شیلد) مفید می‌باشد.

تحقیق کنید

در استفاده از پوشش محافظ به چه نکاتی باید توجه کرد؟

تحقیق کنید

اهداف کاربرد پوشش محافظ در کابل‌ها را بنویسید.

اطلاعات کابل

بر روی بدنهٔ کابل با استفاده از حروف اختصاری و اعداد، اطلاعات کابل را برای مصرف کننده درج می‌کنند. این اطلاعات شامل موارد زیراست:

۱- استاندارد ساخت کابل؛

۲- جنس هادی؛

۳- جنس عایق و غلاف کابل؛

۴- تعداد و سطح مقطع رشته‌های کابل؛

۵- شکل مقطع و نوع هادی؛

۶- حداکثر ولتاژ قابل تحمل عایق کابل.

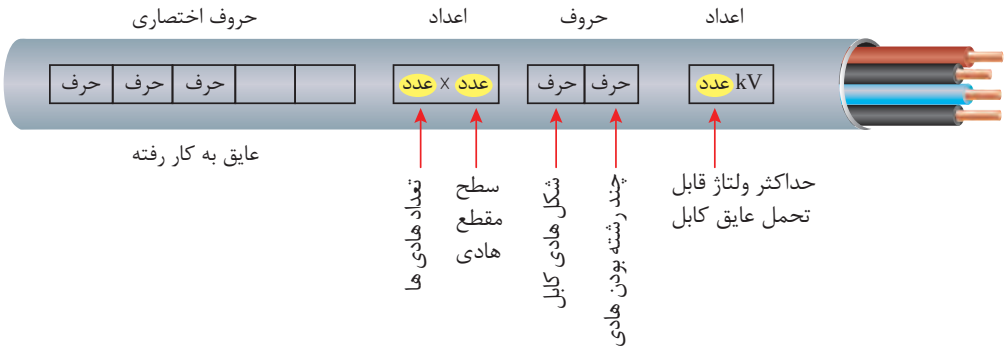
علائم مشخصه کابل‌ها

در استاندارد ایران همانند کشورهای تولید کنندهٔ کابل ساختمان، کابل‌ها با حروف الفبا مشخص می‌شوند. در این روش، حرف اول جنس هادی را مشخص می‌کند. N علامت مس و NA علامت آلومینیوم است. حرف دوم عایق سیم‌ها را مشخص می‌کند. Y علامت پلاستیک و G علامت لاستیک است و در صورتی که حرفی وجود نداشته باشد عایق کاغذی مورد نظر است. قسمت بعد مشخص کنندهٔ نوع غلاف است. Y غلاف پلاستیکی، K غلاف سربی و KL غلاف آلومینیومی است. قسمت بعد مشخص کنندهٔ نوع زره است. B مشخص کننده سیم‌های فولادی و Gb مشخص کنندهٔ سیم فولاد گالوانیزه است. بالاخره قسمت آخر جنس روپوش خارجی را مشخص می‌کند و در آن A مشخص کنندهٔ الیاف گیاهی می‌باشد. در جدول ۵ علائم چند کابل ولتاژ ضعیف که در برق‌رسانی مورد استفاده قرار می‌گیرند آمده است.

جدول ۵

ردیف	علائم کابل	جنس کابل
۱	NYY	کابل با هادی مس، عایق و غلاف پلاستیک
۲	NAYY	کابل با هادی آلومینیوم، عایق و غلاف پلاستیک
۳	NGG	کابل با هادی مس، عایق و غلاف لاستیک
۴	NAGG	کابل با هادی آلومینیوم، عایق و غلاف لاستیک
۵	NYKB	کابل با هادی مس، عایق پلاستیک، غلاف سرب و زره فولادی
۶	NYYGb	کابل با هادی مس، عایق و غلاف پلاستیک و زره فولادی گالوانیزه
۷	NKBA	کابل با هادی مس، عایق کاغذ، غلاف سرب، زره فولادی و روپوش خارجی الیاف گیاهی

ساختار کلی نوشتن اطلاعات کابل مطابق شکل ۸ است:



شکل ۸

بر روی کابل نوشته شده است:

NYY ۳×۲۵ mm^2 + rm ۱ Kv

مشخصات کابل به شرح زیر است:
NYY: استانداردکابلVDE است و جنس هادی آن از مس است، جنس عایق و غلاف پلاستیک.
۳×۲۵: کابل دارای سه رشته با سطح مقطع ۲۵ میلی‌متر مربع است.
rm: هادی‌ها دارای مقطع گرد و رشته‌ای می‌باشند.
Kv ۱: حداکثر ولتاژ قابل تحمل عایق کابل ۱ کیلو ولت است.

در جدول ۶ بعضی از کابل‌های استفاده شده در شناورها و دریا بیان شده است.

جدول ۶- کابل‌های استفاده شده در دریا و شناورها

ردیف	نام کابل	توضیحات	شکل کابل‌ها
۱	کابل‌های دریایی	طبقه‌بندی بسیار بزرگی از صنایع کابل‌های خاص را کابل‌های دریایی به خود اختصاص داده اند.	
۲	کابل کشتی	کابل‌های کشتی را به نام‌های زیادی می‌شناسند. از جمله Marine Cables، Shipboard Cables، و در بعضی از موارد که کابل‌های دریایی کاربرد نظامی داشته باشند از آنها به نام Navy Cables نیز نام می‌برند.	
۳	کابل فراساحلی	کابل‌های فراساحلی همان‌گونه که از نام آنها مشخص است بر روی سکوهای حفاری یا جهت بهره‌برداری نفت و گاز مورد استفاده قرار می‌گیرند.	

کار کلاسی

جدول زیر را کامل کنید.

نام کابل	کاربرد	شکل کابل
کابل زیردریایی	.....	
کابل کف‌خواب دریا	.....	
کابل فشار متغیر	.....	
کابل غواصی	.....	
کابل شناور در سطح آب	.....	

در جدول ۷ راهنمای کاربردی کابل‌ها با توجه به مکان استفاده در شناور بیان شده است.

جدول ۷- راهنمای کاربردی کابل‌ها با توجه به مکان استفاده در شناور

مکان استفاده	نوع کابل
همهٔ کابل‌ها و سیم‌ها در بیرون یا داخل تجهیزات	حداقل از نوع دیر سوز مطابق IEC 332-1
همهٔ کابل‌ها و سیم‌ها (درصورت استفادهٔ گروهی)	مطابق IEC332-1 تا خواص دیر سوزی آنها آسیب نبیند.
سردخانه‌ها	دیرسوز دارای روکش غیرقابل نفوذ در مقابل آب و رطوبت مقاوم در مقابل صدمهٔ مکانیکی اگر زره دارد زره باید دارای پوشش مقاوم در مقابل رطوبت باشد.
عرشه‌ها و اماکن در معرض هوا	دیرسوز دارای روکش غیرقابل نفوذ
اماکن مرطوب یا خیس مثال: حمام یا توالت	دیرسوز دارای روکش غیرقابل نفوذ اگر عایق کابل از نوع مقاوم در مقابل رطوبت نیست باید از روکش فلزی استفاده شود.
موتورخانه‌ها	دیرسوز دارای روکش غیر قابل نفوذ
در اماکنی که بخار آب مایع می‌شود و یا بخارات مضر وجود دارد.	دیرسوز دارای روکش غیر قابل نفوذ
پمپ‌های فن که در زیر آب قرار می‌گیرند.	دیرسوز دارای روکش غیر قابل نفوذ و دارای زره
شبکه‌های تشخیص حریق و شبکه‌های اعلان حریق	نسوز
شبکه اضطراری اطفاء حریق	نسوز
شبکه ارتباطات تلفنی اطفای حریق	نسوز
مدارهای کنترل و توقف از راه دور برای مقاصد ایمنی	نسوز
کابل‌هایی که برای بهره برداری و فعالیت تجهیزات در حین عملیات اطفاء حریق به کار می‌روند.	نسوز
کابل‌هایی که پمپ حریق را به تابلوی اضطراری برق متصل می‌کنند.	نسوز
اماکنی که احتمال بروز انفجار در آنها زیاد است.	تا حد امکان در این اماکن کابل‌کشی نشود. اگر کابل‌کشی ضروری است کابل‌ها در مقابل مواد موجود در محیط مقاوم بوده و دارای زره باشند اگر کابل‌ها دارای عایق معدنی می‌باشند با روکش مسی یا روکش مناسب پوشش داده شوند.

تحقیق کنید

تحقیق کنید چه تفاوت‌هایی بین کابل‌های مورد استفاده در دریا و خشکی وجود دارد.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه به صورت گروه به گروه مقداری کابل از انبار تحویل گرفته و قسمت‌های مختلف آن را شناسایی کنید.

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۱	بررسی سیم و کابل	تجهیزات: ابزار و تجهیزات لازم مکان: کلاس و کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱-انواع سیم کشی‌ها را شناسایی کند. ۲-کاربرد انواع سیم‌ها را بداند. ۳-انواع کابل‌ها را شناسایی می‌کند. ۴-قسمت‌های مختلف انواع کابل‌ها را بداند. ۵-کاربرد دریایی کابل‌ها را بداند. ۶-کابل‌های قابل استفاده در قسمت‌های مختلف شناور را بداند. ۷- تفاوت بین کابل‌ها را بداند.	۳
			در حد انتظار	۱-انواع سیم کشی‌ها را شناسایی کند. ۲-انواع کابل‌ها را شناسایی کند. ۳-کاربرد کابل‌های دریایی را بداند. ۴-کابل‌های قابل استفاده در قسمت‌های مختلف شناور را بداند. ۵- تفاوت بین کابل‌ها را بداند.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱-انواع سیم‌ها راشناسایی کند. ۲-قسمت‌های مختلف انواع کابل‌ها را بشناسد. ۳-تفاوت بین کابل‌ها را بداند.	۱

ابزار و اتصالات سیم‌کشی

ابزار سیم‌کشی برق ساختمان و شناور هر یک کاربرد خاص خود را دارند. با شناسایی و طرز کار آنها می‌توان به درستی آنها را به کار برد. شرح و کاربرد و تصویر آنها در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸- ابزار سیم‌کشی

ردیف	نوع ابزار	شرح و کاربرد	تصویر
۱	سیم چین	از سیم‌چین برای قطع سیم مسی استفاده می‌شود. سیم‌چین از دو قسمت فک و دسته تشکیل شده است. فک دارای دو لبهٔ تیز برنده از جنس فولاد می‌باشد. دسته دارای روکش نرم و عایق از جنس PVC با حداقل تحمل ولتاژ ۷۵۰ ولت است. نرمی روکش نیز برای جلوگیری از آسیب رسیدن به کف‌دست در اثر کار مداوم می‌باشد.	
۲	سیم لخت کن دستی	از سیم لخت‌کن برای روکش برداری سیم استفاده می‌شود و دو مدل دستی و اتوماتیک دارد. سیم لخت‌کن دستی از سه قسمت فک، دسته و پیچ تنظیم تشکیل شده است. فک دارای دو لبهٔ تیز برنده از جنس فولاد برای قطع روکش می‌باشد. دستهٔ سیم لخت کن دارای روکش نرم و عایق از جنس PVC با حداقل تحمل ولتاژ ۷۵۰ ولت است. با پیچ تنظیم فاصله بین دو لبهٔ فک متناسب با سایز سیم تنظیم می‌شود تا در هنگام روکش برداری به هادی آسیب نرسد.	
۳	سیم لخت کن اتوماتیک	سیم لخت کن اتوماتیک از دو قسمت فک و دسته تشکیل شده است. فک نیز دارای دو قسمت ثابت و متحرک است. فک ثابت دارای لبهٔ صاف برای نگه داشتن روکش سیم و فک متحرک دارای شیارهایی با لبهٔ تیز متناسب با قطر سیم برای قطع روکش می‌باشد. دسته دارای روکش نرم و عایق از جنس PVC با حداقل تحمل ولتاژ ۷۵۰ ولت است.	
۴	انبر دست	از انبردست برای نگه داشتن قطعهٔ کار و قطعهٔ سیم استفاده می‌شود. انبردست از دو قسمت فک و دسته تشکیل شده است. فک دارای دو لبهٔ تیز برنده و دو لبهٔ پهن آجدار است. از لبه‌های تیز برای قطع کردن سیم و لبه‌های آجدار برای نگه‌داشتن استفاده می‌شود. دسته دارای روکش نرم و عایق از جنس PVC با حداقل تحمل ولتاژ ۷۵۰ ولت است.	

ردیف	نوع ابزار	شرح و کاربرد	تصویر
۵	دَم باریک	از دم باریک برای نگه داشتن قطعهٔ کار در مکان‌های باریک و دراز استفاده می‌شود. دم باریک از دو قسمت فک و دسته تشکیل شده است. فک از دو لبهٔ تیز برنده و دو لبهٔ باریک آجدار تشکیل شده است. از لبه‌های تیز برای قطع کردن سیم و لبه‌های آجدار باریک و دراز برای نگه‌داشتن استفاده می‌شود. دسته دارای روکش نرم و عایق از جنس PVC با حد اقل تحمل ولتاژ ۷۵۰ ولت است.	
۶	دَم گِرد	از دَم‌گرد برای سؤالی کردن سیم مفتولی جهت بستن سیم زیر پیچ استفاده می‌شود. دم‌گرد از دو قسمت فک و دسته تشکیل شده است. فک دارای دو لبهٔ مخروطی شکل می‌باشد. دسته دارای روکش نرم و عایق از جنس PVC با حداقل تحمل ولتاژ ۷۵۰ ولت است.	
۷	پیچ گوشتی	پیچ گوشتی از پرکاربردترین ابزارهای سیم‌کشی است و انواع مختلفی دارد که دو نوع چهار سو و دو سو بیش‌ترین کاربرد را دارند.	
۸	پرس سَر سیم	پرس سَر سیم برای پرس کردن سرسیم به هادی‌های افشان سیم استفاده می‌شود.	
۹	فازمتر	فازمتر وسیله‌ای است شبیه پیچ‌گوشتی که علاوه بر بازو بسته کردن پیچ‌ها، به‌منظور تشخیص سیم فاز از نول نیز به کارمی‌رود.	
۱۰	پیچ گوشتی برقی	پیچ‌گوشتی برقی امروزه کاربرد زیادی دارد. این پیچ‌گوشتی دارای یک موتور الکتریکی است که می‌تواند در دو جهت و با سرعت متغیر کارکند. انرژی الکتریکی لازم برای کارکردن این موتور از طریق باطری‌های قابل شارژ تأمین می‌شود.	

ردیف	نوع ابزار	شرح و کاربرد	تصویر
۱۱	قیچی کابل‌بری	برای برش کابل می‌توانید از قیچی‌های مخصوص استفاده کنید. این قیچی‌ها متناسب با قطرکابل ساخته شده‌اند. تیغهٔ این قیچی‌ها قابل تعویض یا قابل تیز شدن است. جنس این تیغه‌ها از فولاد است.	
۱۲	چاقوی کابل‌بری	چاقوی کابل‌بری برای بریدن و روکش‌برداری کابل جهت نصب سرکابل کاربرد دارد. هنگام روکش‌برداری کابل نباید چاقو را به طرف خود حرکت دهید زیرا ممکن است تیغهٔ چاقو از روکش کابل جدا شده و به بدن شما برخورد کند.	
۱۳	پرس کابل‌شو	پرس کابل شو برای پرس کردن کابل‌شو به هادی کابل استفاده می‌شود.	
۱۴	گلَند	گلَند برای جلوگیری از آسیب رسیدن به‌غلاف کابل در محل ورود به تابلوهای فلزی برق و تختهٔ کلَم موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود.	
۱۵	فنر سیم‌کشی	برای عبور دادن سیم از داخل لوله از فنر مخصوص سیم‌کشی استفاده می‌شود. این فنر از یک نوار باریک فولادی درست شده است که اندازهٔ متداول فنرها ۵ و ۱۰و ۱۵ متر است.	

فعالیت کارگاهی

در کارگاه ابزارهای سیم‌کشی موجود در جدول ۸ را تحویل گرفته و قسمت‌های مختلف آنها را بررسی کنید.

کار در منزل

قسمت‌های مختلف هریک از ابزارهای سیم‌کشی موجود در جدول ۸ را مشخص کرده و با شکل به صورت پرده‌نگار در کلاس نمایش دهید.

تحقیق کنید

اصطلاحات انگلیسی هر یک از ابزارهای سیم کشی موجود در جدول ۸ را به کمک لغت نامه‌های تخصصی برق و اینترنت بیابید.

احتیاط

هرگز از سیم‌چین برای روکش‌برداری سیم استفاده نکنید. زیرا معمولاً در این حالت هادی سیم آسیب می‌بیند و سیم و اتصال از نظر الکتریکی و مکانیکی ضعیف می‌شوند. همچنین این وسیله برای گرفتن و چرخاندن اجسام مناسب نیست. اگر با سیم‌چین مفتول‌های فولادی را قطع کنید ممکن است نوک تیز این وسیله آسیب دیده و باعث عملکرد ضعیف آن شود.

ایمنی

استفادهٔ متوالی و نامناسب از ابزارهای دستی باعث مشکلات در مچ دست و تنگی کانال اعصاب مچ دست می‌شود.

تحقیق کنید

چه تفاوت‌هایی بین پیچ گوشتی‌های ضربه خور با پیچ گوشتی‌های معمولی وجود دارد.

انواع پیچ گوشتی و پیچ‌های متداول در شکل ۹ نشان داده شده است.

شکل ۹- انواع پیچ گوشتی و پیچ‌های متداول

تحقیق کنید

قطع شدن تعدادی از رشته‌های سیم افشان به هنگام روکش‌برداری غیر معمولی چه عواقبی خواهدداشت؟

فعالیت کارگاهی

در کارگاه، مراحل نصب گلند به کابل و تابلو را انجام دهید.

کابل‌شو

ازکابل‌شو برای بستن کابل به زیر پیچ استفاده می‌شود و متناسب با اندازهٔ کابل تولید می‌شود (شکل ۱۰).

شکل ۱۰- کابل‌شو

تحقیق کنید

با مراجعه به اینترنت انواع کابل‌شوها و مورد استفاده هر کدام را بررسی کنید.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه، مراحلِ انجام اتصال کابل‌شو به کابل و همچنین پرس آن را انجام دهید.

اتصال سیم‌ها

اتصال سیم‌ها به تجهیزات الکتریکی و یا اتصال آنها به یکدیگر نقش بسیار مهمی در سیم‌کشی برق ساختمان و شناور ایفا می‌کند. این اتصال‌ها باید دو ویژگی داشته باشند:

الف) هدایت الکتریکی

ب) استحکام مکانیکی

هدایت الکتریکی خوب باعث می‌شود تا با عبور جریان، محل اتصال گرم نشود و افت ولتاژ به وجود نیاید و استحکام مکانیکی خوب باعث می‌شود اتصال در اثر مرور زمان باز نشود. در جدول ۹ انواع اتصالات بررسی می‌شود.

جدول ۹- انواع اتصالات

انواع اتصالات	غیر لحیمی	سیم به سیم	سر به سر	-	
			طولی	-	
			انشعابی	-	
			انشعابی سریع		
		پرسی	کشویی	Push on	
			تیغه‌ای	Fork	
			حلقه‌ای	Ring	
			میله‌ای	سوزنی	Pin	
				بند پوتینی	Ferrules	
		مکانیسمی	بلوک پیچی	Blok terminal	
			فشاری اهرم	WAGO	
			کانکتور پیچی	Wire nut	
	لحیمی	کار با هویه			
		کار با حوضچه قلع			

فعالیت کارگاهی

در کارگاه، اتصال سر به سر، انتهایی، انشعابی و سر سیمی را انجام دهید.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه، مراحلِ انجام اتصال سر سیم زدن (نوع کشویی، تیغه‌ای و حلقه‌ای) را انجام دهید.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه، مراحل انجام سر سیم (سوزنی و بند پوتینی) را انجام دهید.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه، چگونگی ایجاد دو سیم مفتولی و افشان را با ترمینال بلوک پیچی انجام دهید.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه، چگونگی ایجاد اتصال دو سیم افشان و مفتولی را توسط کانکتورپیچی انجام دهید.

اتصالات لحیمی

لحیمکاری عبارت از اتصال دو یا چند فلز به وسیلهٔ یک فلز یا آلیاژ دیگر است. در این فرایند، فلز یا آلیاژ با فلز لحیم‌کننده به نقطهٔ ذوب خود می‌رسد ولی فلزات مورد اتصال ذوب نمی‌شود و لحیم باعث متصل شدن فلزات لحیم شونده به یکدیگر می‌شود. لحیمکاری در دو نوع لحیمکاری نرم (Soldering) و لحیمکاری سخت (Brazing) انجام می‌شود.

لحیمکاری سخت:

عمل لحیمکاری در درجه حرارت‌های بالای ۴۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد انجام می‌شود. عموماً به این نوع لحیمکاری (جوشکاری) می‌گویند. از انواع جوشکاری می‌توان به قوس الکتریکی و جوش گاز اشاره کرد.

لحیمکاری نرم:

درجه حرارت لحیمکاری بسیار پایین‌تر از نقطه ذوب عناصر مورد لحیمکاری است و عمل لحیمکاری در درجه حرارت پایین‌تر از ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود.

لحیم

(آلیاژ لحیم) که به‌طور اختصار به آن (لحیم) گفته می‌شود معمولاً آلیاژی مرکب از سرب و قلع است. لحیم بدون سرب هم موجود است. قلع با آب و هوا ترکیب نمی‌شود. به همین جهت پوشش بسیار خوبی برای فلزاتی نظیر مس است و از اکسید شدن آن جلوگیری می‌کند. لحیم به صورت مفتول نازک در قرقره‌های حدود ۲۵۰ گرمی، ۵۰۰ گرمی یا یک کیلوگرمی تولید می‌شود. قطر مفتول‌های لحیم، مختلف و در حدود کسری از یک تا چندین میلی‌متر است. لحیم را با درصد ترکیب‌های مختلف قلع و سرب نیز می‌سازند(شکل ۱۱).

شکل ۱۱- سیم لحیم

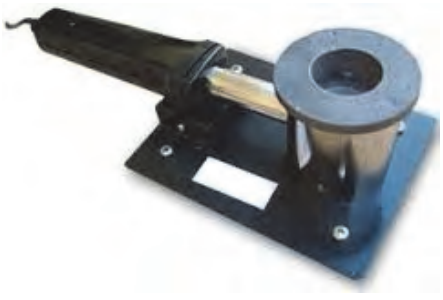
روغن لحیمکاری (روان‌ساز)

برای لحیم کردن دو فلز به یکدیگر لازم است قبلاً سطوح اتصال را کاملاً پاک کنید، به‌طوری که اکسید فلز روی آنها وجود نداشته باشد. از آن‌جا که اکثر فلزات در درجه حرارت عادی اکسید می‌شوند، همواره لایهٔ بسیار نازکی از اکسید بر سطح آنها وجود دارد، از این‌رو قبل از لحیمکاری سطوح اتصال را توسط مواد پاک کننده تمیزکنید. مادهٔ پاک کننده‌ای که برای پاک کردن این سطوح به‌کار می‌رود (روغن لحیمکاری) نام دارد(شکل ۱۲).

شکل ۱۲- روغن لحیمکاری

حمام قلع

برای قلع اندود کردن سر سیم‌های افشان از حمام قلع استفاده می‌شود. با حمام قلع می‌توان در زمان کم‌تری تعداد بیش‌تری سر سیم را قلع اندود کرد. حرارت دستگاه حوضچهٔ حمام قلع قابل کنترل و تنظیم است(شکل ۱۳).



شکل ۱۳- حمام قلع

فعالیت کارگاهی

طرز کار دستگاه حوضچهٔ قلع را بررسی کنید.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه، قلع اندود کردن سرسیم‌های مفتولی و افشان را انجام دهید.

هویهٔ قلمی

از هویهٔ برقی برای تأمین حرارت لازم جهت ذوب کردن لحیم استفاده می‌شود. هویهٔ برقی دارای دو شکل قلمی و تفنگی است. هویهٔ قلمی برای لحیمکاری‌های طولانی مدت و تعداد زیاد قطعات مناسب است(شکل ۱۴).

شکل۱۴- هویه قلمی

هویهٔ تفنگی برای لحیمکاری‌های کوتاه مدت و تعداد کم قطعات مناسب است(شکل ۱۵).

شکل ۱۵- هویهٔ تفنگی

تحقیق کنید

در مورد طرز کار هویهٔ قلمی و تفنگی تحقیق کنید.

فعالیت کارگاهی

برای آن‌که لحیمکاری به خوبی انجام گیرد به چه نکاتی باید توجه کرد؟

فعالیت کارگاهی

در کارگاه، یک مکعب سیمی به ابعاد ۸×۸×۸ (سانتی‌متر مکعب) را به کمک لحیمکاری بسازید.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه، ابتدا اتصالات (سربه سر، طولی، انشعابی) را انجام دهید سپس آنها را لحیمکاری کنید.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه لحیمکاری سیم‌های افشان و اتصالات آنها را انجام دهید.

ابتکار موشک دو زمانه با برق

شهید مصطفی ابراهیمی مجد

ماجرای هشت سال دفاع مقدس جنبه‌های گوناگون دارد. داستان تلاش مستمر و اندیشهٔ پویا و خلاقانهٔ رزمندگان، اقدامات علمی، مبتکرانه و هوشمندانهٔ آنان را بیان می‌کند. شهید چمران در ابتکاری اولین بار از طریق رهاسازی آب در دشت خوزستان که خاک آن رسی بود و آب را جذب نمی‌کرد، باتلاقی برای نیروهای دشمن درست کرد. با نصب پمپ‌های آب در کنار رود کارون و احداث یک کانال به طول حدود بیست کیلومتر و عرض یک متر در مدتی حدود یک ماه، آب کارون را به طرف تانک‌های دشمن روانه ساخت، به‌طوری که آنها مجبور شدند چند کیلومتر عقب‌نشینی کنند و با احداث خاکریز، سدی عظیم مقابل خود بسازند.

شهید چمران و همراهان ایشان در حال آزمایش موشک

با ابتکار شهید چمران و شهید مصطفی ابراهیمی مجد برای انهدام خاکریزها نیز چاره‌ای اندیشیده شد که مقدمهٔ ساخت موشک‌های پیشرفته‌تر شد. دکتر چمران پیشنهاد ساخت موشک دو مرحله‌ای داد. به‌طوری که در مرحلهٔ اول با سوخت آر پی جی روی آب حرکت کند و داخل خاکریز شود و در مرحلهٔ دوم، انفجار حاصل از حجم زیاد مواد منفجرهٔ داخل لوله که با تأخیر اتفاق می‌افتاد، باعث می‌شد تا جریان آب کانال برای حرکت به سمت تانک‌های زرهی دشمن مسیر خود را پیداکند. موشک پر از TNT روی تخته‌ای شبیه به قایق موتوری نصب می‌شد و نیروی پیش‌رانه از یک الکتروموتور مجهز به پروانه و انرژی الکتریکی مورد نیاز توسط باتری تأمین می‌شد. با برخورد این سامانه به خاکریز، موشک از تخته جدا شده و پس از نفوذ به درون خاکریز منفجر می‌شد.

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۲	ابزار و اتصالات سیم‌کشی	تجهیزات: ابزار و تجهیزات لازم مکان: کلاس و کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱-انواع ابزارهای سیم کشی و کاربرد آنها را بشناسد. ۲-انواع وسایل اتصالات را بشناسد. ۳- به‌طور کامل بتواند وسایل لحیمکاری را شناسایی کند. ۴- به‌طور کامل بتواند یک لحیمکاری استاندارد انجام دهد. ۵- انواع اتصالات غیر لحیمی را انجام دهد. ۶-مهارت در سر سیم زدن را داشته باشد. ۷- مهارت در کانکتور پیچی را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱-انواع ابزارهای سیم کشی و کاربرد آنها را بشناسد. ۲-انواع وسایل اتصالات را بشناسد. ۳- به‌طور کامل بتواند یک لحیمکاری استاندارد انجام دهد. ۴- انواع اتصالات غیر لحیمی را انجام دهد. ۵- مهارت در کانکتور پیچی را داشته باشد.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱-انواع ابزارهای سیم کشی و کاربرد آنها را بشناسد. ۲- به‌طور کامل بتواند وسایل لحیمکاری را شناسایی کند. ۳- انواع اتصالات غیر لحیمی را انجام دهد.	۱

سیم‌کشی و نصب تجهیزات

نصب تجهیزات سیم‌کشی

تجهیزات سیم‌کشی ساختمان و یک شناور شامل کلید، پریز و تابلوهای برق است که نصب هر یک به شکل زیر می‌باشد.

نصب پریز

هرگاه بخواهیم انرژی الکتریکی را مستقیماً مورد استفاده قرار دهیم نیاز به وسیله‌ای داریم که بتوانیم انرژی الکتریکی موجود در خانه، مغازه، کارگاه، کارخانه یا شناور را به دستگاه مورد نظر برسانیم. این اتصال توسط جزئی از مدار به نام پریز انجام می‌شود.

پریزهای تلفن، آنتن و تلویزیون با یکدیگر تفاوت دارند تا به اشتباه دوشاخهٔ تلفن یا آنتن تلویزیون را به پریز برق وصل نکنند(شکل ۱۶).

شکل ۱۶- پریز

فعالیت کارگاهی

در کارگاه، از یک قطعه سیم مفتولی به اندازه ۱۰میلی‌متر روکش‌برداری کنید و در صورت استفاده از سیم افشان پس از روکش‌برداری سرسیم بزنید و در ترمینال پریز با رعایت اصول ایمنی و سیم کشی ببندید. در پریزها سیم فاز به ترمینال سمت راست و سیم نول به ترمینال سمت چپ و سیم ارت به ترمینال ارت متصل می‌شود.

نصب کلید

برای قطع و وصل کردن و کنترل کردن یک یا چند لامپ از کلید استفاده می‌شود(شکل ۱۷).

شکل ۱۷- کلید

فعالیت کارگاهی

در کارگاه، از یک نقطه سیم مفتولی به اندازهٔ ۱۰میلی‌متر روکش‌برداری کنید و در صورت استفاده از سیم افشان پس از روکش‌برداری سرسیم بزنید و در صورت استفاده از سیم مفتولی آن‌را به وسیلهٔ دم‌گرد سؤالی کرده و در ترمینال کلید با رعایت اصول ایمنی و سیم‌کشی ببندید. مطمئن شوید سر راه فاز قرار دارد.

لامپ

لامپ، انرژی الکتریکی را به انرژی نورانی تبدیل می‌کند. انواع لامپ در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۱۰- انواع اتصالات

منابع نور (لامپ‌ها)	التهابی	رشته‌ای		
		هالوژن		
	تخلیه در گاز	کم‌فشار	جیوه‌ای کم فشار (لامپ کم مصرف)	
			سُدیمی کم فشار	
		پر فشار	جیوه‌ای	
			سُدیمی پر فشار	
			متال هالید	
	LED	SMD		
		LED POWER		
		COB		

کار کلاسی

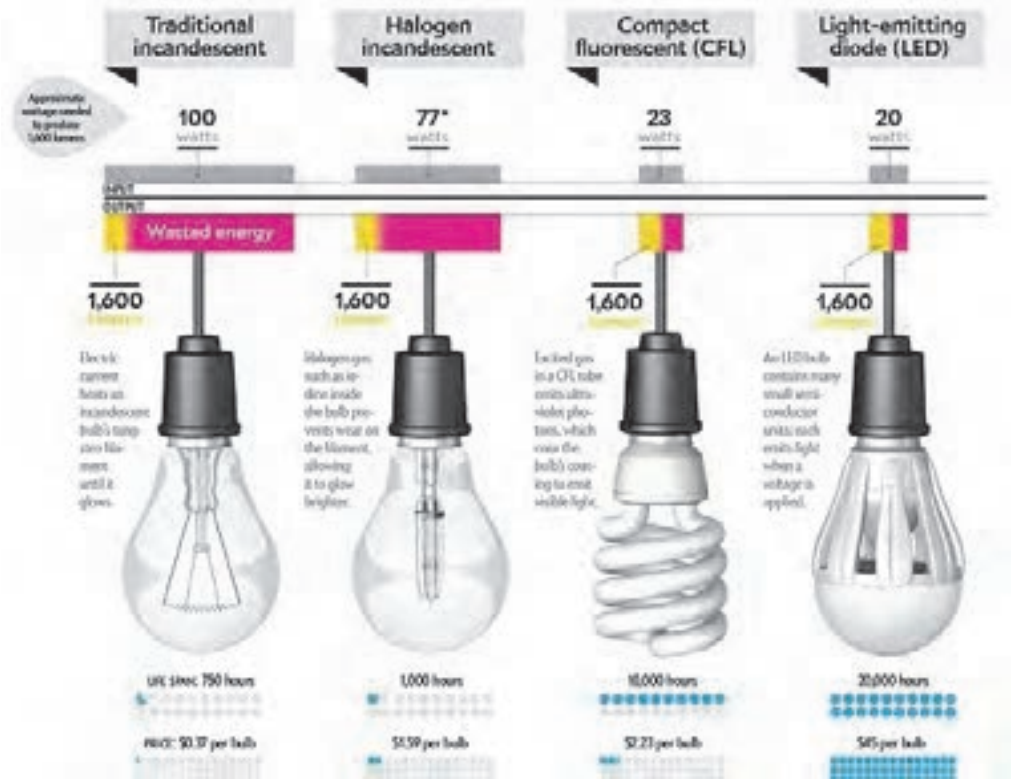
برای جمع آوری قطعات شکستهٔ یک لامپ کم مصرف چه موارد ایمنی باید رعایت شود؟

مقایسه انواع لامپ‌ها

در کار کلاسی زیر مقایسه توان مصرفی، میزان بهره نوری لامپ و میزان تلفات آنها نشان داده شده است. داشتن ۶ لامپ کم‌مصرف برای یک لوستر برابر یک لامپ رشته‌ای معمولی است.

کار کلاسی

شکل ۱۸ مقایسه انواع لامپ ها رانشان می دهد اصطلاحات انگلیسی آن را ترجمه کنید



شکل ۱۸- مقایسه لامپ‌ها

لامپ فلورسنت

این لامپ بخشی از لامپ‌های گازی کم‌فشار است. مدار الکتریکی یک لامپ فلورسنت از اجزای زیر تشکیل شده است.

۱- چوک مغناطیسی یا بالاست

۲- لامپ مهتابی

۳- استارت

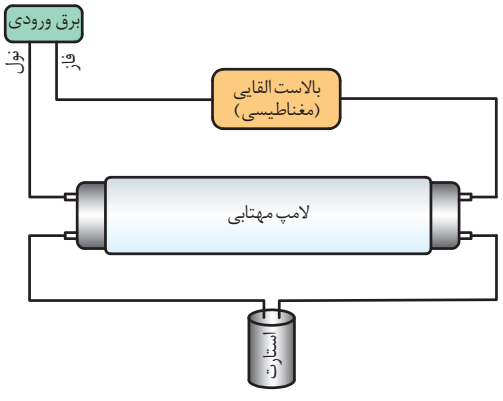
کار کلاسی

جدول زیر را کامل کنید.

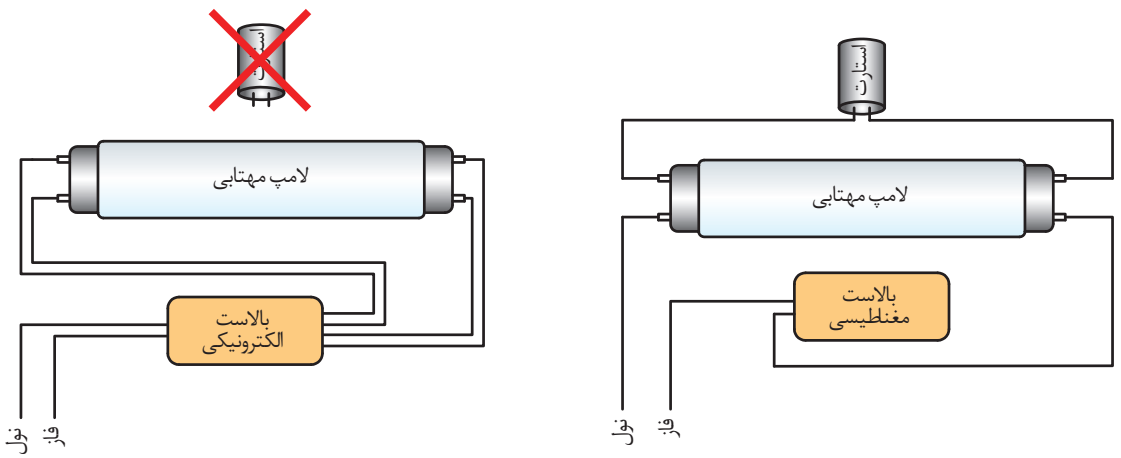
جدول ۱۱- اجزای لامپ فلورسنت

اجزا	کاربرد	شکل
چوک مغناطیسی	.....	
لامپ مهتابی	.....	
استارت	.....	

این اجزا مطابق شکل ۱۹ با هم مرتبط می‌شوند. مدارهای دیگر این روشنایی (بالاست مغناطیسی و بالاست الکترو نیکی) در شکل ۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۹- اجزای لامپ فلورسنت



شکل ۲۰

لامپ کم‌مصرف

لامپ‌های کم مصرف همان لامپ‌های فلورسنت معمولی هستند که با فناوری جدید به‌صورت فشرده و در حجم کوچک تولید و عرضه می‌گردند. این نوع لامپ‌ها به‌دلیل بهره‌مندی از مزایای بالای زیست‌محیطی، اقتصادی و بهره‌وری انرژی، جایگاه ویژه‌ای در روشنایی عمومی یافته و خود را به‌عنوان جایگزینی برای لامپ‌های رشته‌ای مطرح نموده‌اند. مهم‌ترین پیشرفت در فناوری این لامپ‌ها، جایگزینی چوک‌های الکترومغناطیسی با چوک‌های الکترونیکی می‌باشد. در شکل ۲۱ دونوع از لامپ‌های کم‌مصرف را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۱- لامپ کم‌مصرف

بیشتر بدانیم

مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۹:
در فضاهای عمومی کلیهٔ ساختمان‌ها که از روشنایی الکتریکی به صورت ممتد استفاده می‌شود، به کارگیری لامپ‌های کم‌مصرف (پربازده)، با حداقل بهرهٔ نوری ۵۵ لومن بر وات، الزامی است. (لومن واحد اندازه گیری روشنایی است)

مدارهای الکتریکی

مدارهای الکتریکی شامل مدار روشنایی، مدار پریزهای برق، تلفن و آنتن است. مدارهای الکتریکی را به صورت‌های مختلفی رسم می‌کنند. مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:

نقشهٔ حقیقی

نقشهٔ فنی

نقشهٔ گسترده

علائم الکتریکی

برای اینکه نقشه‌ها در تمام دنیا یکنواخت باشند و یک مفهوم را به بیننده برسانند باید با علائم الکتریکی مورد قبول تمام کشورها همراه شوند و تمام برقکاران نیز با آن علائم آشنا گردند در جدول ۱۲ بعضی از علائم الکتریکی نشان داده شده است.

جدول ۱۲

نام وسیله	شمای فنی	شمای حقیقی	نام وسیله	شمای فنی	شمای حقیقی
کلید تبدیل			کلید یک پل		
کلید صلیبی					
رله، کنتاکتور			کلید گروهی		
رله‌ی جریان ضربه‌ای			کلید دوپل		
رله‌ی زمانی			لامپ رشته‌ای یا بدنه‌ی زمین (حفاظت شده)	3	
ترانسفورماتور			لامپ با دو مسیر جریان و تعداد لامپ‌های هر مسیر جریان (اینجا یک لامپ و دو لامپ)	4 1+2	
تکمه‌ی فشاری با کنتاکت کار (معمولاً باز) (نشستی استارت)			پریز با کنتاکت محافظ (پریز شوکو) (یک تایی)	5	
تکمه‌ی فشاری با کنتاکت استراحت (معمولاً بسته) (نشستی استاپ)			لامپ با کلید		
			انشعاب یا جعبه‌ی تقسیم با تغذیه از سمت چپ	3	

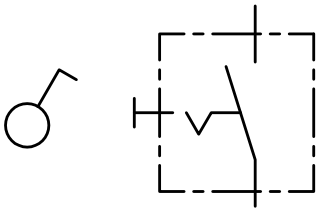
مدار کلید تک پل	مدار کلید یک راهه برای کنترل یک یا چند لامپ از یک محل استفاده می‌شود.

این کلید در دو نوع روکار و توکار استفاده می‌شود. اما در هر دو نوع، طرز کار کلید یکسان است. این کلید وسیلهٔ ساده‌ای برای اتصال سیم فاز به مصرف کننده یا قطع آن است. شکل ظاهری کلید تو کار و روکار را در شکل ۲۲ و علائم اختصاری را در شکل ۲۳ مشاهده می‌کنید.

کلید تک پل توکار

کلید تک پل رو کار

شکل۲۲- شکل ظاهری کلید تک پل توکار و روکار



شمای حقیقی

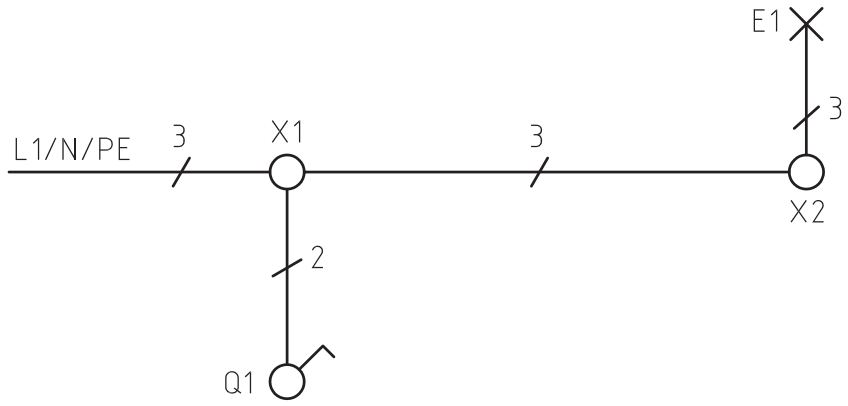
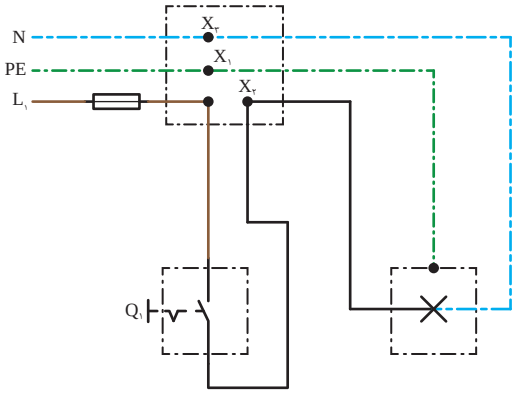
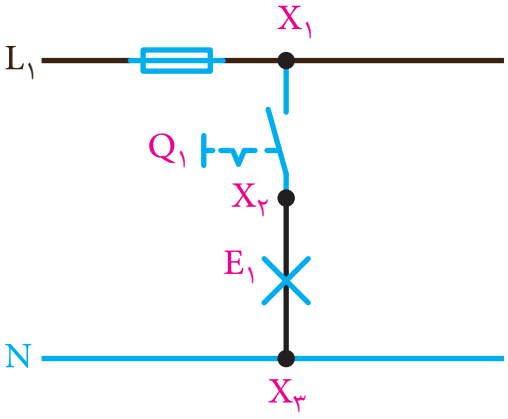
شمای فنی

شکل ۲۳- علائم اختصاری کلید تک پل

طریقهٔ اتصال کلید تک پل:

در این مدار ابتدا سیم فاز به کنتاکت ته فیوز وصل و سپس از کنتاکت سر فیوز به جعبه تقسیم می‌رود. سیم فاز از جعبه تقسیم به یکی از ترمینال‌های کلید تک پل وصل می‌شود. از ترمینال دوم کلید تک‌پل، سیم برگشت به ترمینال ته سرپیچ وصل می‌شود، آن‌گاه سیم نول از طریق جعبه تقسیم به ترمینال بدنهٔ سرپیچ متصل می‌شود.

شکل‌های زیر شمای فنی، شمای حقیقی و شمای مسیر جریان این مدار تک پل را نشان می‌دهد.

شمای فنی	
شمای حقیقی	
شمای مسیر جریان	

بیشتر بدانیم

مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۹:

هر فضای مستقل باید دارای سیستم کنترل روشنایی جداگانه باشد به طوری که کلید آن در محل ورودی و خروجی قرار داشته باشد و با دیدن آن، وضعیت مدار روشنایی مشخص باشد.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه به صورت گروه به گروه مدار کلید تک پل با پریز و یک لامپ مهتابی را بسته و به کمک هنرآموز خود آزمایش کنید.

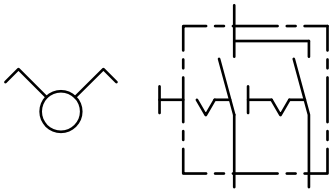
مدارکلید دوپل	با کلید دوپل می‌توان دو دسته لامپ یا دو وسیله را به دلخواه روشن و خاموش کرد.

با استفاده از کلید دوپل، در مصرف وسایلی مانند: سیم، لوله و کلید صرفه‌جویی می‌شود. کلید دوپل درحقیقت، مانند دوکلید تک پل است که درکنار هم قرار گرفته‌اند و هر پل آن می‌تواند به صورت مستقل عمل کند. در شکل ۲۴ شکل ظاهری این کلید در مدل‌های توکار و روکار و در شکل ۲۵ علائم اختصاری آن را مشاهده می‌کنید.

کلید دو پل توکار

کلید دوپل روکار

شکل ۲۴



شمای حقیقی

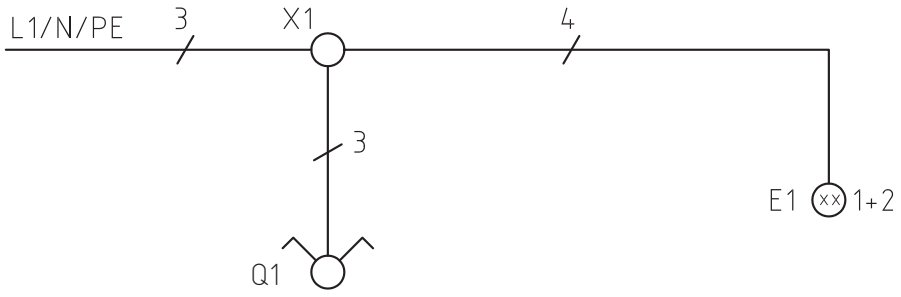
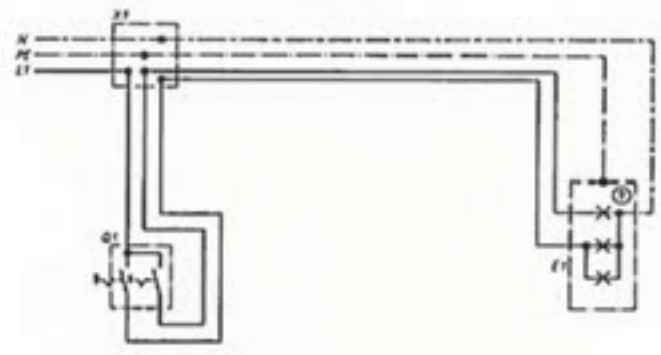
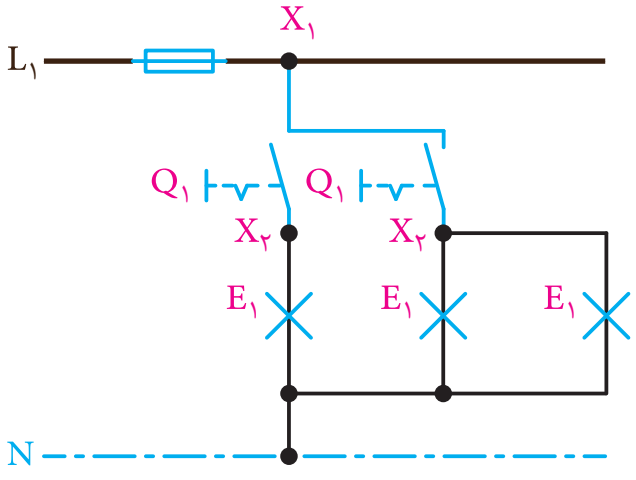
شمای فنی

شکل ۲۵- علائم اختصاری کلید دو پل

طریقهٔ اتصال کلید دوپل:

سیم فاز را بعد از عبور از فیوز، به جعبه تقسیم می‌بریم و از آنجا به پیچ مشترک کلید دوپل، که معمولاً به رنگ قرمز یا با حرفP مشخص گردیده است، وصل می‌کنیم. از دو پیچ غیر مشترک کلید، دو سیم به نام سیم‌های برگشت فاز به ته دو سرپیچ می‌بریم و به آن وصل می‌کنیم. سرپیچ‌ها را از بدنه به طور مستقیم به نول شبکه متصل می‌نماییم. اگر تعداد لامپ‌ها بیشتر از دو عدد باشد، سرپیچ‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند به‌طوری که هر دسته دو یا چند سرپیچ باهم موازی شده‌اند. در این صورت سیم برگشت و هم‌چنین سیم نول به نقطهٔ اتصال مشترک سرپیچ‌ها وصل می‌شوند.

شکل های زیر شمای فنی، شمای حقیقی و شمای مسیر جریان مدار الکتریکی کلید دو پل را نشان می‌دهد.

شمای فنی	
شمای حقیقی	
شمای مسیر جریان	

فعالیت کارگاهی

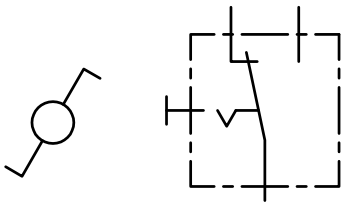
درکارگاه به صورت گروه به گروه مدار کلید دو پل با یک لامپ کم‌مصرف و یک لامپ رشته‌ای را بسته و به کمک هنرآموز خود آزمایش کنید.

مدارکلید تبدیل	این کلید برای خاموش و روشن کردن یک دسته لامپ از دو نقطه مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی شکل ظاهری آن مشابه کلید تک پل است.

معمولاً برای راه‌روها، راه‌پله‌ها، اتاق‌های دو درب و سالن‌های بزرگ که خروجی‌های مختلف دارند و نیز واحدهای مسکونی استفاده می‌شود. این کلید سه کنتاکت دارد که یک کنتاکت آن مشترک و با یکی از دو کنتاکت دیگر در تماس است. شکل ظاهری این کلید مانندکلید تک‌پل می‌باشد. در شکل ۲۷ علائم اختصاری آن را مشاهده می‌کنید.

کلید تبدیل توکار　　کلید تبدیل روکار

شکل ۲۶- شکل ظاهری کلید تبدیل



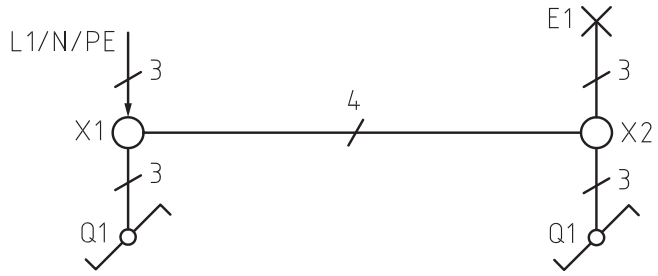
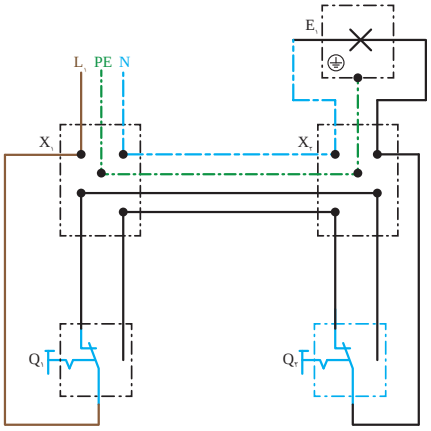
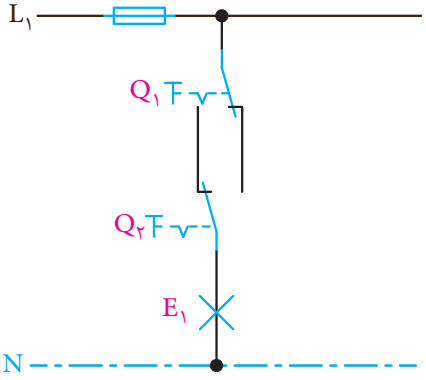
شمای فنی　　شمای حقیقی

شکل ۲۷- علائم اختصاری کلید تبدیل

طریقهٔ اتصال کلید تبدیل:

سیم فاز خارج شده از جعبه فیوز مینیاتوری را به کنتاکت مشترک یکی از کلید تبدیل‌ها وصل می‌کنیم (هر کلید تبدیل یک کنتاکت مشترک که با P نمایش داده می‌شود و دو کنتاکت غیر مشترک دارد) وقتی سیم فاز را به کنتاکت مشترک وصل کردیم، از دو کنتاکت غیر مشترک دو سیم برگشتی به دو کنتاکت غیر مشترک کلید تبدیل دوم می‌کشیم. کار تقریباً تمام است، حالا از کنتاکت مشترک کلید تبدیل دوم یک فاز به ترمینال سرپیچ چراغ می‌کشیم و در نهایت نول را هم مستقیم به سر ترمینال دوم چراغ وصل می‌کنیم.

شکل‌های زیر شمای فنی، شمای حقیقی و شمای مسیر جریان مدار الکتریکی کلید تبدیل را نشان می‌دهد.

شمای فنی	
شمای حقیقی	
شمای مسیر جریان	

نکته ایمنی

ممکن است در محیط کار با نوعی کلید تبدیل مواجه شوید که در آن علی‌رغم اینکه در مصرف سیم صرفه‌جویی می‌شود، اما به هیچ عنوان روشی ایمن، علمی و فنی نیست و طبق مقررات ملی ساختمان این روش قانونی نیست. در این روش، سیم فاز و سیم نول به ترمینال‌های غیر مشترک دو کلید متصل شده‌اند و ترمینال‌های مشترک این دو کلید به دو سر لامپ اتصال داده می‌شود. ممکن است در مداری سیم فاز اشتباهاً به یکی از دو کنتاکت غیر مشترک کلید تبدیل وصل می‌شود. در این صورت در عملکرد مدار اختلال ایجاد می‌شود. این اختلال به این صورت است که اگر کلید اول در حالت یک باشد، کلید دوم می‌تواند لامپ را روشن و خاموش کند. اما اگر کلید اول در حالت دو باشد، کلید دوم به هیچ عنوان توانایی کنترل لامپ را ندارد. پس در هنگام کار حتماً به این نکات توجه داشته باشید.

فعالیت کارگاهی

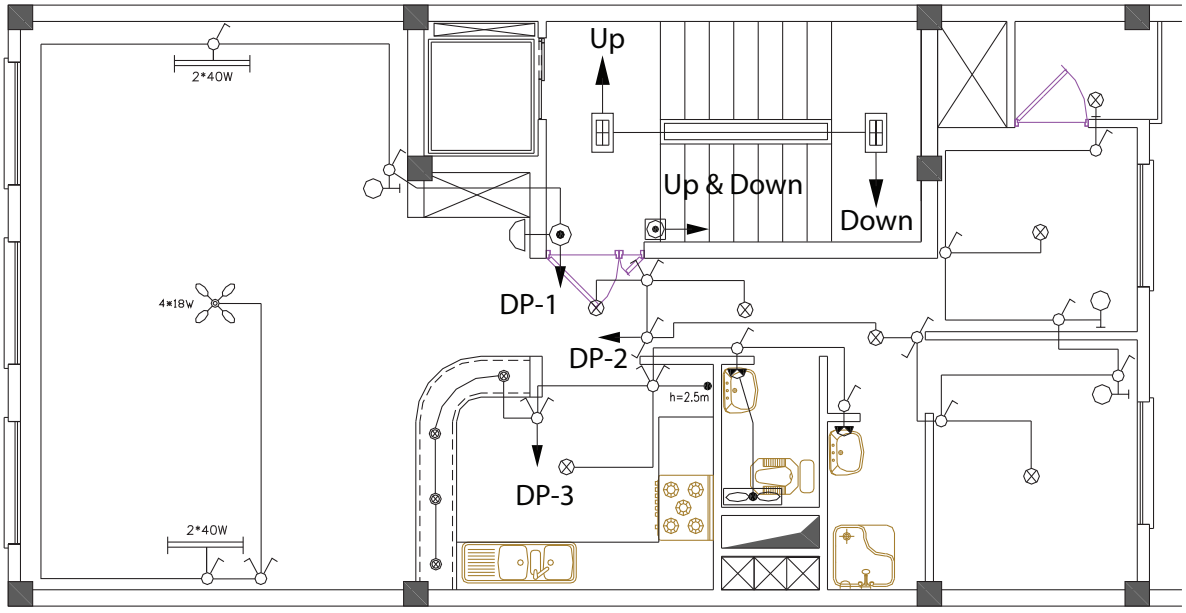
درکارگاه به صورت گروه به گروه مدارکلید تبدیل را با یک لامپ LED بسته و به کمک هنرآموز خود آزمایش کنید.

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۳	سیم‌کشی	تجهیزات: ابزار و تجهیزات لازم مکان: کلاس و کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱- انواع لامپ‌ها را شناسایی و آنها را با یکدیگر مقایسه کند. ۲-برای مدارهای الکتریکی مختلف نقشه‌های حقیقی و فنی و گسترده را ترسیم نماید. ۳-مداری طراحی و اجرا نماید که از یک نقطه یک لامپ را کنترل نماید و برق یک مصرف کننده را تأمین کند. ۴- مداری طراحی و اجرا نماید که از یک نقطه دو عدد لامپ را کنترل نماید و برق یک مصرف کننده را تأمین کند. ۵- مداری طراحی و اجرا نماید که از دو نقطه یک لامپ را کنترل نماید.	۳
			در حد انتظار	۱-انواع لامپ‌ها را شناسایی و آنها را با یکدیگر مقایسه کند. ۲-برای مدارهای الکتریکی مختلف نقشه‌های حقیقی، فنی و گسترده را ترسیم نماید. ۳-مداری طراحی و اجرا نماید که از یک نقطه یک لامپ را کنترل نماید و برق یک مصرف کننده را تأمین کند.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱-انواع لامپ‌ها را شناسایی و آنها را با یکدیگر مقایسه کند. ۲-مداری طراحی و اجرا نماید که از یک نقطه یک لامپ را کنترل نماید و برق یک مصرف کننده را تأمین کند.	۱

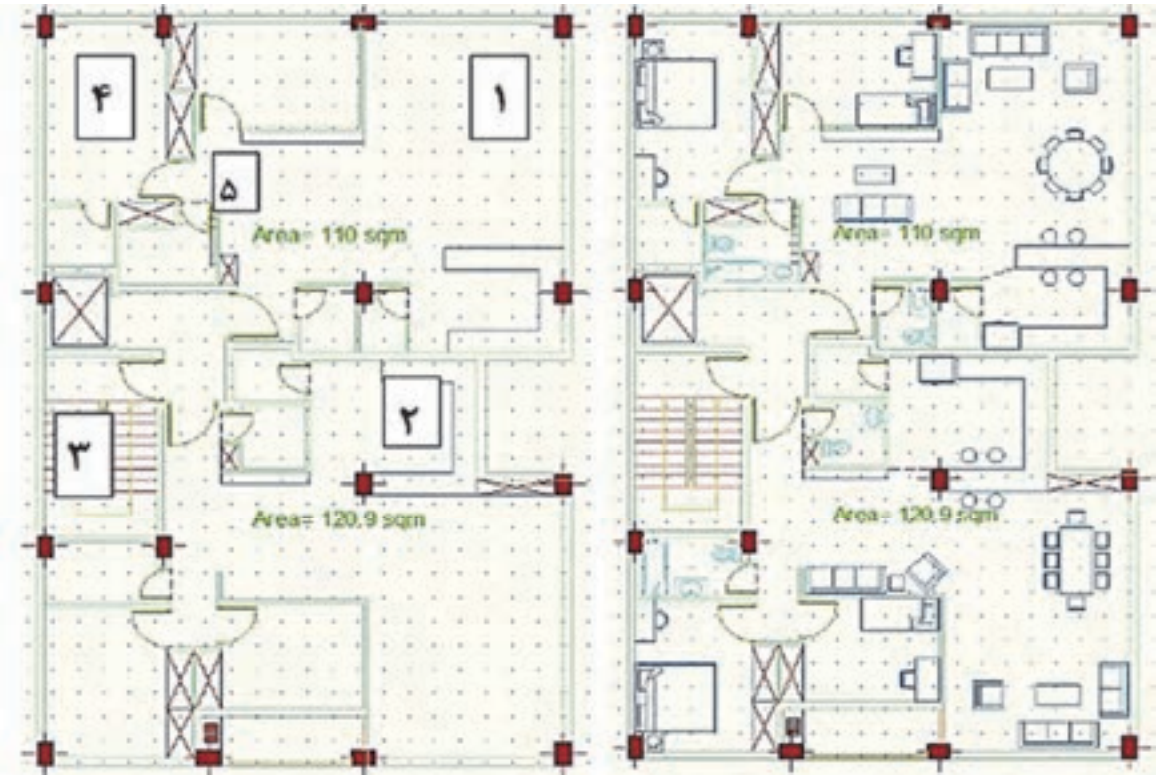
نقشه‌خوانی

نقشهٔ روشنایی پایه و اساس اجرای سیم‌کشی روشنایی و زبان فنی مشترک بین طراح و ناظر برق و برق‌کار سیستم‌های الکتریکی ساختمان و شناور می‌باشد. توانایی خواندن نقشه، مهارتی است که با استفاده از آن، می‌توان مشخصات اجزای یک نقشهٔ معماری و هم‌چنین جانمایی تجهیزات الکتریکی و مسیر مدارهای روشنایی را مشخص کرد. شکل ۲۸ نقشهٔ روشنایی یک واحد مسکونی رانشان می‌دهد.



شکل ۲۸- نقشه روشنایی یک واحد مسکونی

پلان ساختمان، موقعیت تمام دیوارها، درب‌ها، پنجره‌ها، پله‌ها، فضاها و قسمت‌های مختلف ساختمان را در طبقهٔ برش‌خورده نشان می‌دهد. به پلانی که در آن مبلمان و وسایل مختلف خانه مانند شکل ۲۹ الف نمایش داده شده باشد، پلان تجهیزات (مبلمان) گویند و به پلانی که بدون مبلمان و وسایل خانه مانند شکل ۲۹ ب باشد، پلان معماری (خام) گویند.



الف) پلان تجهیزات مبلمان

ب) پلان معماری (خام)

شکل ۲۹- پلان ساختمان

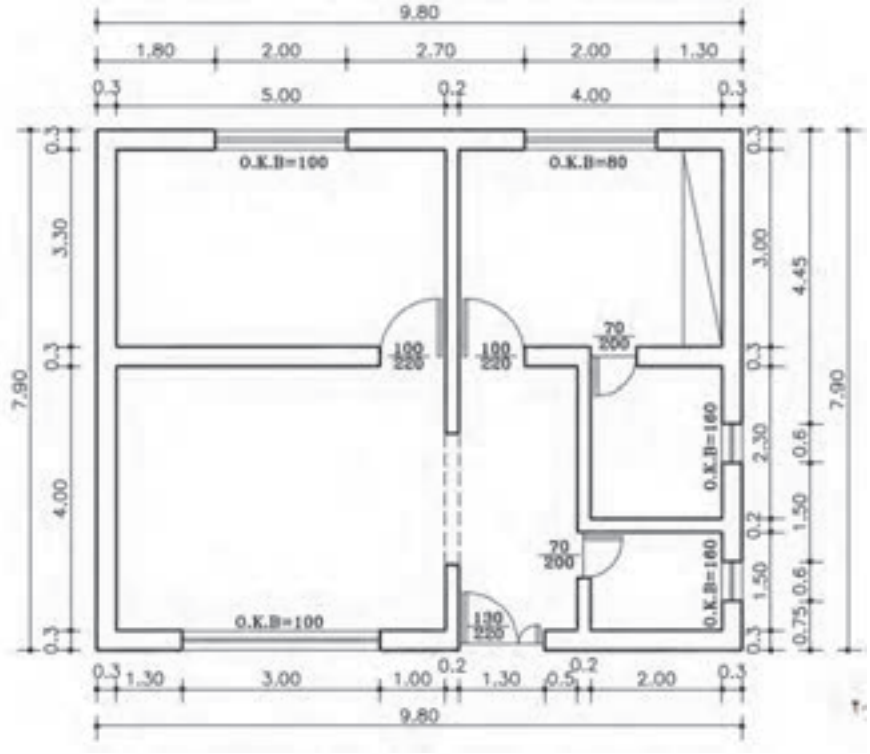
کار کلاسی

با توجه به شکل ۲۹ (ب) کاربری فضاهای مشخص شده را بنویسید.

شماره فضا	کاربری فضا
۱	
۲	
۳	
۴	
۵	

کار کلاسی

با توجه به پلان معماری، جدول زیر را کامل نمایید.



طول واحد مسکونی	
عرض واحد مسکونی	
دست‌انداز پنجرهٔ آشپزخانه	
دست‌انداز پنجرهٔ اتاق‌خواب	
عرض در دولنگهٔ ورودی	
ارتفاع در دولنگهٔ ورودی	
عرض دیوارهای اصلی	
مساحت اتاق‌خواب	

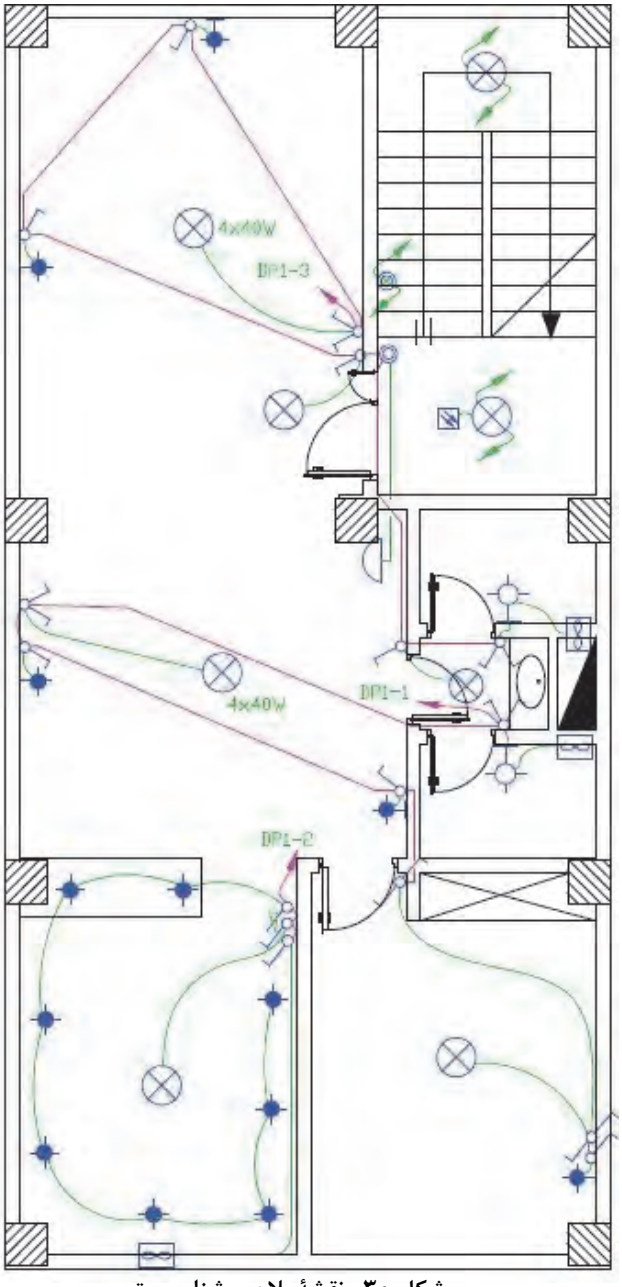
خواندن نقشهٔ روشنایی

از آنجایی که ترسیم تمام مسیرهای مختلف سیم‌کشی از قبیل روشنایی، پریزهای برق، تلفن وآنتن بر روی یک پلان باعث شلوغی و اشتباه در نقشه‌خوانی می‌شود، هریک از سیم‌کشی‌ها را بر روی یک پلان جداگانه ترسیم می‌کنند.

در پلان روشنایی ابتدا محل قرارگیری تجهیزات و وسایل الکتریکی، مانند کلیدها و چراغ‌ها مشخص می‌شود. پس از آن ارتباط این تجهیزات با هم و با تابلوی تقسیم معین خواهد شد.

کار کلاسی

نقشهٔ روشنایی یک واحد مسکونی در شکل ۳۰ نشان داده شده است. آن را تجزیه وتحلیل کنید.



شکل ۳۰- نقشهٔ پلان روشنایی برق

تحقیق کنید

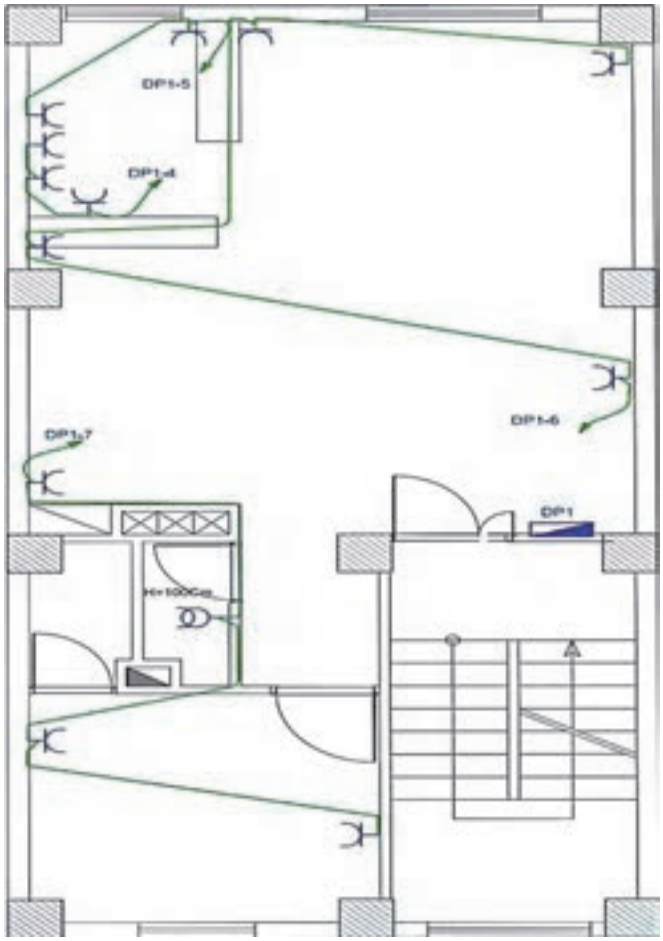
نقشهٔ پلان روشنایی چه اطلاعاتی به برقکار و ناظر برق می‌دهد؟

خواندن نقشهٔ پریزها

پلان تجهیزات در انتخاب محل قرار گرفتن پریزها در نقشه به ما کمک خواهد کرد. خصوصاً در آشپزخانه‌ها محل و تعداد پریزهای آشپزخانه باید با توجه به محل قرارگیری تجهیزات مانند سینک ظرفشویی، یخچال، ماشین لباسشویی و اجاق‌گاز انتخاب شود. حداکثر هر ۱۲ عدد پریز با هم یک مدار را تشکیل می‌دهند و از نزدیک‌ترین پریز با علامت فلش به داخل تابلوی مینیاتوری متصل می‌شود. پریزهای داخل آشپزخانه تشکیل یک مدار را می‌دهند.

کار کلاسی

نقشهٔ پریزهای برق یک واحد مسکونی در شکل ۳۱ نشان داده شده است. آن را تجزیه وتحلیل کنید.



شکل ۳۳- نقشهٔ پلان پریزهای برق

تحقیق کنید

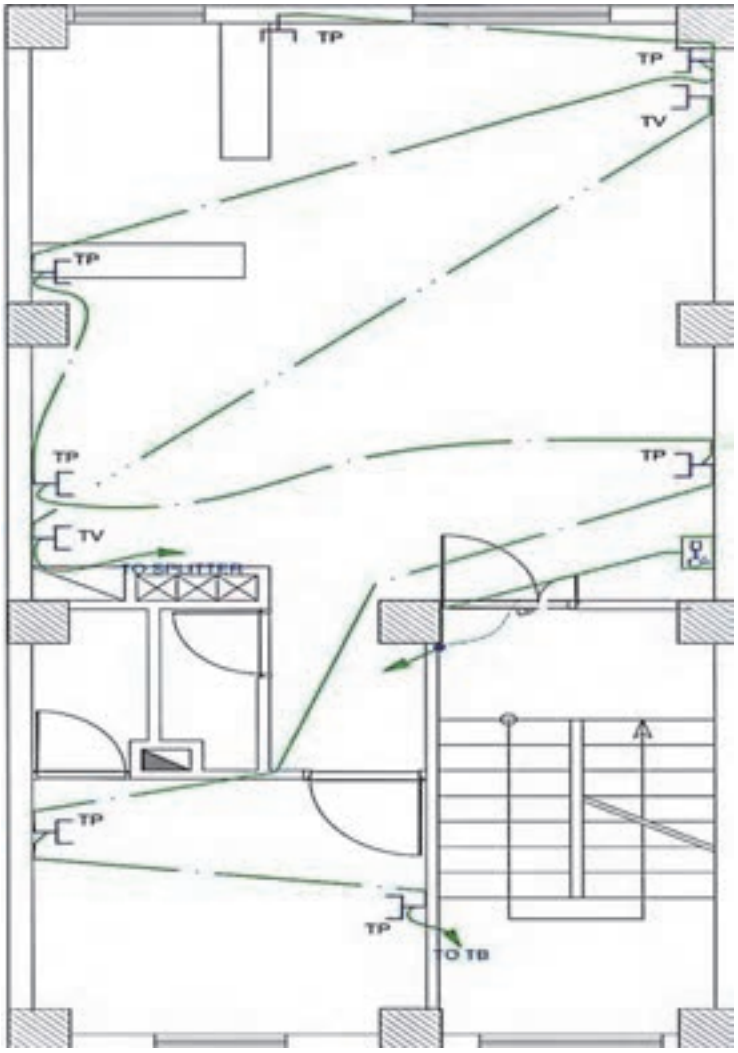
نقشهٔ پلان پریزهای برق چه اطلاعاتی به برق‌کار و ناظر برق می‌دهد؟

نقشه خوانی پریزهای تلفن و آنتن

پلان پریز تلفن جزء سیستم‌های جریان ضعیف در ساختمان و شناور محسوب می‌شود و مدارهای هریک از این سیستم‌ها باید مستقل از مدار برق اجرا شوند(شکل ۳۲).

