کتاب طراحی و نصب تاسیسات حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند

ایران استخدام

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس:آره ۰۲۱-۹۱۳۰۰۰۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir

Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز الکتروتکنیک (۱) و (۲)

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز الکتروتکنیک

خرید و دانلود

دانلود منابع آزمون استخدامی استادکار الکتروتکنیک

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات عمومی و تخصصی استخدام آموزش و پرورش

خرید و دانلود

بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلیٰ مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند

رشتهٔ الکتروتکنیک

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 و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند ـ ۲۱۱۲۶۳
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: علی‌اکبر مطیع بیرجندی، شهرام خدادادی، محمدحسن اسلامی، امیرحسین ترکمانی، علیرضا حجرگشت، مجتبی انصاری‌پور، نقی اصغری آقاباقر و سعید ابراهیمی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
سعید ابراهیمی، روزبه بیتا و ابوالفضل طالبیان (اعضای گروه تألیف)
محمدحسن اسلامی، شهرام خدادادی (ویراستار فنی)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: احمدرضا امینی (مدیرامورفنی وچاپ)ـ جواد صفری (مدیرهنری)ـ فرشته‌حسن‌خانی (صفحه‌آرا)ـ زهرا ایمانی‌نصر، حسین چراغی، سیف‌الله بیک‌محمددلیوند، نیلوفر حکیم‌جوادی و زهرا لونی (امور آماده‌سازی)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، **دورنگار:** ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، **کد پستی:** ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌سایت: www.irtextbook.ir، www.chap.sch.ir
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش) **تلفن:** ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، **دورنگار:** ۴۴۹۸۵۱۶۰،
صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ ونشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۴۰۵

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

شابک ۶- ۳۸۷۴ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 - 964 - 05 -3874-6**



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

امام خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

فهرست

پودمان اول: نصب مولد برق اضطراری ۱

واحد یادگیری ۱: برآورد برق مصرفی محل نصب ۲

واحد یادگیری ۲: سیم‌کشی روشنایی اضطراری ۲۳

پودمان دوم: شبیه‌سازی سامانه فتوولتاییک ۴۵

واحد یادگیری ۱: امکان‌سنجی محل نصب ۴۶

واحد یادگیری ۲: برآورد برق مصرفی ۶۸

پودمان سوم: نصب سامانه‌های فتوولتاییک ۹۱

واحد یادگیری ۱: نصب سامانه مستقل از شبکه (Off-Grid) ۹۲

واحد یادگیری ۲: نصب سامانه متصل به شبکه (On-Grid) ۱۲۳

پودمان چهارم: شبیه‌سازی خانه هوشمند ۱۴۹

واحد یادگیری ۱: طراحی سناریو ۱۵۰

واحد یادگیری ۲: بارگذاری سناریو روی سامانه ۱۷۸

پودمان پنجم: راه‌اندازی خانه هوشمند ۱۹۳

واحد یادگیری ۱: نصب تجهیزات ۱۹۴

واحد یادگیری ۲: ارزیابی عملکرد سناریو در خانه هوشمند ۲۱۵

منابع ۲۴۰

سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها، گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، هوشمندسازی ساختمان‌ها و ضرورت تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های آموزشی را بر اساس نیازهای کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران بازطراحی و تألیف کنیم.

یکی از مهم‌ترین تغییرات در کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای، توجه به آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی به معنای توانایی انجام یک کار واقعی به‌صورت درست، استاندارد و ایمن است. این توانایی مجموعه‌ای از دانش، مهارت و نگرش را دربر می‌گیرد.

در کتاب **طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند** چهار دسته شایستگی مورد توجه قرار گرفته است:

۱ **شایستگی‌های فنی برای ورود به بازار کار؛** مانند برآورد نیازهای الکتریکی، نصب و راه‌اندازی مولدهای برق اضطراری، اجرای روشنایی اضطراری، امکان‌سنجی و طراحی سامانه‌های فتوولتاییک، نصب سامانه‌های مستقل از شبکه و متصل به شبکه، طراحی و اجرای سناریوهای هوشمندسازی ساختمان، نصب تجهیزات هوشمند و ارزیابی عملکرد سامانه‌های کنترلی.

۲ **شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده شغلی؛** مانند مسئولیت‌پذیری، دقت، نظم، کار گروهی، نوآوری، اخلاق حرفه‌ای، مدیریت منابع، مصرف بهینه انرژی، رعایت اصول زیست‌محیطی و توجه به ایمنی و بهداشت محیط کار.

۳ **شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات؛** مانند استفاده از نرم‌افزارهای طراحی و شبیه‌سازی، محیط‌های آموزشی مجازی، منابع دیجیتال، فیلم‌های آموزشی و ابزارهای محاسباتی مرتبط با سامانه‌های فتوولتاییک و ساختمان‌های هوشمند.

۴ **شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر؛** مانند جست‌وجوی اطلاعات تخصصی، استفاده از منابع تکمیلی، به‌روز نگه داشتن دانش فنی و توانایی سازگاری با فناوری‌های جدید در حوزه برق، انرژی و هوشمندسازی ساختمان.

بر این اساس، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، با بهره‌گیری از اسناد بالادستی و مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی، هنرآموزان، کارشناسان فنی و خبرگان دنیای کار، مجموعه اسناد بالا دستی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین کرده است. این اسناد، مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته به شمار می‌آیند.

کتاب **طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند** برای هنرجویان رشته الکتروتکنیک تألیف شده است. کسب شایستگی‌های ارائه‌شده در این کتاب، زمینه لازم برای ادامه تحصیل، ورود به بازار کار و فعالیت حرفه‌ای در حوزه‌هایی مانند نصب و راه‌اندازی تجهیزات برق اضطراری، سامانه‌های فتوولتاییک، تأسیسات هوشمند ساختمان و سیستم‌های کنترل و مدیریت انرژی را فراهم می‌کند.

هنرجویان عزیز، تلاش کنید تمام شایستگی‌های آموزش‌داده‌شده در این کتاب را به‌صورت عملی فراگیرید و در فرایند ارزشیابی به اثبات برسانید. یادگیری این درس تنها به دانستن مطالب نظری محدود نمی‌شود، بلکه باید بتوانید فعالیت‌های عملی مربوط به طراحی، شبیه‌سازی، نصب و راه‌اندازی سامانه‌ها را با دقت، ایمنی و مطابق با اصول فنی و استانداردهای حرفه‌ای انجام دهید.

محتوای کتاب به‌صورت پودمانی تنظیم شده است. هر پودمان شامل واحدهای یادگیری و فعالیت‌های عملی است که مراحل انجام آنها به‌صورت گام‌به‌گام ارائه می‌شود. پس از یادگیری هر پودمان، انتظار می‌رود شایستگی‌های مربوط به آن را کسب کنید. شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان، کسب شایستگی در تمام واحدهای یادگیری آن پودمان است.

در صورت احراز نشدن شایستگی در یک یا چند واحد یادگیری پس از ارزشیابی نخست، فرصت جبران، تمرین بیشتر و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود خواهد داشت. ارزشیابی هر واحد یادگیری شامل بررسی عملکرد مستمر، کیفیت انجام فعالیت‌های عملی، رعایت اصول فنی و ایمنی و کسب شایستگی‌های غیرفنی است. دقت در انجام محاسبات، انتخاب صحیح تجهیزات، رعایت نظم کارگاهی، مدیریت مصرف انرژی، کاهش خطا و ضایعات، همکاری با دیگران و مسئولیت‌پذیری، بخشی از فرایند ارزشیابی شما خواهد بود.

علاوه بر کتاب درسی، امکان استفاده از سایر اجزای بسته آموزشی طراحی‌شده برای این درس نیز وجود دارد. فیلم‌های آموزشی، محتوای الکترونیکی، نرم‌افزارهای شبیه‌سازی، تصاویر تکمیلی، راهنمای فعالیت‌های عملی و دیگر منابع آموزشی می‌توانند به درک بهتر مباحث و کسب شایستگی‌های مورد انتظار کمک کنند.

هنرجویان عزیز می‌توانند با مراجعه به وبگاه دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش به نشانی http://tvoccd.oerp.ir، از عناوین، منابع تکمیلی و اجزای بسته آموزشی مربوط به رشته الکتروتکنیک آگاه شوند. توصیه می‌شود از این منابع با راهنمایی هنرآموز و در کنار فعالیت‌های نظری و کارگاهی کتاب استفاده کنید.

فعالیت‌های یادگیری مربوط به شایستگی‌های غیرفنی، از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست، فناوری اطلاعات و ارتباطات و یادگیری مادام‌العمر، همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب و بسته آموزشی ارائه شده‌اند. کوشش کنید این شایستگی‌ها را در کنار مهارت‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و در انجام فعالیت‌های فردی و گروهی به‌کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول اساسی انجام کار در حوزه تأسیسات الکتریکی و ساختمان هوشمند است. کار با تجهیزات برق، سامانه‌های فتوولتاییک، مولدهای برق اضطراری، تجهیزات کنترلی و ابزارهای نصب، بدون رعایت اصول ایمنی می‌تواند خطرآفرین باشد. بنابراین توصیه‌های هنرآموز، علائم هشداردهنده و دستورالعمل‌های ایمنی بیان‌شده در کتاب را جدی بگیرید و پیش از شروع هر فعالیت، از ایمن بودن محیط، ابزار و تجهیزات اطمینان حاصل کنید.

امید است با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت کسب مهارت‌های حرفه‌ای، ورود موفق به بازار کار، توسعه فناوری‌های نوین ساختمان، بهره‌گیری از انرژی‌های پاک و حرکت در مسیر توسعه پایدار کشور برداشته شود.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرآموزان گرامی

کتاب حاضر با هدف تسهیل فرایند آموزش و یادگیری و ایجاد درکی روشن‌تر از مفاهیم طراحی، نصب و راه‌اندازی تأسیسات حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند تدوین شده است. با توجه به افزایش روزافزون استفاده از سامانه‌های فتوولتاییک در تولید انرژی الکتریکی، گسترش کاربرد خانه‌های هوشمند و ضرورت ارتقای دانش فنی در زمینه مولدهای برق اضطراری، محتوای این کتاب بازنگری و متناسب با نیازهای روز صنعت و بازار کار به‌روزرسانی شده است.

این کتاب دارای پنج پودمان است و شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان، کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در هر یک از واحدهای یادگیری پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد. ارزشیابی هر واحد یادگیری نیز از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است و شرط لازم برای محاسبه این دو بخش، کسب شایستگی در بخش شایستگی‌های غیرفنی است.

در بازنگری محتوای کتاب تلاش شده است تصاویر و نقشه‌های فنی با کیفیت و وضوح مناسب ارائه شوند و مطالب آموزشی به‌صورت گام‌به‌گام تنظیم شوند تا هنرآموز محترم بتواند مفاهیم نظری و فعالیت‌های عملی را با ترتیب مناسب به هنرجویان ارائه کند و هنرجویان نیز مراحل طراحی، شبیه‌سازی، نصب و راه‌اندازی سامانه‌ها را به‌درستی دنبال کنند.

در تدوین این کتاب، از ظرفیت نرم‌افزارهای تخصصی و محیط‌های شبیه‌سازی نیز برای غنی‌تر کردن فرایند آموزش و یادگیری استفاده شده است. بهره‌گیری از این نرم‌افزارها امکان طراحی و اجرای فعالیت‌های عملی متنوع‌تر، مشاهده و تحلیل عملکرد سامانه‌ها و تکرار مراحل طراحی و راه‌اندازی را برای هنرجویان فراهم می‌کند. برای نمونه، استفاده از محیط شبیه‌سازی KNX Virtual به هنرجویان کمک می‌کند تا ساختار، عملکرد، برنامه‌ریزی و اجرای سناریوهای مختلف سامانه‌های هوشمند را به‌صورت تعاملی تمرین و نتایج عملکرد آنها را بررسی کنند. به‌کارگیری این ابزارها در کنار فعالیت‌های عملی می‌تواند به درک عمیق‌تر مفاهیم و تثبیت بهتر آموخته‌ها منجر شود.

همچنین با توجه به رویکرد مهارت‌محور کتاب، نرم‌افزار PVSyst با PV SOL جایگزین شده است. محیط گرافیکی مناسب و سهولت استفاده از PV SOL، طراحی و شبیه‌سازی سامانه‌های فتوولتاییک را برای هنرجویان قابل فهم‌تر کرده و به ایجاد ارتباط بهتر میان مباحث نظری و فعالیت‌های عملی کمک می‌کند.

از ویژگی‌های دیگر این کتاب، طراحی فعالیت‌های یادگیری ساختاریافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست‌محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بسته 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 بسته یادگیری، 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.
رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و مراحل کلیدی بر اساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند.
کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: نصب مولد برق اضطراری

در این پودمان، هنرجویان با مفاهیم و مهارت‌های مورد نیاز برای نصب و راه‌اندازی مولدهای برق اضطراری آشنا می‌شوند. در واحد یادگیری اول، برآورد برق مصرفی محل نصب با هدف تعیین نیازهای الکتریکی و انتخاب تجهیزات مناسب آموزش داده می‌شود و در واحد یادگیری دوم، سیم‌کشی روشنایی اضطراری و اصول اجرای صحیح آن به صورت نظری و عملی ارائه می‌گردد.

پودمان دوم: شبیه‌سازی سامانه فتوولتاییک

این پودمان به معرفی مراحل طراحی اولیه و شبیه‌سازی سامانه‌های فتوولتاییک اختصاص دارد. در واحد یادگیری اول، امکان‌سنجی محل نصب شامل بررسی شرایط محیطی و عوامل مؤثر بر نصب سامانه آموزش داده می‌شود و در واحد یادگیری دوم، برآورد برق مصرفی و محاسبات مورد نیاز برای طراحی سامانه فتوولتاییک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پودمان سوم: نصب سامانه‌های فتوولتاییک

در این پودمان، هنرجویان مهارت‌های لازم برای نصب و راه‌اندازی سامانه‌های فتوولتاییک را کسب می‌کنند. در واحد یادگیری اول، نصب سامانه مستقل از شبکه (Off-Grid) و تجهیزات مرتبط با آن آموزش داده می‌شود و در واحد یادگیری دوم، نصب سامانه متصل به شبکه (On-Grid) و الزامات اجرایی آن ارائه می‌گردد.

پودمان چهارم: شبیه‌سازی خانه هوشمند

این پودمان به طراحی و آماده‌سازی سامانه‌های هوشمند ساختمان اختصاص دارد. در واحد یادگیری اول، طراحی سناریو برای کنترل و مدیریت تجهیزات هوشمند آموزش داده می‌شود و در واحد یادگیری دوم، بارگذاری سناریو روی سامانه و نحوه اجرای تنظیمات مربوط به آن بررسی می‌شود.

پودمان پنجم: راه‌اندازی خانه هوشمند

در این پودمان، هنرجویان با مراحل نصب، تنظیم و ارزیابی سامانه‌های هوشمند ساختمان آشنا می‌شوند. در واحد یادگیری اول، نصب تجهیزات و روش‌های اجرای صحیح آن آموزش داده می‌شود و در واحد یادگیری دوم، ارزیابی عملکرد سناریو در خانه هوشمند و بررسی صحت عملکرد سامانه انجام می‌گیرد.

امید است با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی، اهداف پیش‌بینی‌شده برای این درس محقق گردد.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نظرسنجی کتاب درسی

پودمان اول

نصب مولد برق اضطراری



واحد یادگیری ۱ : برآورد برق مصرفی محل نصب

آیا می‌دانید

۱ مولدهای برق اضطراری چه تفاوتی با UPS دارد؟
۲ ساختمان مولدهای برق اضطراری از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟
۳ انواع مولدهای برق اضطراری کدام هستند؟
۴ مولد مناسب یک خانه ویلایی چگونه انتخاب می‌شود؟
۵ مولد برق اضطراری چگونه راه‌اندازی می‌شود؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود میزان بارهای مصرفی را محاسبه نموده و براساس آن مولد مناسب را انتخاب و راه‌اندازی نمایند.

مقدمه

مولدهای برق اضطراری که در اصطلاح فنی «موتور ژنراتور» نیز نامیده می‌شوند، از کلیدی‌ترین تجهیزات در تضمین پایداری انرژی محسوب می‌گردند. این دستگاه‌ها در زمان اختلال یا قطع شبکهٔ برق سراسری، نقش شریان حیاتی را ایفا کرده و با تبدیل هوشمندانهٔ انرژی مکانیکی به توان الکتریکی، استمرار فعالیت‌های حساس را تضمین می‌کنند. در دنیای امروز، توقف جریان برق حتی برای دقایقی کوتاه می‌تواند پیامدهای جبران‌ناپذیری اعم از خسارات مالی، اختلالات فنی و در موارد حساس‌تر مانند مراکز درمانی، خطرات جانی به‌همراه داشته باشد؛ ازاین‌رو، بهره‌گیری از این سامانه‌ها نه یک انتخاب، بلکه یک ضرورت اساسی است.

اساس عملکرد این مولدها بر قانون القای الکترومغناطیسی استوار است. در این فرایند، یک محرک اولیه (غالباً موتورهای بنزینی، دیزلی یا گازسوز) نیروی لازم برای چرخش محور ژنراتور را فراهم می‌آورد. با دوران میدان مغناطیسی در میان سیم‌پیچ‌ها، جریان الکتریسیته پدید می‌آید. این ساختار استوار و کارآمد، ژنراتورها را به یکی از قابل‌اعتمادترین منابع تأمین توان در بحران‌های انرژی بدل کرده است.

امروزه مولدهای اضطراری به‌عنوان رکن جدایی‌ناپذیر در صنایع، مراکز درمانی، مجتمع‌های مسکونی و زیرساخت‌های حیاتی شناخته می‌شوند. همگام با تحولات تکنولوژی، نسل جدید این دستگاه‌ها با تمرکز بر افزایش بازدهی، بهینه‌سازی مصرف سوخت و کاهش آلایندگی‌های زیست‌محیطی توسعه یافته‌اند تا همچنان به عنوان مطمئن‌ترین راهکار برای مقابله با ناپایداری‌های شبکهٔ برق در کانون توجه قرار داشته باشند. شکل ۱ یک مولد برق اضطراری را نشان می‌دهد.

ساختمان موتور و ژنراتورها از دو بخش تشکیل شده است:

الف) موتور احتراق داخلی

ب) مولد (ژنراتور الکتریکی)



شکل ۱ــ مولد برق اضطراری

پژوهش کنید

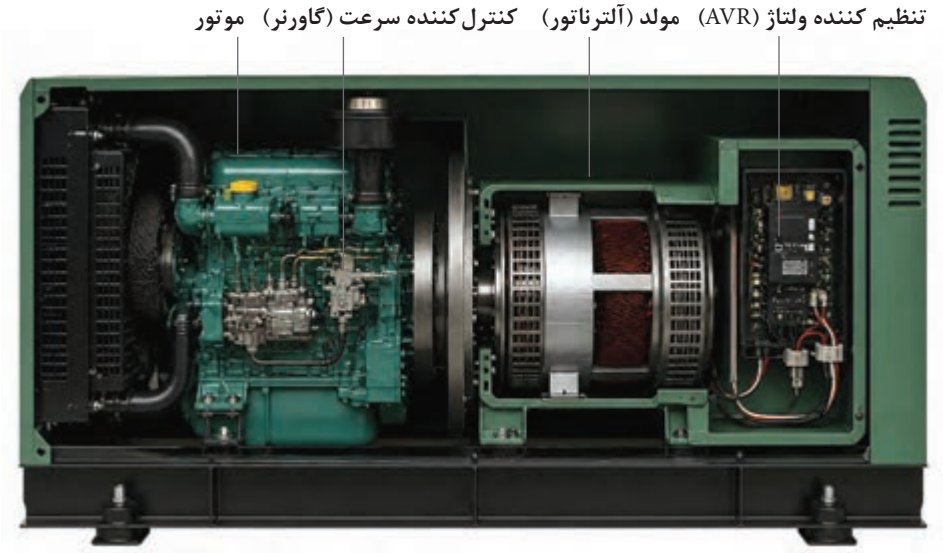
تفاوت سیستم برق ایمنی (UPS) که در سال گذشته آموخته‌اید و مولدهای برق اضطراری را جست‌وجو و گزارش آن را به کلاس ارائه نمایید.

اجزای یک سیستم برق اضطراری

ساختمان داخلی یک سیستم برق اضطراری از چند بخش اصلی تشکیل شده که هرکدام نقش مشخصی در تولید و کنترل انرژی الکتریکی دارند(شکل ۲).

اجزای اصلی سیستم برق اضطراری عبارت‌اند از:

۱ موتورمحرک
۲ ژنراتور
۳ تنظیم‌کننده سرعت
۴ تنظیم‌کننده ولتاژ خودکار[۱]



شکل ۲ـ ساختمان داخلی یک مولد برق اضطراری

۱ موتور محرک (Engine)

این بخش قلب بخش مکانیکی سیستم است و معمولاً از نوع بنزینی، دیزلی یا گازسوز می‌باشد. وظیفه آن تبدیل انرژی شیمیایی سوخت به انرژی مکانیکی (چرخش محور) است. سرعت و پایداری کار موتور تأثیر مستقیم برکیفیت برق تولیدی دارد.

۲ ژنراتور (Generator)

ژنراتور یا مولد، انرژی مکانیکی دریافتی از موتور محرک را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. این بخش خود شامل اجزای زیر است:

استاتور: قسمت ثابت ژنراتور است که سیم‌پیچ‌ها در آن قرار دارند و ولتاژ در آن القا می‌شود.

روتور: قسمت گردان ژنراتور است که میدان مغناطیسی دوار را ایجاد می‌کند. با چرخش روتور داخل استاتور، جریان برق تولید می‌شود. به عنوان مثال با چرخش ژنراتور، یک ولتاژ ۲۲۰ ولت با فرکانس ۵۰ هرتز تولید و قابل استفاده می‌شود.

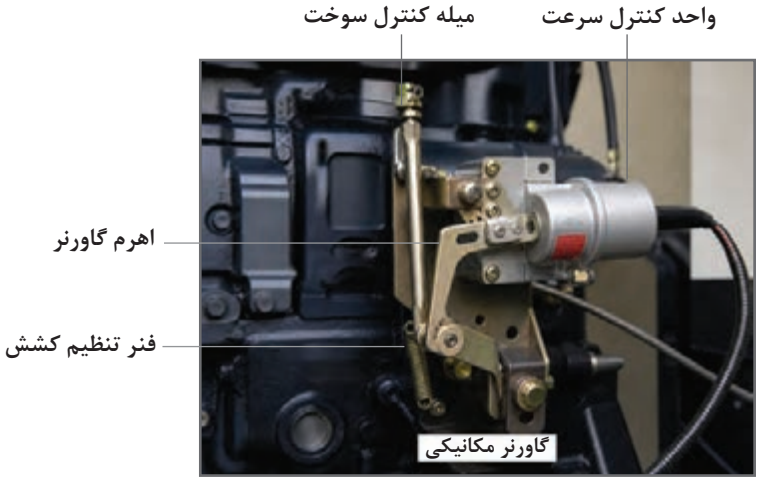
نکته

با توجه به این‌که مولد برق اضطراری در شرایط خاص جایگزین برق شبکه می‌شود، می‌بایست پارامترهای ولتاژ و فرکانس آن مانند ولتاژ و فرکانس شبکه ثابت و پایدار باشد.

۱ـ AVR

۳ تنظیم‌کننده سرعت

ثابت ماندن فرکانس در یک عدد مشخص (مثلاً ۵۰ هرتز در برق ایران) با کنترل سرعت مولد انجام می‌شود. در مولدها وسیله‌ای به نام گاورنر[۱] این کار را برعهده دارد. به‌طوری‌که با مقایسه بین فرکانس ژنراتور و فرکانس تنظیم شده به عنوان مبنا (۵۰ هرتز)، سرعت موتور را تنظیم می‌کند تا فرکانس در مقدار مطلوب ثابت نگه داشته شود. شکل ۳ یک نمونه از گاورنر را نشان می‌دهد.



شکل ۳ـ یک نمونه از گاورنر مکانیکی به همراه جزئیات

نحوه عملکرد گاورنر

حالت اول: اگر بار مصرفی روی ژنراتور زیاد شود، در این‌صورت موتور تمایل به کاهش سرعت دارد. بنابراین گاورنر سوخت بیشتری تزریق می‌کند تا سرعت به مقدار نامی برگردد.

حالت دوم: اگر بار مصرفی روی ژنراتور کم شود، در این‌صورت سرعت بالا می‌رود بنابراین گاورنر میزان سوخت را کاهش می‌دهد تا سرعت در مقدار نامی ثابت شود.

گاورنرها در دو نوع زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

۱ مکانیکی

۲ الکترونیکی

نوع مکانیکی معمولاً با استفاده از وزنه‌های گریز از مرکز کار می‌کند که با تغییر سرعت، موقعیت آنها تغییرکرده و جریان سوخت را تنظیم می‌کند. اما درگاورنرهای الکترونیکی با استفاده از حسگرها (برای اندازه‌گیری سرعت) و یک کنترلر، تنظیم دقیق‌تری روی سوخت اعمال می‌شود و پاسخ سریع‌تری به تغییرات بار دارند. به‌همین‌دلیل، در ژنراتورهای مدرن و حساس، بیشتر از نوع الکترونیکی استفاده می‌شود.

۴ تنظیم‌کننده ولتاژ

هنگامی‌که بار مولد تغییر می‌کند ولتاژ آن ممکن است کم یا زیاد شود. وسیله‌ای به نام AVR[۲] وظیفه تنظیم ولتاژ را برعهده دارد.

۱ـ Governor

۲ـ AVR ـ Automatic Voltage Regulation

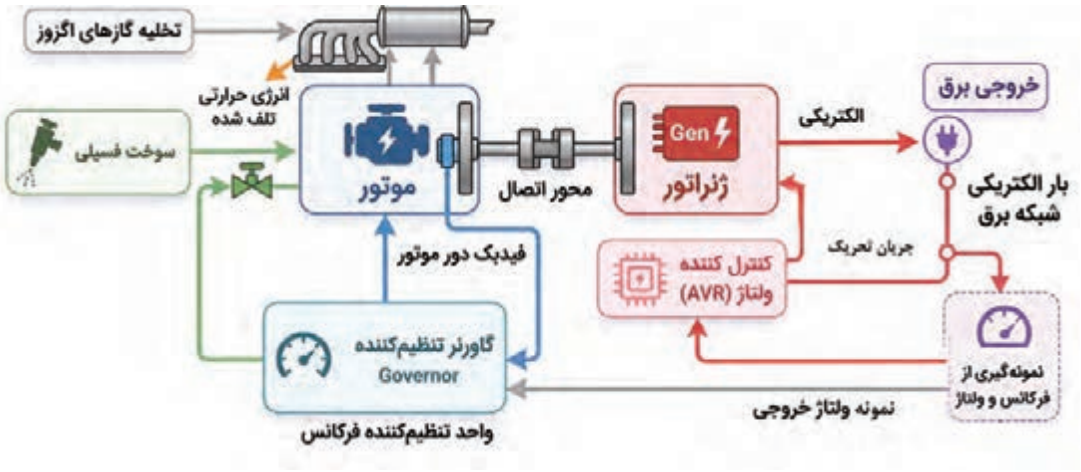
AVR دائماً ولتاژ خروجی را اندازه‌گیری می‌کند. اگر ولتاژ افت کند جریان تحریک ژنراتور را افزایش می‌دهد و درصورتی‌که ولتاژ زیاد شود، جریان تحریک ژنراتور را کاهش می‌دهد و درنتیجه، ولتاژ در مقدار نامی (مثلاً ۲۲۰ یا ۳۸۰ ولت) ثابت می‌ماند.

شکل ۴ نمونه‌ای از AVR مورد استفاده در مولد برق اضطراری را نشان می‌دهد.

شکل ۵ هماهنگی بین اجزای یک مولد اضطراری را نشان می‌دهد.



شکل ۴ ـ AVR در مولد برق اضطراری



شکل ۵ ـ هماهنگی اجزای داخلی مولد برق اضطراری

در ادامه، دیگر اجزای مهم سیستم برق اضطراری بیان شده است:

ـ **سیستم سوخت‌رسانی:** شامل مخزن سوخت، پمپ‌ها، فیلترها و لوله‌های انتقال است. این سیستم وظیفه دارد سوخت را به‌صورت یکنواخت و تمیز به موتور برساند تا عملکرد پایدار حفظ شود.

ـ **سیستم خنک‌کاری:** به دلیل تولید حرارت زیاد در موتور و ژنراتور، یک سیستم خنک‌کننده (معمولاً رادیاتور و فن) برای جلوگیری از افزایش بیش از حد دما استفاده می‌شود. در برخی مدل‌ها از آب یا مایع خنک‌کننده استفاده می‌شود.

ـ **سیستم روغن‌کاری:** این بخش شامل پمپ روغن، فیلتر و مسیرهای روانکاری است. وظیفه آن کاهش اصطکاک بین قطعات متحرک موتور و افزایش عمر مفید دستگاه است.

ـ **سیستم تحریک (Excitation System)**: این سیستم جریان لازم برای ایجاد میدان مغناطیسی در روتور را تأمین می‌کند. نوع آن می‌تواند بدون جاروبک (Brushless) یا با جاروبک باشد که نوع بدون جاروبک رایج‌تر و کم‌استهلاک‌تر است.

ـ **تابلو کنترل (Control Panel)**: دراین قسمت، پارامترهای مهم مانند ولتاژ، جریان، فرکانس، دما و فشار روغن نمایش داده و کنترل می‌شوند. همچنین امکان روشن/ خاموش‌کردن ژنراتور و حفاظت در برابر خطاها (اضافه‌بار، افت ولتاژ و...) فراهم است.

ـ **سیستم اگزوز (خروج دود)**: گازهای حاصل از احتراق از طریق این سیستم به بیرون هدایت می‌شوند. طراحی مناسب آن برای کاهش صدا و آلودگی اهمیت دارد.

ـ **شاسی و قاب (Frame)**: تمام اجزا روی یک شاسی فلزی نصب می‌شوند که علاوه بر استحکام، باعث کاهش لرزش و سهولت جابه‌جایی دستگاه می‌شود.

درمجموع، هماهنگی دقیق بین این اجزا باعث می‌شود مولد برق اضطراری در زمان قطع برق، به‌صورت سریع و مطمئن وارد مدار شده و انرژی مورد نیاز مصرف‌کننده را تأمین کند.



شکل ۶ ـ اجزای اصلی یک مولد برق اضطراری

تحقیق کنید

در مورد اجزای به‌کار رفته در مولد برق اضطراری تحقیق‌کرده و به کلاس ارائه کنید.

بررسی اولیه مولد برق اضطراری (قبل از روشن‌کردن)

قبل از راه‌اندازی مولد برق اضطراری به‌خصوص هنگامی‌که مدت زیادی از آن استفاده نشده است می‌بایست مواردی همچون روغن، سطح سوخت و... بررسی شوند. بنابراین جهت جلوگیری از آسیب دیدن و سوختن موتور، حفاظت در مقابل برق‌گرفتگی، افزایش عمر دستگاه و کارکرد مطمئن هنگام استفاده در شرایط اضطراری بررسی اولیه و بازدید دوره‌ای لازم است.

۱ بررسی ظاهری : ابتدا بدون روشن‌کردن دستگاه بدنه مولد را بررسی شده تا از سالم بودن موارد زیر اطمینان حاصل کنید که:

ـ شکستگی، نشتی یا آسیب نداشته باشد.

ـ زیر مولد از نظر وجود لکه روغن یا بنزین و وجود نشتی در قسمت سوخت و موتور چک می‌شود.

ـ قطع‌شدگی در سیم‌های خروجی مولد وجود نداشته و سالم باشند.

شکل ۷ بازدید ظاهری مولد را نشان می‌دهد.



شکل ۷ ــ بازدید ظاهری مولد قبل از روشن نمودن

۲ چک‌کردن روغن موتور: این مرحله بسیارمهم است درصورتی‌که روغن کم باشد موتور آسیب جدی می‌بیند و حتی ممکن است قفل کند.

روش کار بدین صورت است‌که زمانی مولد خاموش است درب یا گیج روغن را باز نموده و میله (گیج) خارج می‌شود. سطح روغن باید بین MIN و MAX باشد (شکل ۸). در صورت کم بودن، روغن موتور مناسب اضافه می‌شود.



شکل ۸ ــ چک کردن روغن موتور و بررسی سطح روغن

۳ **بررسی سوخت:** با بررسی مقدار بنزین/گازوئیل و همچنین عدم وجود نشتی، جهت راه‌اندازی موتور اقدام می‌شود، سپس درب باک می‌بایست محکم بسته باشد.

نکته

درصورتی‌که سوخت کم باشد، باعث خاموش شدن ناگهانی مولد می‌شود.

۴ **بررسی تهویه:** اگر به‌هردلیلی مولد داخل ساختمان است مسیر ورود هوا باز باشد و خروجی دود (اگزوز) به بیرون هدایت شود و فن تهویه کارکند.

۵ **بررسی بار و مصرف‌کننده‌ها:** قبل از استارت همه کلیدها خاموش باشند و هیچ وسیله‌ای در شروع روشن نباشد این کار باعث می‌شود، مولد بدون فشار راه‌اندازی شود.

۶ **بررسی باتری (اگر استارتی است):** کابل‌های باتری شل نباشد و باتری شارژ داشته باشد.

تذکر

هنرجوی عزیز ؛ اگر همه موارد بالا مورد تأیید بود مولد آماده روشن شدن است، در غیر این‌صورت اگر مشکلی مشاهده کردید هرگز مولد را روشن نکنید و حتماً به مربی کارگاه اطلاع دهید.

کار عملی

هدف: راه‌اندازی مولد برق اضطراری بدون بار

ابزار و تجهیزات و لوازم: در این فعالیت، مهارت‌آموزان باید یک مولد کوچک (ترجیحاً بنزینی) را برای آشنایی اولیه، بررسی و راه‌اندازی کنند.

۱ **بخش اول:** چک‌لیست بازرسی (آمادگی قبل از شروع)

قبل از روشن کردن دستگاه، هنرجویان باید موارد زیر را بررسی کنند:

سطح سیالات: چک کردن مقدار روغن موتور و سوخت (بنزین).

اتصالات الکتریکی: اطمینان از این‌که کلید اصلی خروجی (Circuit Breaker) در حالت خاموش (OFF) قرار دارد.

محیط ایمنی: دستگاه باید حتماً در فضای باز و دور از پنجره‌ها قرار گیرد تا خطر مسمومیت بر اثر گاز (CO) برطرف شود.

۲ **بخش دوم:** مراحل راه‌اندازی (اجرای فنی)

هنرجویان به ترتیب مراحل زیر را انجام دهند:

۱ **بازکردن شیر سوخت:** برای برقراری جریان سوخت به کاربراتور.

۲ **تنظیم ساسات (Choke):** قراردادن در حالت بسته برای استارت اولیه راحت‌تر.

۳ **استارت موتور:** استفاده از هندل طنابی یا استارت الکتریکی.



شکل ۹ــ راه‌اندازی مولد برق اضطراری

تثبیت موتور: پس از چند ثانیه کارکرد، ساسات را به حالت باز (Run) برمی‌گردانند تا صدای موتور یکنواخت شود.

۳ **بخش سوم:** اندازه گیری ولتاژ

با استفاده از مولتی‌متر و با قراردادن آن درحالت اندازه‌گیری ولتاژ AC، ولتاژ متناوب مولد را اندازه‌گیری نمایید (شکل ۱۰).

در مرحله بعدی قراردادن آن در حالت اندازه‌گیری ولتاژ DC، ولتاژ مستقیم خروجی مولد را اندازه‌گیری نمایید.



شکل ۱۰ــ اندازه‌گیری ولتاژ خروجی مولد

مشاهدات خود را در دفتر گزارش کار ثبت نمایید.

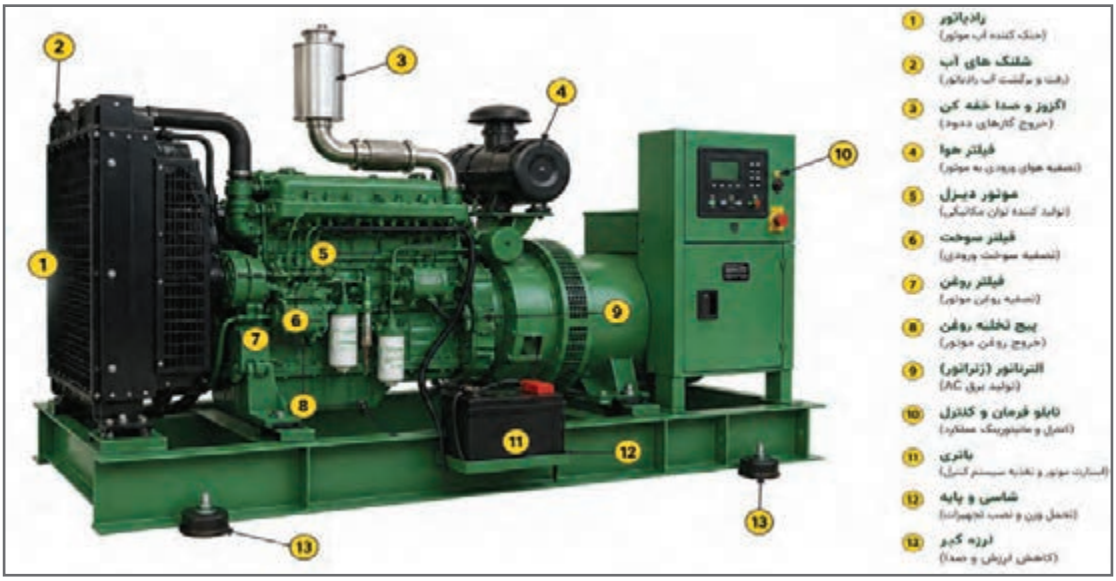
ایمنی برق: هنرآموز گرامی با توجه به خطرات احتمالی برق‌گرفتگی لطفاً استفاده از فازمتر و بررسی اتصال زمین (Earth) برای جلوگیری از برق‌گرفتگی بدنه مولد را آموزش دهید.

دیزل ژنراتور

مولد دیزلی (Diesel Generator) دستگاهی است‌که انرژی شیمیایی حاصل از سوخت گازوئیل را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. این سیستم در واقع ترکیبی از یک موتور دیزل و یک ژنراتور (آلترناتور) است‌که به‌صورت یک‌پارچه کار می‌کنند و در مواقعی‌که برق شبکه دردسترس نیست یا نیاز به برق مستقل وجود دارد، استفاده می‌شود.

مولدهای دیزلی براساس کاربرد عبارت‌اند از:

- اضطراری (Standby): برای قطعی برق
- دائم‌کار (Prime): برای استفاده طولانی
- پایه (Base Load): برای کار مداوم در بار ثابت



شکل ۱۱ــ اجزای دیزل ژنراتور

تفاوت بین موتورهای محرک دیزلی، بنزینی و گاز سوز مولدهای برق فقط در نوع سوخت نیست؛ این سه نوع موتور از نظر ساختار، عملکرد، هزینه و کاربرد تفاوت‌های مهمی دارند. در ادامه این موارد به‌طور خلاصه بیان می‌شود:

۱ مقایسه موتورهای محرک از نظر نوع سوخت و سیستم احتراق

موتور بنزینی: سوخت این موتور از بنزین بوده و سیستم احتراق آن با شمع است. سوخت و هوا در کاربراتور یا انژکتور مخلوط شده و سپس با جرقه شمع روشن می‌شود.

- فشرده‌سازی کمتر
- دارای **کاربراتور** یا سیستم تزریق سوخت + شمع + سیم‌های جرقه
- سبک‌تر، کوچک‌تر و ساده‌تر
- سرعت چرخش بالاتر (معمولاً ۳۰۰۰ دوردردقیقه)
- قطعات بیشتر که نیاز به نگهداری دارند

موتور گازسوز: این موتور از گاز طبیعی (شهری)، پروپان یا بیوگاز استفاده می‌کند. مانند موتور بنزینی، سیستم احتراق جرقه‌ای دارد و معمولاً با کاربراتور یا سیستم تزریق گاز کار می‌کند.

- خیلی شبیه موتور بنزینی (اغلب موتور بنزینی که به گاز تبدیل شده یا طراحی مشابه)
- دارای سیستم گاز (رگلاتور فشارگاز، میکسر گاز و هوا) + شمع
- بدون مخزن سوخت مایع (برای گازشهری مستقیم به لوله متصل می‌شود؛ برای پروپان نیازبه تانک دارد)
- احتراق تمیزتر، اما حرارت بالاتر در برخی موارد

موتور دیزلی: سوخت این موتور از گازوئیل (دیزل) است. سیستم احتراق آن فشاری است. هوا را به شدت فشرده می‌کنند تا دما بالا برود، سپس سوخت دیزل پاشیده می‌شود و بدون شمع خودبه‌خود روشن می‌شود.

این تفاوت اساسی باعث می‌شود موتورهای دیزلی راندمان حرارتی بالاتری داشته باشند (معمولاً ۴۰ـ۳۰ درصد) درحالی‌که موتورهای بنزینی و گازی حدود (۳۰ـ۲۰ درصد) هستند.

- به دلیل نسبت تراکم خیلی بالا، موتور باید خیلی محکم‌تر و سنگین‌تر ساخته شود.
- بدون کاربراتور و بدون شمع (فقط انژکتور سوخت)
- پمپ انژکتور فشار قوی، سیستم خنک‌کاری قوی‌تر
- سرعت چرخش پایین‌تر (معمولاً ۱۵۰۰ دوردردقیقه برای مدل‌های دائم‌کار) لرزش و سایش کمتر
- بلوک موتور، پیستون‌ها و اجزای متحرک مقاوم‌تر و سنگین‌تر (به همین دلیل دوام بیشتر)



شکل ۱۲ ـ انواع مولدهای برق اضطراری براساس سوخت مصرفی

در جدول ۱ مقایسه‌ای کامل بین هرسه نوع از مولدها آمده است:

جدول ۱ـ مقایسه سه‌مولد برق اضطراری

ویژگی	مولد بنزینی	مولد دیزلی	مولد گازسوز
نوع سوخت	بنزین	گازوئیل	گاز شهری (NG) یا LPG
نحوه احتراق	جرقه‌ای (شمع دارد)	تراکمی (بدون شمع)	جرقه‌ای (شمع دارد)
مصرف سوخت	زیاد	کم (بهینه)	متوسط تا کم
بازدهی	متوسط	بالا	متوسط
توان خروجی	محدود	بالا	متوسط تا بالا
طول عمر	کمتر	زیاد	خوب (کم‌استهلاک‌تر از بنزینی)

ادامه جدول ۱ـ مقایسه سه‌مولد برق اضطراری

ویژگی	مولد بنزینی	مولد دیزلی	مولد گازسوز
هزینه اولیه	پایین	بالا	متوسط
هزینه سوخت	بالا	متوسط	کم (به‌خصوص گاز شهری)
هزینه نگهداری	کم	متوسط	کم تا متوسط
صدای کارکرد	کمتر	زیاد	کم (نرم و یکنواخت)
وزن و ابعاد	سبک	سنگین	متوسط
کارکرد مداوم	محدود	بسیار مناسب	مناسب
ایمنی سوخت	خطر اشتعال بالا	نسبتاً ایمن	ایمن‌تر (در صورت نصب استاندارد)
استارت در هوای سرد	راحت	سخت‌تر	راحت
آلودگی	متوسط	زیاد (دود تیره)	کم (پاک‌تر)
دسترسی سوخت	وابسته به بنزین	نسبتاً خوب	عالی (در صورت گاز شهری)
کاربرد اصلی	خانگی، سیار	صنعتی، سنگین	خانگی، تجاری، دائم‌کار سبک

مقایسه شماتیک این مولدها در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۳ـ مقایسه شماتیک بین مولدها

پلاک‌خوانی مولد برق اضطراری

پلاک مشخصات (Name Plate) مولد برق اضطراری، شناسنامه فنی دستگاه محسوب می‌شود و اطلاعات مهمی درباره عملکرد، ظرفیت و شرایط کاری مولد دراختیار کاربر قرار می‌دهد. آشنایی با اطلاعات درج‌شده روی پلاک برای نصب، بهره‌برداری، سرویس و عیب‌یابی مولد ضروری است. در جدول ۲ اطلاعات پلاک یک مولد برق اضطراری بیان شده است.

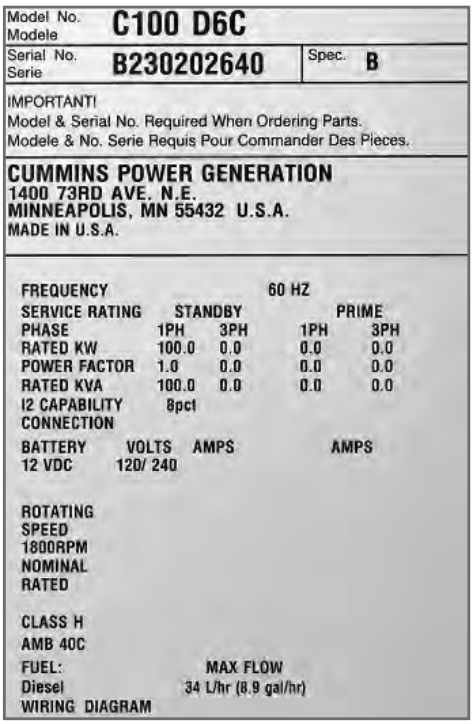
جدول ۲ـ اطلاعات پلاک یک مولد

بخش	مشخصه فنی	توضیح	نمونه
ژنراتور (Alternator)	نوع ژنراتور	سنکرون یا آسنکرون	سنکرون
	تعداد فاز	تک‌فاز یا سه‌فاز	سه‌فاز
	توان خروجی	kVA یا kW	۴۰ kVA
	ولتاژ خروجی	۲۳۰V یا ۴۰۰V	۴۰۰/۲۳۰ V
	فرکانس	۵۰Hz یا ۶۰Hz	۵۰ Hz
	جریان نامی	حداکثر جریان خروجی	۵۸ A
	ضریب توان	معمولاً ۰/۸	۰/۸
	کلاس عایقی	Class H،F و...	Class H
	درجه حفاظت	IP۲۱،IP۲۳ و...	IP۲۳
	سیستم تحریک	Brushless یا ذغالی	Brushless
	AVR	تنظیم‌کننده اتوماتیک ولتاژ	AVR SX۴۶۰
	راندمان	درصد بازده ژنراتور	۹۲٪
	تعداد قطب	۲ یا ۴ قطب	۴ قطب
	نوع کوپلینگ	مستقیم یا انعطاف‌پذیر	کوپل مستقیم
موتور (Engine)	نوع موتور	دیزل، بنزینی یا گازسوز	دیزل
	تعداد سیلندر	۱، ۲، ۴، ۶ یا بیشتر	۴ سیلندر
	آرایش سیلندر	خطی یا V شکل	خطی
	حجم موتور	بر حسب cc یا لیتر	۳/۹ لیتر
	توان موتور	قدرت مکانیکی موتور	۴۵ kW
	دور موتور (RPM)	معمولاً ۱۵۰۰ یا ۳۰۰۰ دور	۱۵۰۰ RPM
	سیستم خنک‌کاری	هواخنک یا آب‌خنک	آب‌خنک
	سیستم روغن‌کاری	پاششی یا تحت فشار	تحت فشار
	نوع استارت	الکتریکی یا دستی	استارت الکتریکی
	ولتاژ باتری استارت	۱۲V یا ۲۴V	۲۴V
	ظرفیت مخزن سوخت	برحسب لیتر	۱۲۰ لیتر
	مصرف سوخت	لیتربرساعت	۸ لیتربرساعت
	نوع فیلترها	هوا، روغن و سوخت	فیلتر هوا، روغن و سوخت
	سیستم گاورنر	مکانیکی یا الکترونیکی	الکترونیکی
	نوع تنفس	تنفس طبیعی یا توربوشارژ	توربوشارژ

در شکل ۱۴ نمونه‌ای از پلاک یک مولد نشان داده شده است.

تحقیق کنید

مشخصات فنی یک موتور ژنراتور را از روی کاتالوگ آن استخراج و به کلاس ارائه کنید.


Model No. / Modele: C100 D6C
Serial No. / Serie: B230202640 Spec. B
IMPORTANT!
Model & Serial No. Required When Ordering Parts.
Modele & No. Serie Requis Pour Commander Des Pieces.
CUMMINS POWER GENERATION
1400 73RD AVE. N.E.
MINNEAPOLIS, MN 55432 U.S.A.
MADE IN U.S.A.
FREQUENCY 60 HZ
SERVICE RATING STANDBY PRIME
PHASE 1PH 3PH 1PH 3PH
RATED KW 100.0 0.0 0.0 0.0
POWER FACTOR 1.0 0.0 0.0 0.0
RATED KVA 100.0 0.0 0.0 0.0
I2 CAPABILITY 8pct
CONNECTION
BATTERY VOLTS AMPS AMPS
12 VDC 120/ 240
ROTATING
SPEED
1800RPM
NOMINAL
RATED
CLASS H
AMB 40C
FUEL: MAX FLOW
Diesel 34 L/hr (8.9 gal/hr)
WIRING DIAGRAM

شکل ۱۴ــ نمونه‌ای از پلاک یک مولد

انتخاب مولد برق اضطراری مناسب

برای انتخاب و نصب مولد برق اضطراری باید ابتدا مشخص شود در زمان قطع برق، دقیقاً چه وسایلی را باید روشن نگه داشته شود و مجموع توان مصرفی آنها چقدر است. اگر این برآورد درست انجام شود، انتخاب ژنراتور بهینه خواهد بود یعنی نه کوچک انتخاب می‌شود، نه بیش از حد بزرگ.

درصورت انتخاب ژنراتور کوچک‌تر از بارمصرفی، در هنگام استفاده از آن با مشکل مواجه شده و می‌بایست برخی بارها را علی‌رغم ضروری بودن از مدار خارج و قطع نمود. درصورت بزرگ‌تر بودن ژنراتور از بارمصرفی، هزینه اضافی برخریدار تحمیل می‌شود.

براساس نوع ساختمان (خانگی، صنعتی، تجاری و بیمارستانی و...) می‌بایست یک محاسبه دقیق انجام داد.

به عنوان مثال ابتدا یک مولد اضطراری برای یک خانه مسکونی درنظرگرفته می‌شود. برای یک ساختمان مسکونی، برآورد بار ژنراتور اضطراری باید واقع‌بینانه و نه بیش‌ازحد محافظه‌کارانه باشد. هدف این است‌که فقط بارهای ضروری در زمان قطع برق تأمین شوند، نه کل مصرف عادی ساختمان. بدین منظور می‌بایست یک الگوی عملی و قابل قبول را دنبال نمود.

برآورد مصرف برق در کاربردهای خانگی برای طراحی و انتخاب مولدهای برق اضطراری، یکی از مراحل اساسی در مهندسی تأسیسات الکتریکی محسوب می‌شود. دراین فرایند، ابتدا لازم است بارهای الکتریکی براساس اهمیت عملکردی به دو دسته «**ضروری**» و «**غیرضروری**» تقسیم بندی شوند. بارهای ضروری شامل تجهیزاتی هستند که تداوم کار آنها در شرایط قطع برق الزامی است، مانند سیستم روشنایی پایه، یخچال، تجهیزات ارتباطی و در برخی موارد پمپ آب. هدف از این تفکیک، کاهش ظرفیت مورد نیاز مولد و افزایش بهره‌وری اقتصادی سیستم است.

پس از شناسایی بارها، توان مصرفی هریک از تجهیزات بر حسب وات یا کیلووات تعیین و مجموع توان بارهای ضروری محاسبه می‌شود. در این مرحله، استفاده از روابط توان الکتریکی و در نظرگرفتن ضریب توان (Power Factor) اهمیت دارد، زیرا بسیاری از تجهیزات خانگی دارای بارالقایی بوده و ضریب توان آنها کمتر از واحد است. علاوه‌براین، باید به پدیده‌ای به نام جریان راه‌اندازی در تجهیزات موتوری مانند یخچال یا پمپ توجه شود، چراکه این تجهیزات درلحظه شروع به‌کار، جریانی چند برابر حالت عادی مصرف می‌کنند که می‌تواند برعملکرد مولد تأثیرگذار باشد. برای درنظرگرفتن نکته فوق و به منظور افزایش قابلیت اطمینان سیستم، معمولاً از یک ضریب مناسبی تحت عنوان ضریب اطمینان استفاده می‌شود. در جدول ۳ مقدار پیشنهادی ضریب اطمینان برای مکان‌های مختلف مشاهده می‌شود. معمولاً بین ۲۰ تا ۳۰ درصد به‌خاطر ضریب اطمینان به مقدار توان کل اضافه می‌شود. این اقدام از اثر اضافه‌بار و افت ولتاژ در شرایط کاری واقعی جلوگیری می‌کند. در نهایت، می‌بایست توان ظاهری (S) برحسب توان محاسبه‌شده مصرفی کل به‌دست آورد تا ظرفیت نامی مولد تعیین شود. معمولاً ضریب توان در بارهای خانگی ۰/۹ در نظرگرفته و از رابطه زیر توان مصرفی P را به توان ظاهری S تبدیل می‌شود.

$$S = \frac{P}{\cos\varphi}$$

در این رابطه که برای سیستم تکفاز مورد استفاده قرار می‌گیرد به ترتیب توان ظاهری و توان مصرفی برحسب کیلوولت‌آمپر [KVA] و کیلووات [KW] بیان می‌شوند.

جدول ۳ــ ضریب اطمینان انتخاب مولدهای برق اضطراری

نوع مصرف	ضریب‌اطمینان پیشنهادی	توضیح
روشنایی ساده	۱/۱ تا ۱/۲	جریان راه‌اندازی کم است.
خانه مسکونی	۱/۲ تا ۱/۳	برای وسایل موتوری سبک
فروشگاه و مغازه	۱/۲۵ تا ۱/۳۵	وجود یخچال، کرکره برقی و تجهیزات الکترونیکی
اداری	۱/۲۵ تا ۱/۴	رایانه، UPS و کولر
کارگاه کوچک	۱/۴ تا ۱/۶	موتورهای الکتریکی و ابزارهای صنعتی
آسانسور	۱/۶ تا ۲	جریان استارت زیاد
پمپ آب	۱/۵ تا ۲	وابسته به نوع راه‌اندازی موتور
بیمارستان	۱/۳ تا ۱/ ۵	نیاز به پایداری بالا
مراکز داده و سرورها	۱/۴ تا ۱/ ۶	حساس به افت ولتاژ
مرغداری و دامداری	۱/۳ تا ۱/ ۵	تجهیزات تهویه و موتورهای دائم‌کار
کارخانه صنعتی	۱/ ۵ تا ۲	بارهای سنگین و توسعه آینده

پژوهش

فرض کنید برای یک اتاق سرور حساس، بین خرید یک دستگاه UPS و یک **موتور ژنراتور** مردد هستید. با توجه به «زمان پاسخ‌گویی (سوئیچینگ)» و «تداوم برق‌رسانی (مدت زمان کارکرد)»، تفاوت این دو سیستم را تحلیل کرده و بنویسید چرا در مراکز حیاتی معمولاً از هر دو دستگاه به صورت هم‌زمان استفاده می‌شود؟

جدول ۴ـ متوسط توان مصرفی لوازم خانگی

ردیف	نام وسیله برقی	متوسط توان مصرفی لحظه‌ای(وات)
۱	لامپ LED تزیینی	۱
۲	شارژ موبایل	۵
۳	مودم اینترنت	۷
۴	لامپ کم‌مصرف (LED) ۹ وات	۹
۵	فن رومیزی کوچک	۱۵
۶	هواکش	۳۵
۷	تلویزیون LED ۳۲ اینچ	۶۰
۸	گیرنده دیجیتال	۸
۹	لپ‌تاپ	۶۵
۱۰	فن رومیزی متوسط	۸۰
۱۱	کنسول بازی	۹۰
۱۲	سشوار (باد سرد)	۱۰۰
۱۳	پرینتر جوهرافشان	۱۵۰
۱۴	چای‌ساز/ سماور برقی	۷۰۰
۱۵	اتوبخار	۱۲۰۰
۱۶	مایکروویو	۱۲۰۰
۱۷	سشوار (باد گرم)	۱۳۰۰
۱۸	جارو برقی	۱۵۰۰
۱۹	کولرآبی کم مصرف	۱۸۰۰
۲۰	ماشین لباسشویی (شست‌وشو)	۲۰۰۰
۲۱	ماشین ظرفشویی	۲۰۰۰
۲۲	اتوبخار (بخارگر ساده)	۲۲۰۰
۲۳	یخچال (راه‌اندازی)	۲۵۰۰
۲۴	کولرگازی ۹۰۰۰ BTU	۲۵۰۰
۲۵	فر برقی توکار	۲۵۰۰
۲۶	آبگرمکن برقی (۳۰ لیتر)	۳۰۰۰
۲۷	کولر گازی ۱۸۰۰۰ BTU	۳۵۰۰
۲۸	کولر آبی پرقدرت	۳۸۰۰
۲۹	اجاق برقی دو شعله	۴۰۰۰
۳۰	آبگرمکن برقی (۵۰ لیتر)	۴۵۰۰

نکته

در توان‌های بالا (بالاتر از ۴۰ kVA) دیزل معمولاً توجیه اقتصادی بهتری دارد. گازسوز اگر گاز شهری ارزان باشد، بهترین گزینه از نظر هزینه عملیاتی است. بنزینی فقط برای توان کم و استفاده کوتاه‌مدت توصیه می‌شود.

زمینه‌های پیشنهادی برای انتخاب مولد از نظر کاربرد

بنزینی: کمپینگ، کارگاه کوچک، اضطراری کوتاه‌مدت خانگی، جایی که قابلیت حمل و جابه‌جایی مهم است.
گازسوز: خانه، آپارتمان، مکان‌های حساس به آلودگی و صدا، جایی که گاز شهری همیشه موجود است standby یا دائم
دیزلی: کارخانه، بیمارستان، دیتاسنتر، سایت‌های ساختمانی، کاربردهای سنگین و طولانی‌مدت (بهترین برای ژنراتور اضطراری واقعی).
در حقیقت اگر بودجه محدود و استفاده کوتاه‌مدت باشد نوع بنزینی، اگر گاز شهری در دسترس و آلایندگی محیط و صدای کمتر مهم باشد از نوع گازسوز و اگر نیاز به دوام، قدرت و صرفه‌جویی در مصرف باشد (به‌خصوص بیش از چند ساعت در روز) نوع دیزلی بهترین انتخاب بلندمدت است.

بیشتر بدانید

مولدهای بی‌صدا (Silent Generators) به گروهی از ژنراتورهای برق گفته می‌شود که برای کاهش آلودگی صوتی طراحی شده‌اند. تفاوت اصلی آنها با ژنراتورهای معمولی، وجود یک محفظه عایق صدا (کانوپی سایلنت) است که اطراف موتور و آلترناتور قرار می‌گیرد. این پوشش معمولاً از ورق فلزی چندلایه همراه با فوم‌های جاذب صدا ساخته می‌شود و می‌تواند شدت صدای دستگاه را به‌طور قابل توجهی کاهش دهد. علاوه بر این، استفاده از اگزوزهای صداگیر، لرزه‌گیرهای لاستیکی و طراحی بهینه جریان هوا باعث می‌شود لرزش و نویز به حداقل برسد.



شکل ۱۵ــ دیزل ژنراتور بی‌صدا (سایلنت)

از نظر ساختار، ژنراتورهای بی‌صدا معمولاً در دو نوع اصلی، دیزلی و بنزینی (و گاهی گازسوز) تولید می‌شوند. مدل‌های دیزلی بیشتر برای کاربردهای صنعتی، بیمارستان‌ها و پروژه‌های بزرگ استفاده می‌شوند، درحالی‌که مدل‌های بنزینی یا کوچک‌تر برای مصارف خانگی و فروشگاهی مناسب هستند. همچنین برخی از آنها به‌صورت اینورتر (Inverter Generator) طراحی می‌شوند که علاوه بر کاهش صدا، خروجی برق پایدارتر و کم‌نوسان‌تری ارائه می‌دهند. این ویژگی‌ها باعث شده ژنراتورهای بی‌صدا در محیط‌های شهری و مکان‌هایی که محدودیت صوتی وجود دارد، بسیار محبوب باشند. شکل‌های ۱۵ و ۱۶ دو نمونه از مولدهای برق اضطراری بی‌صدا را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶ــ مولد برق اینورتر بی‌صدا (سایلنت)

فعالیت

با جست‌وجو در فروشگاه‌های حضوری یا آنلاین، قیمت‌های ژنراتورهای مختلف از نظر سوخت در یک توان ثابت را بررسی کنید.

محاسبه مولد برق اضطراری برای یک خانه مسکونی

گاهی یک ساختمان مسکونی یا یک باغ ـ ویلا از بافت شهری دور بوده و امکان اتصال به شبکه برق شهری (شبکه توزیع) برای آن فراهم نیست. در این مواقع از منابع برق جایگزین مانند مولدهای برق اضطراری یا سلول‌های خورشیدی استفاده می‌شود. در این‌جا فرض می‌شود با مولدهای برق اضطراری، قرار است انرژی الکتریکی مورد نیاز یک ویلا را تأمین کنیم. برای درک بهتر، یک مثال عددی از برآورد توان مورد نیاز برای یک خانه مسکونی مورد بررسی قرار گرفته است.

مثال ۱ : اگر بخواهیم در یک خانه مسکونی، ژنراتور مناسب برای تأمین برق بارهای مصرفی به‌صورت زیر انتخاب کنیم توان نامی ژنراتور را مشخص کنید.

۱ روشنایی حدود ۱۰ لامپ LED هرکدام ۲۰ وات، مجموعاً ۲۰۰ وات،
۲ یخچال ۱۷۰ وات
۳ تلویزیون ۱۵۰ وات
۴ رایانه رومیزی به همراه مودم و تجهیزات کوچک ۲۴۰ وات
۵ یک پمپ آب کوچک یک اسب بخار حدوداً ۷۵۰ وات
۶ پنکه ۷۰ وات

حل : مجموع توان مصرفی به‌صورت زیر خواهد بود:

$$P_{total} = ۱۵۰ + ۱۷۰ + ۱۵۰ + ۲۴۰ + ۷۵۰ + ۷۰ = ۱۵۳۰ W$$

با توجه به وجود تجهیزات موتوری (پمپ آب و یخچال) که در لحظه راه‌اندازی جریان بیشتری از مولد طلب می‌کنند و برای افزایش اطمینان، ضریب اطمینان ۳۰ ٪ در نظر می‌گیریم:

$$P = ۱۵۳۰ \times ۱/۳ = ۱۹۸۹ W$$

حال برای انتخاب ژنراتور، باید توان را به kVA تبدیل کنیم. با فرض ضریب توان ۰/۸:

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{۱۹۸۹}{۰/۹} = ۲۲۱۰ VA$$

در نتیجه، یک ژنراتور با ظرفیت نامی حدود ۲/۵ kVA می‌تواند توان مورد نیاز این واحد مسکونی را تأمین کند.

نکته

محاسبات انجام شده برای بارهای ذکر شده است. در عمل، معمولاً براساس جدول توان‌های استاندارد مولدها، یک رنج بالاتر (مثلاً ۳ تا ۵ کیلوولت‌آمپر) انتخاب می‌شود تا پاسخگوی افزایش احتمالی بار درآینده نیز باشد. همچنین ممکن است در سال‌های بعد مالک ساختمان موارد دیگری از بارهای مصرفی را به‌عنوان نیازهای ضروری مدنظر داشته باشد لذا ضروری است در انجام محاسبات و برآورد بار مصرفی به این نکات توجه خاص شود.

در واحد یادگیری دوم از همین پودمان سناریوهای مختلف در شناسایی و انتخاب مولدهای برق اضطراری و نحوه اتصال هم‌زمان به شبکه برق بررسی خواهد شد.

کار عملی

هدف: برآورد بار مصرفی، انتخاب مولد مناسب، راه‌اندازی و وارد نمودن پله پله بار مصرفی

ابزار و تجهیزات و لوازم: مولد برق اضطراری، کلید فیوز مینیاتوری

مرحله اول: بار مصرفی یک ویلای بزرگ که شامل مصرف‌کننده‌های زیر است را برآورد و مولد برق مناسب را پیشنهاد کنید.