کار کلاسی

نقشهٔ پریزهای تلفن یک واحد مسکونی در شکل ۳۲ نشان داده شده است. آن را تجزیه وتحلیل کنید.



شکل ۳۲- پلان پریز تلفن وآنتن

تحقیق کنید

نقشهٔ پلان پریزهای تلفن و آنتن چه اطلاعاتی به برق‌کار و ناظر برق می‌دهد؟

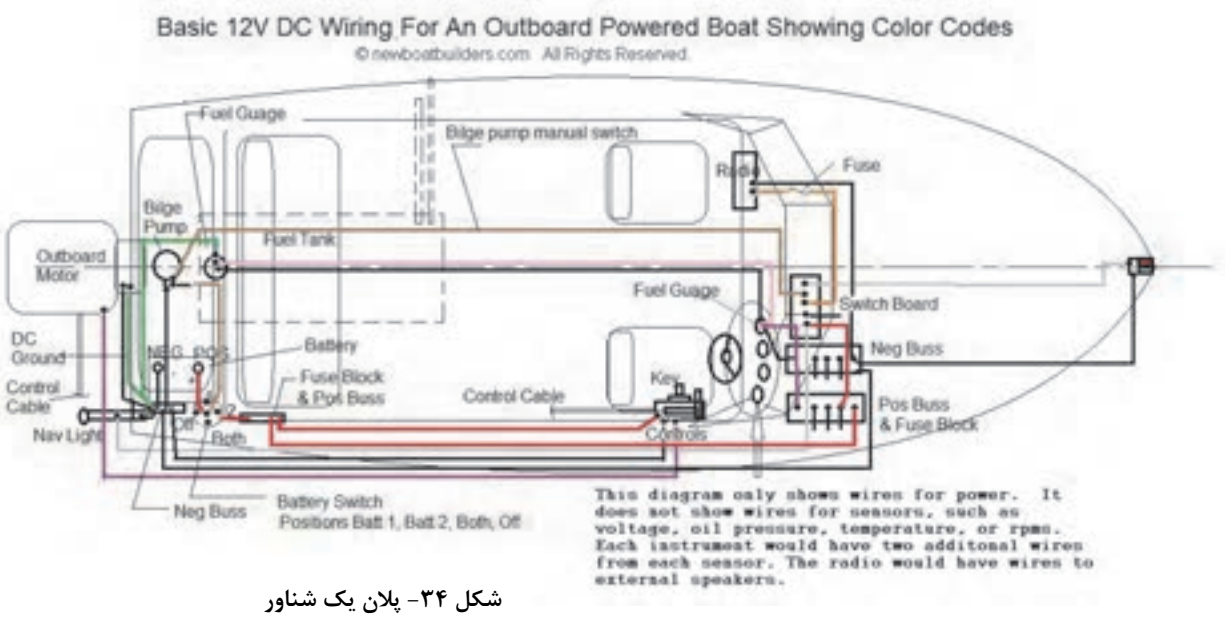
فعالیت کارگاهی

قسمت‌های مختلف پلان شکل ۳۳ را بررسی کنید و مدارهای روشنایی و پریزهای آن را طراحی کنید.

شکل ۳۳- پلان یک ساختمان

فعالیت کارگاهی

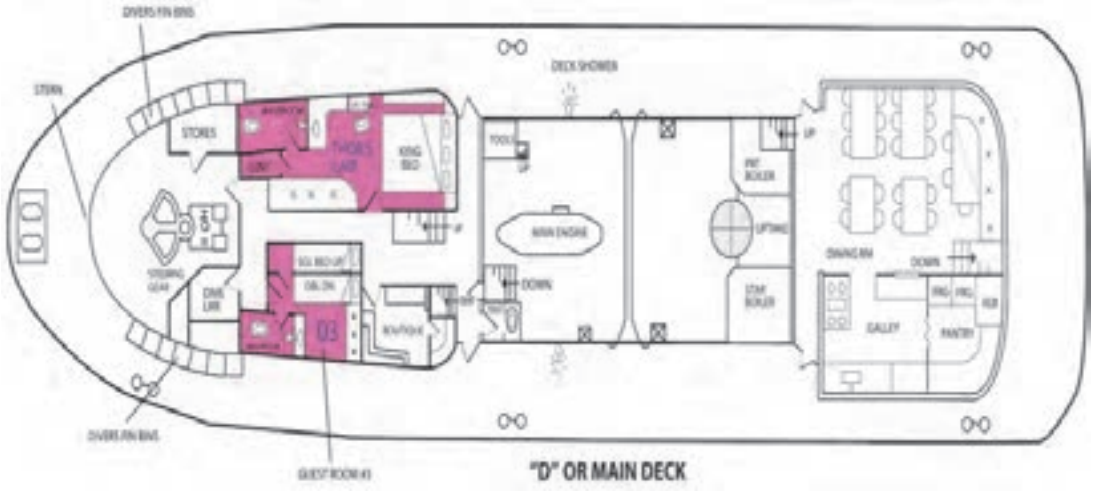
قسمت‌های مختلف پلان شناور شکل ۳۴ را بررسی کنید.



شکل ۳۴- پلان یک شناور

فعالیت کارگاهی

قسمت‌های مختلف پلان شناور شکل ۳۵ را بررسی و قسمت‌های برقی آن را طراحی کنید.



شکل ۳۵- پلان شناور

کار در منزل

پلان ساختمان محل زندگی خود را رسم کرده و مدار روشنایی و پریزهای برق و تلفن و آنتن‌های آن را جداگانه طراحی کنید و در کلاس به صورت پرده‌نگار نمایش دهید.

تابلو توزیع برق شناور و ساختمان

تابلو برق، یک محفظه برای نصب و سیم‌بندی تجهیزات الکتریکی یا الکترونیکی است که کلیدها و قطعات کنترلی و حفاظتی و لوازم نمایشگر (ولتاژ، جریان، فرکانس، توان، کسینوس فی) روی آن نصب می‌شوند. هم‌چنین تابلوهای برق جهت جلوگیری از وارد شدن شوک الکتریکی به کاربرانِ تجهیزات و حفاظت تجهیزات در برابر عوامل محیطی استفاده می‌شوند(شکل ۳۶).

شکل ۳۶- تابلو توزیع یک شناور

تابلو توزیع برق یک ساختمان به‌صورت شکل ۳۷ می‌باشد.

الف) تابلو توزیع توکار

ب) تابلو توزیع روکار

شکل ۳۷- تابلو توزیع برق ساختمان

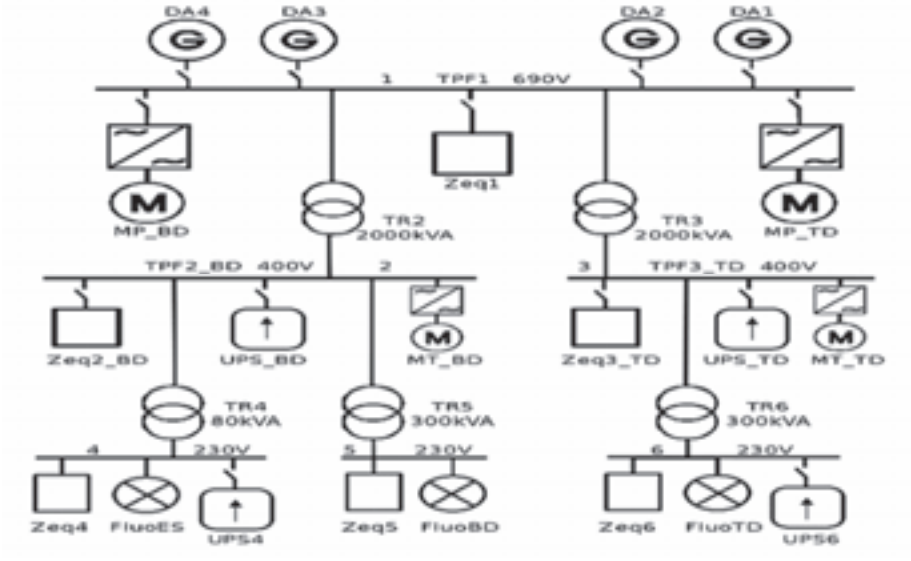
نقشهٔ تابلو توزیع برق واحد مسکونی Distribution Panel (DP):

توزیع برق واحد مسکونی DP در هر واحد نصب می‌شود و محلی برای قرار دادن کلیدهای حفاظتی MCB و فیوزهای برق در مسیرهای هال، پذیرایی، آشپزخانه و اتاق‌خواب و سرویس‌های بهداشتی است(شکل ۳۸).

شکل ۳۸- تابلو توزیع برق

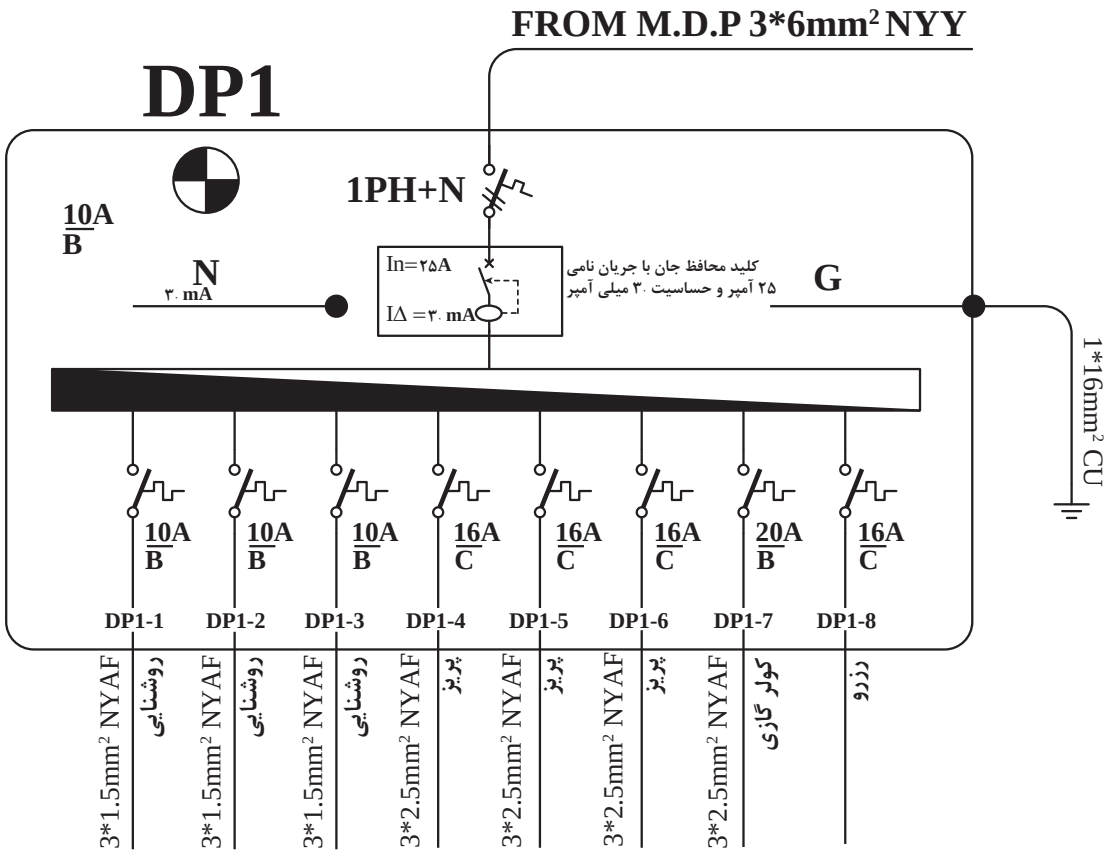
دیاگرام توزیع برق

دیاگرام توزیع برق شناور، سیستمی است برای مدیریت و انتقال انرژی تولید شده توسط ژنراتورها و باتری‌ها به مصرف کننده‌های مختلف همچون موتورهای الکتریکی، لامپ‌های روشنایی، تجهیزات کمک ناوبری که مجموعاً بار مصرفی کل شناور را تشکیل می‌دهند(شکل ۳۹).



شکل ۳۹- دیاگرام توزیع برق شناور

برای تابلوهای توزیع، نقشهٔ الکتریکی ترسیم می‌شود و آن را با حروف اختصاری (DP) نشان می‌دهند(شکل ۴۰).



شکل ۴۰- نقشه الکتریکی تابلو توزیع

در نقشهٔ الکتریکی تابلو توزیع واحد مسکونی (DP)، مشخصات کلیدهای حفاظتی Miniature Circuit Breaker (MCB) هر مسیر و تعداد مسیرهای توزیع به همراه تعداد سیم‌ها و سطح مقطع سیم نشان داده می‌شود.

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۴	نقشه‌خوانی	تجهیزات: ابزار و تجهیزات لازم مکان: کلاس و کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱- علایم موجود در پلان یک ساختمان را شناسایی کند. ۲- اندازه‌گیری روی پلان را تشخیص دهد. ۳- به‌طور کامل سیم‌کشی یک پلان را طراحی و روشنایی آن را ترسیم نماید. ۴- به‌طور کامل نقشه پریزهای برق و آنتن یک پلان را طراحی و آنها را ترسیم نماید. ۵- شمای تک خطی تابلوهای تقسیم برق یک واحد مسکونی یا یک شناور را ترسیم کند.	۳
			در حد انتظار	۱- علایم موجود در پلان یک ساختمان را شناسایی کند. ۲- اندازه‌گیری روی پلان را تشخیص دهد. ۳- به‌طور کامل سیم‌کشی یک پلان را طراحی و روشنایی آن را ترسیم نماید.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱- علایم موجود در پلان یک ساختمان را شناسایی کند. ۲- اندازه‌گیری روی پلان را تشخیص دهد.	۱

ارزشیابی شایستگی سیم و سیم‌کشی

شرح کار:

اهمیت شناسایی سیم و کابل
کاربرد سیم‌ها و کابل‌ها
شناسایی ابزارهای سیم‌کشی و انجام اتصالات آن
طراحی و نصب تجهیزات مدارهای روشنایی
شناسایی پلان‌ها

استاندارد عملکرد:

هنرجو انواع سیم و کابل را برای سیم‌کشی و کابل‌کشی بشناسد و انواع اتصال‌های مختلف سر سیم و کابل‌شو را انجام دهد. هم‌چنین قادر به طراحی و نصب انواع کلیدها، پریزها و مدارهای روشنایی باشد و در پایان علاوه بر تشخیص اجزای نقشه، قادر به نقشه‌خوانی قسمت‌های مختلف پلان یک واحد مسکونی و شناور باشد.

شاخص‌ها:

- شناخت کامل تجهیزات برقی

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه مجهز به لوازم ایمنی باشد
ابزار و تجهیزات: کلیهٔ ابزارآلات سیم و سیم‌کشی

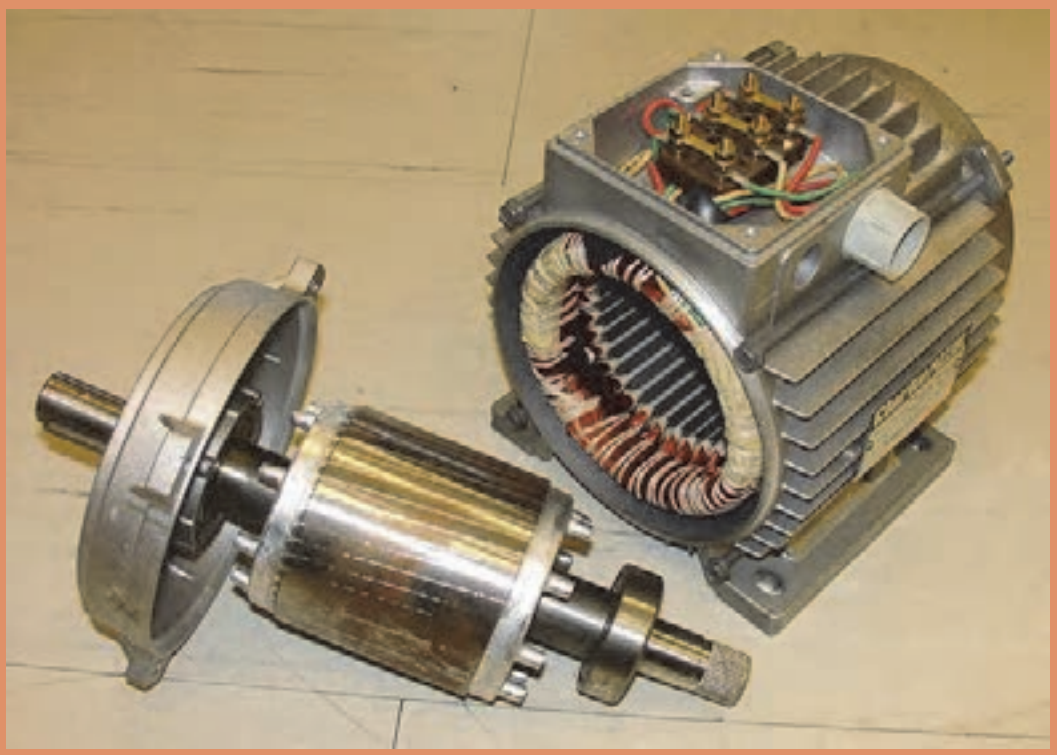
معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی سیم و کابل	۱	
۲	ابزار و اتصال‌های سیم‌کشی	۲	
۳	سیم‌کشی	۱	
۴	نقشه‌خوانی	۱	
شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی و ...		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ می‌باشد.

پودمان ۲

ماشین‌های الکتریکی



واحد یادگیری ۲

ماشین‌های الکتریکی

آیا تابه‌حال پی برده‌اید

- مبانی ماشین‌های الکتریکی چگونه است؟
- طبقه‌بندی ماشین‌های الکتریکی از نظر نوع تبدیل انرژی و نوع جریان چگونه است؟
- پدیدهٔ القا در ماشین‌های الکتریکی چگونه ایجاد می‌شود؟
- ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم از چه اجزایی تشکیل شده است؟
- طرز کار ماشین‌های جریان مستقیم به چه نحوی می‌باشد؟
- ماشین DC چه انواعی دارد و هر کدام در چه زمینه‌ای کاربرد دارد؟
- ساختمان ماشین‌های جریان متناوب از چه اجزایی تشکیل شده است؟
- طرز کار موتورهای القایی سه فاز به چه نحوی می‌باشد؟
- انواع موتورهای القایی سه فاز چیست و هر کدام در چه زمینه‌ای کاربرد دارد؟
- ساختمان و نحوهٔ کار موتور سنکرون چگونه می‌باشد؟
- نحوهٔ کار موتورهای الکتریکی تک‌فاز به چه نحوی می‌باشد؟
- موتور الکتریکی تک‌فاز چه انواعی دارد و هر کدام در چه زمینه‌ای کاربرد دارد؟
- پلاک‌خوانی ماشین‌های الکتریکی چگونه انجام می‌شود؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحدیادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود ضمن شناخت انواع ماشین‌های الکتریکی، با ساختمان داخلی، نحوهٔ عملکرد، ساختار، نوع سیم‌پیچی و اجزای انواع ماشین‌های الکتریکی آشنا شده و توانایی خواندن پلاک انواع ماشین‌ها را کسب نمایند.

بررسی قوانین حاکم بر ماشین‌های الکتریکی

ماشین‌های الکتریکی نقش مهمی در صنعت و در زندگی روزمرهٔ ما دارند. ماشین‌های الکتریکی در لوازم خانگی مانند: یخچال، جاروبرقی، همزن، پنکه، تهویهٔ مطبوع و در بسیاری از وسایل الکتریکی مشابه مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مراکز صنعتی، کارخانجات و شناورها، عامل حرکت بیشتر ابزارها، ماشین‌های الکتریکی هستند. هم‌چنین ماشین‌های الکتریکی با تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی نقش اصلی را در تأمین برق مورد نیاز مصرف کننده‌های الکتریکی ایفا می‌کنند.

ماشین‌های الکتریکی

انرژی الکتریکی می‌تواند به انرژی مکانیکی تبدیل شود و هم‌چنین تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی نیز میسر است. دستگاه‌هایی که این دو انرژی را به هم تبدیل می‌کنند، ماشین‌های الکتریکی نام دارند. فرایند تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی و بالعکس را تبدیل انرژی الکترومکانیکی می‌نامند. بنابر این ماشین الکتریکی، دستگاه واسطه‌ای بین سیستم الکتریکی و سیستم مکانیکی محسوب می‌شود که این ارتباط در ماشین الکتریکی بر مبنای میدان الکترومغناطیسی صورت می‌گیرد(جدول ۱).

جدول ۱- تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی

تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی		
از دیدگاه «نوع تبدیل انرژی»	۱- موتور الکتریکی	۲- ژنراتور (مولد) الکتریکی
از دیدگاه «نوع جریان الکتریکی»	۱- جریان متناوب AC (Alternating Current)	۲- جریان مستقیم DC (Direct Current)

ماشین‌های الکتریکی از دو دیدگاه «نوع تبدیل انرژی» و «نوع جریان الکتریکی» طبقه‌بندی می‌شوند.
از دیدگاه انرژی، اگر ماشین الکتریکی، انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل کند، «موتور الکتریکی» نامیده می‌شود و اگر ماشین الکتریکی، انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل کند، «ژنراتور (مولد) الکتریکی» نامیده می‌شود.
از دیدگاه نوع جریان، ماشین‌های الکتریکی اعم از موتور یا ژنراتور الکتریکی، به دو دسته «جریان متناوب AC» و «جریان مستقیم DC» طبقه‌بندی می‌شوند.

شکل ۱ – موتور و ژنراتور الکتریکی در یک شناور

در شکل ۱ تصویر سمت چپ چند موتور الکتریکی به کار رفته در یک شناور و تصویر سمت راست یک ژنراتور الکتریکی در شناور را نشان می‌دهد.

بحث کلاسی

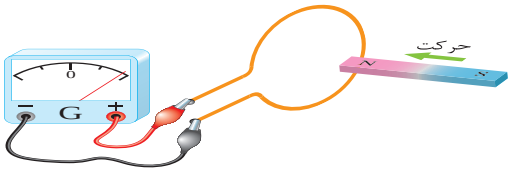
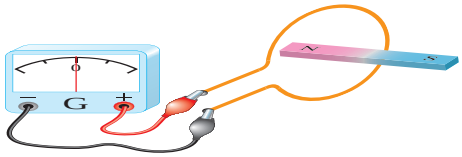
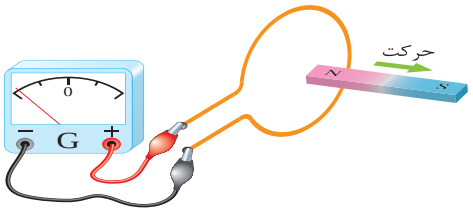
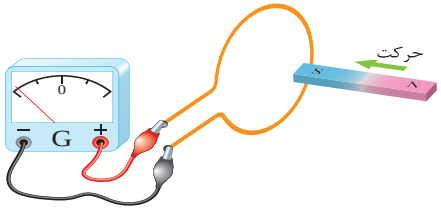
با توجه به مطالب گفته شده در مورد انواع ماشین‌های الکتریکی مورد استفادهٔ روزمره (مانند مسواک برقی، آرمیچر، پمپ آب، پنکه، ریش تراش برقی و ...) از نظر نوع جریان بحث و تبادل نظر گردد.

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده یکی از اساسی‌ترین قوانین مغناطیسی در فیزیک است. طرز کار وسایل الکتریکی که الکترومغناطیس در آنها نقش دارد به کمک این قانون قابل فهم است؛ به خصوص در تحلیل طرز کار وسایل تبدیل انرژی الکترومکانیکی اعم از موتور یا ژنراتور کاربرد فراوان دارد. قانون القای الکترومغناطیسی فاراده و روابط حاکم بر آن را می‌توان با انجام یک آزمایش ساده به دست آورد.

کار کلاسی

مداری مطابق شکل زیر متشکل از یک حلقه هادی که دو سر آن به یک گالوانومتر (یک آمپرمتر بسیار دقیق که با کم‌ترین جریان الکتریکی منحرف می‌شود) متصل است، ایجاد کرده و با حرکت یک آهن‌ربای دائم طبق مراحل داده شده، جدول را تکمیل کنید.

مراحل کاری	شرح آزمایش	تصویر
۱	اگر یک آهن‌ربای دائم از طرف قطب شمال (N) آن مطابق شکل داخل حلقه شود، عقربهٔ گالوانومتر منحرف می‌شود. انحراف عقربهٔ گالوانومتر به معنای ..... از گالوانومتر است.	
۲	در صورتی که آهن‌ربای دائم نسبت به حلقه مطابق شکل حرکتی نداشته باشد، عقربه گالوانومتر	
۳	اگر آهن‌ربای دائم مطابق شکل از حلقه دور شود، عقربهٔ گالوانومتر در جهت ..... منحرف می‌شود. یعنی ..... در حلقه تغییر کرده است.	
۴	اگر قطب جنوب (S) آهن‌ربای دائم مطابق شکل داخل حلقه شود، عقربه گالوانومتر بر خلاف حالتی که قطب ..... وارد حلقه شد، منحرف می‌شود.	

همان طور که در آزمایش بالا مشاهده گردید، در اثر حرکت آهن‌ربای دائم در حلقه، جریانی برقرار می‌شود که آن را «جریان القایی» می‌نامند. همانطور که می‌دانید عامل جاری شدن جریان در هر مدار الکتریکی، نیروی محرکه (E) است. جریان القایی نیز ناشی از یک نیروی محرکه است که آن را «نیروی محرکهٔ القایی (EMF)» می‌نامند. نیروی محرکه القایی را به اختصار با (e) نشان می‌دهند.

فاراده با آزمایش‌هایی نظیر آزمایش قبل، توانست قانونی به دست آورد که به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده مشهور شد. وی بر اساس این آزمایش‌ها متوجه شد که تغییر فوران مغناطیسی مهم‌ترین عامل ایجاد نیروی محرکهٔ القایی است. به مجموع خطوط نیروی میدان مغناطیسی اطراف یک مغناطیس یا آهن‌ربا، فوران یا شار مغناطیسی می‌گویند و آن را با φ نمایش می‌دهند؛ لذا فاراده این قانون را این گونه تعریف کرد: «مقدار نیروی محرکهٔ القایی در هر مدار با آهنگ تغییر فوران مغناطیسی متناسب است».

فاراده به کمک این قانون برای محاسبهٔ مقدار نیروی محرکه القایی، رابطهٔ زیر را ارائه کرد:

$$e = N \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

$\Delta\varphi$ = تغییرات فوران مغناطیسی بر حسب وبر (wb)

Δt = مدت زمان وقوع تغییرات فوران مغناطیسی بر حسب ثانیه (s)

N = تعداد حلقه‌های سیم پیچ

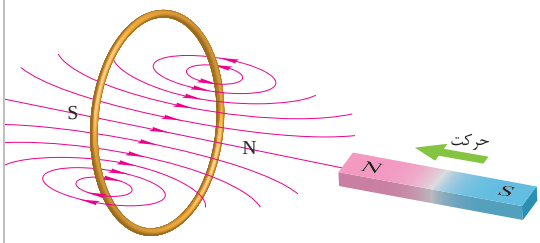
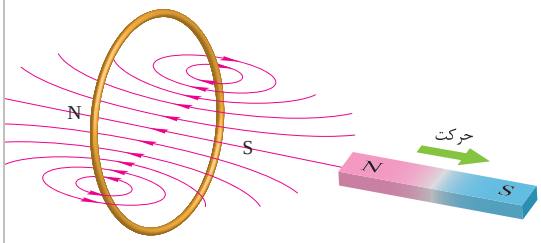
e = نیروی محرکهٔ القایی در سیم پیچ بر حسب ولت (v)

قانون لنز

در پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی پلاریته، نیروی محرکهٔ القایی و جهت جریان القایی مشخص نشد. پلاریتهٔ نیروی محرکهٔ القایی و جهت جریان القایی با استفاده از اصل بقای انرژی تعیین خواهد شد. در این مبحث اصل بقای انرژی به صورت «قانون لنز» بیان می‌شود که توسط آقای لنز در سال ۱۸۳۴ میلادی ارائه گردید. این قانون بیان می‌کند: «جریان القایی در جهتی برقرار می‌شود که با عامل به وجود آورندهٔ خود مخالفت کند».
قانون لنز در مورد جریان‌های القایی به کار می‌رود. از آن‌جایی که جریان در مدار بسته جاری می‌شود، لذا قانون لنز در مدارهای بسته کاربرد دارد.

کار کلاسی

مطابق شکل، مقطع یک حلقهٔ هادی و یک آهن‌ربا را تهیه کنید و آهن‌ربا را مطابق مراحل گفته شده به حلقه نزدیک و سپس دور کنید و با توجه به نتایج به دست آمده، جدول را تکمیل کنید.

مراحل کاری	شرح آزمایش	تصویر
۱	هنگامی که قطب (N) آهنربا به طرف حلقه حرکت داده می‌شود، مطابق آزمایش فاراده، جریان الکتریکی در حلقه جاری می‌شود. این جریان، میدان مغناطیسی در اطراف حلقه تولید خواهد نمود. طبق قانون لنز جهت جریان القایی به گونه‌ای است که با عامل به وجودآورنده‌اش مخالفت می‌کند؛ بدین معنی که میدان مغناطیسی ناشی از جریان القایی با ..... به سمت حلقه مخالفت خواهد کرد. یعنی قطب (N) میدان حلقه مقابل قطب (N) آهن ربا قرار می‌گیرد تا با ایجاد ..... مانع حرکت آهن ربا به سمت حلقه شود.	
۲	اگر آهن ربا مطابق شکل به عقب حرکت داده شود، مطابق آزمایش فاراده نیز در این حالت جریان القایی در حلقه جاری می‌شود و طبق قانون لنز، میدان مغناطیسی ناشی از این ..... نیز با عامل به وجود آورنده‌اش که همان حرکت رو به عقب آهن ربا است، مخالفت خواهد کرد. یعنی میدان حلقه، قطب S خود را در مقابل قطب (N) آهن ربا قرار می‌دهد تا با ایجاد نیروی ..... مانع حرکت آهن‌ربا شود.	

همان‌طور که در آزمایش بالا مشاهده کردید، وقتی آهن‌ربا به طرف حلقه حرکت می‌کند، جریان القایی ظاهر می‌شود. به بیان القای الکترومغناطیسی فاراده، این حرکت دادن همان تغییر فوران است که جریان القایی را تولید می‌کند و طبق قانون لنز، میدان مغناطیسی ناشی از جریان القایی با این حرکت دادن مخالفت خواهد کرد. حرکت آهن‌ربا به سمت حلقه یا دور شدن از حلقه همیشه تحت تأثیر نیروی مقاوم میدان مغناطیسی حلقه قرار می‌گیرد. از این رو لازم است نیرویی که صرف حرکت آهن‌ربا می‌گردد کاری انجام دهد.

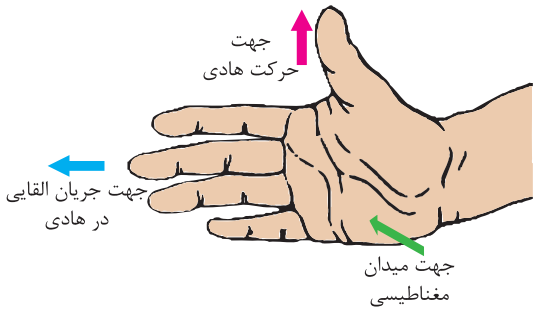
جهت میدان مغناطیسی جریان القایی به گونه‌ای است که همواره با عامل به وجود آورنده‌اش (حرکت آهن‌ربا) مخالفت می‌کند. این مخالفت در رابطهٔ قانون القای الکترومغناطیسی فاراده با یک علامت منفی به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$e = -N \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

علامت منفی بیانگر همان قانون لنز است که در محاسبات دخالت داده نمی‌شود. لذا e به عنوان نیروی ضد محرکه القایی معرفی می‌شود تا مخالفت آن بر اساس قانون لنز در نام آن گنجانیده شده باشد.

قانون دست راست

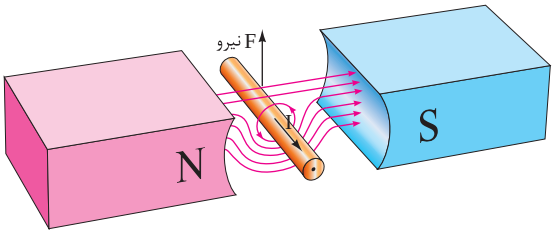
تعیین جهت جریان القایی با قانون بقای انرژی که به صورت قانون لنز در قسمت قبل مطرح شد، در برخی موارد دشوار است. روش ساده برای تعیین جهت جریان القایی قانون دست راست است که آن را نیز می‌توان به کار برد. طبق این قانون اگر دست راست را مطابق (شکل ۲) طوری نگه داریم که فوران مغناطیسی از قطب N به کف دست وارد شود و شست جهت حرکت هادی را نشان دهد، انگشتان جهت جریان القایی هادی را نشان خواهند داد.



شکل ۲- قانون دست راست

نیروی مغناطیسی وارد بر هادی حامل جریان الکتریکی

یک هادی حامل جریان الکتریکی، در میدان مغناطیسی قطب‌های N و S آهن‌ربایی قوی در نظر گرفته شده است (شکل ۳).



شکل ۳- هادی حامل جریان الکتریکی در میدان مغناطیسی

جهت میدان مغناطیسی قطب‌ها از سوی قطب (N) به سمت قطب S می‌باشد. مشاهده می‌شود در پایین هادی، جهت میدان مغناطیسی قطب‌ها و جهت میدان مغناطیسی اطراف هادی هم جهت می‌باشد و یکدیگر را تقویت می‌کنند؛ اما در بالای هادی جهت میدان مغناطیسی آنها مخالف یکدیگر می‌باشد و هم‌دیگر را تضعیف می‌کنند. لذا نیروی مغناطیسی به هادی از سوی میدان قوی‌تر به سمت میدان ضعیف‌تر وارد می‌شود و هادی را به سمت بالا حرکت می‌دهد. در نتیجه، «به هر هادی حامل جریان در میدان مغناطیسی، نیروی مغناطیسی وارد می‌شود، به طوری که نیروی مغناطیسی سعی به بیرون راندن هادی از درون میدان مغناطیسی دارد».

به نیروی مغناطیسی وارد به هادی حامل جریان الکتریکی، به احترام لورنس که مفاهیم میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را شرح و تفصیل داده است، «نیروی لورنس» می‌گویند.
مقدار نیروی مغناطیسی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$F = BIL$$

F = نیروی مغناطیسی بر حسب نیوتن (N)

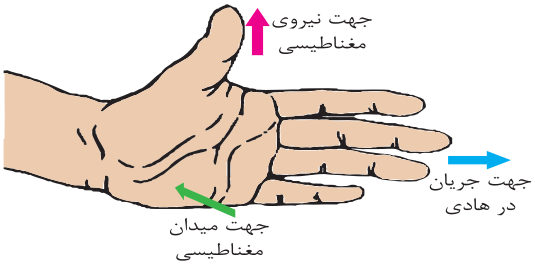
B = چگالی فوران (شار) مغناطیسی بر حسب $(\frac{wb}{m^2})$

I = شدت جریان الکتریکی هادی بر حسب آمپر (A)

L = طول مؤثر هادی که تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد بر حسب متر (m)

قانون دست چپ

برای تعیین جهت نیروی مغناطیسی، قانون دست چپ ارائه شده است. طبق این قانون اگر دست چپ خود را مطابق شکل ۴ به‌گونه‌ای نگه دارید که فوران مغناطیسی از قطب (N) به کف دست وارد شود و انگشتان، جهت جریان الکتریکی هادی را نشان دهند، انگشت شست جهت نیروی مغناطیسی وارد به هادی را نشان می‌دهد.



شکل ۴- قانون دست چپ

نمایش فیلم

نیروی مغناطیسی وارد بر هادی حامل جریان الکتریکی و قانون دست راست و قانون دست چپ را نگاه کنید.

فعالیت کارگاهی

قانون دست راست و قانون دست چپ نیروی مغناطیسی وارد بر یک هادی فرضی را به‌صورت عملی اجرا نمایید.

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۱	بررسی قوانین حاکم بر ماشین‌های الکتریکی	تجهیزات: ابزار و تجهیزات لازم مکان: کلاس و کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱-تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی را بشناسد. ۲-قوانین القای الکترو مغناطیسی فاراده را بشناسد. ۳-قانون لنز را بررسی کند. ۴-قوانین دست چپ و راست را در ماشین‌های الکتریکی اجرا نماید.	۳
			در حد انتظار	۱-تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی را بشناسد. ۲-قوانین القای الکترو مغناطیسی فاراده را بشناسد. ۳-قانون لنز را بررسی کند.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱-تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی را بشناسد. ۲-قوانین القای الکترو مغناطیسی فاراده را بشناسد.	۱

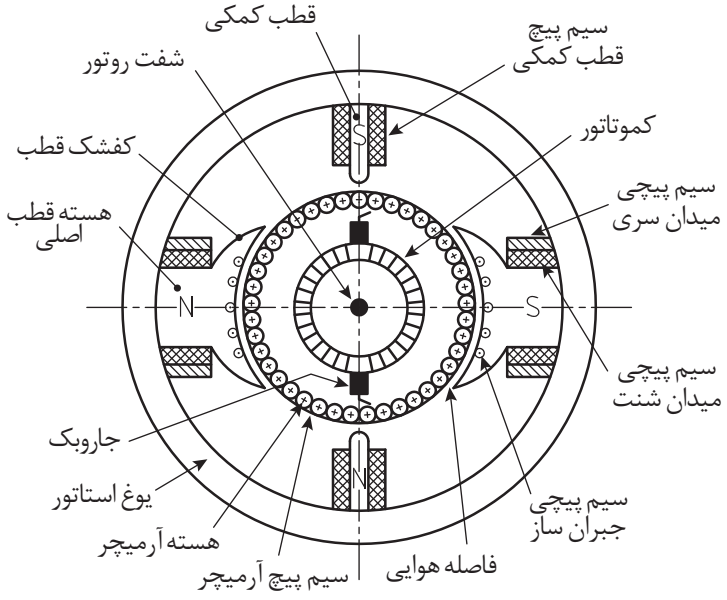
ماشین‌های جریان مستقیم (DC)

ماشین جریان مستقیم وسیله‌ای است که انرژی جریان مستقیم را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند. مدل معمولی این نوع موتورها وابسته به نیروی حاصل از میدان‌های مغناطیسی است. تصویر ظاهری ماشین‌های جریان مستقیم در شکل ۵ نشان داده شده است.

شکل ۵- ماشین‌های جریان مستقیم (DC)

ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم

ماشین‌های جریان مستقیم در عمل دارای ساختمان پیچیده‌تری می‌باشند و به لحاظ شکل ظاهری کمی متفاوت هستند. این پیچیدگی و تفاوت در مقایسهٔ آنها با ماشین‌های جریان متناوب محسوس می‌باشد (شکل ۶).



شکل ۶- ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم

نمایش فیلم

اجزای ماشین‌های جریان مستقیم را نگاه کنید.

اجزای تشکیل دهندهٔ ماشین‌های جریان مستقیم را می‌توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

۱- قسمت‌های ساکن (استاتور)

۲- قسمت‌های گردان (رتور)

هر کدام از قسمت‌های فوق به‌طور خلاصه توضیح داده می‌شود.

۱- اجزای قسمت ساکن (استاتور) این نوع ماشین‌ها عبارت‌اند از: (شکل ۷)

الف) بدنه:

بدنه نقش تکیه‌گاه و حفاظت از سایر اجزای ماشین را ایفا می‌کند. پایه‌ها بر روی بدنه قرار دارند تا به وسیلهٔ پیچ و مهره، ماشین در محل مورد نظر نصب شود. قطب‌های اصلی، کمکی و جاروبک نگه‌دارها روی بدنهٔ ماشین محکم می‌شوند. قسمتی از بدنه را هستهٔ‌آهنی تشکیل می‌دهد که برای هدایت فوران مغناطیسی قطب‌های اصلی و کمکی به‌کار می‌رود. در ماشین‌هایی که ارزانی نقش مهم‌تری در مقابل وزن دارد، بدنه را از جنس چدن می‌سازند؛ در غیر این صورت بدنه را از جنس فولاد انتخاب می‌نمایند.

ب) قطب‌های اصلی و کمکی:

وظیفهٔ این قسمت تأمین میدان مغناطیسی مورد نیاز ماشین است. قطب‌های اصلی خود شامل قسمت‌های زیر می‌باشند:

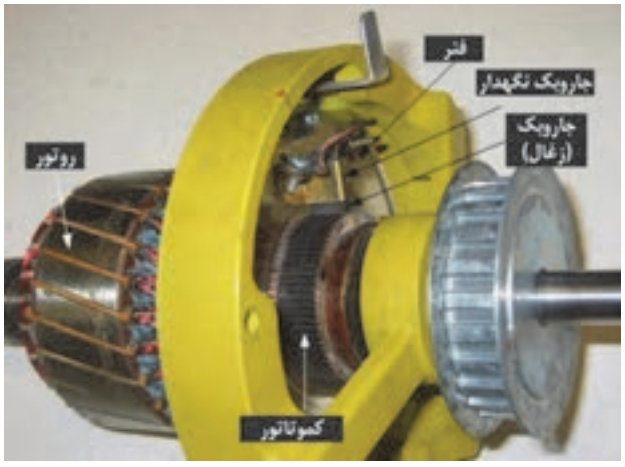
- **هستهٔ قطب:** از ورق‌های فولاد الکتریکی به ضخامت حدود ۰/۵ تا ۰/۶۵ میلی‌متر با خاصیت مغناطیسی قابل قبول تشکیل می‌شود.
- **کفشک قطب:** شکل قطب به نحوی است که سطح مقطع کوچک‌تر آن، برای پیچیدن سیم دور آن اختصاص داده می‌شود و قسمت بزرگ‌تر آن که کفشک قطبی نام دارد، در واقع سبب شکل دادن میدان مغناطیسی و سهولت هدایت فوران مغناطیسی به فاصله هوایی می‌شود.
- **سیم پیچ تحریک:** یا سیم پیچ قطب اصلی که دور هستهٔ قطب پیچیده می‌شود، برای جریان‌های کم، باید تعداد دور سیم پیچ تحریک زیاد باشد و سطح مقطع آن کم و برای جریان‌های زیاد، تعداد دور کم برای سیم پیچ با سطح مقطع زیاد لازم است.

قطب‌های کمکی در ماشین‌های جریان مستقیم از هسته و سیم پیچ تشکیل می‌شوند. هسته قطب‌های کمکی را معمولاً از فولاد یکپارچه می‌سازند. سیم‌پیچی قطب‌های کمکی نیز با تعداد دور کم و سطح مقطع زیاد پیچیده می‌شوند.

شکل ۷

پ) جاروبک و جاروبک نگه‌دار:

در قسمت ساکن ماشین‌های جریان مستقیم، وسیله‌ای به نام جاروبک نگه‌دار نصب شده است. وظیفهٔ جاروبک نگه‌دار، قرار دادن صحیح جاروبک‌ها روی تیغه‌های کموتاتور است. جاروبک‌ها در جاروبک نگه‌دار قرار می‌گیرند و توسط فنری با فشار قابل تنظیم بر روی کموتاتور فشار داده می‌شوند. جاروبک‌ها قطعاتی از جنس زغال یا گرافیت می‌باشند که برای گرفتن جریان از کموتاتور یا دادن جریان به آن استفاده می‌شوند(شکل ۸).



شکل ۸- جاروبک و جاروبک نگه‌دار

۲- اجزای قسمت گردان (رتور) ماشین‌های جریان مستقیم: (شکل ۹)

الف) هستهٔ رتور:

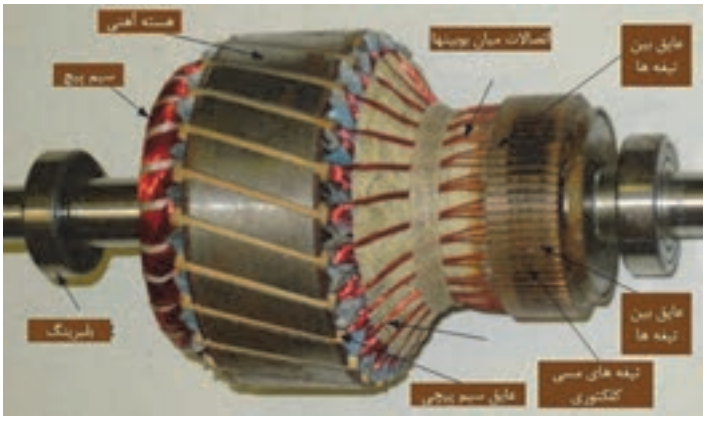
هستهٔ رتور از ورقه‌های فولادی سیلیس‌دار ساخته می‌شود که با یک لایهٔ نازک از هم عایق شده‌اند. بر روی هستهٔ روتور شیارهایی تعبیه شده است تا سیم پیچ‌ها در داخل آنها قرار گیرند.

ب) سیم پیچی رتور:

از کلاف‌های مشابهی تشکیل می‌شود که با الگوی مناسب تهیه و در شیارها قرار می‌گیرد. سیم پیچی رتور مبتنی بر اصول فنی بوده و از اصول طراحی ماشین‌های جریان مستقیم تبعیت می‌کند.

پ) کموتاتور:

کموتاتور یا کلکتور از تیغه‌های مسی سخت که توسط عایق میکا نسبت به یکدیگر و محور ماشین عایق شده‌اند تشکیل می‌شود. ابتدا و انتهای کلاف‌های سیم‌پیچی رتور توسط لحیم و یا پرس کردن به تیغه کموتاتور وصل می‌شود.



شکل۹- اجزای قسمت گردان (رتور) ماشین‌های جریان مستقیم

ت) محور:

محور رتور ماشین‌های جریان مستقیم تکیه‌گاهی برای سایر اجزای رتور است. در نتیجه باید از فولادی تهیه گردد که خاصیت مغناطیسی آن کم اما استحکام مکانیکی کافی در مقابل تنش‌های برشی، کششی و پیچشی را دارا باشد. انتخاب کردن محور ضعیف خطر آفرین بوده و ممکن است در مواقع بروز خطا سبب انهدام کلی ماشین گردد.

ث) پروانهٔ خنک‌کننده:

پروانهٔ خنک‌کننده یا فن با ایجاد جریان هوا در داخل ماشین، سبب انتقال سریع‌تر گرمای ایجاد شده به خارج از ماشین، خنک شدن و ازدیاد عمر مفید ماشین می‌شود.

کار کلاسی

جدول زیر را که مربوط به اجزای ماشین DC می باشد، تکمیل نمایید.

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی
۱	.....	Stator
۲	.....	Rotor
۳	.....	Yoke
۴	.....	Field Winding
۵	.....	Brush Holder
۶	.....	Slot
۷	.....	Commutator
۸	.....	Shaft
۹	.....	Fan
۱۰	.....	Commutation

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، دربارهٔ دلایل خرابی کموتاتور تحقیق نموده و نتیجه را در کلاس ارائه نمایید.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، گزارش یا فیلمی در مورد پدیدهٔ کموتاسیون و مشکلات ایجاد شده توسط این پدیده تهیه و در کلاس ارائه نمایید.

فعالیت کارگاهی

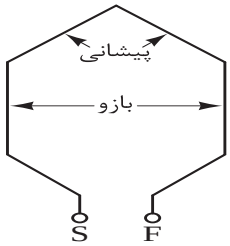
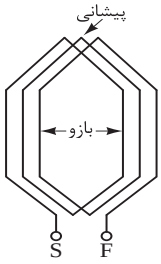
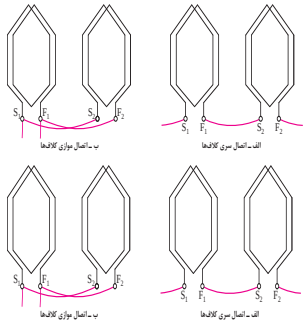
هنرجویان در کارگاه، یک موتور DC را باز کرده و اجزای آن را شناسایی کنند.

سیم‌پیچی آرمیچر ماشین‌های جریان مستقیم

در ماشین‌های جریان مستقیم، نحوهٔ سری و موازی کردن کلاف‌های سیم‌پیچی رتور تحت عنوان «سیم پیچی آرمیچر» مطرح می‌شود. به‌طور کلی اصطلاح «سیم‌پیچی آرمیچر» به سیم‌پیچی‌هایی اطلاق می‌شود که نیروی محرکهٔ اصلی در آن القا می‌شود.

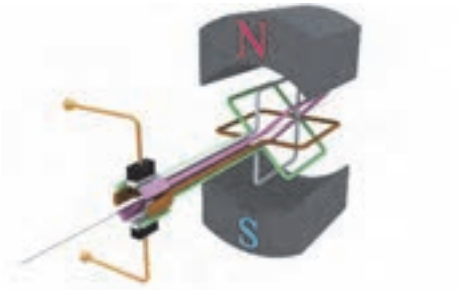
برخی از واژه‌های مربوط به سیم‌پیچی در جدول ۲ آورده شده است:

جدول ۲- واژهای سیم‌پیچی

واژه‌ها	توضیح	شکل
حلقه	«حلقه» شامل یک دور هادی است. قسمتی از حلقه که درون شیار قرار می‌گیرد «بازو» نام دارد و قسمتی که در بیرون شیار قرار می‌گیرد «پیشانی» نامیده می‌شود. هر حلقه دارای یک سر و ته می‌باشد. سر حلقه را با حرف «S» و ته آن را با حرف «F» نشان می‌دهند.	
کلاف	«کلاف» از اتصال سری چندین حلقه به‌هم تشکیل شده است. برای کلاف نیز می‌توان همانند حلقه، بازو، پیشانی و سر و ته در نظرگرفت.	
سیم‌پیچی	«سیم پیچی» از اتصال چندین کلاف به‌هم تشکیل شده است. این اتصال می‌تواند به صورت سری یا موازی و یا ترکیب سری و موازی باشد.	

الف) روش‌های ترسیم سیم‌پیچی آرمیچر

برای قابل استفاده وکاربردی شدن ژنراتور و موتور سادهٔ جریان مستقیم، تعداد حلقه‌های آنها افزایش داده می‌شود. در شکل ۹ ماشین جریان مستقیم با ۴ حلقه و ۸ تیغه کموتاتور نشان داده شده است.

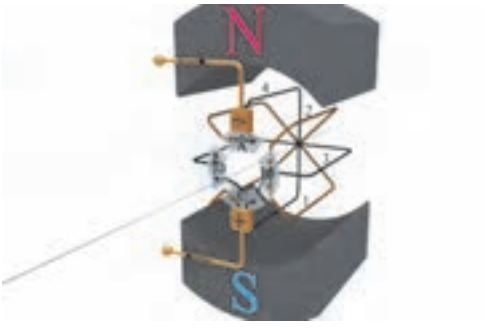


شکل ۱۰- طرح یک ماشین ساده

مشاهده می‌شود در هر لحظه فقط یک یا دو حلقه دارای جریان می‌شوند و حلقه‌های دیگر فاقد جریان الکتریکی هستند و نقش مؤثری در تمام لحظات در ماشین ایفا نمی‌کنند. در واقع به دلیل عدم ارتباط الکتریکی بین این حلقه‌ها، افزایش بیشتر تعداد حلقه‌ها با این شیوه تأثیر چندانی در کارایی ماشین نگذاشته است.

برای برقراری ارتباط الکتریکی بین حلقه‌ها روش‌هایی به کار گرفته می‌شود که حلقه‌ها رابه صورت سری و موازی از طریق تیغه‌های کموتاتور به یکدیگر متصل می‌کنند تا جریان الکتریکی از آنها عبور کند. با این عمل در موتورها تغییرات گشتاور به حداقل مقدار ممکن می‌رسد وگشتاور یکنواخت خواهد شد و در ژنراتورها ضربان نیروی محرکهٔ القایی نیز به حداقل ممکن می‌رسد و مقدار متوسط آن افزایش می‌یابد.

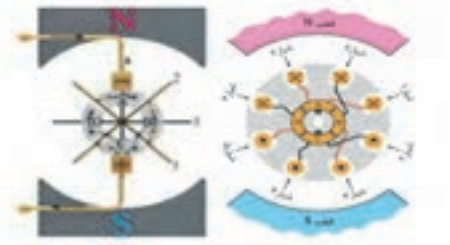
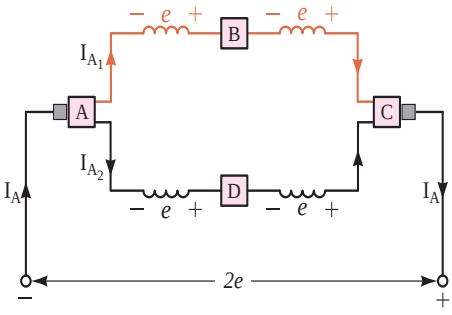
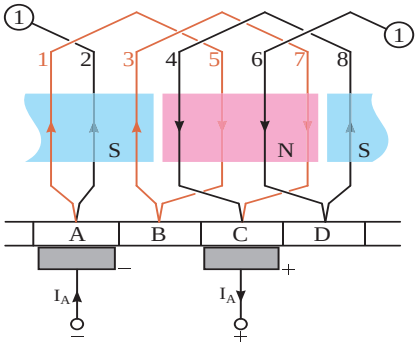
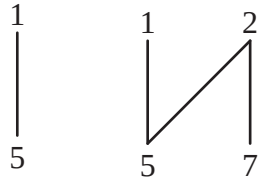
نمونه‌ای از سری و موازی شدن حلقه‌ها در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۱- طرح یک ماشین ساده

ترسیم سیم‌پیچی آرمیچر مطابق شکل ۱۱ بسیار دشوار است. لذا روش‌های ترسیمی دیگری به کار می‌رود. این روش‌ها در جدول زیر توضیح داده شده اند.

جدول ۳- روش‌های ترسیمی سیم‌پیچی آرمیچر

روش‌های ترسیمی سیم‌پیچی آرمیچر	توضیح	شکل
دیاگرام دایره‌ای (مقطعی)	دیاگرام دایره‌ای نمای روبروی رتور وکموتاتور است. در این دیاگرام (سربندی کلاف‌های سیم‌پیچی آرمیچر) اتصال سر و ته کلاف به تیغه‌های کموتاتور مشخص می‌شود و جهت جریان هر یک از بازوهای کلاف در هر یک از شیارهای رتور نشان داده می‌شود.	
دیاگرام خطی (راه جریان)	در دیاگرام خطی چگونگی ارتباط کلاف‌ها به یکدیگر و اتصال سر و ته آنها به تیغه‌های کموتاتور به صورت دیگری ترسیم می‌شود. این دیاگرام نشان می‌دهد چگونه با موازی شدن کلاف‌ها مسیرهای موازی برای عبور جریان الکتریکی ایجاد می‌شود. کلاف‌هایی که در این مسیرها قرار می‌گیرند با یکدیگر سری می‌شوند تا نیروی محرکهٔ القایی آنها با هم جمع شود. هر یک از این مسیرهای موازی (راه جریان) نام دارد.	
دیاگرام گسترده (باز)	دیاگرام گسترده موقعیت هر کلاف در شیارهای رتور و نحوهٔ اتصال سر و ته آنها را به تیغه‌های کموتاتور نشان می‌دهد. در این دیاگرام با توجه به جهت جریان در کلاف‌ها، محل قطب‌های مغناطیسی سیم‌پیچی آرمیچر نیز مشخص می‌شود. از دیاگرام گسترده اطلاعات مربوط به سیم‌پیچی و سربندی کلاف‌های سیم‌پیچی آرمیچر به‌دست می‌آید و برای سیم‌پیچی عملی آرمیچر مناسب‌تر است.	
دیاگرام سریع (دندانه اره‌ای)	دیاگرام سریع موقعیت هر بازوی کلاف در شیارهای رتور را نشان می‌دهد. معمولاً دیاگرام سریع بعد از دیاگرام گسترده ترسیم می‌شود. با توجه به دیاگرام گسترده مشاهده می‌شود کلافی که یکی از بازوهای آن در شیار ۱ رتور قرار دارد بازوی دیگر آن در شیار ۵ قرار گرفته است بازوی کلاف بعدی در شیارهای ۲و۷ قرار گفته است.	

ب) گام‌های سیم‌پیچی آرمیچر

سیم‌پیچی آرمیچر با گام‌های آن شناسایی می‌شود.

کار کلاسی

جدول زیر که مربوط به گام‌های سیم‌پیچی می‌باشد، را به کمک هنرآموز خود تکمیل نمایید.

گام‌های سیم‌پیچی	توضیح	رابطه
گام قطبی	با عبور جریان الکتریکی از سیم‌پیچی آرمیچر، در اطراف رتور آن قطب‌های مغناطیسی تشکیل می‌شود. فاصلهٔ بین مرکز تا مرکز دو قطب غیر هم‌نام مجاور یکدیگر بر حسب شیار رتور را «گام قطبی» گویند.	.....
گام رفت (گام جلو)	فاصلهٔ بین بازوهای یک کلاف سیم‌پیچی آرمیچر بر حسب شیار رتور را «گام رفت» گویند.	.....
گام برگشت (گام عقب)	فاصلهٔ بین بازوی دوم از کلاف تا بازوی اول از کلاف دوم سیم‌پیچی آرمیچر برحسب شیار رتور را «گام برگشت» می‌گویند.	.....
گام سیم‌پیچی	فاصلهٔ بین دو بازوی اول کلاف متوالی سیم‌پیچی آرمیچر بر حسب شیار رتور را «گام سیم‌پیچی» می‌گویند.	.....
گام کموتاتور	فاصلهٔ بین سروته یک کلاف روی کموتاتور بر حسب تعداد عایق بین تیغه‌های کموتاتور را «گام کموتاتور» می‌گویند.	.....

پ) روش‌های سیم‌پیچی آرمیچر

برای اتصال کلاف‌های سیم‌پیچی آرمیچر به تیغه‌های کموتاتور ماشین‌های جریان مستقیم روش‌های گوناگونی وجود دارد. اما دو روش آن به نام‌های ((حلقوی)) و ((موجی)) مشهورترانند. انجام هر یک از این اتصال‌ها به ترتیب باعث ایجاد ((سیم‌پیچی حلقوی)) و ((سیم‌پیچی موجی)) در رتور می‌شود.

سیم‌پیچی‌های حلقوی و موجی از نظر شکل سیم‌پیچی و نحوهٔ اتصال کلاف‌ها به تیغه‌های کموتاتور با یک دیگر متفاوت هستند. این تفاوت در تعداد راه‌های جریان و ترتیب اتصال سر و ته کلاف‌ها به تیغه‌های کموتاتور می‌باشد.

سیم‌پیچی‌های حلقوی و موجی به دو صورت ((ساده)) و ((مرکب)) اجرا می‌شوند.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، در مورد سیم‌پیچی‌های حلقوی و موجی تحقیق نموده و نتیجه را در کلاس به صورت پرده نگار ارائه نمایید.

فعالیت کارگاهی

به کمک هنرآموز خود، چگونگی تشخیص صحت سیم‌پیچ‌ها در یک ماشین DC را بررسی کنید.

فعالیت کارگاهی

به کمک هنرآموز خود، صحت عملکرد کلیهٔ اجزای یک موتور را به صورت جداگانه مورد بررسی قرار دهید.

فرایند عملکرد ماشین‌های جریان مستقیم

اساس کار مولد یا ژنراتورهای الکتریکی، بر مبنای قانون القای الکترومغناطیسی فاراده است. حرکت هادی‌ها در فضای مابین قطب‌ها باعث می‌شود میدان مغناطیسی توسط هادی‌ها قطع شود. بدین ترتیب مطابق پدیده القا در هادی‌ها، ولتاژ القا می‌شود. ابتدا و انتهای هر کلاف به یک نیم استوانه مسی یا یک تیغهٔ کموتاتور وصل می‌شود. روی تیغه‌های کموتاتور دو عدد جاروبک به‌طور ثابت قرار داشته و با حرکت هادی‌ها، تیغه‌های کموتاتور زیر جاروبک می‌لغزند، بدین ترتیب در ژنراتورهای جریان مستقیم از طریق کموتاتور ولتاژ القا شده طوری به جاروبک‌ها منتقل می‌شود که همیشه یکی از جاروبک‌ها دارای پلاریتهٔ مثبت و دیگری دارای پلاریتهٔ منفی است تا جهت جریان القایی در مصرف کننده یکسو باشد. در واقع جریان متناوب القایی داخل ژنراتور، توسط کموتاتور برای مصرف کننده یکسو می‌شود.

برای افزایش میزان ولتاژ القا شده و بهبود یکسوسازی به‌منظور داشتن ولتاژی با دامنهٔ ثابت باید تعداد کلاف‌ها را افزایش داده و کلاف‌ها را به کمک تیغه‌های کموتاتور سری نمود.

موتور سادهٔ جریان مستقیم از نظر ساختمانی مانند مولد سادهٔ جریان مستقیم می‌باشد فقط نحوهٔ کار این دو با یکدیگر متفاوت است. این موتورها بر اساس تأثیر میدان مغناطیسی قطب‌ها بر میدان مغناطیسی اطراف هادی حامل جریان الکتریکی کار می‌کنند. در موتور ساده، هادی‌ها از طریق کموتاتور و جاروبک‌ها به یک منبع جریان مستقیم متصل می‌شوند. در این‌صورت جریانی از هادی‌ها عبور کرده و در نتیجه مطابق نیروی لورنس به هادی‌ها نیرویی وارد می‌شود و آنها به حرکت در می‌آیند.

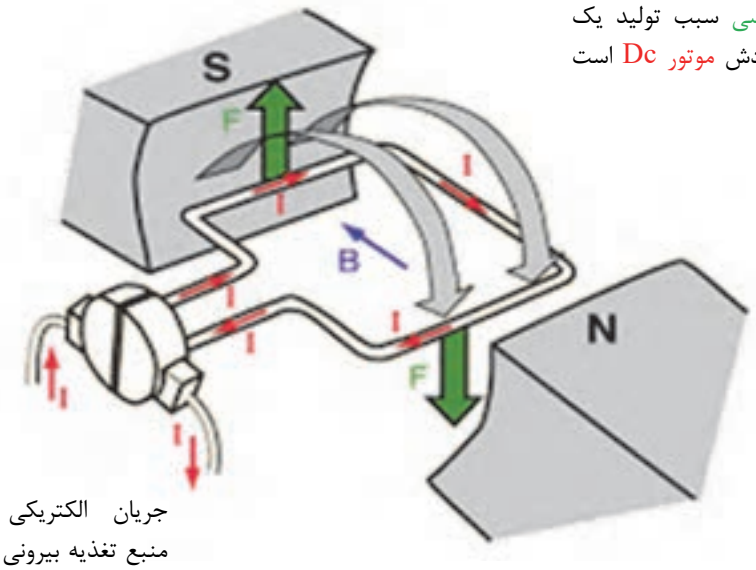
نمایش فیلم

طرز کار موتور جریان مستقیم را نگاه کنید.

نحوهٔ ایجاد نیرو و گشتاور در موتور ساده

اگر از یک کلاف تک حلقه که بین قطب‌های یک ماده مغناطیسی قرار دارد، جریان الکتریکی عبور کند، مطابق شکل ۱۲ به بازوی سمت راست نیرویی به سمت پایین و به بازوی سمت چپ نیروی به سمت بالا وارد می‌شود. با وارد شدن دو نیرو با جهت مخالف به دو طرف کلاف، گشتاور ایجاد می‌شود و در نتیجه کلاف حول محورش شروع به دوران خواهد نمود یعنی وارد آمدن زوج نیرو در دو جهت مخالف، موجب ایجاد گشتاور لازم شده است. در این موتور ساده اگر صفحهٔ کلاف، عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار گیرد، به آن گشتاوری وارد نمی‌شود.

هنگامی که جریان الکتریکی از میان یک سیم پیچ در یک میدان مغناطیسی عبور کند، نیروی مغناطیسی سبب تولید یک گشتاور که عامل گردش موتور Dc است خواهد شد.



جریان الکتریکی توسط منبع تغذیه بیرونی از میان کلکتور تأمین می شود.

نیروی مغناطیسی F=ILB عمود بر سیم و حوضه مغناطیس

شکل ۱۲

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، دربارهٔ عملکرد پمپ تخلیه خن (Bilge Pump) در شناورها تحقیق نموده و نتیجه را در کلاس ارائه نمایید.

توان و راندمان در ماشین‌های جریان مستقیم (DC)

در صورتی که توان ورودی یک ماشین را P_{in} و توان خروجی آن را P_{out} بنامیم تفاوت این دو توان، «تلفات ماشین» نام دارد که طبق فرمول زیر محاسبه می‌گردد .

$$(\Delta P = P_{in} - P_{out}).$$

راندمان (بازده): نسبت توان خروجی به توان ورودی ماشین را «راندمان» می‌گویند و آن را با η نشان می‌دهند و طبق فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$(\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}).$$

تلفات در ماشین‌های DC به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

الف) تلفات مکانیکی یا اصطکاکی ($P_{miscellaneous}$):

تلفات مکانیکی به علت اصطکاک محور ماشین در یاتاقان‌ها و اصطکاک جاروبک‌ها با کلکتور و مقاومت هوا به وجود می‌آید.

ب) تلفات آهنی یا تلفات هسته (P_{core}):

تلفات هسته از تلفات هیسترزیس و تلفات ناشی از جریان‌های گردابی در هسته آرمیچر تشکیل می‌شود.

پ) تلفات مسی (P_{cu}):

تلفات مسی در اثر عبور جریان از سیم‌پیچ‌های تحریک و آرمیچر به وجود می‌آید.

$$\Delta P = P_{in} - P_{out} = P_{miscellaneous} + P_{core} + P_{cu}$$

مثال	یک مولد جریان مستقیم ۴ کیلووات با بازده ۸۰ درصد و تلفات مسی ۳۰۰ وات و تلفات هسته ۵۰۰ وات مفروض است. محاسبه کنید: الف) توان ورودی P_{in} ب) تلفات مکانیکی
جواب	الف) $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \Rightarrow ۰/۸ = \frac{۴۰۰۰}{P_{in}} \Rightarrow P_{in} = ۵۰۰۰\,W$ ب) $\Delta P = P_{in} - P_{out} = P_{miscellaneous} + P_{core} + P_{cu} \Rightarrow ۵۰۰۰ - ۴۰۰۰ = P_{miscellaneous} + ۵۰۰ + ۳۰۰$ $\Rightarrow P_{miscellaneous} = ۲۰۰\,W$

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، در مورد دیاگرام توانی در موتورها و مولدهای DC تحقیق و این دیاگرام را بر روی کاغذ شطرنجی ترسیم و در کلاس ارائه نمایید.

انواع ماشین‌های جریان مستقیم

در ماشین‌های جریان مستقیم، فرآیند تبدیل انرژی برگشت‌پذیر است. یعنی یک ماشین الکتریکی جریان مستقیم می‌تواند به صورت موتور یا ژنراتور مورد بهره‌برداری قرار گیرد؛ لذا ساختمان داخلی و شکل ظاهری موتورهای جریان مستقیم با ژنراتورهای جریان مستقیم تفاوت نخواهد داشت.

الف) مولدهای جریان مستقیم

کار کلاسی

جدول زیر را که به انواع مولدهای DC اشاره دارد تکمیل کنید.

ردیف	عنوان	شرح	کاربرد
۱	مولد DC با تحریک مستقل (Separately Excited DC Generator)	سیم‌پیچ میدان این ژنراتور به وسیلهٔ ..... تحریک می‌شود. این ژنراتور هنگامی که یک حوزهٔ وسیعی از تغییرات ولتاژ خروجی مورد نیاز باشد، استفاده می‌شود.	به دلیل قابلیت تنظیم ولتاژ در محدودهٔ وسیع، در تنظیم دور موتورها و تحریک مولدهای بزرگ نیروگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۲	مولد با تحریک شنت (Shunt Field DC Generator)	سیم‌پیچ میدان با سیم‌پیچ آرمیچر موازی بسته می‌شود و به همین دلیل به آن سیم‌پیچ شنت یا موازی می‌گویند. تعداد حلقه‌های سیم‌پیچ شنت ..... است و جریان این سیم پیچ ..... است.	از این مولد در شارژ باطری‌ها و تأمین برق روشنایی اضطراری و تغذیهٔ سیم‌پیچ مولدهای نیروگاهی استفاده می‌شود.
۳	مولد با تحریک سری (Series Field DC Generator)	سیم‌پیچ میدان (سیم‌پیچ سری تحریک) با سیم‌پیچ آرمیچر ..... بسته می‌شود. سیم‌پیچ سری دارای تعداد حلقه‌های کمتر بوده ولی جریان عبوری آن نسبتاً زیاد است (زیرا جریان آن همان جریان اصلی است).	به دلیل داشتن گشتاور راه‌اندازی زیاد، در وسایل حمل و نقل مانند مترو و جرثقیل‌های برقی استفاده می‌شود.
۴	مولد با تحریک کمپوند (Compounded Field DC Generator)	اگر از هر دو سیم‌پیچ شنت و سری جهت ..... استفاده شود، مولد کمپوند نامیده می‌شود که دارای دو نوع کمپوند اضافی و نقصانی می‌باشد.	این نوع مولد با توجه به اینکه ترکیبی از دو مولد سری و شنت است، می‌تواند با توجه به نوع آن، هم در جاهایی استفاده شود که مصرف کننده در نزدیکی ژنراتور قرار دارد (افت ولتاژ کم است) و هم در جاهایی استفاده شود که مصرف کننده در فاصلهٔ دورتری از ژنراتور قرار دارد (افت ولتاژ زیاد است).

فعالیت کارگاهی

به کمک هنرآموز خود، یک دینام خودرو را باز و سرویس نمایید.

بیشتر بدانید

مولد کمپوند اضافی:

اگر نیرومحرکهٔ مغناطیسی سیم‌پیچ سری، نیرومحرکهٔ مغناطیسی سیم‌پیچ شنت را تحریک کند، مولد کمپوند اضافی نامیده می‌شود که دارای دو نوع شنت بلند و شنت کوتاه می‌باشد.

مولد کمپوند اضافی بسته به تعداد دورهای سیم‌پیچ سری می‌تواند یکی از سه حالت زیر را داشته باشد:

الف) فوق کمپوند: (تعداد دور سیم‌پیچ سری زیاد است) در مواردی استفاده می‌شود که لازم است ولتاژ بار ثابت باشد. ولی به علت وجود فاصله بین مولد و مصرف کننده در سیم‌ها افت ولتاژ به وجود می‌آید. در این حالت افزایش ولتاژ خروجی مولد، افت ولتاژ خط را جبران می‌کند و به مصرف کننده ولتاژ ثابت می‌رسد.

ب) تخت: نیروی‌محرکهٔ مغناطیسی سیم‌پیچ سری و موازی، با یکدیگر برابر بوده و جایی استفاده می‌شود که نیاز به ولتاژ ثابتی باشد و فاصلهٔ بین مولد و مصرف کننده کم باشد.

پ) زیر کمپوند: اثر آمپر دور سیم‌پیچ سری ناچیز می‌باشد (به علت تعداد دور کم سیم‌پیچ سری) و در تحریک مولدهای نیروگاهی نقش مؤثری دارد.

مولد کمپوند نقصانی:

هنگامی که شار سیم‌پیچ سری، باعث کاهش و نقصان اثر شار سیم‌پیچ شنت شود، مولد کمپوند نقصانی نامیده می‌شود که دارای دو نوع شنت بلند و شنت کوتاه می‌باشد و در جوشکاری قوس الکتریکی استفاده می‌شود.

اگر سیم‌پیچ سری و سیم‌پیچ آرمیچر با هم سری بسته شوند، شنت بلند و اگر سیم‌پیچ شنت با سیم‌پیچ آرمیچر موازی قرار گیرد شنت کوتاه می‌گویند.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، مدار الکتریکی معادل هریک از مولدها را ترسیم نموده و نتیجه را در کلاس به صورت پرده‌نگار ارائه نمایید.

ب) موتورهای جریان مستقیم

کار کلاسی

جدول صفحه بعد را که به انواع موتورهای DC اشاره دارد تکمیل کنید.