ـ روشنایی کل مجموع ۷۵۰ وات

ـ وسایل صوتی تصویری ۴۵۰ وات

ـ سیستم دوربین مداربسته و اعلام سرقت ۶۰۰ وات

ـ یخچال و فریزر ۴۵۰ وات

ـ پمپ آب ۲ اسب بخار

ـ وسایل آشپزخانه (آبمیوه‌گیری و چرخ گوشت و....) ۸۰۰ وات

ـ گرمایش و سرمایش ۲۵۰۰ وات

ـ آبگرمکن برقی ۲۰۰۰ وات

مرحله دوم: طبق آموخته‌های خود از سال گذشته و کتاب سیم‌کشی برق ساختمان مسکونی، مداری با مشخصات زیر روی تابلو ببندید.

ـ مدار روشنایی شامل سه‌گروه لامپ، که هر گروه شامل ۳ لامپ موازی است. مدار را با یک کلید دوپل و کلید تک‌پل ببندید. خط این مدار از فیوز ۱۰ آمپر تأمین می‌شود.

ـ یک مدار پریز، شامل دو یا سه پریز روی تابلو ببندید. فیوز خط این پریزها ۱۶ آمپر باشد.

ـ تابلو توزیع واحد شامل یک فیوز اصلی (ترجیحاً دوبل شامل قطع نول)، و دو فیوز ۱۰ و ۱۶ آمپر روشنایی و پریز را اجرا و سربندی نمایید.

ـ فاز و نول و ورودی این تابلو، از خروجی مولد تأمین می‌شود.

مرحله سوم:

راه‌اندازی مولد: ابتدا نکات ایمنی و موارد قبل از راه‌اندازی گفته شده در متن درس را بررسی نمایید.

ـ زمانی‌که تمامی بارها قطع است مولد را روشن نمایید.

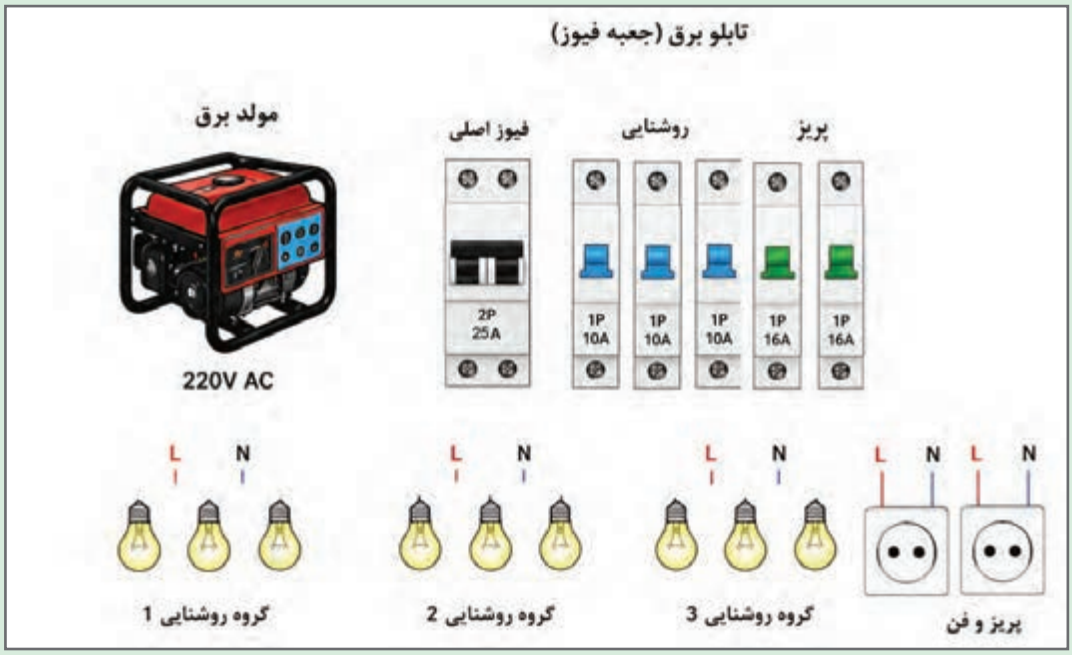
ـ پس از ثابت شدن دور مولد و پایداری آن، گروه اول را روشن نمایید.

ـ درمرحله بعدی گروه دوم را وارد مدار نمایید. (ترجیحاً از لامپ‌های رشته‌ای ۱۰۰ وات استفاده شود تا توان دریافتی از مولد قابل توجه باشد). پس گروه سوم را نیز وارد مدار نمایید.

ـ مشاهدات خود را از نظر تغییر صدا و سرعت مولد قبل از وصل لامپ‌ها و بعد از وصل گروه اول، دوم و سوم یادداشت نمایید.

ـ زمانی‌که لامپ‌ها روشن هستند، وسیله برقی (مثلاً سشوار) را به یکی از پریزها وصل و تغییرات مولد را بررسی نمایید.

شکل ۱۷ مدار کارعملی شماره ۲ را نشان می‌دهد. این شکل را در دفتر گزارش کار رسم نموده و تکمیل نمایید.



شکل ۱۷ــ مدار کار عملی

تذکر : هرگز بدون حضور مربی کارگاه مدار را آزمایش نکنید.

نکته

میزان بارهای مصرفی و مولد مورد آزمایش را قبلاً از انجام تمرین بررسی کنید. لازم است حتماً مولد از مجموع بارهایی که وارد خواهیدکرد بیشتر باشد.

خودآزمایی

۱ نحوه عملکرد گاورنر مولد را در یک مولد برق اضطراری در دو حالت «افزایش بار مصرفی» و «کاهش بار مصرفی» توضیح دهید.

۲ در یک سیستم مولد برق اضطراری (دیزل ژنراتور)، نقش حیاتی سیستم تحریک و تابلوکنترل را توضیح دهید.

۳ توضیح دهید که چگونه سیستم خنک‌کاری و روغن‌کاری به افزایش طول عمر دستگاه کمک می‌کنند؟

۴ چرا تفکیک بارهای الکتریکی به دودسته «ضروری» و «غیرضروری» در طراحی تأسیسات برق اضطراری، یک ضرورت اقتصادی و فنی محسوب می‌شود؟

ارزشیابی شایستگی برآورد برق مصرفی محل نصب

نام و نام خانوادگی:		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۴۱۱۱۲	حرفه	برقکاران	کدپیمانه/پودمان	۷۴۱۱۱۲۰۳۱
کد وظیفه شغل	۷۴۱۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند	سطح صلاحیت	L۲
کد کار	۷۴۱۱۱۲۰۳۱۱	کار	برآورد برق مصرفی محل نصب	سطح شایستگی	مهارت

استاندارد عملکرد کار: **توانایی برآورد برق مصرفی یک واحد مسکونی**

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد(شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	شناسایی انواع مصرف‌کننده‌ها	ابزار سیم‌کشی؛ موتور برق بنزینی، کابل و اتصالات، دفتر گزارش کار ۶۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده گزارش، چک لیست	محاسبه توان مصرفی تقریبی و دسته‌بندی مصرف‌کننده‌ها	۳	
				شناسایی وتفاوت مصرف‌کننده‌ها	۲	
				نام بردن مصرف‌کننده‌ها	۱	
۲	راه‌اندازی مولد برق اضطراری بدون بار	ابزار سیم‌کشی؛ موتور برق بنزینی، کابل و اتصالات، کلید دفترگزارش کار ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده گزارش، چک لیست	راه‌اندازی صحیح مولد بدون بار و عملکرد پایدار مطابق دستورالعمل	۳	
				راه‌اندازی مولد با خطاهای جزئی	۲	
				عدم راه‌اندازی صحیح مولد یا رعایت نکردن مراحل و نکات ایمنی	۱	
۳	کنترل و بررسی ظاهری مولد	ابزار سیم‌کشی؛ موتور برق بنزینی، کابل و اتصالات، دفتر گزارش کار ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده گزارش، چک لیست، ارزیابی عملکرد و پرسش	بررسی کامل مشخصات ظاهری و تشخیص صحیح	۳	
				بررسی ظاهری با خطای جزئی	۲	
				بررسی ناقص یا تشخیص نادرست عیوب ظاهری مولد	۱	
۴	برآورد توان نهایی مولد ومصرف کل	ابزار سیم‌کشی؛ موتور برق بنزینی،کابل و اتصالات،کلید، دفترگزارش کار ۶۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده گزارش، چک لیست	تعیین نوع موتور برق	۳	
				محاسبه توان نهایی	۲	
				محاسبه توان اکتیو	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:		استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نظم و نظافت محیط کار، استفاده صحیح از ابزار و تجهیزات، مدیریت پسماندها و ضایعات، همکاری با دیگران، مسئولیت‌پذیری و رعایت اخلاق حرفه‌ای در طول انجام فعالیت‌ها	مشاهده گزارش، چک لیست رفتاری، ثبت عملکرد، پرسش شفاهی، ارزیابی مستمر در حین کار	رعایت نسبی اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی با خطاهای جزئی در حین انجام کار.	۲	
				عدم رعایت اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، یا بروز خطاهای جدی در نگرش و رفتار کاری.	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از مراحل راه‌اندازی مولد برق اضطراری بدون بار و کنترل و بررسی ظاهری مولد (مراحل بحرانی)

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

* مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سر و کار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

* تسلط(سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲ : سیم‌کشی روشنایی اضطراری

آیا می‌دانید

۱ محاسبات اولیه برای انتخاب مولدهای برق اضطراری چگونه است؟
۲ مفهوم و کاربرد ضریب هم‌زمانی در بحث انتخاب مولدها چیست؟
۳ در اتصال بار به مولدهای اضطراری به چه نکاتی باید توجه‌کرد؟
۴ اجزای کلید چنج آوِر را نام ببرید و نحوه عملکرد آنها چگونه است؟
۵ نحوه سیم‌کشی مولدهای برق اضطراری به چه صورت است؟
۶ درزمان اتصال و بهره‌برداری از مولدهای اضطراری به چه نکات ایمنی باید توجه کرد؟

استاندارد عملکرد

در پایان واحد یادگیری انتظار می‌رود که هنرجو با محاسبه توان مولد، بررسی عملکرد و چگونگی اتصال تجهیزات، نحوه راه‌اندازی و نکات ایمنی مولدهای برق اضطراری آشنا شود.

مقدمه

در واحد یادگیری قبل با انواع مولدهای برق اضطراری و نحوه برآورد بار مصرفی آشنا شدید. دراین واحد یادگیری برای درک بهتر نقش مولدهای برق اضطراری در تأمین انرژی الکتریکی در شرایط خاص سناریوهای مختلفی بررسی می‌گردد. همچنین نکاتی در مورد سرویس و نگهداری مولدهای برق اضطراری ارائه خواهد شد.

در این واحد یادگیری هدف اشاره به نکات خاص برای محاسبه توان مولد، بررسی عملکرد و چگونگی اتصال تجهیزات، نحوه راه‌اندازی و نکات ایمنی مولدهای برق اضطراری است. برای این‌که موارد فوق به‌صورت واقعی و ملموس باشند با ذکر مثال‌هایی درصدد به‌دست آوردن پاسخ آنها خواهیم بودکه دراین بین جزئیات لازم برای محاسبه، نصب و سیم‌کشی مدار مولدهای برق اضطراری به‌دست خواهد آمد.

فرض‌کنید اگر قرار باشد برای یک مغازه بزرگ پنجاه متری یک مولد برق اضطراری جهت تأمین برق درمواقعی‌که شبکه برق سراسری دچار قطعی حادثه‌ای یا خاموشی برنامه‌ریزی شده است، انتخاب شود به نکات زیر باید توجه نمود:

۱ چه مقدار از روشنایی این مغازه هنگام قطعی برق ضروری است؟
۲ چه دستگاه‌هایی نیاز است‌که هنگام قطعی برق کارکنند؟
۳ آیا درب ورودی خودکار مغازه هنگام قطعی برق کار کند؟
۴ برای کرکره برقی چه تدابیری لازم است اندیشیده شود؟
۵ دوربین‌های مدار بسته به مولد برق اضطراری وصل می‌شوند؟
۶ و ....

نکته دیگری‌که در پیش‌بینی مولد برق اضطراری مناسب، باید به آن توجه داشت نوع کاربری مغازه و خواستهٔ مالک است.

ممکن است مالک مغازه‌ای تمایل داشته باشد درزمان قطع برق سراسری روشنایی مغازه‌اش برای جلب توجه مشتری زیاد باشد.

یا مالک دیگری بخواهد حداقل روشنایی امن برای مغازه‌اش در نظرگرفته شود. درسایر موارد نیز همین روال مطرح است.

مثلاً بعضی فروشگاه‌ها که سیستم فروش توسط بارکدخوان دارند یا در برخی دیگر برای دستگاه‌های کارت‌خوان (دستگاه POS) و همچنین برای یخچال‌های فروشگاهی و دیگر ملزوماتی‌که دارند می‌بایستی به آن توجه نمود.

بنابراین در چنین مواقعی ابتدا اولویت‌بندی وسایل و دستگاه‌های مهم و سپس توجه به خواسته‌های مالک ضروری است.

با توجه به موارد اشاره شده مغازه‌ای با مشخصات داده شده در مثال صفحه بعد را در نظر بگیرید.

مثال

با در نظر گرفتن مشخصات و شرایط زیر بار مصرفی یک فروشگاه بزرگ را محاسبه کنید.

ـ روشنایی ۲۰۰۰ وات
ـ سیستم‌های دوربین مدار بسته ۸۰۰ وات
ـ بارکدخوان و مانیتور ۴۵۰ وات
ـ دستگاه کارتخوان ۵۰ وات
ـ درب خودکار ۵۰۰ وات
ـ نمایشگر دوربین مداربسته ۵۰۰ وات
ـ یخچال‌های فروشگاهی ۲۵۰۰ وات

برای تعیین مولد برق اضطراری مناسب به این نکته باید دقت نمودکه تجهیزات یک ساختمان یا مغازه فقط برای یک لحظه و یا به‌صورت دائم کار با حداکثر توان روشن نیستند؛ به‌همین‌خاطر اگر مجموع توان نامی همه مصرف‌کننده‌ها را مستقیماً ملاک انتخاب مولد قراردهیم، ژنراتور بسیار بزرگ، گران و غیراقتصادی خواهد شد. لذا برای محاسبه توان مورد نیاز لازم است با درنظرگرفتن ضرایبی خاص مقدار توان مناسب را به‌دست آورد.

ضریب هم‌زمانی: ضریب هم‌زمانی[1] در مولدهای برق اضطراری یکی از مهم‌ترین مفاهیم طراحی و انتخاب ژنراتور است. این ضریب نشان می‌دهد که آیا همه مصرف‌کننده‌ها به‌صورت هم‌زمان با حداکثر توان خود کار می‌کنند یا نه. در جدول ۵ مقدار ضریب پیشنهادی برای مصرف‌کننده‌های چند فضا بیان شده است.

جدول ۵ ـ ضریب هم‌زمانی مصرف‌کننده‌های فضای مختلف

ردیف	نوع مصرف	ضریب هم‌زمانی پیشنهادی
۱	روشنایی واحد مسکونی	۰/۷ تا ۰/۹
۲	پریزهای خانگی	۰/۳ تا ۰/۵
۳	کل واحد مسکونی کوچک	۰/۴ تا ۰/۶
۴	آپارتمان چندواحدی	۰/۵ تا ۰/۷
۵	ویلا	۰/۶ تا ۰/۸
۶	مغازه کوچک	۰/۶ تا ۰/۷۵
۷	فروشگاه بزرگ	۰/۷ تا ۰/۸۵
۸	ساختمان اداری	۰/۷ تا ۰/۹
۹	بیمارستان	۰/۸ تا ۱
۱۰	آسانسورها	۰/۴ تا ۰/۶
۱۱	پمپ آب	۰/۵ تا ۰/۷۵
۱۲	کارگاه صنعتی سبک	۰/۷ تا ۰/۹
۱۳	کارخانه صنعتی	۰/۸ تا ۱
۱۴	مرغداری و دامداری	۰/۷۵ تا ۹/۰
۱۵	دیتاسنتر و مرکز داده	۰/۹ تا ۱
۱۶	تجهیزات اضطراری و ایمنی	۱

مجموع توان‌های بار مغازه $P_L = ۲۰۰۰ + ۸۰۰ + ۴۵۰ + ۵۰ + ۵۰۰ + ۵۰۰ + ۲۵۰۰ = ۶۸۰۰ W$

۱ـ Demand factor

همان‌طوری‌که اشاره شد همه تجهیزات همیشه با هم و با حداکثر توان کار نمی‌کنند. مثلاً پمپ آب فقط چنددقیقه فعال باشد یا کولر دائم در حداکثر بار و یا روشنایی همیشه در بیشترین مقدار خود نیست. بنابراین می‌توان طبق یک بررسی گفت توان واقعی لحظه‌ای کمتر از ۶۸۰۰ وات است.

کاربرد ضریب هم‌زمانی در انتخاب مولد: در طراحی مولد برق اضطراری، ابتدا مجموع توان مصرف‌کننده‌ها محاسبه می‌شود، سپس درضریب هم‌زمانی ضرب می‌گردد تا توان واقعی مورد نیاز ژنراتور به‌دست آید.

$$P_G=P_L\times K_d$$

P_G توان ژنراتور، P_L توان بار و K_d ضریب هم‌زمانی است.

جهت انتخاب مولد مناسب برای بارهای مصرفی مثال فوق، باید مجموع توان‌های بار را در ضریب هم‌زمانی که از جدول ۵ استخراج می‌شود ضرب کرد. مجموع توان مصرفی ۷۳۰۰ وات و ضریب هم‌زمانی فروشگاه بزرگ بین ۰/۷ تا ۰/۸۵ است که میانگین تقریبی آن ۰/۸ انتخاب شده است. بنابراین طبق رابطه بالا داریم:

$$P_G = ۶۸۰۰ \times ۰/۸ = ۵۴۴۰\ W$$

چون توان مولدها براساس توان ظاهری آنها بیان می‌شوند لذا با درنظرگرفتن ضریب قدرت مناسب برای ساختمان‌های مسکونی و تجاری که معمولاً ۰/۹ است می‌توان مقدار توان ظاهری را به‌صورت زیر به‌دست آورد.

$$S=\frac{P_G}{\cos\varphi}=\frac{۵۴۴۰}{۰/۹}=۶۰۴۴'\ V.A$$

نکته : در انتخاب مولد برق اضطراری باید به جریان راه‌اندازی موتورهایی مانند یخچال، پمپ آب، کولر و کمپرسورها توجه کرد؛ زیرا این وسایل در لحظه شروع به کار، چند برابر جریان نامی خود را مصرف می‌کنند و درصورت کوچک بودن ظرفیت ژنراتور، ممکن است باعث افت ولتاژ یا خاموش شدن مولد شوند.

با توجه به توضیحی که در نکته بالا به آن اشاره شده است به دلیل بالا بودن جریان راه‌اندازی موتورهای الکتریکی و درنظر گرفتن شرایط ایمن باید توان مولد را ۲۰ تا ۳۰ درصد اضافه‌تر درنظرگرفته شود تا در لحظه راه‌اندازی مصرف کننده‌های موتوری ژنراتور دچار مشکل نشود.

$$S_G = ۶۰۴۴\times ۱/۲ \cong ۷۲۵۲VA \cong ۷/۲۵KVA$$

چون عدد به‌دست آمده در محدوده ۷ تا ۷/۵ کیلوولت‌آمپر به‌دست آمده است لذا با مراجعه به جدول توان‌های استاندارد مولدها جدول ۶ می‌بایست مولدی با توان ۷/۵ کیلووات‌آمپر انتخاب کرد.

جدول ۶، مقادیر استاندارد توان‌های مولدها تا ۱۰۰ کیلوولت آمپر را نشان می‌دهد.

جدول ۶ ـ جدول توان‌های استاندارد مولدها

ردیف	توان اکتیو تقریبی (kW)	توان ظاهری (kVA)
۱	۰/۸	۱
۲	۱/۶	۲
۳	۲/۴	۳
۴	۴	۵
۵	۶	۷/۵
۶	۸	۱۰
۷	۱۲	۱۵
۸	۱۶	۲۰
۹	۲۰	۲۵
۱۰	۲۴	۳۰
۱۱	۳۲	۴۰
۱۲	۴۰	۵۰
۱۳	۴۸	۶۰
۱۴	۶۰	۷۵
۱۵	۸۰	۱۰۰

تذکر : درصورتی‌که احتمال افزایش میزان مصرف برای محل مورد نظر وجود دارد لازم است مقدار توان محاسبه شده تا این مرحله را در ضریب دیگر تحت عنوان ضریب توسعه بار ضرب کرده و سپس براساس مقدار به‌دست آمده جدید اقدام به انتخاب مولد برق اضطراری نمود.
جدول ۷ ضریب توسعه بار را نشان می‌دهد.

جدول ۷ ـ جدول ضریب توسعه بار

نوع پروژه	درصد توسعه آینده	ضریب توسعه بار
خانه مسکونی کوچک	۱۰ تا ۱۵	۱/۱ تا ۱/۱۵
آپارتمان مسکونی	۱۵ تا ۲۰	۱/۱۵ تا ۱/۲
ویلا	۱۵ تا ۲۵	۱/۱۵ تا ۱/۲۵
مغازه کوچک	۱۵ تا ۲۵	۱/۱۵ تا ۱/۲۵
فروشگاه بزرگ	۲۰ تا ۳۰	۱/۲ تا ۱/۳
ساختمان اداری	۲۰ تا ۳۵	۱/۲ تا ۱/۳۵
مدرسه و آموزشگاه	۱۵ تا ۲۵	۱/۱۵ تا ۱/۲۵
بیمارستان	۲۵ تا ۴۰	۱/۲۵ تا ۱/۴
هتل	۲۰ تا ۳۵	۱/۲ تا ۱/۳۵
کارگاه صنعتی سبک	۲۵ تا ۴۰	۱/۲۵ تا ۱/۴
کارخانه صنعتی	۳۰ تا ۵۰	۱/۳ تا ۱/۵
مرغداری و دامداری	۲۰ تا ۳۵	۱/۲ تا ۱/۳۵
دیتاسنتر	۳۰ تا ۶۰	۱/۳ تا ۱/۶
مراکز تجاری بزرگ	۲۵ تا ۴۰	۱/۲۵ تا ۱/۴

کار در کلاس

با در نظرگرفتن ضریب توسعه بار برای مثال فروشگاه مولد مناسب دارای چه توانی باید باشد؟

کار در منزل

۱ توان وسایل منزل خود را در یک جدول بنویسید.
۲ با توجه به جدول ۵ ضریب هم‌زمانی منزل خود را پیدا کنید.
۳ با درنظرگرفتن شرایط کار برای وسایل ضروری درزمان قطع برق شبکه، توان یک مولد مناسب را برای منزل خود محاسبه کنید.
۴ با مراجعه به فروشگاه‌های اینترنتی قیمت‌های مختلف از مولدهای مختلف برای منزل خود را جست‌وجو کنید.

پژوهش

با جست‌وجو در یکی از وب‌سایت‌های هوش مصنوعی تفاوت ضریب هم‌زمانی و ضریب بار را یافته و گزارش آن را به کلاس ارائه دهید.

روش‌های اتصال مولد برق اضطراری به مصرف‌کننده (بار ــ Load)

مولد برق اضطراری اغلب به عنوان یک منبع پشتیبان برای برق سراسری به کار می‌رود که در زمان قطعی برق یا خاموشی از آن استفاده شود. روش‌های مختلفی برای اتصال این مولدها به بار وجود دارد به‌صورتی‌که یا شبکه سراسری به بار وصل باشد یا مولد برق اضطراری. این روش ها عبارت‌اند از:

۱ اتصال مولد و شبکه سراسری به بار با دو کلید مجزا
۲ اتصال مولد و شبکه سراسری به بار توسط کلید تغییر وضعیت (کلید چنج آوِر)[1] دستی
۳ اتصال مولد و شبکه سراسری به بار توسط کلید تغییر وضعیت (کلید چنج آوِر) اتوماتیک

نکته

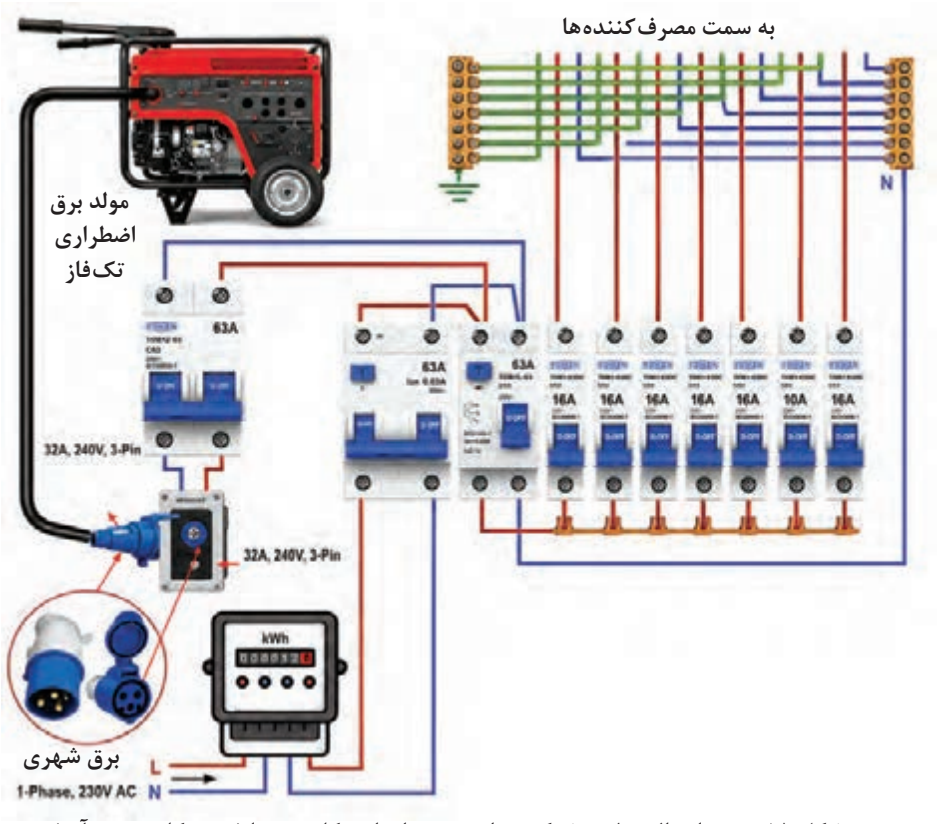
جریان مولد برق اضطراری و برق شهری هم‌زمان نباید وارد مدار مصرف‌کننده شوند. در روش اول که یک روش بدون ایمنی مناسب ولی ارزان است، اپراتور باید دقت کند که هم‌زمان هردو حالت شبکه و مولد وصل نباشند.

اتصال مولد و شبکه سراسری به بار با دو کلید مجزا (بدون کلید چنج آوِر)

دراین حالت برق شبکه و مولد با دو کلید مجزا کنترل می‌شوند. تغییر وضعیت از هرحالت به حالت دیگری توسط اپراتور و به صورت دستی انجام می‌شود. دراین حالت باید درزمان قطع برق شبکه ابتدا کلید برق شهری قطع و سپس کلید مربوط به مولد وصل شود و یا درحالتی‌که برق شهر وصل می‌شود می‌بایست ابتدا

۱ـ Change Over Switch ـ کلید تغییردهنده(کلید تبدیل‌کننده)

کلید مربوط به مولد را قطع و سپس کلید مربوط به برق شهری وصل شود. در شکل ۱۸ نحوه اتصال در این وضعیت نشان داده شده است.



شکل ۱۸ــ نحوه اتصال مولد و شبکه سراسری به بار با دو کلید مجزا (بدون کلید چنج آوِر)

تذکر

هر چند این روش آسان و ارزان است اما طبق مقررات ملی ساختمان و استانداردهای بین‌المللی تغذیه بار از دو منبع مستقل بدون اینترلاک مکانیکی و الکتریکی مطلقاً ممنوع و غیرمجاز است زیرا خطر آتش‌سوزی کلید و برق‌گرفتگی تکنسین‌های شبکه برق را به همراه دارد.

کلید تغییر وضعیت (کلید چنج آوِر)

برای جابه‌جایی ایمن بین دو منبع تغذیه از کلیدی به نام «کلید تغییر وضعیت ـ کلید چنج‌آوِر» استفاده می‌شود. این کلید مانع اتصال هم‌زمان دو منبع برق به یکدیگر شده و باعث افزایش ایمنی تجهیزات و کاربران می‌شود. این کلیدها در دو نوع دستی و اتوماتیک موجود هستند.

الف) کلید چنج آوِر دستی

کلید چنج‌آور دستی وسیله‌ای است که توسط اپراتور و به‌صورت فیزیکی بین دو منبع برق جابه‌جا می‌شود. دراین روش، هنگام قطع برق شبکه، شخص مسئول ابتدا برق شهر را قطع کرده و سپس مولد برق را وارد مدار می‌کند. این نوع کلیدها ساختار ساده‌ای دارند و بیشتر درساختمان‌های کوچک، ویلاها، کارگاه‌ها و سیستم‌های اضطراری کم هزینه استفاده می‌شوند.

درکلید چنج‌آور دستی معمولاً سه حالت وجود دارد:

۱ اتصال به برق شهر

۲ حالت قطع (OFF)

۳ اتصال به مولد برق

در این نوع سیستم، عملکرد صحیح کاملاً به دقت اپراتور بستگی دارد. اگر جابه‌جایی به‌درستی انجام نشود، ممکن است به تجهیزات برقی آسیب وارد شود یا خطر برق‌گرفتگی ایجاد گردد. شکل ۱۹ دو نمونه از کلید چنج‌آوِر دستی (تک‌فاز و سه فاز)را نشان می‌دهد.



الف) تک‌فاز



ب) سه فاز

شکل ۱۹ـ کلید چنج‌آوِر دستی

مزایای کلید چنج‌آوِر دستی

ـ قیمت مناسب و اقتصادی

ـ نصب و سیم‌کشی ساده

ـ تعمیر و نگهداری آسان

ـ مناسب برای توان‌های پایین و مصارف کوچک

معایب کلید چنج‌آوِر دستی

ـ نیاز به حضور اپراتور

ـ امکان خطای انسانی

ـ مناسب نبودن برای مراکز حساس

فکر کنید

تفاوت استفاده از کلید چنج‌آوِر دستی و حالتی که مولد و برق هر دو با کلید مجزا کنترل می‌شوند در چیست؟

نکات مهم درنصب تغییر وضعیت (کلید چنج‌آوِر)

۱ هرگز نباید برق شهر و مولد به‌صورت هم‌زمان به یکدیگر متصل شوند.

۲ ظرفیت کلید باید متناسب با جریان مصرفی انتخاب شود.

۳ استفاده از فیوز و تجهیزات حفاظتی الزامی است.

۴ سیم نول و ارت باید مطابق استاندارد سیم‌کشی شوند.

۵ درسیستم‌های سه‌فاز، انتخاب چنج‌آور مناسب اهمیت زیادی دارد.

کار عملی

هدف : راه‌اندازی تابلو توزیع برق یک ویلا که انرژی الکتریکی آن از برق شهری و درمواقع اضطراری از مولد تأمین می‌شود و با کلید چنج‌آوِر دستی تغییر وضعیت می‌دهد.

ابزار و تجهیزات و لوازم: مولد برق اضطراری، فیوزمینیاتوری تک‌فاز، کلید چنج‌آوِر دستی، محافظ نشتی جریان

طبق آموخته‌های خود از سال گذشته و کتاب سیم‌کشی برق ساختمان مسکونی، مداری با مشخصات زیر روی تابلو ببندید.

۱ مدار روشنایی با شامل دو گروه لامپ، گروه اول دو لامپ موازی، گروه دوم سه لامپ موازی، این مدار را با یک کلید دوپل یا دو کلید تک‌پل ببندید. خط این مدار از یک فیوز ۱۰ آمپر تأمین می‌شود.

۲ یک مدار پریز، شامل دو یا سه پریز روی تابلو ببندید. فیوز خط این پریزها ۱۶ آمپر باشد.

۳ تابلو توزیع واحد شامل یک فیوز اصلی (ترجیحاً دوبل شامل قطع نول)، کلید محافظ نشتی جریان RCD و دو فیوز ۱۰ و ۱۶ آمپر روشنایی و پریز را اجرا و سربندی نمایید.