ردیف	عنوان	شرح	کاربرد
۱	موتور DC با آهن ربای دائم PMDC Permanent Magnet DC) (Motor	در این نوع موتور به جای سیم‌پیچی تحریک، از ..... استفاده می‌شود و نیاز نداشتن به تحریک خارجی برای تولید ..... و نداشتن تلفات تحریک نیز از مزایای آنها به شمار می‌آید.	این موتورها با حجم کوچک و توان کم دارای گشتاور مناسبی هستند و در اسباب بازی‌ها و در خودروها به عنوان موتور برف پاک کن و پمپ شیشه‌شوی و پایین و بالابر شیشه و هم چنین در مسواک ها به کار می‌روند.
۲	موتور DC با تحریک مستقل Separately Excited DC) (Motor	در این نوع موتور، ارتباط الکتریکی بین مدار آرمیچر و مدار تحریک وجود ندارد. سیم‌پیچی تحریک با تعداد دور ..... برای جریان کم به دور قطب‌ها پیچیده می‌شود. برای تغییر و تنظیم جریان تحریک از مقاومت متغیر ..... با سیم‌پیچی تحریک استفاده می‌شود.	این نوع موتورها از بی‌باری تا بار کامل تقریباً سرعت ثابتی دارند و گشتاور آنها کم است. هم‌چنین دارای بازهٔ وسیع کنترل سرعت از صفر تا سرعت نامی می‌باشند. بنابر این موتورهای تحریک مستقل در جاهایی به کار می‌روند که نیاز به سرعت ثابت و کنترل سرعت در بازهٔ وسیعی باشد.
۳	موتور DC با تحریک شنت (Shunt Field DC Motor)	در این نوع موتور، مدار تحریک با مدار آرمیچر به صورت ..... ارتباط پیدا می‌کند. سیم‌پیچی تحریک با تعداد دور ..... برای جریان کم به دور قطب‌ها پیچیده می‌شود. برای تغییر و تنظیم جریان تحریک از مقاومت متغیر موازی با سیم‌پیچی تحریک استفاده می‌شود.	با توجه به اینکه منحنی مشخصه‌های موتور شنت مشابه موتورهای تحریک مستقل می‌باشد، لذا کاربردهایی که برای موتور تحریک مستقل ارائه شد برای موتور شنت نیز صدق می‌کند.
۴	موتور DC با تحریک سری (Series Field DC Motor)	در این نوع موتور، مدار تحریک با مدار آرمیچر به صورت ..... ارتباط پیدا می‌کند. سیم‌پیچی تحریک با تعداد دورکم برای جریان ..... به دور قطب ها پیچیده می‌شود.	این نوع موتورها دارای تغییرات سرعت زیادی از بی باری تا بار کامل می‌باشند و گشتاور راه اندازی آنها بسیار زیاد است. بنابر این موتورهای سری در جاهایی به کار گرفته می‌شوند که نیاز به گشتاور راه اندازی زیاد باشد و تغییرات سرعت مهم نباشد. یک نمونه کاربرد موتور سری، راه اندازی موتور خودروهای سواری است.
۵	موتور DC با تحریک کمپوند Compounded Field DC) (Motor	در این نوع موتور، فوران قطب‌ها، ترکیبی از فوران دو سیم‌پیچی تحریک ..... است که دارای دو نوع کمپوند اضافی و نقصانی می‌باشند. در موتورهای کمپوند، اگر سیم‌پیچی‌های تحریک موازی یا سری به گونه‌ای با سیم‌پیچی آرمیچر ارتباط داده شوند تا فوران‌های آنها هم جهت شوند، موتور کمپوند اضافی نامیده می‌شود و در صورتی که فوران سیم‌پیچی تحریک سری و موازی هم جهت نباشد، کمپوند نقصانی نامیده می‌شود.	موتورهای کمپوند اضافی دارای تغییرات سرعتی کمتر از موتور سری و بیشتر از موتور شنت از بی باری تا بار کامل می‌باشند. گشتاور موتور کمپوند اضافی از موتور سری کمتر و از موتور شنت بیشتر است. موتورهای کمپوند در جایی به کار گرفته می‌شوند که به گشتاور راه‌اندازی زیاد و سرعت تقریباً ثابت نیاز داشته باشند. موتورهای کمپوند نقصانی موارد استفاده چندانی ندارند. از موتور کمپوند نقصانی در ماشین برش کارخانجات لوله سازی استفاده می‌شود.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، مدار الکتریکی معادل هریک از موتورها را ترسیم نموده و نتیجه را در کلاس به صورت پرده‌نگار ارائه نمایید.

فعالیت کارگاهی

به کمک هنرآموز خود، یک موتور DC را باز و سرویس نمایید.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، در مورد موتورهای یونیورسال و آهن‌ربای دائم گزارشی تهیه و در کلاس ارائه نمایید.

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۲	ماشین‌های جریان مستقیم DC	تجهیزات: ابزار و تجهیزات لازم مکان: کلاس و کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱- ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم را بشناسد. ۲- انواع ماشین‌های جریان مستقیم را بررسی کند. ۳- طرز کار مولدهای جریان مستقیم را بیان کند. ۴- چگونگی ایجاد نیرو و گشتاور در یک موتور ساده را بررسی کند. ۵- سیم‌پیچی آرمیچر ماشین‌های جریان مستقیم را بررسی کند. ۶- طرز کار موتورهای جریان مستقیم را بیان کند. ۷- توان و راندمان در ماشین‌های جریان مستقیم را بررسی کند.	۳
			در حد انتظار	۱- ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم را بشناسد. ۲- طرز کار مولدهای جریان مستقیم را بیان کند. ۳- طرز کار موتورهای جریان مستقیم را بیان کند. ۴- توان و راندمان در ماشین‌های جریان مستقیم را بررسی کند. ۵- سیم‌پیچی آرمیچر ماشین‌های جریان مستقیم را بررسی کند.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱- ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم را بشناسد. ۲- توان و راندمان در ماشین‌های جریان مستقیم را بررسی کند.	۱

ماشین‌های الکتریکی جریان متناوب

با گسترش شبکه‌های جریان متناوب و استفاده از برق سه‌فاز به عنوان برق صنعتی، امروزه قسمت عمده‌ای از موتورهای الکتریکی از نوع جریان متناوب سه‌فاز هستند، به‌طوریکه می‌توان گفت اکثر موتورهای به کار رفته در یک شناور از نوع موتورهای جریان متناوب (القایی) می‌باشد. اصولاً موتورهای جریان متناوب نسبت به موتورهای جریان مستقیم دارای ساختمان ساده‌تر، عمر مفید بیش‌تر و تعمیر و نگه‌داری راحت‌تری هستند که موجب برتری اقتصادی این موتورها بر موتورهای DC می‌شود. با این وجود مطابق مباحث بخش قبل، موتورهای DC از نظر امکانات گسترده کنترل دور و نیز گشتاور راه‌اندازی زیاد هم‌چنان کاربردهای خاص خود را دارند.

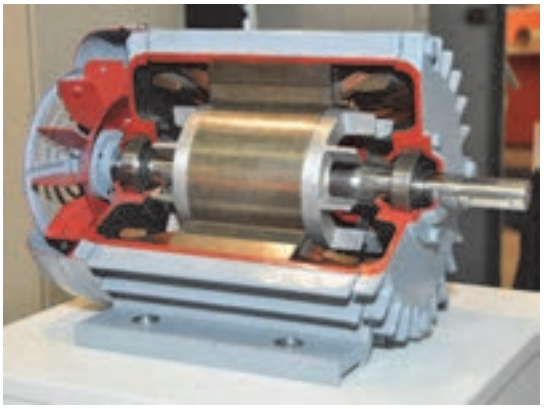
جدول ۴- تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی سه‌فاز

تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی سه‌فاز	
۱- ماشین‌های القایی	
۲- ماشین‌های سنکرون	

همانطور که در بالا ملاحظه نمودید، ماشین‌های الکتریکی سه‌فاز به دو گروه اصلی (ماشین‌های سنکرون و ماشین‌های القایی) دسته‌بندی می‌شوند که از نظر ساختمان، طرز کار و کاربرد تفاوت زیادی دارند. اما اساس کار هر دو آنها ایجاد میدان مغناطیسی دوّار است. در بین این دو نوع، ماشین AC القایی ساده‌تر و ارزان‌تر بوده و بیش‌تر به عنوان موتور مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی ماشین سنکرون که ساختمان پیچیده‌تر و قیمت گران‌تری دارد، اغلب به عنوان مولد به کار می‌رود.

اساس کار موتور القایی سه‌فاز

به کمک یک سیم‌پیچ سه‌فاز که معمولاً روی استاتور (قسمت ساکن) نصب می‌شود، میدان دوّاری به دست می‌آید و به کمک یک رتور (قسمت چرخان ماشین) که مسیرهای بسته‌ای در سیم‌پیچ‌های آن وجود دارد، مدار ولتاژهای القایی بسته شده، جریان‌های القایی در این سیم‌پیچ‌ها جاری می‌شوند. رتور را به صورت سیم‌پیچ‌هایی با مسیر بسته (یا اتصال کوتاه شده) بر روی هستهٔ آهنی ورقه-ورقه شده در نظر می‌گیریم که میدان دوار در سیم‌پیچ‌های آن جریانی القا کرده، موجب ایجاد گشتاور و گردش رتور می‌شود(شکل ۱۳).



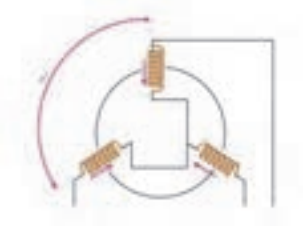
شکل ۱۳- موتور القایی سه‌فاز

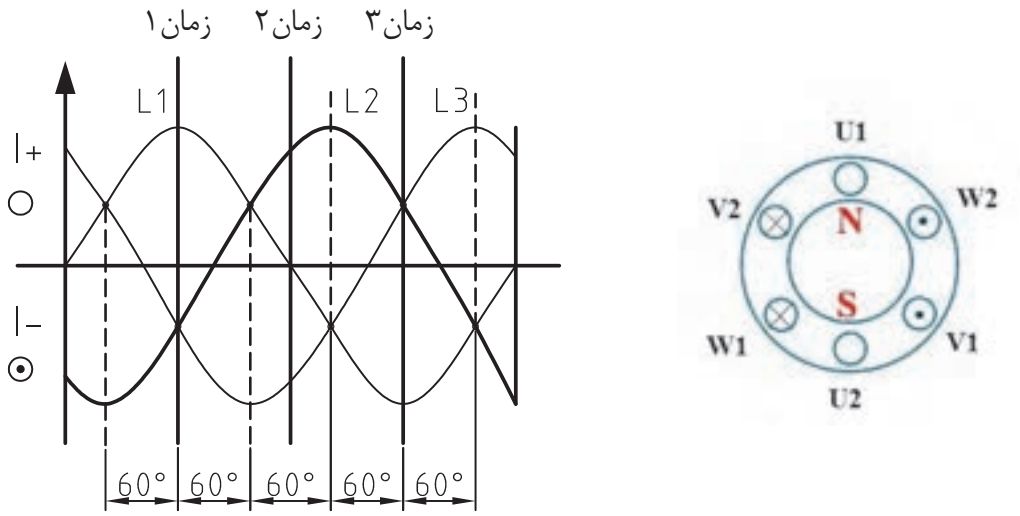
نمایش فیلم

طرز کار موتور القایی سه‌فاز را نگاه کنید.

تولید میدان دوّار:

اگر یک آهنربای دائم یا یک آهنربای الکتریکی را حول محورش بچرخانیم، یک میدان دوار تولید می‌شود که در ماشین‌های سنکرون به همین ترتیب میدان دوار را به دست می‌آورند. اما روش دیگری هم برای ایجاد میدان دوار وجود دارد به این صورت که: «سه سیم‌پیچ با اختلاف فاز مکانی ۱۲۰ درجه را مطابق شکل زیر به یک شبکهٔ سه‌فاز با اختلاف فاز زمانی ۱۲۰ درجه وصل کنیم»(شکل ۱۴).





شکل ۱۴- تولید میدان دوار

در عمل، این سیم‌پیچ‌ها مطابق شکل صفحه قبل در محیط هستهٔ آهنی که به شکل استوانه است، توزیع شده‌اند و با عبور جریان از سیم‌پیچ‌ها، قطب‌ها تشکیل می‌شوند. پس به دلیل وجود اختلاف فاز مکانی ۱۲۰ درجه بین سیم‌پیچ‌ها و اختلاف فاز زمانی ۱۲۰ درجه بین جریان‌ها، میدان دوار به وجود می‌آید.

ماشین‌های جریان متناوب سه‌فاز بر مبنای ایجاد میدان دوار کار می‌کنند و در موتورهای سه‌فاز میدان دوار به وسیلهٔ استاتور تولید می‌شود.

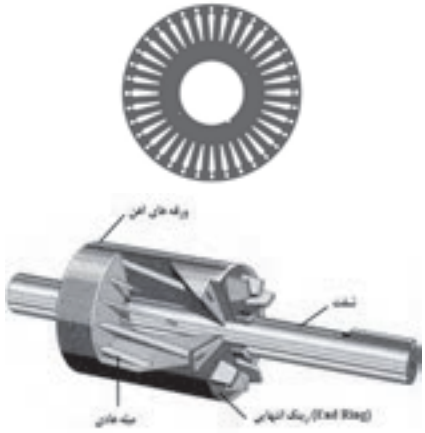
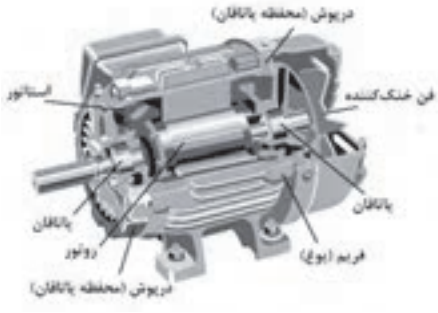
اگر سرعت رتور در این ماشین‌ها برابر سرعت میدان دوار باشد، آنها را ماشین سنکرون و چنانچه سرعت رتور بیش‌تر یا کم‌تر از سرعت میدان دوار باشد، این نوع ماشین‌ها را آسنکرون (القایی) می‌نامند. در صورتی که میدان دوار استاتور از طریق سه سیم‌پیچ که نسبت به یکدیگر ۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارند تولید شده باشد، سرعت میدان دوار برابر فرکانس شبکه خواهد بود. میدان دوار در چنین حالتی فقط دارای یک قطب شمال و یک قطب جنوب مغناطیسی است.

ساختمان موتور القایی سه‌فاز

ساختمان موتورهای القایی شامل سه قسمت اصلی رتور، استاتور و محفظه می‌باشد. استاتور و رتور اجزایی هستند که کار تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی را انجام می‌دهند و محفظه از استاتور و رتور محافظت می‌کند.

کار کلاسی

جدول صفحه بعد را با توجه به اجزای ساختمان موتور القایی سه فاز، تکمیل کنید.

ردیف	نوع جزء	شرح و کاربرد	تصویر
۱	استاتور	استاتور، قسمت ساکن مدار الکترومغناطیسی موتورها است. هستهٔ استاتور از تعداد زیادی ورقهٔ نازک فلزی که بر روی هم پرچ شده‌اند تشکیل شده است که لمینیشن نامیده می‌شود. این ورقه ورقه ساختن هسته کمک می‌کند که ..... در مقایسه با حالتی که از یک هسته یکپارچه استفاده شود، کاهش یابد. ورقه‌های استاتور بر روی یکدیگر جمع شده و پرچ می‌شوند که حاصل آن یک سیلندر توخالی را می‌سازد. بوبین سیم‌پیچ‌های عایق شده در شیارهای استاتور قرار می‌گیرد و سیم‌پیچی استاتور را تشکیل می‌دهد. هنگامی که موتور مونتاژ شده در حال کارکرد است، سیم‌پیچ‌های استاتور به‌طور مستقیم به ..... متصل می‌شوند. هر گروه از کلاف‌ها، همراه با هستهٔ آهنی که در مجاور آن قرار دارد، هنگامی که جریان برقرار می‌شود یک میدان الکترومغناطیسی ایجاد می‌کند.	
۲	رتور	رتور جزء گردان مدار الکترومغناطیسی موتورهای القایی است. رایج‌ترین نوع رتور مورد استفاده در موتورهای القایی سه‌فاز، رتورهای قفس سنجابی هستند. هستهٔ رتور قفس سنجابی به‌وسیلهٔ تجمیع کردن ورقه‌های نازک آهن ایجاد شده و تشکیل یک سیلندر فلزی را می‌دهد. در رتور موتور القایی، قفس سنجابی سیم‌پیچی وجود ندارد و در عوض ..... در شیارهای رتور که به صورت یکنواخت در محیط آن قرار گرفته است، تزریق شده است. میله‌های هادی رتور از نظر الکتریکی و مکانیکی به حلقه‌های ..... متصل می‌شوند. آن‌گاه رتور درون یک شفت استیل پرس شده تا رتور مونتاژ شده را تشکیل دهد.	
۳	محفظهٔ موتور	محفظه از یک بدنه (یا یوغ) و دو عدد درپوش (محفظهٔ یاتاقان‌ها) تشکیل شده است. استاتور درون بدنه نصب شده است. رتور درون استاتور قرار گرفته و با یک ..... خیلی کوچک از استاتور جدا شده است. هیچ تماس و اتصال فیزیکی مستقیمی بین استاتور و رتور وجود ندارد. محفظه، اجزای داخلی موتور را از آب و بقیهٔ عوامل محیطی محافظت می‌کند. درجهٔ حفاظت موتور بستگی به نوع محفظه و آب‌بندی آن دارد. یاتاقان‌ها بر روی شفت نصب می‌شوند؛ به عنوان ..... رتور عمل کرده و به رتور اجازه می‌دهند که بچرخد. در برخی از موتورها از یک فن استفاده کرده‌اند که بر روی شفت نصب شده است و با چرخش رتور، پرهٔ فن نیز می‌چرخد و باعث خنک شدن الکتروموتور می‌شود.	

فعالیت کارگاهی

هنرجویان در کارگاه، یک موتور القایی سه‌فاز را باز کرده و اجزای آن را شناسایی کنند.

فعالیت کارگاهی

به کمک هنرآموز خود، صحت عملکرد کلیهٔ اجزای یک موتور القایی سه‌فاز را به صورت جداگانه مورد بررسی قرار دهید.

اصول عملکرد ژنراتورهای سه‌فاز

به‌طور کلی اگر یک هادی در معرض یک میدان مغناطیسی قرار گرفته و در آن حرکت کند، به نحوی که خطوط میدان را قطع کند، در آن جریان الکتریکی به‌وجود می‌آید.

در ساختار ژنراتورها، سیم‌پیچ‌های اصلی مولد جریان، در یک میدان مغناطیسی قرار گفته و در آن حرکت دورانی دارند. اندازهٔ ولتاژ تولید شده از رابطه $E = B \times L \times V \times \sin\alpha$ به دست می‌آید.

در این رابطه:

B = شدت میدان مغناطیسی

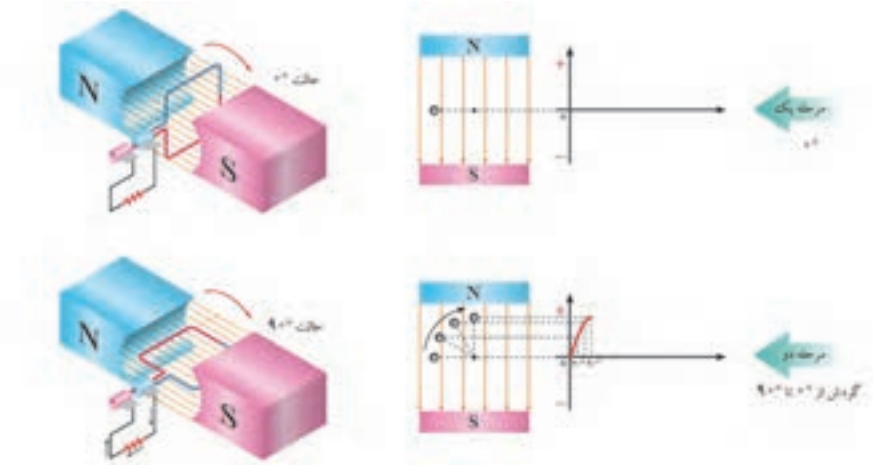
L = طول هادی در میدان

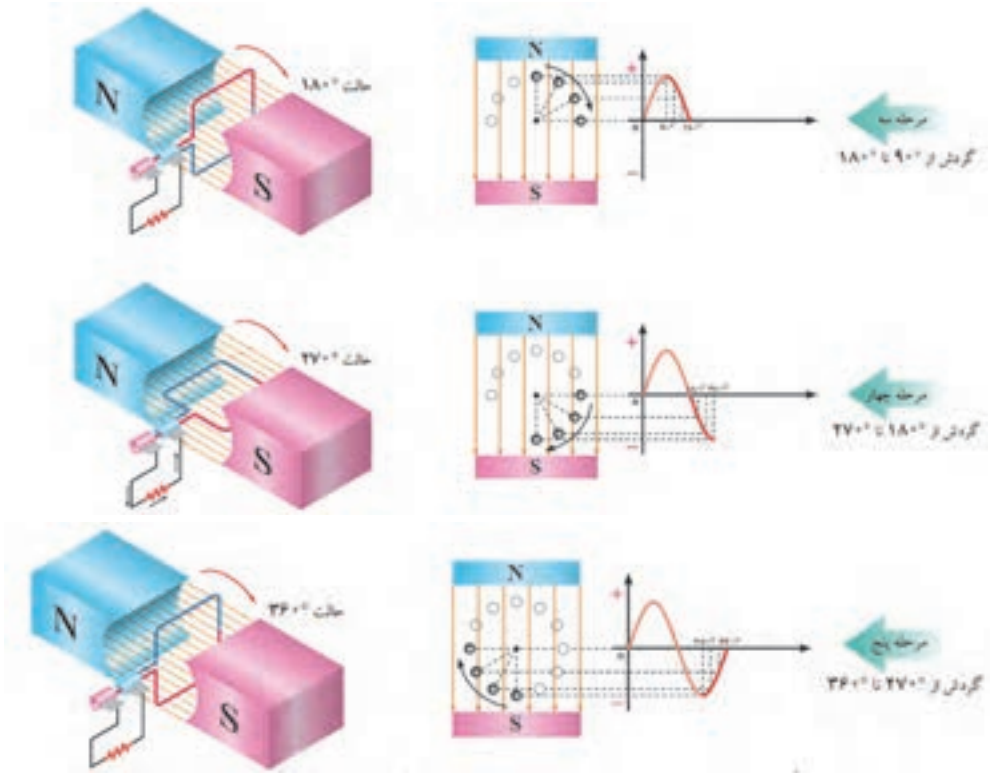
V = سرعت هادی در میدان

α = زاویهٔ بین خطوط میدان و هادی‌ها می‌باشد.

همچنین اگر $\alpha = \omega t$ و از طرف دیگر $\omega = 2\pi f$ باشد رابطه را می‌توان به‌صورت $E = E_{MAX} \sin\alpha$ نوشت. از طرفی می‌دانیم که $-1 < \sin\alpha < +1$ می‌باشد. بنابراین انتظار داریم اندازهٔ ولتاژ بین $+E_{MAX}$ و $-E_{MAX}$ به‌صورت پیوسته تغییر نماید.

بنابراین شکل جریان تولید شده در ژنراتورها در هر لحظه به‌صورت شکل ۱۴ و در نهایت به حالت سینوسی می‌باشد.





شکل ۱۵- تولید جریان متناوب به صورت لحظه‌ای منحنی ولتاژ یا جریان

همان‌طور که مشاهده کردید، شکل موج سینوسی جریان ژنراتورها به صورت فوق شکل می‌گیرد. لذا در ادامه آنچه مهم است اندازهٔ دامنه و فرکانس شکل موج است.

در حال حاضر اکثر ژنراتورها ۱۵۰۰ یا ۳۰۰۰ دور در دقیقه دارند و در این دور، فرکانس ۵۰ هرتز را که استاندارد کشور ما می‌باشد تولید می‌کنند.

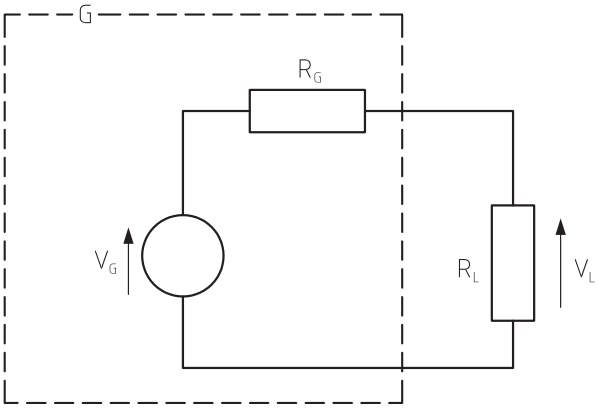
ژنراتورهای AC اغلب به‌صورت سه‌فاز می‌باشند. دو مسئلهٔ اساسی در این ژنراتورها، تعیین و تثبیت ولتاژ و فرکانس تولیدی می‌باشد(شکل۱۶).

شکل ۱۶- ژنراتور *AC*

می‌دانیم که ولتاژ مورد نیاز در ژنراتورهای سه‌فاز دارای مقدار لحظه‌ای $V=V_{max}Sin\omega t$ و مقدار مؤثر ۳۸۰ ولت سه‌فاز می‌باشد. و از طرف دیگر فرکانس آن برابر یک مقدار ثابت مثلاً ۵۰ هرتز می‌باشد.
اما نکته اینجاست که با افزایش بار الکتریکی و در نتیجه افزایش جریان مصرفی در ژنراتورها، دچار افت ولتاژ و از طرف دیگر افت فرکانس در ژنراتورها خواهیم داشت.

افت ولتاژ و تنظیم اتوماتیک ولتاژ

با توجه به اینکه همهٔ مولدهای واقعی نظیر ژنراتورها دارای یک مقاومت داخلی می‌باشند. هر چه مقدار جریان مصرفی ژنراتور زیاد شود، جریان عبوری از مقاومت داخلی آن نیز زیادتر شده و در نتیجه افت ولتاژ نیز بیش‌تر می‌شود(شکل ۱۷).



شکل ۱۷- مقاومت داخلی ژنراتور

پس از ساخته شدن یک ژنراتور، تنها مؤافه در دسترس، برای تغییر ولتاژ آن، تغییر شدت میدان ژنراتور می‌باشد. این مؤلفه، از طریق تغییر میزان جریان سیم‌پیچ‌های تحریک (سیم‌پیچ‌های ایجادکنندهٔ میدان مغناطیسی در ژنراتور) امکان پذیر است. این فرآیند از طریق دستگاهی به نام AVR (Automatic Voltage Regulator) صورت می‌گیرد.
ولتاژ رگولاتور با سیم‌پیچ اصلی استاتور و سیم‌پیچ تحریک در ارتباط بوده و حلقهٔ کنترل، بسته‌ای را جهت کنترل ولتاژ خروجی ژنراتور با دقتی در حدود ۱/۵ درصد ایجاد می‌نماید. در واقع این دستگاه در هر لحظه ولتاژ خروجی ژنراتور را اندازه می‌گیرد و متناسب با ولتاژ مورد نیاز، جریان تحریک ژنراتور را تغییر می‌دهد تا به اندازهٔ استاندارد خود برسد. یعنی با کم شدن ولتاژ خروجی، جریان تحریک را زیاد و با زیاد شدن، آن جریان خروجی را کم می‌کند. این فرآیند در مدت زمانی کم‌تر از ۱ ثانیه انجام می‌گیرد(شکل۱۸).

شکل ۱۸- دستگاه AVR

افت فرکانس و گاورنر

از طرف دیگر با افزایش جریان مصرفی ژنراتورها، دور ژنراتور و در نتیجه فرکانس آن نیز کاهش می‌یابد. برای تثبیت دور ژنراتورها، باید در دیزل ژنراتورها، میزان سوخت انژکتورها تنظیم شود. این عمل شبیه دور خودروهاست که با کم شدن آن پدال گاز را فشار می‌دهیم. برای این منظور در ژنراتورها از گاورنر (Governor) استفاده می‌شود. گاورنر، به‌صورت اتوماتیک دور را اندازه می‌گیرد و متناسب با آن گاز دیزل ژنراتور یا در واقع میزان دریچهٔ سوخت آن را تنظیم می‌کند. تنظیم اولیهٔ گاورنر در ابتدا به‌صورت دستی انجام می‌شود و سپس به‌صورت اتوماتیک در مدار با توجه به تغییر بار لحظه‌ای، دور را تثبیت می‌کند تا فرکانس ثابت بماند(شکل۱۹).

شکل ۱۹- گاورنر الکترونیکی

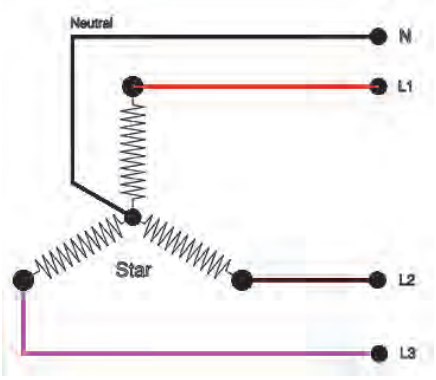
درجدول ۵ انواع گاورنرها توضیح داده می‌شود.

جدول ۵- انواع گاورنر

انواع گاورنر	کاربرد
گاورنرهای مکانیکی	این نوع گاورنرها عمدتاً در موتور ژنراتورهای تک سیلندر یا دو سیلندر کاربرد داشته و توسط یک مکانیزم چرخ دنده و میله و فنر به صورت مکانیکی دور و فرکانس را تنظیم می‌نمایند و لذا دارای حساسیت و دقت کم‌تری می‌باشند.
گاورنرهای الکترومکانیکی	این نوع گاورنرها ابعاد بسیار کوچک و هم‌چنین سبکی دارند و از دو قسمت مکانیکی و الکتریکی تشکیل شده‌اند. قسمت مکانیکی می‌تواند از دو چرخ دندهٔ حلزونی و یا جعبه دندهٔ افزایندهٔ نیرو تشکیل شده باشد ولی قسمت الکترونیکی یک الکتروموتور می‌باشد.
گاورنرهای الکترونیکی	این دستگاه با توجه به تعداد پالس تولیدی از Pikup که مماس بر دندهٔ فلایویل نصب است سیگنال کنترلی مناسبی را جهت تثبیت سرعت دور دیزل تولید و به شیر برقی (Actutor)که در مسیر سوخت قرار دارد فرمان‌های لازم را می‌دهد. در این پروسه سرعت دیزل و در نهایت فرکانس خروجی چه در حالت بی باری و چه در حالت با باری ثابت می‌ماند.

خط نول در ژنراتورها

می‌دانیم که ولتاژ تولیدی ژنراتور بین سه‌فاز آن برابر ۳۸۰ ولت مؤثر می‌باشد. برای تغذیهٔ خطوط ۲۲۰ ولت مانند روشنایی نیاز به یک خط صفر داریم که اختلاف آن با هر فاز به ۲۲۰ ولت برسد.



چنانچه سیم‌پیچ‌های سه‌فاز اصلی سر ژنراتورها را به صورت ستاره ببندیم، در نهایت در قسمت اتصال یک سر سیم‌پیچ‌ها سه‌فاز با هم جمع شده و با توجه به اختلاف زاویه‌ای ۱۲۰ درجهٔ بین آنها (چون سه‌فاز روی یک دوار سیم‌پیچی می‌شوند و در یک دایره کل زاویه ۳۸۰ درجه است، بخش بر سه ۱۲۰ درجه می‌شود) مجموع آنها صفر می‌شود. لذا جریان و در نتیجه ولتاژ خط نول صفر می‌شود(شکل ۲۰).

$$I_1 \Rightarrow I_{1(t)} = I_{max}\, sin\theta$$

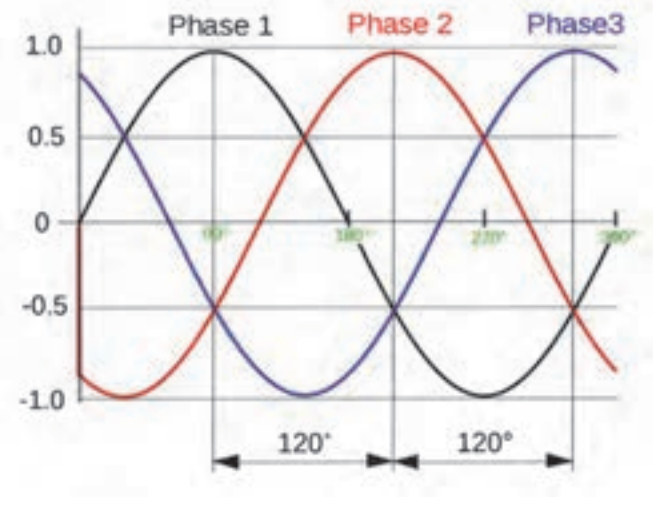
$$I_2 \Rightarrow I_{2(t)} = I_{max}\, \sin(\theta + 120)$$

$$L_3 \Rightarrow I_{3(t)} = I_{max}\, \sin(\theta + 240)$$

$$I_N = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_N = I_{max}\,(\sin(\theta) + \sin(\theta + 120) + \sin(\theta + 240))$$

$$(\sin(\theta) + \sin(\theta + 120) + \sin(\theta + 240)) = 0$$



شکل ۲۰- خط نول در ژنراتورها

موتورهای القایی سه‌فاز

باتوجه به کاربردهای مختلف این نوع موتورها در صنایع و باتوجه به نوع رتور آنها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) موتورهای القایی با رتور اتصال کوتاه (رتور قفسی)

در موتورهای با رتور قفسی برای بسته شدن مسیر جریان رتور، از مفتول‌های اتصال کوتاه شده بر روی رتور استفاده می‌کنند.

ساختمان:

قسمت ساکن (استاتور) این موتورها دارای محفظه‌ای است که هسته مغناطیسی در داخل آن قرار دارد و سیم‌پیچی استاتور در داخل شیارهای این هستهٔ مغناطیسی تعبیه می‌شود. رتور این نوع موتورها محوری فولادی دارد که بر روی آن ورقه‌های مغناطیسی نصب شده است. در اطراف این هستهٔ مغناطیسی استوانه‌ای شکل، سوراخ‌هایی پیش‌بینی شده که آنها را با میله‌های آلومینیومی (و گاهی مسی) پر می‌کنند و ابتدا و انتهای این میله‌ها توسط حلقه‌هایی هم‌جنس با آنها به هم وصل می‌شوند تا مداری بسته به دست آید. مجموعهٔ این میله‌ها و حلقه‌ها را سیم‌پیچی رتور می‌نامند و از آن‌جا که شبیه به قفس است آن را رتور قفسی (یا قفس سنجابی) نیز می‌گویند(شکل ۲۱).

شکل ۲۱- ساختمان رتور قفسی یا قفس سنجابی

کاربرد:

ساختن موتور با رتور قفسی، نسبتاً ساده و ارزان است. وزن این رتورها کم و سرویس و نگه‌داری آنها مشکلات چندانی ندارد. هم‌چنین هنگام استفاده از این نوع موتورها، جرقه ایجاد نمی‌شود. موتورهای رتور قفسی معمولاً از توان‌های کم تا توان‌های متوسط به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. بهترین وضعیت کاری این موتورها در بار نامی آن‌هاست ولی در بی‌باری و بارهای کم ضریب قدرت پایینی دارند. زیاد بودن جریان راه‌اندازی و امکانات محدود تنظیم سرعت، نقطه ضعفی برای این موتورها به حساب می‌آید.

ب) موتورهای القایی با رتور سیم‌پیچی شده (رتور رینگی)

ساختمان:

استاتور موتورهای القایی با رتور سیم‌پیچی کاملاً مشابه موتورهای رتور قفسی است. اما رتور موتورهای القایی با رتور سیم‌پیچی شده کاملاً با رتورهای قفسی متفاوت است و به جای مفتول‌های آلومینیومی دارای سیم‌بندی سه‌فاز همانند استاتور است که از طریق سه عدد رینگ و زغال به جعبهٔ اتصالات موتور مرتبط می‌شود. بر روی محور (شفت) رتور، هستهٔ مغناطیسی (مرکب از ورقه‌های مغناطیسی) و رینگ‌ها نصب شده‌اند و رینگ‌ها نسبت به محور و نسبت به هم‌دیگر عایق هستند. در شیارهایی که روی هستهٔ مغناطیسی رتور پیش‌بینی شده‌اند، سیم‌پیچ‌های رتور قرار می‌گیرند. سیم‌پیچ سه‌فاز رتور معمولاً دارای اتصال ستاره بوده و سه سر خروجی آن به سه حلقهٔ لغزنده (رینگ) وصل شده است. اتصال حلقه‌های لغزنده به بیرون ماشین از طریق سه عدد جاروبک انجام می‌پذیرد.

به وسیلهٔ این جاروبک‌ها، مقاومت‌های اهمی متغیر، در مدار رتور قرار می‌گیرند. از این مقاومت‌ها عمدتاً به عنوان راه‌انداز و گاهی به عنوان کنترل سرعت استفاده می‌شود. علامت اتصالات خروجی رتور سه حرف K-L-M است.

شکل ۲۲- موتور القایی رتور سیم‌پیچی

نمایش فیلم

طرز کار موتور سنکرون را نگاه کنید.

موتور سنکرون

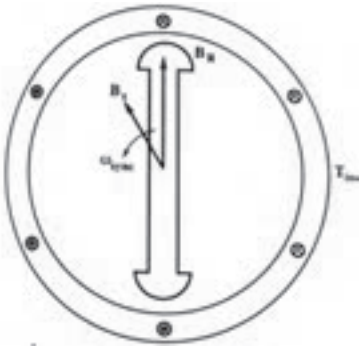
ساختمان:

استاتور موتورهای سنکرون از نظر ساختمان دقیقاً مشابه استاتور موتورهای القایی است. سیم‌پیچ‌های سه‌فاز در داخل شیارهای هستهٔ آهنی استاتور تعبیه شده که وظیفهٔ آنها ایجاد میدان دوار در هسته است.

رتور این موتور به صورت یک‌پارچه یا از ورق‌های مغناطیسی ساخته می‌شود و بر روی آن یک سیم‌پیچ جریان مستقیم به نام سیم‌پیچ تحریک نصب شده است.

جریان تغذیهٔ سیم‌پیچ تحریک رتور، از طریق دو حلقه که بر روی محور رتور نصب شده است، (به وسیله جاروبک‌ها) تأمین می‌شود. رتور این موتورها عملاً به صورت یک مغناطیس الکتریکی (چرخ قطب) رفتار می‌کند که تعداد قطب‌های رتور به اندازهٔ قطب‌های سیم‌پیچی استاتور خواهد بود.

طرز کار:



هنگام وصل استاتور به شبکهٔ سه‌فاز، یک میدان دوار که سرعت آن متناسب با فرکانس شبکه و تعداد قطب استاتور است، در آن به وجود می‌آید. قطب‌های رتور از طریق قطب‌های غیر هم‌نام استاتور جذب و لحظه‌ای بعد مجدداً به‌وسیلهٔ قطب‌های هم‌نام استاتور دفع خواهند شد. پس میانگین گشتاور صفر و رتور حرکت نمی‌کند(شکل۲۳).

شکل ۲۳- میدان دوار

قطب‌های رتور به دلیل سنگینی و اینرسی موجود در آن نمی‌توانند به سرعت همراه میدان دوار استاتور بچرخند. پس باید با یک وسیلهٔ کمکی (مثلاً یک راه‌اندازی رتور قفسی همراه رتور اصلی) ابتدا سرعت رتور را به نزدیکی سرعت میدان دوار استاتور برسانیم تا رتور بتواند مطابق شکل صفحه قبل همراه میدان دوار چرخش کند.

پس موتورهای سنکرون هنگام راه‌اندازی نیاز به یک راه‌انداز کمکی دارند. چنانچه رتور علاوه بر سیم‌بندی تحریک DC یک سیم‌بندی اتصال کوتاه (قفسی) نیز داشته باشد، موتور سنکرون خواهد توانست ابتدا به صورت آسنکرون راه افتاده و پس از راه‌اندازی با وصل جریان تحریک به صورت سنکرون به کار خود ادامه دهد.

بحث کلاسی

در مورد نحوهٔ راه‌اندازی موتور سنکرون از طریق یک مقاومت و هم‌چنین رفتار موتور سنکرون در زیر بار در کلاس بحث کنید.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع، در مورد تفاوت موتورهای سنکرون و القایی (آسنکرون) تحقیق کنید.

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۳	ماشین‌های الکتریکی جریان متناوب	تجهیزات: ابزار و تجهیزات لازم مکان: کلاس و کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱- تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی سه‌فاز را انجام دهد. ۲- اساس کار موتور القایی سه‌فاز را بررسی کند. ۳- انواع موتورهای القایی سه فاز را شناسایی کند. ۴- ساختمان موتورهای القایی سه‌فاز را بررسی کند. ۵- طرز کار موتورهای سنکرون را بداند. ۶- انواع گاورنرها را شناسایی کند.	۳
			در حد انتظار	۱- تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی سه‌فاز را انجام دهد. ۲- انواع موتورهای القایی سه‌فاز را شناسایی کند. ۳- طرز کار موتورهای سنکرون را بداند. ۴- انواع گاورنرها را شناسایی کند.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱- تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی سه‌فاز را انجام دهد. ۲- ساختمان موتورهای القایی سه‌فاز را بررسی کند.	۱

موتورهای الکتریکی تک‌فاز

موتورهای تک‌فاز طوری طراحی و ساخته می‌شوند که با منبع AC تک‌فاز تغذیه شده تا کار کنند. از موتورهای تک‌فاز برای وسایل الکتریکی مختلف از قبیل ماشین‌های دریل، خیاطی، جاروبرقی، تهویه، خدمات خانگی و اداری، وسایل نقلیهٔ فضایی، هواپیما و مانند این‌ها استفاده می‌شود. اغلب موتورهای تک‌فاز با قدرت کسری از اسب بخار ساخته می‌شوند. اندازه‌های بزرگ‌تر ۱/۵، ۲، ۳ و ۵ اسب بخار برای ولتاژهای ۱۱۵ و ۲۲۰ و حتی برای ۴۴۰ ولت در اندازه‌های ۷/۵ و ۱۰ اسب بخار ساخته می‌شوند.

اصول کار موتورهای تک‌فاز اغلب بر اساس اصول القایی که در موتورهای سه‌فاز شرح داده شد، استوار است. لذا برای کار این موتورها نیاز به میدان دوار است. پدیدهٔ القا به لحاظ سادگی رتور و حذف مسئلهٔ کموتاسیون کاربرد ویژه‌ای در موتورهای تک‌فاز دارد.

اصولاً مشخصهٔ سرعت گشتاور، قیمت، سرویس آسان‌تر، کنترل دور و امکان تغییر جهت چرخش موتور تک‌فاز است که مصرف کننده را در انتخاب و خرید آن کمک می‌کند.

نمایش فیلم

طرز کار موتورهای الکتریکی تک‌فاز را نگاه کنید.

جدول ۶- انواع موتورهای الکتریکی تک‌فاز

ردیف	نوع	شرح و کاربرد
۱	موتورالقایی با فاز شکسته یا راه انداز مقاومتی	گشتاور راه‌اندازی این موتورها ۱۵۰ تا ۲۰۰ درصد گشتاور بار کامل بوده و جریان راه‌اندازی نیز ۶ تا ۸ برابر جریان بار کامل است. نسبت به موتورهای تک‌فاز خازنی ارزان قیمت هستند و از آنها در بادبزن‌ها، پمپ‌ها و جداکننده‌های گریز از مرکز، ماشین‌های کپی، یخچال‌های خانگی و کولرهای آبی هوایی استفاده می‌شود و قدرت این موتورها معمولاً بین ۰/۳۳ تا ۰/۵ اسب بخار است.
۲	موتور تک‌فاز با خازن دائم کار	این موتورها برای پنکه‌های رومیزی، پنکهٔ سقفی، دمنده‌ها، موتور لباسشویی، آبمیوه‌گیری، پمپ آب و مواردی که نیاز به تغییر جهت گردش سریع باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند.
۳	موتور تک‌فاز با راه‌انداز خازنی	این موتورها به لحاظ داشتن گشتاور راه‌اندازی زیاد، کاربردهای بسیار وسیعی دارند از جمله برای تغذیهٔ پمپ‌ها، کمپرسورها، سردخانه‌ها، تهویهٔ مطبوع، دستگاه‌های چندکارهٔ نجاری، ماشین‌های لباسشویی بزرگ و به طور کلی جاهایی که موتور تک‌فاز تحت بار، گشتاور راه‌اندازی زیاد نیاز داشته باشد، استفاده می‌گردد.
۴	موتور تک‌فاز دو خازنی	موتورهای دوخازنی در یخچال‌های صنعتی، کمپرسورها، سوخت پاش‌ها، موتورهای بالابر، دستگاه‌های چندکاره نجاری و پمپ‌ها و به طور کلی مواردی که لازم است تا موتورها، گشتاور راه‌اندازی و نیز گشتاور زیاد ایجاد کنند.
۵	موتور یونیورسال (Universal Motor)	موتور یونیورسال موتوری می‌باشد که ممکن است با جریان مستقیم و یا با جریان متناوب تغذیه شود و سرعت و خروجی یکسانی داشته باشد. از این نوع موتورها در تمیزکننده‌ها و پاک کننده‌های خلأیی (جاروبرقی) که سرعت موتور با سرعت بار یکسان است و در جایی که سرعت موتور به‌وسیلهٔ چرخ دنده‌ها تقلیل داده می‌شود مانند مخلوط کننده‌های مایعات و غذا، (دریل‌ها)، وسایل برقی خانگی نظیر آسیاب، مخلوط کن، چرخ گوشت، چرخ خیاطی و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۶	موتور با قطب چاک‌دار (Shaded-Pole Motor)	این موتورها در موارد متنوع مانند پنکه‌های رومیزی، پمپ آب، لباسشویی، پمپ آب کولر، انواع بادبزن‌ها، مرطوب کننده‌ها، پروژکتور اسلاید، تابلوهای تبلیغاتی و غیره به کار می‌روند. سرعت چرخش این نوع موتورها را می‌توان با جعبه دنده به هر سرعتی حتی کم‌تر از یک دور در ماه تغییر داد. این موتورها ساختمانی ساده داشته، از نظر قیمت ارزان و فوق العاده مقاوم و قابل اطمینان می‌باشند و نیاز به کلکتور، کلید گریز از مرکز و جاروبک ندارند.

فعالیت کارگاهی

به کمک هنرآموز خود، یک پمپ کولر آبی را باز و سرویس نمایید.

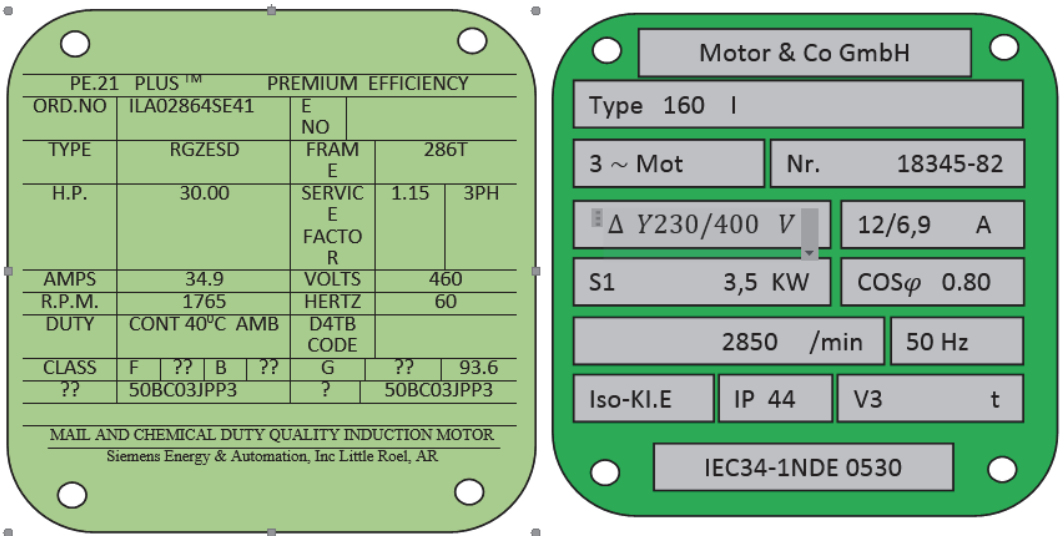
فعالیت کارگاهی

به کمک هنرآموز خود، یک موتور پنکه را باز و سرویس نمایید.

پلاک‌خوانی

پلاک‌خوانی الکترو موتورها کمک زیادی به طراح و راه‌انداز برای طراحی مدار مربوطه و انتخاب صحیح قطعات کنترل و راه‌اندازی می‌نماید.

برای انتخاب صحیح و مناسب موتور سه‌فاز، باید به توضیحات روی پلاک مشخصات موتور کاملاً توجه نمود. شکل پلاک موتورهای سه‌فاز، هم‌چنین اطلاعات نوشته شده در روی آنها متفاوت است. شکل ۲۴ دو نمونه پلاک موتور سه‌فاز را نشان می‌دهد.



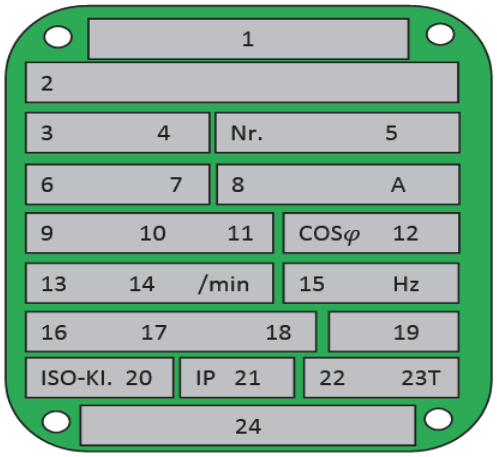
شکل الف

شکل ب

شکل ۲۴- نواع پلاک

اگر مشخصات نوشته شده (روی پلاک موتورها) را با یکدیگر مقایسه کنیم مشاهده می‌شود که این پلاک‌ها تفاوت‌هایی با هم دارند.

در شکل ۲۵ بخش‌های مختلف یک نوع پلاک موتورهای سه‌فاز مشاهده می‌شود که در جدول ۷ توضیحات مربوط به هر قسمت آمده است.



شکل ۲۵- قسمت‌های مختلف پلاک

جدول ۷

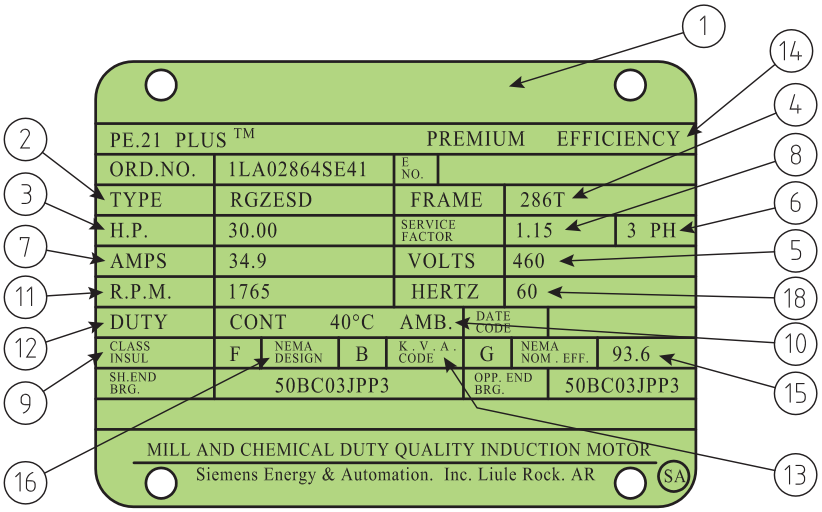
شماره	اطلاعات داده شده
۱	نشانهٔ کارخانه (نام و آرم)
۲	نشانهٔ نوع ماشین (تیپ ماشین)
۳	نوع جریان مانند: G (جریان مستقیم)، E (جریان تک‌فاز)، D (جریان سه‌فاز)
۴	نوع کار (Gen- ژنراتور)؛ (Mol_ موتور)
۵	شمارهٔ تولید ماشین
۶	نوع اتصال سیم‌پیچ استاتور در ماشین‌های سنکرون و القایی، به‌علاوه:

علامت	کلاف	مدار
I		1~
⊥	با کلاف (سیم‌پیچ) کمکی	
III	به صورت باز	3~
Y	ستاره	
Δ	مثلث	
Ψ	ستاره با نقطه وسط خارج شده	

۷	ولتاژ نامی
۸	جریان نامی
۹	توان نامی (تحویلی) یا قدرت ظاهری خروجی در موتورها و ژنراتورها

شماره	اطلاعات داده شده
۱۰	نشانه‌ی واحدها VA, KVA, W, KW موتورها بر حسب (W یا KW) و مولدها بر حسب (VA یا KVA)
۱۱	نوع کار (در کار دائمی=S1) و زمان کار نامی یا مدت زمان روشن بودن نسبی مثال: S2 30min
۱۲	ضریب توان نامی $\cos\varphi$. در ماشین‌های سنکرون در صورتی که توان رآکتیو دریافت شود، باید نشانهٔ u اضافه شود.
۱۳	جهت چرخش (از طرف سر محور موتور نگاه می شود): → (راست گرد) ← (چپ گرد)
۱۴	سرعت نامی (علاوه بر این در موتورهای با تحریک سری حداکثر سرعت n_{max}؛ در مولدهای با توربین آبی، سرعت میانی n_d توربین؛ در موتورهای چرخ دنده‌دار سرعت آخرین چرخ دنده n_z ارائه می‌شود).
۱۵	فرکانس نامی
۱۶	در ماشین جریان مستقیم و ماشین سنکرون / در روتور با حلقهٔ لغزان / در موتور تکفاز خازنی تحریک کننده یا «Err» / روتور یا «Lfr» / خازن موقت C8
۱۷	نوع اتصال سیم پیچ روتور / ظرفیت خازن موقت به نام μF
۱۸	ولتاژ تحریک نامی به V (ولت) / ولتاژ سکون روتور به V (ولت) / خازن دائم C_B
۱۹	جریان تحریک / جریان روتور / ظرفیت خازن دایم به μF نکته: در کار نامی، اگر جریان کوچک‌تر از 10A باشد، اطلاعات حذف می‌شود.
۲۰	گروه مواد عایق‌کننده (Y,A,E,B,F,H,C) اگر سیم‌پیچ استاتور و روتور از گروه‌های مختلفی عایقی استفاده شده باشند، ابتدا گروه عایقی (کلاس عایقی) سیم‌پیچ استاتور و سپس گروه عایقی سیم‌پیچ روتور بیان می‌شود (مثلاً F/B).
۲۱	نوع محافظت طبق DIN 40050، مثلاً IP44
۲۲	طرز صحیح نصب موتور حرف A و B و C و D برای نصب افقی V و W برای نصب عمودی همراه عددی مقابل حرف
۲۳	وزن تقریبی به t، برای وزن‌های کم‌تر از یک تن اطلاعاتی داده نمی‌شود.
۲۴	توضیحات اضافی، به طور مثال VDE0350/000 مقدار متوسط خنکی با تهویهٔ هوای آزاد یا خنک شدن با آب.

در شکل ۲۶ نمونهٔ دیگری از بلاک موتورهای سه‌فاز نشان داده شده است.

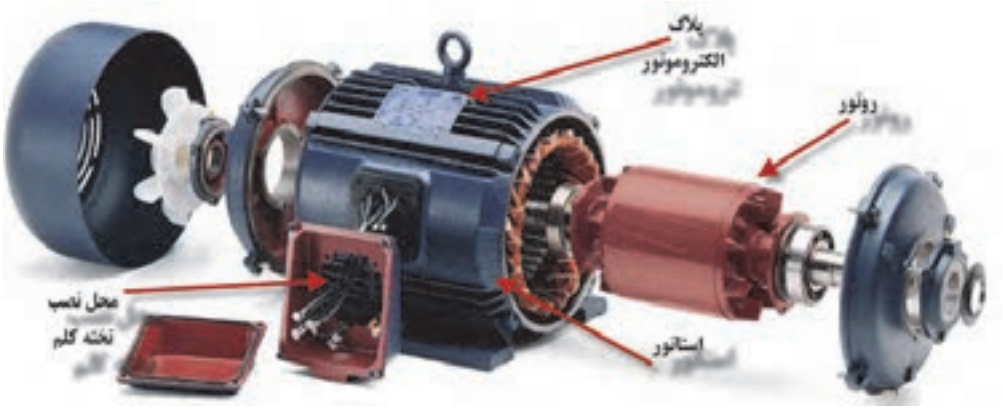


شکل ۲۶- نمونه‌ای از پلاک موتورهای سه‌فاز

جدول ۸

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانه
۲	مدل
۳	قدرت بر حسب اسب بخار
۴	شمارهٔ بدنه
۵	ولتاژ کار
۶	تعداد فاز- یک‌فاز یا سه‌فاز
۷	مقدار جریان (آمپر)
۸	ضریب خدمات (ضریب کارکرد)
۹	کلاس عایقی
۱۰	دمای مجاور (دمای محیط)
۱۱	تعداد دور در دقیقه
۱۲	مدت زمان کار موتور در بار نامی
۱۳	حرف رمز حالت توقف و یا در حال کار روتور
۱۴	حداکثر بازده
۱۵	میزان بازده اسمی
۱۶	استاندارد کارخانجات تولید کنندهٔ وسایل الکتریکی
۱۷	ضریب قدرت
۱۸	فرکانس (بر حسب هرتز)

در شکل ۲۷ محل قرار گرفتن پلاک و اجزای دیگر الکتروموتورها نشان داده شده است.



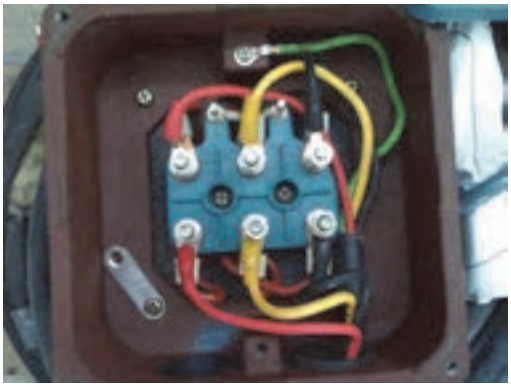
شکل ۲۷- اجزای الکتروموتور

فعالیت کارگاهی

با توجه به الکتروموتورهای موجود درکارگاه، مشخصات پلاک هر موتور را استخراج و با هم مقایسه نمایید.

تخته کلم

محفظه‌ای که سر سیم‌پیچ‌های استاتور، جهت اتصال به شبکهٔ برق در آن قرار دارد «تخته کلم» نامیده می‌شود.



شکل ۲۸- تختهٔ کلم

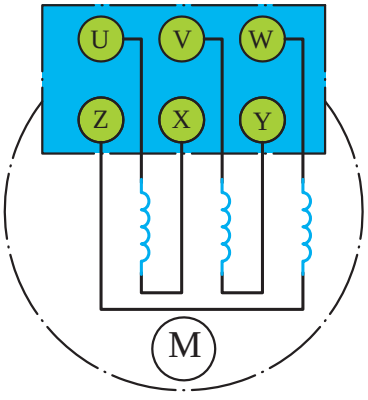
موتورهای الکتریکی از نوع رتور قفسه‌ای در مجموع دارای ۲ یا ۳ سری سیم‌پیچ هستند که در نهایت سر هر سیم‌پیچ بر روی بدنهٔ خارجی موتور در قسمتی به نام ترمینال‌های موتور یا تخته کلم جمع می‌شوند. به عبارتی تخته کلم پل ارتباطی تجهیزات راه‌اندازی الکتروموتورها می‌باشد.

شکل ۲۹- محل تخته کلم

سر بندی ترمینال‌های موتور

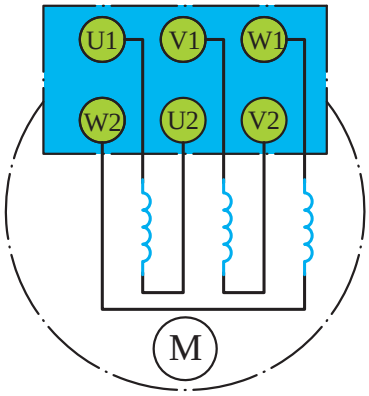
برای راه‌اندازی یک الکتروموتور (سه‌فاز) به سه عدد خط سه‌فاز احتیاج خواهیم داشت ولی این‌جا ۶ ترمینال در دسترس است لذا باید قبل از انجام هر فعالیت، از نوع سربندی و اتصال‌های مربوط به راه‌اندازی الکتروموتور اطلاعات کامل به‌دست آوریم.

در استاندارد VDE قدیم نشان دادن سر کلاف‌ها به ترتیب برای کلاف اول تا سوم از حروف W،U وV و برای نمایش ته کلاف‌ها به ترتیب از حروف Z،Y وX استفاده می‌شود. نحوهٔ قرار گرفتن سرسیم‌ها در زیر پیچ‌های تخته کلم مطابق شکل ۳۰ است. دلیل این که ته کلاف‌ها، مشابه سر کلاف‌ها، به ترتیب از کلاف اول تا سوم نوشته نمی‌شود این است که در صورت نیاز به ایجاد اتصالات ستاره یا مثلث بتوان بدون استفاده از کلید مربوطه و با قرار دادن چند تسمه مسی در زیر پیچ‌ها، موتور را به صورت ستاره یا مثلث اتصال داد.



شکل ۳۰

در استاندارد (IEC) برای نشان دادن سر کلاف‌ها به ترتیب از کلاف اول تا سوم از حروف (U1,V1،W1) و برای مشخص کردن ته کلاف‌ها به ترتیب از حروف (W2،V2،U2) استفاده می‌شود. شکل ۳۱، وضعیت قرار گرفتن سیم‌پیچ‌ها و پیچ‌های تخته کلم را نشان می‌دهد.

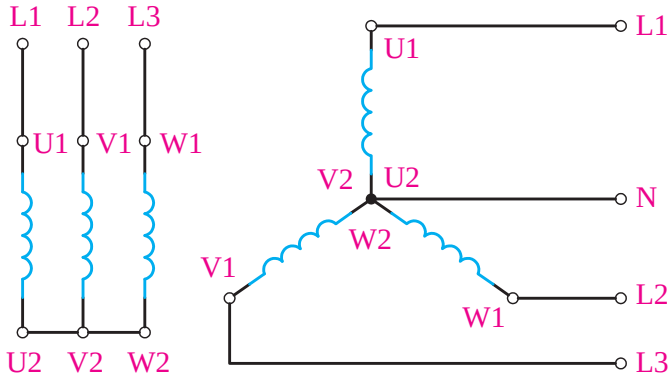


شکل ۳۱

اتصال ستاره

هرگاه به ابتدای سیم‌پیچ‌های (سرکلاف‌های U1،V1وW1) موتور به ترتیب شبکه سه‌فاز L1، L2 و L3 را وصل کرده و انتهای سیم‌پیچ‌ها (ته کلاف‌ها W2وV2،U2) را به یکدیگر وصل کنیم این اتصال را ((اتصال ستاره)) گویند.

شکل ۳۲ نحوهٔ اتصال ستاره را به‌صورت مداری نشان می‌دهد. گفتنی است که به جهت خلاصه نویسی، برای بیان حالت ستاره در متون فنی از علامت Y استفاده می‌شود.

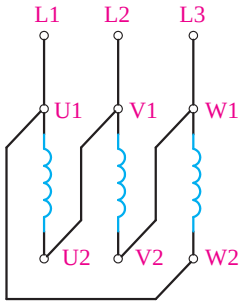


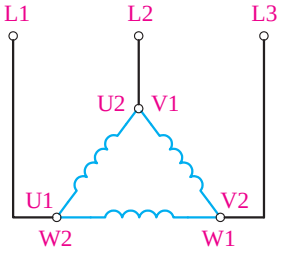
شکل ۳۲

اتصال مثلث

هرگاه انتهای کلاف اول (U2) به ابتدای کلاف دوم (V1) و انتهای کلاف دوم (V2) به ابتدای کلاف سوم (W1) و به همین ترتیب انتهای کلاف سوم (W2) به ابتدای کلاف اول (U1) وصل شود، به این اتصال ((اتصال مثلث)) گویند. (شکل‌های ۳۳ و ۳۴)، نحوهٔ اتصال مثلث را به صورت مداری و روی تخته کلم موتور نشان می‌دهند. جهت خلاصه نویسی، برای بیان حالت مثلث در متون فنی از علامت Δ استفاده می‌شود.

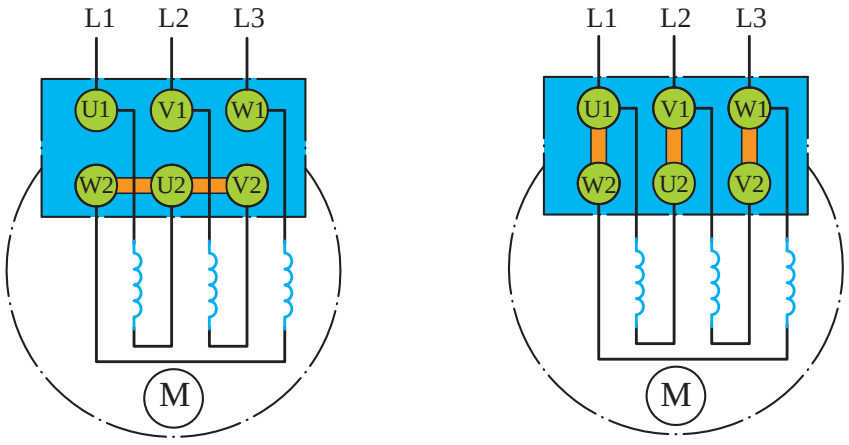
شکل ۳۴





شکل ۳۳

تصاویر شکل ۳۵ چگونگی ایجاد اتصال ستاره مثلث را به روش ترسیمی بر روی تخته کلم موتور سه‌فاز نشان می‌دهد.



شکل ۳۵

فعالیت کارگاهی

در کارگاه چگونگی تشخیص سالم بودن کلاف‌های موتور را بررسی کنید.

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۴	موتورهای الکتریکی تک‌فاز	تجهیزات: ابزار و تجهیزات لازم مکان: کلاس و کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱- طرز کار موتورهای الکتریکی تک‌فاز را بداند. ۲- انواع موتورهای الکتریکی تک‌فاز را شناسایی کند. ۳- بتواند پلاک‌خوانی انوع موتورها را انجام دهد. ۴- کاربرد تخته کلم را بداند. ۵- بتواند انواع سربندی‌های ترمینال‌های موتور را انجام دهد.	۳
			در حد انتظار	۱- طرز کار موتورهای الکتریکی تک‌فاز را بداند. ۲- بتواند پلاک‌خوانی انوع موتورها را انجام دهد. ۳- کاربرد تخته کلم را بداند.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱- طرز کار موتورهای الکتریکی تک‌فاز را بداند. ۲- بتواند پلاک‌خوانی انوع موتورها را انجام دهد.	۱

ارزشیابی شایستگی ماشین‌های الکتریکی

شرح کار:

شناخت قوانین حاکم بر ماشین های الکتریکی
ماشین‌های جریان مستقیم DC
ماشین‌های الکتریکی جریان متناوب
موتورهای الکتریکی تکفاز

استاندارد عملکرد:

هنرجویان قادر خواهند بود ضمن شناخت انواع ماشین‌های الکتریکی، با ساختمان داخلی، نحوه عملکرد، ساختار و اجزای انواع ماشین‌های الکتریکی آشنا می شوند و چگونگی خواندن پلاک های انواع ماشین‌ها را انجام دهد.

شاخص‌ها:

- شناخت کامل از ماشین های الکتریکی

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه مجهز به لوازم ایمنی باشد

ابزار و تجهیزات: انواع ماشین های الکتریکی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی قوانین حاکم بر ماشین‌های الکتریکی	۲	
۲	ماشین‌های جریان مستقیم DC	۱	
۳	ماشین‌های الکتریکی جریان متناوب	۱	
۴	موتورهای الکتریکی تکفاز	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و ...		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.

پودمان ۳

کاربری اجزای شبکه‌های سه‌فاز

واحد یادگیری ۳

کاربری اجزای شبکه‌های سه‌فاز

آیا تابه‌حال پی برده‌اید

- شبکه‌های توزیع از چه اجزایی تشکیل می‌شوند؟
- کاربری کلیدها در شبکه‌های سه‌فاز چگونه است و به چند دسته تقسیم می‌شوند؟
- کاربری و تنوع فیوزها در شبکه‌های سه‌فاز چگونه است؟
- کاربرد رله‌ها در شبکه‌های توزیع چیست؟
- شینه‌ها چگونه در تابلو نصب می‌شوند و چه مزایایی دارند؟
- کاربری ترانس‌ها و انواع آنها چگونه است؟
- مقره چیست و نوع خاص آن چگونه در تابلو نصب می‌شود؟
- کاربری انواع سیستم‌های اندازه‌گیری شبکه‌های توزیع چگونه است؟
- انواع تابلوهای توزیع با توجه به کاربری آنها چگونه است؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحدیادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود اجزای شبکه‌های توزیع را شناسایی و تشریح نموده و عملکرد آنها را بدانند. هم‌چنین بتوانند برخی از این اجزا را فعال نموده و راه‌اندازی نمایند.

کاربری اجزای شبکه‌های توزیع

یکی از مهم‌ترین انواع انرژی که در قرن اخیر به‌خصوص در این سال‌ها به‌صورت بسیار گسترده‌ای، در همهٔ صنایع و هم‌چنین در شناورها مورد استفاده قرار گرفته، انرژی الکتریکی است. به منظور انتقال، توزیع و مصرف این انرژی در شبکه‌های برق، چه در بخش عمومی و چه در بخش صنعتی و یا شناورها، اجزا و قطعات الکتریکی مختلفی، به منظور کاربردهای خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این بخش با اجزای این قطعات و نحوهٔ کارکرد آنها در شبکهٔ سه‌فاز آشنا خواهیم شد. در شناورها نیز با توجه به نیاز هر شناور، بسته به ابعاد، کارایی، مقدار مصرف، نوع شناور و برخی ملاحظات دیگر، همانند واحدهای صنعتی کوچک یا بزرگ، اجزا و قطعات سیستم‌های انرژی الکتریکی انتخاب می‌شوند. هرچند کاربرد و نحوهٔ عملکرد اجزای ذکر شده در شناور و خارج از آن یکسان است، اما با توجه به شرایط خاص دریا و شناورها از نظر استحکام و استانداردهای خاص دریایی، در ساخت و نصب تفاوت‌هایی دارند.

بحث کلاسی

با همکاری هنر آموز خود در مورد مزایای شبکه‌های سه‌فاز نسبت به تک‌فاز بحث کنید.

به‌کارگیری اجزای قطع کننده در شبکهٔ توزیع

در شبکه‌های سه‌فاز، برخی از اجزا در نقش کنترل کننده با هدف قطع و وصل مدارها به کار می‌روند. هدف از کاربری این قطعات، جداسازی مدار با هدف کنترل کارکرد یا عدم کارکرد (روشن و خاموش نمودن) آنها و یا جداسازی مدار با هدف داشتن عملکرد صحیح در آنها، می‌باشد.

کلید (SWITCH)

کلیدیک قطعهٔ الکتریکی است که، برای کنترل، تغییر اتصال وسایل و مصرف کننده‌های الکتریکی، جدا کردن قسمتی از مدار از شبکهٔ برق، مانند راه‌اندازی موتورهای تک‌فاز و سه‌فاز، ارتباط دستگاه‌های اندازه‌گیری با شبکهٔ برق یا به‌طور خلاصه قطع و وصل یک مسیر جریان، به کار می‌رود. تغییر وضعیت کلیدها، اغلب به صورت دستی با استفاده از نیروی مکانیکی و یا به صورت اتوماتیک با استفاده از نیروی مغناطیسی یا الکتروموتوری انجام می‌گیرد. کلید مطمئن‌ترین وسیلهٔ جداسازی (ایزوله) وسایل الکتریکی از شبکه برق محسوب می‌شود. کلید مکانیکی، از دو قطعهٔ رسانا تشکیل می‌شود که با اتصال آن دو، مدار وصل و با جداشدن آنها مدار قطع می‌شود. به این دو قطعه، کنتاکت (CONTACT) گفته می‌شود. این قطعات باید در برابر خوردگی مقاوم باشند؛ چرا که کلیدها پیوسته در معرض اصطکاک و جرقه هستند. در کلیدها علاوه برکنتاکت‌ها، بخشی وجود دارد که در دسترس کاربر بوده و کنتاکت را به حرکت در می‌آورد. وجود این بخش باعث می‌شود تا کاربر در تماس مستقیم با کنتاکت‌ها نبوده و ایمنی او حفظ شود.

نمایش فیلم

اصول کلیدها و قوس الکتریکی را مشاهده نمایید.

تقسیم‌بندی کلیدهای سه‌فاز:

کلیدها از نظر ولتاژ کاری به دو دسته تقسیم می‌شوند. کلیدهای فشارقوی و کلیدهای فشارضعیف. کلیدهایی که با ولتاژ کم‌تر از ۱ کیلو ولت کار می‌کنند، کلیدهای فشارضعیف و کلیدهایی که با ولتاژ بیش از ۱ کیلو ولت کار می‌کنند، کلیدهای فشارقوی هستند.

انواع کلیدهای فشارضعیف:

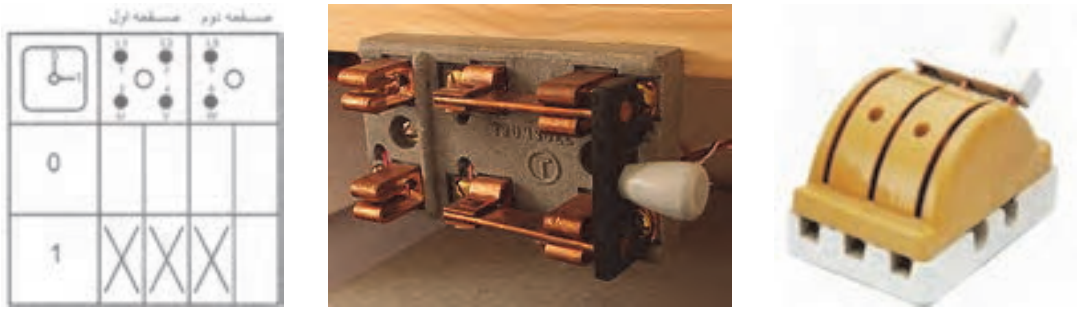
این کلیدها برای قطع جریان‌هایی در حدود چند آمپر تا جریان چند هزار آمپر ساخته می‌شوند. هر چه جریان عبوری از کلید بیش‌تر باشد اندازهٔ کلید نیز بزرگ‌تر خواهد بود. کاربرد انواع این کلیدها در شناورها بسیار زیاد است.

کلیدهای دستی (غیر اتوماتیک):

کلیدهای غیر اتوماتیک کلیدهایی هستند که فقط برای قطع و وصل مورد استفاده قرار می‌گیرند و فاقد رله می‌باشند. این نوع کلیدها تنها برای قطع و وصل مدار به کار برده می‌شوند و برای انجام این کار باید در محل نصب کلید حضور داشت. انواع مختلف این کلیدها عبارت اند از:

الف) کلید تیغه‌ای یا چاقویی یا اهرمی(KNIFE SWITCH) :

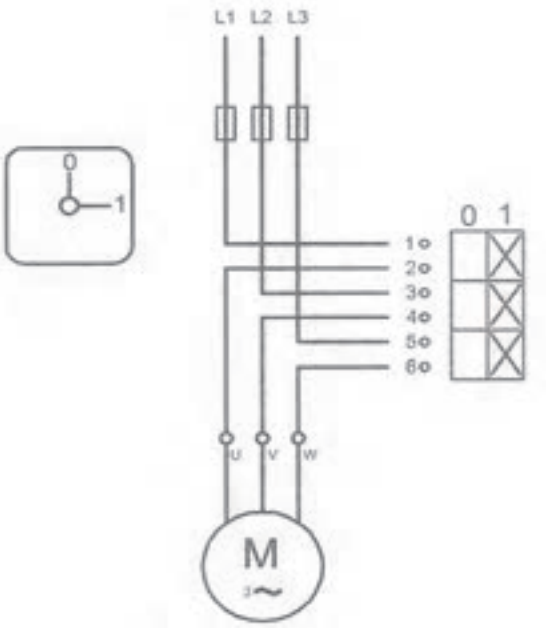
کلید اهرمی، ساده‌ترین نوع کلید بوده که به وسیلهٔ یک اهرم به تیغه‌های متحرک کلید نیرو وارد می‌شود و آنها را به کنتاکت‌های ثابت که طرف منبع تغذیه قرار گرفته‌اند وصل می‌کند. کنتاکت‌های ثابت متصل شده به تیغه‌ها، طرف مصرف کننده قرار می‌گیرند. در برخی از این کلیدها فیوز نیز تعبیه شده است. از این کلیدها بیش‌تر در مدارهای جریان کم با تعداد دفعات قطع و وصل کم‌تر استفاده می‌گردد(شکل ۱).



شکل ۱- کلید تیغه‌ای یا چاقویی یا آهرمی

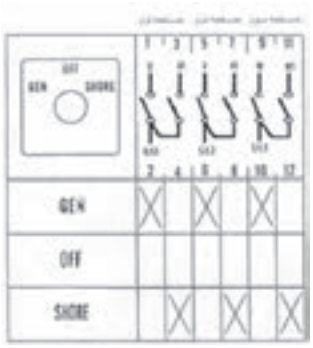
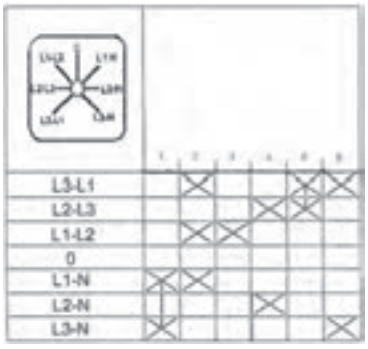
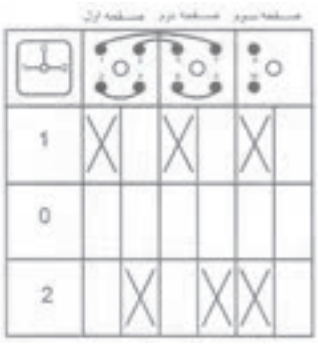
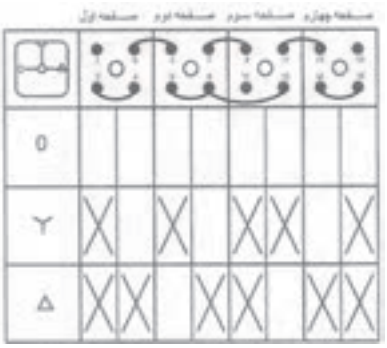
فعالیت کارگاهی

مطابق شکل به وسیله یک کلید اهرمی، یک موتور سه‌فاز را به صورت ساده راه‌اندازی نمایید.



ب) کلیدهای پاکو یا گردان (ROTARY SWITCH):

کلیدهای غلتکی از یک استوانهٔ عایق تشکیل شده اند که توسط دسته کلید حول یک محور به حرکت در می‌آید. بر روی استوانه عایق نوارهای هادی جهت اتصال کنتاکت‌ها به یکدیگر در هر طبقه در محل‌های مناسب تعبیه شده اند. این کلیدها در دو نوع غلتکی و زبانه‌ای موجود می‌باشند. کلیدهای زبانه‌ای بیش‌تر برای قطع و وصل برق سه‌فاز و تک‌فاز در تابلوهای برق قبل از فیوز، راه‌اندازی الکتروموتورها، تغییر جهت گردش الکتروموتورها، اندازه‌گیری انرژی الکتریکی (تغییر ارتباط الکتریکی بین شبکه و دستگاه اندازه‌گیری) اندازه‌گیری جریان و ولتاژ و امثال آن به کار می‌روند. در شناورها از این کلیدها برای انتخاب خطوط ولتاژ یا ولتاژ هر فاز با نول، برای ولت‌متر و تغییر وضعیت ستاره و مثلث، انتخاب تغذیهٔ ژنراتورها یا برق ساحل برای تابلو برق و از کلیدهای تغییر فاز برای جابه‌جایی فاز در صورت جابه جا بستن کابل برق ساحل شناورها استفاده می‌گردد.

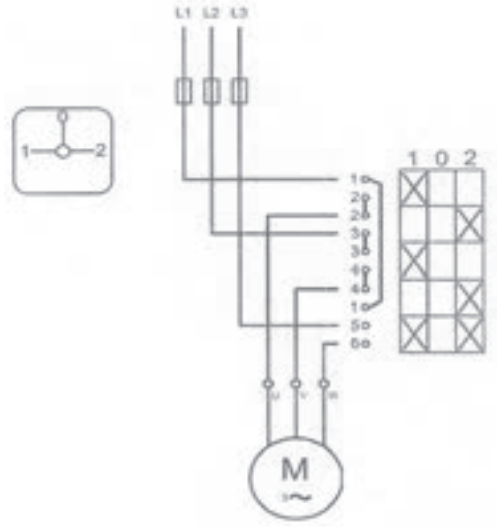
تصاویر انواع کلیدهای گردان، کاربری و نقشهٔ مربوط به هرکدام از آنها	
کلید انتخاب تغذیه تابلو برق در شناور(برق ساحل یا ژنراتور) 	
کلید انتخاب ولتاژهای خط یا فاز برای اندازه‌گیری 	
کلید جابه جایی دو فاز (برای جابه جایی فاز ورودی برق ساحل در شناورها یا برای تغییر جهت چرخش الکتروموتور) 	
کلید انتخاب سربندی سیم‌پیچ‌ها به صورت ستاره یا مثلث (راه اندازی ستاره یا مثلث الکتروموتورها به صورت دستی) 	

فعالیت کارگاهی

یک نمونه از کلیدهای گردان را به دلخواه تهیه نموده و به کمک اهم‌متر اتصال های آن را در وضعیت‌های مختلف بررسی نمایید.

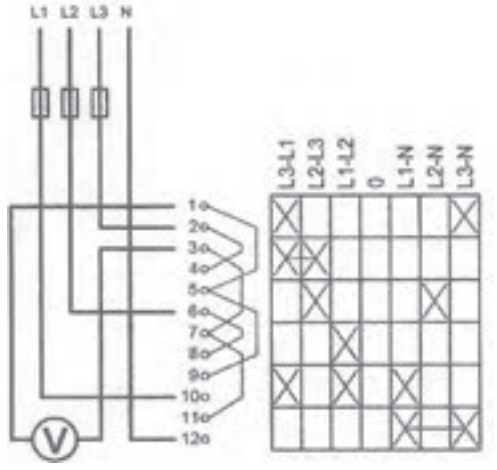
فعالیت کارگاهی

مطابق شکل به وسیلهٔ یک کلید جابه جایی فاز یک موتور ساده را راه‌اندازی نمایید و سپس وضعیت کلید را تغییر دهید. چه تفاوتی مشاهده می‌کنید؟



فعالیت کارگاهی

مطابق شکل،کلید انتخاب فاز و خط برای اندازه‌گیری ولتاژ را مطابق شکل روی تابلو نصب کرده و اندازه گیری نمایید.



پ) کلید فیوز (FUSE SWITCH):

مدارهای الکتریکی اغلب به وسایل قطع و وصل کننده و حفاظتی نیاز دارند، به همین منظور برای کم کردن هزینه و فضای کار، از تجهیزاتی که هر دو قابلیت را با هم داشته باشند، استفاده می‌گردد(شکل ۲).

شکل ۲- کلید فیوز

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست و جو در اینترنت، در مورد کلید فیوزها و کاربری آنها تحقیق نمایید.

ت) کلید استاپ – استارت (STOP-START SWITCH):

این کلید از جمله کلیدهای پرکاربرد در مدارهای فرمان بوده که کنترل مدارهای سه‌فاز را به عهده داشته و انواع متنوعی دارد(شکل ۳).

شکل ۳- کلید استپ استارت

تحقیق کنید

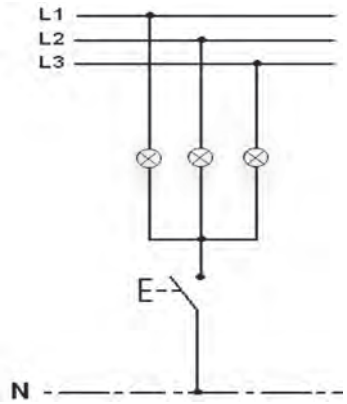
با جست‌و جو در اینترنت، انواع کلیدهای استاپ – استارت و قابلیت استفادهٔ آنها را بیابید.

فعالیت کارگاهی

چند نمونه از کلیدهای استاپ – استارت را تهیه کرده و کنتاکت‌های آنها را به وسیلهٔ اهم‌متردر کلاس تست کنید.

فعالیت کارگاهی

مطابق شکل، سه‌فاز را به یک سر سه لامپ متصل کرده و با یک کلید استارت به ارت متصل نمایید. با فشردن کلید استارت چه چیزی مشاهده می‌کنید؟ شما یک سیستم شناسایی خطای ارت ساده ساخته‌اید که در تابلو برق برخی شناورها وجود دارد.



کلیدهای خودکار(اتوماتیک)

به کلیدهایی گفته می‌شود که دارای رله هستند و هر کدام برای کاربرد خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در انواع خودکار، کلیدها علاوه بر قطع و وصل مدار، معمولاً وظیفهٔ حفاظت در برابر برخی از خطاهای احتمالی در شبکه، نظیر اتصال کوتاه را نیز بر عهده دارند.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، در خصوص مزایای کلیدهای خو کار تحقیق کنید.

انواع کلیدهای خودکار به شرح زیر است:

الف) کلیدهای مینیاتوری (Miniature Circuit Breaker (MCB:

این کلید کوچک‌ترین نوع از کلیدهای خودکار است که در ساختمان آن ممکن است تجهیزات لازم جهت حفاظت در برابر اتصال کوتاه و اضافه بار نیز در نظر گرفته شده باشد. اغلب در جریان‌های پایین و در تابلوهای روشنایی و تابلوهای توزیع با توان کم و یا جهت حفاظت مدارهای کنترل و فرمان تجهیزات و تأسیسات برقی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بسیاری از موارد از این کلیدها به عنوان فیوز نیز استفاده می‌شود. به همین علت در تقسیم‌بندی فیوزها بیش‌تر به آن اشاره خواهد شد(شکل ۴).

شکل ۴- کلیدهای مینیاتوری

فعالیت کارگاهی

یک نمونه از کلیدهای مینیاتوری را تهیه نموده و ضمن تست با اهم‌متر، مطابق شکل فوق مشخصات آن را بخوانید.

ب) کلیدهای اتوماتیک کُمپکت (Moulded Case Circuit Breaker (MCCB:

در این کلیدها دو نوع حفاظت یعنی اتصال کوتاه و اضافه بار وجود دارد. مشخصات مربوط به این حفاظت‌ها توسط دکمه‌هایی بر روی کلید قابل تنظیم است. از این کلیدها می‌توان برای قطع جریان‌های زیاد تا چندهزار آمپر نیز استفاده کرد. وصل این کلیدها اغلب به صورت دستی صورت می‌گیرد، اما قطع آنها می‌تواند به صورت دستی و یا توسط حفاظت‌های آن هنگام وقوع خطا صورت گیرد. ضامن این کلیدها دارای سه وضعیت است. وضعیت قطع که در این حالت کلید قطع است. با فشار دادن این ضامن به سمت بالا کلید وصل می‌شود. در حالاتی که کلید به واسطهٔ یک خطا، قطع شده باشد، ضامن در وضعیت وسط یعنی بین حالات قطع و وصل قرار می‌گیرد. در این حالت برای وصل کلید باید آن را به حالت قطع برد و سپس کلید را وصل کرد. جریان کار این کلیدها از ۱۶۰ A تا ۱۶۰۰ A است. در برخی از شناورها، از این کلیدها برای اتصال برق ساحل و یا ژنراتورها به تابلو برق شناور و یا مصرف کننده‌های با جریان بالا استفاده می‌شود(شکل ۵).

شکل ۵- کلید اتوماتیک کمپکت

فعالیت کارگاهی

یک کلید کامپکت تهیه نموده و مشخصات آن را بخوانید و با آن تغذیه یک تابلو یا یک موتور ساده را راه‌اندازی کنید.

پ) کلیدهای اتوماتیک هوایی (Air Circuit Breaker (ACB :

در برخی از شناورها از این کلیدها در اتصال برق ژنراتورهای اصلی به تابلو برق اصلی استفاده می‌شود. در ساختمان این نوع از کلیدها اغلب از حفاظت‌های کامل‌تری نسبت به بقیهٔ کلیدهای فشارضعیف استفاده شده که مشخصات مربوط به این حفاظت‌ها به صورت کامل توسط دکمه‌های روی کلید قابل تنظیم است. در این کلیدها ممکن است علاوه بر حفاظت در برابر اتصال کوتاه و اضافه بار، حفاظت در برابر افزایش ولتاژ، افت ولتاژ و موارد دیگری نیز در نظر گرفته شده باشد. قدرت قطع این کلیدها معمولاً بیش‌تر از سایر انواع کلیدهای فشارضعیف است. جریان کار این کلیدها از ۶۳۰ A تا ۶۳۰۰ A است(شکل ۶).

شکل ۶- کلیدهای اتوماتیک هوایی

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، در مورد مکانیزم عملکرد کلید هوایی تحقیق کنید.

ت) کلیدهای حافظ موتور (Motor Protection Circuit Breaker) (MPCB) :

این کلیدها برای قطع و وصل و نیز حفاظت موتورهای الکتریکی طراحی شده و می‌تواند شامل حفاظت در برابراضافه بار، اتصال کوتاه و موارد مشابه باشد. این کلید به گونه‌ای ساخته شده است که جریان شدید در لحظهٔ راه‌اندازی موتور را اتصال کوتاه در نظر نگیرد. این کلیدها اغلب تا ۱۰۰ A ساخته می‌شوند و برای موتورهای تا ۵۵ KW مناسب هستند(شکل ۷).

شکل ۷- کلیدهای حافظ موتور

ث) کلیدهای محافظ جان Residual Current Circuit Breaker (RCCB) یا Residual-Current Device (RCD) :

برای حفاظت از جان افراد در مقابل خطر برق گرفتگی و جلوگیری از خطرات جریان نشتی، از کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی (محافظ جان) استفاده می‌شود. این کلیدها که براساس حساسیت خود به دو نوع خانگی و صنعتی تقسیم می‌شوند، علاوه بر حفاظت افراد در مقابل تماس مستقیم و یا غیر مستقیم برق، با جلوگیری از نشتی جریان در حفاظت دستگاه‌ها و تجهیزات صنعتی نیز مؤثر می‌باشند. براین اساس در صورتی که حساسیت کلیدها تا ۳۰ میلی‌آمپر باشد این کلید به عنوان حفاظت از جان و در صورتی که حساسیت آن بیش‌تر از ۳۰ میلی‌آمپر باشد به عنوان حفاظت از تجهیزات صنعتی به‌کار می‌رود(شکل ۸).

شکل ۸- کلیدهای محافظ جان

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، در مورد اساس کار کلیدهای حفاظت از جان و اجزای آن تحقیق نمایید.

تحقیق کنید

با مراجعه به اینترنت، شمای پویانمایی‌شده از عملکرد RCD سه‌فاز را ملاحظه نمایید. هم‌چنین، در مورد مشخصات و روش نصب کلیدهای حفاظت از جان تحقیق نمایید.

فعالیت کارگاهی

یک کلید محافظت از جان را تهیه نموده و در یک شبکه وصل نمایید.

ج) کنتاکتور CONTACTOR:

کنتاکتور یا کلید مغناطیسی وسیله‌ای است که در آن کنتاکت‌های کلید با استفاده از خاصیت الکترومغناطیسی به یکدیگر وصل و یا از هم جدا می‌شوند. به عبارت دیگر، یک کلید کنترل شونده به صورت الکتریکی است که برای کلیدزنی یک مدار قدرت یا کنترل مورد استفاده قرار می‌گیرد. عملکرد کنتاکتور شباهت زیادی به رلهٔ ساده دارد. کنتاکتورها از دو هسته E شکل که یکی ثابت و دیگری متحرک است ساخته می‌شوند. در میان هستهٔ ثابت یک سیم‌پیچ قرار دارد که با عبور جریان از آن نیرویی ایجاد می‌شود که هستهٔ متحرک را به سمت هسته ثابت حرکت می‌دهد. با حرکت هستهٔ متحرک، کلید وصل می‌شود. این کلید فقط تا وقتی که از بوبین الکترومغناطیسی آن جریان عبور می‌کند، وصل است و به محض قطع جریان یا ولتاژ، هستهٔ متحرک توسط فنر به حالت اول برگشته و کلید خود به خود قطع می‌شود. (شکل ۹)

شکل ۹- کنتاکتور

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و اینترنت، در خصوص اجزای تشکیل دهنده و اصول کار کنتاکتورتحقیق نمایید.

فعالیت کارگاهی

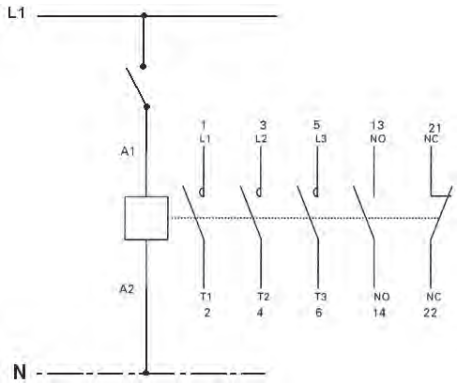
یک کنتاکتور را باز نموده و اجزای داخلی آن را مشاهده و شناسایی کنید.

فعالیت کارگاهی

یک کنتاکتور را تهیه نموده، به وسیله یک اهم‌متر همهٔ کنتاکت‌های آن را بررسی نمایید. سپس به صورت دستی قسمت متحرک آن را فشرده و همان کنتاکت‌ها را بررسی نمایید.

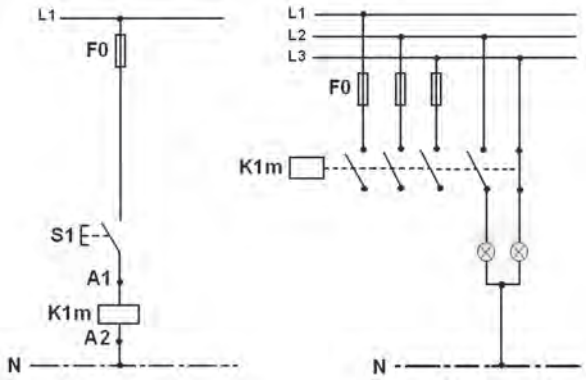
فعالیت کارگاهی

به کمک هنرآموز، تغذیهٔالکتریکی بوبین کنتاکتور را متصل نموده و کنتاکت‌های آن را با اهم‌متر بررسی نمایید.



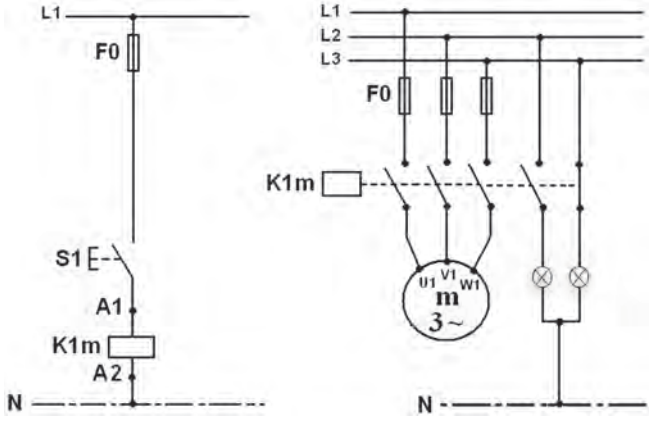
فعالیت کارگاهی

مطابق شکل، به ورودی‌های کنتاکت‌های NO و NC کنتاکتور یک فاز وصل نموده و خروجی آنها را به دو چراغ وصل کنید و طرف دیگر چراغ‌ها را به نول وصل نمایید. سپس بوبین کنتاکتور را فعال نموده و تغییرات آن را ملاحظه کنید. به نظر شما چراغ ها چه کاربردی می تواند داشته باشد؟



فعالیت کارگاهی

در فعالیت کارگاهی فوق سه فاز را وارد تیغه‌های اصلی کنتاکتور و از آن‌جا روی تخته کلم موتور وصل نموده و مانند شکل فعال نمایید. مشاهده می‌کنید که پس از برداشتن دست از روی شستی استارت، موتور خاموش می‌شود، دلیل آن چیست؟ برای حل این مشکل چه راهی پیشنهاد می کنید؟



تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، مزایای کنتاکتور را نسبت به سایر کلیدهای دستی بیابید.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، در خصوص هر یک از واژه‌های زیر در کنتاکتور تحقیق نمایید. مقادیر نامی کنتاکتورها، پارامترهای پلاک، جریان‌های نامی، جریان دائمی، جریان کار نامی، ولتاژهای نامی، قدرت قطع، نحوهٔ انتخاب کنتاکتور.

پرسش

هر یک از علائم زیر که در روی کنتاکتور نوشته شده اند چه مفهومی دارد؟

V(ac)	240	440	550	690
KW	4.5	7.5	7.5	**7.5**
A	18	18	13	**9**

IEC60947 , EN60947 , B55424 , VDE06060

HL35/32

AC3,E3

AC1 I(th)=40A U(i)=690V

در شناورها،کنتاکتور نسبت به سایر قطعات معرفی شده کاربرد بیشتری دارد. بوبین کنتاکتورها با ولتاژهای مختلفی تغذیه می‌شود. کنتاکتورهای در معرض آب گرفتگی، مانند پمپ‌های خن (Bilge pump) یا لنگر (Anchor) در برخی شناورها از ولتاژهای پایین مانند ۲۴ ولت تغذیه می‌شوند. آیا دلیل آن را می‌دانید؟

نمایش فیلم

انواع کلیدهای فشار ضعیف و کاربری آنها مشاهده کنید.

کلیدهای فشار قوی و انواع آن

کلیدهایی را که برای کار در ولتاژهای بالای یک کیلو ولت طراحی شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند، کلیدهای فشارقوی می‌نامند. این کلیدها بسته به این که قابلیت قطع جریان را داشته باشند یا نه به انواع سکسیونرها و دژنکتورها تقسیم می‌شوند.

تحقیق کنید

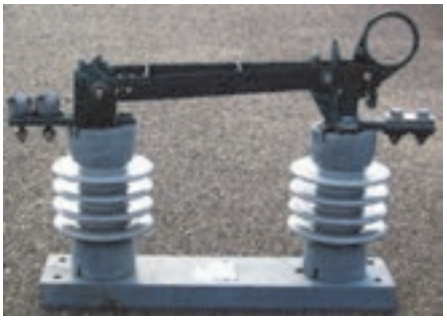
با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، در مورد استانداردهای کلید قدرت تحقیق نمایید.

سکسیونر(SECSIONER):

ساده ترین نوع کلیدهای فشارقوی هستند که در آنها هیچ مکانیزمی برای قطع جرقه در نظرگرفته نشده است. بنابراین این کلیدها نمی‌توانند زیر بار یعنی موقعی که از آنها جریان زیادی عبور می‌کند، قطع و یا وصل شوند. این کلیدها در درجهٔ اول به منظور حفاظت اشخاص و متصدیان مربوطه در مقابل برق گرفتگی به کار برده می‌شوند؛ به همین خاطر به گونه‌ای ساخته می‌شوند که در حالت قطع یا وصل، محل قطع شدگی یا چسبندگی به طور آشکارا قابل دیدن باشد. امروزه برخی سکسیونرها در زیر بار با جریان‌های کم، قابل قطع و وصل می‌باشند. انواع سکسیونرها عبارتند از :

الف) سکسیونر تیغه‌ای:

این سکسیونرها که برای ولتاژهای تا ۳۰ KV به صورت یک پل و سه پل ساخته می‌شوند، دارای تیغه یا تیغه‌هایی هستند که در ضمن قطع کلید،عمود بر سطح افق حرکت می‌کنند و در بالای ایزولاتور (پایه) قرار می‌گیرند. قطع و وصل کلید ممکن است دستی و یا موتوری از راه دور (اتاق فرمان) باشد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- سکسیونر تیغه‌ای

ب) سکسیونر دورانی:

برای ولتاژهای زیاد و بیش‌تر در نیروگاه‌ها کاربرد دارد. به جای یک تیغه بلند و یک کنتاکت ثابت دارای دو تیغهٔ متحرک و دورانی می‌باشد که با برخورد آنها به هم ارتباط الکتریکی برقرار می‌شود. در این نوع کلید حرکت تیغه‌ها به موازات سطح افقی و یا عمود بر سطح محور پایه‌ها انجام می‌گیرد. سکسیونر دورانی به صورت یک‌فاز ساخته می‌شود و با توجه به نوع شین‌بندی شبکه، سه‌تای آنها به صورت متوالی در کنار هم یا به طور سری پشت سرهم در شبکهٔ سه‌فاز نصب می‌گردد. مزیت این سکسیونرها این است که با کوچک بودن طول بازوی تیغه، فاصلهٔ هوایی لازم بین دو تیغه به وجود می‌آید، چون تیغه‌ها با گردش پایه‌ها باز و بسته می‌شوند (شکل ۱۱).

شکل ۱۱- سکسیونر دورانی

پ) سکسیونر قیچی‌ای:

سکسیونر قیچی‌ای برای فشارهای زیاد و خیلی زیاد مناسب است، زیرا کنتاکت ثابت آن را شین یا سیم هوایی تشکیل می‌دهد و احتیاجی به دو پایهٔ عایقی مجزا از یکدیگر که در فشار قوی باعث بزرگی ابعاد و سنگینی وزن آن می‌شود ندارد و فقط شامل یک پایهٔ عایقی است که تیغهٔ قیچی مانند کنتاکت دهنده روی آن نصب می‌شود و با حرکت قیچی مانند با شین یا سیم هوایی ارتباط پیدا می‌کند (شکل ۱۲).

شکل ۱۲- سکسیونر قیچی‌ای

ت) سکسیونر کشویی:

سکسیونر کشویی برای کیوسک یا قفسه‌هایی که دارای عمق کم هستند بسیار مناسب است. در این سکسیونر تیغهٔ متحرک در موقع قطع در امتداد خود حرکت می‌کند و بدین جهت فضای اضافی برای تیغه در حالت قطع از بین می‌رود. برای جریان‌های خیلی زیاد که هر قطب از چندین تیغهٔ موازی تشکیل می‌شود، سکسیونر کشویی دارای این مزیت است که می‌توان تیغه‌ها را به صورت لوله ساخت و در داخل هم جای داد. این روش باعث می‌شود که جریان در لوله‌ها که در داخل هم قرار دارند بهتر از تیغه‌های پهلوی هم تقسیم شود(شکل ۱۳).

شکل ۱۳- سکسیونر کشویی

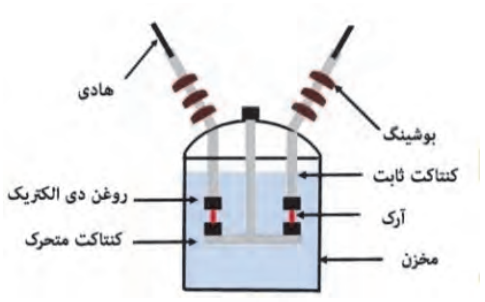
دژنکتور یا مدار شکن‌ها یا CIRCUIT BREAKER:

کلید با قطع‌کنندهٔ خودکار یا دژنکتور دو عمل کنترل و حفاظت را با هم انجام می‌دهد. در شرایط عادی دژنکتور مانند یک کلید عمل می‌کند که به طور دستی یا به طور الکتریکی از راه دور قطع یا وصل می‌شود. در شرایط غیر عادی مانند بار اضافی یا اتصال کوتاه، دژنکتور به طور اتوماتیک قطع شده و مدار اتصال را باز می‌کند. قطع خودکار به چند صورت مختلف نظیر قطع حرارتی، قطع مغناطیسی یا ترکیبی از این دو انجام می‌شود. از آنجایی که این کلیدها در زیر بار عمل می‌کنند، موضوع جرقه زدن در آنها یک مشکل اساسی است که با روش‌های گوناگون، از آن جلوگیری می‌کنند.

الف) کلید روغنی:

در کلید روغنی در درجهٔ اول از روغن به عنوان عایق استفاده می‌شود و بدین جهت هر چه ولتاژ شبکه بیش‌تر باشد حجم روغن داخل کلید زیادتر می‌گردد. این حجم زیاد روغن یکی از بزرگ‌ترین معایب این نوع کلید بخصوص در موقع آتش‌سوزی است. امروزه این نوع کلیدها توسط کلیدهای مدرن (گازی و کم روغن) به کلی کنار زده شده‌اند. طرز کار کلید روغنی به این شکل است که در موقع قطع کلید و جدا شدن تیغهٔ متحرک از

کنتاکت ثابت، تراکم جریان در یک نقطه از کنتاکت‌ها به قدری زیاد می‌شود که باعث شروع جرقه در آن محل می‌گردد. در اثر حرارت شدید جرقه، روغن تجزیه شده و ایجاد گاز می‌کند که به صورت حبابی اطراف جرقه را می‌پوشاند و مانع ایجاد جرقه می‌شود (شکل ۱۴).



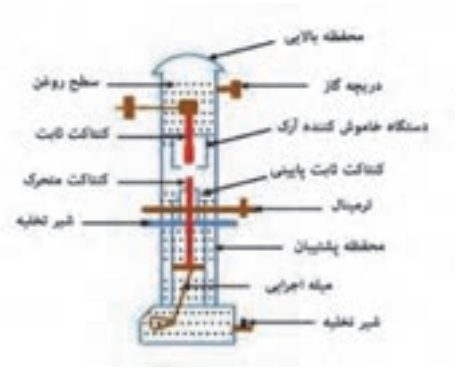
شکل ۱۴- کلید روغنی

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست-وجو در اینترنت، در مورد کلیدهای روغنی و کارکرد آنها بیش‌تر تحقیق کنید.

ب) کلید کم روغن:

در این کلیدها، از روغن به عنوان عایق کننده، استفاده نمی‌شود، بلکه از آن به عنوان خاموش کنندهٔ جرقه استفاده می‌شود. به همین جهت مقدار روغنی که در آنها به کار برده می‌شود، نسبت به کلیدهای روغنی خیلی کم‌تر است. طرز کار کلید کم روغن به این شکل است که در موقع جدا شدن دو کنتاکت،کلید زیر بار در محفظهٔ روغنی جریان که از آخرین نقطهٔ تماس فلزی کنتاکت‌ها می‌گذرد، باعث گداخته شدن و تبخیر فلز (مس) می‌شود و به این ترتیب پایه و اساس جرقه یا قوس الکتریکی بین دو کنتاکت جدا شده گذاشته می‌شود. کلیدهای روغنی به طور کلی به دلیل آتش‌زا بودن، در حال منسوخ شدن هستند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- کلید کم روغن

پ) کلید اکسپانزیون (آبی):

کلید اکسپانزیون،کلیدی است که در آن از آب به عنوان مادهٔ خاموش کنندهٔ جرقه استفاده شده است و از آن در پست‌ها و شبکه‌های برق کوچک که دارای تأسیسات محدود هستند استفاده می‌شود. یکی از بهترین خواص این کلید این است که چون آب داخل محفظهٔ احتراق قابل اشتعال نیست هیچ‌گونه انفجاری کلید را تهدید نمی‌کند. طرز کار کلید در موقع قطع جریان اتصال کوتاه به این شکل است که در موقع قطع کلید مقداری آب انژکسیون (Injectoin) مانند، به داخل محفظه تزریق می‌شود سپس با جدا شدن کنتاکت ثابت از کنتاکت متحرک و تولید جرقه، آب داخل محفظه تبخیر و تجزیه می‌شود و چون راه خروج آن ابتدا بسته است، ایجاد فشار بسیار زیاد می‌کند، این فشار زیاد باعث بالا رفتن محفظهٔ احتراق شده و گاز با سرعت از اطراف جرقه و کنتاکت به خارج راه پیدا می‌کند که باعث شست‌وشوی الکترودها شده و جرقه سرد و خاموش می‌شود (شکل ۱۶).

شکل ۱۶- کلید اکسپانزیون (آبی)

ت) کلید هوایی:

در کلیدهای هوایی به خصوص در فشار کم و متوسط، کنتاکت ثابت معمولاً به صورت قیف ساخته می‌شود که در داخل آن کنتاکت میله‌ای متحرک جای می‌گیرد و از طریق تماس با آن کلید بسته می‌شود. در موقع قطع کلید، کنتاکت میله‌ای متحرک از کنتاکت ثابت جدا می‌شود و بین این دو کنتاکت ابتدا در هوای ساکن موجود در محفظه، جرقه حاصل می‌گردد. طول این قوس را تا حد امکان کوتاه نگه می‌دارد تا زمان کار کلید کوچک شود در ضمن باید فاصلهٔ دو کنتاکت ثابت و متحرک به حدی باشد که پس از خاموش شدن جرقه این فاصله بتواند استقامت الکتریکی کافی برای ولتاژ شبکه را داشته باشد. در بخش‌های قبل در مورد این کلیدها بحث شده است (شکل ۱۷).

شکل ۱۷- کلید هوایی

ث) کلید گازی SF_6

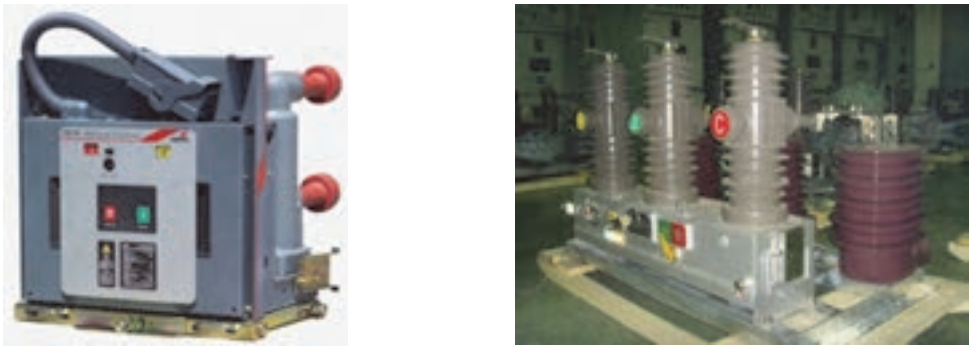
در این نوع کلید از گاز SF_6 به‌عنوان مادهٔ خاموش کنندهٔ جرقه و عایق بین دو کنتاکت و نگه دارندهٔ ولتاژ استفاده شده است. گاز SF_6 الکترون‌های آزاد را جذب می‌کند و یون منفی بدون تحرک ایجاد می‌کند در نتیجه مانع ایجاد ابر بهمنی الکترون‌ها که باعث شکست الکتریکی هوا می‌شود، خواهد شد.

این گاز دارای قابلیت هدایت حرارتی بسیار زیاد است لذا علاوه بر اینکه در خاموش کردن جرقه بسیار موثر واقع می شود، عایق بسیار با ارزشی نیز می‌باشد. طرز استفاده از این گاز در کلیدهای فشار قوی عموماً بر مبنای انژکسیون متراکم شده SF_6 به محل قوس الکتریکی (محفظه احتراق) است. در این کلید درجهٔ نشان دهنده میزان فشار گاز وجود داردکه با کم شدن گاز ابتدا هشدار داده و در صورت کم شدن بیش از حد، فرمان قطع صادر می‌کند (شکل ۱۸).

شکل ۱۸- کلید گازی SF_6

ج) کلید خلاء:

حامل‌های باردار (الکترون‌های آزاد) باعث هدایت جریان در فلزات و ایجاد قوس الکتریکی در عایق‌ها می‌شوند، لذا در خلاء کامل چون هیچ عنصری وجود ندارد که حامل الکترون‌ها باشد، جدا شدن دو کنتاکت فلزی جریان‌دار باید بدون ایجاد جرقه انجام گیرد. با توجه به این اصل مهم کلیدهای فشار قوی که کنتاکت‌های آن در خلاء از هم جدا می‌شوند، ساخته شده اند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- کلید خلاء

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، در مورد اجزا و عملکرد کلیدهای خلاء تحقیق کنید.

نمایش فیلم

کلیدهای فشار قوی و کاربردها و عملکرد آنها را مشاهده نمایید.

فیوزها (FUSE)

فیوز وسیله‌ای حفاظتی است که در تجهیزات و مداراهای الکتریکی به کار می‌رود تا در مواقعی که جریانی بیش‌تر از حد مجاز از وسیله عبور می‌کند، با سوختن فیوز، مدار قطع شده و سایر تجهیزات آسیبی نبینند. این وسیله اولین بارتوسط توماس ادیسون در سال ۱۸۹۰ میلادی ثبت اختراع شده است. فیوزها بر اساس سرعت قطع مدار به دو دسته تقسیم می‌شوند. دستهٔ اول را فیوزهای «تندکار» می‌گویند که بیش‌تر در مصارف روشنایی به کار می‌روند. این فیوزها دارای زمان عملکرد کمی هستند. دستهٔ دوم فیوزهای «کندکار»یا تأخیری می‌باشند که زمان قطع مدار در آنها طولانی‌تر خواهد بود. این فیوزها در مدارهایی به کار می‌روند که در آنها قطع مدار باید با تأخیر بیش‌تری صورت گیرد. یکی از این موارد فیوز محافظ مدار موتورهای برقی است که این فیوز در طول مدت راه‌اندازی موتور که جریان به طور موقت به سه تا هفت برابر جریان نامی می‌رسد نباید مدار را قطع کند. فیوزهایی که برای ترانسفورماتورها و خازن‌ها به کار می‌روند نیز از نوع کندکار خواهند بود. فیوزهای تندکار ۲/۵ برابر جریان نامی را در یک ثانیه قطع می‌نمایند و فیوزهای کند کار ۴ برابر شدت جریان نامی را حدوداً در مدت یک ثانیه قطع می‌کنند.

شکل ۲۰- فیوز فشنگی

علاوه بر این فیوزها از لحاظ ساختار نیز در انواع فشنگی، اتوماتیک یا آلفا، مینیاتوری، کاردی (چاقویی)، شیشه‌ای یا کارتریج فشار قوی ساخته می‌شوند.

فیوزهای فشنگی کاربرد زیادی در تابلوهای برق برخی از شناورها دارند. این نوع فیوز دارای قسمت‌های اصلی زیر می‌باشد (شکل ۲۰).

۱- پایهٔ فیوز ۲- حفاظت جلوگیری از شوک ۳- قطعهٔ مغزی ۴- رشتهٔ فیوز ۵- محفظهٔ فیوز پیچی ۶- واشر.

فعالیت کارگاهی

یک فیوز فشنگی را تهیه نموده و اجزای آن را طبق موارد ذکر شده، شناسایی نمایید.

نوار فلزی ذوب شونده از جنس آلیاژ مخصوص و گاهی نقره در داخل بدنهٔ استوانه‌ای یا فشنگ قرار می‌گیرد. هم‌چنین اطراف نوار از پودر فشرده کوارتز پر می‌شود و این نوار به دو سر فلزی در دو انتهای فشنگ وصل می‌شود. در انتهای فشنگ فیوز پولکی قرار می‌گیرد که بسته به جریان نامی فیوز، رنگ‌های مختلفی به خود می‌گیرد. تقسیم‌بندی فیوزها بر اساس رنگ‌بندی پولک در جدول زیر آورده شده است.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، در مورد اجزای فیوزهای مینیاتوری تحقیق کنید.

فعالیت کارگاهی

با توجه به تحقیق فوق، یک کلید مینیاتوری را باز نموده و اجزای آن را شناسایی نمایید.

ارتباط بین رنگ و میزان جریان نامی فیوزها به شرح زیر می‌باشد.

این رنگ‌ها در آمپرهای بالاتر به صورت زیر می‌باشند:

رنگ پولک فیوز	نقره ای	قرمز تیره	زرد تیره	مسی	آبی تیره
میزان جریان نامی	۸۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰

فعالیت کارگاهی

با توجه به تحقیق فوق، چند فیوز مختلف را یافته و سلامت آن را تست نمایید.

انواع فیوز از نظر قدرت قطع		
فیوز فشار ضعیف با قدرت قطع کم یا DIAZED (LS)	فیوزهای فشارضعیف فیوزهایی هستند که در ولتاژهای زیر ۱۰۰۰ ولت مورد استفاده قرار می‌گیرند. فیوز فشار ضعیف با قدرت قطع کم برای حفاظت سیم‌های هادی جریان برق در مدارهای الکتریکی کاربرد دارند.	
فیوز فشار ضعیف با قدرت قطع زیاد NH یا HRC	این فیوزها دارای قدرت قطع زیاد (High Rupturing Capacity) هستند و قادرند جریان اتصال کوتاه تا ۲۵ کیلوآمپر را با اطمینان قطع کنند.	
فیوزهای فشارقوی HH یا HV HRC	فیوزهای فشارقوی برای کار در ولتاژهای بالای ۱ کیلوولت و تا ۱۱۵ کیلوولت نیز ساخته می‌شوند. در ساختمان نوعی از این فیوزها از یک یا چند المنت یا بخش زودگداز تشکیل شده است. اطراف این المنت از ماده‌ای نظیر سیلیکون دی‌اکسید که جاذب انرژی است، استفاده شده است. با عبور جریان‌های زیاد از فیوز، المنت ذوب شده و قوس الکتریکی ایجاد می‌شود. مادهٔ اطراف المنت به سرعت حرارت قوس الکتریکی را جذب کرده و آن را خاموش می‌کند.	

نکته‌های مهمی که در رابطهٔ کار با فیوزها باید به آن توجه کرد عبارت اند از:

۱- در صورتی‌که فیوزی بسوزد، باید قبل از تعویض فیوز، علت به وجود آمدن اتصالی در مدار مشخص و تعمیر شود.

۲- فیوز جایگزین باید از نظر مقدار جریان، ولتاژ و نوع فیوز مطابقت داشته باشد. به عبارت دیگر فیوز جایگزین باید مشابه فیوز سوخته شده باشد.

۳- اگر در شبکهٔ سه‌فاز در اثر اتصالی فقط یکی از فیوزها سوخته شده باشد، بهتر است همهٔ فیوزهای یک منبع تغذیه سه‌فاز را تعویض کنید. چراکه فیوزهایی دیگر ممکن است به‌طور جدی ضعیف شده باشند، در نتیجه برای استفاده بعدی مطمئن نیستند.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، در مورد مشخصات فیوزها و خواندن آنها تحقیق نمایید.

نمایش فیلم

انواع فیوزها و عملکرد آنها را مشاهده کنید.

رله(RELAY)

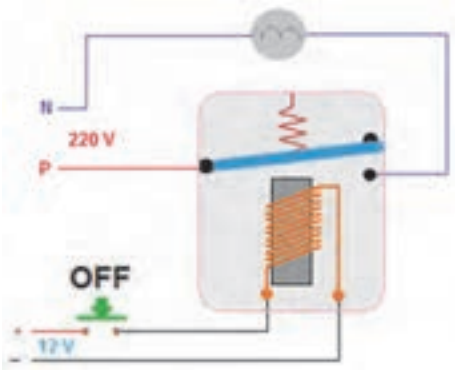
رله یک کلید الکترونیکی است که تحت کنترل سایر مدارهای الکترونیکی باز و بسته می‌شود. در اصل کلید با یک آهنربای مغناطیسی برای باز و بسته کردن یک یا چند اتصال عمل می‌کند. این وسیله توسط جوزف هنری (Joseph Henry) در سال ۱۸۳۵ اختراع شد. به عبارت دیگر رله به دستگاهی گفته می‌شود که در اثر تغییر کمیت الکتریکی و یا کمیت فیزیکی مشخصی، تحریک می‌شود و موجب به کار افتادن یا از کار افتادن دستگاه‌های الکتریکی می‌شود. رله‌ای که برای حفاظت دستگاه‌های الکتریکی به کار برده می‌شود، رلهٔحفاظتی نامیده می‌شود. البته همهٔ انواع رله‌ها در واقع، حفاظت اشخاص و یا سیستم‌های برقی را به عهده دارند. روش کنترل باز و بسته شدن این کلید الکتریکی اغلب به صورت‌های مختلف مکانیکی، حرارتی، مغناطیسی، الکترواستاتیک می‌باشد. در تأسیسات الکتریکی مانند مولدها، شبکهٔ انتقال انرژی، ترانس‌ها و سایر تجهیزات برقی در اثر مشکلاتی نظیر عایق‌بندی نامناسب، ضعف استقامت دینامیکی و الکتریکی در مقابل فشارهای ضربه‌ای پیش‌بینی نشده و هم‌چنین در اثر افزایش بیش ازحد مجاز درجه حرارت، خطاهایی پدید می‌آید که اغلب موجب قطع انرژی می‌گردد. این خطاها ممکن است بصورت اتصال کوتاه، اتصال زمین و قطع شدگی‌ها و خورده شدن و شکسته شدن عایق‌ها و امثال آن ظاهر شود. قطعات یا وسایلی که چنین خطایی پیدا می‌کنند، باید بلافاصله از شبکه‌ای که آن‌را تغذیه می‌کند جدا شوند تا از گسترش خطا و ازکار افتادن بقیهٔ قسمت‌های سالم شبکه جلوگیری نماید به‌خصوص در شناورها که لحظه‌ها نیز اهمیت بالایی دارند.

رله از سه بخش اصلی شامل سیم‌پیچ، فنر و کنتاکت‌ها تشکیل شده است. وقتی جریان در سیم‌پیچ جاری می‌شود یک میدان مغناطیسی در اطراف سیم‌پیچ ایجاد شده و موجب جذب میلهٔ آهنی توسط سیم‌پیچ می‌شود. انتهای میلهٔ آهنی مانند یک کلید عمل کرده و مدار را باز یا بسته می‌کند. وقتی سیم‌پیچ مغناطیسی نباشد فنر موجود در رله، میله آهنی را به حالت عادی (نرمال) بر می‌گرداند.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، در مورد عوامل مؤثر در تهیه و انتخاب رله‌ها تحقیق نمایید.

در یک رله ممکن است چندین کنتاکت وجود داشته باشد. کنتاکت‌هایی را که درحالت طبیعی باز هستند Normally Open یا NO و کنتاکت‌هایی که در حالت طبیعی بسته هستند را Normally Close یا NC می‌گویند.



فعالیت کارگاهی

یک رلهٔ ساده را تهیه نموده و با کمک هنر آموز توسط اهم‌متر پایه‌های آن را پیدا کنید و سپس دو سر بوبین آن را با تغذیهٔ الکتریکی فعال نموده و دوباره بررسی نمایید. حال یک لامپ را به کمک این رله راه‌اندازی نمایید.

در شبکهٔ توزیع از جمله شبکهٔ توزیع شناورها، همواره، امکان ایجاد اتصال کوتاه وجود دارد. از کار افتادن تجهیزات ضروری مثل سکان ممکن است کشتی را در خطر قرار دهد. از طرف دیگر، عبور جریان زیاد از کابل‌ها و تجهیزات الکتریکی، باعث افزایش حرارت و آتش‌سوزی احتمالی می‌شود. لذا اهمیت استفاده از رله‌های حفاظتی امری ضروری است.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت در مورد ضرورت تجهیزات حفاظتی در شبکهٔ توزیع الکتریکی تحقیق کنید و بگویید شامل چه اجزایی از شبکه‌های سه‌فاز می باشد.

در این سیستم‌های حفاظت الکتریکی، رله‌ها وقوع خطا را تشخیص داده و دستور قطع مدار را برای کلیدها صادر می‌کنند که در اصطلاح گفته می‌شود، رله تریپ داده است.

شکل ۲۱- رله دیجیتال

اولین نسل از رله‌هایی که برای حفاظت سیستم‌های قدرت به وجود آمدند، رله‌های الکترومکانیکی بودند که با استفاده از یک بوبین و ایجاد میدان مغناطیسی، وقوع خطاهای مختلف را تشخیص داده و باعث قطع مدار می‌شدند. با به وجود آمدن علم دیجیتال و پیشرفت آن، رله‌هایی به وجود آمدند که با نمونه‌گیری از کمیت‌های مختلف الکتریکی نظیر ولتاژ و جریان و محاسبهٔ اندازه و فاز آنها وقوع خطا را تشخیص می‌دهند. رله‌های دیجیتال در واقع رایانه های کوچکی هستند که قابلیت برنامه‌ریزی و کنترل توسط نرم‌افزار را دارا می‌باشند (شکل ۲۱).

این رله‌ها قابلیت‌های بسیاری دارند که از بارزترین آنها قدرت پردازش اطلاعات است. از دیگر مزایای رله‌های دیجیتال خاصیت Self Checking در آنهاست. این خاصیت باعث می‌شود تا رله وضعیت خود را مانیتور کرده و درصورت وقوع ایراد در کارکرد خود، آن را اطلاع دهد.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، در مورد مزایای رله‌های دیجیتالی تحقیق نمایید.

انواع رله‌ها

به طور کلی برای هر نوع حالت ناخواسته و مضر که ممکن است برای یک وسیلهٔ برقی به وجود آید، رلهٔ مشخصی وجود دارد. در بسیاری از موارد، سازنده‌ها چند رله را باهم ترکیب کرده و تحت عنوان یک رله به بازار عرضه می‌کنند و به آنها فانکشن‌های حفاظتی گفته می‌شود. در بسیاری از استانداردها این فانکشن‌ها را با استفاده از کدها و اعداد مشخصی بیان می‌کنند. به عنوان مثال در استاندارد IEEE حفاظت در برابر افت ولتاژ را با عدد ۲۷ و حفاظت در برابر جریان زیاد لحظه‌ای را با عدد ۵۰ مشخص می‌کنند.
رله از نظر اتصال به شبکه به دو نوع اولیه (Primary) و ثانویه (Secondary) تقسیم می‌شود.

نوع رله	شرح	مزایا	معایب
رلهٔ اولیه	رله‌ای را که سیم‌پیچ تحریک کنندهٔ آن بطور مستقیم در مدار جریان اصلی قرار می‌گیرد، رلهٔ اولیه می‌نامیم. بوبین چنین رله‌ای به‌طور مستقیم از شبکه‌ای که باید حفاظت شود، بدون واسطه تغذیه می‌شود. رله اولیه فقط برای نظارت بر مقدار جریان بکار برده می‌شود و اغلب روی کلید نصب می‌شود و دارای پتانسیل شبکه می‌باشد. قطع‌کنندهٔ کلید که دارای رلهٔ اولیه است توسط یک بوبین قطع‌کننده انجام می‌شود	ارزان تر امکان تشخیص سریع‌تر اشکال در سیستم حفاظت	حجم بزرگ حساسیت کم‌تر عدم دسترسی در حین کار محدودیت جریان و ولتاژ
رلهٔ ثانویه	رله‌ای که سیم‌پیچ تحریک کنندهٔ آن بر روی سیم‌پیچ ثانویه ترانسفورماتور جریان یا ولتاژ از شبکه‌ای که باید حفاظت شود نیرو می‌گیرد، رله ثانویه نامیده می‌شود. رلهٔ ثانویه در جریان دائم به رله‌ای گفته می‌شود که توسط یک مقاومت سری به مدار اصلی وصل شده باشد. این‌گونه رله‌ها از نظر جریان، ثانویه و از نظر عایق‌بندی اولیه محسوب می‌شوند.	حجم کوچک‌تر حساسیت بیش‌تر	گران‌تر خرابی بیش‌تر

انواع رله از نظر نوع عملکرد	
رلهٔسنجشی	رلهٔ سنجشی رله‌ای است که با دقت و حساسیت معینی در موقع تغییر کردن یک کمیت الکتریکی و یا یک کمیت فیزیکی شروع بکار کند. چنین رله‌ای برای مقدار معینی از یک کمیت مشخص تنظیم می‌شود و اگر آن کمیت از مقدار تعیین و تنظیم شده کم‌تر و یا بیش‌تر شود، رله آن تغییرات را می‌سنجد و می‌توان آن قسمت از شبکه را که اتصالی شده است از مدار جدا کرد (مثل رلهٔ دیستانس).
رلهٔزمانی	رلهٔ زمانی مؤثرترین عضو یک رله در حفاظت موضعی و سلکتیو است. رلهٔ زمانی نه تنها در حفاظت تأسیسات الکتریکی بلکه در خودکار کردن آنها نیز مورد استفادهٔ بسیار دارد. رلهٔ زمانی هیچ وقت به تنهایی به‌کار برده نمی‌شود، بلکه با رلهٔ سنجشی در حفاظت شبکه الکتریکی مصرف می‌شود و مورد استفادهٔ آن در محلی است که خواسته باشیم به‌طور عمد تأخیری در عمل قطع و یا وصل ایجاد کنیم.
رلهٔجهت‌یاب	برای کنترل و سنجش جهت توان در شبکه الکتریکی و یا قسمتی از شبکهٔ جریان متناوب از رلهٔ جهت‌یاب استفاده می‌شود. به کمک رلهٔ جهت‌یاب می‌توان فقط آن قسمت از شبکه را که خسارت دیده و معیوب شده است، از مدار خارج کرد. حتی می‌توان از این رله جهت حفاظت ژنراتور و توربین در موقع برگشت توان نیز استفاده نمود. مثلاً هنگام اتصال برق ساحل به تابلو برق در حالی که ژنراتور به آن وصل است.
رلهٔخبردهنده	وظیفهٔرلهٔ خبردهنده نمایان ساختن و مشخص کردن تغییراتی است که در تغذیهٔ شبکه پیش آمده است. بعضی از رله‌های خبردهنده علت قطع شدن و پریدن کلید خودکار را نیز مشخص می‌کنند. در ضمن رلهٔ خبردهنده نشان می‌دهد که آیا کلیدی که باید قطع شود، قطع شده یا به علت اختلالاتی که در مدار فرمان آن موجود است، زمان قطع به کلید نرسیده و به حال وصل باقی مانده است.
رلهٔ کمکی	رلهٔ سنجشی اغلب در موقعی که خطایی در شبکه پیش می‌آید، عامل فعال شدن کلید یا کنتاکتی است که توسط آن مدار،فرمان قطع کلید داده می‌شود. زیرا نیروی مکانیکی رلهٔ سنجشی برای قطع کردن کلیدهای قدرت با فنرهای سنگین و محکم به هیچ وجه کافی نیست. از این جهت است که رلهٔ سنجشی مستقیماً کلید قدرت را قطع نمی‌کند، بلکه موجب تحریک رلهٔ دیگری به اسم رلهٔ فرعی یا رلهٔ کمکی می‌شود. این رله دارای مدار تغذیهٔ جداگانهٔ مستقلی است و به وسیلهٔ جریان دائم با ولتاژ ۱۱۰ یا ۲۲۰ ولت تغذیه می‌شود و دارای چنان نیرویی است که می‌تواند کلیدهای فشار قوی با قدرت زیاد را قطع و وصل کند.

از آن‌جا که ساختمان رله‌های حفاظتی، با توجه به پیشرفت‌های علمی، پیوسته درحال تغییر است، لذا در این بخش فقط اصول کلی عملکرد و مورد استفادهٔ رله‌های متداول شرح داده می‌شود. انواع مختلف این رله‌ها در تابلو برق شناورها وجود دارد.

انواع رله‌های حفاظتی به لحاظ کاربردی

رلهٔ اضافه بار (OVERLOAD RELAY):

در صورتی که از تجهیزات مختلف مانند موتورها، ژنراتورها و ترانس‌ها توانی بیش از توانی که وسیله برای آن طراحی شده است کشیده شود، دمای وسیله افزایش پیدا می‌کند که این افزایش دما می‌تواند مخرب باشد. (به‌عنوان مثال الکتروموتور مکش آب دریا در ایرکاندیشن شناور). از این رو باید به طریقی تجهیزات را از اضافه بار محافظت کرد. معمولاً اضافه بار در تجهیزات باعث عبور جریانی بیش از جریان نامی از آنها می‌شود. نوعی از این رله‌ها که در شکل زیر آمده است و کاربرد زیادی در راه‌اندازی الکتروموتورها دارد، بی متال نام دارد. بنابر این می‌توان با اندازه‌گیری جریان عبوری و یا دمای تجهیزات به وقوع اضافه بار در آنها پی برد. این کار توسط رلهٔ اضافه بار صورت می‌گیرد. این رله‌ها را می‌توان به گونه‌ای تنظیم کرد تا در جریان خاصی عمل کنند. معمولاً این جریان را بین ۵ تا ۲۵ درصد بیش‌تر از جریان نامی وسیله در نظر می‌گیرند(شکل ۲۲).

شکل ۲۲- رلهٔ اضافه بار

رله جریان زیاد (OVER CURRENT)

اتصال یک یا چند فاز به زمین و یا دو یا سه‌فاز به یکدیگر باعث عبور جریان بسیار زیادی از شبکه می‌شود که به این حالت اتصال کوتاه گفته می‌شود. این حالت از روی جریان عبوری از وسیله و توسط رلهٔ جریان زیاد تشخیص داده می‌شود. به‌عنوان مثال اتصال دو فاز در الکتروموتور پمپ خن شناور(شکل ۲۳).

شکل ۲۳- رلهٔ جریان زیاد

رلهٔ جریان پایین (UNDRE CURRENT RELAY)

شکل ۲۴- رلهٔ جریان پایین

در بسیاری از موارد افت جریان ورودی به وسیله، می‌تواند نشانگر وقوع ایرادی در شبکه باشد. به عنوان مثال قطع بار ناخواسته یک موتور الکتریکی می‌تواند باعث کاهش جریان ورودی به موتور شود. در این موارد از این رله برای تشخیص خطا استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال عدم مَکش سوخت توسط پمپ جابه‌جایی سوخت در شناورها(شکل ۲۴).

رلهٔ افت ولتاژ (UNDER VOLTAGE RELAY)

شکل ۲۵- رلهٔ افت ولتاژ

کاهش ولتاژ شبکه می‌تواند یکی از حالت‌های غیر عادی باشد که برای تجهیزات مختلف الکتریکی مانند موتورها، روشنایی‌ها وسایر دستگاه‌ها، خطرناک باشد. این حالت در موتورها باعث داغ شدن آنها می‌شود. افت ولتاژ بیش از حد شبکه توسط نوع خاصی از رله به نام رلهٔ افت ولتاژ تشخیص داده می‌شود. این رله را معمولاً بین ۸۰ تا ۹۰ درصد ولتاژ نامی تنظیم می‌کنند. این مشکل اغلب در شناورها بر اثر عدم تعادل بار یا اتصالی رخ می‌دهد(شکل ۲۵).

رلهٔ افزایش ولتاژ (OVER VOLTAGE RELAY)

شکل ۲۶- رلهٔ افزایش ولتاژ

همانند افت ولتاژ، افزایش ولتاژ نیز می‌تواند برای تجهیزات در شبکه خطرناک باشد. این حالت نیز توسط نوع خاصی از رله به نام رلهٔ اضافهٔ ولتاژ تشخیص داده می‌شود. البته رله‌هایی هستند که به تنهایی در برابر افزایش و کاهش ولتاژ عکس‌العمل نشان می‌دهند و به آنها رلهٔ ولتاژی می‌گویند. این مشکل نیز در شناورها اغلب به دلیل عدم تعادل بار رخ می‌دهد(شکل ۲۶).

رلهٔ دیفرانسیل (DIFFERENTIAL RELAY)

در بسیاری از بخش‌ها و تجهیزات شبکه توزیع، با اندازه‌گیری اختلاف جریان ورودی و خروجی، می‌توان وقوع خطا در داخل آن بخش یا دستگاه را تشخیص داد. در حالتی که دستگاه سالم باشد، جریان خروجی با جریان ورودی برابر بوده ولی در مواقع وقوع خطا نظیر اتصال کوتاه با زمین، بخشی از جریان از دستگاه خارج نشده و وارد زمین می‌شود و بنابر این جریان ورودی با جریان خروجی برابر نخواهد بود. در رله‌های دیفرانسیل از این اصل برای حفاظت وسایل مختلف استفاده می‌شود. این رله کاربرد بسیار زیادی در شناورها دارد، چون خطای اتصال کوتاه از نظر ایمنی برای آنها اهمیت زیادی دارد(شکل ۲۷).

شکل ۲۷- رلهٔ دیفرانسیل

رلهٔ دیستانس (DISTANCE RELAY)

این رله معمولاً برای حفاظت خطوط انتقال، کابل‌ها و باس بار در برابر اتصال به زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورتی که یک خط انتقال در بین مسیر به زمین متصل شده باشد، مقاومتی که از یک طرف خط دیده می‌شود کاهش می‌یابد. رله‌های دیستانس از این مفهوم برای تشخیص خطا استفاده می‌کنند. این رله‌ها نیز در شناورها کاربرد بسیار دارند(شکل ۲۸).

شکل ۲۸- رلهٔ دیستانس

رلهٔ نشتی به زمین (EARTH LEAKAGE RELAY)

در سیستم‌های سه‌فاز در شرایط کار عادی، جمع برداری جریان‌های سه‌فاز برابر صفر است. در حالتی که یک یا دو فاز به زمین متصل شده باشد، این جمع برابر صفر نخواهد بود و درنتیجه از سیم نول یا NEUTRAL که در شرایط عادی جریانی نمی‌گذرد، در این حالت جریان عبور خواهد کرد. رلهٔزمین با استفاده از جریان خط NEUTRAL و یا جمع برداری جریان‌های سه‌فاز به وقوع خطا پی برده و دستور قطع را صادر می‌کند(شکل ۲۹).

شکل ۲۹- رلهٔ زمین

رلهٔ برگشت توان (REVERSE POWER RELAY)

این رله جهت عبور توان الکتریکی را تشخیص داده و در صورتی که توان درجهتی غیر از جهت مشخص شده بخواهد عبور کند، دستور قطع را برای وسیله صادر می‌کند. در شناورها ممکن است تحت شرایطی ژنراتور به جای تحویل توان به شبکه، از شبکه توان گرفته و به عنوان موتور کار کندکه این امر می‌تواند برای ژنراتور بسیار خطرناک باشد. بنابر این در این حالت‌ها از رله‌های برگشت توان استفاده می‌شود(شکل ۳۰).

شکل ۳۰- رلهٔ برگشت توان

رلهٔ ولتاژهای نامتعادل (UNBALANCED VOLTAGE RELAY)

شکل ۳۱- رلهٔ ولتاژهای نا متعادل

در سیستم‌های سه‌فاز در حالت عادی باید اندازهٔ ولتاژ سه‌فازنسبت به هم و نسبت به زمین بایکدیگر برابر بوده و فاز ولتاژها نیز ۱۲۰ درجه با هم اختلاف داشته باشند .در بعضی موارد ممکن است خلاف این امر صورت گیرد که می‌تواند برای برخی تجهیزات نظیر موتورها مخرب باشد. موتورها در اثر ولتاژهای نامتعادل نمی‌توانند توان لازم را به بار بدهند و در نتیجه گرم می‌شوند. رله، ولتاژهای نامتعادل وقوع این حالت را تشخیص داده و در صورتی که عدم تعادل از حد معینی بیش‌تر شد دستور قطع مدار را صادر می‌کند. این مشکل در شناورها زیاد اتفاق می‌افتد(شکل ۳۱).

رلهٔ کنترل فاز (PHASE CONTROL RELAY)

رلهٔ کنترل فاز برای مراقبت فازها در شبکهٔ سه‌فاز به‌کار برده می‌شود. این رله با برق ۲۲۰ ولت و ۳۸۰ ولت سه فاز کار می‌کند و به محض قطع یکی از فازهای مدار، یا جابجایی آن، جریان بوبین نگه دارندهٔ کلید قطع شده و کلید در حالت بسته قرار می‌گیرد و با عبور جریان از طریق این کلید می‌توان بوبین کلید قدرت (دیژنگتور) را فعال نمود تا باعث قطع جریان اصلی مدار شود. البته برخی از این رله‌ها تنها به قطع یکی از فازها حساس‌اند و نه به جابه‌جایی فاز. یعنی رله‌های توالی فاز و رله قطع یک فاز به‌صورت جدا گانه نیز موجود می‌باشد(شکل۳۲).

شکل ۳۲- رلهٔ کنترل فاز

رلهٔ بوخهولتز (BUCHHOLZ RELAY)

این رله برای حفاظت ترانسفورماتورهایی که با روغن پر شده‌اند مورد استفاده قرار می‌گیرد. وقوع یک خطا مثل جرقه در ترانسفورماتور یا گرم شدن و OVER LOAD شدن آن باعث تجزیهٔ روغن به گاز و افزایش فشار داخل مخزن روغن می‌شود. رله بوخهولتز این افزایش فشار گاز را حس کرده و دستور قطع (Trip) را صادر می‌کند. هم‌چنین در صورت کاهش سطح روغن داخل ترانس نیز این رله عمل می‌کند(شکل ۳۳).

شکل ۳۳- رلهٔ بوخهولتز

رلهٔ فرکانسی (FREQUENCY RELAY)

این رله، فرکانس شبکه را چک می‌کند تا کم‌تر و یا بیش‌تر از حد مشخصی نباشد. این حفاظت معمولاً برای ژنراتورها به کار برده می‌شود(شکل۳۴).

شکل ۳۴- رلهٔ فرکانس

رلهٔ چک سنکرون (SYNCHROSCOPE RELAY)

این رله در ژنراتورها به کار برده می‌شود و شرایط سنکرون بودن ژنراتور با شبکه را چک می‌کند. در صورتی که این شرایط اعم از فرکانس و یا اندازهٔ ولتاژ برقرار نباشد، ژنراتور نمی‌تواند با شبکه سنکرون شود. در شناورها برای پارالل (موازی) کردن دو ژنراتور یا یک ژنراتور با برق ساحل از این رله و فرایند آن استفاده می‌گردد(شکل ۳۵).

شکل ۳۵- رلهٔ چک سنکرون

تحقیق کنید

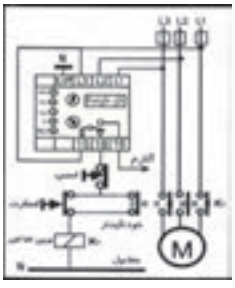
با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، در خصوص عملکرد بی متال تحقیق کنید.

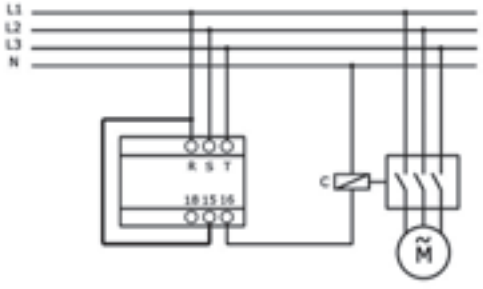
تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، درمورد کاربرد رلهٔ کنترل فاز، عملکرد این رله و تنظیمات آن تحقیق نمایید.

فعالیت کارگاهی

یک رلهٔ کنترل فاز را تهیه نموده و در مسیر سه‌فاز یک مصرف کننده قرار دهید، سپس دو فاز را از محل فیوز جابجا کرده و عملکرد رلهٔ کنترل فاز را مشاهده نمایید. سپس یکی از فازها را قطع کرده و عملکرد آن را ببینید.





تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، درمورد رله‌های SSR و کاربرد آنها تحقیق کنید.

نمایش فیلم

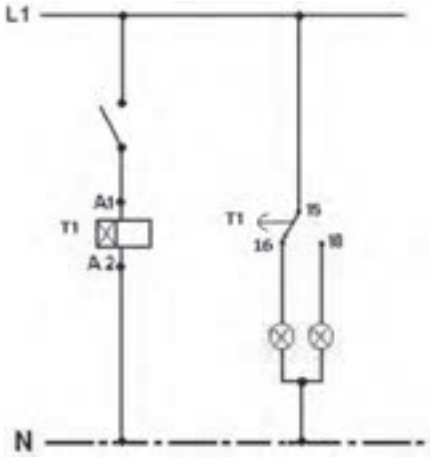
کاربری رله‌ها را مشاهده نمایید.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، درمورد رله‌های تایمر و انواع آن تحقیق نمایید.

فعالیت کارگاهی

مانند شکل، یک تایمر تهیه نموده و قسمت بوبین آن را با یک کلید ساده فعال نمایید. به تیغه‌های آن دو لامپ متصل کرده و نتیجه را ببینید.



ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۱	به‌کارگیری اجزای قطع کننده در شبکه توزیع	تجهیزات: ابزار و وسایل مورد نیاز مکان: کارگاه آموزشی	بالاتر از حد انتظار	_هنرجو کاربری و تقسیم‌بندی کلیدها را بداند و بتواند از کلیدهای مطرح شده در مدار استفاده نموده و راه‌اندازی کند. _کاربری و تقسیم‌بندی و تست فیوزها را بداند و قطعات و مشخصات آنها را بگوید. _رله‌ها را شناسایی کرده و تقسیم‌بندی نماید. همچنین مشخصات و عملکردشان را بگوید.	۳
			در حد انتظار	_کاربری ها و تقسیم کلیدها را به طور کامل انجام ندهد. _کاربری،تست ومشخصات فیوزها را به کامل بیان نکند. _تقسیم بندی ها وکارکرد های رله را به طورکامل بیان نکند.	۲
			پایین تر از حد انتظار	-انواع و تقسیمات کلیدها را ناقص بیان کند و نتواند مدارهای مربوطه را فعال کند. -فیوزها را ناقص شناسایی کرده و نتواند مشخصات آنها را بیان نماید. -کاربری رله‌ها و تقسیم‌بندی آنها را ناقص بیان نماید.	۱

تابلوها و ترانس‌های توزیع

تابلوهای توزیع در صنایع و به دنبال آن در شناورها، به نوعی محل کنترل و واسط بین مولدها و مصرف کننده‌ها هستند. در این بخش به اجزای دیگر موجود در تابلوها و نیز ترانس‌های مرتبط با آن ها می‌پردازیم.

باس‌بار (BUSBAR)

باس‌بار یا شینه عبارت است از یک هادی به شکل لوله‌ای، سیمی و یا تسمه‌ای که انرژی الکتریکی از طریق آن منتقل می‌شود. به عبارت ساده‌تر شینه یک هادی است که به‌وسیله انشعاب های متعدد به منابع تولید و مراکز مصرف متصل است. جنس شین ممکن است مس یا آلومینیوم باشد.

شینه‌بندی: نحوهٔ ارتباط الکتریکی فیدرهای مختلف را به یک باس بار و به یکدیگر و ایجاد ساختار و اتصال‌های بین تجهیزات را «شینه‌بندی» گویند.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، در مورد عوامل مؤثر در شینه‌بندی و هم‌چنین اهمیت حفاظت از شینه تحقیق نمایید.

انواع شین از نظر شکل ظاهری		
شین تخت	شین تخت یا تسمه‌ای اغلب از جنس مس می‌باشد و بیش‌تر در سطح ولتاژ ۲۰ کیلو ولت مورداستفاده قرارمی‌گیرد. از مزایای این شین برقراری اتصال ها و انشعاب به سهولت و بدون استفاده از کلمپ مخصوص می‌باشد. شین تخت در تابلو برق شناورها کاربرد دارد.	
شین طنابی	این شین ازجنس آلومینیوم یا مس بوده و شکل ظاهری آن شبیه سیم‌های مورد استفاده در خطوط هوایی است. از این نوع شین در سطوح ولتاژ ۱۳۲،۶۳و ۲۳۰ کیلوولت استفاده می‌شود. از مزایای آن سهولت احداث و سرعت در تعمیراست.	
شین لوله‌ای	اغلب از جنس آلومینیوم می‌باشد و برای سطوح ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت و بالاتر به کار می‌رود زیرا در ولتاژهای بالا به‌علت اثر پدیده پوسته‌ای در شین‌های طنابی جریان در مرکز سیم حداقل می‌باشد و قسمت اعظم جریان از سطح خارجی سیم عبور می‌نماید. بنابراین با لوله‌ای ساختن شین می‌توان وزن باس‌بار در نتیجه هزینهٔ آن را کاهش داد.	