۴ فاز و نول و ورودی این تابلو، از خروجی مولد تأمین می‌شود.

راه‌اندازی مولد:

ـ ابتدا نکات ایمنی و موارد قبل از راه‌اندازی گفته شده در متن درس را بررسی نمایید.

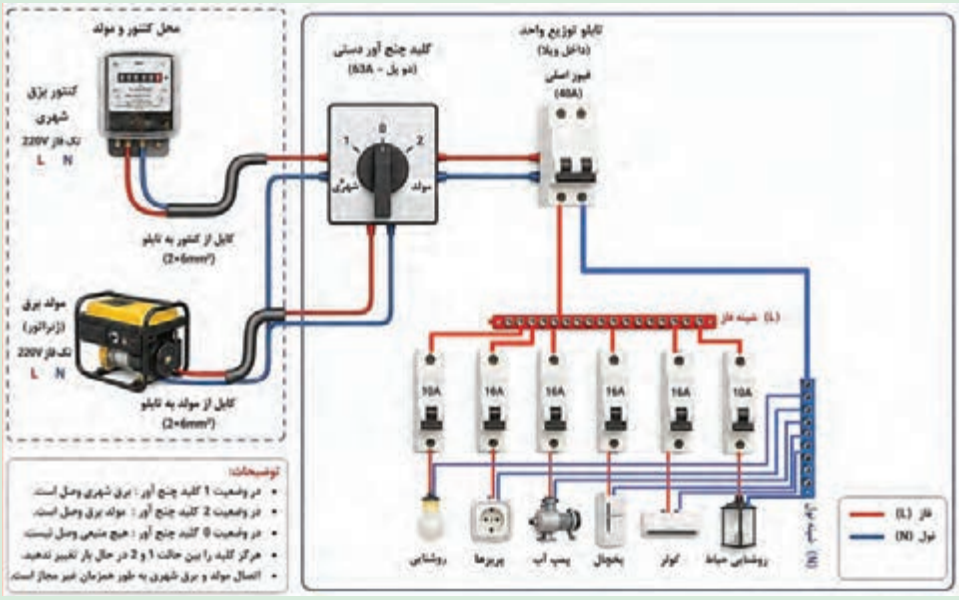
ـ زمانی‌که تمامی بارها قطع است مولد را روشن نمایید.

ـ پس از ثابت شدن دور مولد و پایداری آن، گروه اول را روشن نمایید.

ـ در مرحله بعدی گروه دوم را وارد مدار نمایید. (ترجیحاً از لامپ‌های رشته‌ای ۲۰۰ وات استفاده شود تا توان دریافتی از مولد قابل توجه باشد).

ـ مشاهدات خود را از نظر تغییر صدا و سرعت مولد قبل از وصل لامپ‌ها و بعد از وصل گروه اول و دوم یادداشت نمایید.

ـ زمانی‌که لامپ‌ها روشن هستندکه وسیله برقی (مثلاً سشوار) را به یکی از پریزها وصل و تغییرات مولد را بررسی نمایید.



شکل ۲۰ـ شماتیک تغذیه تابلو برق ویلا با برق شهری و مولد برق (کلید چنج‌آوِر دستی)

ب) کلید چنج‌آوِر اتوماتیک (ATS)

کلید چنج‌آوِر اتوماتیک یا ATS مخفف عبارت Automatic Transfer Switch است. این تجهیزات به‌صورت خودکار قطع برق شبکه را تشخیص داده و بدون نیاز به دخالت انسان، مولد برق را وارد مدار می‌کنند. پس از بازگشت برق شهر نیز بار مصرفی دوباره به شبکه اصلی منتقل می‌شود.

در سیستم‌های اتوماتیک، معمولاً یک تابلو کنترل وجود دارد که وضعیت ولتاژ و فرکانس برق شهر را بررسی می‌کند. در صورت قطع برق، فرمان روشن شدن مولد صادر شده و پس از پایدارشدن ولتاژ ژنراتور، بار به آن منتقل می‌شود. این نوع کلیدها در بیمارستان‌ها، بانک‌ها، دیتاسنترها، کارخانه‌ها و ساختمان‌های مهم کاربرد فراوان دارند؛ زیرا قطع برق حتی برای چند ثانیه نیز می‌تواند خسارت آفرین باشد. شکل ۲۱ دو نمونه از این کلید را نشان داده است.



الف) تک‌فاز



ب) سه فاز

شکل ۲۱ـ انواع کلیدهای چنج‌آوِر اتوماتیک

مزایای کلید چنج‌آوِر اتوماتیک

ـ عملکرد سریع و خودکار
ـ کاهش زمان قطعی برق
ـ افزایش ایمنی سیستم
ـ مناسب برای مراکز حساس
ـ جلوگیری از خطای انسانی

معایب کلید چنج‌آوِر اتوماتیک

ـ قیمت بالاتر از نوع دستی
ـ نیاز به مدار کنترل و تجهیزات بیشتر
ـ تعمیر و نگهداری تخصصی‌تر
ـ پیچیدگی بیشتر در نصب

در جدول روبه‌رو مقایسه‌ای بین کلید چنج‌آوِر دستی و اتوماتیک بیان شده است.

جدول ۸ـ جدول مقایسه کلید چنج‌آور دستی و اتوماتیک

ویژگی	چنج‌آوِر دستی	چنج‌آوِر اتوماتیک
نحوه عملکرد	توسط اپراتور	خودکار
سرعت جابه‌جایی	کم	زیاد
قیمت	کمتر	بیشتر
میزان ایمنی	متوسط	بالا
احتمال خطا	بیشتر	کمتر
مناسب برای	ویلا و کارگاه کوچک	مراکز حساس و صنعتی
نیاز به حضور انسان	دارد	ندارد

عملکرد کلید چنج‌آوِر اتوماتیک

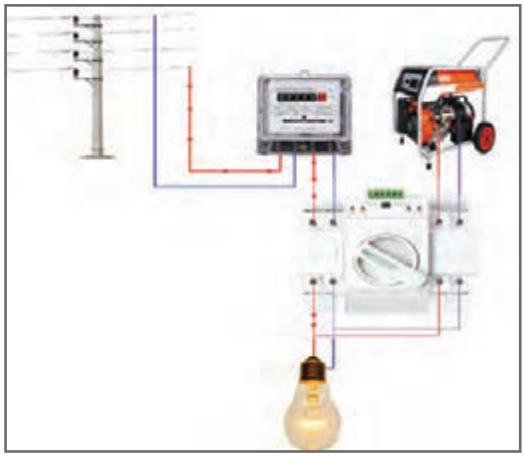
کلید ATS به‌طور دائم ولتاژ و وضعیت برق شهر را کنترل می‌کند. اگر برق شبکه قطع شود یا ولتاژ آن غیرعادی گردد، ATS این وضعیت را تشخیص می‌دهد. فرمان استارت به مولد برق اضطراری داده می‌شود تا روشن شود و به ولتاژ و فرکانس مناسب برسد.

پس از آماده شدن مولد، کلید ATS اتصال مصرف‌کننده را از برق شهر جداکرده و به خروجی مولد وصل می‌کند. وقتی برق شبکه دوباره پایدار شود، ATS ابتدا مصرف‌کننده را به برق شهر منتقل می‌کند و سپس فرمان خاموش شدن مولد را صادر می‌کند.

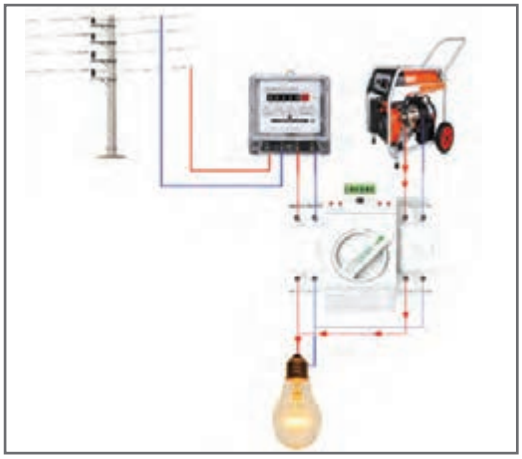
شکل ۲۲ سه وضعیت خاموش، اتصال برق شهری و اتصال مولد را نشان می‌دهد.



الف) برق شهری قطع و مولد خاموش است.



ب) برق شهری وصل است

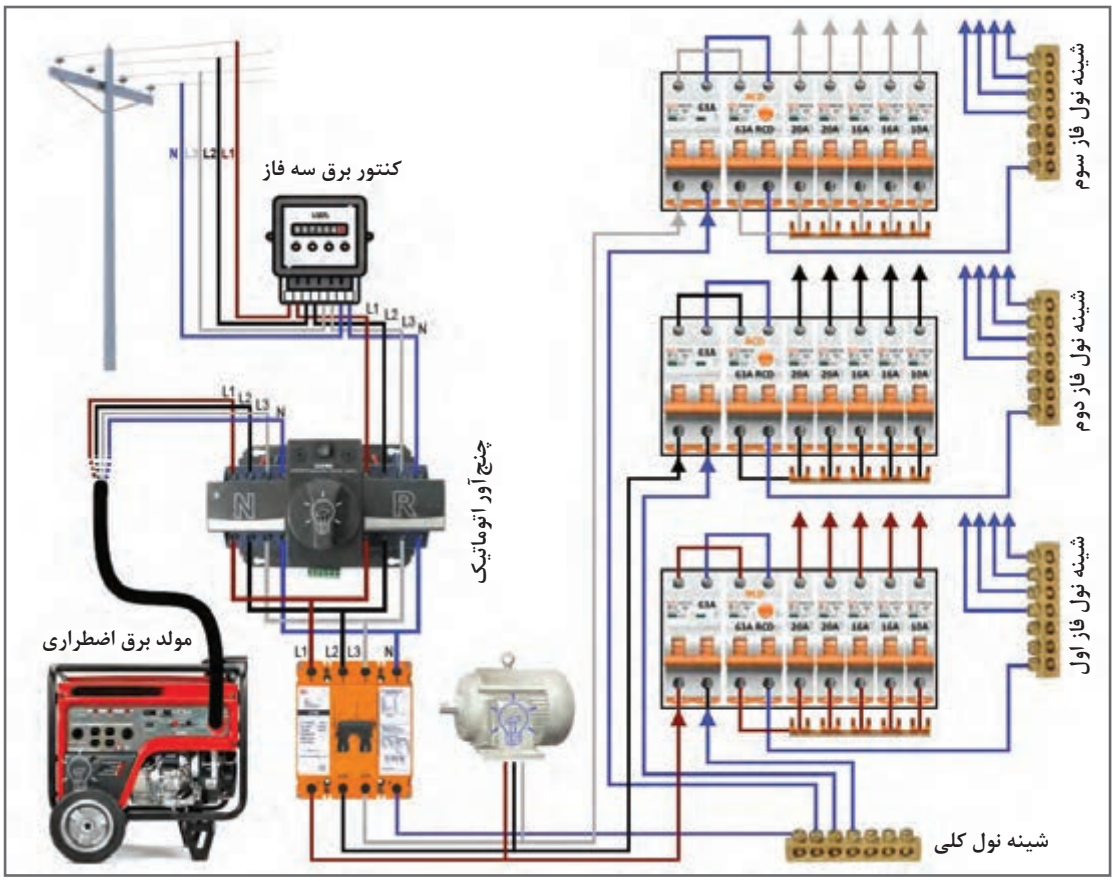


ج) مولد برق اضطراری وصل است.

شکل ۲۲ـ سه وضعیت کلید چنج‌آوِر اتوماتیک

نحوه اتصال کلید چنج‌آوِر اتوماتیک

در شکل ۲۳ نحوه اتصالات کلید چنج‌آوِر به یک تابلو توزیع برق سه فاز نشان داده شده است. در این شکل منبع برق سراسری وارد کنتور سه فاز شده و به یکی از ورودی‌های چنج‌آوِر اتوماتیک اتصال می‌یابد. ورودی دیگر کلید چنج‌آوِر به مولد برق اضطراری متصل شده و خروجی آن از طریق سه سیم فاز مختلف به سه تابلو توزیع تک‌فاز متصل می‌شود، شینه نول اصلی و سه شینه نول مرتبط با هرفاز نیز در شکل دیده می‌شود. همچنین یک موتور سه فاز نیز تغذیه می‌شود.



شکل ۲۳ ـ نحوه اتصال کلید چنج‌آورِ اتوماتیک

در ادامه و در قالب مثالی دیگر با یک نمونه تابلو برق اضطراری مرغداری آشنا می‌شوید.

مثال

مثال ۲: تابلو برق اضطراری مرغداری با کلید چنج‌آورِ اتوماتیک

تابلو برق اضطراری مرغداری معمولاً برای این طراحی می‌شود که هنگام قطع برق شبکه، مولد برق اضطراری به‌صورت خودکار وارد مدار شود و تجهیزات حیاتی مرغداری بدون خاموشی کار کنند؛ تجهیزاتی مثل فن‌های تهویه، هیتر، دان‌خوری، آب‌خوری، روشنایی و کنترلرهای سالن.

دراین تابلو ازکلید چنج‌آورِ اتوماتیک (ATS) استفاده می‌شود. این کلید دائماً برق شبکه را کنترل می‌کند و درصورتی‌که برق قطع شود:

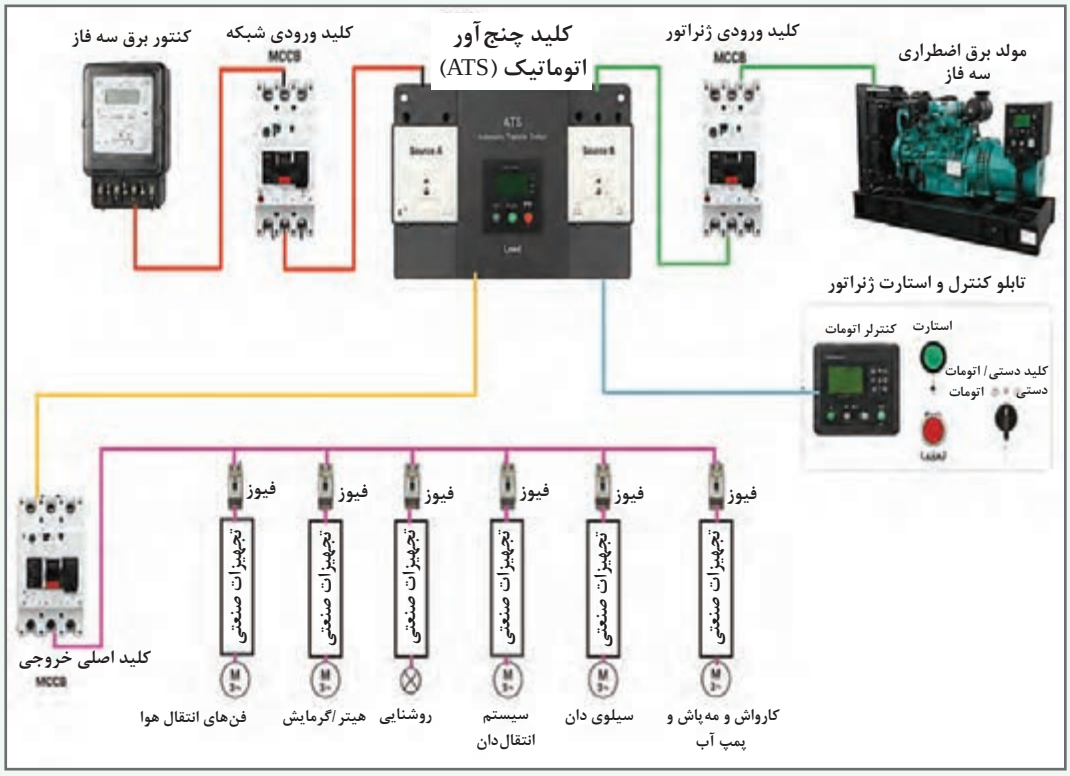
۱ فرمان استارت به دیزل ژنراتور می‌دهد.

۲ بعد از پایدار شدن ولتاژ مولد، بار را از شبکه به ژنراتور منتقل می‌کند.

۳ پس از برگشت برق شهر، دوباره بار را به شبکه منتقل‌کرده و ژنراتور را خاموش می‌کند.

مزیت اصلی این سیستم در مرغداری‌ها جلوگیری از تلفات ناشی از قطع تهویه است؛ زیرا حتی چند دقیقه قطع برق در سالن‌های پرورش (به خصوص در روزهای پایانی دوره پرورش و یا در تابستان) می‌تواند باعث افزایش دما، کاهش اکسیژن و خسارت سنگین ناشی از تلف شدن جوجه‌ها شود.

در شکل ۲۴، مدار توزیع برق این مرغداری شامل، کنتورسه فاز به عنوان تأمین‌کننده اصلی انرژی الکتریکی، دیزل ژنراتور به عنوان تأمین‌کننده اضطراری انرژی الکتریکی، کلید چنج‌آوِر اتوماتیک (ATS) و خط‌های تغذیه مصرف‌کننده‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲۴ـ شماتیک تابلو برق مرغداری

درحالت عادی، برق این واحد مرغداری از طرق شبکه سراسری تأمین می‌شود، هنگام اختلال در شبکه یا خاموشی برنامه‌ریزی شده، مولد توسط کلید استارت اتوماتیک (دربرخی موارد دستی یا ریموتی) راه‌اندازی شده و پس از پایدار شدن ولتاژ (از بین رفتن نوسان اولیه ولتاژ مولد)، ATS برق تأمین شده توسط مولد را به خط‌های تغذیه و مصرف‌کننده‌ها وصل می‌کند.

نکته

ممکن است در تابلویی از کلید چنج‌آوِر اتوماتیک استفاده شود ولی سیستم راه‌اندازی مولد به صورت دستی باشد. دراین‌حالت کلید چنج‌آوِر اتوماتیک قطعی برق را تشخیص می‌دهد اما ژنراتور به‌خودی‌خود روشن نمی‌شود و اپراتور می‌بایست آن را به صورت دستی راه‌اندازی کند، به این سیستم راه‌اندازی «نیمه اتوماتیک» گویند.

شکل ۲۵ انواع استارت مولد برق اضطراری را نشان می‌دهد.



الف) استارت دستی



ب) استارت اتوماتیک



ج) استارت ریموتی

شکل ۲۵ـ انواع استارت‌های مولد اضطراری

نکته

۱ استفاده از سیستم‌های برق اضطراری تمام اتوماتیک (چنج‌آوِر اتوماتیک و استارت اتوماتیک) درمراکز حساس مانند بیمارستان‌ها، پمپ خانه‌های آب، مراکز مخابراتی، مراکز نظامی، کارخانه‌ها و... به منظور جلوگیری از تأمین بدون وقفه انرژی الکتریکی ضروری است.

۲ درادامه دو کار عملی تحت عنوان نیمه تجویزی پیش‌بینی شده است که هنرآموزان محترم درصورت موجود بودن تجهیزات مورد نیاز و همچنین داشتن زمان کافی می‌توانند اقدام به اجرای آنها نمایند.

کار عملی

(نیمه تجویزی)

هدف: برآورد بار مصرفی یک کارگاه کوچک تولید پارچه و بستن تابلوی چنج‌آوِر اتوماتیک
(درصورت وجود کلید چنج‌آوِر اتوماتیک درکارگاه این کار عملی توصیه می‌شود)

ابزار و تجهیزات و لوازم:

۱ ابتدا با درنظرگرفتن جدول بارهای مصرفی کارگاه پارچه‌بافی، ضریب هم‌زمانی و نکاتی‌که در متن درس آموخته‌اید توان مولد برق اضطراری را محاسبه کنید.

جدول ۹ـ جدول بارهای مصرفی کارگاه پارچه بافی

ردیف	وسیله یا تجهیزات	تعداد تقریبی	توان هر دستگاه
۱	دستگاه بافندگی صنعتی	۱ دستگاه	۱/۵ کیلووات
۲	موتور فن و تهویه	۱ دستگاه	۵۰۰ وات
۳	کمپرسور هوا	۱ دستگاه	۲
۴	دستگاه پیچش نخ	۱ دستگاه	۱ کیلووات
۵	اتوی بخار صنعتی	۱ دستگاه	۲
۶	روشنایی سالن (LED)	ــ	حدود ۱۵ وات‌بر مترمربع
۷	سیستم سرمایش یا کولر	۱ دستگاه	۲ تا ۵ کیلووات
۸	رایانه و تجهیزات اداری	۱ سیستم	۳۰۰ وات
۹	دوربین مداربسته و DVR	ــ	۱۰۰ تا ۳۰۰ وات
۱۰	شارژرها و پریزهای عمومی	ــ	حدود ۵۰۰ وات
۱۱	تابلو برق و تجهیزات کنترلی	ــ	حدود ۲۰۰ وات
۱۲	پمپ آب یا پمپ سیرکولاسیون	۱ دستگاه	۷۵۰ وات تا ۱/۵ کیلووات

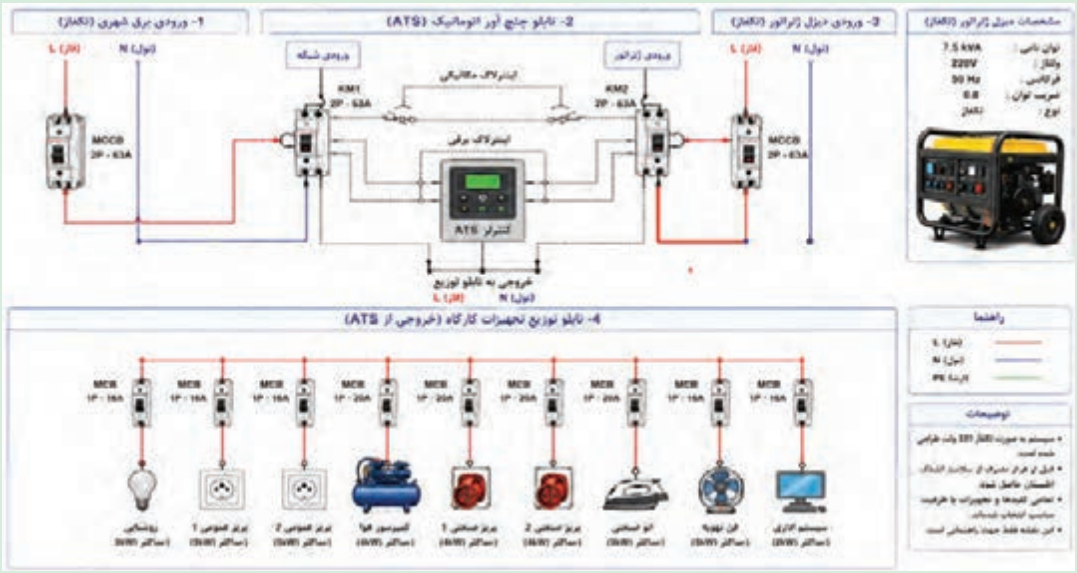
هنرآموزگرامی: با توجه به توان مولد برق موجود درکارگاه از جدول ۹ و تجهیزات تعدادی از بارها را انتخاب نمایید تا خروجی مولد دچار مشکل نشود.

تذکر: به دلیل رعایت نکات ایمنی فرض می‌شود تمامی تجهیزات تک‌فاز هستند.

۲ با درنظرگرفتن نکات ایمنی مدارهای مربوطه را اجراکنید.

ـ برای هر وسیله یک فیوز مناسب درنظربگیرید.

ـ نحوه اجرای تابلوی چنج‌آوِر اتوماتیک در شکل ۲۶ نشان داده شده است.



شکل ۲۶ـ نقشه شماتیک تابلو چنج‌آوِر اتوماتیک(ATS)ـ سیستم تک‌فاز

تذکر: ممکن است بستن همه فیوزها و پریزها درکارگاه مقدور نباشد، از هرفیوز و وسایل حفاظتی یک نمونه روی تابلو ببندید.

ـ با حضور مربی کارگاه ابتدا برق شهری را وصل نمایید.

ـ بارها را یکی‌یکی وصل نموده و ولتاژ و جریان کل مدار را اندازه‌گیری نمایید.

ـ فیوز برق شهری را قطع نمایید. تغییرکلید چنج‌آوِر را ملاحظه نمایید (درصورتی‌که مولد کارگاه از نوع استارت اتوماتیک باشد خودبه‌خود مولد روشن خواهد شد).

ـ درصورتی‌که استارت دستی است، مولد برق اضطراری را راه‌اندازی نمایید.

ـ ولتاژ جریان مولد کل مدار را اندازه‌گیری نمایید.

ـ مقادیر اندازه‌گیری شده را در جدول زیر یادداشت نمایید.

جدول ۱۰ـ اندازه‌گیری پارامترهای الکتریکی

ولتاژ برق شهری	
جریان مصرفی درحالت برق شهری	
ولتاژ مولد برق اضطراری	
جریان مصرفی درحالت مولد برق اضطراری	

پرسش

۱ آیا ولتاژهای اندازه‌گیری شده با یکدیگر تفاوت دارد؟
۲ آیا جریان‌های اندازه‌گیری شده با یکدیگر تفاوت دارد؟
۳ درصورت وجود تفاوت در ولتاژها و جریان‌های اندازه‌گیری شده علت را با همکلاسی‌های خود بحث کنید.

سرویس و نگهداری مولدهای برق اضطراری

در سیستم‌های برق‌رسانی و تأسیسات الکتریکی، مولدهای برق اضطراری(دیزل ژنراتورها) به عنوان منابع پشتیبان حیاتی شناخته می‌شوند که وظیفه تأمین انرژی الکتریکی را درزمان قطع برق شبکه برعهده دارند. ازآن‌جاکه این تجهیزات ممکن است برای مدت طولانی در حالت آماده به‌کار (Standby) باقی بمانند، انجام بازدیدهای فنی و سرویس‌های دوره‌ای منظم الزامی است. این عملیاتِ نگهداری پیشگیرانه، شامل کنترل سطح روغن، تعویض فیلترها، تست ولتاژ باتری استارت و اطمینان از عملکرد درست تابلوی تغییر وضعیت خودکار (ATS) می‌شود.

تذکر

هنرجویان عزیز باید توجه داشته باشند که عدم توجه به دستورالعمل‌های نگهداری، موجب کاهش راندمان، استهلاک قطعات مکانیکی و درنهایت صدمات جبران ناپذیر به تجهیزات و وقفه در تداوم فعالیت مراکز صنعتی و بیمارستانی خواهد شد؛ بنابراین، مهارت در عیب‌یابی و سرویس این مولدها از وظایف کلیدی یک تکنسین برق به شمار می‌رود.

در جدول ۱۱ زمان‌بندی بازدیدهای دوره‌ای مولدهای برق اضطراری آمده است.

جدول ۱۱ــ جدول زمان‌بندی بازدید دوره‌ای و نگهداری مولدهای برق اضطراری

دوره زمانی	موارد بازدید و سرویس
روزانه	بررسی سطح سوخت، نشتی روغن و گازوئیل، وضعیت ظاهری دستگاه، کنترل آلارم‌ها
هفتگی	روشن کردن ژنراتور بدون بار، بررسی ولتاژ باتری، کنترل عملکرد استارت
ماهانه	تست ATS، تست عملکرد زیر بار، بررسی اتصالات و کابل‌ها، کنترل شارژر باتری
هر ۳ ماه	تمیزکاری رادیاتور، بررسی فیلترها، تست کامل سیستم خنک‌کننده
هر ۶ ماه	تعویض روغن موتور، تعویض فیلتر روغن، بررسی دینام شارژ
سالانه	سرویس اساسی موتور، تعویض فیلتر سوخت و هوا، تست کامل حفاظتی و الکتریکی
پس از هرخاموشی طولانی	بازدید کامل دستگاه، کنترل باتری و سوخت، تست عملکرد ژنراتور و ATS

در جداول ۱۲ تا ۱۴ چند نمونه از جداول چک‌لیست برای بررسی قسمت‌های مختلف یک سیستم برق اضطراری را مشاهده می‌کنید.

جدول ۱۲ـ جدول چک‌لیست بازدید و سرویس نگهداری سیستم خنک‌کاری و سوخت

بازدید وضعیت سیستم خنک‌کننده		بازدید سیستم سوخت	
مورد بازدید	وضعیت	مورد بازدید	وضعیت
سطح آب رادیاتور	مناسب ☐ کم ☐	سطح سوخت مخزن	مناسب ☐ کم ☐
سلامت شیلنگ‌ها	سالم ☐ معیوب ☐	سلامت فیلتر سوخت	سالم ☐ نیاز به تعویض ☐
عملکرد فن	سالم ☐ معیوب ☐	عملکرد پمپ سوخت	سالم ☐ معیوب ☐
تمیزی رادیاتور	سالم ☐ نیاز به شست‌وشو ☐	هواگیری سیستم سوخت	انجام‌شد ☐ نیاز ندارد ☐

جدول ۱۳ـ جدول چک لیست بازدید و سرویس نگهداری تست عملکرد ژنراتور

تست عملکرد ژنراتور		بازدید ظاهری	
مورد تست	وضعیت	مورد بازدید	وضعیت
روشن شدن ژنراتور	موفق ☐ ناموفق ☐	تمیزی دستگاه	سالم ☐ معیوب ☐
ولتاژ خروجی	مناسب ☐ نامناسب ☐	نشتی روغن	ندارد ☐ دارد ☐
فرکانس خروجی	۵۰Hz ☐ مشکل دارد ☐	نشتی گازوئیل	ندارد ☐ دارد ☐
صدای غیرعادی	ندارد ☐ دارد ☐	نشتی آب رادیاتور	ندارد ☐ دارد ☐
دود غیرعادی	ندارد ☐ دارد ☐	سلامت کابل‌ها و اتصالات	سالم ☐ معیوب ☐
عملکرد زیر بار	مناسب ☐ نامناسب ☐	سلامت اگزوز	سالم ☐ معیوب ☐

جدول ۱۴ـ جدول چک لیست بازدید و سرویس نگهداری سیستم برق و روغن‌کاری

سیستم برق و استارت		سیستم روغن‌کاری	
مورد بازدید	وضعیت	مورد بازدید	وضعیت
ولتاژ باتری	مناسب ☐ ضعیف ☐	سطح روغن موتور	مناسب ☐ کم ☐
سلامت شارژر باتری	سالم ☐ معیوب ☐	کیفیت روغن	مناسب ☐ نیاز به تعویض ☐
عملکرد استارت	سالم ☐ معیوب ☐	سلامت فیلتر روغن	سالم ☐ نیاز به تعویض ☐
سلامت دینام شارژ	سالم ☐ معیوب ☐	وضعیت نهایی دستگاه: آماده بهره‌برداری ☐ نیاز به تعمیر ☐ نام بازرس و امضا:	
عملکرد تابلو کنترل	سالم ☐ معیوب ☐		



شکل ۲۷ـ سرویس و بازدید دوره‌ای دیزل ژنراتور

کار عملی

هدف: سرویس و نگهداری مولد برق اضطراری

ابزار و تجهیزات و لوازم: مولد برق اضطراری، شمع، روغن، فیلتر سوخت، فیلتر هوا، دم باریک، آچار شمع

مرحله اول: (بازکردن فیلتر هوا)

ابتدا مولد را خاموش‌کرده و اجازه دهید موتور خنک شود. مطابق شکل ۲۸ مراحل روبه‌رو را دنبال نمایید.

ـ درپوش فیلتر معمولاً کنار کاربراتور قراردارد و با پیچ، خار پلاستیکی یا گیره باز می‌شود.

ـ فیلتر را به‌آرامی بیرون بیاورید و وضعیت آن را بررسی کنید.

ـ اگر فومی باشد، گاهی قابل شستشو است.

ـ اگر کاغذی و بسیار کثیف باشد باید تعویض شود.

ـ داخل جعبه فیلتر را با پارچه تمیزکنید تا گردوغبار وارد موتور نشود.

ـ فیلترجدید را درجای صحیح قراردهید.

ـ درپوش را محکم ببندید تا هوا از اطراف فیلتر وارد موتور نشود.

در شکل ۲۸ مراحل تعویض فیلتر هوا را نشان می دهد.

نکته: استفاده از فیلتر هوای تمیز باعث افزایش عمر موتور،کاهش مصرف سوخت و عملکرد بهتر مولد می‌شود.



شکل ۲۸ـ مراحل تعویض فیلتر هوا

مرحله دوم : (تعویض فیلتر سوخت)

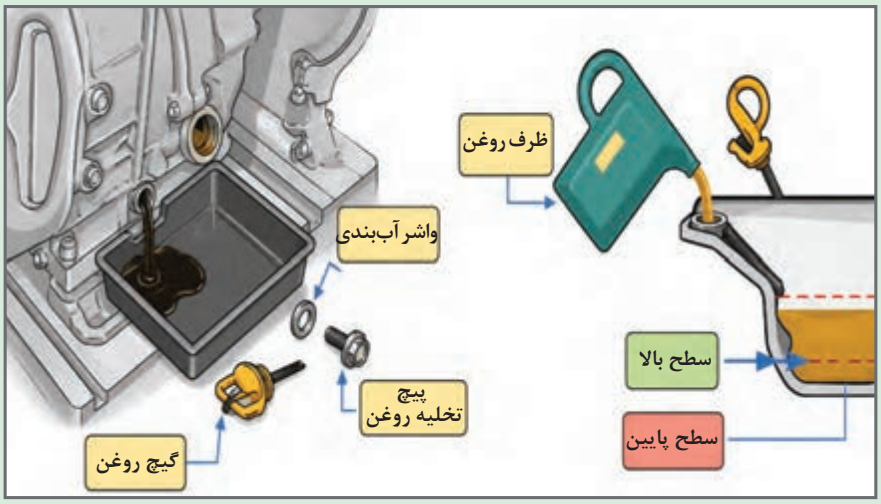
ـ شیر سوخت را ببندید تا هنگام بازکردن شیلنگ‌ها بنزین خارج نشود.
ـ فیلتر معمولاً بین باک سوخت و کاربراتور روی شیلنگ بنزین قراردارد.
ـ بست‌های دو طرف فیلتر را با انبردست یا پیچ‌گوشتی شل کنید.
ـ شیلنگ‌ها را آرام جداکرده و فیلتر را بیرون بیاورید.
ـ فیلترجدید را درجهت صحیح نصب کنید. معمولاً روی بدنه فیلتر یک فلش جهت حرکت سوخت را نشان می‌دهد.
شکل ۲۹ مراحل تعویض فیلتر سوخت را نشان می‌دهد.



شکل ۲۹ـ مراحل تعویض فیلتر سوخت

مرحله سوم : تعویض روغن و فیلتر روغن

ـ مولد برق را خاموش‌کرده و اجازه دهید موتور کمی خنک شود.
ـ کابل باتری یا کلید اصلی را قطع کنید تا ایمنی رعایت شود.
ـ ظرف تخلیه روغن را زیر موتور قرار دهید.
ـ پیچ تخلیه کارتل را بازکرده و روغن کهنه را خارج کنید.
ـ با آچار فیلتر، فیلتر روغن قدیمی را باز نمایید.
ـ محل نصب فیلتر را با پارچه تمیز پاک کنید.
ـ مقداری روغن تمیز به واشر فیلتر جدید بمالید.
ـ فیلتر جدید را با دست ببندید تا کاملاً آب‌بندی شود.
ـ پیچ تخلیه را بسته و روغن جدید را داخل موتور بریزید.
ـ موتور را روشن‌کرده و نشتی روغن را بررسی کنید.
شکل ۳۰ نحوه تعویض روغن و شکل ۳۱ مراحل تعویض فیلتر روغن مولد را نشان می‌دهد.



شکل ۳۰ـ تعویض روغن مولد برق اضطراری



شکل ۳۱ـ مراحل تعویض فیلتر روغن

خودآزمایی

۱ ضریب هم‌زمانی را توضیح دهید.

۲ مولد مناسب را برای یک خانه بزرگ ۱۰۰۰ متری با درنظرگرفتن بارهای مناسب و چنج‌آوِر دستی انتخاب نمایید.

۳ سرویس‌های مختلف دوره‌ای مولد برق اضطراری را بنویسید؟

ارزشیابی شایستگی سیم‌کشی روشنایی اضطراری

نام و نام خانوادگی:		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۴۱۱۱۲	حرفه	برقکاران	کدپیمانه/پودمان	۷۴۱۱۱۲۰۳۱
کد وظیفه شغل	۷۴۱۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند	سطح صلاحیت	L۲
کد کار	۷۴۱۱۱۲۰۳۱۲	کار	سیم‌کشی روشنایی اضطراری	سطح شایستگی	مهارت

استاندارد عملکرد کار:
توانایی سیم‌کشی برق اضطراری یک واحد مسکونی

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد(شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	نصب قطعات الکتریکی تابلو	ابزار سیم‌کشی؛ موتور برق بنزینی،کابل و اتصالات، کلید change over، دفترگزارش کار ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی	نصب مطابق کاتالوگ	۳	
				نصب قطعات الکتریکی با خطای جزئی	۲	
				نصب ناقص قطعات	۱	
۲	راه‌اندازی مولد برق اضطراری با دو کلید مجزا	ابزار سیم‌کشی؛موتور برق بنزینی، کابل و اتصالات، کلید فیوز سه فاز، دفترگزارش کار ۱۲۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی، پرسش، ارزیابی عملکرد، بررسی صحت کار	نصب تابلو وقطعات مطابق نقشه	۳	
				نصب قطعات تابلو با خطای جزئی	۲	
				عدم توانایی در انجام اتصالات	۱	
۳	راه‌اندازی مولد برق اضطراری با کلید چنج‌آور دستی	ابزار سیم‌کشی؛ موتور برق بنزینی، کابل و اتصالات، کلید change over دستی، دفترگزارش کار ۱۵۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی، پرسش، ارزیابی عملکرد، بررسی صحت کار	سیم‌کشی تابلو وقطعات مطابق کاتالوگ تابلو	۳	
				سیم‌کشی قطعات تابلو با خطای جزئی	۲	
				عدم توانایی در انجام اتصالات	۱	
۴	راه‌اندازی مولد برق اضطراری با کلید چنج‌آور اتوماتیک	ابزار سیم‌کشی؛ موتور برق بنزینی، کابل و اتصالات، کلید change over اتوماتیک، دفترگزارش کار ۱۸۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی، پرسش، ارزیابی عملکرد، بررسی صحت کار	اتصال موتور برق به شبکه وتنظیم مصرف	۳	
				اتصال موتور برق به شبکه با خطای جزئی	۲	
				عدم توانایی در انجام اتصالات	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:		استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نظم و نظافت محیط کار، استفاده صحیح از ابزار و تجهیزات، مدیریت پسماندها و ضایعات، همکاری با دیگران، مسئولیت‌پذیری و رعایت اخلاق حرفه‌ای در طول انجام فعالیت‌ها	مشاهده‌مستقیم، چک‌لیست رفتاری، ثبت عملکرد، پرسش شفاهی، ارزیابی مستمر در حین کار	رعایت نسبی اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، با خطاهای جزئی در حین انجام کار.	۲	
				عدم رعایت اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، یا بروز خطاهای جدی در نگرش و رفتار کاری.	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از مراحل راه‌اندازی مولد برق اضطراری با دو کلید مجزا و راه‌اندازی مولد برق اضطراری با کلید چنج‌آور دستی (مراحل بحرانی)

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

* مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سر و کار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

* تسلط(سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

پودمان دوم

شبیه‌سازی سامانه فتوولتاییک



واحد یادگیری ۱ : امکان‌سنجی محل نصب

آیا می‌دانید

۱ مناسب‌ترین شهرهای ایران از نظر تابش خورشید کدام شهر است؟
۲ انواع پنل‌های خورشیدی چیست و چه تفاوت‌هایی دارد؟
۳ سایه چه تأثیری بر سلول‌های خورشیدی می‌گذارد؟
۴ چه عواملی در تولید انرژی الکتریکی توسط سلول‌های خورشیدی نقش دارد؟
۵ تکنولوژی‌های جدید صفحات خورشیدی چیست؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود ضمن آشنایی با سیستم فتوولتاییک، در زوایای مختلف پارامترهای الکتریکی پنل‌های خورشیدی را اندازه‌گیری نموده و تأثیرات سایه و آلودگی بر این پنل‌ها را بررسی نمایند.

مقدمه

بحران انرژی به عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات قرن حاضر، نتیجه افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، رشد جمعیت و توسعه صنایع در جهان است. منابع فسیلی مانند نفت، گاز و زغال‌سنگ محدود بوده و استفاده گسترده از آنها باعث آلودگی محیط زیست، افزایش گازهای گلخانه‌ای و تشدید گرمایش زمین شده است. به همین دلیل، توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، بادی و برق‌آبی در سال‌های اخیر اهمیت زیادی پیدا کرده است. این منابع علاوه بر پاک بودن و کاهش آلودگی، قابلیت تجدیدپذیری داشته و می‌توانند نقش مهمی در تأمین پایدار انرژی و حفظ منابع طبیعی برای نسل‌های آینده ایفا کنند.

انرژی تجدیدپذیر

انرژی تجدیدپذیر به انرژی‌هایی گفته می‌شود که از منابع طبیعی قابل تجدید مانند خورشید، باد، آب و زیست‌توده تولید می‌شوند و برخلاف سوخت‌های فسیلی پایان‌پذیر نیستند. این نوع انرژی‌ها آلودگی کمتری ایجاد کرده و نقش مهمی در حفظ محیط زیست و تأمین پایدار انرژی دارند.



شکل ۱ــ تفاوت انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر

در جدول ۱ از دیدگاه‌های مختلف مقایسه‌ای بین انرژی‌های فسیلی و انرژی‌های تجدیدپذیر انجام شده است.

جدول ۱ــ مقایسه بین انرژی فسیلی و انرژی‌های تجدیدپذیر

ویژگی	انرژی‌های فسیلی	انرژی‌های تجدیدپذیر
منبع تولید	نفت، گاز طبیعی، زغال‌سنگ	خورشید، باد، آب، زیست‌توده
قابلیت تجدید	محدود و پایان‌پذیر	تجدیدشونده و دائمی
آلودگی محیط زیست	بسیار زیاد	بسیار کم
تولید گاز گلخانه‌ای	بالا	ناچیز
هزینه سوخت	وابسته به استخراج و حمل‌ونقل	معمولاً رایگان پس از نصب
امنیت انرژی	وابسته به ذخایر طبیعی	قابل استفاده در بیشتر مناطق
هزینه اولیه	کمتر	نسبتاً زیاد
هزینه نگهداری بلندمدت	بالا	کمتر
تأثیر بر تغییرات اقلیمی	تشدید گرمایش زمین	کمک به کاهش گرمایش زمین
پایداری برای آینده	نامطمئن	پایدار و بلندمدت
نمونه‌ها	نیروگاه گازی، دیزلی، زغال‌سنگی	نیروگاه خورشیدی، بادی، برق‌آبی

فعالیت

در شهرهای ذکر شده در جدول ۲، کدام نوع از منابع انرژی تجدیدپذیر در تولید انرژی مورد استفاده قرار گرفته است؟

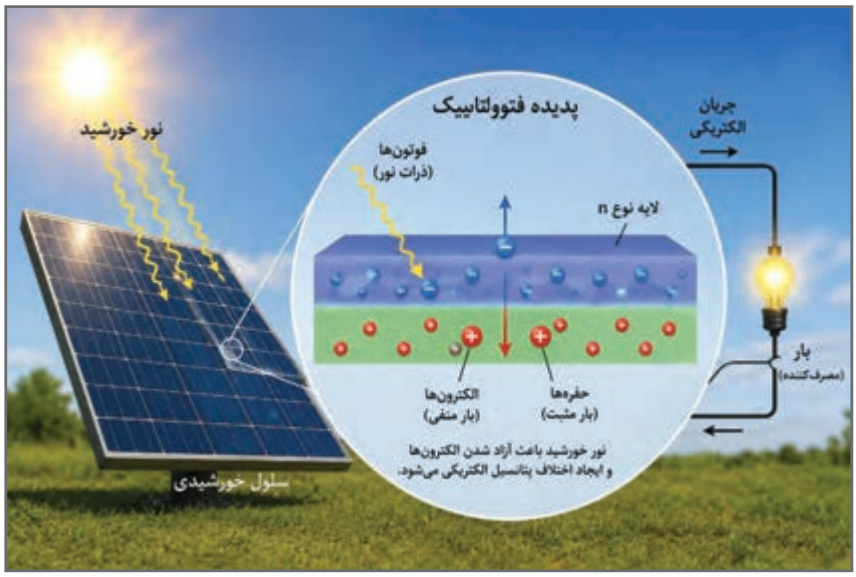
جدول ۲ــ انرژی مناسب هر شهر

شهر	نوع انرژی مناسب	دلیل
یزد	انرژی خورشیدی	تابش بسیار زیاد و آسمان صاف
کرمان		
زابل		
منجیل		
اردبیل		
تبریز		
اهواز		
رشت		

پدیده فتوولتاییک

فتوولتاییک (Photovoltaic) به فناوری تبدیل مستقیم نور خورشید به انرژی الکتریکی گفته می‌شود. این فرایند توسط سلول‌های خورشیدی انجام می‌شود که با جذب انرژی ذرات نور (فوتون‌ها) جریان برق مستقیم (DC) تولید می‌کنند.

واژه فتوولتاییک از دو بخش «Photo» به معنای نور و «Voltaic» به معنای الکتریسیته گرفته شده است. امروزه سیستم‌های فتوولتاییک به‌طور گسترده در پنل‌های خورشیدی برای تولید برق پاک و تجدیدپذیر مورد استفاده قرار می‌گیرند.در شکل ۲ نحوه تولید انرژی الکتریکی در اثر تابش نور خورشید به صفحات خورشیدی نشان داده شده است.



شکل ۲ـ ساختار و عملکرد سلول خورشیدی بر اساس اثر فتوولتاییک

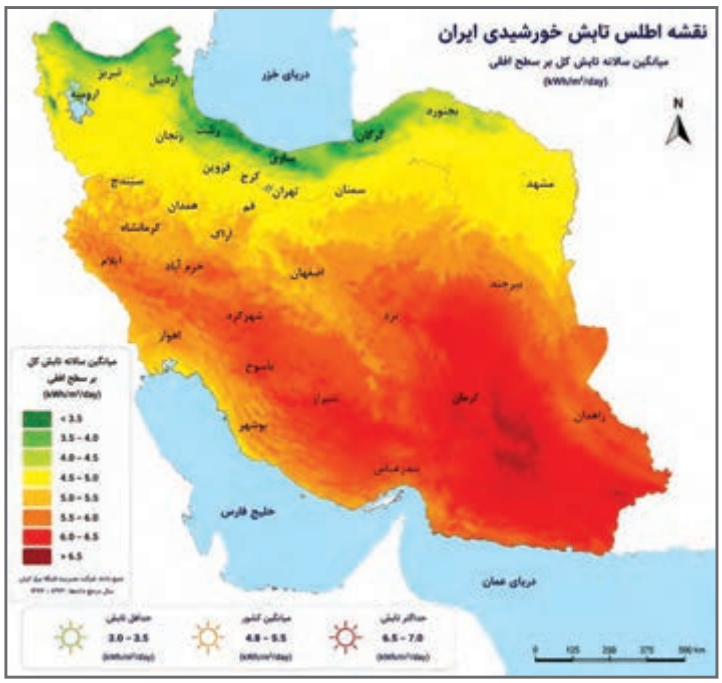
تاریخچه فتوولتاییک:

سلول خورشیدی برای نخستین بار در سال ۱۸۳۹ میلادی توسط دانشمند فرانسوی، «الکساندر ادموند بکرل» کشف شد. او دریافت که برخی مواد در اثر تابش نور خورشید قادر به تولید جریان الکتریکی هستند؛ پدیده‌ای که بعدها (اثر فتوولتاییک) نام گرفت. با این حال، در آن زمان، فناوری لازم برای استفاده عملی از این کشف وجود نداشت و تحقیقات در این زمینه به‌صورت محدود ادامه یافت.

در سال ۱۹۵۴، پژوهشگران آزمایشگاه‌های بِل (Bell Labs) نخستین سلول خورشیدی سیلیکونی را با بازدهی عملی (حدود ۶ درصد) تولید کردند که نقطه آغاز استفاده کاربردی از انرژی خورشیدی به شمار می‌رود. این سلول‌ها ابتدا در ماهواره‌ها و صنایع فضایی مورد استفاده قرار گرفتند، اما با پیشرفت فناوری و کاهش چشمگیر هزینه تولید، استفاده از پنل‌های خورشیدی در تولید برق خانگی، صنعتی و نیروگاهی گسترش یافت. امروزه سلول‌های خورشیدی یکی از مهم‌ترین منابع تولید انرژی پاک و تجدیدپذیر در جهان محسوب می‌شوند.

جایگاه فتوولتاییک در ایران

کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خورشیدی جهان، از ظرفیت بسیار بالایی برای توسعه سامانه‌های فتوولتاییک برخوردار است. میانگین تابش خورشید در بسیاری از مناطق کشور بیش از ۳۰۰ روز آفتابی در سال است و این موضوع باعث شده انرژی خورشیدی یکی از مهم‌ترین گزینه‌های تأمین برق پاک در ایران باشد. در شکل ۳ اطلس تابش خورشیدی ایران نشان داده شده است. از این شکل می‌توان دریافت که تابش خورشیدی در ایران به‌صورت یکنواخت توزیع نشده و مناطق مرکزی، شرقی و جنوبی کشور (به‌ویژه نواحی کویری) بیشترین پتانسیل دریافت انرژی خورشیدی را دارند .



شکل ۳ــ نقشه پتانسیل تابش خورشیدی در ایران

پرسش

با توجه به نقشه بالا سه شهر با بیشترین میزان تابش را نام ببرید.

بیشتر بدانید

چین با تولید حدود ۸۳۹ تراوات ساعت برق خورشیدی در سال ۲۰۲۴ بزرگ‌ترین تولیدکننده برق خورشیدی جهان است.

در کشور مجارستان حدود ۲۵ درصد از کل تولید برق توسط نیروگاه‌های خورشیدی صورت می‌گیرد و حدود ۷ درصد از برق تولیدی دنیا از سامانه‌های خورشیدی تأمین می‌شود.

تابش خورشید

تابش خورشیدی، منبع بی‌پایان و محرک اصلی در نیمه‌هادی‌های فتوولتاییک است که شدت و زاویه برخورد فوتون‌های آن به سطح سلول، مستقیماً میزان جریان الکتریکی تولیدی و راندمان نهایی سیستم را تعیین می‌کند. در طراحی سیستم‌های خورشیدی، شدت تابش متغیر طول روز (از طلوع تا غروب) را به یک شاخص استاندارد به نام « ساعت اوج تابش یا PSH (Peak Solar Hours) تبدیل می‌کنند.

هر ۱ ساعت PSH یعنی معادل زمانی که زمین تابشی با شدت مداوم $1000 W/m^2$ دریافت کرده است. به عنوان مثال، در مناطقی از ایران میانگین PSH سالانه بین ۴/۵ تا ۵/۵ ساعت در روز است. این یعنی با وجود اینکه روز نزدیک به ۱۰ ساعت آفتابی است، اما مجموع انرژی دریافتی روزانه، معادل ۵ ساعت تابشِ مستقیم و خالص با شدت استاندارد $1000 W/m^2$ است. طراحان از این شاخص برای فرمول‌نویسی و محاسبه دقیق تعداد پنل‌ها استفاده می‌کنند. در جدول ۳ برخی از مزایا و معایب سیستم‌های خورشیدی آورده شده است.

جدول ۳ــ مزایا و معایب استفاده از سامانه‌های خورشیدی

بخش	ویژگی/ پارامتر	شرح و تأثیر فنی در سیستم
مزایا	پایداری منبع انرژی	تجدیدپذیر، بومی و بدون وابستگی به سوخت‌های فسیلی پایان‌پذیری
	هزینه تعمیر و نگهداری	بسیار ناچیز به دلیل عدم وجود قطعات متحرک مکانیکی و استهلاک کم
	تأثیرات زیست‌محیطی	صفر بودن انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی صوتی در زمان تولید
	توسعه‌پذیری و انعطاف	امکان نصب در ابعاد ریز (پشت‌بام خانگی) تا مقیاس بزرگ کلان (نیروگاهی)
	از بین بردن پیک شبکه	انطباق بازه حداکثر تولید نیروگاه با اوج مصرف سرمایشی در روزهای گرم
معایب	تولید متناوب	وابستگی کامل به چرخه شبانه‌روز، تغییرات فصلی و شرایط جوی (ابر و باران)
	چگالی انرژی پایین	نیاز به مساحت زمین بزرگ (حدود ۱/۵ هکتار به ازای هر مگاوات) جهت تولید انبوه
	هزینه اولیه سرمایه‌گذاری	بالا بودن قیمت تجهیزات کلیدی نظیر اینورتر، سازه و به ویژه بانک باتری
	محدودیت ذخیره‌سازی	عمر مفید کمتر و چالش‌های زیست‌محیطی بازیافت باتری‌ها نسبت به خودِ پنل
	راندمان محدود و تلفات	بازدهی ۲۰ تا ۲۳ درصدی سلول‌های تجاری و افت توان ناشی از گردوغبار

پرسش

در تابستان ۱۴۰۵، خبری با این عنوان منتشر شد:
«تجهیز ۲۱ هزار مدرسه به نیروگاه‌های خورشیدی ۵ کیلوواتی تا پایان شهریورماه»
با فرض تحقق کامل این طرح، ظرفیت اسمی مجموع نیروگاه‌های خورشیدی نصب شده در مدارس چند مگاوات است؟ این ظرفیت معادل چند درصد ظرفیت نامی نیروگاه برق آبی کارون ۳ است؟

صفحات مبدل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی

در سیستم‌های فتوولتاییک (PV)، انرژی خورشید به صورت مرحله‌ای جمع‌آوری می‌شود. کوچک‌ترین جزء «سلول خورشیدی » و بزرگ‌ترین مجموعه «آرایه خورشیدی» نام دارند .

۱ـ سلول خورشیدی (Solar Cell): سلول خورشیدی کوچک‌ترین واحد تولید برق خورشیدی است که نور خورشید را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. سلول‌ها معمولاً از سیلیکون ساخته می‌شوند که ولتاژ هر سلول حدود ۰/۵ تا ۰/۶ ولت است.

۲ـ مدول خورشیدی (Solar Module): مدول مجموعه‌ای از سلول‌های خورشیدی است که به‌صورت سری و موازی به هم متصل شده و درون یک قاب محافظ قرار گرفته‌اند.

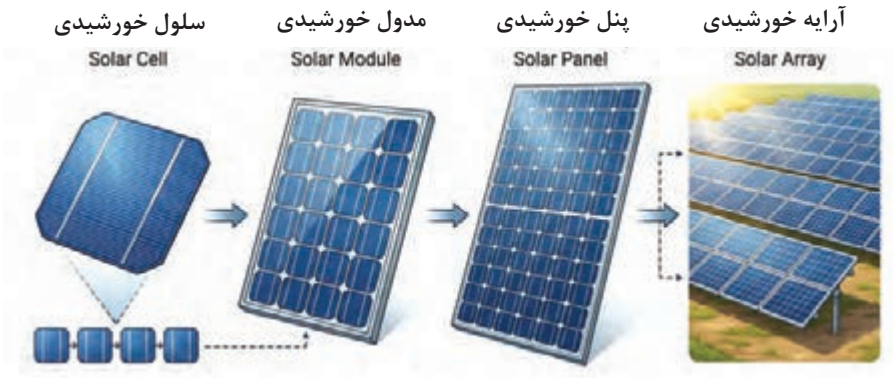
متداول‌ترین مدول‌ها دارای ۶۰، ۷۲ یا ۱۴۴ نیم‌سلول هستند. مدول‌ها دارای شیشه محافظ، قاب آلومینیومی و جعبه اتصال است.

۳ـ پنل خورشیدی (Solar Panel): پنل به مجموعه‌ای از یک یا چند مدول گفته می‌شود که به عنوان یک واحد نصب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴ـ آرایه خورشیدی (Solar Array): آرایه مجموعه‌ای از چندین پنل یا مدول خورشیدی است که برای تولید توان بیشتر به یکدیگر متصل شده‌اند.

به عنوان مثال: پنل ۵۵۰ واتی متصل به هم آرایه‌ای با توان حدود ۵/۵ کیلووات را تشکیل می‌دهند.

آرایه‌ها می‌توانند روی پشت بام منازل، پارکینگ‌های خورشیدی و یا نیروگاه‌های خورشیدی بزرگ نصب شوند.



شکل ۴ـ اجزای مختلف آرایه خورشیدی

ساختمان سلول‌های فتوولتاییک

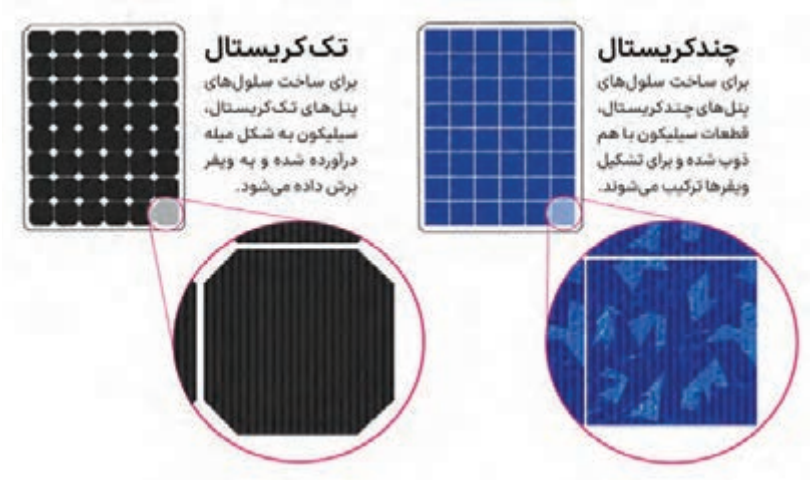
پنل‌های خورشیدی فتوولتاییک براساس مواد اولیه و فناوری ساخت به چندین دسته اصلی تقسیم می‌شوند. هر کدام از این انواع، ویژگی‌ها، مزایا و معایب خاص خود را دارند که آنها را برای مصارف مختلفی مناسب می‌کند.

۱ـ پنل‌های خورشیدی سیلیکونی کریستالی (رایج‌ترین‌ها)

این دسته از پنل‌ها، به‌دلیل تولید فراوان پایه و اساس صنعت خورشیدی تجاری هستند و بیش از ۹۰ درصد بازار را به خود اختصاص داده‌اند. این نوع پنل‌ها در دو نوع ساخته می‌شوند که در جدول ۴ شکل و یکسری خصوصیات آنها بیان شده است.

جدول ۴ـ بیان خصوصیات و مقایسه پنل‌های مختلف کریستالی

	پنل‌های مونوکریستال (Monocrystalline)	پنل‌های پلی‌کریستال (Polycrystalline)
ساختار	از یک کریستال سیلیکون خالص و یکپارچه ساخته می‌شوند ظاهر آنها تیره (نزدیک به مشکی) با لبه‌های گرد است.	از ذوب کردن چندین کریستال سیلیکون با هم ساخته می‌شوند. ظاهری چندتکه، ناهمگون و رنگ آبی روشن دارند.
مزایا	بالاترین بازدهی (بین ۱۸ تا ۲۲ درصد) و طول عمر بسیار بالا (بیش از ۲۵ سال). این پنل‌ها در فضاهای کوچک، بیشترین انرژی را تولید می‌کنند.	فرایند ساخت ساده‌تر و در نتیجه قیمت ارزان‌تری دارند
معایب	قیمت گران‌تر نسبت به سایر مدل‌ها هستند و عملکرد آنها در دماهای بسیار بالا کمی افت می‌کند.	بازدهی پایین‌تر (بین ۱۵ تا ۱۷ درصد) دارند بنابراین برای تولید برق یکسان، به فضا (مساحت) بیشتری روی سقف یا زمین نیاز دارند.



شکل ۵ ـ تفاوت ساختاری پنل‌های خورشیدی تک‌کریستال (مونو) و چندکریستال (پلی)

۲ـ پنل‌های فیلم نازک (Thin-Film)

این پنل‌ها برخلاف مدل‌های کریستالی، با لایه‌نشانی مواد نیمه‌هادی روی سطوحی مثل شیشه، پلاستیک یا فلز ساخته می‌شوند و بسیار نازک و انعطاف‌پذیر هستند.

انواع معروف: سیلیکون آمورف (a-Si)، کادمیوم تلوراید (CdTe)، و سی‌آی‌جی‌اس (CIGS)

مزایا: وزن بسیار سبک، انعطاف‌پذیری بالاو عملکرد عالی در شرایط نور کم یا هوای ابری و داغ. از نظر ظاهری کاملاً یکدست و زیبا هستند.

معایب: بازدهی بسیار پایین‌تر (۱۰ تا ۱۳ درصد) و طول عمر کوتاه‌تر این پنل‌ها نیاز به فضای بسیار وسیعی دارند و بیشتر در پروژه‌های بزرگ صنعتی یا چادرهای مسافرتی استفاده می‌شوند.



شکل ۶ـ پنل‌های فیلم نازک

۳ـ پنل‌های نسل جدید و پیشرفته

امروزه فناوری‌های جدیدی در ساخت پنل‌های خورشیدی با هدف رفع نقاط ضعف پنل‌های سنتی به بازار عرضه شده‌اند.

پنل‌های دوفیس (دو طرفه یا دووجهی-Bifacial): پنل‌های خورشیدی دو وجهی نوعی از پنل‌های پیشرفته فتوولتاییک هستند که قابلیت تولید برق از هر دو سطح جلو و پشت را دارند. در این پنل‌ها، نور مستقیم خورشید از سطح جلویی و نور بازتابی از سطح زمین از پشت پنل جذب می‌شود و به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد. به همین دلیل، میزان تولید انرژی در این نوع پنل‌ها نسبت به پنل‌های معمولی بیشتر است. با توجه به کیفیت ساخت معمولاً بازدهی این پنل‌ها ۵ الی ۳۰ درصد بیشتر می‌شود.

ساختار این پنل‌ها به گونه‌ای است که به جای بک صفحه (شیت) مات در پشت، از شیشه شفاف استفاده می‌شود تا عبور نور امکان‌پذیر باشد. عملکرد پنل‌های دووجهی به شدت به میزان بازتاب سطح زمین، ارتفاع نصب و شرایط محیطی وابسته است. هرچه سطح زمین روشن‌تر و بازتابنده‌تر باشد، راندمان تولید انرژی افزایش می‌یابد.

عملکرد پنل‌های دووجهی به شدت میزان بازتاب سطح زمین (آلبیدو)، ارتفاع نصب و شرایط محیطی وابسته است. هرچه سطح زمین روشن‌تر و بازتابنده‌تر باشد، راندمان تولید انرژی افزایش می‌یابد. بازتاب نور در آسفالت کم، در شن و ماسه متوسط و در حالت برفی زیاد است. همچنین هرچه ارتفاع پنل از سطح زمین بیشتر باشد، میزان سایه در پشت پنل کمتر بوده و در نتیجه تولید بیشتر می‌گردد.

این پنل‌ها معمولاً در نیروگاه‌های بزرگ خورشیدی و سیستم‌های زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند و نیازمند طراحی دقیق سازه برای بهره‌برداری کامل از نور پشت هستند. با وجود هزینه اولیه بالاتر، به دلیل افزایش تولید انرژی، در بسیاری از پروژه‌ها اقتصادی و مقرون‌به‌صرفه محسوب می‌شوند.



شکل ۷ـ پنل‌های دو وجهی (bifacial)

جدول ۵ـ میزان بازتاب و افزایش توان کل در سطوح مختلف

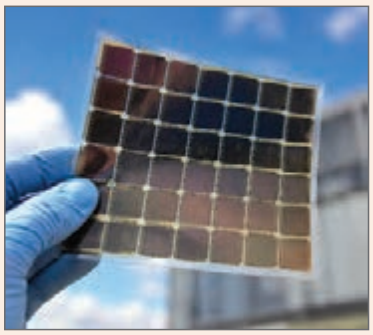
نوع سطح زمین	میزان بازتاب (Albedo)	میزان افزایش توان کل سیستم
آسفالت/خاک تیره	۱۵ ٪ ـ ۱۰ ٪	حدود ۵٪ افزایش توان
چمن/خاک روشن	۲۵ ٪ ـ ۲۰ ٪	۱۰٪ تا ۱۵٪ افزایش توان
شن و ماسه ساحلی	۴۰ ٪ ـ ۳۰ ٪	۱۵٪ تا ۲۰٪ افزایش توان
برف تازه و پاک	۹۰ ٪ ـ ۷۵ ٪	۲۵٪ تا ۳۰٪ افزایش توان

فکر کنید

عملکرد پنل‌های دو طرفه را در پشت بام‌هایی که کف آن ایزوگام، سرامیک سفید یا موزاییک هستند را مقایسه کنید.