باس‌بارها نسبت به کابل‌ها دارای مزایای زیر هستند:

الف) انتقال حرارت از آنها بهتر صورت گرفته و در نتیجه جریا ن‌های بیش‌تری را می‌توانند عبور دهند.

ب) نسبت به کابل‌ها به فضای کم‌تری احتیاج دارند و دارای ساختار فشرده‌تری هستند.

پ) بر خلاف کابل‌ها در اثر حرارت نمی‌سوزند.

ت) نسبت به کابل‌ها هزینهٔ تمام شدهٔ کم‌تری دارند و برای نصب آنها زمان کم‌تری لازم است.

ث) ساختار آنها را به راحتی می‌توان تغییر یا گسترش داد.

ج) وجود Bus Duct در اطراف باس‌بارها باعث می‌شود تا میدان‌های مغناطیسی ایجاد شده در اثر عبور جریان، تأثیر کم‌تری روی کابل‌های داده داشته باشد.

مهم‌ترین عواملی که با عث بروز اتصال کوتاه در شینه‌ها می‌شوند عبارت‌اند از:

۱- ناتوانی مقره‌های نگه‌دارنده که شینه‌های قدرت به‌وسیله آنها از زمین یا بدنهٔ تابلوها عایق می‌شوند.

۲- به هنگام بروز اضافه ولتاژ، قوس از نگه‌دارندهٔ عایقی عبور کرده و اتصال کوتاه بوجود می‌آید.
۳- آلودگی در مناطقی که آلودگی زیادی دارد باعث ایجاد قوس می‌گردد. (سطح عایقی، هادی شده و باعث عبور جریان خزشی می‌شود).
۴- زمین لرزه، خرابی‌های مکانیکی، لرزش‌ها و موج، ارتعاش و لرزش در شناورها.

نمایش فیلم

شینه‌ها و کاربری آنها را مشاهده کنید.

ترانس (TRANSFORMER)

ترانسفورماتورها تجهیزاتی هستند که انرژی الکتریکی را،بدون ارتباط الکتریکی، از یک مدار به مدار دیگرمنتقل می‌کنند. این انتقال انرژی از طریق میدان‌های مغناطیسی صورت می‌گیرد. یک ترانسفورماتور، در ساده‌ترین حالت از سه قسمت سیم‌پیچ اولیه، سیم‌پیچ ثانویه و هسته تشکیل شده است. سیم‌پیچ اول را که انرژی الکتریکی آن از شبکهٔ تغذیهٔ AC تأمین می‌شود سیم‌پیچ اولیه و سیم‌پیچ دیگر را که انرژی الکتریکی از آن گرفته می‌شود، سیم‌پیچ ثانویه می‌نامند.

به‌طور کلی رابطهٔ زیر بین ولتاژها و جریان‌های دو سیم‌پیچ اولیه و ثانویهٔ ترانس برقرار است:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

به ترانسفورماتورهایی که اندازه ولتاژ را افزایش می‌دهند یعنی دارای نسبت تبدیل بزرگ‌تر از یک هستند، ترانسفورماتورهای«افزاینده»و به ترانسفورماتورهایی که اندازهٔ ولتاژ را کاهش می‌دهند، یعنی نسبت تبدیل آنها کوچک‌تر از یک است، ترانسفورماتورهای«کاهنده»گفته می‌شود. ترانسفورماتورها علاوه بر کاربرد خاص خودشان، به‌عنوان ایزوله کننده نیز هستند (شکل ۳۶).

شکل ۳۶- ترانس

با توجه به این‌که بیش‌تر ترانس‌های موجود در شبکه سه‌فاز می‌باشند سعی می‌شود بیش‌تر به بررسی ترانس‌های سه‌فاز پرداخته شود. چون همان‌گونه که می‌دانیم ولتاژهای تولید شده در نیروگاه‌ها یا ژنراتور کشتی‌ها، و

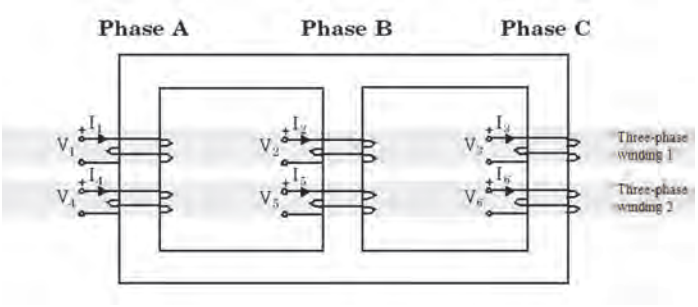
هم‌چنین انتقال الکتریکی نیز به صورت سه‌فاز می‌باشد، به همین دلیل ترانس‌های توزیع را نیز اغلب به صورت سه‌فاز می‌سازند.

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌و جو در اینترنت، در مورد معایب و مزایای انواع ترانس‌های تک فاز و سه‌فاز تحقیق کنید.

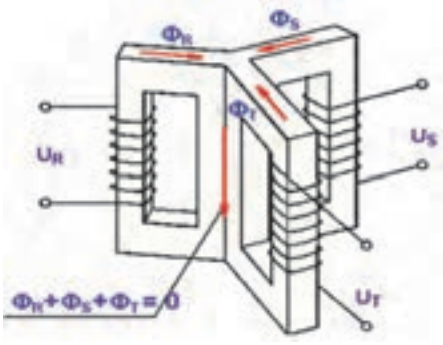
در حالت کلی می‌توان گفت ترانس های سه‌فاز از نظر ساختمان به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) ترانسفورماتور سه‌فاز سه‌پارچه: ترانسفورماتورهای سه‌فازی که از ۳ ترانسفورماتور تک‌فاز تشکیل می‌شوند (شکل ۳۷).

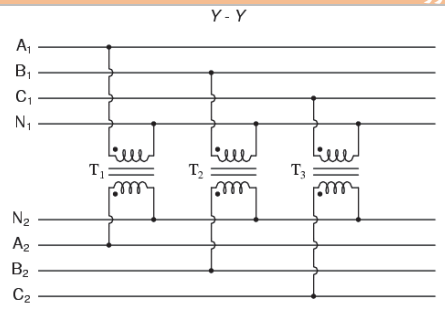
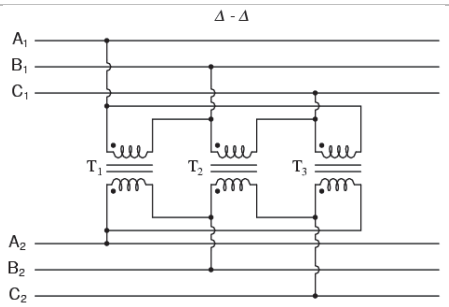
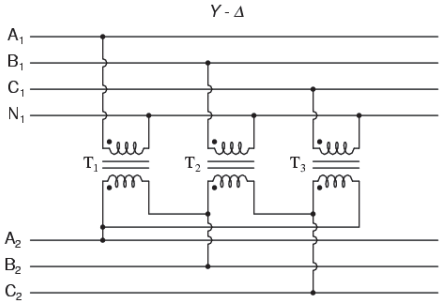
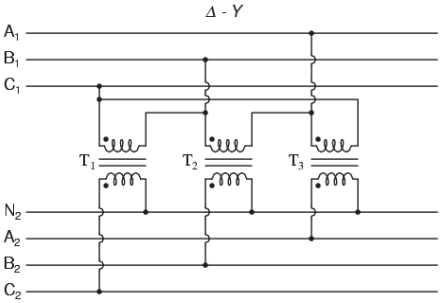


شکل ۳۷- ترانسفورماتور سه‌فاز سه‌پارچه

ب) ترانسفورماتور سه‌فاز یک‌پارچه: ترانسفورماتورهای سه‌فازی که دارای یک هستهٔ مشترک می‌باشند (شکل ۳۸).



شکل ۳۸- ترانسفورماتور سه‌فاز یک‌پارچه

اتصال های اصلی ترانسفورماتورها		
اتصال ستاره – ستاره (Y-Y)	این اتصال از نظر اقتصادی برای اکثر ترانسفورماتورها مقرون به‌صرفه است. زیرا ولتاژ خط به خط بر روی دو سیم‌پیچ می‌افتد و نیاز به عایق‌بندی بالا ندارد. اگر یک مجموعه ولتاژ سه‌فاز به یک ترانسفورماتور با اتصال ستاره – ستاره اعمال شود، ولتاژها در هر فاز با فاز دیگر دارای ۱۲۰ درجهٔ الکتریکی اختلاف فاز هستند.	
اتصال مثلث – مثلث (Δ-Δ)	این اتصال برای ترانس‌های فشار ضعیف که در آنها مسألهٔ عایق‌بندی اهمیت زیادی ندارد کاربرد دارد. یکی از مزایای این اتصال این است که اگر یکی از فازها از خط خارج شود یا از کار بیفتد ترانس می‌تواند به صورت مثلث باز به کار خود ادامه دهد، اگرچه ظرفیت آن کاهش می یابد.	
اتصال ستاره – مثلث (Y- Δ)	کاربرد اصلی این اتصال در پست‌های فرعی انتقال می‌باشد.جایی که ولتاژ پایین آورده می‌شود چون در این پست‌ها در طرف اولیه ولتاژ بالاتری داریم، در نتیجه از اتصال ستاره استفاده می‌کنیم تا شکل عایق‌بندی را نیز حل کرده باشیم و در طرف ثانویه که ولتاژ را پایین آورده‌ایم از اتصال مثلث استفاده می‌کنیم.	
اتصال مثلث – ستاره (Δ-Y)	این اتصال به‌طور کلی در جاهایی به کار گرفته می‌شود که بالا بردن ولتاژ ضروری باشد. به عنوان مثال در ابتدای سیستم انتقال فشار قوی.	

تقسیم‌بندی ترانس‌ها از نظر کاربرد

ترانسفورماتورهای قدرت (POWER TRANSFORMER)

شکل ۳۹- ترانسفورماتور قدرت

به ترانسفورماتورهایی که در مسیر انتقال انرژی از ژنراتورها به مصرف کننده‌ها قرار می‌گیرند، ترانسفورماتورهای قدرت گفته می‌شود. برای انتقال توان الکتریکی به مسافت‌های دور، به منظور کاهش تلفات در طول مسیر، با استفاده از ترانس‌های افزاینده، ولتاژ را بالا برده و به این طریق جریان کاهش می‌یابد. پس از انتقال انرژی و قبل از توزیع بین مصرف‌کننده‌ها، دوباره با استفاده از ترانسفورماتورهای کاهنده، ولتاژ پایین آورده می‌شود(شکل ۳۹).

ترانس‌های جریان (CURRENT TRANSFORMER)

از آن‌جا که جریان در خطوط و کابل‌های فشارقوی بسیار زیاد است، هم‌چنین برای اندازه‌گیری جریان بدون قرار دادن آمپرمتر در مسیر جریان، با استفاده از آمپرمترهای معمولی نمی‌توان این جریان‌ها را اندازه گرفت. به همین علت با استفاده از یک ترانس مخصوص، اندازهٔ جریان را با نسبت مشخصی کاهش داده و آن را اندازه می‌گیریم. به این ترانس، ترانس جریان می‌گویند. CT از یک سیم‌پیچی تشکیل شده است که اطراف کابل یا شمش فشارقوی قرار می‌گیرد. عبور جریان از این کابل یا شین باعث ایجاد میدان مغناطیسی اطراف آن می‌شود که این میدان، در داخل سیم‌پیچی CT، جریان القا می‌کند. ترانس‌های جریان، علاوه بر کاهش اندازهٔ ولتاژ، مدارهای اندازه‌گیری را نیز از مدارهای قدرت ایزوله می‌کنند(شکل ۴۰).

شکل ۴۰- ترانس‌های جریان

ترانس‌های ولتاژ (POTENTIAL TRANSFORMER)

برای اندازه‌گیری ولتاژهای فشارقوی، نمی‌توان از ولت‌مترهای معمولی به صورت مستقیم استفاده کرد. به این دلیل با استفاده از نوع خاصی از ترانسفورماتورها که به ترانس ولتاژ یا PT معروف هستند، اندازهٔ ولتاژ را با نسبت مشخصی کاهش داده و آن را با استفاده از ولت‌متر اندازه می‌گیرند و با توجه به نسبت تبدیل این ترانس‌ها اندازهٔ واقعی ولتاژ را نشان می‌دهند. PT ها علاوه بر کاهش اندازهٔ ولتاژ، مدارهای اندازه‌گیری و حفاظت را نیز از مدارهای قدرت ایزوله می‌کنند(شکل ۴۱).

شکل ۴۱- ترانس های ولتاژ

اتوترانس‌ها (AUTO TRANSFORMER)

در ترانسفورماتورهای معمولی از دو سیم‌پیچ استفاده شده است که این دو از هم جدا بوده و نسبت به هم اتصال الکتریکی ندارند. در نوع خاصی از ترانسفورماتورها که به اتوترانس معروف هستند، فقط از یک سیم‌پیچ به عنوان اولیه استفاده شده است که قسمتی از حلقه‌های آن به عنوان سیم‌پیچ ثانویه به کار برده می‌شود. به گونه‌ای که با حرکت یک بخش لغزان بر روی سیم‌پیچ تعداد حلقه‌هایی که به سیم پیچ ثانویه اختصاص پیدا می‌کند تغییر کرده و به این طریق نسبت تبدیل‌های مختلف برای ترانس حاصل می‌گردد که این امر یکی از قابلیت‌های مهم اتوترانس‌هاست. از این رو از اتوترانس‌ها در مواردی که به ولتاژهای مختلف یا متغیر احتیاج است استفاده می‌شود. به عنوان مثال برای راه‌اندازی موتورهای القایی و یا به منظور افزایش ولتاژ و یا تصحیح افت ولتاژ سه‌فاز می‌توان از این ترانس‌ها استفاده کرد (شکل ۴۲).

شکل ۴۲- اتو ترانس ها

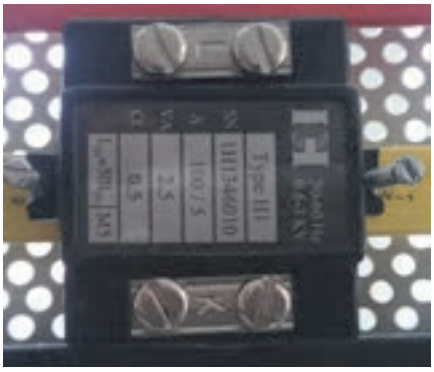
ترانس‌های روشنایی (LIGHTING TRANSFORMER)

برای انتقال برق سه‌فاز از یک نقطه به نقطهٔ دیگر، اغلب، تنها از سه سیم مربوط به فازهای مختلف استفاده می‌شود. با توجه به نیاز سیستم‌های روشنایی به سیم نول، از یک ترانس استفاده می‌شود که در آن سیم‌پیچ های ثانویه به صورت ستاره بسته شده و از این رو یک نقطهٔ نول برای اتصال تجهیزات روشنایی به برق ایجاد می‌شود. ترانس‌های روشنایی معمولاً دارای نسبت تبدیل یک هستند. این ترانس‌ها در انواع مختلف کشتی‌ها نیز کاربرد دارند(شکل ۴۳).

شکل ۴۳- ترانس روشنایی

فعالیت کارگاهی

یک ترانس جریان تهیه نموده و مشخصات اصلی از جمله نسبت تبدیل آن را بخوانید.



فعالیت کارگاهی

یک ترانس ۲۲۰ ولت به ۱۲ ولت را تهیه نموده و مقاومت ورودی و خروجی آن را اندازه بگیرید. چه نتیجه ای می‌گیرید؟

نمایش فیلم

کارکرد ترانس جریان، ترانس ولتاژ و ترانس روشنایی را مشاهده نمایید.

دستگاهای اندازه‌گیری و نشانگر

برای نگهداری صحیح و ارزیابی کمی و کیفی عملکرد مدارها و دستگاه‌های الکتریکی، نیاز است تا اندازهٔ آنها را نیز بتوانیم ببینیم و گاهی ثبت کنیم. لذا برای دیدن هر لحظهٔ این مقادیر، نشانگرها و اندازه‌گیرهایی در تابلوهای برق تعبیه می‌شود که به برخی از آنها اشاره می‌نماییم(شکل ۴۴).

شکل ۴۴- دستگاه‌های اندازه‌گیری و نشانگر

ولت‌متر (VOLT METER)

برای سنجش میزان اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از مدار از ولت‌متر استفاده می‌شود. ولت‌مترها به صورت موازی در مدار قرار می‌گیرند. اگر ولت‌متر به صورت سری در مدار قرار گیرد، به دلیل مقاومت بالای آن، جریانی از آن بخش از مدار نمی‌گذرد و در نتیجه آن بخش از مدار قطع خواهد بود.

ولت‌مترها را امروزه از نظر ساختمان، در دو نوع آنالوگ و دیجیتال تولید می‌کنند. ولت‌مترهایی که روی تا بلوی برق‌های سه‌فاز نصب می‌شوند، دارای محدوده (RANGE) ثابتی بوده و ممکن است به همراه یک SELECTOR SWITCH برای اندازه‌گیری ولتاژ فازهای مختلف یک سیستم سه‌فاز مورد استفاده قرار گیرد. در تابلوی برق شناورها این نوع ولت متر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع را در فعالیت کارگاهی این فصل اجرا نموده‌اید(شکل ۴۵).

شکل ۴۵- ولت متر

آمپرمتر(AMPER METER)

از آمپرمترها برای اندازه‌گیری جریان اجزای مختلف یک مدار استفاده می‌شود. آمپرمترها را باید به‌طور سری در مدار قرار داد و از این رو دارای مقاومت کم هستند. آمپرمترها را امروزه از نظر ساختمان می‌توان به دو دسته آنالوگ و دیجیتال تقسیم کرد. نوعی از آمپرمترها را که در شکل می‌بینید، برای نصب روی تابلو می‌سازند که به آنها آمپرمترهای تابلویی گفته می‌شود. این آمپرمترها معمولاً دارای محدودهٔ ثابتی هستند و در دو نوع آنالوگ و دیجیتال ساخته می‌شوند. گاهی آمپرمترها توسط ترانس‌های CT که قبلاً گفته شد، اندازهٔ جریان را می‌سنجند و به‌طور سری با بار متصل نمی‌شوند. این نوع در تابلوی برق شناورها استفاده می‌شوند. (شکل ۴۶)

شکل ۴۶- آمپر متر

وات‌متر (WATT METER)

وات‌مترها وسیلهٔ اندازه‌گیری توان الکتریکی هستند. برای اندازه‌گیری توان الکتریکی به اندازهٔ جریان و ولتاژ نیاز داریم. وات‌مترها در انواع سه‌فاز و تک‌فاز ساخته می‌شوند. وات‌مترهای تک‌فاز برای اندازه‌گیری توان به جریان و ولتاژ یک‌فاز احتیاج دارند بنابر این دارای دو ورودی هستند، ورودی جریان که به صورت سری و ورودی ولتاژ که به صورت موازی در مدار قرار می‌گیرد. در بعضی ازانواع وات‌مترهای تک‌فاز ممکن است در مجموع سه ترمینال برای دو ورودی جریان و ولتاژ در نظر گرفته شده باشد که در این حالت یکی از این ترمینال‌ها به صورت مشترک بین دو ورودی استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری توان‌های سه‌فاز، در حالتی که سه‌فاز متقارن باشند، به جریان یک‌فاز و اندازهٔ ولتاژهای سه‌فاز دیگر احتیاج است. لذا بر روی این وات‌مترها گاهی پنج ترمینال وجود دارد که دو ترمینال برای ورودی جریان و سه ترمینال برای اتصال به فازهای مختلف جهت اندازه‌گیری ولتاژ آنها درنظر گرفته شده باشد. در چنین حالتی ترتیب اتصال فازهای مختلف به وات‌متر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در صورت اتصال اشتباه آنها عددی که وات‌متر قرائت می‌کند اشتباه خواهد بود. درحالت کلی و برای اندازه‌گیری توان سه‌فاز در حالت‌های متقارن و نامتقارن ممکن است وات‌متر دارای شش ورودی باشد که از ولتاژها و نیز جریان هر سه‌فاز برای اندازه‌گیری توان استفاده کند(شکل ۴۷).

شکل ۴۷- وات متر

ضریب توان سنج (COSφ METER)

این دستگاه برای اندازه‌گیری اختلاف فاز بین دو کمیت ولتاژ و جریان در سیستم‌های AC به کار برده می‌شود. در سیستم‌های AC در صورتی که از خازن یا سلف استفاده شده باشد، ممکن است تغییرات ولتاژ جلوتر یا عقب‌تر از تغییرات جریان باشد. دراین حالت بین دو کمیت ولتاژ و جریان، اختلاف فاز به وجود می‌آید. در صورتی که خاصیت سلفی مدار بیش‌تر باشد تغییرات جریان عقب‌تر از تغییرات ولتاژ و در صورتی که خاصیت خازنی مدار بیش‌تر باشد، تغییرات جریان جلوتر از تغییرات ولتاژ است. در واقع این دستگاه، COS زاویهٔ بین دو کمیت ولتاژ و جریان را اندازه می‌گیرد. در بسیاری از انواع Cosφ مترها ممکن است، خازنی یا سلفی بودن بار نیز نشان داده شود. دراین انواع، اگر عقربه به سمت راست حرکت کند بار سلفی و اگر به سمت چپ حرکت کند بار خازنی است. Cosφ مترها برای کار به ولتاژ و جریان شبکه احتیاج دارند. از این رو در آنها دو نوع ترمینال یکی برای اعمال ولتاژ اعم از تک فاز یا سه‌فاز و دیگری برای اعمال جریان وجود دارد. در اتصال این ترمینال‌ها باید دقت کرد تا ترمینال‌های جریان به صورت موازی در مدار قرار نگیرند چون به دلیل مقاومت کم بین ترمینال‌ها، دستگاه می‌سوزد(شکل ۴۸).

شکل ۴۸- ضریب توان سنج

فرکانس متر (FREQUENCY METER)

برای اندازه‌گیری فرکانس در یک شبکهٔ الکتریکی، از فرکانس‌متر استفاده می‌شود در شبکه‌های صنعتی در کشورهای آسیایی، اروپایی و آفریقایی از فرکانس ۵۰ هرتز و در کشورهای آمریکای شمالی و جنوبی از فرکانس ۶۰ هرتز استفاده می‌شود. در شناورها نیز با توجه به کشور سازنده یا سفارش دهنده، این فرکانس‌ها متفاوت است. در محدودهٔ مجاز تغییرات برای فرکانس یک شبکه، معمولاً بسیار کم‌تر از محدودهٔ مجاز برای تغییرات ولتاژ است و مقدار آن به نوع شبکه و حساسیت تجهیزات مورد استفاده بستگی دارد. معمولاً اغلب فرکانس مترهایی که در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند از انواع تابلویی هستند که به صورت ثابت بر روی تابلو نصب شده‌اند. این فرکانس مترها معمولاً محدودهٔ بین ۴۵ تا ۵۵ هرتز را پوشش می‌دهند و ممکن است در انواع دیجیتال و یا آنالوگ ساخته شده باشند(شکل ۴۹).

شکل ۴۹- فرکانس متر

مِگر (MEGA OHM METER)

هرگاه بخواهیم مقاومت عایقی دو نقطه را که نسبتاً زیاد می‌باشد (در حد مگا اهم مثلاً مقاومت بین سر سیم‌پیچ‌های متفاوت یک الکتروموتور یا یک ترانس ویا سر هر یک از فازها با بدنهٔ ترانسفورماتور یا الکتروموتورو یا سرهای کابل برق ساحل شناور با یکدیگر) بسنجیم از «مِگر» استفاده می‌کنیم. طریقهٔ کار مِگر بدین صورت است که با چرخاندن دسته محرک یا همان هندل دستی (یا فشردن کلید دستی روی مگر) دستگاه شروع به تولید ولتاژ DC می‌کند. سیم‌های مثبت و منفی مگر باید به دو نقطه که می‌خواهیم مقاومت عایقی آن را بسنجیم، متصل باشند و با اعمال این ولتاژ به آنها مقاومت آنها اندازه‌گیری می‌شود و هرچه عقربه به سمت بی نهایت برود عایق بهتری خواهیم داشت و اگر به سمت صفر میل کند مقاومت کم‌تری خواهیم داشت. بر روی دستگاه مگر اندازه ای وجود دارد که بر روی آن ولتاژهای ۱۲۵۰ و ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ نوشته شده است که معمولاً اندازهٔ ۲۵۰۰ را برای اتصال سیم‌پیچ فشار ضعیف به بدنه و رنج ۵۰۰۰ را برای سیم‌پیچ فشار قوی و بدنه مثلاً مقاومت بین سرهای سیم‌پیچ‌های متفاوت یک الکتروموتور یا یک ترانس ویا سر هر یک از فازها با بدنه ترانسفورماتور یا الکتروموتورو یا سرهای کابل برق ساحل شناور با یکدیگربه کار می‌برند(شکل ۵۰).

شکل ۵۰ - مگر

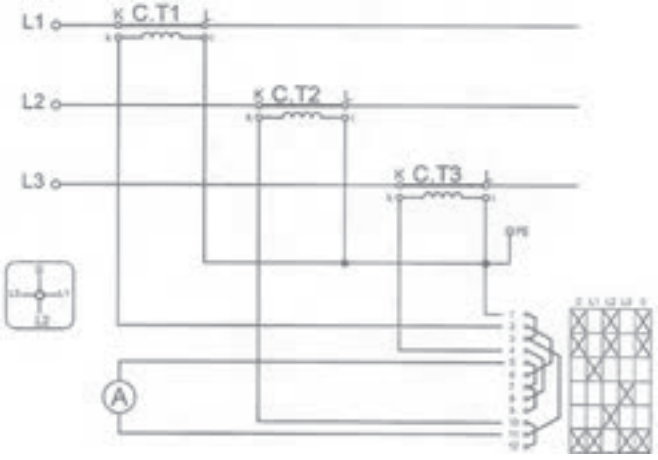
شکل ۵۱- همزمان نما

همزمان نما (SYNCHROSCOPE)

این دستگاه از یک استاتور و یک روتور تشکیل شده است که استاتور آن از شبکه و روتور آن از یک شبکهٔ دیگر که می‌خواهیم پارالل (موازی) کنیم، تغذیه می‌شود. در استاتور جریان متناوبی هم‌فاز با ولتاژ شبکهٔ اول حوزهٔ متغیر و متناوبی با فرکانس آن ایجاد می‌گردد و در روتور جریان سه‌فاز حوزه دواری ایجاد می‌کند که فرکانس آن متناسب با فرکانس شبکهٔ دوم است. اگر فرکانس این حوزه در روتور و استاتور برابر باشد، روتور به نشانهٔ سنکرون از گردش باز می‌ماند و متوقف شدن حرکت عقربهٔ دستگاه سنکروسکوپ علامت شرایط مناسب جهت پارالل نمودن دو شبکه است ولی اگر سرعت شبکهٔ اول نسبت به شبکهٔ دوم سریع یا آهسته باشد عقربهٔ سنکروسکوپ به سمت چپ و یا راست می‌گردد. در اتصال ژنراتورهای سنکرون به شبکهٔ برق، باید بین شبکه و ژنراتورشرایطی برقرار باشد که از آن جمله می‌توان به یکسان بودن فرکانس و فاز ولتاژ تولیدی ژنراتور و ولتاژ شبکه یا ژنراتور دوم اشاره کرد. برای چک کردن این شروط از دستگاه سنکروسکوپ استفاده می‌شود(شکل ۵۱).

فعالیت کارگاهی

مدار مربوط به ترانس جریان و آمپر متر روی تابلوی برق به صورت زیر است. در صورت امکان این مدار را در یک تابلو پیاده‌سازی کنید.



نمایش فیلم

انواع و کاربری ولت‌مترها، آمپرمترها، وات‌مترها، فرکانس مترها، میگر و سنکروسکوپ را مشاهده نمایید.

مقره (INSULATOR)

یکی از اجزای مهم شبکه‌های فشار قوی، مقره‌ها می‌باشند که بر حسب ولتاژ مورد استفاده و شرایط محیطی از نظر آلودگی و رطوبت و محل قرار گرفتن، شکل خاصی به خود می‌گیرند. وظایف مقره‌ها را در شبکه‌ها می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

۱- تحمل وزن هادی‌های خطوط انتقال و توزیع برای نگه‌داری سیم‌های هوایی روی پایه‌ها و دکل‌ها در بدترین شرایط (یعنی موقعی که ضخامت یخ و برف تشکیل شده روی سیم‌ها در حداکثر مقدار باشد) به گونه ای که بتوانند بیش‌ترین نیروهای مکانیکی وارد شده بر آنها را تحمل کنند.

۲- عایق‌بندی هادی‌ها و زمین و هادی‌ها با یکدیگر به عهده مقره است. یعنی مقره‌ها باید از استقامت الکتریکی کافی برخوردار باشند تا بتوانند بین فازهای شبکه و دکل‌ها که متصل به زمین هستند ایزولاسیون کافی برای تحمل ولتاژ فازها را داشته باشند.

در شناورها مقره‌ها کاربرد گسترده‌ای ندارند. اغلب برای اتصال شین‌ها به تابلوی برق استفاده می‌شوند. اما برای آشنایی با مقره‌ها آنها را معرفی می‌کنیم.

مقره‌ها باید دارای خصوصیاتی نظیر، استقامت الکتریکی بالا، استقامت مکانیکی بالا، عاری از ناخالصی و حفره‌های داخلی، ضریب اطمینان بالا، ضریب تلفات عایقی کم، مقاوم در برابر نفوذ آب،آلودگی‌ها و دما باشند.

جنس مقره‌ها

جنس مقره‌ها معمولاً از چینی یا شیشه است. (البته نوع کامپوزیتی آن نیز موجود است که در کشور ما استفاده نمی‌شود)

مقرهٔ چینی: این مقره به دلیل ساخت ساده‌تر و استقامت بالا، کاربرد بسیاری در صنعت توزیع برق دارد و در همه‌جا قابل رویت می‌باشد (شکل ۵۲).

شکل ۵۲- مقرهٔ چینی

مقرهٔ شیشه‌ای: معمولاً شیشه را در درجه حرارت‌های بالا با مخلوطی از مواد مختلف از جمله آهک و پودر کوارتز ذوب می‌نمایند و سپس به‌طور ناگهانی آن را سرد نموده و قالب‌ریزی می‌کنند. این کار باعث سفت شدن شیشه می‌شود. به علت تغییر شکل نسبی داخلی پس از سرد شدن، نمی‌توان مقره‌های بزرگی از آنها ساخت هم‌چنین گرد و خاک را به خود جذب می‌کند؛ لذا به این دلایل و برخی موارد دیگر از این نوع کم‌تر استفاده می‌شود (شکل ۵۳).

شکل ۵۳- مقره شیشه‌ای

انواع مقره‌ها بر حسب کاربرد		
مقره‌های خطوط هوایی	برای عایق کردن هادی‌ها نسبت به پایه (دکل) و نسبت به یکدیگر و نگهداری هادی‌ها بر روی پایه‌ها از این نوع مقره استفاده می‌شود.	
مقره‌های اتکایی	برای عایق‌کاری باس‌بارها در پست‌ها و تابلوها نسبت به زمین و نگهداری آنها از این نوع مقره‌ها استفاده می‌شود.	
مقره‌های عبوری یا بوشینگ	از این نوع مقره‌ها برای عبور باس‌بارها از دیواره‌ها یا ورود به تجهیزات استفاده می‌شود. هم‌چنین برای ایزوله کردن خطوط یا باس‌بارها نسبت دیواره‌ها یا بدنهٔ تجهیزات و تابلوهای برق هم به کار می‌رود.	

فعالیت کارگاهی

یک شینه را تهیه نموده و با یک مقره مانند شکل زیر به یک تابلوی برق محکم نمایید. مقاومت بین شین و بدنهٔ تابلو را اندازه بگیرید (درصورت امکان با میگر اندازه‌گیری کنید).

تابلو برق (SWITCHBOARD)

تابلو برق عبارت است از فضایی که تجهیزات برقی در آن نصب می‌شوند. این فضا ممکن است بسته نوع تابلو، باز یا بسته باشد. مشکلات ناشی از نصب تجهیزات و خطرات ناشی از عوامل محیطی و پدیده‌هایی مانند اتصال کوتاه که در تجهیزات الکتریکی روی می‌دهد و در دسترس بودن تمام قسمت‌های برق‌دار از سوی اپراتور، سازندگان را بر آن داشت تا ایمنی بیش‌تری را تأمین کنند، از این رو تابلو به شکل محفظه بسته طراحی شد تا تجهیزات داخل آن غیر قابل دسترس باشند. شناورهای مختلف نیز بسته به نیاز خود از انواع تابلوها استفاده می‌کنند. نکته مهم در شناورها آن‌که با توجه به وجود لرزش زیاد در شناورها، بر اثر ارتعاشات موتورها و ژنراتورها و شفت و پروانه و سایر منابع لرزش، تابلوها باید به گونه‌ای نصب شوند که کم‌ترین لرزش به آنها برسد، زیرا در غیر این صورت به مرور پیچ‌ها و اتصالات آن باز می‌شوند. هم‌چنین باید در محل مناسبی نصب شوند تا در معرض ضربه‌ها و مایعات نباشند چرا که در صورت ایجاد مشکل، در دریا به متخصصان حرفه‌ای و تجهیزات، دسترسی نخواهیم داشت.

به طور کلی تابلوی اصلی در شناورها را سوییچ برد اصلی (Main Switchboard) و بقیه را تابلوهای فرعی (Distribution Board) می‌گویند. تابلوهای فرعی از تابلوهای اصلی تغذیه می‌شوند. علاوه بر آنها، تابلوهای برق ۲۴ ولت مستقیم (DC) نیز در شناورها به صورت مستقل قرار دارند.

انواع تابلوهای برق از لحاظ ساختار		
Metal Enclosed	تابلوهایی به شکل محفظهٔ تمام بستهٔ فلزی که تمام تجهیزات الکتریکی اعم از کلیدها، ترانس‌های جریان و ولتاژ، لوازم اندازه‌گیری، شینه‌ها، رله و سایر اجزا در داخل آن نصب می‌شوند.	
Metal Clad	این نوع تابلوها نوعی از تابلوهای فوق هستند که در آنها، محفظه‌های مختلف از یکدیگر جدا شده‌اند. این امر باعث می‌شود تا اگر خطایی در یکی از محفظه‌ها روی دهد، این خطا به محفظه‌های دیگر انتقال پیدا نکند و سایر محفظه‌ها نیز تحت تأثیر آن آسیب ندیده و محفوظ بمانند. این نوع تابلوها در برخی از شناورها زیاد دیده می‌شوند. چرا که مزیت ذکر شده در مورد این تابلوها، در واحدهای شناور بسیار مهم است. دارای چهار بخش محفظهٔ باس‌بار، محفظهٔ سرکابل، محفظهٔ کلید، محفظهٔ (Low Voltage) LV (کنترل) که تجهیزات اندازه‌گیری، حفاظتی و کنترلی در آن قرار می‌گیرند، می‌باشد.	
Compartment Type	این تابلوها از نظر ساختاری مانند تابلوهای نوع اول هستند ولی در آنها، محفظه‌های مختلف از یکدیگر جدا نشده‌اند.	

تقسیم‌بندی تابلو های برق از نظر روش نصب		
تابلوهای ثابت (Fix)	این تابلوها سه نوع‌اند: تابلوهای ایستادهٔ چند منظوره (Multi Purpose): این تابلوها به صورت ایستاده قرار می‌گیرند و تابلوهای چند منظوره می‌باشند و داخل آنها می‌توان تجهیزات کنترل، قدرت، پنوماتیکی و مانند آن نصب کرد. تابلوهای دیواری (Wall Mounting): این تابلوها به دو دسته تابلوهای روکار (On Surface) و تابلوهای توکار (Flush Mounting) تقسیم می‌شوند. تابلوهای (Rack): تابلوهایی هستند که حالت قفسه قفسه دارند و محفظه‌های اندازه‌گیری، الکترونیکی، کنترل و مخابراتی و مانند آن روی آنها نصب می‌شوند. نوع شیشه‌ای آن که اجزای درون آن قابل رویت می‌باشد، تابلوهای Swing نام دارند.	
تابلوهای کشویی Withdraw) (able	این تابلوها دو نوع اند: تابلوهای کنترل موتورها (Motor Control Center (MCC: این تابلوها به صورت کشویی و برای کنترل موتورها ساخته می‌شوند. این تابلوها به خاطر مزیتی که دارند بسیارگران هستند. تابلوهای مرکز قدرت (Power Center): این تابلوها برای تغذیهٔ تابلوهای MCC استفاده می‌شوند و یک تابلوی توزیع است و می‌تواند چند تابلوی MCC را تغذیه کند؛ در این تابلوها کلیدها بیش‌تر از نوع هوایی هستند و بعد از پست اصلی استفاده می‌شوند.	
تابلوهای مدولار	این تابلو، نوع پیشرفتهٔ تابلوهای ثابت ایستاده است. هر فیدر به شکل یک مدول در تابلو نصب شده و به وسیلهٔ یک صفحهٔ فلزی از فیدر بالایی و فیدر پایینی خود جدا می‌شوند و از لحاظ دسترسی به سر کابل به دو نوع کلی دسترسی از پشت و دسترسی از جلو تقسیم می‌شوند.	

در طراحی یک تابلو بخصوص در شناورها باید شرایط محیطی (جهت بهره‌برداری)، شرایط لازم برای نصب و شرایط حفاظتی به صورت ویژه در نظر گرفته شود.

انواع تابلوهای برق از لحاظ ایستایی :

ایستاده (Self Standing / Free Standing): تابلو حالت خود ایستا دارد. (نیاز به مهار آن توسط سازهٔ دیگری نیست و یا به دیگری تکیه ندارد.)

دیواری (Wall Mounted): تابلوهایی که روی دیوار نصب می‌شوند. این تابلوها اگر روی سطح دیوار نصب شوند، روکار، Surface Mounted و اگر داخل دیوار جاسازی شوند، توکار، Flush Mounted یا Recessed Mounted نامیده می‌شوند.

انواع تابلوهای برق از لحاظ سطح ولتاژ :

تابلوها از لحاظ سطح ولتاژ به سه دسته، تابلوهای فشار ضعیف (LV) تا ۱۰۰۰ ولت، تابلوهای فشار متوسط (MV) از ۱۰۰۰ تا ۶۳۰۰۰ ولت، تابلوهای فشار قوی (HV) از ۶۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰۰ ولت تقسیم می‌شوند.

الف- تابلوهای فشار ضعیف در سطح ولتاژ کم‌تر از ۱۰۰۰ ولت قرار دارند. این تابلوها ترکیبی از یک یا چند وسیلهٔ قطع و وصل (Switching Device) فشار ضعیف همراه با تجهیزات کنترلی، اندازه‌گیری، نشانگر، حفاظتی، تنظیم‌کننده و دیگر وسایل مشابه مربوط به خود هستند که به نحوی کامل نصب شده و کلیهٔ اتصالات داخلی (Interconnection) و اتصال های الکتریکی و مکانیکی داخلی و قطعات ساختمانی را شامل می گردد.

تابلوهای فشار ضعیف اغلب در دو نوع تابلوی ایستاده (Fix) ثابت و تابلوی ایستاده (Withdrawtable) کشویی موجود هستند.

ب- تابلوهای فشار متوسط در سطح ولتاژ بین ۱۰۰۰ تا ۶۳۰۰۰ ولت قرار دارند. اجزای اصلی یک تابلو فشار متوسط شامل بدنه، کلید (دژنکتور) و یا کنتاکتور فشار متوسط، رله، باس بار، ترانسفورماتور ولتاژ و جریان، لوازم اندازه‌گیری و تجهیزات کنترلی می‌باشد. تابلوهای فشار متوسط نیز به دو دسته تابلوهای فشار متوسط ثابت (Fix) و کشویی (Withdrawtable) تقسیم می‌شوند.

نمایش فیلم

در پایان این بخش انواع نقشه‌های برقی را مشاهده نمایید.

کار کلاسی

تعداد ۵ سنبل (علائم نقشه‌ای) قطعات الکتریکی غیر تکراری با هم کلاسان خود را، در کلاس ارائه نمایید.

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۲	تابلوها و ترانس‌های توزیع	تجهیزات: وسایل و تجهیزات مورد نیاز مکان: کارگاه آموزشی	بالاتر از حد انتظار	ـ باس‌بار را بشناسد و کاربری و مزایای آن را برشمرد. ـ انواع ترانس‌ها را از لحاظ مختلف تقسیم‌بندی نموده وظایفشان را بیان کند. ـ کاربری و نصب دستگاه‌های اندازه‌گیری را بداند و از برخی از آنها استفاده نماید. ـ انواع مقره‌ها را شناسایی نموده و کاربری و وظایفشان را بیان نماید. ـ انواع مختلف تابلوهای برق و کاربردشان را از جنبه‌های گوناگون بداند.	۳
			در حد انتظار	ـ تقسیم‌بندی، مزایا و مشخصات باس‌بار را تقریبا بیان کند. ـ تقسیم‌بندی و کاربری ترانس‌ها را به‌خوبی بیان نکند. ـ کاربری،تعاریف و استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری را کامل بیان نکند. ـ تقسیم‌بندی‌ها،وظایف و کاربری مقره‌ها را کامل بیان نکند. ـ انواع تابلوها و تقسیم‌بندی و کاربردشان را به طور کامل بیان نکند.	۲
			پایین تراز حد انتظار	ـ تقسیم‌بندی‌ها و مزایای باس‌بار و نکات آن را خیلی ناقص بیان نماید. ـ تقسیم‌بندی‌ها و وظایف ترانس‌ها را خیلی ناقص بیان نماید. ـ نتواند به درستی دستگاه‌های اندازه‌گیری را شناسایی کند و کاربرد آنها را بگوید. ـ انواع مقره‌ها و کاربرد آنها را ناقص بیان کند. ـتقسیم‌بندی تابلوها ی برق را خیلی ناقص انجام دهد.	۱

ارزشیابی شایستگی کاربری اجزای شبکه‌های سه فاز

شرح کار:

شبکهٔ توزیع، اهمیت و اجزای آن؛
کاربری انواع کلیدها در شبکهٔ توزیع؛
کاربری انواع فیوزها و رله‌های مختلف در شبکهٔ توزیع؛
به کارگیری انواع باس‌بارها و مقره‌ها؛
کاربری انواع ترانس در شبکهٔ قدرت؛
کاربری دستگاه‌های اندازه‌گیری در سیستم توزیع؛
کاربری انواع تابلوهای برق در شبکهٔ توزیع؛

استاندارد عملکرد:

شناسایی، تعریف، نحوهٔ عملکرد و به کارگیری اجزا و قطعات مختلف در شبکه‌های توزیع.

شاخص‌ها:

توانمندی شناسایی و شرح عملکرد و کاربری اجزای شبکه.

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه برق و تأسیسات مجهز به اجزای سه‌فاز، بازدید از تجهیزات در شناورها.
ابزار و تجهیزات: انواع اجزای معرفی شده در متن این بخش و ابزار مصرفی مورد نیاز.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	به‌کارگیری اجزای قطع کننده در شبکه	۱	
۲	بررسی تابلوهای توزیع	۱	
شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی، و ...		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ می باشد.

پودمان ۴

راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه‌فاز

واحد یادگیری ۴

راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه‌فاز

آیا تابه‌حال پی برده‌اید

- راه‌اندازی و کنترل موتورهای القایی در شناورها از چه اهمیتی برخوردار است؟
- چگونه می‌توان با تجهیزاتی که تاکنون شناخته‌اید، نسبت به راه‌اندازی و کنترل موتورهای القایی اقدام نمود؟
- راه‌اندازی صحیح و متناسب با محل استفادهٔ هر الکتروموتور از بروز خسارت بر مولدها و سیستم توزیع برق شناور جلوگیری می‌کند.
- جهت چرخش الکتروموتورهای القایی قابل تغییر بوده و از این قابلیت در انواع شناورها بهره می‌برند.
- رعایت اصول طراحی مدارهای قدرت و فرمان و پرهیز از طراحی‌های پیچیده، موجب سهولت در امر نگهداری و تسریع در عیب‌یابی و رفع اشکال خواهد شد.
- آگاهی از آخرین روش‌ها و نرم افزارهای طراحی باعث خواهد شد در کوتاه‌ترین زمان با عملکرد مدارهای قدرت و فرمان الکتروموتورهای موجود در انواع شناورها آشنا شد.

استاندارد عملکرد

هدف از اجرای آموزش‌های این فصل، توانمند سازی هنرجویان در تحلیل مدارهای قدرت و فرمان طراحی شده برای موتورهای سه‌فاز و کسب مهارت در طراحی برخی از مدارهای قدرت و فرمان ساده می‌باشد که جهت راه‌اندازی و کنترل موتورهای سه‌فاز به‌کار برده می‌شوند.

راه اندازی و کنترل موتورهای سه فاز

انجام مأموریت مطمئن و بی وقفهٔ الکتروموتورهای به کار رفته در شناورهای نظامی و تجاری تا حدود زیادی به خصوصیات، ویژگی‌ها و طرز عمکرد تجهیزات و مدارهای کنترل این موتورها بستگی دارد. منظور از مدارهای کنترل، مدارهای فرمان الکتریکی هستند که از کلیدهای مغناطیسی (Contactor) یا کنترل کننده های منطقی قابل برنامه ریزی (PLC) بهره می برند.

در این پودمان، ضمن آشنایی با اجزای تشکیل دهندهٔ مدارهای کنترل، با طراحی و اصول کار چند نمونه مدار کنترل که به صورت معمول در شناورهای مختلف بکار برده می شوند، نیز آشنا می‌شوید.

راه اندازی و کنترل موتورهای سه فاز توسط کلید های الکترو مغناطیسی (کنتاکتورها)

برای طراحی مدارهای کنترل و کار با آنها باید وسایل تشکیل دهندهٔ آن را به طور کامل شناخت و به اصول ساختمان و موارد استفاده از این وسایل آشنا شد.

اجزای تشکیل دهندهٔ مدارهای کنترل کنتاکتوری:

وسایلی که در مدارهای فرمان به کار می روند و در این فصل مورد بررسی قرار می گیرند، عبارت اند از:

کار کلاسی

عملکرد اجزای مختلف به کار رفته در مدارهای کنترل کنتاکتوری را در جدول بنویسید.

جدول ۱

ردیف	عنوان تجهیزات		عملکرد	تصویر
	فارسی	انگلیسی		
۱	کنتاکتور (کلید مغناطیسی)	Contactor		
۲	شستی استاپ استارت	Push Button Switch		
۳	رلهٔ حرارتی	Bimetallic Relay		

ردیف	عنوان تجهیزات		عملکرد	تصویر
	فارسی	انگلیسی		
۴	رلهٔ مغناطیسی	Magnetic Relay		
۵	لامپ های سیگنال	Pilot or Signal Lamps		
۶	فیوزها	Fuse		
۷	(کلید محدودکننده) لیمیت سویچ	Limit Switch		
۸	کلیدهای تابع فشار	Pressure Switch		
۹	کلیدهای شناور	Float Switch		

ردیف	عنوان تجهیزات		عملکرد	تصویر
	فارسی	انگلیسی		
۱۰	چشم الکتریکی (سنسور)	Sensor		
۱۱	زمان سنج (تایمر)	Timer		
۱۲	ترموستات	Thermostatic Relay		
۱۳	کلیدهای تابع دور	Centrifugal Switch		
۱۴	حروف و اعداد پلاستیکی	Labels or Tags		
۱۵	کمربند کابل	Wire Tie		

مزایای استفاده از کنتاکتورها در مدارهای کنترل نسبت به کلیدهای دستی

از مزیت‌های به کارگیری کنتاکتورها در مدارهای فرمان و قدرت نسبت به کلیدهای دستی صنعتی به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

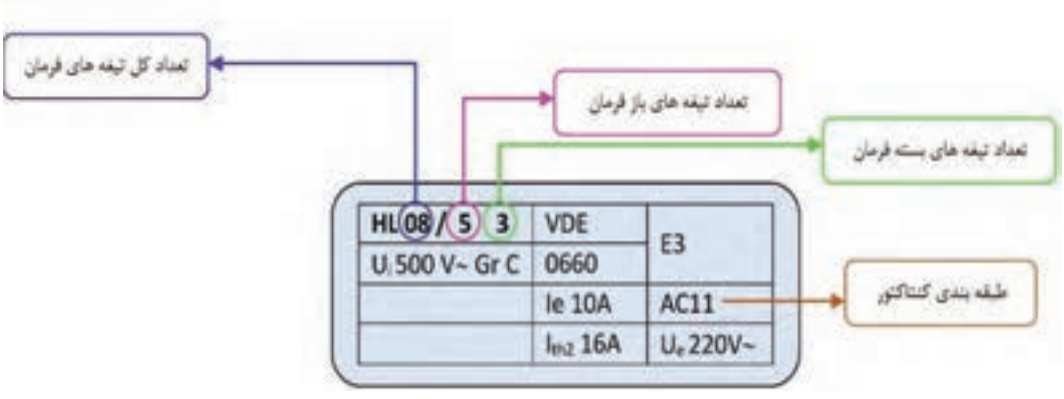
- مصرف کننده از راه دور کنترل می شود.
- مصرف کننده از چند محل کنترل می‌شود.
- امکان طراحی مدار فرمان اتوماتیک برای مراحل مختلف کار مصرف کننده وجود دارد.
- سرعت قطع و وصل کلید زیاد و استهلاک آن کم است.
- از نظر حفاظتی مطمئن‌ترند و حفاظت مناسب‌تر و کامل‌تری دارند.
- عمر مؤثرشان بیش‌تر است.
- هنگام قطع برق، مدار مصرف کننده نیز قطع می‌شود. از این رو به استارت مجدد نیاز پیدا می‌کند، در نتیجه از خطرات وصل ناگهانی دستگاه جلوگیری می‌گردد.

انتخاب کنتاکتور متناسب:

با توجه به نوع مصرف کننده و شرایط کار، می‌توان کنتاکتورهایی با مشخصه‌های ولتاژ و جریان عبوری مشخص و متناسب انتخاب نمود. از این رو کنتاکتورها با توجه به نوع تغذیه (A.C. یا D.C.) و موارد استفاده طبقه‌بندی می‌شوند. جدول ۲ یکی از معمول‌ترین طبقه‌بندی کنتاکتورها می‌باشد.

برای اتصال مصرف کننده به شبکه باید از کلید یا کنتاکتوری با مشخصات مناسب استفاده کرد که کنتاکت‌های آن تحمل جریان راه‌اندازی و جریان دائمی را داشته باشد. همچنین در صورت اتصال کوتاه، جریان لحظه‌ای زیادی که از مدار عبور می‌کند و یا جرقه ای که هنگام قطع مدار ایجاد می شود، صدمه‌ای به کلید نزند. به این منظور و برای این که بتوانیم پس از طراحی مدار، کنتاکتور مناسب را برای اتصال مصرف کننده به شبکه انتخاب کنیم، باید با مقادیر نامی مربوط به کنتاکتور آشنا شویم.

معمولاً مهم‌ترین مشخصه‌های یک کنتاکتور بر روی بدنهٔ کلید به شکل ۱ نوشته شده است.



شکل ۱ - برچسب مشخصه کنتاکتور

جدول ۲- طبقه بندی کنتاکتورها

نوع جریان	استاندارد و طبقه بندی	موارد استفاده
A.C.	AC1	بار اهمی، بار غیر اندکتیو یا با اندکتیویتهٔ ضعیف. گرم کن برقی با ضریب توان حدود $\cos \varphi = ۰/۹۵$
	AC2	برای راه اندازی موتورهای آسنکرون روتور سیم پیچی، بدون ترمز جریان مخالف. جریان راه اندازی بستگی به مقاومت مدار روتور دارد.
	AC2′	برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور سیم پیچی با ترمز جریان مخالف.
	AC3	برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه‌ای هنگام قطع جریان نامی از تیغه‌های کنتاکتور عبور می کند. تحمل جریان راه اندازی ۵ تا ۷ برابر جریان نامی.
	AC4	برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه‌ای. به کار بردن ترمز جریان مخالف تغییر جهت گردش الکتروموتور روتور قفسه‌ای. تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک.
	AC11	کنتاکتور کمکی. کنتاکتور فرمان بدون داشتن کنتاکت قدرت (کوپل مغناطیسی). استفاده فقط در مدار فرمان.
D.C.	DC1	بار اهمی. بار غیر اندکتیو یا با ندکتیویتهٔ ضعیف. گرم کن برقی.
	DC2	راه اندازی موتور شنت. قطع کردن موتور هنگام کار.
	DC3	برای راه اندازی موتور شنت با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک. مدار ترمز.
	DC4	راه اندازی موتور سری قطع موتور هنگام کار.
	DC5	راه اندازی موتور سری با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد، در فواصل زمانی اندک. تغییر جهت گردش موتور. مدار ترمز.
	DC11	کنتاکتور کمکی. کنتاکتور فرمان. کوپل مغناطیسی.

تحقیق کنید

از سری کنتاکتورهای بالا یکی را انتخاب و پلاک مشخصه‌های آن را تشریح نمایید.

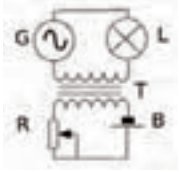
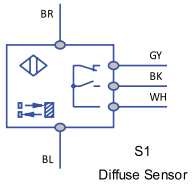
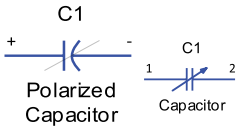
علائم اختصاری به کار رفته در طراحی مدارهای کنترل

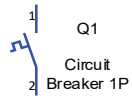
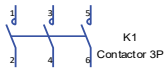
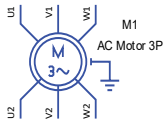
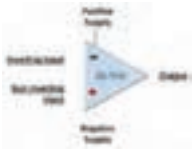
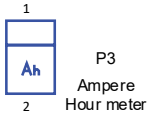
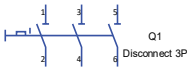
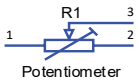
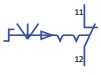
به منظور ایجاد یکنواختی در طراحی مدارهای کنترل و سهولت تحلیل، از علائم اختصاری مشخص استفاده می‌کنند، مانند K و Q.

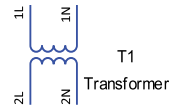
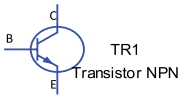
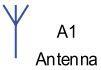
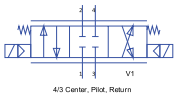
هر کدام از تجهیزات و قطعاتی که در مدارهای کنترل مورد استفاده قرار می‌گیرند، با یک حرف لاتین مانند K، Q و S مشخص شده و با همین حرف نیز در طراحی‌ها شناسایی می‌شوند. اگر تعداد تجهیزات به کار رفته در یک نقشه، بیش از یک عدد باشد، به دنبال حرف مشخص کننده، عدد نیز آورده می‌شود، مانند K1، Q5، K2M و K3T.

حروف شناسایی تجهیزات به‌کار رفته در نقشه‌های کنترل به شرح جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۳

حروف	نوع تجهیزات	مثال	علامت اختصاری
A	گروه های ساختاری و گروه‌های کوچک	تقویت کننده، تقویت کننده مغناطیسی، وسایل مرکب	
B	وسایل تبدیل انرژی غیرالکتریکی به انرژی الکتریکی و برعکس	سنسور (حس کننده)، حرارتی (ترموالکتریک)، سلول فتوالکتریک، گشتاورسنج، مبدل های کریستالی، میکروفن ها، بلندگو و رمزگذارها	
C	خازن‌ها	خازن‌های الکترولیتی، خازن‌های غیرالکترولیتی، خازن‌های متغیر	
D	عناصر تأخیر دهنده، عناصر ذخیره ساز، عناصر باینری(دو وضعیتی)	المان‌های تأخیری، المان‌های دیجیتالی، حافظه های مغناطیسی، ثبات‌ها، دیسک گردان، ضبط صوت‌ها، عناصر دارای یک ثبات، عناصر دارای دو ثبات	
E	متفرقه	روشنایی، تجهیزات گرمایی، وسایل و تجهیزاتی که در گروه های دیگر تعریف نشده است.	

حروف	نوع تجهیزات	مثال	علامت اختصاری
F	وسایل حفاظتی	رله های حفاظتی کلیدهای فیوزدار، وسایل Over Voltage فیوزها، وسایل حفاظتی قطع کننده، کلیدهای قطع و وصل اتوماتیک	
G	ژنراتورها و منابع تغذیه	ژنراتورهای چرخان، مبدل‌های فرکانس چرخان، باتری ها، اسیلاتورها (اسیلاتورهای کریستالی)، منابع تغذیه قدرت	
H	وسایل خبردهنده (نمایشگر)	وسایل نمایشگر صوتی و نوری (بوق، آژیر، لامپ، ساعت زنگ دار)	
K	کنتاکتورها و رله ها	کنتاکتورها، رله های فلاش، کنتاکتورهای کمکی، رله‌های زمانی	
L	وسایل القایی	چوک، سیم پیچ، فیلتر	
M	موتورهای الکتریکی	موتور سه فاز، موتور تک فاز، موتور خطی	
N	تقویت کننده ها، تنظیم کننده ها	تقویت کننده‌ها، تنظیم‌کننده‌ها (رگولاتورها)، وسایل الکترونیکی	
P	وسایل اندازه گیری و وسایل آزمایش (تست)	نشان‌دهنده‌ها، ثبات‌ها، شمارنده‌ها، وسایل اندازه‌گیری، آمپرمتر، ولت متر، اسیلوسکوپ، ساعت‌ها، پالس دهنده‌ها	
Q	کلیدهای قدرت	کلیدهای ایزوله‌کننده، کلیدهای جداکننده، کلیدهای قطع و وصل حفاظتی، کلیدهای حفاظت موتور	
R	مقاومت‌ها	مقاومت‌های ثابت، مقاومت‌های قابل تنظیم، پتانسیومترها، رئوستات، مقاومت راه‌انداز، مقاومت‌های شنت، مقاومت‌های حرارتی (ترمیستور)	
S	کلیدها، سلکتورها (انتخاب کننده)	کلید فشاری، میکروسوئیچ، کلید کنترل، کلیدهای پالس دهنده	

حروف	نوع تجهیزات	مثال	علامت اختصاری
T	ترانسفورماتورها	ترانسفورماتور ولتاژ، ترانسفورماتور جریان، ترانسفورماتور ایزوله، مبدل‌های AC به DC	
U	مدولاتورها، آشکارسازها، مبدل ها	جداکنندهٔ سیگنال، مبدل فرکانس، دمدولاتور، مبدل، سیگنال ژنراتور، اینورتر	
V	نیمه هادی ها و لامپ ها	لامپ های الکترونی، لامپ‌های تخلیه، دیودها، ترانزیستورها، تریستورها، یکسوکننده‌ها	
W	مسیرهای ارتباطی، آنتن ها، لامپ‌ها	سیم ها، کابل‌ها، شین‌ها، آنتن دوقطبی، آنتن‌های بشقابی (گیرنده)	
X	ترمینال ها، فیش ها، دوشاخه و پریز	دوشاخه و پریز، سوکت‌های نر و ماده، اتصال‌دهنده، فیش آزمایش (تست)	
Y	تجهیزات مکانیکی که با برق کار می‌کنند.	ترمزها، کلاچ‌ها، شیرها، چاپگرها، دورنگار، در بازکن	
Z	فیلترها، فیلترهای جبران‌کننده وسایل محدودکننده	شبکهٔ متعادل کنندهٔ کابل، فیلترهای پارازیت گیر RC به LC	

نقشهٔ مدارهای کنترل:

از جمله نقشه‌هایی که جنبهٔ عمومی داشته و در شکل کلی از آن برای نشان دادن چگونگی عملکرد مدار استفاده می‌شود مدار قدرت و مدار فرمان است.

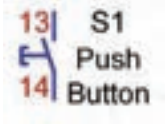
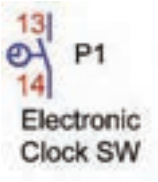
الف) نقشهٔ مدار قدرت: آن قسمت از مدار حقیقی که مسیر رسیدن جریان به مصرف کننده را نشان می‌دهد، مدار قدرت نامیده می‌شوند.

ب) نقشهٔ مدار فرمان: آن قسمت از مدار حقیقی که وظیفه‌اش نشان دادن چگونگی عملکرد مدار قدرت است، مدار فرمان نامیده می‌شود.

توجه کنید

از آنجا که آشنایی با چگونگی شماره گذاری تجهیزات به کار رفته در مدارات فرمان و قدرت کمک شایانی به هنر جو جهت تحلیل مدار می‌کند، از این رو بایستی به ۴ نکتهٔ عنوان شده در جدول زیر دقت و در طراحی و تحلیل مدارهای کنترل لحاظ نمود:

جدول ۴

۱	کلیهٔ کنتاکت‌های (تیغه‌ها) مدار قدرت، با اعداد یک رقمی نشان داده می‌شوند.		
۲	تمامی کنتاکت‌های مدار فرمان با عدد دو رقمی نشان داده می شوند که رقم یکان آن نشان‌دهندهٔ نوع تیغه و رقم دهگان آن بیانگر چندمین تیغه بودن آن است.	 اولین کنتاکت بسته	 چهارمین کنتاکت باز
۳	همان طوری که می‌دانید شستی های به کار رفته در مدارهای فرمان دارای کنتاکت هایی از نوع باز و یا از نوع بسته هستند. برخی موارد شماره‌گذاری شستی‌های استاپ و استارت مطابق یک رقمی است. اما در یک سری از نقشه‌ها و وسایل با این دیدگاه که این کنتاکت‌ها اولین کنتاکت های شستی‌ها هستند به صورت دو رقمی شماره گذاری می شوند.		
۴	در شماره گذاری کنتاکت‌ها وسایلی خاص هم چون رله حرارتی (بی متال) رله زمانی (تایمر) در مدارهای فرمان از شماره های به کار رفته روی تجهیزات استفاده می شود.		

طراحی و تحلیل مدارهای عملی

در این قسمت، برای آشنایی هنرجویان با طراحی مدار، چند مدار رایج در راه اندازی و کنترل موتورهای نصب شده بر روی شناورها را بررسی می کنیم و در مورد روش طراحی مدار قدرت و مدار فرمان آن ها توضیحاتی داده می شود.

ایمنی

مسئله ایمنی و حفاظتی مدار، در درجهٔ اول اهمیت قرار دارد و هیچ گاه نباید آن را فدای صرفهٔ اقتصادی کرد.

برای طراحی یک مدار، روش‌های متفاوتی وجود دارد که به تجربهٔ شخص طراح و گستردگی و نوع طرح بستگی دارد. اما در هر حال نتیجهٔ کار باید یکی باشد.

در طراحی مدارها، باید استانداردها و قوانین مربوط را رعایت کرد و حفاظت های مربوط به نکات ایمنی را حتماً به کار گرفت تا نتیجهٔ کار از نمونه استانداردهای جهانی پایین‌تر نباشد و در هنگام تعویض یا تعمیر نیز مشکلی برای تعمیرکار پیش نیاید.

برای طرح یک مدار فرمان باید مسئلهٔ اقتصادی بودن طرح مورد توجه قرار گیرد ولی به هیچ وجه نباید برای ارزان‌تر تمام شدن طرح، مسائل حفاظتی و ایمنی را درنظر نگرفت؛ زیرا گاهی با اضافه کردن قسمت‌هایی به مدار، می‌توان از بروز اشکالاتی، که باعث صدمه دیدن اشخاص یا از کار افتادن دستگاه می‌شود، جلوگیری کرد.
در طراحی باید ساده بودن طرح مورد توجه قرار گیرد. بدین معنی که تاحد امکان باید وسایل و تجهیزات به کار رفته در طرح، کم‌تر باشد و در عین حال نکات فنی و ایمنی رعایت شود.
در طراحی مدارهای گسترده، که چندین عمل مختلف به طور همزمان یا در زمان های مختلف اجرا می‌شود، بهتر است مراحل کار دستگاه به صورت یک جدول یا بلوک دیاگرام نوشته شود تا با نگاه به آن بتوان یک دید کلی از طرح به دست آورد و با توجه به آن، مدار را مرحله به مرحله طراحی و تکمیل کرد.
برای مثال، در طراحی مدار کنترل وینچ‌ها باید درنظر داشت که نمی‌توان از ترمزی استفاده کرد که برای حالت سکون و ترمز به جریان الکتریکی نیاز داشته باشد؛ زیرا در اثر قطع ناگهانی ولتاژ شبکه، حالت ترمزی نیز ازبین می‌رود و باعث شل شدن ناگهانی طناب یا زنجیرهای مربوطه می‌شود یا مثلاً در سیستم‌های فرمان، که باید مطابق یک برنامه ریزی قبلی کاری اجرا شود، نباید فشار ناآگاهانه به یک شستی باعث اخلال در روند کار شود.

مدار قدرت و فرمان راه اندازی مستقیم یک موتور

معرفی نمونه کاربرد: دمنده‌ها و سیستم تهویهٔ موتورخانه

در اغلب شناورها، الکترو موتورهای سه فاز با توان کاری پایین به کار برده شده است. از جمله این موتورها می‌توان به دمنده‌ها و خنک کننده‌های مختلف اشاره کرد. از آن‌جا که جریان راه اندازی این موتورها پایین است از این رو نیاز به راه اندازی پیچیده نداشته و می‌توان آن‌ها را با یک کلید سه فاز یا یک مدار ساده کنتاکتوری، به خط اصلی برق وصل نمود.

شکل ۲- دمندهٔ سیستم تهویه

مدار قدرت:

اجزای مدار قدرت:

جدول ۵

ردیف	عنوان تجهیزات	مشخصه	شماره	توضیحات
۱	الکترو موتور سه فاز	طبقه بندی AC2	M1	
۲	فیوز	متناسب با الکترو موتور	F1	برای جلوگیری از اتصال کوتاه در مدار قدرت
۳	کنتاکتور سه فاز	متناسب با الکترو موتور	K1	
۴	رلهٔ حرارتی (بی متال)	متناسب با الکترو موتور	F2	برای جلوگیری از اضافه بار در مدار قدرت

اتصال مدار قدرت:

الکترو موتور M1 به ترتیب توسط بی‌متال F2 جهت حفاظت در برابر اضافه بار، کنتاکتور K1 و فیوز F1 به منظور حفاظت در برابر اتصال کوتاه، به خطوط سه فاز مشخص شده در تابلو برق متصل می‌شود.

مدار فرمان:

اجزای مدار فرمان:

جدول ۶

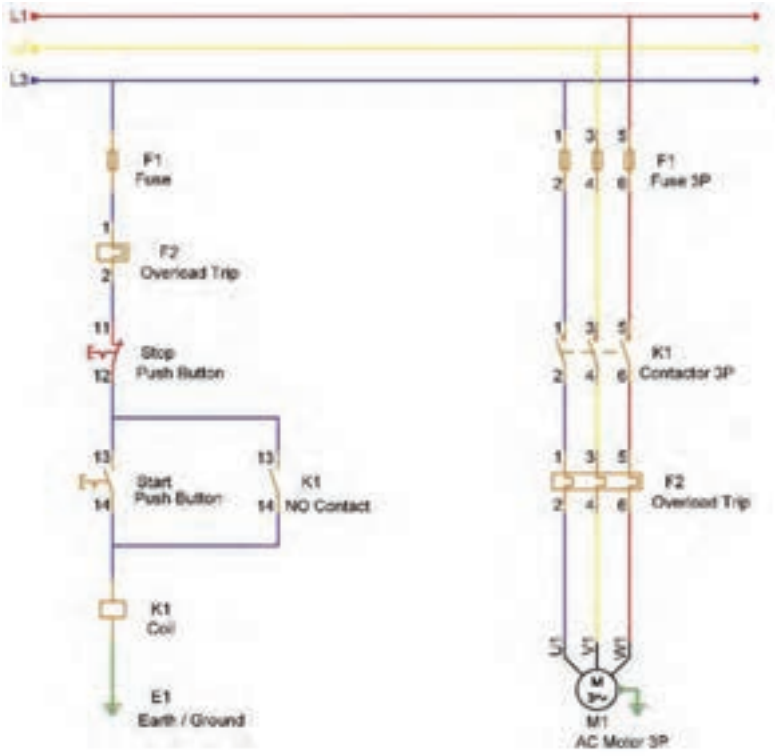
ردیف	عنوان تجهیزات	مشخصه	شماره	توضیحات
۱	کنتاکتور		K1	سیم پیچ (بوبین) کنتاکتور در مدار فرمان به کار برده می‌شود.
۲	شستی فشاری	NO (Normaly Open)	I	برای استارت مدار فرمان
۳	شستی فشاری	NC (Normaly Close)	O	جهت قطع مدار فرمان
۴	رلهٔ حرارتی (بی متال)	متناسب با جریان سیم پیچ کنتاکتور	F2	برای جلوگیری از اضافه بار مدار فرمان
۵	فیوز	متناسب با جریان سیم پیچ کنتاکتور	F1	برای جلوگیری از اتصال کوتاه در مدار فرمان

فعالیت کارگاهی

یک الکترو موتور سه فاز انتخاب کنید.

سایر اجزای مدار فرمان و قدرت راه اندازی مستقیم موتور سه فاز القایی را متناسب با مشخصه های الکترو موتور، انتخاب کنید.

مدار فرمان و قدرت را بسته و زیر نظر استاد خود آزمایش نمایید.



شکل ۳- مدار قدرت وفرمان راه اندازی مستقیم

شرح عملکرد مدار فرمان و قدرت:

۱- با فشرده شدن شستی استارت I جریان الکتریسیته از مسیر فیوز F1، بی متال F2، تیغهٔ بسته شستی Stop و کلید Start به سیم پیچ کنتاکتور K1 Coil رسیده و در نتیجه موجب عمل‌کردن کنتاکتور K1 در مدار قدرت خواهد شد. به عمل کردن کنتاکتور، اصطلاحاً Energize گفته می‌شود.

۲- همزمان با بسته شدن تیغه های کنتاکتور، جریان سه فاز به صورت مستقیم از مسیر فیوز F2/Overload به موتور خواهد رسید.

۳- به محض برداشتن دست از شستی I جریان سیم پیچ کنتاکتور K1 Coil قطع شده و تیغه های کنتاکتور K1 به حالت باز، درخواهد آمد. در این صورت جریان سه فاز به موتور نرسیده و موتور نیز متوقف خواهد شد.

۴- برای رفع این اشکال، از کنتاکت کمکی تعبیه شده بر روی کنتاکتور K1 استفاده می شود. یک تیغهٔ باز از کنتاکت‌های کمکی K1 به صورت موازی با شستی Star قرار داده می‌شود. به کنتاکت کمکی کنتاکتور که به این‌صورت در مدار فرمان به کار برده می‌شود، کنتاکت خود نگه دار گفته می‌شود.

راه اندازی همزمان دو موتور

معرفی نمونهٔ کاربرد: سیستم سکان شناور

سکان شناور با بهره‌گیری از دانش هیدرولیک، برق و الکتریک و کنترل در کنار هم، از سیستم‌های حیاتی یک شناور به شمار می‌رود. الکتروموتورهای پر قدرت با به حرکت در آوردن پمپ‌های هیدرولیک، فشار لازم برای حرکت سکان را تأمین می‌کنند. سیستم سکان در هنگام دریانوردی بایستی بدون وقفه آماده به کار و تحت کنترل باشد.

در مواردی دو الکتروموتور سه فاز در یک سیستم به‌کار گرفته شده است که یکی از آنها الکتروموتور اصلی سیستم است. الکتروموتور دوم جهت انجام روانکاری یا خنک کاری وظیفهٔ به حرکت در آوردن پمپ روغن را به عهده دارد. در این سیستم، الکتروموتور اصلی نباید بدون انجام روانکاری یا خنک کاری راه‌اندازی شود ولی الکتروموتور دوم می‌تواند به تنهایی کار کرده پمپ روغن روانکاری را به حرکت درآورد.

مدار فرمان و قدرت شکل ۶ برای چنین سیستمی طراحی شده است. الکتروموتور M1 جهت به حرکت در آوردن پمپ روغن روانکاری بوده و الکتروموتور M2 موتور اصلی سیستم و به‌منظور تولید فشار هیدرولیک می‌باشد.

شکل ۴

شکل ۵

سیستم سکان شناور

مدار قدرت:

اجزای مدار قدرت:

جدول ۷

ردیف	عنوان تجهیزات	مشخصه	شماره	توضیحات
۱	الکتروموتور سه فاز	طبقه بندی AC2	M1	
۲	فیوز	متناسب با الکتروموتور	F1	برای جلوگیری از اتصال کوتاه در مدار قدرت
۳	کنتاکتور سه فاز	متناسب با الکتروموتور	K1	
۴	رلهٔ حرارتی (بی متال)	متناسب با الکتروموتور	F2	برای جلوگیری از اضافه بار در مدار قدرت
۵	الکتروموتور سه فاز	طبقه بندی AC2	M2	
۶	فیوز	متناسب با الکتروموتور	F3	
۷	کنتاکتور سه فاز	متناسب با الکتروموتور	K2	
۸	رله حرارتی (بی متال)	متناسب با الکتروموتور	F4	

اتصال مدار قدرت:

الکترو موتور M1 به ترتیب توسط بی‌متال F2 جهت حفاظت در برابر اضافه بار، کنتاکتور K1 و فیوز F1 به منظور حفاظت در برابر اتصال کوتاه، به خطوط سه فاز مشخص شده در تابلو برق متصل می‌شود.