بیشتر بدانید

پنل‌های پروسکایت (Perovskite) نسل جدید سلول‌های خورشیدی هستند که به‌دلیل ساختار کریستالی خاص، نور خورشید را با سرعت و بازدهی بسیار بالاتری نسبت به پنل‌های سیلیکونی قدیمی به برق تبدیل می‌کنند. این فناوری بسیار نازک، سبک و انعطاف‌پذیر است و حتی می‌توان آن را مثل جوهر روی سطوح مختلف چاپ کرد؛ با این حال، بزرگ‌ترین چالش فعلی آن پایداری کم در برابر رطوبت و گرما است که دانشمندان با ترکیب آن با سیلیکون در حال حل این مشکل برای ورود به بازار انبوه هستند. این نوع سلول‌ها هنوز در فاز آزمایشگاهی هستند.



شکل ۸ـ پنل‌های پروسکایت

شرایط استاندارد پنل‌های خورشیدی

در صنعت فتوولتاییک، برای اینکه بتوان توان و کارایی پنل‌های خورشیدی مختلف را با یکدیگر مقایسه کرد، آزمایش‌های آنها را در شرایط آزمایشگاهی یکسان و مشخصی انجام می‌دهند. به این شرایط، شرایط استاندارد تست یا به اختصار STC[1] می‌گویند.

شرایط استاندارد فتوولتاییک شامل سه پارامتر اصلی است:

شدت تابش نور: همانطور مقدار شدت تابش نور خورشید دقیقاً برابر با ۱۰۰۰ وات بر متر مربع در نظر گرفته می‌شود که معادل تابش خورشید در یک روز کاملاً صاف و آفتابی در ظهر است.

۱ـ Standard Test Conditions

■ **دمای سلول:** دمای خودِ سلول خورشیدی (نه دمای هوای محیط) باید دقیقاً ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد.
■ **توده هوا:** طیف نوری خورشید با شاخص AM = ۱/۵ تنظیم می‌شود. این شاخص نشان‌دهنده زاویه تابش خورشید به زمین است؛ زمانی که نور خورشید با زاویه حدود ۴۲ درجه می‌تابد و مسافتی معادل ۱/۵برابر ضخامت جو را طی می‌کند تا به زمین برسد. (مشابه وضعیت آب‌وهوایی بخش‌های وسیعی از مناطق مسکونی زمین)

■ مشخصات مدول خورشیدی

مدول خورشیدی دارای مشخصات فنی مهمی است که هنگام استفاده از آن در سیستم‌های فتوولتاییک مدنظر قرار می‌گیرند. مهم‌ترین این پارامترها عبارتند از:

■ **توان نامی (P_m):** حداکثر توان خروجی تحت شرایط استاندارد
■ **ولتاژ و جریان ماکزیمم خروجی (V_{mp} ،I_{mp}):** ولتاژ و جریانی که مدول در آن بیشترین توان را تولید می‌کند.
■ ولتاژ مدار باز (V_{oc})
■ جریان اتصال کوتاه (I_{sc})

عوامل دیگری نظیر دمای واقعی مدول تحت توان، درصد کاهش توان به ازای افزایش ۱ درجه سانتی‌گراد و ... نیز وجود دارد. یک نمونه از برچسب اطلاعاتی مدول خورشیدی در شکل ۹ نشان داده است.

Model: NN-M36-10W

Rated Maximum Power(Pm)	10W
Voltage at Pmax(Vmp)	18.00V
Current at Pmax(Imp)	0.55A
Open-Circuit Voltage(Voc)	21.06V
Short-Circuit Current(Isc)	0.64A
Maximum System Voltage	1000VDC
Maximum Series Fuse Rating	20A
Operating Temperature	-40°C to+85°C
Cell Technology	Mono-si
Dimension(mm)	350x260x17
Weight	0.95kg
Power Tolerance	0-3W
All technical data at standard test condition AM=1.5 E=1000W/m² TC=25°C	

Warning

Solar modules generate electricity as soon as they are exposed to light. One module on its own is below the safety extra low volt level, but multiple modules connected inseries(summing the voltage)represent a danger.

شکل ۹ــ پلاک یک مدول خورشیدی

فعالیت

۱ در شکل ۹ پلاک یک مدول داده شده است، اطلاعات آن را در دفتر گزارش کار خود ثبت نمایید.
۲ برگه اطلاعاتی یا پلاک دو مدول با توان‌های مختلف (۲۰ وات و ۵۰ وات) را از یکی از پایگاه‌های اینترنتی استخراج نموده و در دفتر گزارش کار خود ثبت و مقایسه نمایید.

عوامل مؤثر در تولید انرژی با سلول خورشیدی

مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تولید انرژی الکتریکی در مدول‌های خورشیدی را می‌توان در سه گروه اصلی شامل عوامل محیطی، عوامل مربوط به نصب و عوامل فنی و سیستمی طبقه‌بندی کرد.

۱ــ عوامل محیطی

این عوامل مستقیماً بر میزان نور دریافتی و راندمان مدول خورشیدی تأثیر می‌گذارند. به عنوان مثال، هرچه تابش بیشتر و شرایط جوی مناسب‌تر باشد، انرژی الکتریکی بیشتری تولید خواهد شد. از جمله عوامل محیطی می‌توان به شامل شدت تابش خورشید، دما، شرایط آب‌وهوایی و موقعیت جغرافیایی اشاره کرد.

شدت تابش و دما از مهم‌ترین عوامل محیطی هستند.

الف) شدت تابش خورشید (Solar Irradiance): مهم‌ترین عامل در تولید انرژی، میزان انرژی خورشیدی است که به سطح مدول می‌رسد.

هرچه شدت تابش بیشتر باشد، فوتون‌های بیشتری به سلول برخورد می‌کنند. برخورد فوتون‌ها باعث آزاد شدن الکترون‌ها و تولید جریان الکتریکی می‌شود. همانطور که قبلاً اشاره شد در شرایط استاندارد آزمایش (STC)، شدت تابش برابر ۱۰۰۰ وات بر متر مربع در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال در روز آفتابی تولید



شکل ۱۰ــ فرایند تبدیل نور خورشید به انرژی الکتریکی

نکته

شدت تابش بیشتر از همه بر جریان خروجی مدول اثر می‌گذارد، در حالی که ولتاژ خروجی تغییر کمتری دارد. به همین دلیل در زمان کاهش تابش، مانند هنگام عبور ابر از مقابل خورشید، توان تولیدی پنل کاهش پیدا می‌کند.

انرژی زیاد و در روزهای ابری تولید انرژی کمتر است.

ب) دمای سلول خورشیدی: برخلاف تصور عمومی، افزایش دما همیشه مفید نیست. با افزایش دمای سلول،

ولتاژ خروجی کاهش می‌یابد. راندمان سلول افت می‌کند.
برای بسیاری از پنل‌های سیلیکونی، به ازای هر ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش دما، حدود ۰/۳ تا ۰/۵ درصد از راندمان کاسته می‌شود.
برای مثال: پنل در دمای ۲۵ °C عملکرد استاندارد دارد ولی پنل در دمای ۶۰ °C کاهش محسوس توان



شکل ۱۱ــ تأثیر دما بر عملکرد مدول

خروجی خواهد داشت.
ج) موقعیت جغرافیایی: محل نصب پنل تعیین‌کننده مقدار تابش سالانه است. از جمله عوامل مهم در تعیین مقدار تابش عبارتند از:

- عرض جغرافیایی
- ارتفاع از سطح دریا
- تعداد روزهای آفتابی

برای مثال مناطق بیابانی معمولاً تولید سالانه بیشتری نسبت به مناطق مرطوب و ابری دارند. موقعیت جغرافیایی نقش مهمی در میزان انرژی دریافتی از خورشید دارد و تعیین می‌کند یک منطقه در طول سال چه مقدار تابش دریافت کند. هرچه یک منطقه به استوا نزدیک‌تر باشد، زاویه تابش خورشید مناسب‌تر و شدت انرژی دریافتی بیشتر است. این عامل همچنین بر طول روز و تغییرات فصلی تابش خورشید اثر می‌گذارد. در نتیجه، موقعیت جغرافیایی یکی از عوامل محیطی تاثیرگذار در تعیین میزان تولید انرژی الکتریکی در سیستم‌های خورشیدی است.



شکل ۱۲ــ تأثیر موقعیت جغرافیایی بر میزان تابش

کار عملی

هدف: اندازه‌گیری ولتاژ مدار باز (Voc) و جریان اتصال کوتاه (Isc) مدول‌های خورشیدی

ابزار، مواد و تجهیزات موردنیاز: مدول‌های خورشیدی در چند توان مختلف، ولت‌متر، آمپرمتر، مولتی‌متر

مراحل کار:

۱ سه مدل پنل ۵، ۱۰ و ۲۰ وات را از انبار تحویل بگیرید.

۲ پنل ۵ وات را به کمک هم گروهی‌های خود به سمت نور خورشید گرفته و مطابق تصاویر شکل ۱۳ با اتصال موازی یک ولت‌متر به دوسر خروجی آن ولتاژ مدار باز آن را اندازه‌گیری کرده و یادداشت کنید.

Voc = ... v

۳ در همان شرایطی که پنل به سمت نور خورشید گرفته‌اید مطابق تصاویر شکل ۱۳ با سری کردن آمپرمتر با سیم‌های خروجی پنل، مقدار جریان اتصال کوتاه را اندازه‌گیری کرده و یادداشت کنید.

Isc = ... A

۴ مراحل ۲ و ۳ را یکبار با قرار دادن پنل ۱۰ وات و بار دیگر با قرار دادن پنل ۲۰ وات تکرار کرده و مقادیر ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه را اندازه‌گیری کرده و یادداشت کنید.



شکل ۱۳ــ اندازه‌گیری‌های ولتاژ و جریان پنل

تحقیق کنید

مقادیر به‌دست آمده را با اطلاعات داده شده پلاک پنل‌ها مقایسه کرده و در مورد آنها توضیح دهید.

تذکر

پنل‌های با توان بالای ۵۰ وات و بیشتر با آمپرمترهای سیمی اتصال کوتاه نشود.

۲ـ عوامل مربوط به نصب

از جمله عوامل محیطی می‌توان به جهت قرارگیری مدول، زاویه نصب، سایه‌اندازی، تمیزی سطح مدول‌ها و فاصله مناسب بین پنل‌ها اشاره کرد . این عوامل بر مقدار نور جذب‌شده تأثیر مستقیم دارند. نصب صحیح و نگهداری مناسب می‌تواند بازده و تولید انرژی سیستم خورشیدی را به‌طور چشمگیری افزایش دهد.

الف) جهت نصب: جهت‌گیری نامناسب می‌تواند تولید انرژی را به مقدار قابل توجهی کاهش دهد. در نیمکره شمالی، پنل‌ها معمولاً رو به جنوب نصب می‌شوند.

ب) زاویه و شیب نصب: شیب نصب پنل معمولاً نزدیک به عرض جغرافیایی محل نصب انتخاب می‌شود. برای ایجاد شیب مورد نظر پنل خورشیدی لازم است تا پنل در زاویه‌ای خاص نصب شود. زاویه نصب بر میزان جذب نورخورشید تأثیر مستقیم دارد. هرچه تابش خورشید عمودتر به سطح پنل برخورد کند، راندمان و تولید انرژی الکتریکی افزایش می‌یابد. در شکل ۱۴ زاویه نصب پنل و میزان جذب نور خورشید در چند



شکل ۱۴ـ تأثیر زوایای مختلف روی شدت تابش

زاویه نشان داده شده است.



شکل ۱۵ـ تأثیر جهت و زاویه شیب پنل خورشیدی

در جدول ۶ زاویه مناسب جهت نصب پنل در چند شهر کشورمان آمده است.

جدول۶ـ زاویه نصب پنل در چند شهر مختلف

شهر	زاویه تقریبی مناسب
بندرعباس	۲۵ تا ۳۰ درجه
اصفهان	۳۰ تا ۳۵ درجه
تهران	۳۰ تا ۳۵ درجه
تبریز	۳۵ تا ۴۰ درجه

بازده سلول به جهت و زاویه برخورد نور بستگی دارد. وقتی نور عمود بر سطح پنل بتابد، بیشترین انرژی جذب می‌شود و کمترین بازتاب رخ می‌دهد . اگر نور با زاویه مایل بتابد، بخشی از نور منعکس می‌شود و انرژی جذب‌شده کاهش می‌یابد. به همین دلیل در نیروگاه‌های خورشیدی از سیستم‌های ردیاب خورشید (Solar Tracking) استفاده می‌شود تا پنل همواره رو به خورشید قرار گیرد.



شکل ۱۶ـ سیستم ردیابی نور خورشید

نکته

صفحات خورشیدی برروی سازه نصب می‌شود. جنس، ابعاد و ... . این سازه‌ها دارای ویژگی‌هایی است که در مباحث آینده به آنها پرداخته خواهد شد.

کار عملی

هدف: اندازه‌گیری ولتاژ مدول‌های خورشیدی در زوایای مختلف

ابزار، مواد و تجهیزات موردنیاز: مدول‌های خورشیدی در چند توان مختلف، پروفیل‌های آلومینیومی، پیچ و مهره، مولتی‌متر

مراحل انجام کار:

الف) کار عملی نیمه تجویزی (ساخت سازه یا میز خورشیدی)

با توجه به شکل‌های ۱۷ تا ۱۹ میز کار برای نصب پنل‌های خورشیدی را آماده کنید.



قاب بالایی را روی پایه‌ها نصب کرده و اتصالات را محکم کنید.

پروفیل‌ها را طبق نقشه برش داده و فریم پایه میز را مونتاژ کنید و چراغ‌ها را نصب نمایید.

تمام قطعات، براقی آلات و ابزار موردنیاز را مطابق لیست آماده کنید.

شکل ۱۷ــ آماده‌سازی قطعات و ساخت قاب اولیه



صفحه روی میز را نصب کرده و تمام اتصالات را بررسی و محکم کنید.

مکانیزم تنظیم زاویه (بازوی نگهدارنده) را نصب کنید و از حرکت روان آن اطمینان حاصل نمایید.

شکل ۱۸ــ نصب صفحه و مکانیزم تنظیم زاویه

شکل ۱۹ــ میز نهایی

ب) اندازه‌گیری ولتاژ خروجی یک صفحه خورشیدی در زوایای مختلف

آماده‌سازی تجهیزات:

۱ پنل خورشیدی را روی یک پایه قابل تنظیم نصب کنید و مولتی‌متر را به دو سر خروجی پنل متصل نمایید.

اندازه‌گیری در زاویای مختلف:

۲ پنل ۵ وات را به صورت تقریباً افقی (صفر درجه) قرار دهید و ولتاژ خروجی و جریان اتصال کوتاه را بخوانید و ثبت کنید.

۳ زاویه پنل را روی ۲۰ درجه تنظیم کنید و ولتاژ خروجی و جریان اتصال کوتاه را اندازه گرفته و در جدول ۷ ثبت کنید.
۴ زاویه پنل را روی ۴۵ درجه قرار دهید و ولتاژ خروجی و جریان اتصال کوتاه را اندازه گرفته و در جدول ۷ ثبت کنید.
۵ پنل را عوض نموده و پنل‌هایی با توان‌های (۱۰ و ۲۰ وات) را در اختیار گرفته و تمامی مراحل ۲، ۳ و ۴ را تکرار نمایید.

جدول ۷ــ اندازه‌گیری ولتاژ و جریان پنل‌های مختلف در زوایای متفاوت

	ولتاژ و جریان پنل با توان ۵ وات	ولتاژ و جریان پنل با توان ۱۰ وات	ولتاژ و جریان پنل با توان ۲۰ وات
زاویه تابش			
صفر درجه			
۲۰ درجه			
۴۵ درجه			
۶۰ درجه			

پرسش

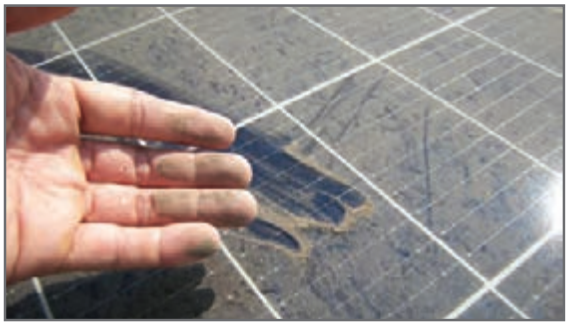
۱ در کدام زاویه بیشترین ولتاژ تولید شد؟
۲ چرا تغییر زاویه باعث تغییر ولتاژ خروجی می‌شود؟
۳ آیا زاویه بهینه همیشه ۲۰ درجه است؟ توضیح دهید.
۴ اگر آزمایش را در فصل زمستان انجام دهید، نتایج چه تغییری خواهد کرد؟

ج) اثر سایه روی پنل: سایه یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش تولید انرژی در پنل‌های خورشیدی است. هنگامی که بخشی از پنل در سایه قرار می‌گیرد، مقدار نور دریافتی سلول‌ها کاهش یافته و در نتیجه ولتاژ، جریان و توان خروجی پنل کم می‌شود.
حتی اگر فقط بخش کوچکی از پنل سایه‌دار شود، عملکرد کل پنل ممکن است به طور قابل توجهی کاهش یابد؛ زیرا سلول‌های خورشیدی به صورت زنجیره‌ای به یکدیگر متصل هستند و سایه روی یک قسمت می‌تواند بر عملکرد سایر سلول‌ها نیز اثر بگذارد.
بنابراین پنل‌های خورشیدی باید در محلی نصب شوند که در طول روز کمترین سایه را از درختان، ساختمان‌ها و سایر موانع دریافت کنند.در نیروگاه‌ها و سامانه‌های خورشیدی، اگر فاصله بین ردیف‌های پنل به‌درستی طراحی نشود، ممکن است یک پنل یا یک ردیف پنل روی ردیف پشت سر خود سایه ایجاد کند. این پدیده



شکل ۲۰ــ اثر سایه بر سلول‌های خورشیدی

را سایه‌اندازی متقابل می‌گویند. در شکل ۲۰ اثر سایه بر پنل‌ها نمایش داده شده است.



شکل ۲۱ــ تأثیر آلودگی روی پنل‌ها

د) تمیزی سطح پنل: گردوغبار، برف، برگ درختان و آلودگی هوا باعث کاهش نور ورودی و کاهش تولید می‌شود که ممکن است به‌صورت زیر باشد:

- در مناطق معمولی : ۵ تا ۱۰ درصد
- در مناطق با گردوغبار زیاد: بیش از ۳۰ درصد

کار عملی

هدف: اندازه‌گیری ولتاژ مدول‌های خورشیدی در زوایای مختلف

ابزار، مواد و تجهیزات موردنیاز: مدول‌های خورشیدی درچند توان مختلف، مولتی‌متر دیجیتال، مقوای تیره یا کاغذ سیاه ،متر یا خط‌کش، ماسه بادی یا خاک نرم

بخش اول: بررسی اثر سایه

مراحل کار

۱ پنل ۵ وات را بدون درنظر گرفتن سایه در زیر نور مستقیم خورشید قرار دهید و ولتاژ مدار باز آن را اندازه‌گیری کرده و در جدول ۸ ثبت کنید.

۲ با مقوای سیاه ۲۵٪ سطح پنل را بپوشانید و ولتاژ خروجی را اندازه‌گیری کرده و در جدول ۸ ثبت کنید.

۳ با استفاده از مقوا ۵۰٪ سطح پنل را پوشانیده ولتاژ خروجی را اندازه‌گیری کرده و در جدول ۸ ثبت کنید.

۴ با استفاده از مقوا ۷۵٪ سطح پنل را پوشانیده و ولتاژ خروجی را اندازه‌گیری کرده و در جدول ۸ ثبت کنید.

۵ حدوداً ۹۰٪ سطح پنل را بپوشانید و ولتاژ خروجی را اندازه‌گیری کرده و در جدول ۸ ثبت کنید.

فعالیت: نمودار ولتاژ خروجی پنل نسبت به درصد سایه روی آن را رسم نمایید.

جدول ۸ــ اثر سایه روی ولتاژ و جریان اتصال کوتاه خروجی پنل با وات‌های مختلف

	ولتاژ و جریان پنل با توان ۵ وات	ولتاژ و جریان پنل با توان ۱۰ وات	ولتاژ و جریان پنل با توان ۲۰ وات
درصد سایه/ ولتاژ			
٪ ۰			
٪ ۲۵			
٪ ۵۰			
٪ ۷۵			
٪ ۹۰			

بخش دوم: بررسی اثر آلودگی

مراحل کار

۱ سطح پنل راکاملاً تمیز کنید تا درصد آلودگی صفر بوده و سپس ولتاژ خروجی و جریان اتصال کوتاه را اندازه‌گیری و در جدول ۹ ثبت کنید.

۲ حدود ۲۵٪ سطح پنل را با لایه نازکی از گردوغبار پوشانده. ولتاژ خروجی و جریان اتصال کوتاه را اندازه‌گیری و در جدول ۹ ثبت کنید.

۳ حدود ۵۰٪ سطح پنل را با لایه نازکی از گردوغبار پوشانده، ولتاژ خروجی و جریان اتصال کوتاه را اندازه‌گیری و در جدول ۹ ثبت کنید.

۴ حدود ۷۵٪ سطح پنل را با لایه نازکی از گردوغبار پوشانده . ولتاژ خروجی و جریان اتصال کوتاه را اندازه‌گیری و در جدول ۹ ثبت کنید.

۵ کل سطح پنل را با یک لایه یکنواخت از گردوغبار بپوشانید. ولتاژ پنل را را ثبت کنید.

جدول ۹ــ اثر آلودگی روی ولتاژ خروجی و جریان اتصال کوتاه پنل با وات‌های مختلف

	ولتاژ و جریان پنل با توان ۵ وات	ولتاژ و جریان پنل با توان ۱۰ وات	ولتاژ و جریان اتصال کوتاه پنل با توان ۲۰ وات
درصد آلودگی/ ولتاژ			
٪ ۰			
٪ ۲۵			
٪ ۵۰			
٪ ۷۵			
٪ ۹۰			

فعالیت

نمودار ولتاژ خروجی پنل نسبت به درصد آلودگی روی آن را رسم نمایید.

پرسش

۱ کدام عامل تأثیر بیشتری بر کاهش ولتاژ داشت؛ سایه یا آلودگی؟
۲ آیا کاهش ولتاژ با افزایش سایه خطی است؟
۳ چرا وجود سایه روی بخشی از پنل می‌تواند عملکرد کل پنل را کاهش دهد؟
۴ تمیزکردن منظم پنل چه تأثیری بر تولید انرژی دارد؟

بنابراین شست‌وشوی دوره‌ای پنل‌ها اهمیت زیادی دارد.

۳ـ عوامل فنی و سیستمی

عوامل فنی و سیستمی شامل نوع مدول خورشیدی، راندمان تبدیل انرژی، مساحت سطح فعال، کیفیت ساخت و نحوه اتصال مدول‌ها به یکدیگر و تلفات سیستم است. چرا که تلفات موجود در بخش‌های مختلف سیستم فتوولتاییک مانند کابل‌ها، اتصالات و تجهیزات کنترلی می‌تواند بر مقدار انرژی نهایی تولیدی اثرگذار باشد.
در عملکرد سیستم‌های خورشیدی، محل نصب نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان انرژی تولیدی دارد و باید حتماً از سه دیدگاه اصلی که در صفحات قبل به آنها اشاره شد بررسی شود . در مجموع، تنها در صورت رعایت هم‌زمان این سه دسته عوامل، می‌توان به بیشترین بازده و تولید انرژی در سیستم‌های خورشیدی دست یافت. بررسی این عوامل در پودمان بعدی و در قالب یک مثال عددی ارائه خواهد شد تا تأثیر آنها در عملکرد واقعی سیستم به‌صورت کاربردی تحلیل شود.

خودآزمایی

۱ مفهوم شاخص «ساعت اوج تابش» را تعریف کرده و توضیح دهید چرا طراحان سیستم‌های خورشیدی به جای طول مدت زمان روشنایی روز، از این شاخص برای محاسبات توان و تعداد پنل‌ها استفاده می‌کنند؟
۲ سلول‌های خورشیدی مونوکریستال و پلی‌کریستال را از نظر ساختار کریستالی، ظاهر فیزیکی، راندمان تجاری و مساحت موردنیاز برای تولید یک توان مشخص مقایسه نمایید.
۳ تأثیر افزایش دما و تغییر زاویه تابش خورشید را بر مشخصه‌های الکتریکی پنل خورشیدی (ولتاژ مدار باز Voc و جریان اتصال کوتاه Isc) با ذکر دلیل علمی توضیح دهید.
۴ پدیده سایه‌اندازی متقابل (Inter-row Shading) در چیدمان آرایه‌های خورشیدی چیست و چه تدابیری در فاصله و ارتفاع نصب پنل‌ها برای جلوگیری از آن باید درنظر گرفته شود؟

ارزشیابی شایستگی امکان‌سنجی محل نصب

نام و نام خانوادگی:		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۴۱۱۱۲	حرفه	برقکاران	کدپیمانه/پودمان	۷۴۱۱۱۲۰۳۲
کد وظیفه شغل	۷۴۱۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند	سطح صلاحیت	L۲
کد کار	۷۴۱۱۱۲۰۳۲۱	کار	امکان سنجی محل نصب	سطح شایستگی	مهارت

استاندارد عملکرد کار:
توانایی امکان‌سنجی محل نصب سامانه خورشیدی با نرم‌افزار

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	برآورد مساحت محل نصب پنل	رایانه، نرم‌افزار و اینترنت ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	محاسبه کامل و نصب نرم‌افزار	۳	
				محاسبه محل نصب و تعیین زاویه با اشتباهات جزیی	۲	
				فقط نصب نرم‌افزار انجام دهد.	۱	
۲	اندازه‌گیری ولتاژ خروجی یک صفحه خورشیدی در زوایای مختلف	مدول خورشیدی، مولتی‌متر، گیره، جدول ثبت نتایج، زمان‌سنج، تجهیزات حفاظتی (دستکش، عینک)، نور کافی یا شرایط آفتابی مناسب ۴۵ دقیقه محیط باز مانند حیاط هنرستان	مشاهده مستقیم، چک‌لیست مراحل اندازه‌گیری، بررسی نحوه تغییر زاویه و ثبات پنل، کنترل صحت قرائت ولتاژ، ثبت نتایج در جدول، پرسش شفاهی	ولتاژ خروجی در تمامی زوایای مشخص به‌درستی اندازه‌گیری و ثبت شده، پنل به‌درستی زاویه‌دهی شده، قرائت‌ها دقیق و مطابق روش استاندارد انجام شده‌اند و داده‌ها قابل تحلیل هستند.	۳	
				بیش از نیمی از اندازه‌گیری‌ها به‌درستی انجام شده، اما در برخی زاویه‌ها، ثبت یا ثبات پنل دارای اشکال جزئی بوده و نیاز به راهنمایی دارد.	۲	
				اندازه‌گیری ولتاژ ناقص، نادرست یا نامنظم انجام شده، زاویه پنل کنترل نشده و داده‌ها قابل تحلیل نیستند.	۱	
۳	تعیین زاویه نصب مدول خورشیدی	مدول خورشیدی، مولتی‌متر، گیره، جدول ثبت نتایج، زمان‌سنج، تجهیزات حفاظتی (دستکش، عینک)، نور کافی یا شرایط آفتابی مناسب ۴۵ دقیقه محیط باز مانند حیاط هنرستان	مشاهده مستقیم، چک‌لیست مراحل انجام، بررسی دقت زاویه‌دهی، کنترل ثبت داده‌ها، پرسش شفاهی	زاویه نصب ماژول خورشیدی با توجه به عرض جغرافیایی یا شرایط تعیین‌شده به‌درستی محاسبه و تنظیم شده و آماده اندازه‌گیری یا بهره‌برداری است.	۳	
				بیش از نیمی از مراحل تعیین زاویه و نصب به‌درستی انجام شده، اما در تنظیم زاویه دقیق یا ثبات نصب اشکالات جزئی وجود دارد که با راهنمایی قابل اصلاح است	۲	
				زاویه نصب اشتباه یا ناپایدار است، داده‌ها ثبت نشده یا نصب به‌گونه‌ای است که بهره‌برداری بهینه از انرژی خورشیدی امکان‌پذیر نیست.	۱	
۴	بررسی اثر سایه در سلول‌های فتوولتاییک	پنل یا سلول فتوولتاییک، مولتی‌متر یا ولت‌متر و آمپرمتر، بار الکتریکی مناسب، اجسام ایجادکننده سایه، پایه نگهدارنده پنل، فرم ثبت نتایج، تجهیزات ایمنی ۴۵ دقیقه محیط باز مانند حیاط هنرستان	مشاهده مستقیم، چک‌لیست مراحل آزمایش، بررسی نحوه ایجاد سایه و اندازه‌گیری‌ها، ارزیابی ثبت و تحلیل نتایج، پرسش شفاهی	اثر سایه در شرایط مختلف به‌درستی بررسی شده، اندازه‌گیری‌های ولتاژ و جریان با دقت انجام و ثبت شده‌اند و هنرجو تأثیر سایه بر عملکرد سلول یا پنل فتوولتاییک را به‌درستی تحلیل و تفسیر می‌کند.	۳	
				بیش از نیمی از مراحل آزمایش و ثبت نتایج به‌درستی انجام شده است، اما در اندازه‌گیری‌ها، ثبت داده‌ها یا تحلیل نتایج اشکالات جزئی وجود دارد که با راهنمایی قابل اصلاح است.	۲	
				آزمایش به‌صورت ناقص یا نادرست انجام شده، اندازه‌گیری‌ها معتبر نیستند یا هنرجو قادر به تشخیص و تحلیل اثر سایه بر عملکرد سلول‌های فتوولتاییک نیست.	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نظم و نظافت محیط کار، استفاده صحیح از ابزار و تجهیزات، مدیریت پسماندها و ضایعات، همکاری با دیگران، مسئولیت‌پذیری و رعایت اخلاق حرفه‌ای در طول انجام فعالیت‌ها	مشاهده مستقیم، چک‌لیست رفتاری، ثبت عملکرد، پرسش شفاهی، ارزیابی مستمر در حین کار	رعایت نسبی اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، با خطاهای جزئی در حین انجام کار.	۲	
				عدم رعایت اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، یا بروز خطاهای جدی در نگرش و رفتار کاری.	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:
۱ـ معیار شایستگی انجام کار:
ـ کسب حداقل نمره ۲ از مراحل اندازه‌گیری ولتاژ خروجی یک صفحه خورشیدی در زوایای مختلف و بررسی اثر سایه در سلول‌های فتوولتاییک (مراحل بحرانی)
ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش
ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار
۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.
* مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها
* تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲ : برآورد برق مصرفی

آیا می‌دانید

۱ پنل‌ها چگونه سری یا موازی می‌شوند؟
۲ اثر سایه چه تأثیراتی بر پارامترهای الکتریکی پنل خورشیدی می‌گذارد؟
۳ نقطه کار پنل‌های خورشیدی چگونه محاسبه می‌شود؟
۴ برق DC تولیدی توسط پنل خورشیدی چگونه به برق AC تبدیل می‌شود؟
۵ اجزای سیستم فتوولتاییک شامل چه قطعاتی است و چگونه کار می‌کنند؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود پنل‌های مختلف را سری موازی نموده، نقطه کار را تعیین کرده و پارامترهای ناسازگار را شناسایی کنند. همچنین با اجزای سیستم فتوولتاییک آشنا شده و کارکرد هر یک را بدانند.

مقدمه

پنل‌های خورشیدی را می‌توان با توجه به ولتاژ و جریان موردنیاز، به‌صورت سری، موازی و یا سری ـ موازی به یکدیگر متصل نمود. در اتصال سری، ولتاژ خروجی افزایش یافته در حالی‌که در اتصال موازی، جریان خروجی بیشتر می‌شود. انتخاب نوع اتصال به شرایط طراحی سامانه فتوولتاییک بستگی دارد.

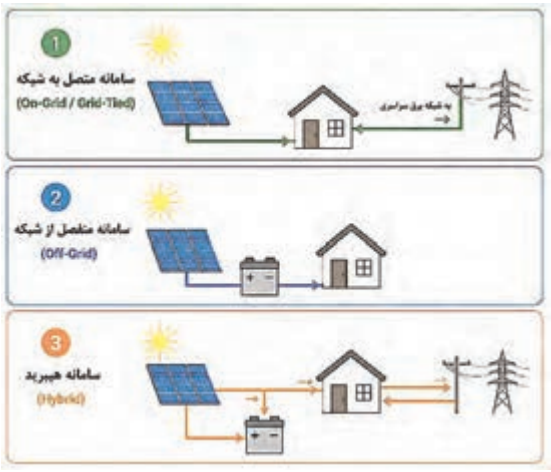
سامانه‌های فتوولتاییک

سامانه‌های فتوولتاییک (PV Systems) بر اساس نحوهٔ اتصال به شبکه و نوع ذخیره‌سازی انرژی به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

۱ **سامانه متصل به شبکه (On-Grid / Grid-Tied)**: سامانه آن‌گرید (On-Grid) سیستمی فتوولتاییک است که انرژی تولیدی پنل‌های خورشیدی را مستقیماً به برق AC تبدیل کرده و به شبکه برق سراسری تزریق می‌کند و برای کارکرد به شبکه وابسته است. در این سیستم از باتری برای ذخیره‌سازی انرژی استفاده نمی‌شود و در زمان قطع شبکه نیز سیستم از کار می‌افتد.

۲ **سامانه منفصل از شبکه (Off- Grid)**: سامانه مستقل از شبکه (Off-Grid) یک سیستم فتوولتاییک است که بدون اتصال به شبکه برق سراسری کار می‌کند و انرژی تولیدی را در باتری ذخیره می‌نماید. این سیستم برای تأمین برق در مناطق دورافتاده و بدون دسترسی به شبکه استفاده می‌شود.

۳ **سامانه هیبرید (Hybrid)**: سامانه هیبرید (Hybrid) یک سیستم فتوولتاییک ترکیبی است که هم به شبکه برق سراسری متصل می‌شود و هم از باتری برای ذخیره انرژی استفاده می‌کند. این سیستم امکان تأمین برق پایدار در شرایط قطع شبکه و مدیریت هوشمند انرژی را فراهم می‌سازد. در شکل ۲۲ نحوهٔ اتصال این سه سامانه نشان داده شده است.



شکل ۲۲ـ مقایسه سه مدل مختلف سامانه‌های فتوولتاییک

در قسمت‌های بعدی جزئیات این سامانه‌ها به تفصیل بیان می‌شود.

آرایش پنل‌های خورشیدی

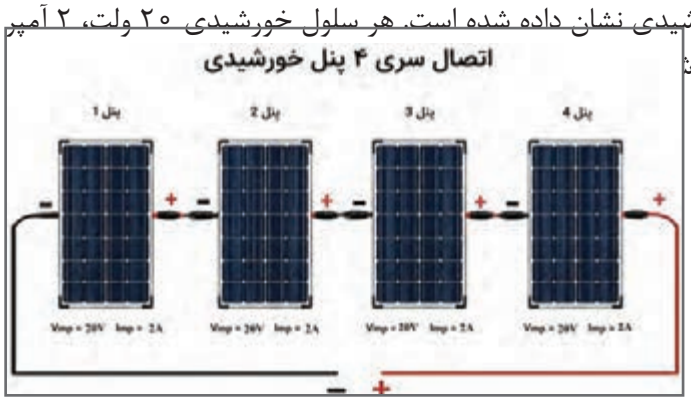
چیدمان یا آرایش پنل‌های خورشیدی نقش مهمی در عملکرد کلی سیستم دارد. انتخاب آرایش مناسب باعث می‌شود ولتاژ و جریان مورد نیاز بهینه شود، اثر سایه کاهش یابد و بازده انرژی افزایش پیدا کند. به‌طور کلی

سه روش اصلی برای اتصال و آرایش پنل‌ها وجود دارد که عبارتند از:

۱ آرایش سری پنل‌ها ۲ آرایش موازی ۳ آرایش سری ـ موازی

۱ آرایش سری (Series): پنل‌ها معمولاً برای افزایش ولتاژ کل آرایه سری می‌شوند. هر پنل ولتاژ مشخصی تولید می‌کند و با اتصال سری، ولتاژها جمع می‌شوند، در حالی که جریان همان جریان یک پنل باقی می‌ماند. این کار به‌ویژه وقتی نیاز ولتاژ بالاتر یا انتقال انرژی به فاصله طولانی می‌باشد، ضروری است .به چند سلول خورشیدی که با یکدیگر سری شده‌اند «استرینگ یا رشته» می‌گویند. در اتصال سری، سر مثبت یک پنل به سر منفی پنل بعدی وصل می‌شود. به عنوان مثال اگر دو پنل با ولتاژ ۱۲ ولت و ۵ جریان آمپر با یکدیگر سری شوند یک پنل ۲۴ ولت، ۵ آمپر تشکیل می‌شود.

در شکل ۲۳ اتصال سری چهار پنل خورشیدی نشان داده شده است. هر سلول خورشیدی ۲۰ ولت، ۲ آمپر است. ولتاژ و جریان کل چهار سلول خورش

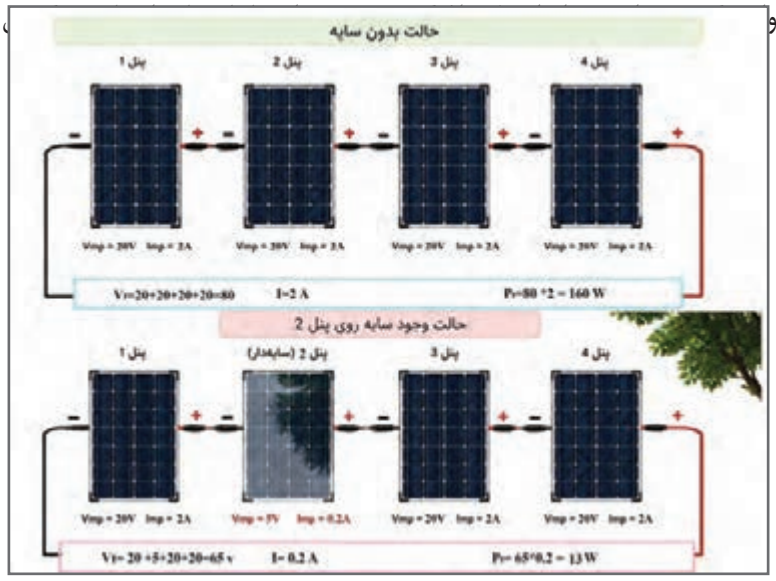


$$V_{mp\,-\,total} = ۲۰ + ۲۰ + ۲۰ + ۲۰ = ۸۰V$$

$$I_{mp\,-\,total} = ۲A$$

شکل ۲۳ــ اتصال سری چهار پنل یکسان

اثر سایه در آرایش سری: در آرایش سری، جریان کل آرایه تابع ضعیف‌ترین پنل است. یعنی اگر روی یکی از پنل‌های سری شده سایه بیفتد، جریان آن افت کرده و مثل سد عمل می‌کند؛ در نتیجه جریان کل پنل‌های سری شده افت خو رخ می‌دهد.



شکل ۲۴ــ اثر سایه در اتصال سری

همان‌طور که در شکل ۲۴ مشاهده می‌شود، وقتی روی پنل شماره ۲ سایه می‌افتد، توانایی تولید جریان آن به شدت کاهش می‌یابد (از ۲ آمپر به ۰/۲ آمپر)، همچنین به‌دلیل وجود سایه ولتاژ پنل ۲ نیز کاهش می‌یابد، در نتیجه توان کل که حاصل‌ضرب ولتاژ در جریان است برابر با ۱۳ وات می‌شود.

نکته

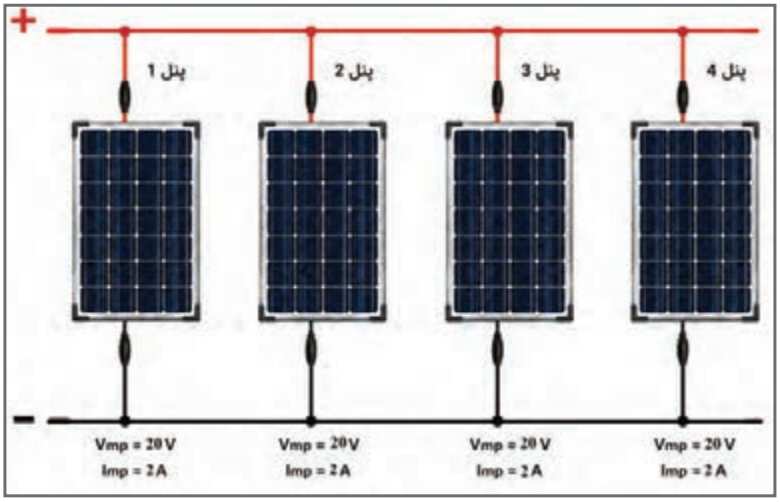
در عمل با استفاده از تجهیزات الکترونیکی، یک مسیر جایگزین و میان‌بر برای جریان، وقتی که یک بخش از پنل سایه می‌شود، ایجاد می‌گردد با این کار افت توان وحشتناک نبوده و حدود ۲۰ الی ۳۰ درصد توان افت می‌کند.

۲ آرایش موازی (parallel):

پنل‌ها معمولاً برای افزایش جریان کل سیستم به‌صورت موازی متصل می‌شوند. در این اتصال، ولتاژ کل برابر ولتاژ یک پنل باقی می‌ماند، اما جریان‌های هر پنل جمع می‌شوند و باعث می‌شود بتوانند بارهای بزرگ‌تر یا طول کابل‌های طولانی‌تر را تغذیه کنند در اتصال موازی، سرهای مثبت همه پنل‌ها به هم و سرهای منفی همه پنل‌ها به هم وصل می‌شوند.

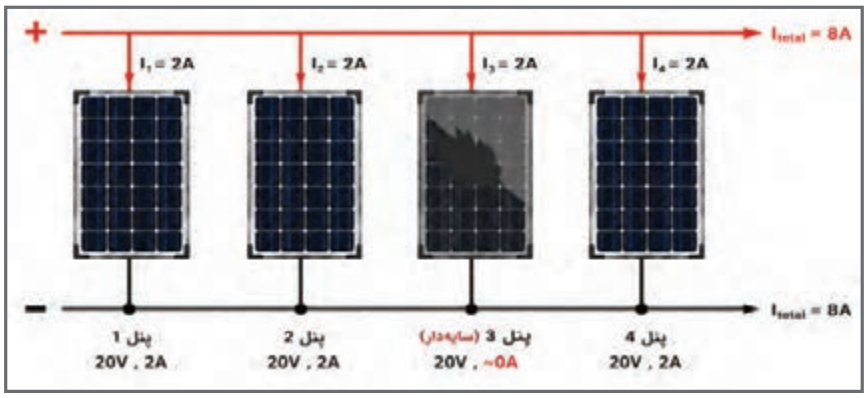
به عنوان مثال اگر دو پنل با ولتاژ ۱۲ ولت و ۵ جریان آمپر با یکدیگر موازی شوند یک پنل ۱۲ ولت، ۱۰ آمپر تشکیل می‌شود. در شکل ۲۵ اتصال موازی چهار پنل خورشیدی نشان داده شده است. هر سلول خورشیدی ۲۰ ولت، ۲ آمپر است. ولتاژ و جریان کل چهار سلول خورشیدی مشابه که موازی شده، به ترتیب ۲۰ ولت و ۸ آمپر است.

$$V_{mp\,-\,total} = ۲۰A$$
$$I_{mp\,-\,total} = ۲ + ۲ + ۲ + ۲ = ۸A$$



شکل ۲۵ـ اتصال موازی چهار پنل یکسان

اثر سایه در آرایش موازی: در آرایش موازی، سایه روی یک پنل تأثیر مستقیم روی جریان کل ندارد ولی اگر ولتاژ پنل سایه‌دار خیلی پایین بیاید، جریان از سایر پنل‌ها جریان می‌یابد و باعث گرمای موضعی غرب می‌شود.



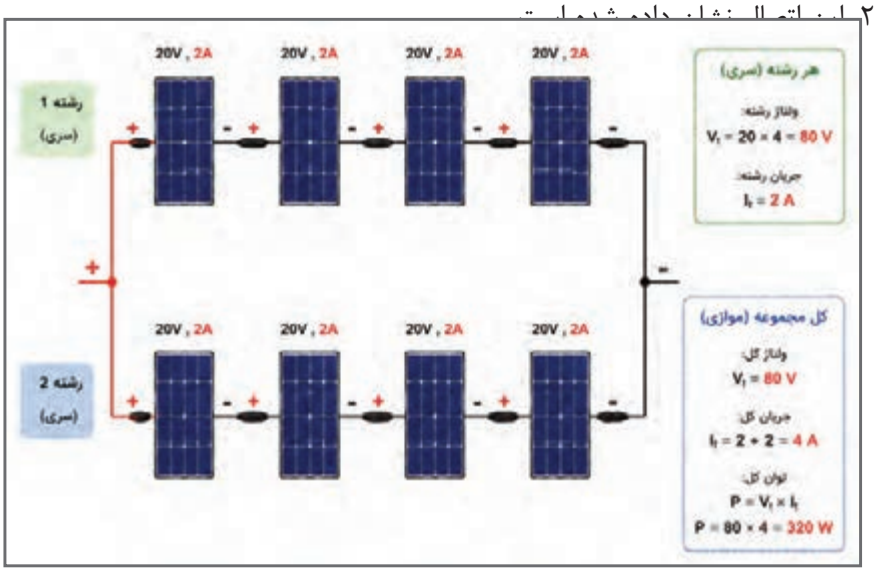
شکل ۲۶ــ اثر سایه در اتصال موازی

نکته

در آرایش سری یا موازی، بهتر است از پنل‌های کاملاً هم‌نام و با مشخصات یکسان (یک برند و یک توان) استفاده شود. مخلوط کردن پنل‌های متفاوت راندمان سیستم را به شدت خراب می‌کند. پنل‌ها باید از نظر نوع سلول، تکنولوژی، ولتاژ مدار باز (V_{oc}) و جریان در توان ماکزیمم (I_{mp}) نزدیک به‌هم باشند تا اختلاف عملکرد نداشته باشند.

۳ آرایش سری ــ موازی:

آرایش سری ـ موازی در سیستم‌های فتوولتاییک ترکیبی از اتصال سری و موازی پنل‌ها است که برای افزایش همزمان ولتاژ و جریان استفاده می‌شود. در این روش ابتدا پنل‌ها به صورت سری برای افزایش ولتاژ به رشته‌هایی تبدیل می‌شوند و سپس این رشته‌ها به صورت موازی برای افزایش جریان به هم متصل می‌گردند. در شکل ۲۷ [illegible]



شکل ۲۷ــ اتصال سری ــ موازی دو رشته پنل ۴ تایی

محاسبه نقطه کار سلول‌های فتوولتاییک

در سامانه‌های فتوولتاییک، با استفاده از اتصال سری و موازی مدول‌های خورشیدی، می‌توان ولتاژ و جریان مورد نیاز را متناسب با توان خروجی سیستم تنظیم کرد. در سامانه‌های منفصل از شبکه معمولاً ولتاژهای ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ولت DC استفاده می‌شود. در سامانه‌های متصل به شبکه، با اتصال سری تعداد بیشتری از پنل‌ها، ولتاژ DC افزایش یافته و معمولاً تا حدود ۶۰۰ ولت، ۱۰۰۰ ولت یا ۱۵۰۰ ولت (بسته به طراحی سیستم) می‌رسد. در طراحی آرایه‌های خورشیدی باید شرایطی فراهم شود تا پنل‌ها در شرایط مشابه کار کرده و نقطه توان ماکزیمم (MPP) سیستم در بازده مناسب قرار گیرد.

تعیین نقطه کار:

ابتدا با در نظر گرفتن شرایط استاندارد آزمون (STC)، مدول‌های خورشیدی را در راستای تابش نور قرار داده تا خروجی DC آن به دست آید. سپس ولتاژ خروجی اندازه‌گیری می‌گردد. این مقدار با مقدار درج‌شده روی پلاک مشخصات مدول مقایسه می‌شود.

در مرحله بعدی، مولتی‌متر روی حالت اندازه‌گیری جریان (A) قرار می‌گیرد (معمولاً رنج آن را تا ۱۰ آمپر تنظیم می‌کنند). سپس در همان شرایط قبلی، مقدار جریان اتصال کوتاه (Isc) را اندازه‌گیری می‌کنند. این مقدار اندازه‌گیری‌شده با مقدار درج شده روی پلاک مدول خورشیدی مقایسه می‌شود.

برای ترسیم مشخصه ولتاژ ـ جریان مدول خورشیدی، ابتدا دو محور مختصات را روی کاغذ شطرنجی رسم می‌کنند. محور افقی به ولتاژ و محور عمودی به جریان اختصاص داده می‌شود. سپس مقیاس مناسب برای هر محور انتخاب شده و مقادیر ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه روی نمودار مشخص می‌گردد.

به‌طور تقریبی، ولتاژ نقطه کار مدول خورشیدی حدود ۸۰ درصد ولتاژ مدار باز و جریان نقطه کار حدود ۹۰ درصد جریان اتصال کوتاه در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، برای تعیین نقطه توان بیشینه، ابتدا ولتاژ متناظر با توان بیشینه از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$V_{mp} = ۰/۸ \times V_{oc}$$

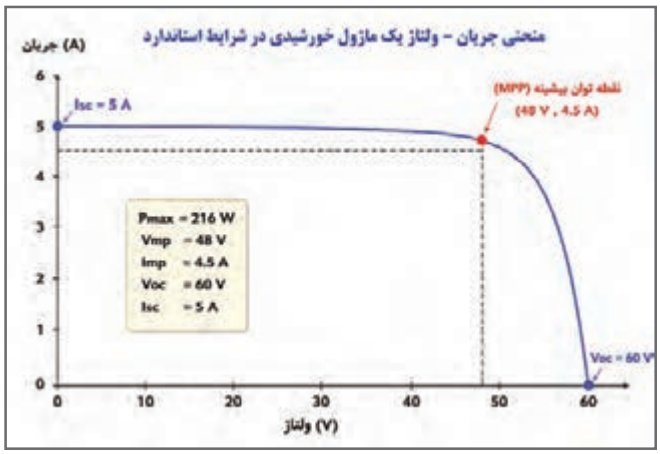
سپس جریان متناظر با توان بیشینه نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$I_{mp} = ۰/۹ \times I_{sc}$$

پس از محاسبه این دو مقدار، از نقطه مربوط به V_{mp} خطی عمود بر محور ولتاژ رسم می‌شود. همچنین از مقدار I_{mp} خطی موازی محور ولتاژ ترسیم می‌گردد. محل تقاطع این دو خط، نقطه تقریبی توان بیشینه مدول خورشیدی را نشان می‌دهد. حاصل‌ضرب ولتاژ و جریان در این نقطه، توان بیشینه مدول خورشیدی است که با P_{mp} نمایش داده می‌شود:

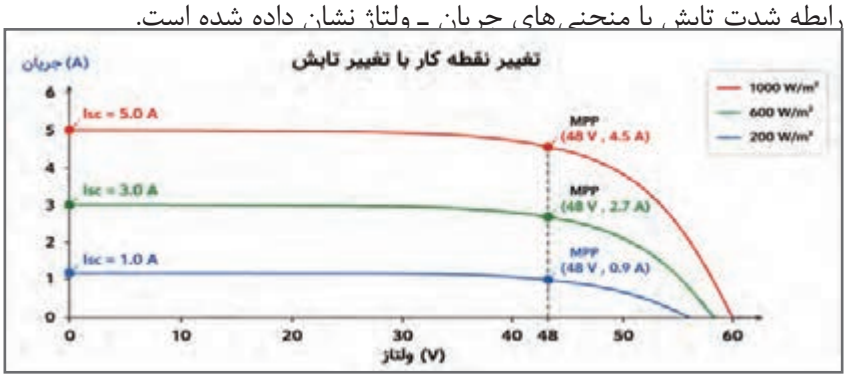
$$P_{mp} = V_{mp} \times I_{mp}$$

این نقطه، ناحیه‌ای را مشخص می‌کند که مدول خورشیدی در آن بیشترین توان قابل دریافت را تولید می‌کند.



شکل ۲۸ـ تعیین نقطه کار در منحنی جریان ـ ولتاژ در شرایط استاندارد

در شکل ۲۹ رابطه شدت تابش با منحنی‌های جریان ـ ولتاژ نشان داده شده است.



شکل ۲۹ـ اثر تغییر شدت تابش خورشیدی بر MPP

همانطور که مشاهده می‌شود با کاهش شدت تابش، نقطه کار پایین‌تر رفته و توان حداکثر کمتر می‌شود. قبلاً نیز اشاره شده بود، کاهش شدت تابش باعث کاهش شدید جریان حداکثر شده ولی ولتاژ را کمی کاهش می‌دهد.

کار عملی

هدف: محاسبه نقطه کار در حالت سری

ابزار، مواد و تجهیزات موردنیاز: مدول‌های خورشیدی در چند توان مختلف

الف) سری کردن مدول‌ها

۱ دو مدول همسان (توان‌های مساوی) را از انبار تحویل گرفته و ابتدا در یک زاویه ثابت مثلاً ۳۰ درجه ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه هر یک از پنل‌ها را به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری کرده و در جدول ۱۰ یادداشت نمایید.

تذکر: دقت شود که آزمایش در یک شرایط استاندارد و تقریباً یکسان از نظر تابش و زاویه انجام شود.

۲ مطابق توضیحات ارائه شده در متن، حداکثر ولتاژ، جریان و توان را برای هر یک از حالت‌های مدول تکی را محاسبه و در جدول ۱۰ بنویسید

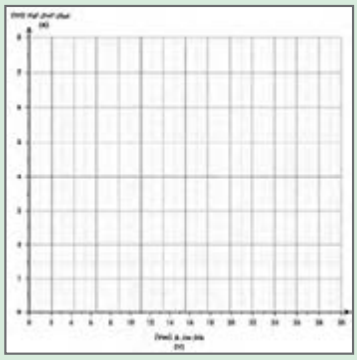
۳ دو مدول را به‌صورت سری اتصال داده و ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه را اندازه‌گیری کرده و در جدول ۱۰ یادداشت نمایید.

۴ مشابه مرحله ۲ حداکثر ولتاژ، جریان وتوان را برای حالت سری شده دو مدول را محاسبه و در جدول بنویسید.

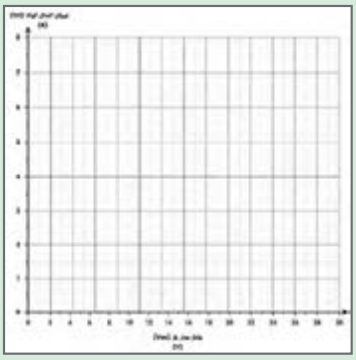
جدول ۱۰ــ اندازه‌گیری پارامترهای الکتریکی در حالت سری

	V_{oc}	I_{sc}	V_{mp}	I_{mp}	P_{mp}
مدول اول					
مدول دوم					
مدول‌های سری شده					

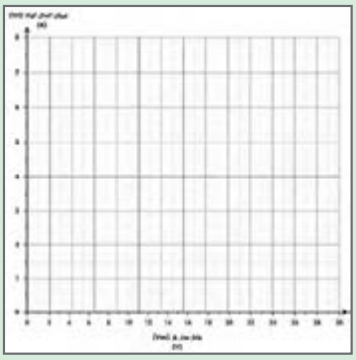
نقطه کار را برای هریک از حالت‌ها در کادرهای شطرنجی زیر رسم نمایید.



مدول اول



مدول دوم



مدول‌های سری شده

ب) اثر سایه بر مدول‌های سری شده

روی یکی از مدول‌ها را با یک مقوا ۲۵ درصد سایه انداخته و با اندازه‌گیری و محاسبه مقادیر خواسته شده جدول ۱۱ را تکمیل نمایید.

جدول ۱۱ــ اندازه‌گیری پارامترهای الکتریکی در حالت سایه و اتصال سری

	V_{oc}	I_{sc}	V_{mp}	I_{mp}	P_{mp}
مدول اول (سایه‌دار)					
مدول دوم					
مدول‌های سری شده					

سؤال

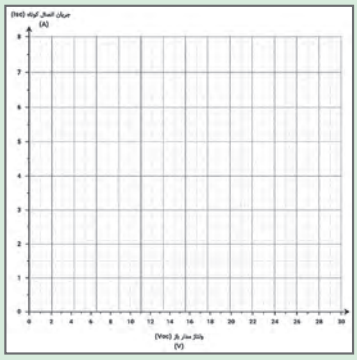
به سؤالات زیر پاسخ دهید.

چه تغییری در I_{sc} رخ می‌دهد؟

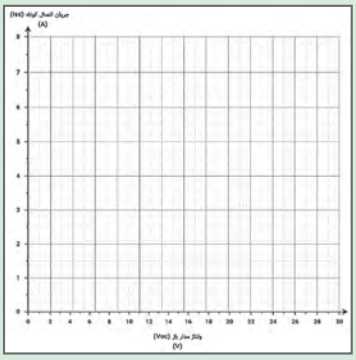
آیا V_{oc} تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.

توان کل چگونه تغییر می‌کند؟

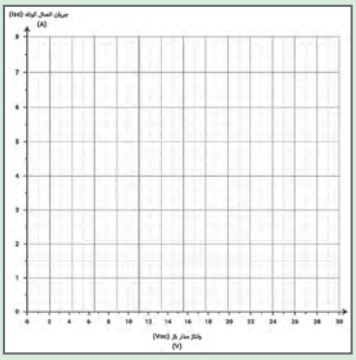
نقطه کار را برای هریک از حالت‌ها در کادرهای شطرنجی زیر رسم نمایید:



مدول اول (سایه‌دار)



مدول دوم



مدول‌های سری شده

سؤال

در حالت سایه‌دار، منحنی I–V نسبت به حالت بدون سایه چه تغییراتی می‌کند؟

تحقیق کنید

با استفاده از قابلیت‌های هوش مصنوعی بررسی کنید کار عملی انجام شده چه کاربردی دارد؟

پارامترهای ناسازگار سیستم‌های فتوولتاییک

در سیستم‌های فتوولتاییک (خصوصاً در اتصال سری و موازی)، پارامتر ناسازگار[1] یعنی پارامتری که بین پنل‌ها برابر نیست و باعث افت عملکرد کل آرایه می‌شود به‌وجود می‌آید. همانطور که قبلاً گفته شد در عمل ۳ پارامتر مهم بیشترین نقش را دارند:

۱ **جریان در نقطه توان ماکزیمم (I_{mp}):** در حالت سری کل جریان توسط ضعیف‌ترین مدول محدود می‌شود. این پارامتر مهم‌ترین پارامتر ناسازگاری در حالت سری است.

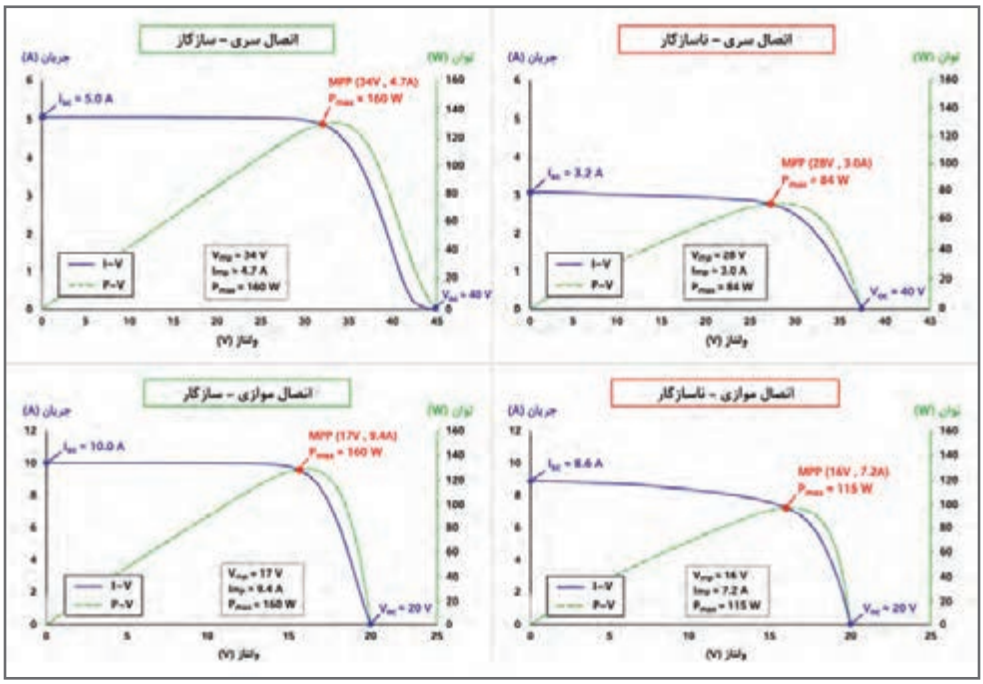
۲ **ولتاژ در نقطه توان ماکزیمم (V_{mp}):** این پارامتر در حالت موازی اهمیت دارد. اختلاف ولتاژ باعث عدم مطابقت در نقطه کار، تلفات و ... می‌شود.

۳ **توان نامی (P_{mp}) :** این پارامتر به تنهایی رخ نمی دهد بلکه وابسته به جریان یا ولتاژ در نقطه ماکزیمم است.

۱ـ Mismatch Parameter

بنابراین در حالت بدون پارامتر ناسازگار، منحنی جریان ـ ولتاژ یک قله یا نقطه کار واضح دارد اما هنگامی که پارامتری ناسازگار وجود داشته باشد، در حالت سری تمام منحنی به سمت پایین فشرده شده و در حالت موازی منحنی ناهمواری پیدا می‌کند.

به عنوان مثال در منحنی‌های نشان داده شده در شکل ۳۰، دو پنل همسان با ولتاژ مدار باز ۲۰ ولت و جریان اتصال کوتاه ۵ آمپر سری و در حالتی دیگر موازی شده‌اند. منحنی‌های I–V دو حالت سازگار و ناسازگار نشان داده شده است.



شکل ۳۰ـ منحنی‌های جریان ولتاژ در دو اتصال سری یا موازی و حالت سازگار و ناسازگار

در جدول ۱۲ مقایسه بین حالت‌های سازگار و ناسازگار در اتصال سری و موازی انجام شده است.

جدول ۱۲ـ مقایسه بین حالت‌های سازگار و ناسازگار در اتصال سری و موازی

حالت	وضعیت	ولتاژ	جریان	توان	شکل منحنی V-I	رفتار MPP
سری	سازگار	جمع ولتاژها	ثابت (برابر با جریان یک پنل)	بالا و پایدار	یکنواخت	واضح و یک نقطه
سری	ناسازگار	زیاد	کاهش یافته (محدود به جریان ضعیف‌ترین پنل)	کاهش شدید	افت جریان	کم وجابجا شده
موازی	سازگار	ثابت (ولتاژ یک پنل)	زیاد (جمع جریان‌ها)	بالا	پایدار	MPP واضح
موازی	ناسازگار	تقریباً ثابت	کمتر از حالت ایده‌آل	کاهش متوسط	خمیدگی	نامتقارن/ کاهش راندمان

اجزای سیستم فتوولتاییک

همان‌طور که گفته شد از سیستم فتوولتاییک برای تبدیل انرژی نورانی خورشید به انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. مهم‌ترین اجزای این سیستم عبارتند از :

۱ صفحه خورشیدی:

مهم‌ترین بخش سیستم صفحه خورشیدی است. این صفحات نور خورشید را به برق DC یا جریان مستقیم تبدیل می‌کنند. نکات کامل در درس‌های گذشته ارائه گردید.



شکل ۳۱ـ یک مدول خورشیدی

۲ اینورتر:

برق تولیدی پنل‌ها DC است، اما بیشتر تجهیزات و شبکه برق با AC کار می‌کنند. در حقیت اینورتر وسیله‌ای است که برق را از DC به AC تبدیل می‌کند. اینورتر از نظر اتصال به شبکه برق سراسری در سیستم‌های فتوولتاییک انواع مختلفی دارد:

اینورتر مستقل از شبکه Off-Grid Inverter:

اینورتر Off-Grid سیستمی است که برق DC تولیدی پنل خورشیدی یا باتری را به برق AC تبدیل می‌کند بدون اینکه به شبکه برق شهری وابسته باشد. این اینورتر برای تأمین مستقل انرژی طراحی شده و معمولاً همراه باتری برای ذخیره‌سازی انرژی در شب یا زمان نبود تابش خورشید استفاده می‌شود.