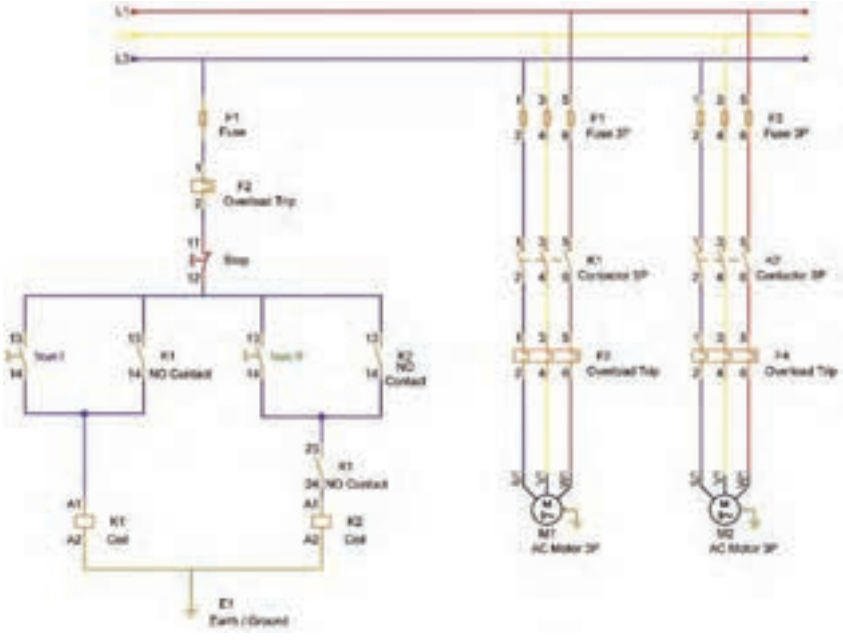
الکترو موتور M2 به ترتیب توسط بی‌متال F4 جهت حفاظت در برابر اضافه بار، کنتاکتور K2 و فیوز F3 به منظور حفاظت در برابر اتصال کوتاه، به خطوط سه فاز مشخص شده در تابلو برق متصل می‌شود.

مدار فرمان:

اجزای مدار فرمان:

جدول ۸

ردیف	عنوان تجهیزات	مشخصه	شماره	توضیحات
۱	کنتاکتور		K1	
۲	کنتاکتور		K2	
۳	شستی فشاری	NC (Normaly Close)	O	جهت قطع مدار فرمان
۴	شستی فشاری	NO (Normaly Open)	I	برای استارت موتور M1
۵	شستی فشاری	NO (Normaly Open)	II	برای استارت موتور M2
۶	فیوز	متناسب با جریان سیم پیچ کنتاکتور	F1	برای جلوگیری از اتصال کوتاه در مدار فرمان
۷	رلهٔ حرارتی (بی متال)	متناسب با جریان سیم پیچ کنتاکتور	F2	برای جلوگیری از اضافه بار مدار فرمان



شکل ۶- مدار قدرت و فرمان راه اندازی یکی پس از دیگری دو موتور

شرح عملکرد مدار فرمان و قدرت:

۱- مدار فرمان به گونه‌ای طراحی شده است که موتور اصلی M2 قبل از به حرکت در آمدن موتور M1 حرکت نکند.

۲- با فشرده شدن شستی Star I جریان به سیم پیچ K1 رسیده و تیغه های کنتاکتور K1 در مدار قدرت، بسته می‌شود. در نتیجه موتور M1 که برای پمپ روغن در نظر گرفته شده است به گردش در می‌آید.

۳- همزمان تیغهٔ کنتاکت کمکی K1 نیز که در مسیر سیم پیچ کنتاکتور K2 Coil قرار گرفته بسته می‌شود.

۴- در این حالت اگر شستی Star II که متعلق به موتور اصلی است، فشرده شود، جریان به سیم پیچ K2 Coil رسیده و در نتیجه تیغه‌های کنتاکتور K2 بسته شده و موتور اصلی M2 به گردش در خواهد آمد.

راه اندازی موتور با رلهٔ تأخیری

یکی از پر کاربردترین قطعات الکتریکی در مدارهای فرمان، تایمرها می‌باشند. کنتاکت های تعبیه شده در تایمر، این امکان را برای طراح مدار فرمان فراهم می‌آورند تا بر راه اندازی تجهیزات الکتریکی به ویژه الکترو موتور های سه فاز کنترل بیشتر داشته باشد.

در یک سیستم بایستی دو الکترو موتور سه فاز با فاصلهٔ زمانی یا تأخیر از همدیگر، شروع به کار کنند.

دستور راه اندازی الکترو موتور اول توسط یک کلید محدود کننده داده خواهد شد و موتور پس از مدت زمان ۱۵ ثانیه شروع به کار خواهد نمود.

الکترو موتور دوم ۳۰ ثانیه پس از گردش الکترو موتور اول شروع به کار خواهد نمود.

مدار قدرت:

اجزای مدار قدرت:

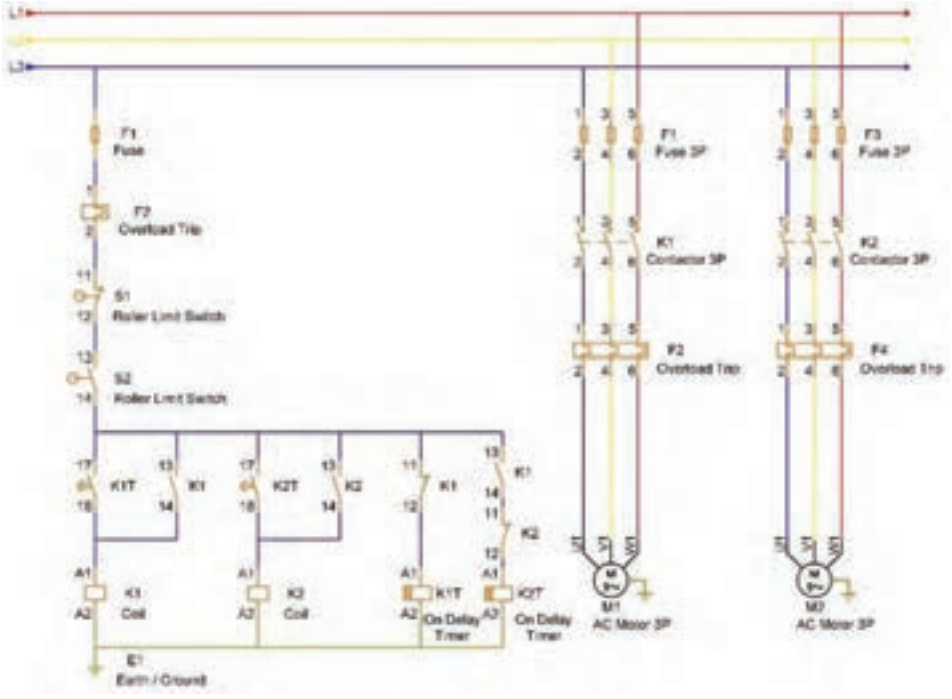
جدول ۹

ردیف	عنوان تجهیزات	مشخصه	شماره	توضیحات
۱	الکترو موتور سه فاز	طبقه بندی AC2	M1	
۲	فیوز	متناسب با الکترو موتور	F1	برای جلوگیری از اتصال کوتاه در مدار قدرت
۳	کنتاکتور سه فاز	متناسب با الکترو موتور	K1	
۴	رله حرارتی (بی متال)	متناسب با الکترو موتور	F2	برای جلوگیری از اضافه بار در مدار قدرت
۵	الکترو موتور سه فاز	طبقه بندی AC2	M2	
۶	فیوز	متناسب با الکترو موتور	F3	
۷	کنتاکتور سه فاز	متناسب با الکترو موتور	K2	
۸	رله حرارتی (بی متال)	متناسب با الکترو موتور	F4	

اتصال مدار قدرت:

الکترو موتور M1 به ترتیب توسط بی‌متال F2 جهت حفاظت در برابر اضافه بار، کنتاکتور K1 و فیوز F1 به منظور حفاظت در برابر اتصال کوتاه، به خطوط سه فاز مشخص شده در تابلو برق متصل می‌شود.

الکترو موتور M2 به ترتیب توسط بی‌متال F4 جهت حفاظت در برابر اضافه بار، کنتاکتور K2 و فیوز F3 به منظور حفاظت در برابر اتصال کوتاه، به خطوط سه فاز مشخص شده در تابلو برق متصل می‌شود.



شکل ۷- مدار قدرت و فرمان دو موتور یکی پس از دیگری با رلهٔ تأخیری

شرح عملکرد مدار فرمان و قدرت:

۱- به محض وصل شدن S2 جریان از مسیر کنتاکت K1 به سیم پیچ تایمر K1T رسیده و پس از ۱۵ ثانیه (که بر روی تایمر تنظیم شده است) کنتاکت K1T بسته خواهد شد.

۲- با بسته شدن کنتاکت K1T جریان به سیم پیچ K1 خواهد رسید. با عمل کردن K1 تیغهٔ باز K1 بسته شده و به‌عنوان خود نگه دار سیم پیچ K1 عمل خواهد کرد. در این حالت با عمل کردن کنتاکت سه فاز K1 در مدار قدرت، موتور M1 شروع به کار خواهد نمود.

۳- تیغه بسته K1 که در مسیر تایمر K1T قرار دارد، باز شده و تایمر را قطع خواهد کرد.

۴- همان‌گونه که در مدار فرمان دیده می‌شود، یک تیغه باز دیگر کنتاکت K1 نیز در مسیر جریان تایمر K2T قرار گرفته است. با عمل کردن K1 تایمر K2T نیز شروع به کار خواهد کرد. زمان ست شده بر روی این تایمر ۳۰ ثانیه است. از این رو پس از گذشت ۳۰ ثانیه، کنتاکت باز K2T بسته شده و جریان به سیم پیچ K2 خواهد رسید.

۵- با عمل کردن K2 تیغه بسته K2 باز شده و تایمر K2T قطع خواهد شد.

۶- همزمان تیغه باز K2 بسته شده و به عنوان خود نگه دار K2 عمل خواهد کرد و با عمل کردن کنتاکت سه فاز K2 در مدار قدرت، موتور M2 شروع به کار خواهد نمود.

مدار فرمان و قدرت تغییر جهت چرخش موتور (چپ گرد – راست گرد با حفاظت کامل)

معرفی نمونهٔ کاربرد: سیستم Mooring

شناورهای سبک و سنگین نظامی و تجاری از سیستمی به نام Mooring جهت پهلوگیری و مهار کردن شناور در اسکله ها استفاده می‌کنند. Mooring در شناورهای بزرگ از الکترو موتورهای سه فاز پر قدرت جهت آزاد کردن و جمع کردن طناب‌های مهار استفاده می‌کنند. با توجه به عملکرد سیستم Mooring، مدار فرمان و قدرت باید به گونه‌ای طراحی گردد تا الکتروموتور به کار رفته به سهولت قابلیت تغییر جهت چرخش را داشته باشد(شکل ۸).

شکل ۸- سیستم Mooring شناور

مدار قدرت:

اجزای مدار قدرت:

جدول ۱۰

ردیف	عنوان تجهیزات	مشخصه	شماره	توضیحات
۱	الکتروموتور سه فاز	طبقه بندی AC2	M1	
۲	فیوز	متناسب با الکتروموتور	F1	برای جلوگیری از اتصال کوتاه در مدار قدرت
۳	کنتاکتور سه فاز	متناسب با الکتروموتور	K1	
۴	رلهٔ حرارتی (بی متال)	متناسب با الکتروموتور	F2	برای جلوگیری از اضافه بار در مدار قدرت

اتصال مدار قدرت:

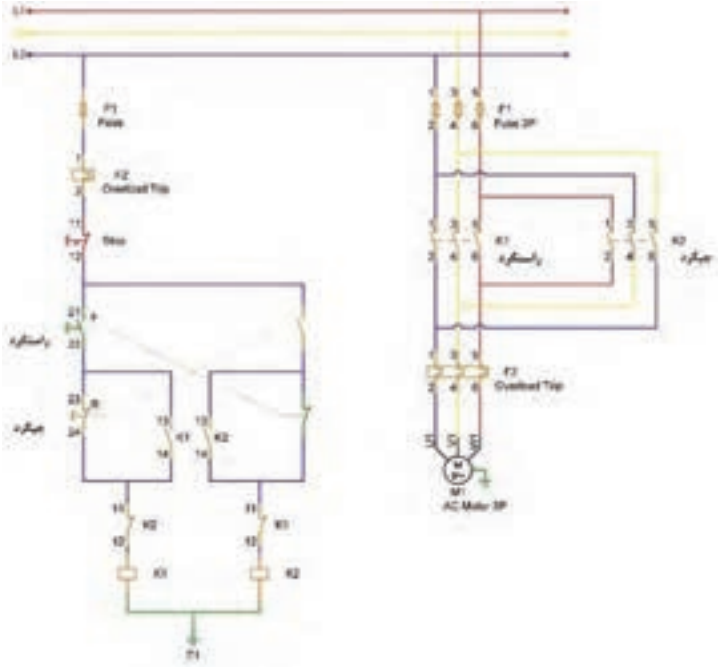
الکترو موتور M1 به ترتیب توسط بی‌متال F2 جهت حفاظت در برابر اضافه بار، کنتاکتور K1 و فیوز F1 به منظور حفاظت در برابر اتصال کوتاه، به خطوط سه فاز مشخص شده در تابلو برق متصل می‌شود.

جدول ۱۱

ردیف	عنوان تجهیزات	مشخصه	شماره	توضیحات
۱	کنتاکتور		K1	سیم پیچ (بوبین) کنتاکتور در مدار فرمان بکار برده می‌شود.
۲	شستی فشاری	NO (Normaly Open)	I	برای استارت مدار فرمان
۳	شستی فشاری	NC (Normaly Close)	O	جهت قطع مدار فرمان
۴	رلهٔ حرارتی (بی متال)	متناسب با جریان سیم پیچ کنتاکتور	F2	برای جلوگیری از اضافه بار مدار فرمان
۵	فیوز	متناسب با جریان سیم پیچ کنتاکتور	F1	برای جلوگیری از اتصال کوتاه در مدار فرمان

کار کلاسی

درخصوص عملکرد مدار فرمان و قدرت چپ گرد / راست گرد شکل ۹ بحث کنید.

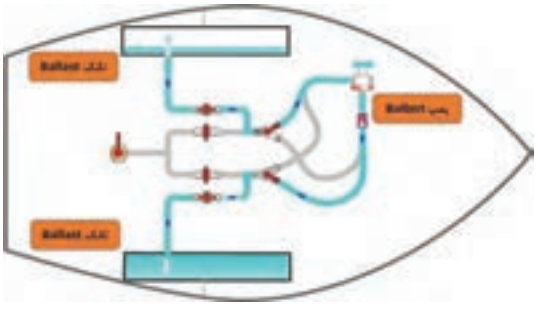


شکل ۹- مدار فرمان و قدرت چپ گرد – راست گرد

مدار فرمان و قدرت ستاره – مثلث

معرفی نمونهٔ کاربرد: سیستم Ballast

برای ایجاد تعادل و پایداری بهتر شناورها از سیستم Ballast استفاده می‌شود. سیستم بالاست شامل تعدادی تانک در قسمت های مختلف شناور است که به هم متصل می‌باشند. جریان آب شور دریا توسط پمپ بالاست در تانک‌ها جاری شده و متناسب با وضعیت تعادل کشتی در تانک ها جابه جا می شود. گردش پمپ بالاست توسط الکترو موتورهای سه فاز انجام می‌گیرد.



شکل ۱۰

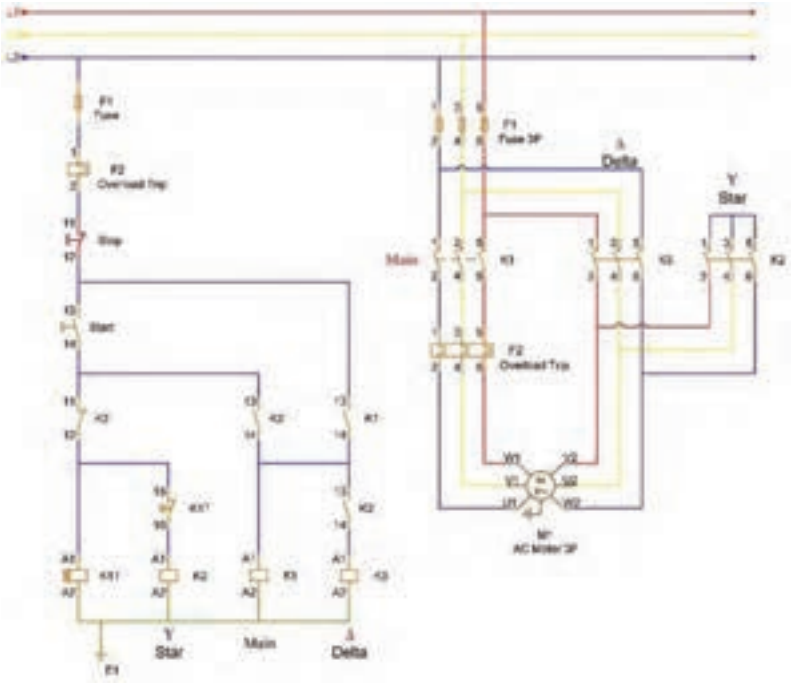
شکل ۱۱

سیستم Ballast شناور

همان‌گونه که در پودمان های قبل درخصوص آشنایی با موتورهای سه فاز اشاره شد، سر بندی موتورهای سه فاز می‌تواند به دو صورت ستاره (Y یا λ) و یا مثلث (Δ) انجام شود. همچنین با مزایا و معایب هرکدام از سر بندی‌های آشنا شدیم.

میزان جریان راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون بالا می‌باشد. برای حل این مشکل، ابتدا موتور را با سربندی ستاره راه اندازی نموده و پس از حدود ۵ الی ۷ ثانیه، سربندی را به حالت مثلث تغییر داده و از حداکثر توان و گشتاور موتور بهره می‌برند. این تغییر سربندی می‌تواند به صورت دستی یا اتوماتیک صورت گیرد (شکل ۱۲).

مدار فرمان و قدرت، راه اندازی ستاره مثلث موتور سه فاز القایی را به صورت اتوماتیک نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- مدار فرمان و قدرت ستاره - مثلث

نمایش فیلم

راه اندازی ستاره/مثلث موتورهای القایی سه فاز.

مدار قدرت:

اجزای مدار قدرت:

یک نمونه الکترو موتور از جدول موتورها انتخاب نمایید. متناسب با مشخصه های موتور، سایر اجزای مدارهای قدرت را انتخاب و در جدول وارد کنید.

جدول ۱۲

ردیف	عنوان تجهیزات	مشخصه	شماره	توضیحات
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
۶				

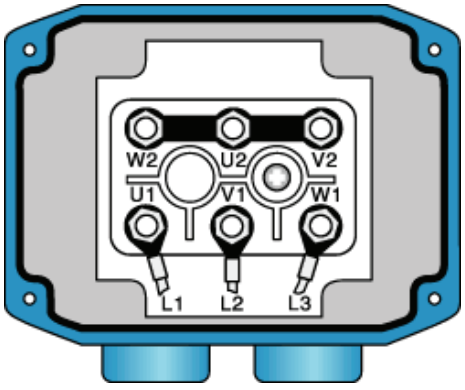
کار کلاسی

مدار فرمان ستاره _ مثلث شکل را تشریح کرده و در خصوص اجزای مدار و عملکرد آنها بحث کنید.

آیا روش های دیگری برای راه اندازی موتورهای القایی می‌شناسید؟

ستاره

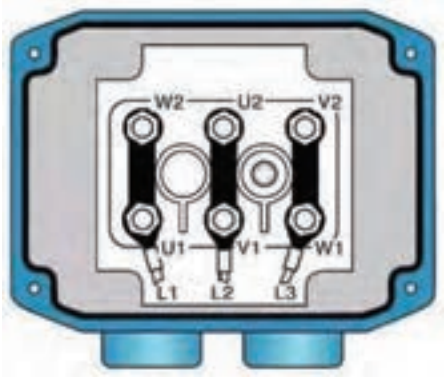
Star Y



شکل ۱۳- سربندی ستاره

مثلث

Delta Δ



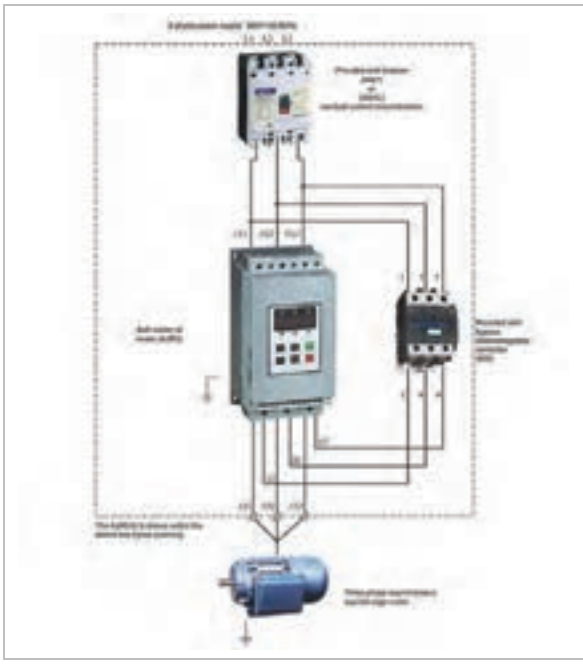
شکل۱۴- سربندی مثلث

تحقیق کنید

راه اندازی نرم Soft Starting موتورهای سه فاز القایی چیست؟ نتیجه را در جدول زیر وارد نمایید.

جدول ۱۳

تعریف راه اندازی نرم:	
موارد کاربرد:	
مزایا:	
معایب:	



عیب یابی مدارات کنترلی طراحی شده به وسیله کنتاکتور

مدارهای کنترلی که بوسیله کنتاکتور طراحی و اجرا می‌شوند غالباً با دو نوع اشکال عمده روبرو می‌شوند:

اشکالات طراحی:

در طراحی مدارهای کنترلی با کنتاکتور، به ویژه در مدارهای گسترده اشکالاتی رخ می‌دهد که ناشی از نقص در طراحی بوده و از نظر شخص طراح پوشیده مانده است. با کنترل‌های مکرر مدار طراحی شده و پیاده سازی آن به‌صورت آزمایشی و بررسی همه جانبهٔ آن، چنین اشکالاتی را باید یافت و با راهکار مناسب برطرف نمود.

به عنوان مثال بارزترین و پیچیده‌ترین اشکالات طراحی در مدارهای تناوبی یا نوبه‌ای (یکی پس از دیگری) مشاهده می‌شود. نشانهٔ بروز اشکال این است که مدار در چند مرحلهٔ نخست، عملکرد صحیح دارد ولی در ادامه، از روند منطقی مد نظر طراح خارج و عملکرد نادرست پیدا می کند. اغلب این اشکالات با راه اندازی مجدد (قطع و وصل جریان برق مدار فرمان) اصلاح شده ولی مجدداً با عملکرد ناصحیح مدار روبرو می‌شویم.

از آن‌جا که مدارهای کنترل بکار رفته در شناورها، با توجه به حساسیت زیاد، بارها مورد آزمایش قرار گرفته و سپس بر روی قسمت‌های مورد نیاز مانند راه اندازی موتورها پیاده سازی می‌شوند، از این رو بروز اشکالات طراحی در عملکرد این مدارها منتفی می‌گردد.

اشکالات ناشی از عملکرد نادرست قطعات:

گاهی نیز در مدارهای فرمان و قدرت اشکالاتی بروز می‌کند که ناشی از عملکرد نادرست قطعات بکار رفته در مدارها می‌باشد. سپری شدن عمر مفید قطعات، کیفیت پایین قطعات و شرایط محیطی نامناسب باعث بروز این اشکالات خواهند شد.

علی رغم اینکه سعی می‌شود در شناورها اعم از نظامی و تجاری، از مرغوب ترین قطعات جهت طراحی مدارهای فرمان و قدرت بهره گرفته شود، لیکن شرایط محیطی نامناسب دریا و تحمل فشارهای مختلف موجب بروز اشکالاتی از این دست خواهد شد.

در سایهٔ اجرای برنامهٔ منظم و مدوّن نگه‌داری و تعمیرات در شناورها، میزان بروز این نوع از اشکالات به حداقل خواهد رسید.

خود باوری

هواناو بازسازی شدهٔ نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران با اتکا به دانش و فناوری ملی

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۲	طراحی و پیاده‌سازی مدار فرمان و قدرت با کلیدهای الکترومغناطیسی (کنتاکتور)	ابزار: ابزارهای پیاده‌سازی و نرم‌افزارهای طراحی و شبیه‌سازی مدارهای فرمان و قدرت تجهیزات: رایانه مناسب سیم و کابل مناسب کلید های فرمان کنتاکتورهای مناسب فیوز و سایر المان‌های حفاظتی تابلو مناسب	بالاتر از حد انتظار	تشریح کامل مدار فرمان و قدرت طراحی شده و پیاده‌سازی مدار توسط نرم‌افزار طراحی با رعایت اصول طراحی. انتخاب مناسب ابزارها. انتخاب مناسب تجهیزات، کنتاکتورها، کلیدها متناسب با مسئله. پیاده‌سازی کامل مدار فرمان بر روی تابلوی مناسب اجرای کامل مدار قدرت. اخذ خروجی مثبت از عملکرد صحیح مدار پیاده سازی شده. توانایی تشخیص عیوب احتمالی و ارائهٔ راه‌کار مناسب. رعایت موارد ایمنی در طول تمامی مراحل کار.	۳
			در حد انتظار	تشریح مدار فرمان و قدرت طراحی شده و پیاده‌سازی مدار توسط نرم‌افزار طراحی با رعایت اصول طراحی. انتخاب مناسب ابزارها. انتخاب مناسب تجهیزات، کنتاکتورها، کلیدها متناسب با مسئله. پیاده‌سازی کامل مدار فرمان بر روی تابلوی مناسب.	۲
			پایین تر از حد انتظار	انتخاب ابزار مناسب. انتخاب تجهیزات مدار قدرت.	۱

کنترل کننده‌های منطقی PLC

PLC مخفف Programmable Logic Controller به معنی کنترل منطقی قابل برنامه‌ریزی می باشد. برنامهٔ نوشته شده توسط رایانه به PLC منتقل و پس از پردازش، به کنتاکتور ها یا رله‌ها توسط مدار واسط یا اینتر فیس انتقال می‌یابد و طبق برنامهٔ ذکر شده دستگاه‌ها را راه‌اندازی و کنترل می‌نماید.

شکل ۱۵

شکل ۱۶

کنترل کننده‌های منطقی PLC

امروزه استفاده از PLC در صنایع و کارخانه‌ها رو به افزایش است و برق‌کاران صنعتی باید طرز استفاده از آن را بدانند.

فرایند کار PLC :

دریافت ورودی:

ورودی PLC می تواند از حسگرها، کلید های قطع و وصل عوامل مکانیکی باشند.

پردازش اطلاعات ورودی:

پردازش اطلاعات ورودی بر مبنای برنامه‌ای که در رایانه نوشته و بر روی PLC بارگذاری می‌شود، انجام می‌گیرد.

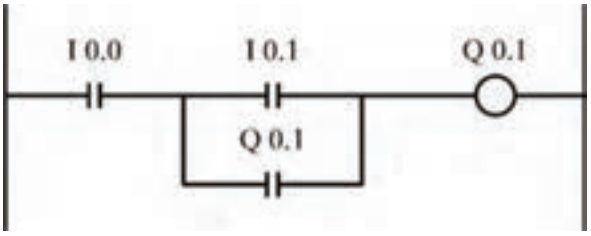
خروجی:

خروجی PLC می‌تواند به تجهیزاتی مانند انواع موتورها، رله یا کنتاکتورها،لامپ‌ها و نمایشگر داده شود.

با اعمال ورودی به یک سیستم PLC که می تواند به صورت کلیدی و یا سنسور باشد، عمل پردازش بر روی آن صورت گرفته و نتیجهٔ عمل در یک عمل کننده یا یک شبیه ساز آشکار می شود. به مجموعهٔ این اعمال یک فرایند یا پروسهٔ کاری گفته می شود.

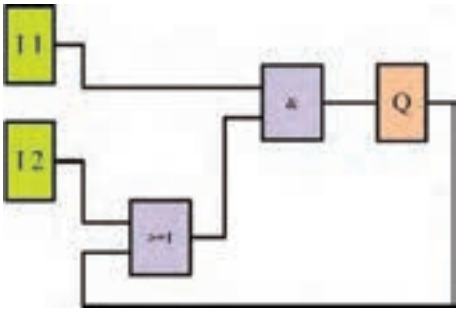
زبان برنامه نویسی PLC

نردبانی یا (LADDER): اگر شکل بلوک دیاگرامی مدار برقی را نود درجه به سمت راست و بالا بچرخانیم و آن را جایگزین علائم نردبانی کنیم در واقع همان مدار را به زبان نردبانی نوشته‌ایم. این زبان مورد علاقه برق کاران و ساده‌ترین روش برنامه نویسی است.



شکل ۱۷- برنامه نویسی Lader یا نردبانی

CSF یا FBD (Function Block Diagram): برنامه‌نویسی به روش کنترل سیستم که در واقع پیاده سازی مدار برقی به صورت گیت‌های منطقی می‌باشد. این زبان مورد علاقه و کاربرد الکترونیک‌کاران است.



شکل ۱۸- برنامه نویسی FBD

در واقع ورودی‌ها را با کلیدها تعریف می‌کنند. مانند صفحه کلید رایانه یا کلید روشن و خاموش کردن لامپ و استپ و استارت‌ها در برق صنعتی که با فشردن یک کلید در واقع آن را یک یا سِت کرده‌ایم. و خروجی هم می‌تواند لامپ یا موتور یا نمایشگر باشد. در PLC که بیش‌تر در صنعت کاربرد دارد، بیش‌تر با کلیدهای فشاری موسوم به استاپ و استارت سروکار داریم.

کلید استاپ که از نام آن بر می‌آید به معنی نگه دارنده یا قطع کننده و کلید استارت هم به معنی شروع کننده و آغازگر می‌باشد. همین کلیدها در PLC هم کاربرد دارند. در واقع ورودی‌های سیستم PLC می‌باشند که با اعمال به ورودی PLC برنامهٔ نوشته شده با پردازش داده ورودی خروجی را به ما تحویل می‌دهد. خروجی هم می‌تواند هر نوع مصرف کننده‌ای باشد و در صنعت به علت ولتاژ بالا و استفاده از کنتاکتورها در PLC هم از کنتاکتورها برای خروجی استفاده می‌شود.

در برق صنعتی کلیدها را با S و در PLC ورودی ها را با I نشان می‌دهند و خروجی صنعتی که با K نشان داده می‌شود برابر با Q در PLC می‌باشد.

رله‌های قابل برنامه ریزی (Mini PLC)

رلهٔ منطقی قابل برنامه ریزی به طور خلاصه رله قابل برنامه ریزی نیز نامیده می‌شود و به نام‌های کلید قابل برنامه‌ریزی، کنترل کنندهٔ کوچک برنامه پذیر (Mini PLC)، رلهٔ منطقی (Logic Relay)، رلهٔ هوشمند (Smart Relay) یا Intelligent Relay، سوپر رله (Super Selay) و مانند آن نیز خوانده می‌شود. برخی از این نام‌ها اسامی تجاری این محصول اند که شرکت سازنده، محصول خود را با این نام معرفی می‌کند.

شکل ۱۹

شکل ۲۰

رله‌های قابل برنامه ریزی

رلهٔ قابل برنامه ریزی کوچک‌ترین محصول کارخانه‌های سازندهٔ PLC است. شرکت‌های سازنده این وسیله تقریباً سه دهه است که آن را به بازار عرضه کرده‌اند. در ابتدا به دلیل گران‌قیمت بودن این رله‌ها، زمینهٔ استفاده و کاربرد آنها کم بود. اما امروزه، با وجود پایین آمدن قیمت آنها، زمینه کاربردی رلهٔ قابل برنامه‌ریزی افزایش یافته است و با تنوع بیش‌تری تولید می‌شود. یکی از دلایل اصلی ساخت این رله‌ها داشتن امکان برنامه‌ریزی با دست توسط کلیدهای روی این رله است، که آن را به قطعه‌ای منحصر به فرد تبدیل کرده است.

شکل ۲۱- راه اندازی موتور با Mini PLC

هر چند استفاده از رلهٔ قابل برنامه ریزی در سیستم‌های کنترل واقعی و بزرگ با توجه به تعداد ورودی و خروجی‌های کم، جایی ندارد اما در تأسیسات الکتریکی کوچک، مثل کنترل موتورخانهٔ ساختمان‌ها، دستگاه‌های دارای دو یا چند موتور، کارگاه‌های کوچک صنعتی و روشنایی اتوماتیک ساختمان‌ها و امثال آن به کار می‌رود. در مدارهای فرمان (کنترل) که تعداد موتورها بیش از چند عدد نیست، استفاده از رلهٔ قابل برنامه‌ریزی به جای PLC، مناسب و صحیح است.

مزایای استفاده از رلهٔ قابل برنامه ریزی

استفاده از رلهٔ قابل برنامه‌ریزی نسبت به مدارهای فرمان و قدرت صنعتی دارای مزایایی به شرح زیر است:

۱- کاهش حجم سیم کشی‌ها و اتصالات مدار؛

۲- امکان برنامه نویسی دستی بدون وجود رایانه؛

۳- امکان طراحی، چاپ و ذخیره سازی برنامهٔ مدار مورد نظر و ارسال آن به رلهٔ قابل برنامه ریزی و حتی فراخوانی برنامه از رله، توسط رایانه؛

۴- امکان اجرای آزمایشی مدار، قبل از اجرای عملی آن توسط برنامه شبیه ساز رله در رایانه؛

۵- نیاز نداشتن به تیغهٔ کمکی یا کنتاکتورهای کمکی؛

۶- وجود تایمرهای متنوع و زیاد در آن؛

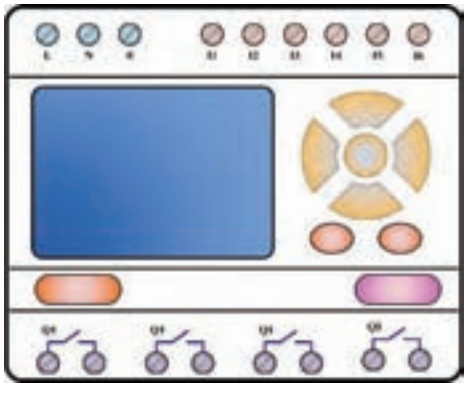
۷- وجود توابعی خاص در رله که ایجاد آنها توسط کنتاکتورهای کمکی ناممکن است؛

۸- امکان رمزگذاری عبور برای برنامه و جلوگیری از سوء استفادهٔ دیگران؛

۹- انعطاف‌پذیری در مقابل تغییرات احتمالی مورد نیاز برنامه؛

۱۰- اماکن نظارت بر روی عملکرد مدار از طریق پیام‌های نمایشگر LCD؛

۱۱- آسان بودن اعمال تغییرات و اصلاح خطاها.



شکل ۲۳

شکل ۲۲

اجزای رله‌های قابل برنامه‌ریزی

ایمنی

در هنگام کار با تابلو های برق، حتماً از علائم هشدار دهنده و قفل های ایمنی مناسب استفاده کنید.

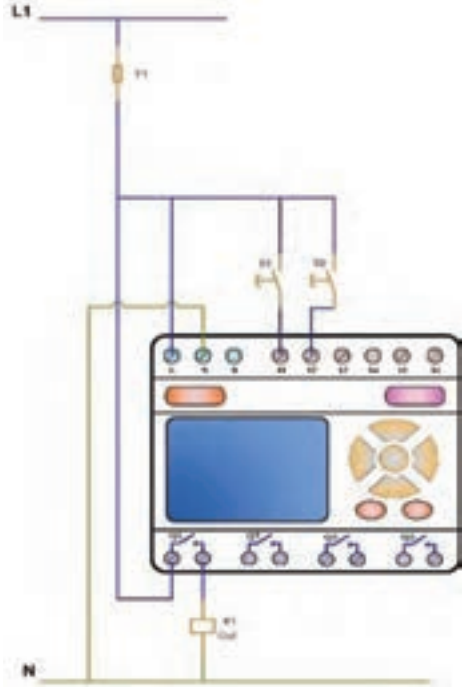
راه‌اندازی و به‌کارگیری رله‌های قابل برنامه‌ریزی:

الف) سیم کشی:

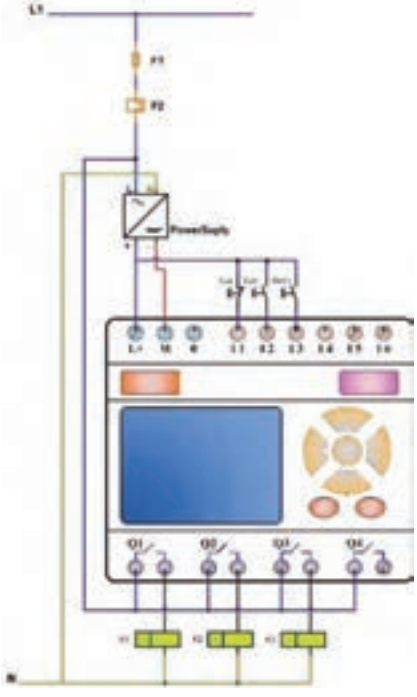
قبل از شروع به کار، به مشخصات فنی رله دقت کنید. یکی از مهم ترین نکات، ولتاژ راه‌اندازی رله می‌باشد.

۱- درصورتی که ولتاژ راه اندازی (تغذیه) رله AC باشد، از حروف L و N در قسمت ترمینال‌های تغذیه استفاده شده است. در این‌صورت ترمینال L را به یکی از خطوط فاز و ترمینال N را به زمین سیستم برق که در تابلو مشخص شده متصل کنید(شکل ۲۴).

۲- اگر تغذیه رله ۱۲ یا ۲۴ ولت DC باشد، از حروف +L و M در قسمت ترمینال‌های تغذیه استفاده شده است. در این صورت بایستی از یکسو کننده مناسب که معمولاً به همراه رله ارائه می‌شود، استفاده نمود.



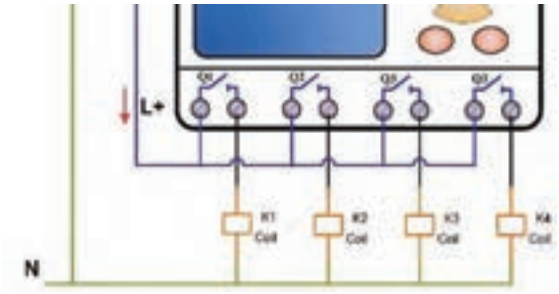
شکل ۲۴



شکل ۲۵

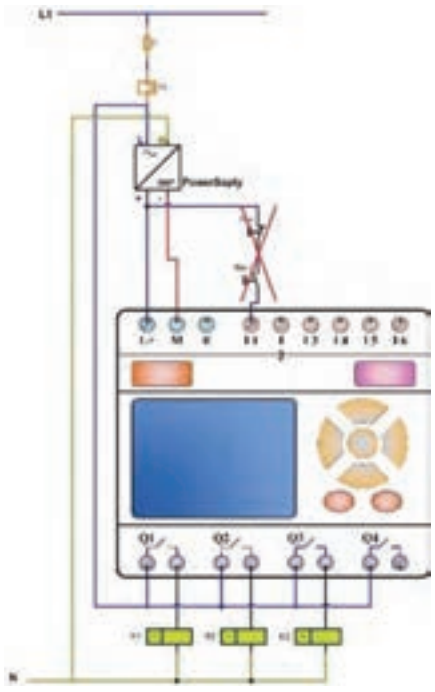
سیم بندی رله‌های قابل برنامه‌ریزی

۳- کنتاکت‌های خروجی که با Q مشخص شده‌اند، مطابق برنامه نوشته شده، به حالت باز یا بسته خواهند بود. از آنجا که نیاز است در صورت عمل کردن کنتاکت‌های خروجی، ولتاژی در خروجی دیده شود و از آن ولتاژ جهت کنترل تجهیزات متصل شده به خروجی مانند بوبین کنتاکتورها استفاده نمود، از این رو بایستی یک سر ترمینال‌های خروجی، به صورت شکل ۲۶ به تغذیه وصل شوند (سیم آبی).



شکل ۲۶- سیم بندی خروجی رلهٔ قابل برنامه ریزی

۴- به هر ورودی رله قابل برنامه ریزی فقط یک سیگنال متصل می‌شود. این بدان معنی است که به هر یک از ورودی‌ها، فقط می‌توان یک کلید یا یک حسگر مستقل برای اعمال ولتاژ وصل کرد و نمی‌توان مانند مدارهای فرمان کنتاکتوری کلید ها را به‌صورت سری به یک ورودی وصل نمود.



شکل ۲۷- سیم بندی نادرست ورودی رلهٔ قابل برنامه ریزی

نمایش فیلم

سیم‌کشی و راه‌اندازی اولیه یک نمونه رله قابل برنامه‌ریزی.

کار کلاسی

در خصوص تفاوت بین مدار فرمان کنتاکتوری و سیم‌کشی رله‌های قابل برنامه‌ریزی بحث کنید.

ب) برنامه نویسی:

۱- اعمال هر نوع سیگنال (تغییرات) به ورودی رله‌های قابل برنامه ریزی، با توجه به برنامه نوشته شده، موجب ایجاد تغییر در خروجی رله خواهد شد. منظور از اعمال تغییر، وصل نمودن یک ولتاژ به ورودی یا قطع یک ولتاژ از ورودی می باشد.

۲- در رله‌های قابل برنامه‌ریزی، ورودی و خروجی‌ها بایستی به درستی آدرس دهی شوند. بعنوان مثال:

اگر قرار است دستور شروع از ورودی I2 به رله قابل برنامه ریزی داده شود، بایستی کلید شستی مربوطه به ورودی I2 وصل شود.

اگر در نظر است دستور محدود کننده‌ای به ورودی I3 رله قابل برنامه ریزی داده شود، بایستی کلید محدود کننده Limit Switch مربوطه به ورودی I3 وصل گردد.

اگر برنامه به‌گونه‌ای نوشته شده است که خروجی Q1 موجب راه اندازی یک رله می‌شود، بایستی بوبین رله به خروجی Q1 وصل گردد.

۳- برنامه نویسی رله های قابل برنامه ریزی، با استفاده از نرم افزارهای ویژه هر نوع رله، که معمولاً به همراه رله توسط کارخانه سازنده ارائه می‌شود، صورت می‌گیرد.

۴- برنامه نوشته شده به زبان‌های Ladder و FBD بایستی توسط کابل مخصوص اتصال رایانه به رله که توسط کارخانه ارائه می‌شود، بر روی رله پیاده سازی شود. برای این منظور بایستی:

الف- اتصالات تغذیه رله را به درستی انجام داد.

ب- کابل ارتباطی را به رایانه و درگاه بارگذاری رله متصل نمود.

پ- پس از روشن کردن رله، با توجه به منو و با استفاده از کلید های پیمایش جهت دار، رله را در وضعیت Start یا Run قرار داد

فعالیت کارگاهی

یک نمونه رله قابل برنامه ریزی موجود در کارگاه را تحویل بگیرید.

قسمت‌های مختلف آن را شناسایی کنید.

با توجه به مشخصات رله، سیم کشی آن را مطابق شکل ۲۵ یا ۲۶ انجام دهید.

رله را روشن کنید و با انجام تغییرات در وضعیت شستی‌های ورودی، تغییرات را در صفحه نمایشگر روی رله ببینید.

برای درک بهتر عملکرد رله‌های قابل برنامه‌ریزی، مدارات طراحی شده در بخش قبل را توسط زبان برنامه‌نویسی Ladder طراحی و بر روی رله‌های قابل برنامه ریزی پیاده سازی و اجرا می‌نماییم.

راه اندازی مستقیم موتور سه فاز توسط رله‌های قابل برنامه ریزی

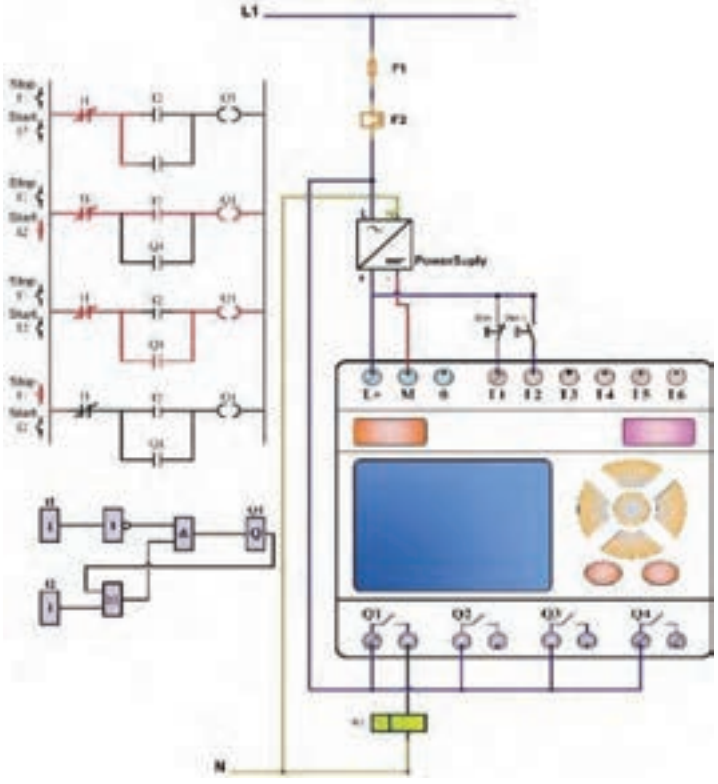
هدف: راه‌اندازی و کنترل مستقیم یک موتور سه‌فاز با دو شستی NO (Normaly Open) و NC (Normaly Close)

شرط‌های راه اندازی:

۱- با زدن شستی Start موتور بصورت دائم کار کند.

۲- با زدن کلید Stop در هر شرایطی، موتور متوقف شود.

اجرا: در شکل ۲۸ نحوه سیم بندی رله به‌همراه برنامه نوشته شده به زبان Ladder و FBD نشان داده شده است. برای درک بهتر برنامه، مراحل اجرای مرحله به مرحله برنامه Ladder در شکل نشان داده شده است.



شکل ۲۸- راه اندازی مستقیم موتور سه فاز توسط رلهٔ قابل برنامه ریزی

کار کلاسی

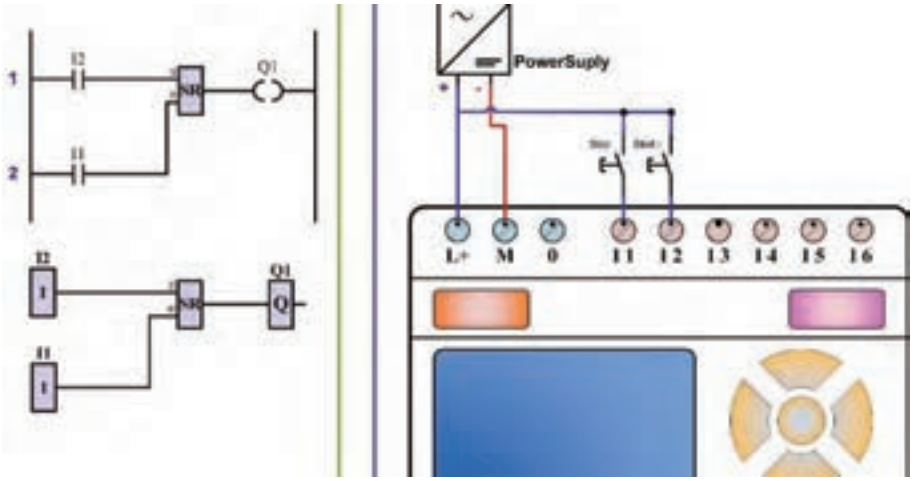
درخصوص راه اندازی و کنترول موتور با دو شستی NO بحث کنید.

وظیفه Q1 ⊣⊢ **که به‌صورت موازی با** I 2 ⊣⊢ **قرار گرفته است چیست؟**

در نوشتن برنامه، از توابع متعددی که در نرم افزارهای برنامه نویسی Ladder و FBD پیش بینی شده است می‌توان استفاده کرد. استفاده از توابع، موجب ساده شدن و کم شدن حجم برنامه می‌شود. یکی از این توابع تابع Set / Reset می‌باشد که به‌صورت شکل ۲۹ در برنامه نشان داده می‌شوند.

شکل ۲۹

حال می‌توان برنامه راه اندازی موتور با دو شستی NO را بصورت شکل ۳۰ طراحی کرد:



شکل ۳۰- راه اندازی موتور با دو شستی

فعالیت کارگاهی

برابر شکل ۲۸ و شکل ۳۰ رله را برای راه اندازی موتور سه فاز به‌طور مستقیم برنامه-ریزی کنید.
با قرار دادن شستی های مختلف در ورودی برنامه نتایج را مقایسه نمایید.

کار در منزل

نرم‌افزاری برای برنامه نویسی رله‌های قابل برنامه‌ریزی در رایانه شخصی نصب نموده و سعی کنید مثال‌های گفته شده را در آن پیاده سازی کنید.

راه اندازی دو موتور سه فاز یکی پس از دیگری توسط رله‌های قابل برنامه ریزی:

هدف: راه اندازی دو موتور سه فاز، یکی پس از دیگری یا راه اندازی با رعایت اولویت.

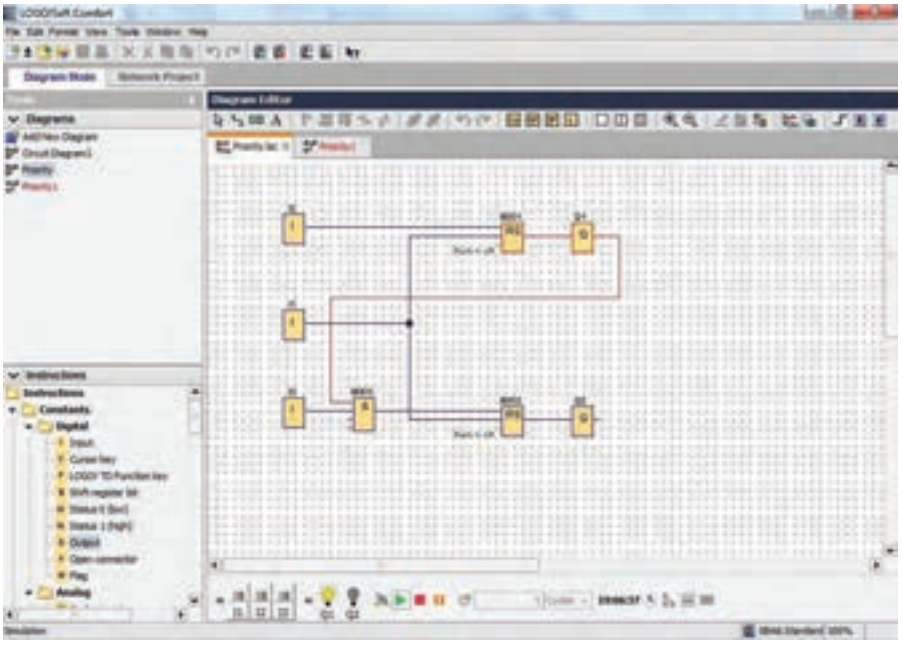
شرط‌های راه اندازی:

۱- با زدن شستی Start I موتور M1 بصورت دائم کار کند.
۲- تا زمانی که موتور M1 راه اندازی نشود، امکان راه اندازی موتور M2 وجود نداشته باشد.
۳- با زدن شستی Start II با رعایت شرط شماره ۲ موتور M2 به‌صورت دائم کار کند.
۴- در هر لحظه که موتور M1 متوقف شود، موتور M2 نیز متوقف شود.
۵- با زدن شستی Stop هر دو موتور متوقف شوند.

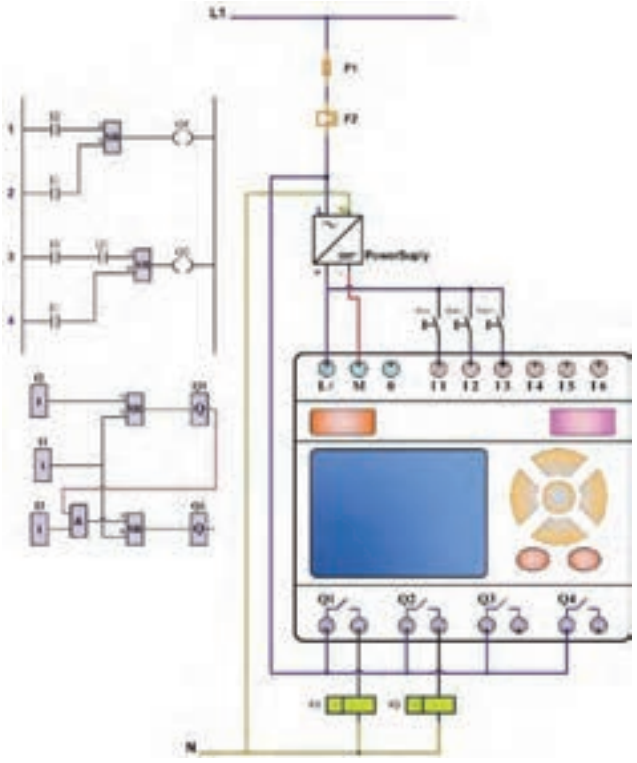
اجرا: شکل ۳۱ اجرای برنامه در محیط نرم افزار و شکل ۳۲ سیم بندی و برنامه به زبان‌های Ladder و FBD را نشان می‌دهد.

با زدن شستی Start I ورودی I2 وصل و خروجی Q1 فعال خواهد شد. با توجه به این‌که از تابع Set / Reset استفاده شده است، Q1 بصورت دائم کار باقی می‌ماند.

با زدن شستی Start II به شرط اینکه Q1 از حالت فعال خارج نشده باشد، Q2 فعال خواهد شد.
با زدن شستی Stop در هر حالت و هر زمان از برنامه، خروجی‌های Q1 و Q2 غیر فعال خواهند شد.



شکل ۳۱



شکل ۳۲- راه اندازی دو موتور یکی پس از دیگری

فعالیت کارگاهی

برابر شکل ۳۲ رله را برای راه اندازی دو موتور یکی پس از دیگری را طراحی و در کارگاه پیاده سازی و اجرا نمایید.

تحقیق کنید

با اعمال چه تغییراتی در برنامه راه اندازی دو موتور یکی پس از دیگری، می‌توان این فرآیند را به‌صورت خودکار و پس از تأخیر زمانی دلخواه انجام داد؟

کار کلاسی

اگر مانند مدارهای فرمان کنتاکتوری، در طراحی شکل ۳۰ به جای شستی NO از شستی NC به‌عنوان شستی Stop استفاده شود، روند برنامه چگونه خواهد شد.

راه اندازی چپ گرد – راست گرد موتور سه فاز توسط رله‌های قابل برنامه ریزی:

هدف: کنترل جهت چرخش موتور سه فاز توسط رله قابل برنامه ریزی.

پروژه کنترل جهت چرخش موتورهای سه فاز به صورت های مختلف زیر قابل اجرا می‌باشد:

۱- راه اندازی چپ گرد – راست گرد موتور سه فاز با حفاظت کامل: در این روش تغییر جهت چرخش موتور به شرطی امکان پذیر خواهد بود که شستی Stop فشرده شود و سپس یکی از شستی‌های راست‌گرد یا چپ گرد انتخاب شود. در این حالت تغییر جهت بلافاصله صورت نخواهد پذیرفت.

۲- راه اندازی چپ گرد – راست گرد سریع موتور سه فاز: از آنجا که در این روش سرعت تغییر جهت چرخش مد نظر می‌باشد، از این رو برنامه به گونه‌ای نوشته می‌شود که هرکدام از خروجی‌های چپ گرد یا راست گرد روشن با شد، اگر استارت دور عکس آن فشرده شود، موتور متوقف شده و بلافاصله تغییر جهت دهد.

۳- راه اندازی چپ گرد – راست گرد موتور سه فاز با تأخیر زمانی: در این حالت، بنا به موارد کاربرد، برنامه به گونه‌ای نوشته می‌شود که درصورت فشرده شده شدن استارت دور عکس، موتور متوقف شده و بعد از تأخیر زمانی تعریف شده در برنامه موتور در جهت عکس شروع به حرکت کند.

در این قسمت پروژه جهت اجرای روش دوم تعریف و اجرا می‌شود:

شرط‌های راه اندازی:

۱- با زدن شستی راست گرد Start R، در صورتی که موتور M1 در حالت متوقف باشد، موتور به‌صورت دائم در جهت عقربه های ساعت کار کند (راست‌گرد) و در صورتی که قبلاً در حالت چپ گرد حرکت می‌کرد، بلافاصله متوقف وبه حالت راست گرد بچرخد.

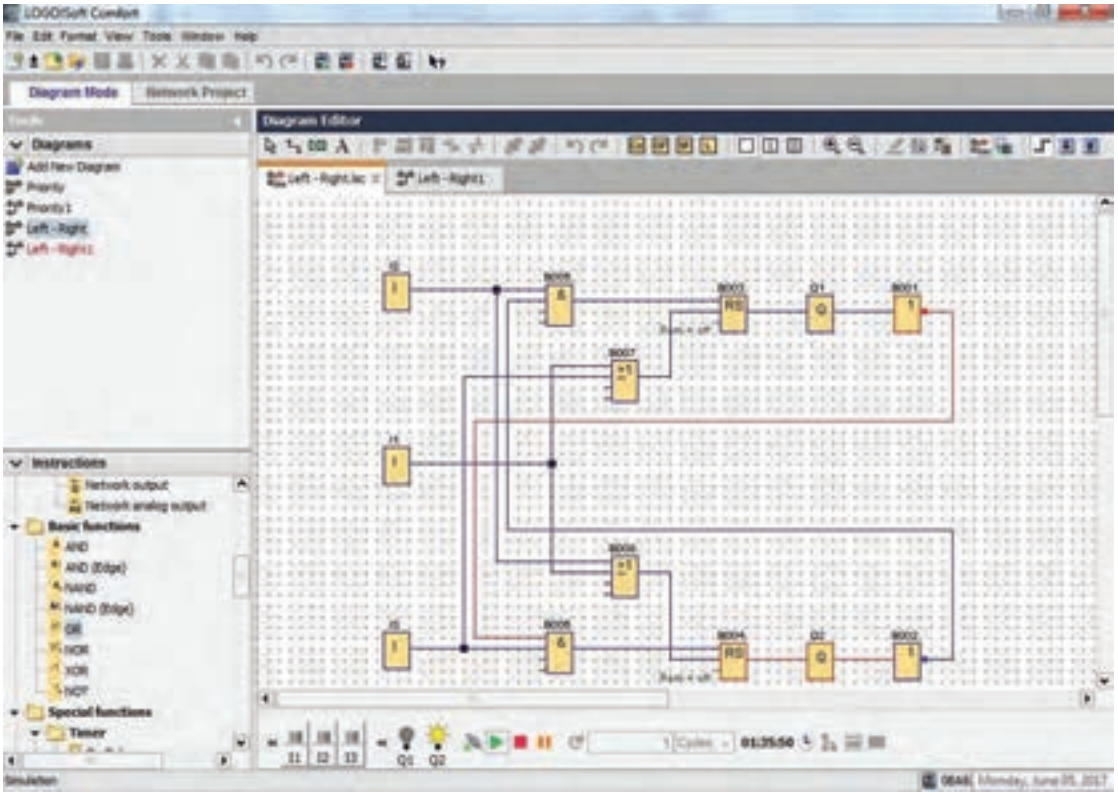
۲- با زدن شستی چپ گرد Start L، در صورتی که موتور M1 در حالت متوقف باشد، موتور بصورت دائم در جهت عکس عقربه های ساعت کار کند (چپ گرد) و در صورتی که قبلاً در حالت راست گرد حرکت می‌کرد، بلافاصله متوقف وبه حالت چپ گرد بچرخد.

۳- با زدن شستی Stop جهت چرخش به هر طرف که باشد، موتور M1 متوقف شود.

کار کلاسی

برنامه نوشته شده در شکل ۳۴ به دو صورت Ladder و FBD را تحلیل کنید.
درخصوص عملگرهای And و Or بحث کنید

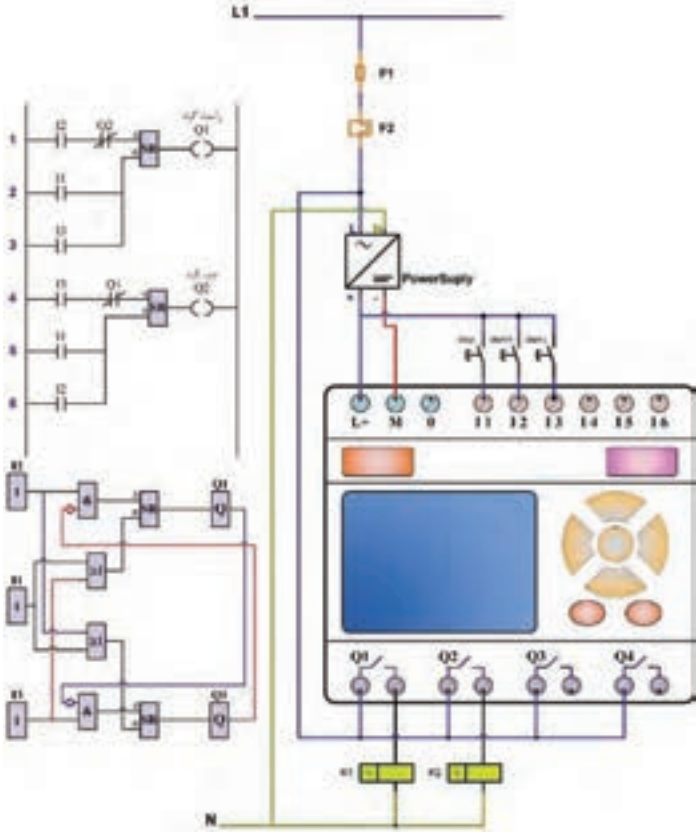
اجرا: شکل ۳۳ اجرای برنامه به زبان FBD در محیط نرم افزار و شکل ۳۴ سیم بندی و برنامه به زبان‌های Ladder و FBD را نشان می‌دهد.



شکل ۳۳

فعالیت کارگاهی

برابر شکل ۳۴ برنامه چپ گرد – راست گرد را برای یک موتور سه فاز طراحی و در کارگاه پیاده سازی و اجرا نمایید.



شکل ۳۴- راه اندازی چپ گرد – راست گرد با رلهٔ قابل برنامه ریزی

با زدن شستی Start R :

اگر موتور متوقف باشد، بصورت راست گرد خواهد چرخید.

اگر موتور به حالت چپ گرد در چرخش باشد، بلافاصله متوقف و راست گرد خواهد شد.

با زدن شستی Start L :

اگر موتور متوقف باشد، بصورت چپ گرد خواهد چرخید.

اگر موتور به حالت راست گرد در چرخش باشد، بلافاصله متوقف و چپ گرد خواهد شد.

با زدن شستی Stop جهت چرخش موتور به هر سمت که باشد، بلافاصله متوقف خواهد شد.

کار در منزل

برنامه چپ گرد - راست گرد موتور سه فاز را توسط نرم افزار پیاده سازی نموده و نتیجه آن را در شبیه ساز نرم‌افزار مشاده کنید.

راه اندازی یک موتور سه فاز به صورت ستاره – مثلث

هدف: راه اندازی یک موتور سه فاز به‌صورت ستاره – مثلث بصورت خودکار با استفاده از رله تأخیری.

شرط‌های راه اندازی:

۱- با زدن شستی Start، همزمان دو خروجی Q1 (رله اصلی) و Q2 (رله ستاره) روشن شود.

۲- هیچگاه دو خروجی Q2 (ستاره) و Q3 (مثلث) نباید با هم فعال شوند.

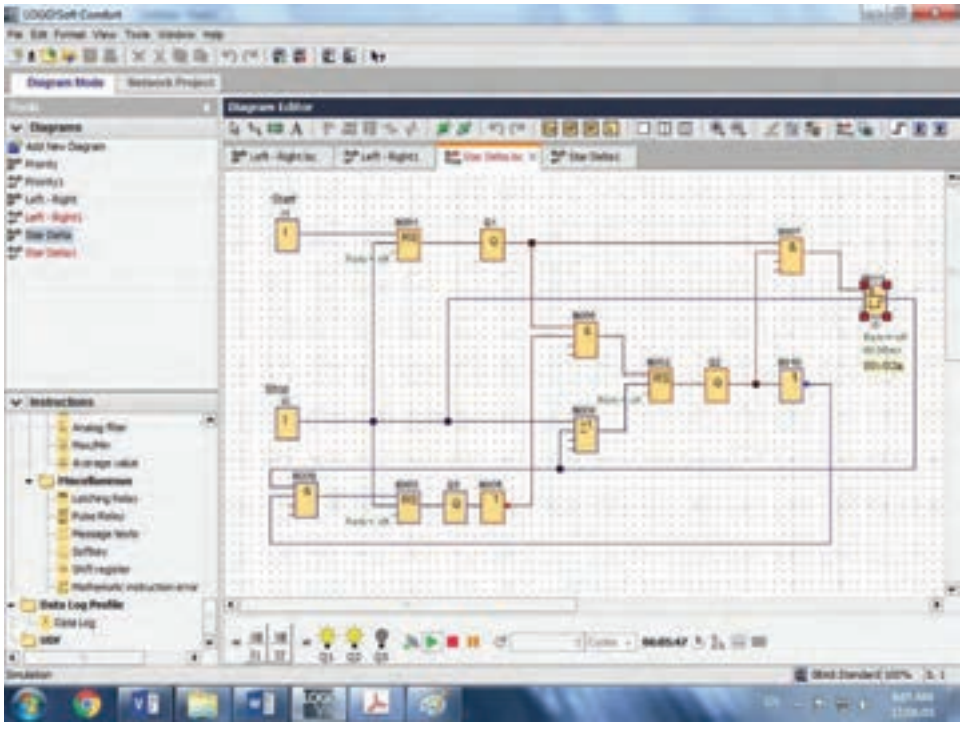
۳- با فشردن شستی Stop هر سه خروجی Q1 و Q2 و Q3 (اصلی، ستاره و مثلث) غیر فعال گردند.

اجرا: شکل ۳۵ اجرای برنامه به زبان FBD در محیط نرم افزار و شکل ۳۶ سیم بندی و برنامه به زبان‌های Ladder و FBD را نشان می‌دهد.

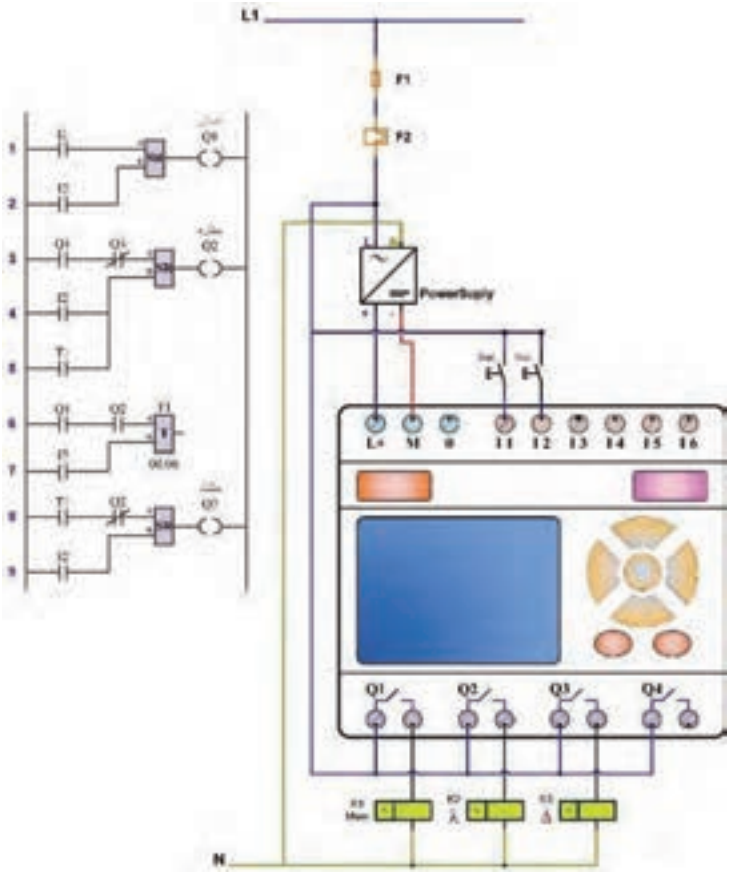
با زدن شستی Start خروجی Q1 و Q2 همزمان فعال شده و موتور شروع به چرخش خواهد کرد.

با توجه به تایمر به‌کار رفته در برنامه و زمان تأخیر ۶ ثانیه ستِ شده بر روی تایمر، خروجی Q2 پس از گذشت ۶ ثانیه، غیر فعال شده و بلافاصله خروجیQ3 فعال خواهد شد. در این مرحله خروجی Q1 همچنان فعال می‌باشد.

تا زمانیکه شستی Stop فشرده نشده باشد، موتور در حالت مثلث کار خواهد کرد.



شکل ۳۵



شکل ۳۶- راه اندازی ستاره – مثلث موتور با استفاده از رلهٔ قابل برنامه ریزی

کار کلاسی

برنامه نوشته شده در شکل ۳۶ به دو صورت Ladder را تحلیل کنید.

برنامه را به‌صورت FBD بنویسید

فعالیت کارگاهی

برابر شکل ۳۶ برنامه راه اندازی موتور به‌صورت ستاره – مثلث را در کارگاه پیاده سازی و نتایج را تحلیل کنید.

تحقیق کنید

درباره انواع تایمر های موجود در زبان FBD و Ladder تحقیق کنید و در کلاس بحث نمایید.

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۲	طراحی مدار فرمان و قدرت با رله‌های قابل برنامه‌ریزی	ابزار: ابزار طراحی نرم‌افزارهای طراحی و شبیه‌سازی تجهیزات: رایانه مناسب	بالاتر از حد انتظار	شناخت عملکرد رله های قابل برنامه ریزی. طراحی برنامه به زبان‌های Ladder و FDB برای پروژه تعریف شده سیم کشی صحیح رله متناسب با پروژه. توانایی تحلیل مدارات طراحی شده با زبان PLC. توانایی عیب یابی برنامه های PLC. خلاقیت در طراحی و برنامه نویسی.	۳
			در حد انتظار	شناخت عملکرد رله های قابل برنامه ریزی. طراحی برنامه به زبان‌های Ladder و FDB برای پروژه تعریف شده سیم کشی صحیح رله متناسب با پروژه. توانایی تحلیل مدارات طراحی شده با زبان PLC.	۲
			پایین تر از حد انتظار	شناخت عملکرد رله های قابل برنامه ریزی. سیم کشی صحیح رله متناسب با پروژه.	۱

ارزشیابی شایستگی راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه فاز

شرح کار:

طراحی مدارهای فرمان و قدرت راه اندازی موتورهای سه فاز با کنتاکتور
پیاده سازی مدارهای فرمان و قدرت طراحی شده با کنتاکتور
طراحی مدارات کنترل موتورهای سه فاز در رله های قابل برنامه ریزی با استفاده از زبان برنامه نویسی Ladder و FBD
اجرای مدارات کنترل موتورهای سه فاز با PLC یا Mini PLC (LOGO)

استاندارد عملکرد:

هدف از اجرای آموزش های این فصل، توانمند سازی هنرجویان در تحلیل مدارهای قدرت و فرمان طراحی شده برای موتورهای سه فاز و کسب مهارت در طراحی برخی از مدارات قدرت و فرمان ساده می باشد که جهت راه اندازی و کنترل موتورهای سه فاز بکار برده می‌شوند.

شاخص‌ها:

شناخت کامل تجهیزات برقی مورد نیاز بمنظور راه اندازی موتورهای سه فاز.
شناخت روش‌های راه اندازی و کنترل موتورهای سه فاز.
بکارگیری بهترین و مناسب ترین روش کنترل موتورهای سه فاز.

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه مجهز به برق

ابزار و تجهیزات:

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	طراحی مدارهای فرمان و قدرت راه اندازی موتورهای سه فاز با کنتاکتور	۲	
۲	اجرای مدارات کنترل موتورهای سه فاز با PLC یا Mini PLC (LOGO)	۱	
شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و ...		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.

پودمان ۵

سیستم‌های برق شناور

واحد یادگیری ۵

سیستم‌های برق شناور

آیا تابه‌حال پی برده‌اید

- چرا سیستم‌های برق در شناورها از اهمیت بالا و حیاتی برخوردار است؟
- چرا تجهیزات نصب شده در شناورها از استانداردهای بالا و خاص دریایی برخوردار هستند؟
- دلایل استفاده از چندین ژنراتور و هم‌چنین ژنراتور اضطراری در یک شناور استاندارد چیست؟
- چرا در شناورها، داشتن دیاگرام‌های مختلف فنی ضروری و الزامی است؟
- روتور ژنراتورهای موجود در شناورها توسط چه تجهیزاتی به گردش در می‌آید؟
- سیستم سکان شناورها چگونه و با توجه به اهمیت ایمنی آن در دریانوردی به چند طریق کنترل می‌شود؟
- اهمیت نصب سیستم حفاظت کاتدی در شناورها تا چه حد است؟
- کاربرد سیستم دگازینک در شناور و اهمیت آن چیست؟
- عملکرد مدار الکتریکی قدرت و فرمان سیستم لنگر چگونه است؟
- سیستم اعلام و اطفای حریق در شناورها چگونه است؟
- سافت استارترها چه کاربردی در سیستم‌ها دارند؟
- چرا نگه‌داری و تعمیرات در شناورها بسیار مورد توجه بوده و به‌صورت سیستمی می‌باشد؟
- چرا انجام به موقع تعمیرات پیش‌گیرانه نقش ارزنده‌ای در حفظ آمادگی عملیاتی شناور ایفا می‌نماید؟

استاندارد عملکرد

هنرجویان با اهمیت و ضرورت کاربرد مستمر شبکهٔ تولید، توزیع و تجهیزات و مصارف برق شناورها، عمدهٔ تجهیزات عملیاتی مختص آنها، مدارهای مربوطه و روش‌های نگه‌داری و تعمیر تجهیزات شناوری آشنا شده، کاربری و اهمیت هر کدام را خواهند آموخت.

مقدمه

هم‌چنان که انرژی الکتریکی تحت عنوان عمومی برق، در توسعهٔ زندگی روزمرهٔ بشر در بخش‌های مختلف روز به روز گسترده‌تر شده و به حدی رسیده است که زندگی بشر بدون آن دچار اختلال جدی خواهد شد، در شناورها نیز انرژی الکتریکی به عنوان یک بخش مهم و حیاتی می‌باشد. سیستم‌های کنترلی و نظارت، اعم از کنترل راه‌اندازها و دیزل‌ها، سیستم‌های مختلف آب گرفتگی، حریق، هدایت شناور و بسیاری دیگر و نیز سیستم‌های مخابراتی و کمک ناوبری از قبیل تجهیزات ماهواره‌ای، انواع سیستم‌های مخابراتی از جمله VHF و HF، رادار، GPS، جایرو، چراغ‌های راه و امثال آن و هم‌چنین سیستم‌های قدرت مانند پمپ‌ها و موتورهای الکتریکی در موتورخانه، دوارها، بالابرها، سیستم روشنایی، سرد کننده‌ها و بسیاری دیگر، از انرژی الکتریکی استفاده می‌کنند. حتی برخی از شناورها نیز دارای سیستم تحرک الکتریکی می‌باشند.

در بخش‌های آموزشی قبل خود با انواع قطعات، تجهیزات جانبی و برخی مدارهای مورد نیاز در برق، از جمله انواع ماشین‌های الکتریکی، سیستم‌های کنترل، انواع کلیدها، فیوزها، تجهیزات اندازه‌گیری مشخصه‌های الکتریکی و الکترونیکی (شدت جریان، ولتاژ، توان، فرکانس، مقاومت عایقی، اختلاف زاویه) ترانسفورمرها، رله‌ها، شبکه‌های تک‌فاز و سه‌فاز، حساسه‌های ایمنی مدارها، انواع تابلوهای فشار ضعیف و قوی و راه‌اندازی انواع الکتروموتورها و موارد دیگر آشنا و مهارت‌های لازم را کسب نموده‌اید. در این بخش نیز با توجه به ورود به مقولهٔ شناورها و تجهیزات شناوری به موارد استفاده و کاربردی مجموعه‌ای از آنها که با توجه به نوع مأموریت، اندازه، مدت دریانوردی و دیگر نیازهای عملیاتی مورد استفاده واقع می‌شوند بیش‌تر آشنا خواهید شد.

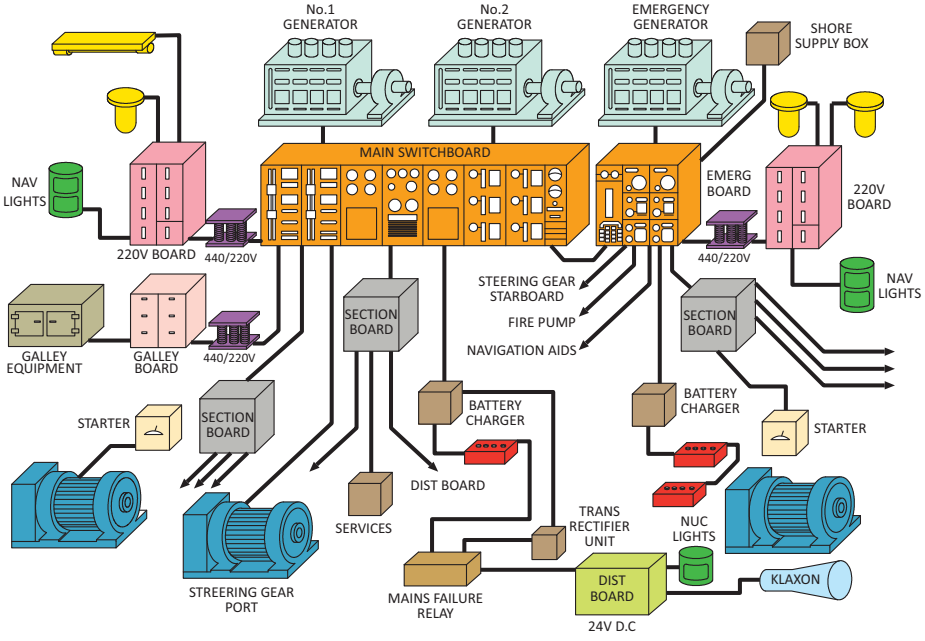
با توجه به عدم دسترسی شناورها به امکانات دنیای خارج در حین دریانوردی، که بدون شک باید همانند یک شهر به‌صورت مستقل و خودکفا به مأموریت و وظایف محولهٔ خود در دریا عمل کنند و در هرگونه شرایط سخت و بحرانی در دریای متلاطم، آمادگی عملیاتی لازم را حفظ و کارکنان شناور از ایمنی مناسب خود جهت حضور در دریا مطمئن شوند تا بدین ترتیب توان عملیاتی تجهیزات حفظ شده و شناور قادر به ادامهٔ مأموریت خود می باشد؛ بدیهی است که در این شرایط، تجهیزات نصب شده در شناورها باید از کیفیت و استانداردهای قابل قبول دریایی برخوردار بوده و کارکنان و متخصصان شناور آموزش‌های فراگیری را متناسب با مسئولیت خود طی نموده باشند. به همین دلیل، تربیت کارکنان متخصص دریایی و هم‌چنین خرید تجهیزات و شناورها نسبت به اغلب تجهیزات مشابه ساحلی پر هزینه‌تر و به تناسب، هزینه‌های نگه‌داری شناور نیز بسیار بالا و هزینه بر می‌باشد.

تولید و توزیع برق شناور

در ابتدا بهتر است با مولدها و نحوهٔ تولید انرژی الکتریکی در شناورها آشنا شویم. سیستم تغذیهٔ الکتریکی شناور طوری طراحی می‌شود که بتواند یک منبع تولید انرژی الکتریکی ایمن و پیوسته برای همهٔ بارهای موجود در شناور و هم‌چنین حفاظت کافی را برای تجهیزات و کارکنانی که با این سیستم‌ها کار می‌کنند فراهم سازد (شکل ۱).

شکل ۱- تولید و توزیع برق شناور

اگرچه حجم، نوع، مشخصه‌ها، مأموریت، فضای خاص و محدود شناور و عوامل متعدد دیگر در شناورها، طراحی‌های مختلف را برای سیستم تولید و تغذیهٔ الکتریکی استاندارد موجب می‌گردد اما دیاگرام کلی سیستم تغذیهٔ الکتریکی اغلب شناورهای متوسط با استانداردهای دریایی در کشورهای مختلف تقریباً یکسان می‌باشد مانند شکل ۲.



شکل ۲- مولدها، مصرف‌کننده‌ها و دیگر تجهیزات استفاده شده در شناور

در این دیاگرام ژنراتورها وظیفهٔ تولید انرژی الکتریکی را برای بارهای مذکور به عهده دارند. مجموع انرژی‌های به‌دست آمده در یک سویچ‌برد اصلی جمع‌آوری شده و سپس بین بارهای مختلف توزیع می‌شوند. علاوه بر ژنراتور و سویچ‌برد اصلی، بیش‌تر شناورها شامل یک ژنراتور و سویچ‌برد اضطراری نیز می‌باشند تا در صورتی که برای ژنراتورهای اصلی مشکلی رخ دهد، بتوانند بارهای الکتریکی ضروری و مهم شناور را تغذیه کنند.

مولدهای شناورها

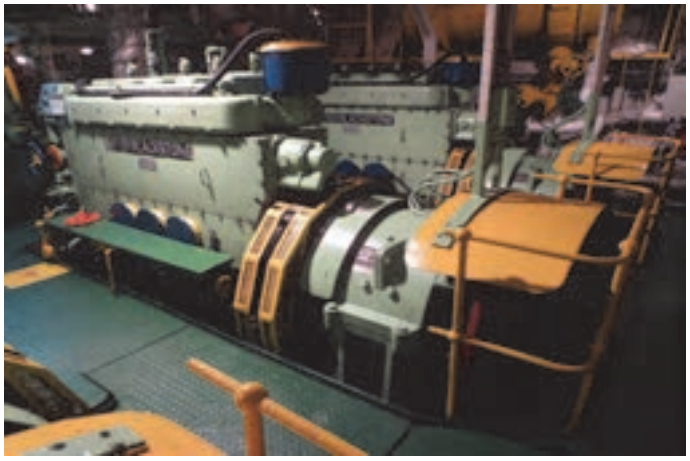
الف) مولدهای AC در شناور

شکل ۳- مولدهای AC در شناور

در شناورها، برق مورد نیاز به‌صورت ۴۴۰ ولت سه‌فاز و فرکانس ۶۰ هرتز و یا به‌صورت ۳۸۰ ولت سه‌فاز با فرکانس ۵۰ هرتز توسط مولدهای AC تولید می‌شود. اکثر کشورهای جهان سیستم‌های الکتریکی شناورهای خود را روی یکی از دو فرکانس ۶۰ و ۵۰ هرتز استاندارد کرده‌اند (شکل ۳).

هم‌چنین برای کشتی‌های بزرگ ممکن است ولتاژ ۳/۳ کیلو ولت، ۶/۶ کیلو ولت و یا بیش‌تر استفاده شود. تعداد و نوع مولدها در شناورهای مختلف بسته به نوع و کاربری آنها متفاوت است. به‌طور کلی مولدهای برق AC برای شناورها عبارت‌اند از:

ژنراتور اصلی: در شناورها هنگام دریانوردی، برای تأمین برق مورد نیاز خود از ژنراتورهای اصلی استفاده می‌شود. معمولاً در شناورها از دو ژنراتوراصلی یا بیش‌تر استفاده می‌شود تا به‌صورت نوبه‌ای کار کنند. برای چرخاندن روتور ژنراتورهای شناور به منظور تولید انرژی الکتریکی، معمولاً از موتور دیزل، توربین بخار، توربین گاز و یا از موتورهای پیش‌ران شناور استفاده می‌شود. این ژنراتورها در موتورخانهٔ فرعی نصب شده و با آب خنک می‌شوند (شکل۴).



شکل ۴- ژنراتور اصلی

ژنراتور اضطراری: همان‌طور که از نام آن مشخص است برای مواقع اضطراری و بروز مشکل و حادثه در شناور و عدم امکان استفاده از ژنراتورهای اصلی از آنها استفاده می‌شود (شکل۵). در برخی از شناورها بخصوص مسافربری استفاده از این ژنراتورها اجباری است. این ژنراتورها اغلب بر خلاف ژنراتورهای اصلی در دک آزاد نصب شده و هوا خنک هستند. در شرایط قطع ناگهانی، ژنراتور اصلی باید به‌صورت اتوماتیک فعال شده و وارد مدار شوند.

شکل ۵- ژنراتور اضطراری

برق ساحل: زمانی که شناور در حالت غیر عملیاتی در اسکله پهلو گرفته است، به‌منظور استراحت دادن ژنراتورهای داخل شناور با هدف طولانی‌تر کردن عمر مفید آنها برای دریانوردی، از برق ساحل استفاده می‌شود. برق ساحل می‌تواند از تابلوهای ساحلی که از برق شهر تغذیه می‌شوند و یا از دیزل ژنراتورهای ساحلی تغذیه شود که توسط یک کابل برق مناسب، از تابلوی برق ساحل به تابلوی برق داخل شناور وصل می‌شود. هنگام وصل برق ساحل ممکن است فازها جابه جا وصل شوند که این امر موجب چرخش معکوس همهٔ الکتروموتورها شده و مشکلاتی را در شناور به بار می‌آورد. بنابر این برای جلوگیری از این حالت از رله‌های کنترل فاز و کلید جابه جایی فاز استفاده می‌گردد. در صورت در دسترس نبودن آنها باید پس از بررسی به‌صورت دستی جای دو فاز را جابه جا نمود (شکل۶).

شکل ۶- برق ساحل

ب) مولدهای DC در شناورها:

این مولدها برای تأمین ولتاژ DC مورد نیاز در شناورها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ولتاژها می‌توانند در اندازه‌های ۲۴،۱۲ و ۳۶ ولت و نظایر آن تولید شوند (شکل ۷).

شکل ۷- مولدهای DC در شناورها

عمدهٔ مولدهای DC در شناورها عبارت‌اند از:

باتری‌ها: بیش‌ترین مولدهای برق DC در شناورها، باتری‌ها هستند که به‌طور مستقل از طریق فرایند شیمیایی جریان DC، برق تولید می‌کنند. اغلب این باتری‌ها در شناور با اندازه‌های ۱۲ ولت و قدرت ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۲۷۰ آمپر ساعت وجود دارند که با بستن سری و موازی آنها بسته به نیاز، برق مورد نظر تولید می‌گردد (شکل ۸).

شکل ۸- باتری

یکسوساز (رکتیفایر) و شارژرها: برای شارژ باتری‌های موجود در شناور نیاز به شارژر یا رکتیفایر می‌باشد. این شارژرها در انواع دستی و اتوماتیک موجود هستند. در حین روشن بودن دیزل‌ها، از دینام آنها نیز برای شارژ باتری‌ها استفاده می‌گردد (شکل ۹).

شکل ۹- رکتیفایر و شارژرها

ژنراتورهای DC: در شناورهایی که جریان DC قوی‌تر و در مدت زمان طولانی‌تر، برای کاربرد خاصی مورد نیاز باشد، (مثلاً برق DC برای شارژ باتری‌های هلی‌کوپتر) از این ژنراتورها استفاده می‌شود (شکل ۱۰).

شکل ۱۰- ژنراتور DC

کانورترها: شبیه باتری شارژرها هستند اما فقط برای شارژ کردن باتری‌ها استفاده نمی‌شوند بلکه میزان جریان آنها بیش‌تر بوده و می‌توانند برخی مصارف دیگر را نیز تغذیه کنند. مثلاً برای فعال شدن پمپ لنگر (مدار فرمان) یا تغذیهٔ حالت عادی بی‌سیم HF و یا برخی از رادارها استفاده می‌شوند. ورودی کانورترها می‌تواند برق AC یا DC باشد ولی خروجی آنها DC می‌باشد (شکل ۱۱).

شکل ۱۱- کانورترها

بحث کلاسی

چرا رعایت استانداردهای الزامی و پر هزینه برای انتخاب و طراحی شبکهٔ تولید و توزیع شبکه برق شناورها و هم‌چنین دیگر تجهیزات نصب شده در شناورها برای طراحان در اولویت قرار می‌گیرد؟

تحقیق کنید

با مراجعه به چندین دریانورد با تجربه و هم‌رشتهٔ خود، با آنان مصاحبه و با اهمیت طراحی شبکهٔ تولید و توزیع برق شناورها آشنا و نتیجهٔ تحقیق خود را در کلاس ارا ئه دهید.

تحقیق کنید

با مراجعه به شبکه‌های اینترنت در مورد برخی از شبکه‌های تولید و توزیع برق شناورها تحقیق و نتایج حاصله را در کلاس به بحث بگذارید.

بیشتر بدانیم

شناورها به‌دلیل محدودیت جا، زیادی دستگاه‌ها و ضرورت حفظ آمادگی عملیاتی در طول مسیر دریانوردی و عدم دسترسی به تعمیرکاران و متخصصان، باید ازکارکنان کاملاً کاردان با وظائف و مأموریت مشخص استفاده کنند تا بتوانند مسیر دریانوردی خود را با اطمینان طی نمایند.

بحث کلاسی

چرا انجام آموزش‌های پیشرفته و انتخاب کارکنان برجسته برای شناورها از اهمیت بالایی برخوردار بوده و این مهم چه تأثیری در حفظ آمادگی عملیاتی شناور دارد؟

بهره‌گیری از حداقل دو ژنراتور اصلی در شناورها

اغلب این پرسش پیش می‌آید که چرا در طراحی سیستم برق شناورهای متوسط استاندارد از دو ژنراتور اصلی به‌جای یک ژنراتور با توان تولید بیش‌تر استفاده می‌شود عمده‌ترین دلایل علمی و عملیاتی این کار عبارت‌اند از:

۱- توان مورد نیاز بارهای موجود در شناورها با توجه به مأموریت و نیاز لحظه‌ای بسیار متغیر می‌باشد. به‌عنوان مثال برق مورد نیاز شناور در حالت دریانوردی عادی پایین است، اما در حالت‌های عملیاتی از جمله زمان‌های اضطراری، سوخت‌گیری، جرثقیل‌های سنگین، تراسترها، راه‌اندازی سیستم‌های سلاح و توپخانه در شناورهای نظامی و غیره بسیار زیاد می‌باشد و چنان‌چه فقط از یک ژنراتور با توان بالا و کافی استفاده شود در حالت‌های عادی که میزان برق مورد نیاز کم می‌باشد شناور مجبور خواهد بود از یک ژنرانور با توان بالا، میزان و درصد کمی از توان اسمی را استفاده نماید که از نظر علمی و عملی توجیه پذیر نیست و عمر ژنراتور را کوتاه می‌نماید.

۲- علاوه بر نارسایی ذکر شده، کارکرد مستمر این ژنراتور امکان انجام به‌موقع تعمیرات پیش‌گیرانه و هم‌چنین انجام تعمیرات پیش‌بینی نشدهٔ احتمالی را با مشکل مواجه ساخته و تغذیهٔ شناور را مختل می‌سازد.

با توجه به موارد پیش گفته، مقبول‌ترین روش در طراحی سیستم تولید برق شناورهای متوسط استاندارد، بهره‌گیری از دو ژنراتور اصلی است تا:

ژنراتورها با درصد قابل قبولی از توان اسمی خود زیر بار قرار گیرند و از طول عمر بیش‌تری برخوردار گردند.

ژنراتورها بر اساس برنامه و در طول بازه‌های مشخص زیر بار قرار گرفته و زمان مناسبی برای استراحت ژنراتورها به وجود آید.

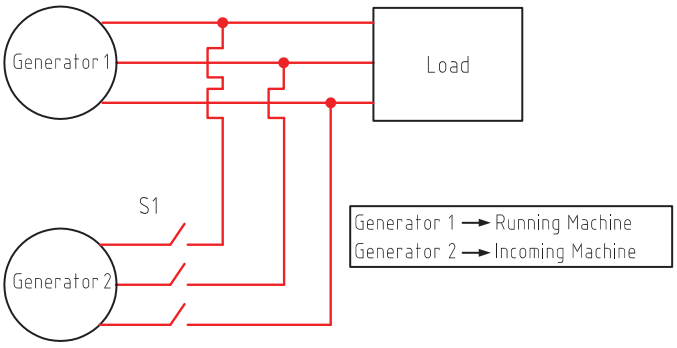
لازم به ذکر است که با طراحی مناسب سیستم تولید و توزیع برق، انتقال بارها در حال روشن بودن از یک ژنراتور به ژنراتور دیگر با هیچ‌گونه قطعی و مشکلی مواجه نخواهند شد.

تعمیرات زمان‌بندی شده به‌موقع صورت پذیرفته و در صورت نیاز به انجام تعمیرات پیش‌بینی نشده نیز زمان کافی برای این مهم وجود خواهد داشت.

با این سیستم، البته ضروری می‌باشد تا در مواقع عملیاتی و اضطراری و بحرانی از هر دو ژنراتور به‌طور هم‌زمان برای تأمین توان مورد نیاز کلیهٔ سیستم‌های عملیاتی استفاده نمود که بهترین روش برای انجام این مهم موازی (پارالل) کردن دو ژنراتور می‌باشد که انجام این مهم از حساسیت بالایی برخوردار می‌باشد.

دلایل و شرایط پارالل کردن دو ژنراتور و دسترسی به آنها در تابلو اصلی

در برخی از شناورها، گاهی در شرایط دریانوردی و گاهی در شرایط خاص و مدت کوتاه به جریانی بالاتر از جریان نامی یک ژنراتور نیاز می‌باشد؛ هم‌چنین گاهی برای تعویض دو ژنراتور بدون قطع لحظه‌ای جریان، پارالل کردن دو ژنراتور ضروری بوده و در شناورهایی که این امکان را دارند قسمتی از تابلوی برق اصلی را به این امر و امکانات آن اختصاص داده‌اند که به این بخش «سنکرو» می‌گویند (شکل ۱۲).

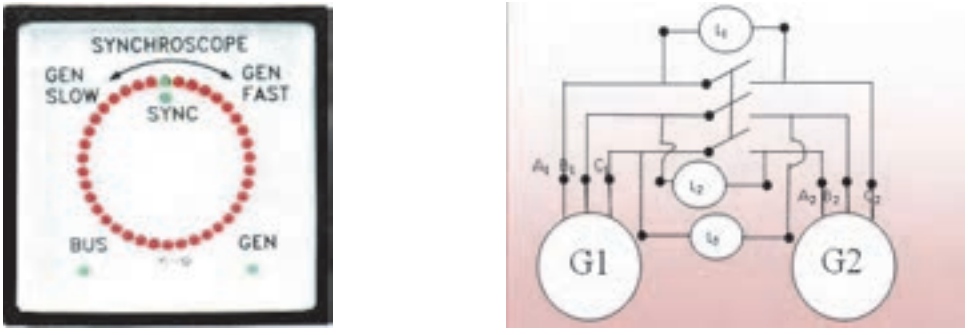


شکل ۱۲- شرایط پارالل کردن دو ژنراتور

برای پارالل کردن، دو ژنراتور باید شرایط زیر را داشته باشند.

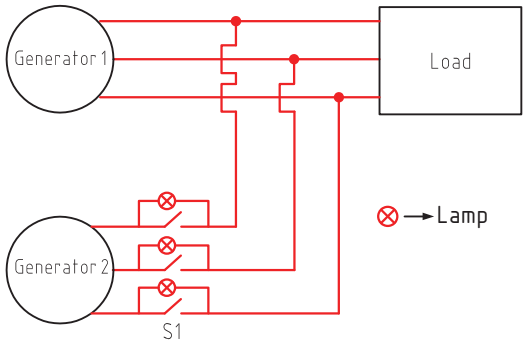
برابری ولتاژ: با دیدن ولت‌متر روی تابلوی اصلی متوجه برابری آنها خواهیم شد.

برابری فرکانس: در این شرایط می‌توان از چند طریق این برابری فرکانس را مشاهده نمود که یکی از آنها، خود فرکانس‌متر هر یک از ژنراتورها می‌باشد. البته باید دقت داشت که با توجه به این که ژنراتور دوم که قرار است پارالل شود، زیر بار نبوده و ژنراتور اول زیر بار است، فرکانس ژنراتور دوم باید به مقدار خیلی کمی از ژنراتور اول بیش‌تر باشد. این موضوع را از روی گردش خیلی آرام سنکروسکوپ در جهت عقربهٔ ساعت می‌توان یافت. در صورت وجود نداشتن این حالت، یک دستهٔ گاورنر کوچک روی تابلوی اصلی نصب شده است که می‌توان فرکانس آنها را تنظیم نمود. در شکل ۱۳سنکروسکوپ و مدار یک سنکروسکوپ ساده را که با سه چراغ ساخته می‌شود مشاهده می‌کنید. این سه چراغ در شرایط صحیح در جهت عقربه ساعت و به‌صورت نوبه‌ای روشن می‌شوند. بهترین حالت گردش، روشن شدن نوبه‌ای و با سرعت خیلی کم می‌باشد.



شکل ۱۳- سنکروسکوپ و مدار یک سنکروسکوپ ساده

توالی فازها: با توجه به این که سه فاز L_1, L_2 و L_3 به ترتیب باید پشت سر هم و با اختلاف ۱۲۰ درجه قرار داشته باشند، در ژنراتور دوم نیز این ترتیب رعایت شود چرا که جابه جا بودن فازها یعنی گردش معکوس میدان دوار هر یک از ژنراتورها و در این صورت امکان پارالل کردن وجود ندارد.
هنگام نصب ژنراتور و سربندی آن در شناورها این موضوع را رعایت می‌کنند و در شناورها این مشکل وجود نخواهد داشت.
هم فاز بودن: به این معنی است که در هر لحظه ولتاژ هر یک از خطوط معادل دو ژنراتور، دقیقاً با هم برابر باشد. یعنی خط L_1 دو ژنراتور با هم اختلاف ولتاژ صفر داشته باشند که در این صورت با توجه به این‌که هر سه فاز با هم دارای ۱۲۰ درجه اختلاف می‌باشند، خود به خود بقیهٔ فازها نیز نسبت به فاز هم نام و معادل خود دارای اختلاف پتانسیل صفر خواهند بود. با توجه به شکل ۱۴ هر یک از سه فاز در لحظه‌ای که دو ولتاژ هر یک از خطوط آنها با هم برابر باشند، چراغ‌ها نیز خاموش خواهند شد. لذا لحظهٔ صفر بودن ولتاژ (خاموش بودن سه چراغ) لحظهٔ هم فاز بودن و در نتیجه پارالل کردن می‌باشد. به این روش، روش سه چراغ نیز می‌گویند.



شکل ۱۴- لحظهٔ هم‌فاز بودن

به‌طور کلی جهت موازی نمودن دو دیزل ژنراتور به شرح ذکر شده در بندهای فوق، رعایت شروط و انجام فعالیت‌های مرتبط به‌شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱- شرط‌های موازی نمودن دو دیزل ژنراتور انجام فعالیت‌های مرتبطه

ردیف	شرط	ابزار تست برقراری شرط	راه حل در صورت برقرار نبودن شرط
۱	دامنهٔ ولتاژ فازها یکی باشد	استفاده از ولت متر	تنظیم تحریک
۲	توالی فازها یکی باشد	استفاده از یک موتور القایی	جابه جایی دو فاز
۳	ولتاژها هم فاز باشند	روش سه لامپ	تغییر فرکانس تا هم فاز شدن و بعد تنظیم فرکانس
۴	برابری فرکانس ژنراتورها	فرکانس متر	تنظیم ست پوینت محرک اولیه

نشانگرهای موجود در شناور برای موازی کردن مانند شکل ۱۵ می‌باشد.

شکل ۱۵- نشانگرهای موجود در شناور

فعالیت کارگاهی

در صورت موجودبودن دو ژنراتور در کارگاه مراحل پارالل کردن را به کمک هنرآموز خود به صورت عملی انجام دهید.

توزیع برق شناور

وظیفهٔ سیستم توزیع برق شناور این است که نیروی تولید شده توسط ژنراتورها را با ایمنی لازم به همهٔ وسایل مصرفی متصل به آن برساند. مهم‌ترین بخش در سیستم توزیع برق شناور، مرکز کنترل آن یعنی سویچ برد اصلی شناور می‌باشد (شکل۱۶).

شکل ۱۶ - سویچ برد اصلی شناور

وظیفهٔ تابلوی اصلی، برقراری توزیع جریان الکتریکی به تابلوهای راه‌انداز موتورهای الکتریکی، سیستم روشنایی و دیگر تجهیزات مربوط به شناورها می‌باشد. بخش‌های دیگر مربوط به سیستم‌های توزیع، تجهیزات حفاظتی مانند دژنکتورها (Circuit Breaker)، فیوزها و رله‌های حفاظتی می‌باشند، که با یک محاسبهٔ دقیق مقادیر جریان و ولتاژ سنجش آنها به‌دست آمده و سپس تحت قالب خاصی در داخل تابلوی توزیع قرار داده می‌شوند، تا به‌طور خودکار (اتوماتیک) در صورت اتصالی و یا خرابی تجهیزات، مدارهای معیوب را از شبکهٔ توزیع جدا نمایند. ترانسفورماتورها در سیستم توزیع، وظیفهٔ افزایش و یا کاهش ولتاژ متناسب با نیاز مصرف کننده‌های شناور و بعضاً نقش ایزولاسیون را جهت حفاظت از خطر برق گرفتگی به عهده دارند.

وضعیت سالم بودن سیستم توزیع در سویچ برد اصلی، توسط ولت‌مترها، آمپرمترها و نشان‌دهنده‌های نشتی جریان (در صورت اتصال هر یک از فازها با زمین) نشان داده می‌شود.

بحث کلاسی

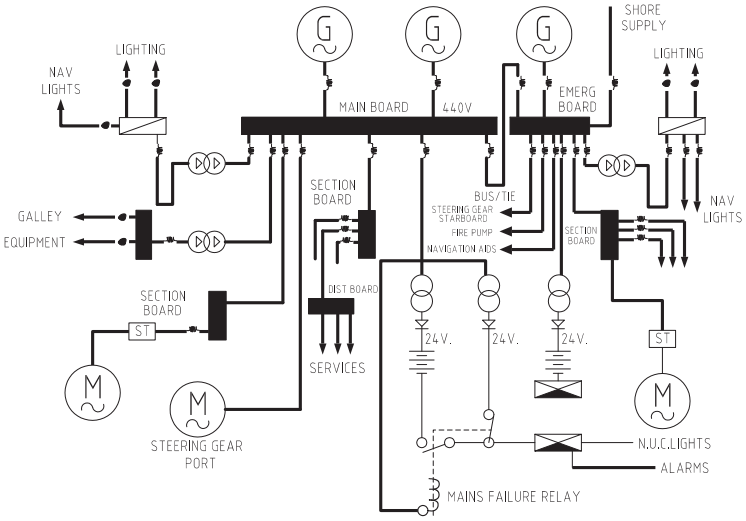
چرا فیوزها، دژنکتور(کلید قدرت) و یا رله‌های حفاظتی در نقطهٔ خاصی از شبکهٔ توزیع قرار داده شده‌اند؟

بحث کلاسی

اگر تجهیزات حفاظتی استفاده شده در شبکه توزیع، به هر علتی از کار بیفتد، این اتفاق در شناورها چه پیامدی خواهد داشت؟

ولتاژ و فرکانس در شبکهٔ توزیع برق شناور

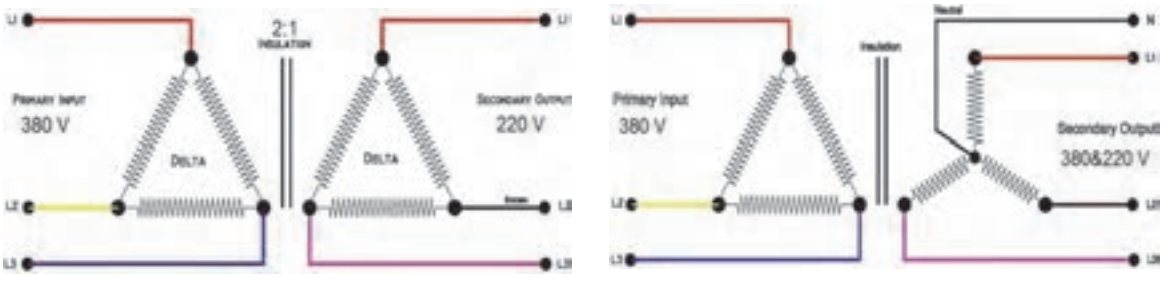
در بلوک دیاگرام شکل ۱۷ سیستم توزیع جریان الکتریکی در شناور نشان داده شده است.



شکل ۱۷- سیستم توزیع جریان الکتریکی در شناور

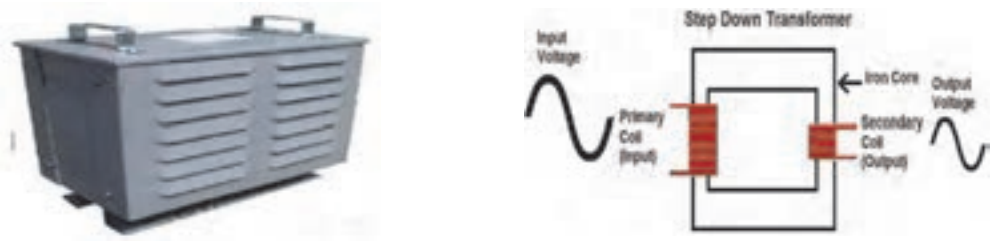
خطوط ولتاژهای اصلی مورد نیاز شناورها در استاندارد کشور ما، خطوط سه فاز ۴۴۰ ولت یا ۳۸۰ ولت و تک‌فاز ۲۲۰ ولت می‌باشد.

برای تهیهٔ خطوط ۲۲۰ ولت در شناورها به دو طریق عمل می‌شود. یا از طریق ترانس کاهنده دو خط فاز ۱۱۰ ولت ایجاد می‌کنند تا اختلاف ۲۲۰ ولت را ایجاد نمایند و یا از طریق سیم‌پیچی خروجی ستاره در خروجی ژنراتورها یا ترانس‌های موسوم به نول ساز، خط نول را ایجاد می‌کنند که اختلاف خط نول با هر کدام از فازها ۲۲۰ ولت می‌باشد. خط وسط اتصال ستاره نول می‌باشد (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- تعیین خطوط برق شناور

برخی از شناورها دارای سیستم برق سه‌فاز، سه سیم، ۴۴۰ ولت و فرکانس ۶۰ هرتز می‌باشند و برخی نیز سیستم برق سه‌فاز ۳۸۰ ولت رایج دارند. کشتی‌هایی که دارای موتورهای رانشی الکتریکی می‌باشند از ژنراتورهایی با ولتاژهای بالای ۳/۳ کیلو ولتی و یا ۶/۶ کیلو ولتی استفاده می‌کنند؛ به دلیل این که با افزایش ولتاژ در سیستم‌های با توان بالا، جریان کاهش یافته، در نتیجه سطح مقطع هادی‌های مورد نیاز کاهش می‌یابد، و این مسئله از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد. از طرفی شناورهایی که با چنین ولتاژ زیادی کار می کنند (مانند شناورهای سکوهای تولید گاز و نفت دریایی که با ولتاژهای تا ۱۳/۸ کیلوولتی کار می‌کنند) وزن تجهیزات استفاده شده در آنها کاهش می‌یابد، که این مسئله برای کشتی‌های مذکور بسیار مهم می‌باشد.
استفاده از خطوط ۴۴۰ ولت ۶۰ هرتز به این دلیل است که اولاً فرکانس بالاتر باعث سرعت چرخش بیش‌تر موتورها می‌شود و ثانیاً در شرایط توان الکتریکی برابر برای دو موتور، اندازه و حجم موتوری که با فرکانس بالاتری کار می‌کند کوچک‌تر می‌باشد.
با توجه به شکل ۱۹ روشنایی و دیگر وسایل تک‌فازی که از ولتاژ پایین ۲۲۰ ولت و یا ۱۱۰ ولت استفاده می‌کنند، به خروجی‌های ترانسفوماتورهای کاهنده متصل می‌باشند.



شکل ۱۹- ترانسفوماتورهای کاهنده

فعالیت کارگاهی

در کارگاه چگونگی کار ترانسفورماتورهای افزاینده و کاهنده را بررسی کنید و ورودی و خروجی آنها را اندازه‌گیری نمایید.

در بیش‌تر شناورها استفاده از سیستم توزیع جریان متناوب نسبت به جریان مستقیم ترجیح داده می‌شوند. به دلیل این‌که نصب و راه‌اندازی و قیمت تجهیزات متناوب نسبت به تجهیزات جریان مستقیم ساده‌تر و ارزان‌تر می‌باشد. به‌ویژه در سیستم جریان متناوب می‌توان، انرژی الکتریکی بالاتری نسبت به سیستم جریان مستقیم تولید و با هزینهٔ کم‌تری توزیع نمود. در ضمن هرجا که نیاز باشد، با استفاده از مبدل‌های ساده می‌توان ولتاژهای متناوب را به‌طور مؤثر کاهش و یا افزایش داد. هم‌چنین در سیستم جریان سه‌فاز با استفاده از موتورهای القایی ساده می‌توان انرژی الکتریکی را به نیروی مکانیکی چرخشی تبدیل کرد.
عموماً توزیع برق درشناورهای هر کشور، از توزیع برق ساحلی پیروی می‌کند تا بتوانند این امکان را به شناورها بدهند که تجهیزات استفاده شده در شناورها بعد از دریانوردی و ورود آن به اسکله، بدون استفاده از ژنراتورهای شناور از برق ساحلی برای راه‌اندازی استفاده نمایند.

استفاده از برق اسکله در زمان پهلوگیری شناورها در ساحل از اهمیت ویژه‌ای در راستای افزایش طول عمر ژنراتورها برخوردار بوده و به همین دلیل پیش‌بینی‌های لازم در زمینه طراحی سیستم برق شناور و هم‌چنین برق اسکله‌ها با ایمنی مناسب معمول گردیده است و شناورها به محض پهلو گرفتن به اسکله با اتصال کابل به ساحل، برق شناور را بلافاصله به برق اسکله انتقال و ژنراتور شناور را خاموش می‌نمایند (شکل ۲۰).

شکل ۲۰- استفاده از برق اسکله در زمان پهلوگیری شناور

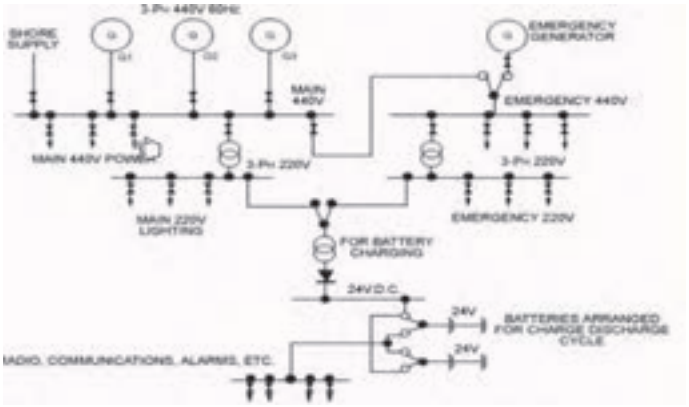
توزیع جریان الکتریکی

سیستم توزیع، مجموعه‌ای است که توسط آن انرژی الکتریکی که به‌وسیلهٔ ژنراتورها تولید شده است، به موتورهای مختلف، روشنایی، خدمات آشپزخانه، وسایل کمک ناوبری و سایر مصارف توزیع می‌شود، که مجموع این‌ها بار الکتریکی شناور را تشکیل می‌دهند.

انرژی الکتریکی پس از سویچ برد اصلی از طریق کابل‌ها به دیگر تابلوهای فرعی و سپس به مصرف کننده‌های الکتریکی می‌رسد. دژنکتورها، کلیدها، تجهیزات کنترل عبور جریان، فیوزها و تنظیم کننده‌های استفاده شده در سویچ بردهای اصلی و یا فرعی، سیستم توزیع را از اثرهای زیان‌بخش ناشی از نشت جریان‌های بزرگ اتصال کوتاه مدار، محافظت می‌کنند.

شکل ۲۱ طرح اساسی سیستم توزیع برق شناور را به‌صورت دیاگرام خطی نشان می‌دهد. این سیستم توزیع دارای ساختاری ساده و منطقی می‌باشد. هریک از مصرف کننده‌ها، متناسب با توان الکتریکی بار مصرفی از طریق کابل با سطح مقطع مشخص، توسط ولتاژ مناسب تغذیه شده و توسط تجهیزات حفاظتی مناسب حفاظت می‌شود.

معمولاً بارهای الکتریکی در شناورها به بارهای ضروری و غیر ضروری تقسیم می‌شوند؛ بارهای ضروری آنهایی هستند که برای ایمنی پرسنل و ناوبری و هدایت ایمن کشتی مورد نیاز هستند. این بارها شامل تجهیزات کمک ناوبری، سیستم سکان، ارتباطات و امثال آن می‌باشند. توان الکتریکی مولد (ژنراتور) اضطراری برای بارهای ضروری باید طوری انتخاب شود تا بتواند در موقعیت‌های اضطراری و خطرناک جهت برقراری ارتباطات مخابراتی برای درخواست کمک، سیستم‌های روشنایی اضطراری در مسیرهای عبور و مرور پرسنل و غیره استفاده گردیده تا پرسنل شناورها بتوانند با آرامش کامل مأموریت شناور را هر چند به‌صورت محدودتر استمرار بخشند.



شکل ۲۱- سیستم توزیع شعاعی (دیاگرام خطی)

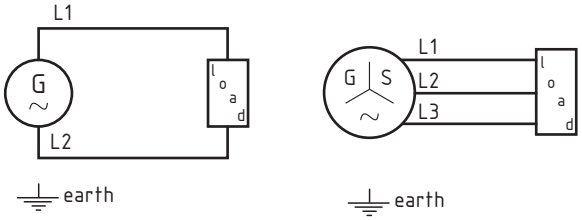
لازم به ذکر است که کلیهٔ مراحل تولید، توزیع و مصرف برق AC و DC مستقل از هم می‌باشند.
سیستم‌های توزیع در شناورها سه‌سیمه، چهارسیمه یا پنج‌سیمه می‌باشند. در سیستم سه‌سیمه تنها سه فاز وجود دارد و از خط نول استفاده نمی‌شود. در سیستم چهارسیمه، علاوه بر سه سیم فاز خط نول نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد و در خط پنج سیمه، علاوه بر سه فاز و خط نول، از بدنهٔ شناور که در آب قرار دارد، به عنوان خط ارت استفاده می‌گردد. از خط ارت حفاظتی، به منظور حفاظت و ایمنی دستگاه‌ها و نفرات و یا ارت الکتریکی، به منظور صفر کردن ولتاژ نول در صورت عدم تعادل بار بین فازها (جریان کشی نامساوی بین خطوط)، استفاده می‌شود. انتخاب هر یک از این سیستم‌ها، به نوع شناورها و مأموریت آنها بستگی دارد ولی به‌طور کلی سیستم پنج سیمه همانند خشکی، از نظر ایمنی الکتریکی مناسب‌تر است.

فعالیت کارگاهی

سیستم توزیع برق هنرستان محل تحصیل خود را به کمک هنرآموز خود بررسی نمایید.

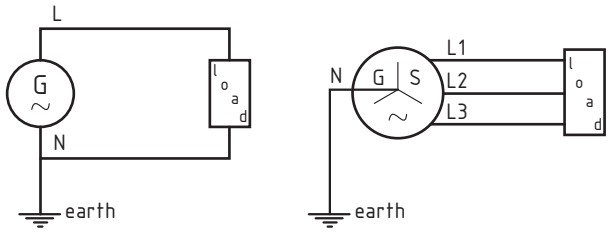
سیستم‌های بدون اتصال به زمین و با اتصال به زمین

یک سیستم بدون اتصال به زمین، سیستمی است که به‌طور کلی از لحاظ الکتریکی نسبت به زمین (بدنهٔ شناور) عایق باشد (شکل ۲۲).



شکل ۲۲- سیستم بدون اتصال به زمین

یک سیستم متصل به زمین، مانند شکل ۲۳ به سیستمی گفته می‌شود که یک قطب یا نول مولد به زمین متصل شده باشد.



شکل ۲۳- سیستم متصل به زمین

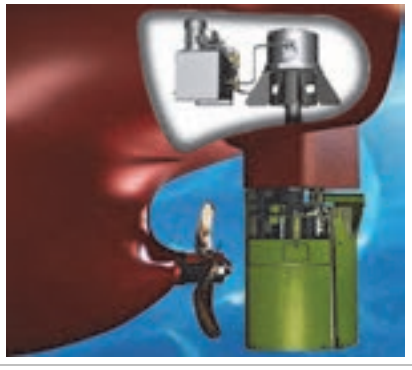
در حال حاضر سیستم‌های حیاتی (مانند سیستم سکان) در شناورها به‌طور عادی نسبت به بدنهٔ کشتی (زمین) عایق شده هستند و علت آن این است که، در شناورها هدف اصلی برقراری جریان الکتریکی به تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی حتی در صورت بروز اتصال‌کوتاه فازها به بدنهٔ فلزی تجهیزات الکتریکی در شبکه توزیع می‌باشد، تا در صورت لزوم خطری متوجه شناور و پرسنل مربوط به آن شناور نشود. به عنوان مثال فرض کنید که در یک دریای طوفانی در اثر اتصال بدنهٔ سیستم سکان، جریان مربوطه قطع شود، چه اتفاقی برای شناور و پرسنل مربوط به آن شناور پیش می‌آید؟ بنابر این به‌دلیل حفظ ایمنی دریانوردی و امنیت جان کارکنان، سیستم تولید و توزیع شناورها با روش بدون اتصال به زمین طراحی و اجرا می‌گردند که علت آن استمرار کارکرد عملیاتی تجهیزات و دستگاه‌های اضطراری حتی در صورت اتصال یکی از فازها به بدنه و امنیت دریانوردی در این شرایط می‌باشد که در آینده با دلایل فنی و علمی این مهم بیش‌تر آشنا خواهید شد. در صورتی که سیستم‌های مشابهٔ آن در ساحل، نول مولد و بدنهٔ فلزی همهٔ تجهیزات استفاده شده، به زمین متصل می‌شوند تا در صورت اتصال یکی از فازها به بدنهٔ تجهیزات الکتریکی، به دلیل سلامت کاربران از خطر برق گرفتگی و هم‌چنین جلوگیری از خرابی آن سیستم، بلافاصله جریان مربوطه قطع شود.

کار کلاسی

جدول زیر برخی سیستم‌های برقی شناور را نشان می‌دهد. آن را تکمیل نمایید.

۱	No.1&2 Generator		

۲	تابلوی اصلی		
۳	Emergency Generator		
۴	جعبه تابلوی اتصال برق ساحل		
۵	Emergency Board		

۶		چراغ‌های دریایی	
۷	Navigation Aids		
۸		شارژر باتری	
۹	Steering Gear Port & Starboard		

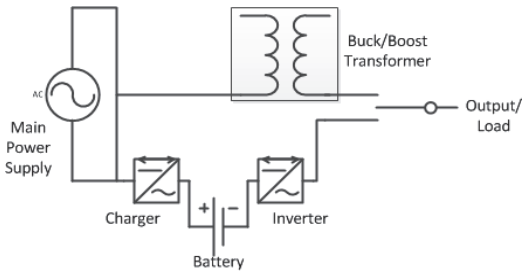
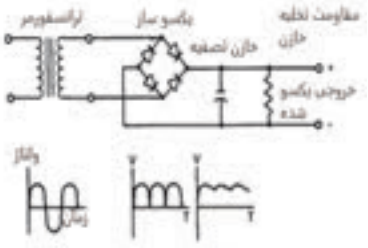
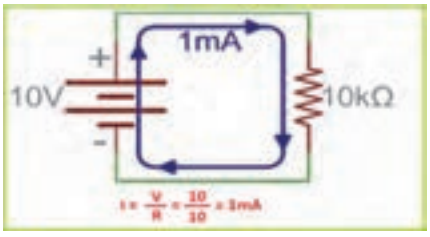
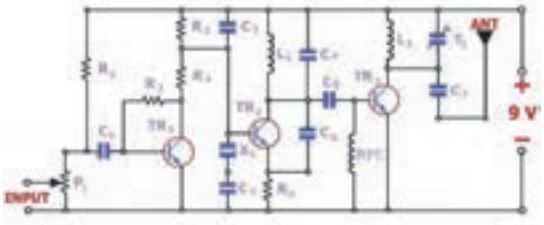
۱۰		تجهیزات آشپزخانه	
۱۱	Trans Rectifier		
۱۲		پمپ آتش‌نشانی	

آشنایی با نقشه‌های (دیاگرام) الکتریکی

برای نمایش عملکرد مدارهای الکتریکی، نصب و راه‌اندازی، تعمیر و نگه‌داری و تجزیه و تحلیل سیستم‌ها و تجهیزات الکتریکی در شناورها که از وظایف ذاتی متخصصان و کارکنان شناورها می‌باشد از نقشه‌های مختلفی به عنوان عمده‌ترین ابزار در زمینه‌های فوق‌الاشاره که شامل بلوک‌دیاگرام، نقشهٔ مداری، نقشهٔ خطی و نقشهٔ سیمی، که هر کدام دارای کاربرد خاصی می‌باشند، استفاده می‌گردد که متخصصان و مسئولان برق و الکترونیک شناورها باید به خوبی با آنها آشنا و آموزش‌های لازم را در این زمینه کسب نمایند. برای نمایش دستگاه‌ها و تجهیزات در این نقشه‌ها از علامت‌های مخصوص استفاده می‌شود.

طراحان شناورها یک مجموعهٔ کاملی از نقشه‌ها را برای مطالعه و سرویس سیستم‌های الکتریکی برای مهندسان و کارشناسان مربوطه فراهم می‌کنند، تا در صورت بروز اشکال، محل و نوع آن را شناسایی و تعمیر نمایند که به‌صورت خلاصه در جدول ۲ با انواع آن آشنا خواهید شد.

جدول ۲ مجموعه‌ای از نقشه‌ها

نوع نقشه	مشخصه	اهداف نمایش	ملاحظات
بلوکی	نمایش رابطهٔ اصلی بین المان‌های یک سیستم و چگونگی عملکرد آنها.	اغلب برای تجزیه و تحلیل سیستم‌های مخابراتی و یا کنترلی و برای نمایش ارتباط پیچیده بین آنها.	
خطی	ترکیب اصلی یک سیستم و محدودهٔ آن بدون ذکر هیچ علتی نشان داده می‌شود.	شرح مسیرهای بهره‌برداری از یک سیستم می‌باشد که به آسانی می‌شود این مسیرها را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.	
مداری	همهٔ قسمت‌های ضروری و ارتباطات الکتریکی توسط علامت‌های مخصوص با نظم و ترتیب خاصی، بدون نمایش شکل فیزیکی المان‌ها، نمایش داده می‌شود.	ابزار اصلی برای تعمیر و نگهداری و یا راه‌اندازی یک سیستم می‌باشد.	
سیمی	ابزار اصلی برای تعمیر و نگه‌داری و یا راه‌اندازی یک سیستم می‌باشد.	محل تجهیزات و ترمینال‌ها را به صورت دقیق مشخص می‌کند و راهنمای خوبی برای کارشناسان می‌باشد.	

تحقیق کنید

با مراجعه به شناورهای مناسب و بررسی موارد در برخی پایگاه‌های اینترنتی در مورد چند نمونه ساده از نقشه‌های موجود در شناورها تحقیق و نتایج حاصله را در کلاس ارائه دهید.

روش جبران سازی ضریب قدرت در شبکهٔ توزیع

ترمیم و حفظ ضریب قدرت به میزان مورد نیاز و در نتیجه بهره‌وری کافی از توان تولیدی در شناورها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که تجهیزات و ابزار آن در شبکهٔ تولید و توزیع برق شناورها در نظر گرفته می‌شود و معمولاً توسط نگهبانان و مسئولان شبکهٔ تولید و توزیع برق شناور از روی تابلوی اصلی قابل کنترل می‌باشد.
همان‌گونه که در بخش‌های قبلی دروس خود آموخته‌اید و به اهمیت آن در شبکهٔ برق سراسری پی برده‌اید، کاهش ضریب توان در یک شبکهٔ توزیع شناور نیز موجب افزایش جریان و در نتیجه افزایش تلفات می‌گردد که مشکلاتی را برای شناور ایجاد می‌کند. بنابر این لزوم کنترل و بهبود ضریب توان در شناورها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد که از وظایف هنرجویان در صورت خدمت بر روی شناور خواهد بود.
لازم به ذکر است که نحوهٔ ترمیم ضریب قدرت در دوره‌های پیشرفته‌تر بعدی به مورد اجرا گذارده خواهد شد.

تحقیق کنید

با مراجعه به شناورهای مناسب و بررسی موارد در برخی پایگاه‌های اینترنتی در مورد اهمیت کنترل و میزان ضریب توان در شناورها تحقیق و نتایج حاصله را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید

آیا در سیستم تولید و توزیع برق شناورها ماشین‌های الکتریکی، تابلوهای اصلی و فرعی و یا اقلام و قطعات جدیدی یافته‌اید که در دروس و مطالب طرح شده در پودمان‌های قبلی با آن مواجه نشده باشید؟ در این زمینه تحقیق کرده و نتایج حاصله را در کلاس ارائه دهید.

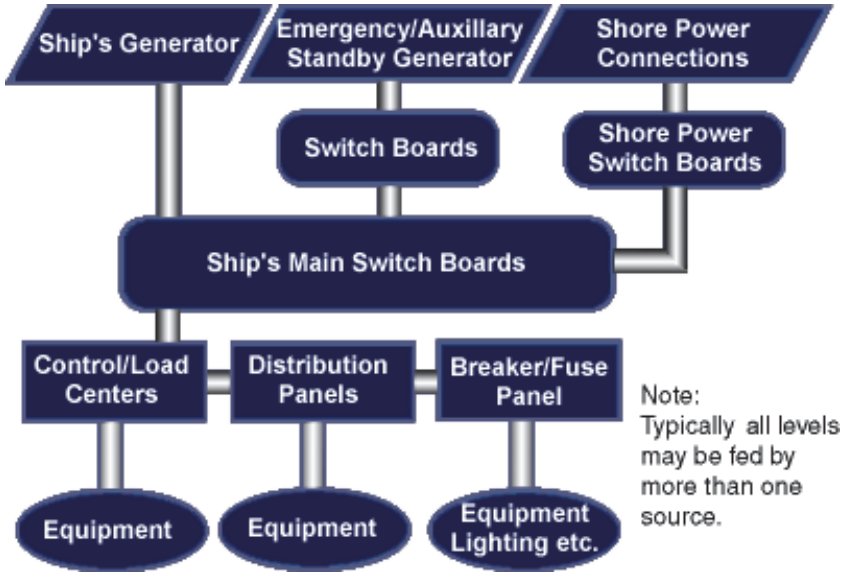
بیشتر بدانیم

حفظ ایمنی در زمان کارکردن با تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی با توجه به بروز خطرات به‌ویژه بر روی شناورها از اهمیت بسیار بالایی برخوردار بوده و به‌همین دلیل سازمان‌ها و جوامع بین‌المللی دریانوردی همواره دستورالعمل‌ها، توصیه‌ها، مقررات، اخطاریه‌ها و ... را صادر و از طریق مراجع ذی‌ربط به شناورها ابلاغ می‌کنند و هر ساله با توجه به پیشرفت‌های حاصله اصلاحاتی نیز بدان اعمال می‌نمایند که رعایت و اجرای دقیق موارد مربوطه از اهمیت بالایی برای حفظ جان کارکنان و عملیاتی نگاه داشتن شناورها برخوردار و لازم الاجرا می‌باشند.
از جمله نکات ایمنی اولیه و قابل توجه برای کلیهٔ کسانی که با تجهیزات برقی و الکترونیکی کار می‌کنند و مسئولیت این مهم را عهده‌دار می‌باشند موارد زیر بوده که رعایت دقیق آنها الزامی است.
با شبکهٔ برق و تجهیزات شناور و تجهیزات ایمنی آن، از جمله سویچ‌ها و تابلوهای اصلی و فرعی کاملاً آشنا و به آنها عمل نمایید.
تجهیزات صرفاً بر اساس توصیهٔ کارخانه‌های سازنده عملیاتی گردند.
نگه‌داری و انجام تعمیرات پیش‌گیرانهٔ تجهیزات بر اساس توصیه‌ها و دستورالعمل‌های صادره و مندرج در کتب فنی کارخانهٔ سازنده و یا مسئولان ردهٔ بالای شناور به مورد اجرا گذارده شوند.
از محکم نمودن پیچ و مهره‌های موجود و نیز درب و پوشش تجهیزات، اطمینان کامل حاصل شود.

قبل از انجام هرگونه سرویس و تعمیر، برق دستگاه مورد نظر قطع، فیوز مربوط به دستگاه باز و علائم مربوط به هشدار برای دیگران از اتصال مجدد بر روی تابلوی مربوطه نصب گردد.
قبل از آغاز سرویس و انجام تعمیرات با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری، مجدداً از قطع برق در سیستم مطمئن شوید.
به هیچ عنوان هیچ‌گونه سیم حامل جریان را لمس نکنید.
هرگز قسمت‌های متحرک تجهیزات را لمس نکنید.
هرگز سیمی را بر روی قسمت متحرک تجهیزات رها نکنید.
هرگز دستگاهی را Overload ننمایید.
رعایت دقیق نکات ایمنی را در سرلوحه و اولویت بالای فعالیت‌های خود قرار دهید زیرا موجب نجات جان خود و دیگر همکاران بر روی شناور خواهد بود. به‌خاطر بسپارید که اغلب رویدادهایی که باعث بروز خسارات جانی و مالی فراوان شده‌اند در اثر نداشتن تمرکز و بی توجهی به رعایت نکات ایمنی بوده است.

کار کلاسی

نقشهٔ شکل زیر را تجزیه و تحلیل کنید.



بحث کلاسی

به نظر شما چرا به رعایت نکات ایمنی بر روی شناورها اهمیت ویژه‌ای داده می‌شود؟

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۱	سیستم‌های تولید و توزیع شبکهٔ برق شناورها	تجهیزات: دیزل ژنراتور، تابلوهای اصلی و فرعی و مصرف کننده های شناورها مکان: کلاس درس، کارگاه آموزشی و شناور	بالاتر از حد انتظار	تجهیزات و اهمیت شبکهٔ تولید برق شناور را درک و قادر به ارائهٔ نمونه‌ای از آن باشد. شبکهٔ توزیع برق شناور را به خوبی درک کرده و بتواند نمونه‌ای از آن را ارائه دهد.	۳
			در حد انتظار	تجهیزات و اهمیت شبکهٔ تولید و توزیع برق را درک نموده ولی ناقص ارائه دهد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	روش‌های توزیع برق شناور را نداند. تجهیزات و اهمیت شبکهٔ تولید برق شناور را درک ننموده و قادر به ارائهٔ نمونه‌ای از آن نباشد.	۱

بررسی مدارهای الکتریکی تجهیزات برقی در شناور

با توجه به این که شناورها همانند یک شهر باید به‌صورت مستقل و خودکفا به مأموریت و وظایف محولهٔ خود در دریا عمل نموده و در هرگونه شرایط سخت و بحرانی در دریای متلاطم آمادگی عملیاتی لازم را حفظ نمایند و کارکنان شناور نیز از ایمنی مطمئن جهت حضور در دریا و توان کاربردی تجهیزات برخوردار باشند بنابر این، تجهیزات نصب شده در شناورها باید دارای تنوع و گستردگی بالایی بوده و از کیفیت و استانداردهای ویژهٔ دریایی نیز برخوردار باشند. به همین دلیل نیز تربیت کارکنان متخصص دریایی و هم‌چنین خرید تجهیزات و شناورها نسبت به اغلب تجهیزات مشابه ساحلی پر هزینه‌تر و به همین نسبت هزینهٔ نگه‌داری شناورها نیز بسیار بالا می‌باشد.

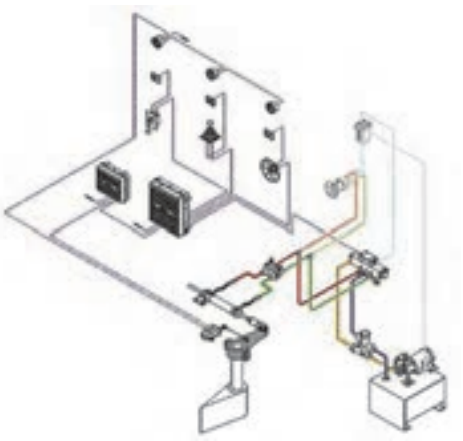
اگرچه در خلال آموزش‌های قبلی خود با اغلب تجهیزات و سیستم‌هایی که بر روی شناورها مورد استفاده قرار می‌گیرند آشنا شده‌اید ولی تجهیزاتی بر روی شناورها وجود دارد که نصب و بهره‌برداری از آنها مختص شناورها می‌باشد که در این بخش به صورت اجمال به عمدهٔ موارد آنها اشاره خواهد شد (شکل ۲۴).

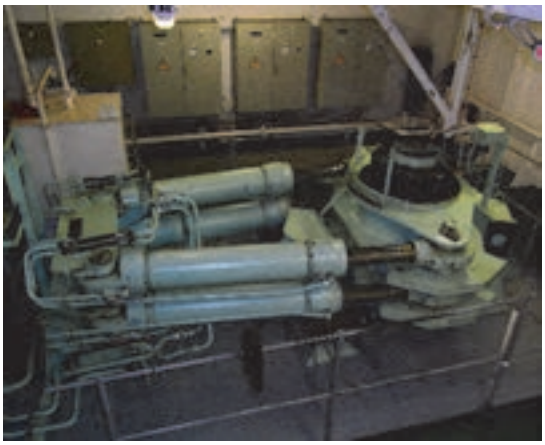
شکل ۲۴- تجهیزات برقی شناور

سیستم سکان

سیستم سکان از حیاتی‌ترین سیستم های دریانوردی در شناورها بوده که کنترل آن با نظارت کامل و جامع فرماندۀ شناور و افسران راه می‌باشد. چگونگی تغذیۀ موتورها، پمپ‌ها و مدار کنترل آن در شبکۀ توزیع برق و حصول اطمینان از ایمنی و حفظ آمادگی عملیاتی آن از وظایف شما هنرجویان پس از پایان دوره و پیوستن به شناور می‌باشد.

با توجه به شکل ۲۵ سکان شناورها از نوع سیلندر پیستونی هیدرولیکی می‌باشد. مدار هیدرولیکی به وسیلۀ سولنوید والو وارد مدار می‌شود و مسیر ورود روغن به سیلندر را باز و بسته کرده و بر اثر فشار روغن و جابه‌جایی پیستون و میلۀ رابط، تیغۀ سکان در وضعیت دلخواه قرار می‌گیرد. این سیستم دارای دو دستگاه الکترو پمپ می‌باشد که کدام به‌صورت جداگانه عمل می‌کنند و در هنگام دریانوردی همیشه یکی از دو پمپ در مدار و دیگری به‌صورت آماده می‌باشد، تا در صورت نیاز وارد مدار گردد. علاوه بر سیستم اصلی سکان که به‌وسیلۀ دو دستگاه الکتروپمپ عمل می‌کند، به‌دلیل اهمیت آمادگی عملیاتی مستمر سیستم سکان، علاوه بر سیستم فوق، یک یا چند سیستم دستی نیز وجود دارد که پمپ هیدرولیک روغن را مستقیماً وارد سیلندر هیدرولیکی نموده و باعث فعال شدن تیغۀ سکان می‌گردد.





شکل ۲۵- سیستم سکان

الکتروپمپ‌های مورد استفاده با برق سه‌فاز ۴۴۰ یا ۳۸۰ ولت به‌طور جداگانه تغذیه می‌شوند و در سه محل (اتاق سکان، پل فرماندهی و پل باز) قابل کنترل و خاموش-روشن کردن می‌باشند. در هر یک از محل‌های مذکور لامپ نشان‌دهندۀ وضعیت عملکرد (خاموش یا روشن) وجود دارد، که وضعیت پمپ را نشان می‌دهد.

سیستم‌های سکان مجهز به دستگاه اتوپایلوت می‌باشند، که گاهی با برق AC ۱۱۰ ولت تغذیه می‌شوند، و ولتاژ DC ۲۴ ولت مربوط به والوهای الکترومغناطیسی از قسمت الکتریکی سکان تأمین می‌گردد.

برای هر یک از الکتروپمپ‌ها یک تابلوی برق جداگانه در اتاق سکان پاشنه تعبیه شده، که جریان الکتریکی آنها از برق اصل کشتی می‌باشد و از سوئیچ برد اصلی واقع در موتور خانه فرعی تأمین می‌گردد. رله‌های حفاظتی مربوط به هر یک از این الکتروپمپ‌ها در تابلوهای مربوطه قرار داده شده‌اند تا در صورت بروز حوادث کل سیستم

سکان از مدار خارج نگردد. به عنوان مثال در اثر کثیف شدن فیلتر روغن، اگر روغن به راحتی نتواند پمپ شود، به الکتروپمپ (موتور) فشار آمده، در نتیجه جریانی بیش از جریان نامی از رله‌های حفاظتی عبور می‌کند و باعث می‌شود که الکتروپمپ از مدار خارج شود حتی در صورت عمل نکردن یا نبود رله، الکتروموتور آن می‌سوزد.

سیستم الکتریکی لنگر

موتورهای صنعتی که امروزه در سیستم‌های الکتریکی به‌کار می‌روند دارای تنوع زیادی هستند و همان‌طوری‌که آموخته‌اید این تنوع بیش‌تر به‌دلیل کاربردهای مختلف آنها می‌باشد، یکی از این کاربردها تغییر سرعت موتور است که از آن در سیستم لنگر شناورها استفاده می‌گردد.

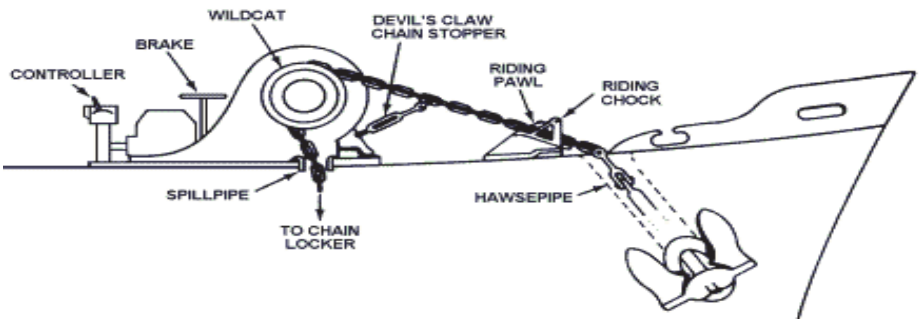
موتورهای دالاندر یا دو سرعته، موتورهایی هستند که نسبت سرعت آنها ۱ به ۲ و یا نسبت قطب‌های آنها ۲ به ۱ می‌باشد. روش‌های تغییر دور یا سرعت در موتورهای القایی بیش‌تر با تغییر دادن تعداد قطب‌ها صورت می‌گیرد، به این معنی که دور موتورها را به‌وسیلهٔ تعویض سربندی آنها که سبب تغییر تعداد قطب‌ها می‌شود، طبق رابطهٔ زیر می‌توان تغییر داد:

$$n_s = \frac{۱۲۰.f}{p}$$

$$n_r = n_s(۱-S)$$

طبق رابطهٔ فوق مشاهده می‌شود که سرعت موتور با تعداد قطب‌ها رابطه عکس دارد، یعنی با افزایش تعداد قطب‌ها، دور کاهش و با کاهش تعداد قطب‌ها، دور افزایش می‌یابد.

امروزه از درایورها به روش تغییر فرکانس برای کنترل دور لنگر استفاده می‌شود. طبق فرمول فوق، فرکانس بر سرعت موتورهای الکتریکی مؤثر است؛ در این روش کنترل سرعت در دو دور نیست بلکه به‌صورت پیوسته کم و زیاد می‌شود (شکل ۲۶).



شکل ۲۶- لنگر

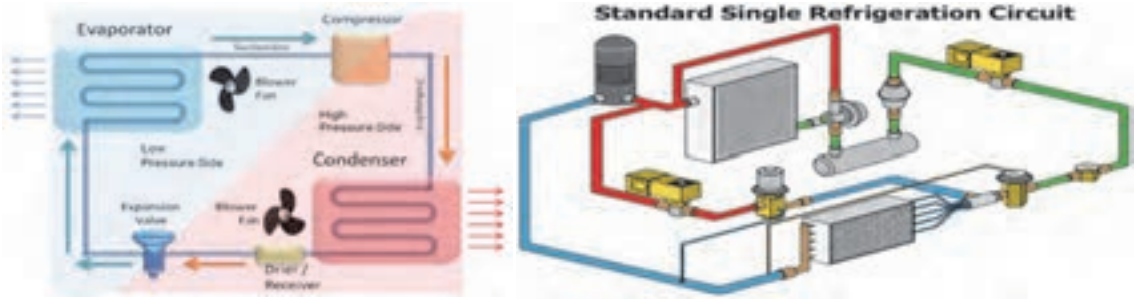
خوشبختانه با پیشرفت فناوری در کلیهٔ زمینه‌ها، سیستم کنترل سرعت لنگرها و تجهیزات مشابه در شناورها نیز با بهره گیری از نرم افزارهای تولید شدهٔ ساده‌تر، مطمئن‌تر و با بازخورد بیش‌تر و لحظه‌ای همراه بوده که برخی از شما هنرجویان در آینده در شناورهای مدرن با آن مواجه خواهید شد.

تحقیق کنید

با مراجعه به شبکه‌های اینترنتی و گفت‌وگو با افراد با تجربه و کارشناسان دریایی مربوطه، برخی از روش‌های به آب اندازی و کشیدن لنگر را تحقیق و نتایج حاصله را در کلاس به بحث بگذارید.

سیستم انجماد (تبرید)

لازمهٔ نگه‌داری مطمئن غذا در شناورها، نگه‌داری آن در دمای پایین می‌باشد، و این کار مستلزم فرایند تبرید یا انجماد می‌باشد. فرایند انجماد در دستگاه‌هایی هم‌چون فریزرها، آب‌سردکن‌ها و تهویهٔ مطبوع نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. مکان‌های بزرگ نگه‌داری کالاها برای حمل و نقل مواد غذایی و بعضی از مواد شیمیایی مایع و گازها هم نیاز به فرایند انجماد دارند (شکل ۲۷).



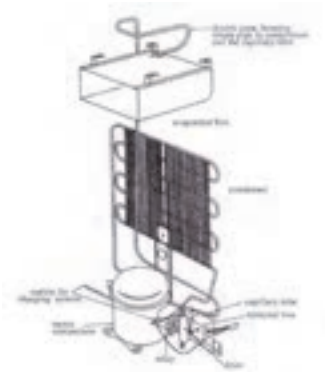
شکل ۲۷- سیستم انجماد (تبرید)

بحث کلاسی

چرا برای شناورها نصب سیستم‌های انجماد و تجهیزات مربوطه با استانداردهای بالا که هزینه‌های سنگینی را در پی دارد الزامی و با اولویت خاصی تعریف گردیده است؟

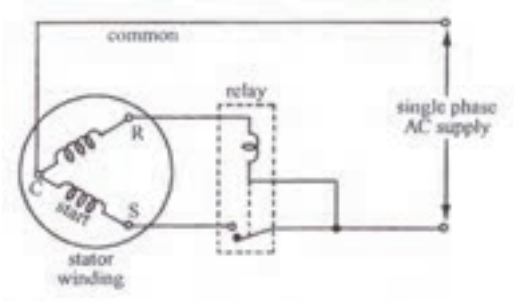
سیستم دستگاه‌های انجماد کشتی‌ها هر اندازه که باشند و هر نقشی که داشته باشند، اصول کار همهٔ آنها یکسان است. هر یک از این دستگاه‌ها دارای یک قسمت تبخیرگاز (خنک‌کننده)، کمپرسور سرماساز و کندانسور می باشند. عموماً سرماسازها از نوع گاز فریون ۱۲(CC12F2) و یا فریون ۲۲ می‌باشند، اما در سیستم‌های بزرگ، از گاز آمونیاک هم استفاده می‌کنند. گاز سرماساز فریون که مصارف عمومی دارد معمولاً بی‌رنگ و تقریباً بی‌بو و هم‌چنین غیر سمی بوده، ایجاد خوردگی نکرده و غیرقابل اشتعال است. هر چند، وقتی که نزدیک شعلهٔ آتش باشد، گاز بسیار سمی از خود تولید می‌کند. اجزای دیگر تشکیل دهندهٔ چرخهٔ انجماد می‌تواند شامل خشک کننده‌های فیلتردار، تبادل حرارتی، مخزن و پیش‌خنک‌کننده‌ها باشد. هم‌چنین کنترل‌کننده‌های محافظ و فعال ساز، مثل ترموستات، رلهٔ کنترل دیفراست و مخازن جریان هم مورد نیاز می‌باشند.

یخچال‌های صنعتی دارای یک موتور کمپرسور ثابت سه‌فاز می‌باشند، که یک کمپرسور رفت و برگشتی را به حرکت درمی‌آورد. ولی یخچال‌های خانگی معمولاً دارای موتور تک‌فاز بوده که یک کمپرسور چرخشی را به حرکت در می‌آورد. در این بخش، عملکرد اصلی مدار الکتریکی داخلی یک یخچال ساده را شرح می‌دهیم (شکل ۲۸).



شکل ۲۸- سیستم یخچال

در یخچال‌های خانگی اثر سرمایش توسط یک ترموستات کنترل می‌شود و کمپرسور را خاموش و روشن می‌کند. موتور کمپرسور در داخل یک محفظهٔ پرس شده، از نوع تک‌فاز می‌باشد که دارای دو سیم‌پیچ مجزا، یکی برای راه‌اندازی (سیم‌پیچ کمکی) و دیگری به‌عنوان سیم‌پیچ اصلی موتور می‌باشد (شکل ۲۹). با اتصال هر دو سیم‌پیچ راه‌انداز و اصلی موتور به برق، موتور شروع به چرخش می‌کند و وقتی سرعت موتور به ٪ ۸۰ سرعت اسمی خود رسید، سیم‌پیچ راه‌انداز از مدار خارج می‌شود. برای راه‌اندازی موتور کمپرسور، یک کلید که معمولاً به‌صورت یک رلهٔ الکتریکی حساس به یک ولتاژ مشخص می‌باشد، در مجاورت کمپرسور نصب می‌شود.



شکل ۲۹- مدار الکتریکی سیستم یخچال

وسیلهٔ اصلی برای کنترل دما در یخچال‌ها، توسط ترموستات صورت می‌گیرد. عملکرد ترموستات به این صورت است که با حس کردن دمای تبخیر داخل یخچال توسط یک لولهٔ مویی، فرمان قطع و وصل جریان الکتریکی به موتور کمپرسور را می‌دهد. در ضمن برای تنظیم دمای مناسب می‌توان با استفاده از دکمهٔ کنترل ترموستات مدت زمان روشن و یا خاموش بودن موتور را تغییر داد.

بحث کلاسی

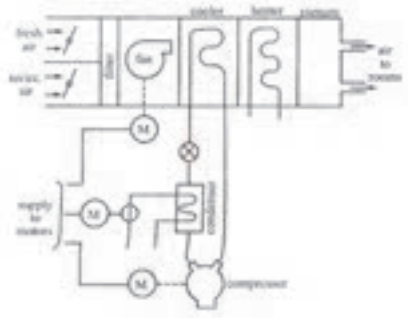
آیا در صورت خرابی تجهیزات انجماد در شناورها امکان اعزام شناور به دریا برای مدتی طولانی امکان‌پذیر می‌باشد؟ آیا راه کار دیگری برای این مهم وجود خواهد داشت؟ با توجه به این سؤال‌ها بگویید سیستم انجماد چه تأثیری در حفظ آمادگی عملیاتی شناورها دارد؟

فعالیت کارگاهی

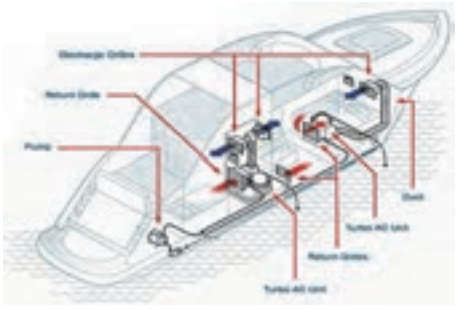
در کارگاه مدار الکتریکی یک یخچال را به کمک هنرآموز خود تجزیه و تحلیل نمایید.

سیستم تهویهٔ مطبوع

وسایل الکتریکی مربوط به تهویهٔ مطبوع محل سکونت افراد در شناورها شامل وسایل الکتریکی مربوط به موتور و استارتر کمپرسورها، فن‌ها و پمپ‌های مربوط به سیستم خنک کننده با استفاده از آب دریا می‌باشند. وسایل کنترل مرتبط با سیستم تهویهٔ مطبوع شامل والوهای استوانه‌ای الکتریکی، کلیدهای فشار کم و فشار زیاد، سنسورهای دما، کلیدهای حفاظتی اضافهٔ جریان در صورت عدم انجماد، کمپرس موتور به‌دلیل فشار کم روغن و غیره می‌باشند.



معمولاً سیستم تهویهٔ مطبوع مورد استفاده برای محل‌های سکونت پرسنل کشتی‌های باربری از نوع یک کانالهٔ مرکزی می‌باشد که در شکل ۳۰ نشان داده شده است.



شکل ۳۰- سیستم تهویهٔ مطبوع

در ساده‌ترین شکل این نوع کولرها، تنها یک کمپرسور عمل خنک‌سازی تمام محل سکونت را به عهده دارد. عموماً این کمپرسورها از نوع چند سیلندر رفت و برگشتی با توان اسمی ۲۵ تا ۷۵ کیلووات می‌باشند. البته ممکن است که از کمپرسورهای چرخشی هم استفاده شود. کنترل ظرفیت کمپرسور رفت و برگشتی توسط تخلیهٔ بار خودکار (اتوماتیک) سیلندرها و با استفاده از سوپاپ کنترل که با استفاده از فشار روغن کمکی انجام می‌شود، صورت می‌گیرد.

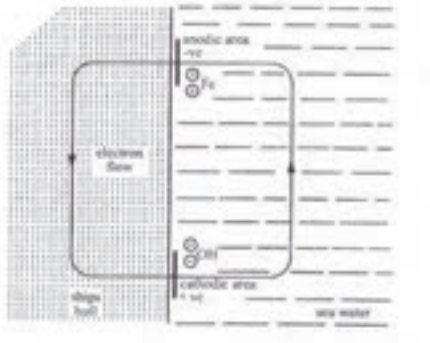
کمپرسور، فن هوا و پمپ آب شور معمولاً به‌وسیلهٔ موتورهای القایی سادهٔ سه‌فاز با سرعت ثابت به حرکت در می‌آیند، البته هر یک از آنها راه‌انداز مربوط به خود را دارند که معمولاً از طریق یک تابلوی توزیع که در اتاق دستگاه تهویهٔ مطبوع قرار دارد، تغذیه می‌شوند.

تعمیر و نگه‌داری متداول مربوط به عیب‌یابی موتورها و استارتر، شامل نظافت، کنترل اتصالات، تست تداوم کار و تست کارکرد می‌باشد. بازدید از اتصالات و کارکرد صحیح هریک از گرم‌کن‌های (هیترهای) برقی باید به‌طور متوالی انجام شود. چنین هیترهایی ممکن است برای گرم کردن روغن محفظهٔ میل‌لنگ کمپرسور و جداسازی گاز تبرید (فریون R12 یا R22) از روغن در مخزن روغن باشد.

بازدید منظم و تست کنترل و ایمنی ترموستات و کنترل فشار باید بر اساس دستورالعمل سازندهٔ دستگاه به‌طور مرتب انجام شود. به‌خصوص آژیر مربوط به فشار پایین روغن و کلید قطع مدار به‌طور مرتب آزمایش شده تا به درستی کار کنند.

سیستم حفاظت کاتدی در برابر خوردگی

سطح بیرونی بدنهٔ کشتی در معرض حملات الکتروشیمیایی جریان‌های خورنده قرار دارد و مقدار آن برای قسمت‌های مختلف بدنهٔ کشتی که دارای پتانسیل الکتریکی متفاوتی هستند، مختلف می‌باشد. فلزهای غیر هم شکل، اختلاف در یکنواختی شیمیایی و ساختمانی ورقه‌های به‌کار رفته در بدنهٔ کشتی و جوشکاری، متفاوت بودن کیفیت و ضخامت رنگ، دمای آب، شوری و مجاورت با هوا، همگی دست به دست هم داده تا قسمت‌هایی از بدنهٔ کشتی نقش آندی (مثبت) و یا کاتدی (منفی) داشته باشند (شکل ۳۱). به‌منظور هم پتانسیل کردن سطوح مختلف که از جنس مواد مختلف ساخته شده‌اند نظیر سکان، شافت و بدنه، آنها را اتصال کوتاه می‌کنند.

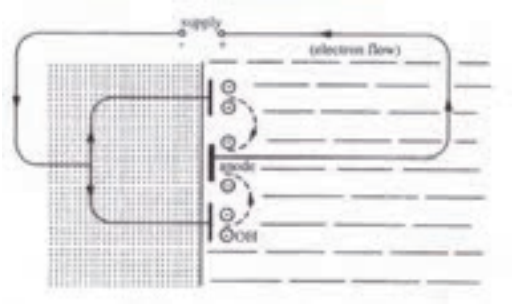


شکل ۳۱- بخش آندی و کاتدی بدنهٔ شناور که در تماس با آب دریا می باشد

در بدنهٔ کشتی، الکترون‌ها از طرف آند به‌طرف کاتد حرکت می‌کنند و در این جابه‌جایی در منطقهٔ آندی از خود یون آهن باردار مثبت به‌جا می‌گذارند. در قسمت کاتد، اثر ورود الکترون این است که یون هیدروکسید باردار منفی (OH) تولید کنند، که این عمل از الکترولیز آب دریا شکل می‌گیرد. این یون‌های منفی از طریق دریا به منطقهٔ آندی می‌روند که در آن‌جا با یون آهن تلفیق شده تا تشکیل آهن (II) هیدروکسید $Fe(OH)_2$ بدهند. آهن (II) هیدروکسید بعداً از طریق حمل اکسیژن، اکسید شده و آهن (III) هیدروکسید $Fe(OH)_3$ (قرمز رنگ) را تشکیل می‌دهند، که همان زنگ‌زدگی است. به این ترتیب منطقهٔ آندی تدریجاً دچار خوردگی می‌شود، در حالی که در منطقهٔ کاتدی هیچ‌گونه خوردگی به وجود نمی‌آید.

این فعل و انفعال خوردگی را نمی‌توان با کاتدی کردن کل بدنه برطرف کرد، یعنی نمی‌شود به الکترون‌ها اجازه داد که به سطح بدنه بیایند و تولید یون هیدروکسید منفی کنند. اما هیچ الکترونی از بدنـــــه جدا نمی شود تا تولید یون مثبت کند. با نصب آندهای سربی عایق‌دار در روی بدنه و دادن یک ولتاژ DC مثبت به آنها با توجه به بدنهٔ کشتی، می‌توان به این مهم دست یافت (شکل ۳۲).

حال یون‌های هیدروکسید باردار منفی (OH) از آندهای سربی عایق‌دار عبور کرده و باعث می‌شوند که سطح سرب به سرب پیروکسید (Pbo_2) تبدیل شود.



شکل ۳۲ – مدار الکتریکی DC سیستم حفاظت کاتدی

مقدار ولتاژ باید به اندازه‌ای باشد که فقط بر مقدار جریان خورنده فایق آید یعنی این جریان باید طوری کنترل شود که فقط مانع خوردگی شود. زیرا مقدار جریان بیش از این باشد، میزان آزادسازی یون هیدروکسید را افزایش می‌دهد، که باعث پُف کردن (طَبله کردن) و پریدگی رنگ ضدزنگ می‌شود. در ابتدا عمل الکترولیتی باعث تشکیل پیروکسید سرب در سطح آندها می‌شود و وقتی این پوسته شکل گرفت، فعل و انفعال کاهش می‌یابد. آندها ظاهراً رنگ قهوه‌ای تیره به خود می‌گیرند (مثل صفحهٔ سربی مثبت باتری اسیدی) و در عمل انتظار می‌رود که ۷ تا ۱۰ سال کار کنند.

تحقیق کنید

با مراجعه به چندین دریانورد مجرب و هم رشتهٔ خود با آنان مصاحبه و با اهمیت ایجاد سیستم محافظت کاتودی در شبکهٔ توزیع برق شناورها آشنا و نتیجه تحقیق خود را در کلاس ارا ئه دهید.

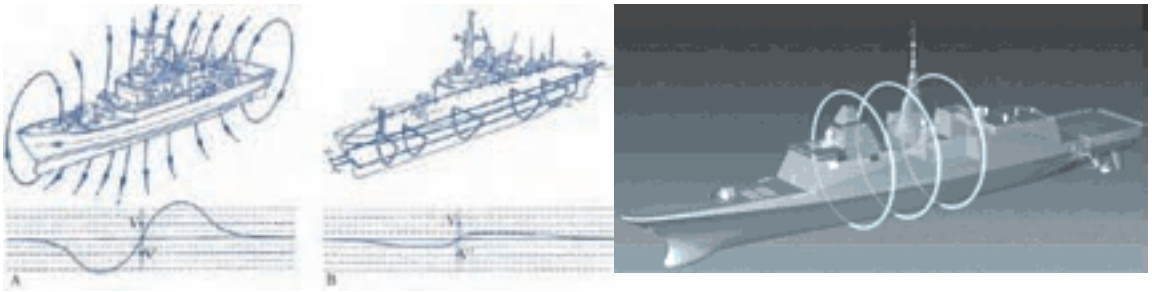
سیستم‌های حفاظت کاتدی نصب شده در کشتی‌ها، شامل تعدادی آند می‌باشند (سرب یا تیتانیوم با روکش پلاتین) که در جاهای مشخص در زیر خط آبخور، به بدنهٔ کشتی متصل می‌شوند و تجهیزات کنترل به طور اتوماتیک مقدار جریان آند را تنظیم می‌کنند. ولتاژ DC جهت تغذیهٔ الکترودها، بعد از تبدیل و یکسو سازی برق ۴۴۰ ولت ۶۰ هرتز سه‌فاز شناور از طریق سیستم توزیع صورت می‌گیرد. سیستم کنترل جریان الکترودها شامل یک دستگاه آمپلی‌فایر و یک یا چند واحد مبدل یکسوکننده می‌باشد و کنترل جریان آند می‌تواند از طریق آمپلی‌فایرهای الکترونیکی و یا آمپلی‌فایرهای مغناطیسی انجام شود.

سیستم دگازینگ (degaussing system)

زمین مانند یک آهن ربای بزرگ دارای میدان مغناطیسی به وسعت خود می‌باشد. بدنهٔ فلزی کشتی توسط میدان مغناطیس زمین خاصیت آهن ربایی پیدا کرده و در اطراف خود میدان مغناطیسی تشکیل می دهد. این موضوع بیشتر به لحاظ نظامی اهمیت دارد.

میدان مغناطیسی کشتی دو نوع است : ۱- القایی(Induced) ۲- ثابت (Fixed Field)

میدان مغناطیسی ثابت: این مغناطیس مانند پسماند مغناطیسی است که در یک میخ آهنی وجود دارد. مغناطیس ثابت بستگی به دو عامل دارد: ۱- مکانی که کشتی در آنجا ساخته شده است (یعنی مدت زیادی در آن نقطه در معرض مغناطیس زمین ثابت مانده است). ۲- سمت یا جهتی که کشتی داشته است (شکل ۳۳).



شکل ۳۳- میدان‌های الکتریکی اطراف شناور

خنثی کردن میدان ثابت توسط ایستگاه‌های دگازینگ و یا شناورهایی که به این منظور ساخته شده اند انجام می‌شود.

خنثی سازی القایی: خنثی سازی القایی توسط سیم پیچ های دگازینگ که در داخل شناور پراکنده می باشند، انجام می‌گیرد و بدین وسیله خطر انفجار مین‌های حساس و اژدرهای مغناطیسی را کاهش می‌دهد (شکل ۳۴).

شکل ۳۴- دگازینگ یا مغناطیس زدایی

دگازینگ یا مغناطیس زدایی یکی از کارهای مهمی است که در جهت ایمنی شناور به‌کار گرفته می‌شود و ساخت این دستگاه به‌منظور تولید حوزهٔ مغناطیسی می‌باشد و علت استفاده از آن به‌خاطر این است که کشتی وقتی که ساخته می‌شود خودش در حوزهٔ میدان مغناطیس زمین قرار می‌گیرد و به دلیل خاصیت مغناطیسی زمین، در شناور هم میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. پس علت این‌که در کشتی تولید حوزهٔ مغناطیسی می‌کنند این است که حوزهٔ مغناطیسی زمین را خنثی کنند و علت داشتن دگازینگ، کم کردن میدان مغناطیس اطراف شناور در حد ایمنی می باشد تا از انفجار مین جلوگیری شود. سیستم دگازینگ شامل یک سری سیم پیچ‌های مغناطیس و سیم پیچ های قابل تنظیم و وسیلهٔ تنظیم تداخل امواج است.

سیستم دگازینگ شامل یک یا چند سیم‌پیچ (کابل الکتریکی) است که در محل‌های به خصوصی در داخل بدنهٔ شناور قرار می‌گیرند و یک منبع DC برای تغذیه سیم‌پیچ‌ها و همچنین یک سیستم کنترل برای تغییر پلاریته و تعیین میزان جریان برای سیم پیچ ها بوده که در شناورها تعبیه می گردد.

تحقیق کنید

با مراجعه به چندین دریانورد مجرب و هم رستهٔ خود با آنان مصاحبه کنید تا با اهمیت ایجاد سیستم دگازینک در شناورها در جهان امروزی با صرف وجود هزینه های سنگین آشنا شوید وسپس نتیجهٔ تحقیق خود را در کلاس ارائه دهید.

بیشتر بدانیم

پیشرفت و استفاده از مین‌های مغناطیسی در دریا توسط آلمانی‌ها، آغازی برای توسعهٔ سیستم دگازینگ(سیستم ترمیم کننده حوزهٔ مغناطیسی) بود. در دسامبر ۱۹۳۹ میلادی آلمانی‌ها مین‌های مغناطیسی را در سرتاسر خطوط کشتیرانی سواحل شرق انگلستان قرار دادند. در مدت سه ماه ۴۴ کشتی انگلیسی توسط این مین‌ها غرق شد و همین امر باعث شد که انگلیسی‌ها در این زمینه اقدامات احتیاطی را در درجهٔ اول اهمیت قرار دهند.

روش‌های موجود در جنگ جهانی اول برای مبارزه با مین، تأثیری در خنثی کردن مین‌های مغناطیسی نداشت، ولی بعدها با کوشش کارشناسان و متخصصان، مسائل مربوط به مین‌های شناور مغناطیسی در جهت مبارزه و دفاع در مقابل این گونه مین‌ها، پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای کسب و برای خنثی کردن مین‌ها و انحراف اژدرها به تکنولوژی‌های پیشرفته‌تری دست یافتند.

سیستم اعلام حریق

در زمانه‌ای که ما به سر می‌بریم زندگی انسان‌ها با انواع مختلف مواد شیمیایی به‌دست آمده به‌صورت طبیعی و مصنوعی نظیر نفت، گاز، انرژی الکتریسیته، مواد رادیواکتیو و دیگر مواد خطرناک شیمیایی آمیخته شده است که در نتیجهٔ آن احتمال بروز آتش سوزی و انفجار افزایش یافته است. دانش بشری با تلاش پیگیر و مستمر سال‌های متمادی و از دیر باز در صدد دستیابی به راه‌ها و روش‌های علمی و البته عملی برای کشف به موقع و خنثی نمودن حریق وحوادث ناشی از آن بوده است. از این رو همواره پیشگیری از خطر حریق و مقابلهٔ فوری با آن به صورت یک موضوع جدی نه فقط در شناورها که از اولویت و اهمیت خاص خود برخوردار می باشد، بلکه در ساختمان ها و تأسیسات ساحلی نیز برخورد نموده است. به همین دلیل کارکنان شناورها که بدلیل حمل سوخت، انواع کالاهای خطرناک، سلاح ها، مواد منفجره و امثال این که به تعبیر برخی از کارشناسان به «کوکتل مولوتف» زنده تعبیر گردیده است، باید در این راستا دوره‌های آموزشی مناسب را طی کنند تا با آشنایی و اشراف کافی تحت مدیریتی یک پارچه توان مقابله با آن را کسب نمایند.

برای آگاهی از بروز یک آتش سوزی در اولین لحظات وقوع و خاموش کردن سریع آن، نیاز مبرم به یک سیستم اعلام و اطفای حریق می باشد. یکی از مسائلی که در این قسمت مورد بحث اصلی است شناخت حساسه‌ها (سنسورها)، کاشف‌ها یا آشکارسازها (دتکتورها) و اجزای مربوطه در این راستا می‌باشد (شکل ۳۵).

شکل ۳۵- شناور در حال آتش سوزی

سیستم اعلام حریق

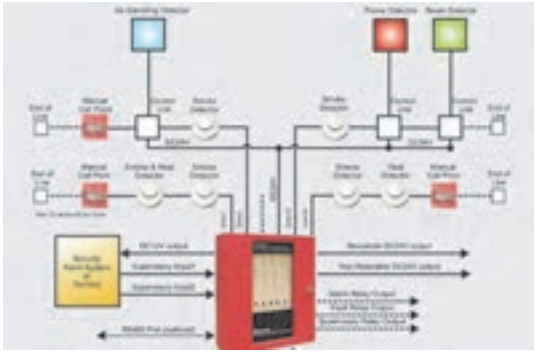
به مجموعه‌ای از قطعات الکترونیکی گفته می‌شود که وظیفهٔ آشکارسازی حریق در اماکن مختلف را بر عهده دارند. این سیستم باید توسط افراد و سازمان‌های مجرب و کار آزموده طراحی و به مورد اجرا گذارده شود تا بهترین راندمان را در موقع حریق از خود نشان دهد و این مهم با نصب دتکتورهای متناسب و اعلام خطر اتوماتیک انجام می‌پذیرد.

تعریف سیستم‌های اطفای حریق

به مجموعهٔ دستگاه‌ها و ابزار و وسایلی که جهت مهار و خاموش نمودن آتش در حوادث آتش سوزی به‌کار گرفته می‌شوند سیستم اطفای حریق گفته می‌شود.

عناصر تشکیل دهندهٔ سیستم‌های اعلام حریق

این سیستم‌ها علاوه بر سیم‌کشی‌های لازم الکتریکی شامل تعدادی از ادوات حساس کشف حریق یا همان دتکتورها می‌باشند که دارای انواع مختلف با کاربری‌های متفاوت بوده و به دستگاه‌های اعلام کنندهٔ صدا دار، زنگ‌ها، آژیرها و همچنین تابلوهای کنترل Control Panel و ... متصل می‌شوند (شکل ۳۶).



شکل ۳۶- عناصر تشکیل دهندهٔ سیستم‌های اعلام حریق

سخت افزار (Hardware) و نرم افزار (Software) :

قسمت‌های سخت‌افزاری (Hardware) و نرم‌افزاری (Software) سیستم‌های اعلام حریق شامل آشکارسازها (دتکتورها)، کنترل پانل، شستی اعلام حریق، دستگاه‌های اعلام‌کنندهٔ صدادار (زنگ‌ها، آژیرها) و دیگر نیازمندی‌ها، معمولاً در طراحی‌های رایانه‌ای و بر اساس نیاز، متناسب با حجم اماکن و اولویت صورت گرفته و به مورد اجرا گذارده می‌شوند.

اجزای تشکیل‌دهندهٔ سیستم‌های اعلام حریق سنسورها:

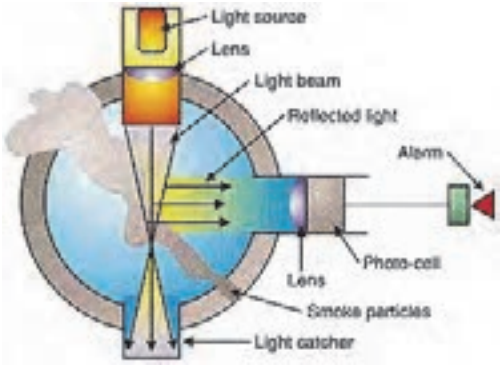
حساسه های (سنسورهای) اعلام حریق (بسته به اینکه به کدام مشخصهٔ آتش حساس باشند) انواعی دارند که عبارت‌اند از:

- سنسورهای دود،
- سنسورهای حرارت،
- سنسورهای کربن منواکسید،
- سنسورهای شعله،
- سنسورهای ترکیبی.

که در این بخش صرفاً به بخشی از این حس گرها اشاره می‌شود.

سیستم کشف دود نوری (Optical Smoke Detector):

این دسته از کاشف‌ها شامل یک سلول نوری یا تلهٔ نوری (Cell) و یک منبع تولید کنندهٔ نور، یک لنز (عدسی) جهت میزان نمودن پرتاب نور داخل محفظه (بیم)، یک فتودیود (دیود حساس به نور) و یا دیگر سنسورهای فتو الکتریک (عکس الکتریکی) می‌باشند (شکل ۳۷). این دتکتور به نحوی ساخته شده که در شرایط عادی کار، پرتوهای نور از جلوی دتکتور عبور کرده و در سلول‌های تعبیه شده گیر می‌افتند. وقتی که ذرات دود نمایان گردید تعدادی نور توسط ذرات دود متفرق گشته در نتیجه توسط دیود حسگر دریافت و سبب به‌کار افتادن دتکتور گردیده و با ارسال علائم به مرکز کنترل، وقوع حریق را اعلام می‌کنند.



شکل ۳۷- سیستم کشف دود نوری

موقعیت‌هایی که کاشف‌های دودی نقطه‌ای نباید نصب شوند:

در جاهایی‌که ارتفاع زیاد باشد.

در جایی‌که پخت و پز صورت می‌گیرد مثل آشپزخانه (فقط از دتکتور حرارتی ثابت استفاده شود).

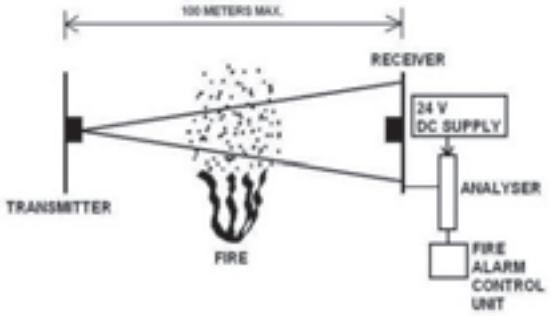
در جاهایی‌که آتش، تولید ذرات دود نمی‌کند.

اتاق دیگ‌های بخار (بویلرها) و ژنراتورها که در این اماکن اغلب از دتکتور حرارتی ثابت و دتکتورهای ترکیبی استفاده می‌شود.

اطلاعات آورده شده در بالا تنها به‌عنوان راهنما بوده و مسلماً در طراحی یک سیستم باید همهٔ عوامل مانند شکل و حجم اماکن، استانداردها و دستورالمعل‌های مربوط به آن در نظر گرفته شوند.

کاشف‌های پرتو افکن خطی فرستنده و گیرنده (Liner Smoke Detector Or Beam Detector):

این نوع دتکتورها از یک دریافت کنندهٔ نور (Receiver) از یک سمت و فرستندهٔ نور از سمت دیگر تشکیل شده اند. در این دتکتور پرتوی مستمر از اشعهٔ مادون قرمز از فرستنده به گیرنده ارسال می‌شود. به محض این‌که پرتو بین فرستنده و گیرنده توسط دود یا هر مادهٔ دیگر قطع یا ضعیف گردد، سیستم فعال شده و علائم وقوع آتش سوزی را به مرکز کنترل ارسال و دستگاه اعلام حریق می‌کند (شکل ۳۸).



شکل ۳۸- کاشف‌های پرتو افکن خطی فرستنده و گیرنده

مکان‌های به‌کارگیری بیم دتکتور

این دتکتورها معمولاً در شناورها کاربرد نداشته و بیش‌تر برای استفاده در اماکن حساس و حجیم مانند بناهای تاریخی و موزه‌ها، سالن‌های پذیرایی بزرگ، سالن‌های ورزشی و مشابه این ها کاربرد دارند.

سیستم کشف دود یونیزه

این دتکتور به هر دو نوع دودهای مرئی و نامرئی حساس است. البته امروزه دتکتورهای یونیزه به‌دلیل استفاده از مادهٔ رادیواکتیو که ظرافت‌های زیادی دارد و هم به‌خاطر وجود منابع پرتوزا کم‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورتی‌که قبلاً از این نوع دتکتور بیشتر استفاده می‌شد (شکل ۳۹).

شکل ۳۹- سیستم کشف دود یونیزه

سیستم کاشف حرارتی (Heating Detector):

این کاشف‌ها نسبت به درجه حرارت هوای اطراف محیط خود و افزایش آن حساس هستند که نمونهٔ نقطه‌ای آن شبیه سنسورهای یونیزه و فتوالکتریک می‌باشد با این تفاوت که به‌جای سنسور تشخیص دود از سنسور حرارتی بهره گرفته شده است.

در انواع ابتدایی این تشخیص دهنده‌ها، از یک نوار فلزی برای حس کردن گرما استفاده می‌شود که در ساده‌ترین شکل آن با رسیدن به یک دمای از پیش تعیین شده، نوار فلزی بر اثر انبساط خم شده و با قطع کردن جریان الکتریسیته از خود، موجب فعال شدن سیستم می‌گردد. امروزه به‌جای نوار فلزی از یک مقاومت کوچک الکترونیکی به‌عنوان حسگر حرارت استفاده می‌شود. دتکتور حرارتی که جهت نصب در سیستم‌های اتوماتیک اعلام حریق طراحی می‌شود، باید دارای عملکرد دقیق در حرارت مورد نظر باشد. سنسور حساس به‌کار رفته در این دتکتور باید از (بی‌متال) با کیفیت استاندارد تهیه شده باشد.

عملکرد دتکتور با استفاده از اصول دو ترمیستوری است که یکی بدون پوشش و تأثیرپذیر در مقابل گرمای هوای محیط و دیگری دودی به‌صورت محبوس می‌باشد به‌طوری‌که با افزایش درجهٔ حرارت محیط، حرارت آن و در نتیجه مقاومت آن تغییر کرده و با نامتعادل شدن از لحاظ الکتریکی، وضعیت دتکتور از حالت نرمال به آلارم تغییر کرده و جریان مصرفی بالا رود و به‌طور همزمان چراغ نشان‌دهندهٔ آلارم روشن گردد.
در اتاق‌های شبکهٔ رایانه به‌علت بالا بودن دمای اتاق (بدین خاطر که دمای بالا باعث خطای دستگاه و آلارم دتکتور می‌گردد) و هم‌چنین مکان‌هایی که تغییرات دمایی زیاد و سریع دارند معمولاً کاشف‌های حرارتی نقطه‌ای نصب نمی‌شوند.

شستی اعلام حریق:

شستی اعلام حریق یا Manual Call Point یکی از تجهیزات لاینفک سیستم‌های اعلام حریق بوده که به منظور اعلام آتش‌سوزی توسط اشخاص، طراحی گردیده است. این دستگاه شامل یک سویچ و یک مقاومت شبیه‌ساز حالت آتش‌سوزی می‌باشد که به همراه سایر قسمت‌های مکانیکی تعبیه‌شده، به ما این امکان را می‌دهد که به محض مشاهدهٔ آتش‌سوزی به‌صورت دستی آن را فعال ساخته و زنگ هشدار (آلارم) سیستم را به صدا در آوریم (شکل ۴۰).

شکل ۴۰- شستی اعلام حریق

سیستم صوتی آژیر:

هر سیستم اعلام، دارای یک مدار صوتی اعلام حریق می‌باشد که معمولاً منحصربه‌فرد بوده و از صدای دیگرآژیرها متمایز می‌باشد (شکل ۴۱).

شکل ۴۱- سیستم صوتی آژیر

مرکز کنترل اعلام حریق (Control Panel):

مراکز کنترل اعلام حریق عموماً تمام الکترونیکی هستند. بعضی از انواع آن دارای اجزا وقطعاتی به شرح زیر هستند: برد اصلی پروسسور، کنترل اصلی تغذیه، شارژ اتوماتیک و پانل‌های مکمل برای مدارهای اعلام حریق و یک صفحهٔ نمایش (Display) که دارای چراغ‌هایی برای تعیین نقاط حریق قطعی و احتمالی یا اتصالی مدار، قطع مدار آژیر، قطعی مدار برق و به‌طور کلی برای اعلام نقص و علاوه بر آن کلیدها و کنترل‌هایی برای به وضعیت عادی برگرداندن هر مدار بعد از اعلام حریق و چراغی که حتی بعد از قطع صدای آژیر تا به‌حالت نرمال در آمدن دستگاه باید روشن بماند. دستگاه، سیگنال دریافتی از دتکتورها را که در معرض دود، حرارت یا شعله قرار گرفته‌اند تجزیه و تحلیل نموده و با ارسال فرمان به مدارهای آژیر و دستگاه تکرار کننده (Repeater) باعث اعلام خطر می‌گردد (شکل ۴۲).

شکل ۴۲ - مرکز کنترل اعلام حریق

چراغ نشانگر (LED MONITOR):

این چراغ وسیلهٔ مناسبی برای دست‌یابی سریع به کانون یا منطقهٔ حریق است هم‌چنین با استفادهٔ صحیح از چراغ نشانگر می‌توان چند منطقهٔ حریق را به یک مدار وصل کرد (شکل ۴۳).

شکل ۴۳- چراغ نشانگر

تکرار کنندهٔ اعلام حریق (Repeater):

این دستگاه علاوه بر چراغ‌های نشان دهنده عملکرد و اشکالات هر مدار، قادر است خطوط ارتباطی خود را نیز حفاظت نموده و اشکالات به‌وجود آمده را با یک چراغ چشمک‌زن مشخص نماید. این دستگاه کلیهٔ عملیاتی را که در سیستم اعلام حریق به‌وقوع می‌پیوندد و روی دستگاه کنترل اصلی نشان داده می‌شوند، تکرار کرده و محل دقیق آتش‌سوزی و یا خطوط معیوب را مشخص می‌نماید و امکان کنترل و بازرسی کل سیستم را فراهم می‌آورد.

فعالیت کارگاهی

سیستم اعلام حریق پلان صفحه ۴۸ شکل ۳۳ را به کمک هنرآموز خود طراحی کنید.

در اماکنی که مواد سریع‌الاحتراق به مقدار زیاد وجود داشته باشد به‌طوری‌که ظرف چند دقیقه آتش‌سوزی به سرعت دامنه‌دار می‌گردد یک شبکهٔ کامل آب پاش خودکار که خود به خود مسئولان اطفای حریق را مطلع سازد مستقر و ایجاد می‌گردد.

لازم به‌ذکر است که مقولهٔ اعلام حریق و اطفای آن از مهم‌ترین عوامل مد نظر در شناورها به‌منظور حفظ جان کارکنان و امنیت دریانوردی می‌باشد (که در این بخش به‌طور اجمالی با برخی از اجزای تشکیل دهنده ی این سیستم آشنا شده‌اید). به همین دلیل سرمایه‌گذاری جدی در این راستا و تجهیز شناورها به سیستم‌های مناسب و متناسب با مأموریت‌های محوله همواره مد نظر مجامع بین المللی دریانوردی بوده که بهره‌برداری سریع و به‌موقع از مجموعهٔ سیستم مذکور با صرف هزینه‌های آموزشی مورد نیاز و تمرینات مکرر میسر خواهد بود.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه یک سیستم اعلام حریق ساده را طراحی و آن را راه‌اندازی کنید.

سافت استارتر (راه‌انداز نرم)

همان‌طورکه از نامش پیداست وسیله‌ای جهت راه‌اندازی الکتروموتورها به‌صورت نرم و تدریجی است (شکل ۴۴).

شکل ۴۴- راه اندازنرم (سافت استارتر)

در ابتدا لازم به ذکر است که با سافت استارتر نمی‌توان همهٔ موتورها را راه‌اندازی کرد. موتورها تنوع زیادی دارند و سافت استارتر برای گونهٔ خاصی از آنها مناسب است. این موتورها در صنعت به موتورهای سه‌فاز القایی معروف هستند. ما می‌توانیم موتور سه‌فاز را مستقیماً به برق سه‌فاز زده و راه‌اندازی کنیم. به این روش، «راه‌اندازی مستقیم» می‌گویند. که مسلماً هیچ کنترلی در این نوع راه‌اندازی ممکن نخواهد بود. در حالی‌که سافت استارتر به شما امکان کنترل راه‌اندازی را می‌دهد. در خیلی از اوقات ما به اعمال نظارت و کنترل در راه‌اندازی موتور نیازی نداریم (مثلاً در خیلی از کاربردها با موتورهای توان پایین)؛ اما هنوز موارد زیادی هم هست که راه‌اندازی

با کنترل‌های مناسب صورت بگیرد. باید توجه داشت که هنگام راه‌اندازی یک موتور سه‌فاز یک سری اتفاقات الکتریکی و مکانیکی رخ می‌دهد که متفاوت از حالت کار دائم موتور پس از راه‌اندازی است مثلاً در هنگام راه‌اندازی موتور، جریان بسیار زیادی نسبت به حالت دائم آن از شبکه مورد نیاز است. اگر موتور کوچک باشد اشکال خاصی ایجاد نمی‌شود ولی اگر موتور بزرگ باشد ممکن است، برق شناور و یا کارخانه نتواند به‌راحتی این جریان زیاد را تأمین کند. کشیدن جریان زیاد ناگهانی از برق کارخانه ممکن است باعث افت ولتاژ لحظه‌ای شده و در کار سایر تجهیزات برقی و الکترونیکی اختلال ایجاد شود.

پس راه‌انداز نرم موتور وسیله‌ای است که جریان راه‌اندازی موتور را کاهش می‌دهد.

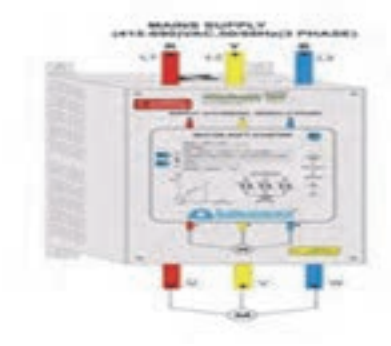
در واقع ما با تنظیم سافت استارتر جریان راه‌اندازی موتور را به میزان مورد نیاز محدود می‌کنیم و اجازهٔ کشیدن جریان‌های زیاد را از برق شناور به موتور نمی‌دهیم.

یکی از قابلیت‌های اصلی راه‌انداز نرم موتور محدود کردن جریان راه‌اندازی است ولی راه‌انداز نرم، قابلیت‌های دیگری نیز دارد.

مفهوم «نرم» در راه‌انداز نرم موتور:

مفهوم «نرم» به ویژگی‌های متفاوتی دلالت می‌کند. مثلاً نرم به این معناست که جلوی تنش‌های الکتریکی و مکانیکی گرفته می‌شود. از سوی دیگر نرم به این معناست که موتور تدریجاً دور می‌گیرد و به دور اسمی خود می‌رسد. به‌صورت طبیعی مدت زمان راه‌اندازی در هنگام استفاده از سافت استارتر بیش‌تر از حالت اتصال مستقیم موتور به شبکه است. به‌عبارت دیگر سافت استارتر جلوی فشارهای وارده به موتور را در هنگام راه‌اندازی می‌گیرد.

حتماً گاهی اوقات در خیابان بعضی راننده‌ها را در هنگام Take Up دیده‌اید و به‌خوبی می‌دانیم در این حالت فشار زیادی به لاستیک‌ها و موتور وارد می‌شود. وقتی موتور را مستقیماً به برق وصل می‌کنیم شرایط راه‌اندازی شباهت به Take Up ناگهانی اتومبیل دارد. بدیهی است که رانندگان با تجربه این گونه اتومبیل خود را راه‌اندازی نمی‌کنند بلکه با کنترل مناسب، سرعت خودرو را به‌تدریج افزایش می‌دهند تا آن‌را به‌سرعت مطلوب برسانند تا به این ترتیب عمر مفید موتور و اتصالات و کوپلینگ‌های مکانیکی افزایش یابند.



شکل ۴۵- راه‌انداز نرم موتور

بنابراین چون راه‌اندازی تحت تنش، هم به برق شناور و هم به لحاظ مکانیکی به اجزای چرخنده فشار می‌آورد و استهلاک آنها را بالا می‌برد، می‌توان گفت که راه‌انداز نرم موتور وسیله‌ای جهت راه‌اندازی الکتروموتورهای سه‌فاز به‌صورت کنترل شده می‌باشد (شکل ۴۵).

راه‌انداز نرم موتور خاصیت‌های دیگری هم دارد. بسته به مشخصات طراحی و کاربرد، سافت استارت‌ها متنوع بوده و قابلیت‌های دیگری علاوه بر قابلیت اصلی خود دارا می‌باشند.

سافت استارت‌ها علاوه بر تفاوت در روش‌های مختلفی که برای راه‌اندازی اعمال می‌کنند، در میزانی که موتور و خودرو را حفاظت می‌کنند هم تفاوت دارند. مثلاً یک راه‌انداز نرم موتور پیشرفته می‌تواند به‌طور کامل موتور را در مقابل هر نوع خطا حفاظت کند.

در این نوع راه‌اندازها، نخست برق سه‌فاز به سافت استارتر وارد می‌شود و خروجی سه‌فاز سافت استارتر به موتور وصل می‌شود. در یک کاربرد ساده با استفاده از پانل روی دستگاه، موتور استارت می‌شودو موتور بر اساس تنظیمات از پیش انجام گرفته دور می‌گیرد و در یک زمان مشخص به دور نامی خود می‌رسد.
در این‌جاست که مأموریت اصلی راه انداز نرم تمام شده و وظیفهٔ آن فقط حفاظت از موتور است. دستگاه راه انداز نرم، کار کنتاکتور ورودی موتور را نیز انجام می‌دهدکه بستگی به مدل آن دارد.
به‌طورکلی این راه انداز های نرم به دو نوع اولیه و مجهز تقسیم می‌شوند.
۱- در مدل‌های اولیه یک کنتاکتور بای پس با دستگاه راه انداز نرم موازی (پارالل) می‌شود که پس از راه‌اندازی موتور، کنتاکور مذکور عملاً راه انداز را بای‌پس (By Pass) کرده و از مدار خارج می‌کند.
۲- اما در مدل‌های مجهز، کنتاکتور بای‌پس خارجی مورد نیاز نیست و همواره در مسیر می‌مانند البته قابلیّت گذاردن کنتاکتور بای پس را با حفاظت کامل موتور دارند.
بای پس یعنی سافت استارت از مدار خارج و برق موتور از مسیر دیگری تأمین می‌گردد. به عبارتی یک کنتاکتور به‌صورت موازی با سافت استارت نصب می‌شود و این کنتاکتور پس از راه‌اندازی موتور توسط خود سافت استارت تغذیه شده و کنتاکت‌های آن وصل می‌شود و برق به‌طور مستقیم به موتور اعمال می‌شود.
با توجه به این‌که جریان از مسیر خارج از سافت استارت به موتور وصل می‌شود (درحالت بای پس)، پس سافت استارت چگونه موتور را در مقابل اضافه جریان حفاظت می‌کند؟
یک مدار اولیه سافت استارت نمی‌تواند موتور را در مقابل اضافه جریان حفاظت کند، لیکن یک سافت استارت مجهز به راحتی این کار را انجام می‌دهد. سافت استارت‌ها مدل‌های مختلفی دارند.

شرح یک مدار سافت استارتر مجهز:

برق سه‌فاز به ورودی سافت استارت وارد می‌شود و مجدداً از آن خارج می‌شود و در بین راه ترانس‌های اندازه‌گیری جریان قرار دارند. بنابر این سافت استارت با کمک آن ترانس‌ها دقیقاً جریان موتور را اندازه می‌گیرد. از آن کامل‌تر سافت استارت‌های کاملاً مجهز هستند که اساساً در آنها نیاز به نصب کنتاکتور خارجی نیست.

نحوهٔ راه‌اندازی موتورها و پمپ‌ها توسط سافت استارت:

اولاً در هنگام راه‌اندازی، جریان را به میزان زیادی محدود می‌کند و بدین ترتیب تنش‌های الکتریکی وارده به شبکه و موتور را می‌گیرد. حتماً توجه دارید که جریان راه‌اندازی یک موتور با اتصال مستقیم آن به شبکه حدود ۶ برابر جریان اسمی موتور است. یعنی یک موتور که جریان اسمی آن ۱۰۰ آمپراست در هنگام راه‌اندازی با اتصال مستقیم به شبکه ۶۰۰ آمپر از شبکه جریان می‌کشد. ثانیاً سافت استارت گشتاور (نیروی دورانی) اضافی به موتور و پمپ را محدود نموده و جلوی بسیاری از مشکلات مکانیکی و استهلاک بعدی را می‌گیرد. در بعضی از پمپ‌ها مثل پمپ‌هایی که در آبیاری استفاده می‌شوند قطعات چرخندهٔ زیادی وجود دارد. تنش‌های مکانیکی هنگام راه‌اندازی می‌تواند عمر آنها را کاهش دهد. در بعضی از کاربردها مثل چاه‌های عمیق آب کشاورزی، با استفاده از سافت استارتر و دور گرفتن تدریجی موتور و پمپ، از تلأطم دورانی ناگهانی آب در داخل چاه می‌توان جلوگیری نمود. این تلأطم‌ها می‌توانند به جداره برخی از چاه‌های عمیق که ماسه‌ای هستند آسیب برساند و عمر مفید چاه را کاهش دهد. با محدود کردن سرعت راه‌اندازی در پمپ‌ها، پدیدهٔ کاویتاسیون راه‌اندازی هم تحت کنترل در می‌آید.

تحقیق کنید

در مورد پدیدهٔ کاویتاسیون در پمپ ها تحقیق نمایید.

بحث کلاسی

چرا برای شناورهای مدرن امروزی نصب راه اندازهای نرم و تجهیزات مربوطه با استانداردهای بالا از اولویت واهمیت خاصی برخوردار است؟

جدول برخی مصارف عمومی دیگر در شناورها

بوتراستر (.....)	بوتراسترها برای حرکت شناور به طرفین و بیش‌تر برای پهلو دادن شناورها به اسکله استفاده می‌شوند. قدرت بسیار زیادی نیاز دارند و لذا از بزرگ‌ترین مصرف کننده‌های جریان در شناور می‌باشند؛ تاحدی که در برخی از شناورها از یک ژنراتور یا موتور جداگانه برای آن استفاده می‌شود. دارای یک پروانه است که در دو جهت می‌چرخد.	
(.....) anchor	این سیستم برای نگه داشتن شناورها در یک محل و عدم حرکت آنها در اثر باد یا جریان آب در حالت غیر دریانوردی استفاده می‌شود. هم‌چنین در قسمتی از طرفین پمپ، لنگر دواری قرار می‌دهند تا بتوانند طناب شناورها را با قدرت بکشند.	
جرثقیل (.....)	از جرثقیل برای بارگیری و بار برداری در شناورها استفاده می‌شود. این بار می‌تواند تجهیزات خود شناور و یا وسایل و بار مورد نظر برای جابجایی باشد.	

پمپ آب شیرین (.....)	برای دسترسی به آب شیرین مصرفی در اماکن مختلف شناور مورد استفاده قرار می‌گیرد.	
(.....) SEWAGE	بر اساس کنوانسیون‌های زیست محیطی دریانوردی، برای تخلیهٔ فاضلاب شناور، مجاز به تخلیهٔ آن در هر شرایط و در هر فاصله‌ای در دریا نمی‌باشیم و نیز حق تخلیهٔ مستقیم فاضلاب را نداریم. این دستگاه برای جدا سازی قسمت‌های مضر فاضلاب خروجی شناور، اجباری است.	
پمپ خن (.....)	از این پمپ برای خروج آب و مایعات اضافهٔ کف شناور استفاده می‌شود و دارای انواع سه‌فاز، تک فاز و نوع DC می‌باشد.	
پمپ جابه جایی آب (.....)	از این پمپ‌ها برای جا به جا کردن آب موجود در شناور برای مخازن مختلف آن یا خارج از شناور استفاده می‌شود.	
(..... .....) Oily-Water Separtor	بر اساس کنوانسیون‌های زیست محیطی مجاز به تخلیهٔ آب و روغن به دریا نمی‌باشیم. با توجه به اینکه همواره آب خن شناور، همراه با روغن می‌باشد، لذا باید توسط این دستگاه روغن را جدا کرده و آب آن را در دریا تخلیه نماییم.	

استارتر (.....)	برای استارت بسیاری از موتورها و ژنراتورهای دیزل دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و با برق DC کار می‌کند.	
پمپ بالاست شناور (.....)	گاهی بر اثر جابه جایی بارهای درون شناور ممکن است، شناور به یک سمت کج شود. لذا با جابجا نمودن آب‌ها در مخازن مختلف، تعادل را به شناورها باز می‌گردانیم.	
فن موتورخانه (.....)	برای تهویهٔ هوای درون موتور خانه‌ها که گرم و آزار دهنده است، از مکنده‌های قوی (اغلب سه‌فاز) استفاده می‌شود.	
(.....) Wiper	برای تمیز کردن شیشه‌های شناور هنگام باران و یا پاشش موج دریا استفاده می‌گردد و اغلب تغذیهٔ آنها برق DC است.	
(.....) Clearance Window	در شرایط جوی ابری که دید نامناسب است با گردش این دوار، دید از بین آن راحت‌تر خواهد بود.	

تحقیق کنید

با مراجعه به اینترنت یا افراد مجرب در خصوص مصرف‌کننده‌های مختلف شناورها تحقیق کنید.

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۲	بررسی مدارهای الکتریکی تجهیزات برقی در شناور	تجهیزات: سیستم‌ها و تجهیزات ویژهٔ موجود بر روی شناورها مکان: کلاس، کارگاه، شناور	بالاتر از حد انتظار	تجهیزات و مدارهای الکتریکی تجهیزات برقی در شناورها شامل سیستم‌های دگازینک، حفاظت کاتودی، سکان، لنگر، تبرید و اعلام حریق را درک و قادر به ارائهٔ اجمالی آنها می‌باشد.	۳
			در حد انتظار	تجهیزات و مدارهای الکتریکی تجهیزات برقی در شناورها شامل سیستم‌های دگازینک، حفاظت کاتودی، سکان، لنگر، تبرید و اعلام حریق تا حدی قابل قبول آشنا گردیده است.	۲
			پایین تر از حد انتظار	تجهیزات و مدارهای الکتریکی تجهیزات برقی در شناورها شامل سیستم‌های دگازینک، حفاظت کاتودی، سکان، لنگر، تبرید و اعلام حریق را به خوبی درک ننموده است.	۱

سیستم نگه‌داری و تعمیرات شناورها

اهمیت نگه‌داری و تعمیرات (نت) امروزه بر کسی پوشیده نیست، چرا که با گسترش صنعت و ورود محصولات صنعتی و ماشین آلات به زندگی روزمره و بالا رفتن سطح دانش عمومی آنان، اهمیت نگه‌داری و سپس تعمیرات صنایع ماشینی،امری روشن است. به عبارت دیگر جملهٔ معروف«پیش‌گیری بهتر از درمان است»، در این حوزه نیز کاملاً قابل تعمیم است.که در این راستا دو موضوع مهم مطرح می‌شود: یکی تفهیم اهمیت نگه‌داری و این‌که بود و نبود آن چه اثراتی دارد؛ و دیگری داشتن دانش مورد نیاز برای این نگه‌داری خوب و مناسب هر دستگاهی، طول عمر آن را بیش‌تر خواهد کرد و قابلیت اطمینان استفاده از آن را برای کاربران بیش‌تر خواهد نمود.

با توجه به گستردگی سیستم‌ها و ماشین آلات و اهمیت آنها شرکت‌ها و سازمان‌ها، نیازمند یک «نِت» برنامه‌ریزی شده و هدفمند و قابل اجرا در شرایط خودشان می‌باشند و این به معنی سیستمی یا برنامه‌ای کِردن نگه‌داری و تعمیرات می‌باشد. صنایع دریایی و به‌خصوص شناوری با توجه به حساسیت بالا در بحث ایمنی و نیز عدم دسترسی به امکانات و تجهیزات و نیز کارکنان متخصص خارج از شناور در هنگام دریا نوردی و تعیین کننده بودن لحظات در برخی شرایط دریانوردی، به طور مضاعف نیازمند روی آوردن به یک سیستم «نت» دقیق، با برنامه و هدفمند می‌باشند (شکل ۴۶).

شکل ۴۶- برنامه‌های هدفمند روی شناور

در این راستا، صنایع و کارخانجات مختلف که اولویت آنها حفظ و گسترش منابع مالی و اقتصادی است در عرصهٔ نگه‌داری پیش‌گام بودند چون می‌دانستند که هزینهٔ اندکی در نگه‌داری، آنان را از اجبار در پرداخت هزینه‌های سنگین تعمیر و تعویض معاف خواهد کرد. در عرصهٔ دریایی نیز این موضوع مورد توجه ویژه قرار گرفت چون در شناورها، علاوه بر مسائل اقتصادی، به خاطر شرایط خاص دریا، مسائل ایمنی در دریانوردی به طور ویژه مورد توجه می‌باشد. به این منظور همواره نگرش‌های مختلفی در نوع سیستم‌های نگه‌داری و تعمیرات مورد توجه قرار می گیرد.

انواع نگه‌داری و تعمیرات (نت):

سه دیدگاه عمده و متفاوت در مدیریت نت وجود دارد:

۱- مدیریت نِت اضطراری (کارکرد تا حد خرابی دستگاه) Break Down Maintenance (B.M) یا Emergency (E.M) Maintenance

۲- نگه‌داری و تعمیرات اصلاحی (در صورت بروز علایم عیب، نگه داری را آغاز می کنیم): Condition Base (C.B.M) Maintenance

۳- نگه‌داری و تعمیرات پیشگیرانه: Privantive Maintenance (P.M)

باید توجه داشت که بین نت و سیستم نت یک تفاوت اساسی وجود دارد. نت انجام فعالایت‌های نگه‌داری نامنظم است و حال آن‌که سیستم نت، به معنای فعالیت‌های منظم و برنامه‌ریزی شده و شامل در مراحل برنامه‌ریزی و انجام کار، ثبت نظام مدارک و اسناد، تجزیه و تحلیل و نتیجه و بازخورد گیری می‌باشد.

انواع مختلفی از سیستم یا نگرش نت، در دوره‌های متفاوت و در کشورهای مختلف ارائه شده است که در این‌جا مجال پرداختن به آنها نیست.

بدیهی است اگر بخواهیم از سیستم‌ها و تجهیزات عملیاتی موجود در شناورها که از اهمیت ویژه‌ای در ایمنی و حفظ جان کارکنان و انجام صحیح و به‌موقع مأموریت خود در طول دریانوردی برخوردار است، به خوبی مراقبت کنیم و عمرکاری ایمن آنها را افزایش دهیم علاوه بر شناخت کافی نسبت به:

نوع و عملکرد تجهیزات و سیستم‌های مختلف،

نقش تجهیزات و دستگاه‌ها در فرآیند عملیات و مأموریت‌ها و ارتباط با سایر تجهیزات،

دلایل بروز خرابی در آن دستگاه،

باید با انواع سیستم‌های نگه‌داری و تعمیرات آشنا شده و با به‌کارگیری دقیق آنها متناسب با نیاز، رشد و اهداف تعالی بخش مدیران و صاحبان سازمان خود، به بهره‌وری و افزایش سلامت و عمر سیستم‌ها و تجهیزات کمک کنیم که این امر از عمده وظایف ذاتی هنرجویان در صورت پیوستن به شناورها به‌ویژه شناورهای نظامی که مرزبانان و ایجاد کنندگان امنیت در آب‌های سرزمینی کشور عزیزمان هستند خواهد بود.

بحث کلاسی

چرا پیشگیری بهتر از درمان است؟ به چند مورد که محسوس و ملموس از این قاعدهٔ کلی اشاره و دلایل قانع‌کننده‌ای برای آن ارائه دهید.

تعاریف گوناگون تعمیرات:

همهٔ وسایل، در معرض فرسودگی و استهلاک هستند و سرانجام به پایان عمر مفید خود می‌رسند و باید تعویض شوند. زمانی که وسیله‌ای به پایان عمرش نزدیک می‌شود وضعیت تخریبش به گونه ای می‌شود که می‌تواند برای کارکنان و سایر دستگاه‌ها باشد. به همین دلیل هدف از تعمیر و نگه‌داری این است که با تعمیر و یا تعویض اقلام و قطعات فرسوده، عمر مفید آن را افزایش و آن وسیله را در یک وضعیت مطمئن و قابل سرویس نگه‌داری کنیم.

به دلیل وجود رطوبت، هوای مخلوط با بخار نمک به علت تبخیر آب دریا، دمای بسیار زیاد، تکان‌های مداوم و مواردی از این قبیل، محیط دریا، محیطی سخت و فرسایشی برای سیستم‌ها و تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی می‌باشد. به همین دلیل تجهیزات منصوب و موجود در شناورها نیاز ویژه‌ای به نگه‌داری و تعمیر دارند و از سوی دیگر استمرار عملکرد تجهیزات ذکر شده به‌دلیل انجام دریانوردی و مأموریت‌های محوله امری ضروری و غیر قابل اجتناب می‌باشد.

اغلب تجهیزات شناورها نیاز به مراقبت، نگه‌داری و تعمیر داشته و کارشناسان مربوطه باید برای اجرای این امور تجهیزات را به‌خوبی شناخته و توانایی آن را داشته باشند تا نقشه‌ها و نمودارهای موجود تجهیزات را کنترل و توسط آنها سیستم‌ها را در شرایط مطلوب حفظ نمایند. همواره لازم است عملکرد تجهیزات را باز بینی کرد تا عملکرد صحیح و عادی و یا عملکرد معیوب آنها نمایان گردد و در صورت بروز نارسایی، قبل از این که توقفی در عملکرد تجهیزات پیش آید عیب دستگاه را دقیقاً نقطه‌یابی و رفع نمود و لذا توانمندی و اجرای به‌موقع نگه‌داری و تعمیرات تجهیزات عملیاتی شناورها توسط کارکنان ذی ربط از اهمیت بسیار بالایی برخوردار بوده و این مهم وجه کاملاً متمایز و قابل توجه متخصصان شناورها محسوب می‌گردد که با انجام آموزش‌های تخصصی پیشرفته و هوش و ذکاوت ذاتی کارشناسان مربوطه قابل تأمین خواهد بود.

مسلماً اجرای برنامه‌های نگه‌داری و تعمیرات مستلزم شناخت تعاریف و دسته‌بندی انواع تعمیرات و متعاقباً برنامه‌ریزی‌های سیستم، کنترل و نظارت مستمر، پشتیبانی آمادی، ایجاد تسهیلات کارگاهی ساحلی، تأمین تجهیزات و وسایل آزمایشگاهی و ... بوده که در زیر به برخی ازموارد عمدهٔ آن شاره خواهد شد.

انواع نگه‌داری و تعمیرات تعریف شده:

تاکنون مفاهیم، روش‌ها، دستورالعمل‌ها و کنوانسیون‌های یکسان و قابل استناد مشترکی در این زمینه برای شناورهای مختلف، کارخانجات و تأسیسات ساحلی شناورها، کارخانه‌های تولیدی، کشورهای مختلف و غیره در

مجامع بین‌المللی دریایی تعریف و الزامی نگردیده و اغلب سعی گردیده است تا هر سازمان و ارگانی با توجه به امکانات بومی و توانمندی خود، راه و روشی مختص خود را تعیین و بر آن مبنا انواع مراحل نگه‌داری و تعمیر تجهیزات شناورها را مشخص و به اجرا گذارد هر چند که اهداف مورد نظر نهایی تقریباً یکسان می‌باشند.

از عناوین تعریف شده به‌صورت عام، به موارد زیر اشارهٔ مختصر خواهد شد:

۱) نگه‌داری و تعمیرات مبتنی بر شکست (Breakdown Maintenance)

۲) نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه PM (Preventive Maintenance)

۳) نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گویانه PDM (Predictive Maintenance)

۴) نگه‌داری و تعمیرات اصلاحی (Corrective Maintenance)

۵) نگه‌داری و تعمیرات بهره ور جامع (Total Productive Maintenance. TPM)

۶) نگه‌داری و تعمیرات ناب (Lean Maintenance)

۷) نگه‌داری و تعمیرات دوره‌ای (Shut Down Priodic maintenance)

۸) نگه‌داری و تعمیرات بر پایه قابلیت اطمینانRCM(Reliability Centered Maintenance)

۹) سیستم‌های نت واکنش سریع یا QRM (Quick Response Maintenance)

بحث کلاسی

چرا نگه‌داری و تعمیرات تجهیزات شناورها از اهمیت بالایی برخوردار است؟ اگر این مهم نادیده گرفته شود و یا با سیستمی نهادینه به آن نگریسته نشود چه پیامدهایی خواهد داشت؟

تحقیق کنید

از طریق گفت وگو با چندین دریانورد پیشکسوت و هم رشتهٔ خود با اهمیت انجام به‌موقع نگه‌داری و تعمیر تجهیزات شناورها آشنا شوید و نتیجهٔ تحقیق خود را در کلاس ارا ئه دهید.

نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه(PM)Preventive Maintenance :

به فعالیت‌هایی که به‌طور تناوبی و بر حسب دوره‌های تعریف شده انجام می‌گیرند و سبب تأخیر و کم شدن تعمیرات و شکست‌های ناگهانی و بدون برنامه می‌گردند PM گفته می‌شود. به‌طور کلی می‌توان گفت که «نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه عبارت است از یک روش سیستماتیک برنامه‌ریزی و زمان‌بندی شده جهت انجام کارهای نگه‌داری مورد نیاز برطبق برنامهٔ تنظیمی با هدف جلوگیری از فرسایش غیر عادی اجزای ماشین و کاهش توقفات اضطراری ماشین‌آلات» و چون «نت» پیش‌گیرانه براساس تناوب اجرای فعالیت‌ها برنامه‌ریزی و اجرا می‌گردد، به این دسته از فعالیت‌ها Time Based Maintenance نیز گفته می شود (شکل ۴۷).

شکل ۴۷- نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه

فعالیت‌ها و اهداف نت پیش‌گیرانه:

۱- جلوگیری از فرسایش غیرعادی اجزای ماشین: (نظافت، آچارکشی و روان‌سازی، روغن‌کاری و گریس‌کاری).
۲ - کاهش توقفات اضطراری: تعمیر و تعویض‌های دوره‌ای طبق برنامه زمانی از پیش تعیین شده (شکل ۴۸).

شکل ۴۸- نگه‌داری و تعمیرات

در نگه‌داری و تعمیرات، با کنترل عوامل عملکردی دستگاه می‌توان فعالیت‌های نگه‌داری و تعمیرات مورد نیاز را قبل از خرابی پیش‌بینی نمود.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه یک موتور الکتریکی سه فاز را باز نموده و مراحل سرویس و تعمیر و نگه‌داری آن را بررسی نمایید.

بیشتر بدانیم

نگهداری، تعمیرات و سیستم مدیریتی آن در ارگان‌های دریایی:
اگر چه ممکن است تعاریف ارائه شده، در ارگان‌های مختلف دریایی با توجه به حجم و میزان هر یک از تعمیرات متفاوت باشد ولی بدون شک هر یک از تعمیرات صرفاً در صورت برخورداری از:
نیروی انسانی مناسب، کاردان و آموزش دیده
مواد اولیه، قطعات و اقلام مورد نیاز
تجهیزات و وسایل تست و آزمایشگاهی مناسب
میسر و امکان پذیر خواهد بود که بر آن مبنا و حجم نیازهای مورد نظر در ارگان‌ها، سازمان‌ها و کشورهای مختلف برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری می‌گردد.

تحقیق کنید

با مراجعه به اینترنت و افراد مجرب در خصوص سیستم نگه‌داری 3M تحقیق کنید.

در این راستا کشورهای صاحب فناوری و سازندگان تجهیزات، استانداردها و روش‌های خاصی را برای خود تبیین و همان روش‌ها را برای کشورهای دیکته خریداری می‌نمایند و آموزش‌های مربوطه را به متخصصان ذی ربط کشورهای خریدار ارائه می‌دهند و در صورت نیاز، اقلام و قطعات و تجهیزات و وسایل تست و آزمایشگاهی مورد نیاز را بر اساس توافقات و قراردادهای فیمابین تأمین می‌نمایند.
مسلماً هر یک از کشورها بر اساس خط‌مشی، توانمندی و به‌طور کلی دستورالعمل نگه‌داری و تعمیرات مدون خود و یا بدون وابستگی به کشورهای صاحب تکنولوژی، بر اساس برنامه مدون و زمان‌بندی شده با عناوین مختلف، این مهم را مدیریت و بر اجرای دقیق برنامهٔ پیش‌بینی شده نظارت می‌نمایند.
در کشور عزیز ما نیز به دلایل مختلف از جمله خرید شناورها از کشورهای مختلف، تنوع و انتخاب تجهیزات یک شناور، معمولاً از بهترین برندهای موجود وقت از کشورهای مختلف سازنده، اجرای دقیق دوره‌های آموزشی لازم قبل از ورود متخصصان به هر یک از شناورها (Prejoining Training)، استفاده از تجهیزات و وسایل تست و اندازه‌گیری آزمایشگاهی مشترک و غیره، استانداردهایی برای نگه‌داری و تعمیرات شناورها تعریف گردیده و مدیریت جامعی در این راستا ایجاد شده است که هریک از ارگان‌های دریایی بر آن اساس با بهره‌گیری از توان نرم‌افزاری و سخت‌افزاری داخل کشور سیستم‌های اجرایی، نظارتی، مانیتورینگ و ... خود را کنترل و اجرا می‌نمایند.

بحث کلاسی

چرا سیستم و روش نگه‌داری و تعمیر تجهیزات شناورها در ارگان‌های مختلف دریایی کشور یکسان و هماهنگ نبوده و با سیستمی نهادینه برای شناورهای گوناگون به آن نگریسته نمی‌شود. با این اختلاف چه پیامدهایی را مشاهده خواهید کرد؟

تحقیق کنید

با مراجعه به شبکه‌های اینترنت، سیستم‌های مدیریتی، نگه‌داری و تعمیر شناورها در برخی از کشورها را بررسی و نتیجهٔ تحقیق و مشاهدات خود را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید

با مراجعه به چندین دریانورد پیشکسوت و هم رشتهٔ خود با آنان مصاحبه و با اهمیت انجام به‌موقع نگه‌داری و تعمیر تجهیزات شناورها و سیستم مدیریتی و نظارتی مربوطه آشنا و نتیجهٔ تحقیق خود را در کلاس ارا ئه دهید.

سطوح تعمیراتی مصوب در سیستم نگه‌داری و تعمیراتی شناورها:

در حال حاضر در کشور ما نیز همانند اغلب کشورهای پیشرفته در امور دریایی مسئولیت اجرا، نگه‌داری و تعمیرات شناورها اعم از بدنه، عرشه، سیستم‌های رانش، تجهیزات و دستگاه‌های مکانیکی، برقی و الکترونیکی و امثال اینها در سه سطح سازمانی مصوب صورت می‌پذیرد که آشنایی شما هنرجویان با این سطوح در حال حاضر به‌طور اجماع ضروری می‌باشد که در ذیل به‌طور خلاصه به آنها اشاره می‌گردد:

۱- سطح تعمیرات سازمانی (Organizational Maintenance Level):

انجام این نوع تعمیرات در مسئولیت سازمان مربوطه و به عبارت دیگر مسئولان واحد شناور بوده و معمولاً مراحل بازدید، نگه‌داری، سرویس، روغن‌کاری و تنظیم تجهیزات را شامل می شود و علاوه بر آن تعمیرات

تجهیزات در حد جابجایی یونیت‌ها، بردها و برخی زیر مجموعه‌ها را نیز شامل می‌گردد. این نوع تعمیرات توسط کارکنان شناورها اعم از کارشناسان فنی و حتی کاربران عملیاتی صورت می‌پذیرد (شکل ۴۹).

شکل ۴۹- تعمیرات توسط کارکنان شناورها

۲ – سطح تعمیرات ردهٔ میانی (Intermediate Maintenance Level) :

انجام این گونه تعمیرات که در حدفاصل بین بالاترین ردهٔ تعمیراتی (تعمیرات رده دپویی) و تعمیرات ردهٔ سازمانی قرار دارد، توسط کارشناسان و متخصصان مستقر در خارج از یگان شناور در مجموعه‌ای ساحلی که به‌عنوان مراکز تعمیرات ردهٔ میانی مصوب می‌باشند، صورت می‌پذیرد که معمولاً از متخصصان با تجربه‌تر آموزش دیده، دستگاه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری مناسب و اقلام و قطعات مورد نیاز تجهیزات برای این سطح تعمیرات برخوردار می‌باشند (شکل ۵۰).

شکل ۵۰- تعمیرات رده میانی

لازم به ذکر است که در صورت بروز شرایط بحرانی، کمبود وقت و ضرورت آماده‌سازی عملیاتی شناورها در اسرع وقت از این مراکز نیز برای انجام تعمیرات سطوح سازمانی استفاده می‌گردد.

۳ – سطح تعمیرات دپویی (Depot Maintenance Level) :

این سطح تعمیرات که معمولاً در کارخانه‌های داخل و یا خارج از کشور، کارخانه‌های سازندهٔ اصلی تجهیزات و یا توسط مراکز تعمیراتی معتبر ایجاد شده‌اند بدین منظور صورت می‌پذیرد که فعالیت‌های عمدهٔ تعمیراتی از جمله اورهال و تعمیرات اساسی و کامل تجهیزات، تغییرات بهینه، نوسازی و به‌روز رسانی تجهیزات، تست و انجام آزمایشات عملیاتی نهایی شناور پس از تعمیرات اساسی و ... صورت می‌پذیرد و شناور را برای یک دوره کامل دیگر برای خدمتی ایمن بر مبنای مأموریت مصوب مهیا می‌سازند (شکل ۵۱).

شکل ۵۱- تعمیرات دپویی

فعالیت کارگاهی

در کارگاه بر روی یک تابلو توزیع روش نگه‌داری و تعمیر را در سه رده بررسی و اجرا نمایید.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه بر یک موتور الکتریکی سه فاز روش نگه‌داری و تعمیر را در سه رده بررسی و اجرا نمایید.

تحقیق کنید

با مراجعه به شبکه‌های مجازی، سیستم‌های مدیریتی نگه‌داری و تعمیرات شناورها در برخی از کشورها را بررسی و نتیجهٔ تحقیق و مشاهدات خود را در کلاس ارائه دهید.

بحث کلاسی

اصولی‌ترین ابزار و امکانات جهت انجام نگه‌داری و تعمیر تجهیزات عملیاتی چیست و این ابزار و امکانات چه ارتباطی با یکدیگر دارند؟

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۳	سیستم نگه‌داری و تعمیرات شناورها	تجهیزات: سیستم‌ها و تجهیزات ویژهٔ موجود بر روی شناورها، مراکز تعمیراتی. مکان: کلاس، کارگاه، شناور و مراکز تعمیراتی.	بالاتر از حد انتظار	اهمیت، اهداف و انواع نت را فرا گرفته و مهارت های لازم را برای اجرا داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	تاحدودی اهمیت، اهداف و انواع نت را فرا گرفته و مهارت‌های لازم را برای اجرا در حد متوسط داشته باشد.	۲
			پایین تر از حد انتظار	تعاریف، مفاهیم و تفکیک نت و اهداف آن آشنا باشد.	۱

ارزشیابی شایستگی سیستم‌های برق شناور

شرح کار:

شناخت قوانین حاکم بر سیستم تولید و توزیع برق در شناورها :
مولدهای AC و DC و کاربردهای مربوطه
سویچ برد اصلی و تابلوهای فرعی
انواع دیاگرام های فنی در شناورها
شناخت عمدهٔ تجهیزاتی که مصرف شناوری دارند:
سیستم های سکان، لنگر، دگاسینک، کاتودیک پروتکشن، سیستم حریق، سافت استارتر، سیستم های تبرید و ...
شناخت سیستم های نگه‌داری و تعمیرات، اهمیت انجام به موقع تعمیرات، سیستم تعمیر و نگه‌داری موجود و مصوب در ارگان‌های دریایی کشور:
نگه‌داری و تعمیرات پیشگیرانه و اهمیت آن
تعمیرات سازمانی، رده میانی و دپویی و مسئولان اجرایی آنها

استاندارد عملکرد:

هنرجویان قادر خواهند بود ضمن شناخت نحوهٔ تولید و توزیع سیستم برق شناورها با برخی از عمده تجهیزات خاص شناورها نیز آشنا و علاوه بر آن با سیستم های مختلف و تعاریف نگه‌داری و تعمیرات به صورت عام و چگونگی انجام این مهم در سازمان‌های دریایی در قالب استانداردهای موجود آشنا می‌شوند.

شاخص‌ها:

- شناخت لازم از سیستم تولید و توزیع برق شناور، تجهیزات خاص شناورها و سیستم‌های تعمیر و نگه‌داری شناورها

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه مجهز به لوازم ایمنی باشد.

ابزار و تجهیزات: انواع تابلوهای اصلی و فرعی موجود در شناورها، تجهیزات اتصال شناور به برق ساحل، مصرف‌کننده‌های موجود در شناورها.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	سیستم‌های تولید و توزیع شبکهٔ برق شناورها	۲	
۲	بررسی مدارهای الکتریکی تجهیزات برقی در شناور	۱	
۳	سیستم نگه‌داری و تعمیرات شناورها	۱	
شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی و ...		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ می باشد.

منابع

۱- برنامه درسی رشته الکترونیک و مخابرات دریایی. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۲- استاندارد شایستگی حرفه رشته الکترونیک و مخابرات دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۳- استاندارد ارزشیابی حرفه رشته الکترونیک و مخابرات دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۴- راهنمای عمل طراحی و تألیف بسته تربیت و یادگیری رشته‌های فنی و حرفه‌ای. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۵- برنامه درسی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۹۱.

۶- ترکمانی، امیر حسین. (۱۳۹۴). ماشین‌های الکتریکی DC. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی وحرفه‌ای و کاردانش.

۷- طراحی و سیم‌کشی برق ساختمان‌های مسکونی. (۱۳۹۵). دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی وحرفه‌ای و کاردانش.

۸- دنیس تی هال. علم کاربردی برق در دریا. ترجمه: حسن‌نژاد، اسماعیل. تهران: ستاد مشترک سپاه، معاونت آموزش و نیروی انسانی، مرکز برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی.

۹- اچ. دی. مک جورج. تجهیزات الکتریکی دریایی و عملکرد آنها. ترجمه: میردار هریجانی، مهدیه. تهران: ستاد مشترک سپاه، معاونت آموزش و نیروی انسانی، مرکز برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی.

هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان 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: www.tvoccd.medu.ir

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان دربارهٔ کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانهٔ راهبری دروس نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائهٔ نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

همکاران هنرآموز که در فرایند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت فعال داشته‌اند:
استان هرمزگان
آقای مسعود یوسفی

ارگان‌ها و موسساتی که در فرآیند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت داشته‌اند:
۱- اداره کل امور دریایی و سازمان‌های تخصصی بین‌المللی سازمان بنادر و دریانوردی
۲- موسسه آموزشی کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران
۳- نیروی دریایی راهبردی 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