شکل ۳۲ـ اینورتر مستقل از شبکه Off-Grid

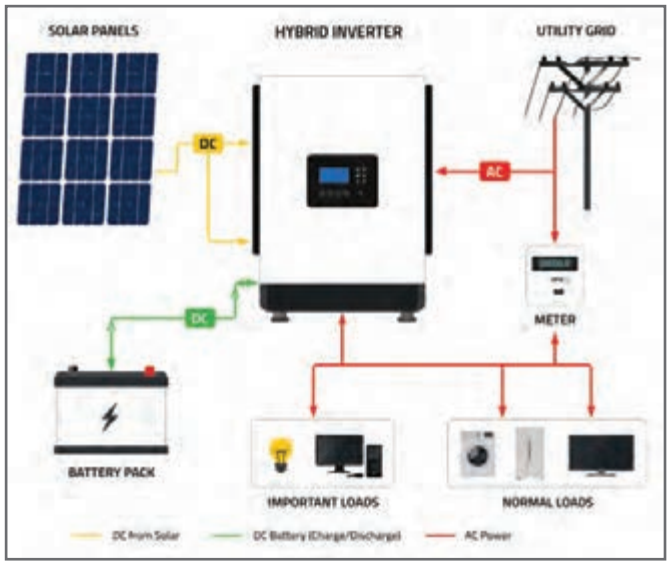
اینورتر متصل به شبکه (Grid-Tie Inverter):

اینورتر متصل به شبکه دستگاهی است که برق DC تولیدشده توسط پنل‌های خورشیدی را به برق AC هماهنگ با شبکه شهری تبدیل می‌کند و مستقیماً به شبکه تزریق می‌کند. این نوع اینورتر بدون نیاز به باتری کار می‌کند و فقط در حضور برق شبکه فعال است.



شکل ۳۳ـ اینورتر مستقل از شبکه On-Grid

اینورتر هیبریدی (Hybrid Inverter): دستگاهی است که هم‌زمان می‌تواند انرژی خورشیدی را به برق AC تبدیل کند و با شبکه برق یا باتری کار کند. این نوع اینورتر مدیریت هوشمند بین پنل خورشیدی، باتری و شبکه را انجام می‌دهد تا بیشترین بهره‌وری و پایداری انرژی را فراهم کند.



شکل ۳۴ـ ساختار اتصال اینورتر هیبرید به سیستم فتوولتاییک

۳ باتری ذخیره‌ساز (battery):

در سیستم‌های مستقل از شبکه یا هیبریدی استفاده می‌شود. باتری انرژی تولیدشده در روز را ذخیره می‌کند تا در شب یا زمان قطعی برق استفاده شود. باتری در سیستم خورشیدی نقش ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی را دارد.

نقش باتری در سیستم فتوولتاییک

- ذخیره انرژی مازاد تولید روز
- تأمین برق در شب
- جبران نوسان تولید در هوای ابری
- افزایش پایداری سیستم Off-grid و Hybrid

جدول ۱۳ـ انواع باتری در سیستم‌های فتوولتاییک

نوع باتری	ویژگی	کاربرد
سرب ـ اسید (Lead Acid)	ارزان، عمر کمتر	سیستم‌های اقتصادی
AGM / Gel	بدون نیاز به نگهداری	سیستم‌های متوسط
لیتیوم-یون	راندمان بالا، سبک	سیستم‌های مدرن
LiFePO4	ایمن‌ترین و پایدارترین	بهترین گزینه برای PV



شکل ۳۵ـ انواع باتری

۴ کنترل شارژ (charge controller):

کنترل‌کننده شارژ یکی از اجزای حیاتی در سیستم‌های فتوولتاییک (PV) مستقل از شبکه (Off-Grid) است. نقش اصلی این دستگاه، مدیریت و تنظیم ولتاژ و جریان ورودی از پنل‌های خورشیدی به باتری‌هاست تا از آسیب دیدن آنها جلوگیری کند.

■ **وظایف و نقش‌های اصلی کنترلر شارژ:** باتری‌ها قلب ذخیره‌سازی انرژی در سیستم‌های خورشیدی هستند، اما بسیار حساس و گران‌قیمت‌اند. کنترلر شارژ به عنوان یک محافظ هوشمند برای باتری عمل می‌کند و وظایف زیر را بر عهده دارد:

جلوگیری از شارژ بیش از حد: اگر پنل‌های خورشیدی پس از پر شدن باتری همچنان به فرستادن جریان ادامه دهند، باتری داغ شده، الکترولیت آن تبخیر می‌شود و خطر تورم یا حتی انفجار وجود دارد. کنترلر شارژ با رسیدن ولتاژ باتری به حد اشباع، جریان را قطع یا محدود می‌کند.

■ **جلوگیری از تخلیه بیش از حد:** تخلیه کامل باتری (به خصوص باتری‌های لید-اسید) عمر مفید آنها را به شدت کاهش می‌دهد. بسیاری از کنترلرها دارای خروجی بار (Load) هستند و اگر ولتاژ باتری از حد مجاز پایین‌تر بیاید، مصرف‌کننده‌ها را قطع می‌کنند تا باتری آسیب نبیند.

■ **جلوگیری از جریان معکوس در شب:** در طول شب که پنل‌ها برقی تولید نمی‌کنند، ولتاژ آنها صفر می‌شود. بدون کنترلر شارژ، برق ذخیره شده در باتری می‌تواند به سمت پنل‌ها بازگردد و به صورت گرما تلف شود یا به پنل‌ها آسیب بزند. کنترلر مانند یک شیر یک‌طرفه عمل کرده و جلوی این جریان معکوس را می‌گیرد.

■ **بهینه‌سازی فرایند شارژ:** کنترلرهای مدرن فرایند شارژ باتری را در چند مرحله، انجام می‌دهند تا طول عمر باتری به حداکثر برسد.

کنترلرهای شارژ خورشیدی به طور کلی به دو نوع PWM و MPPT تقسیم می‌شوند. PWM نوع ساده‌تر و ارزان‌تر است که ولتاژ پنل را به سطح باتری محدود می‌کند. MPPT نوع پیشرفته‌تر است که با ردیابی نقطه بیشینه توان، راندمان سیستم را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد.

کار عملی

هدف: محاسبه نقطه کار در حالت موازی

ابزار، مواد و تجهیزات موردنیاز: مدول‌های خورشیدی در چند توان مختلف، مولتی متر، مقوا

الف) موازی کردن مدول‌ها

۱ دو مدول همسان (توان‌های مساوی) را از انبار تحویل گرفته و ابتدا در یک زاویه ثابت مثلاً ۳۰ درجه ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه هر یک از پنل‌ها را به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری کرده و در جدول ۱۴ یادداشت نمایید.

تذکر: دقت شود که آزمایش در یک شرایط استاندارد و تقریباً یکسان از نظر تابش و زاویه انجام شود.

۲ مطابق توضیحات ارائه شده در متن، حداکثر ولتاژ، جریان و توان را برای هر یک از حالت‌های مدول تکی را محاسبه و در جدول ۱۴ بنویسید.

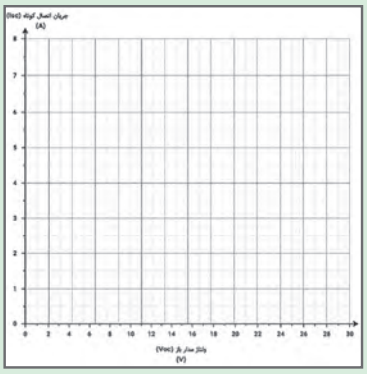
۳ دو مدول را به‌صورت موازی اتصال داده و ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه را اندازه‌گیری کرده و در جدول ۱۴ یادداشت نمایید.

۴ مشابه مرحله ۲ حداکثر ولتاژ، جریان و توان را برای حالت موازی شده دو مدول را محاسبه و در جدول بنویسید.

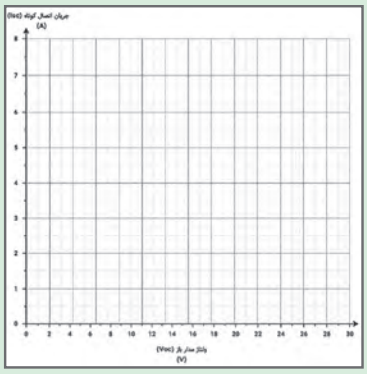
جدول ۱۴ــ اندازه‌گیری پارامترهای الکتریکی در حالت موازی

	V_{oc}	I_{sc}	V_{mp}	I_{mp}	P_{mp}
مدول اول					
مدول دوم					
مدول‌های سری شده					

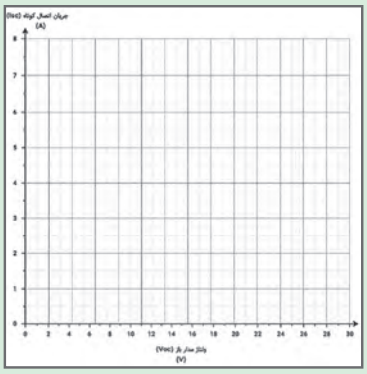
نقطه کار را برای هریک از حالت‌ها در کادرهای شطرنجی زیر رسم نمایید.



مدول اول



مدول دوم



مدول‌های موازی شده

ب) اثر سایه بر مدول‌های موازی شده

روی یکی از مدول‌ها را با یک مقوا ۲۵ درصد سایه انداخته و با اندازه‌گیری و محاسبه مقادیر خواسته شده جدول زیر را تکمیل نمایید:

جدول ۱۵ـ اندازه‌گیری پارامترهای الکتریکی در حالت سایه و اتصال موازی

	V_{oc}	I_{sc}	V_{mp}	I_{mp}	P_{mp}
مدول اول (سایه‌دار)					
مدول دوم					
مدول‌های موازی شده					

سؤال

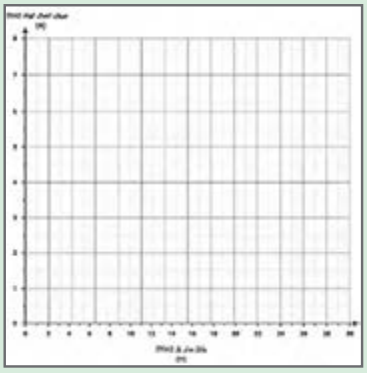
به سؤالات زیر پاسخ دهید.

چه تغییری در I_{sc} رخ می‌دهد؟

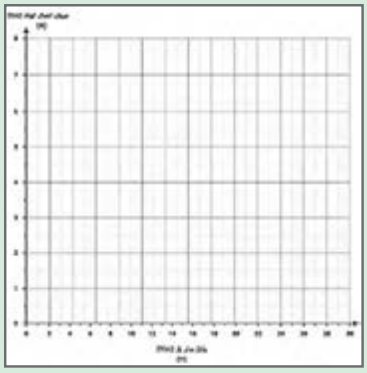
آیا V_{oc} تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.

توان کل چگونه تغییر می‌کند؟

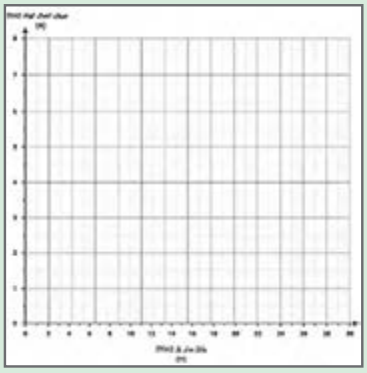
نقطه کار را برای هریک از حالت‌ها در کادرهای شطرنجی زیر رسم نمایید:



مدول اول (سایه‌دار)



مدول دوم



مدول‌های موازی شده

سؤال:

در حالت سایه‌دار، منحنی I–V نسبت به حالت بدون سایه چه تغییراتی می‌کند؟

۵ کابل و اتصالات سیستم‌های فتوولتاییک

در سیستم‌های فتوولتاییک، کابل و اتصالات نقش حیاتی در انتقال انرژی تولیدی از سلول‌های خورشیدی دارند. کابل‌ها معمولاً از نوع DC خورشیدی (Solar Cable) با روکش مقاوم در برابر UV و شرایط محیطی هستند تا در فضای باز دچار افت کیفیت نشوند. اتصال سلول‌ها یا مدول‌ها معمولاً با استفاده از کانکتورهای MC۴ انجام می‌شود که اتصال سریع، ایمن و ضدآب را فراهم می‌کنند. رعایت قطبیت مثبت و منفی در کابل‌کشی بسیار مهم است، زیرا اتصال اشتباه می‌تواند باعث آسیب به پنل یا کنترلر شود. همچنین کاهش طول کابل و انتخاب سطح مقطع مناسب، برای کاهش تلفات توان و افت ولتاژ ضروری است.



شکل ۳۶ــ کانکتور MC۴ مدل نری و مادگی

بیشتر بدانید

سانورتر (Solar Inverter / Sunverter) یک دستگاه هوشمند و همه‌کاره در سیستم‌های برق خورشیدی است که وظیفه مدیریت هم‌زمان چندین بخش را بر عهده دارد. این دستگاه نه تنها برق جریان مستقیم (DC) تولیدی پنل‌های خورشیدی را به برق جریان متناوب (AC) مورد نیاز لوازم خانگی تبدیل می‌کند، بلکه مجهز به یک شارژ کنترلر داخلی برای شارژ بهینه باتری‌ها و یک شارژر برق شهر (یا ژنراتور) نیز هست. سانورتر با اولویت‌بندی هوشمند، جریان انرژی را بین پنل‌ها، باتری‌ها و برق شبکه مدیریت می‌کند؛ به این صورت که در طول روز بار مصرفی را از پنل‌ها تأمین کرده و مازاد آن را ذخیره می‌کند و در صورت کمبود تابش یا قطع برق، بدون وقفه به سراغ باتری‌ها یا شبکه می‌رود. استفاده از سانورتر به‌دلیل تجمیع چند دستگاه در یک تجهیز، باعث کاهش هزینه‌های سیم‌کشی، صرفه‌جویی در فضای نصب و افزایش چشمگیر راندمان و پایداری سیستم‌های خورشیدی (به‌ویژه سیستم‌های مستقل از شبکه یا همان آف‌گرید) می‌شود.



شکل ۳۷ــ سانورتر

تحقیق کنید

بررسی کنید آیا سانورتر و اینورتر هیبرید با یکدیگر تفاوت دارند یا خیر؟
نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

۶ تجهیزات حفاظتی DC و AC در سیستم فتوولتاییک

سیستم‌های فتوولتاییک به‌دلیل قرارگیری در محیط‌های باز و ارتباط مستقیم با شبکه برق، همواره در معرض خطراتی چون صاعقه، اتصال کوتاه و اضافه جریان هستند. از این‌رو، شناخت و به‌کارگیری درست تجهیزات حفاظتی در دو بخش DC و AC، ضامن سلامت تجهیزات، پایداری سیستم و پیشگیری از خطرات جانی خواهد بود.

بنابراین در سیستم‌های فتوولتاییک (PV)، دو بخش مجزا برای حفاظت وجود دارد:

۱ بخش جریان مستقیم (DC) قبل از اینورتر

۲ بخش جریان متناوب (AC) بعد از اینورتر

هر کدام از این بخش‌ها تجهیزات حفاظتی خاص خود را نیاز دارند.

تجهیزات حفاظتی سمت DC: سمت DC شامل پنل‌ها، آرایه‌ها و کابل‌هایی است که تا ورودی اینورتر یا شارژ کنترلر کشیده می‌شوند. خطرات اصلی در این بخش، اتصال کوتاه، جریان معکوس و صاعقه است.

■ **فیوزهای DC:** اگر در یک آرایه خورشیدی (مثلاً به دلیل سایه‌اندازی شدید یا خرابی یکی از پنل‌ها) جریان معکوس ایجاد شود یا اتصال کوتاهی رخ دهد، این فیوزها مدار را قطع می‌کنند تا به پنل‌ها آسیب نرسد. در شکل ۳۸ یک نمونه فیوز DC نشان داده شده است.

فیوزهای DC با فیوزهای معمولی AC تفاوت دارند. قطع کردن جریان مستقیم به دلیل پایدار بودن قوس الکتریکی (آرک) بسیار سخت‌تر است؛ بنابراین فیوزهای DC باید از نوع استوانه‌ای که توانایی خاموش کردن سریع آرک را دارند، باشد.



شکل ۳۸ــ فیوز DC

تحقیق کنید

در مورد تفاوت‌های فیوز AC و DC جستجو نموده و گزارش را به کلاس ارائه دهید.

■ **کلید مینیاتوری DC:** این کلید هم وظیفه حفاظت در برابر اضافه جریان و اتصال کوتاه را بر عهده دارند و هم به عنوان یک کلید قطع و وصل برای تعمیرات استفاده می‌شوند.



شکل ۳۹ــ کلید خودکار مینیاتوری DC

تذکر

هنرجویان توجه داشته باشند که استفاده از کلید مینیاتوری AC در مدار DC مجاز نیست، زیرا در جریان DC به دلیل عدم وجود نقطه عبور از صفر، قوس الکتریکی به‌طور کامل خاموش نمی‌شود و این موضوع می‌تواند باعث آسیب شدید به کلید، ذوب شدن کنتاکت‌ها و در شرایط بحرانی ایجاد حریق شود.



شکل ۴۰ـ کلید جداکننده سیستم پنل‌ها و اینورتر

کلید جداساز DC: یک کلید دستی است که بین آرایه پنل‌ها و اینورتر قرار می‌گیرد. این کلید برای مواقع اضطراری یا زمان تعمیرات و نگهداری استفاده می‌شود تا تکنسین بتواند برق تولیدی پنل‌ها را کاملاً از بخش‌های دیگر سیستم جدا کند.

نکته

این کلیدها باید زیر بار توانایی قطع ایمن جریان را داشته باشند.



شکل ۴۱ـ سرج ارستر DC

برق‌گیر یا سرج ارستر DC: پنل‌های خورشیدی معمولاً در پشت‌بام‌ها یا فضاهای باز نصب می‌شوند و شدیداً در معرض برخورد صاعقه یا القای ولتاژهای ناگهانی قرار دارند. SPD ولتاژهای فوق‌العاده بالا و ناگهانی ناشی از صاعقه را حس کرده و آن را به سیستم ارت (زمین) هدایت می‌کند تا به اینورتر و پنل‌ها آسیبی نرسد.

تجهیزات حفاظتی سمت AC :

هرچند با تجهیزات سمت AC در سال گذشته آشنا شده‌اید اما به جهت یادآوری معرفی کوتاهی می‌شود.

کلید مینیاتوری AC: از کابل‌های خروجی اینورتر و تجهیزات مصرف‌کننده در برابر اضافه بار (مصرف بیش از حد مجاز) و اتصال کوتاه محافظت می‌کند.

کلید محافظ جان (RCD / RCCB): این کلید جریان رفت و برگشت را مقایسه می‌کند. اگر جریانی به زمین نشت کند (مثلاً به دلیل خرابی عایق کابل یا برق‌گرفتگی فرد)، کلید در کسری از ثانیه مدار را قطع می‌کند.

برقگیر یا سرج ارستر AC : دقیقاً مانند همتای DC خود عمل می‌کند، با این تفاوت که از ورود اضافه ولتاژهای ناگهانیِ شبکه برق شهر (مثلاً برخورد صاعقه روی خطوط انتقال) به داخل سیستم خورشیدی و اینورتر جلوگیری می‌کند.

در شکل ۴۲ تجهیزات سمت AC نشان داده شده است.



شکل ۴۲ـ تجهیزات حفاظتی سمت AC

کار عملی

(نیمه تجویزی)

هدف: آزمایش مقایسه‌ای شارژ باتری در سیستم فتوولتاییک (حالت با بار و بدون بار)

ابزار، مواد و تجهیزات موردنیاز: پنل خورشیدی ۱ عدد (۱۰ الی ۲۰ وات، با ولتاژ مدار باز حدود ۱۸ تا ۲۲ ولت) ـ کنترلر شارژ ۱ عدد (مدل ۱۲ ولت ۱۰ آمپر) ـ باتری ۱ عدد ۱۲ ولت (سیلد اسید SLA، ظرفیت ۴.۵ یا ۷ آمپرساعت) ـ مصرف‌کننده DC ۱ عدد (لامپ LED یا فن ۱۲ ولت، با توان حدودی ۱۰ تا ۱۵ وات) ـ کلید یک‌پل ۱ عدد (برای قطع و وصل کردن بار DC) ـ مولتی‌متر دیجیتال ۲ عدد (یکی برای اندازه‌گیری ولتاژ، یکی برای اندازه‌گیری جریان) ـ زمان سنج ۱ عدد (ساعت یا کرنومتر) ـ سیم و اتصالات سیم افشان نمره ۱.۵ مجهز به گیره سوسماری

نقشه مدار و ساختار اتصالات

در این آزمایش، مولتی‌متر اول به صورت موازی با باتری قرار می‌گیرد تا ولتاژ را بسنجد. مولتی‌متر دوم به صورت سری در مسیر خروجی پنل یا بار قرار می‌گیرد (اتصال مولتی‌متر دوم اختیاری بوده و برای تحلیل دقیق‌تر جریان است).

قانون سیم‌کشی سیستم خورشیدی (ترتیب اتصال):

هنرجویان دقت کنند که کنترلر شارژ مانند مغز سیستم است و برای تشخیص ولتاژ کارکرد (۱۲ یا ۲۴ ولت) باید ابتدا باتری را بشناسد.

اول: اتصال باتری به کنترلر شارژ

دوم: اتصال پنل خورشیدی به کنترلر شارژ

سوم: اتصال بار DC (لامپ) به ترمینال خروجی بار کنترلر

مراحل اجرای کار عملی

مرحله اول: آماده‌سازی و همسان‌سازی اولیه

برای اینکه مقایسه زمانی دقیق باشد، باید ولتاژ شروع باتری در هر دو آزمایش دقیقاً یکسان باشد. با اتصال لامپ به باتری (بدون پنل)، ولتاژ باتری را به ۱۲ ولت برسانید. این نقطه، ولتاژ پایه ما برای هر دو مرحله خواهد بود.

مرحله دوم: آزمایش اول ـ شارژ بدون بار
در این مرحله، تمام جریان تولیدی پنل به باتری تزریق می‌شود.
مدار را طبق ترتیب استاندارد ببندید، اما کلید لامپ را قطع نگه دارید.
پنل را در معرض نور ثابت (نور خورشید با زاویه مشخص مثلاً ۳۰ درجه) قرار دهید.
مولتی‌متر را روی رنج ولتاژ DC (تست ۲۰ ولت) تنظیم کرده و به دو سر باتری وصل کنید.
زمان سنج را روشن کنید و به مدت ۲۰ دقیقه، هر ۵ دقیقه یک‌بار ولتاژ باتری را در جدول شماره ۱۶ یادداشت کنید.

مرحله سوم: همسان‌سازی مجدد باتری
پنل را با یک پارچه ضخیم یا مقوا بپوشانید تا تولید آن صفر شود.
کلید لامپ را روشن کنید تا مصرف‌کننده، باتری را دوباره دشارژ کند و ولتاژ باتری دقیقاً به همان ۱۲ ولت (ولتاژ پایه اولیه) بازگردد.
کلید لامپ را مجدداً خاموش کنید.

مرحله چهارم: آزمایش دوم ــ شارژ همزمان با بار
در این مرحله، پنل همزمان باید هم لامپ را روشن کند و هم باتری را شارژ کند.
پارچه را از روی پنل بردارید تا شرایط نوری دقیقاً شبیه مرحله قبل شود. (زاویه تابش باید در هر دو مرحله تقریباً یکسان باشد)
این بار، کلید لامپ (بار) را روشن کنید. لامپ روشن خواهد شد.
زمان سنج را استارت بزنید.
مانند مرحله قبل، به مدت ۲۰ دقیقه، هر ۵ دقیقه یک بار ولتاژ باتری را اندازه‌گیری کرده و در جدول شماره ۱۷ یادداشت کنید.
هنرجویان در طول آزمایش جداول زیر را تکمیل کنند:

جدول ۱۶ــ شارژ بدون بار (کلید لامپ خاموش)

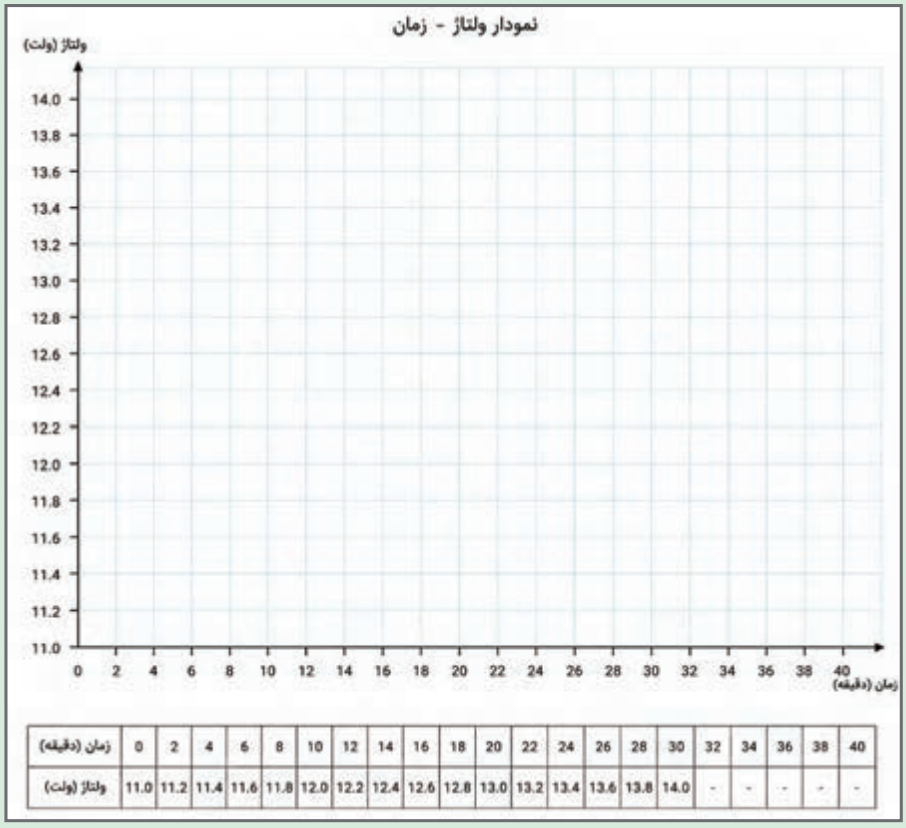
زمان (دقیقه)	۰ (شروع)	۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰ (پایان)
ولتاژ باتری	۱۲ ولت					

جدول ۱۷ــ شارژ با بار (کلید لامپ روشن)

زمان (دقیقه)	۰ (شروع)	۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰ (پایان)
ولتاژ باتری	۱۲ ولت					

ـ رسم نمودار تغییرات ولتاژ ـ زمان (V-t):

روی یک صفحه کاغذ میلی‌متری داده‌های جدول ۱۶ را با رنگ آبی و داده‌های جدول ۱۷ را با رنگ قرمز رسم کنید.



زمان (دقیقه)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
ولتاژ (ولت)	11.0	11.2	11.4	11.6	11.8	12.0	12.2	12.4	12.6	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	13.8	14.0	-	-	-	-	-

ـ این دو نمودار را مقایسه کنید.

ـ اگر جریانی که لامپ (بار) می‌کشد، بیشتر از جریانی باشد که پنل خورشیدی تولید می‌کند، چه اتفاقی برای ولتاژ باتری می‌افتد؟

تذکر

قبل از تعویض سیم‌کشی‌ها، حتماً روی پنل را بپوشانید تا ولتاژ تولید نکند.

هرگز دو سر خروجی مثبت و منفی باتری را مستقیماً به هم متصل نکنید.

محاسبه بار مصرفی

مجموع توان الکتریکی که تمام مصرف‌کننده‌ها در یک لحظه یا به صورت متوسط در یک بازه زمانی مشخص استفاده می‌کنند، بار مصرفی گویند. مصرف‌کننده‌ها می‌توانند: لامپ، فن، یخچال، پمپ و تجهیزات DC یا AC باشند. در ادامه و در قالب یک مثال، بار مصرفی و همچنین انتخاب سایر تجهیزات بررسی خواهند شد.

مثال

مثال: مقدار انرژی الکتریکی مصرف‌کننده‌های داده شده در جدول زیر را طی یک شبانه روز محاسبه نمایید.

جدول ۱۸ــ بارهای مصرفی مثال

ردیف	مصرف کننده	توان مصرفی (P)	مدت زمان کارکرد (t)
۱	روشنایی	۴۰ وات	۶ ساعت
۲	تلویزیون	۱۲۰ وات	۳ ساعت
۳	مودم	۲۰ وات	۶ ساعت
۴	فن کوچک	۵۰ وات	۲ ساعت

حل

با توجه به اینکه هر مصرف کننده ساعت متفاوتی را روشن است، ابتدا انرژی مصرفی هر یک محاسبه شده و در نهایت انرژی مصرفی کل با جمع کل انرژی‌ها بدست می‌آید:

روشنایی $E_1 = P_1 \times t = ۴۰ \times ۶ = ۲۴۰\ wh$

تلویزیون $E_2 = P_2 \times t = ۱۲۰ \times ۳ = ۳۶۰\ wh$

مودم $E_3 = P_3 \times t = ۲۰ \times ۶ = ۱۲۰\ wh$

فن کوچک $E_4 = P_4 \times t = ۵۰ \times ۲ = ۱۰۰\ wh$

انرژی مصرفی کل $E_t = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 = ۸۲۰\ wh$

انرژی مصرفی کل مجموعه در یک شبانه روز ۸۲۰ وات ساعت است.

در پودمان بعدی نحوه انتخاب تجهیزات مناسب از قبیل اینورتر، کنترلر شارژ و باتری متناسب با انرژی مصرفی کل بررسی خواهد شد.

خودآزمایی

۱ تفاوت ساختاری و عملکردی سه سامانه فتوولتاییک متصل به شبکه (On-Grid)، مستقل از شبکه (Off-Grid) و هیبرید (Hybrid) را از نظر وابستگی به شبکه برق سراسری و نیاز به باتری شرح دهید.

۲ در یک رشته سری از پنل‌های خورشیدی، اگر روی یکی از پنل‌ها سایه شدید بیفتد، توان و جریان کل رشته چه تغییری می‌کند و نقش دیود بای‌پس (Bypass Diode) در کاهش این اثر چیست؟

۳ پارامترهای ناسازگاری (Mismatch Parameters) در اتصالات سری و موازی پنل‌ها شامل چه مواردی است و چرا در یک رشته سری، جریان در نقطه توان بیشینه Imp اهمیت حیاتی دارد؟

۴ تفاوت اصلی کنترلر شارژ خورشیدی PWM با MPPT را بیان کرده و توضیح دهید چرا کنترلرهای نوع MPPT راندمان و تولید انرژی سیستم را به‌ویژه در روزهای سرد یا ابری به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهند؟

ارزشیابی شایستگی برآورد برق مصرفی

نام و نام خانوادگی:		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:		
کد حرفه	۷۴۱۱۱۲	حرفه	برقکاران	کدپیمانه/پودمان	۷۴۱۱۱۲۰۳۲	استاندارد عملکرد کار: توانایی برآورد برق سامانه خورشیدی با نرم‌افزار
کد وظیفه شغل	۷۴۱۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان های هوشمند	سطح صلاحیت	L۲	
کد کار	۷۴۱۱۱۲۰۳۲۲	کار	برآورد برق مصرفی	سطح شایستگی	مهارت	

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	برآورد مدول خورشیدی	صفحات خورشیدی، پایه‌های نگهدارنده، نقشه آرایش پنل‌ها، کابل‌ها و اتصالات، جدول ثبت نتایج، تجهیزات حفاظتی و ایمنی، نور کافی یا شرایط آفتابی مناسب ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده مستقیم، چک‌لیست مراحل کار، پرسش شفاهی درباره آرایش سری و موازی، بررسی تطابق با نقشه، ارزیابی ثبت داده‌ها و تحلیل عملکرد، ارزیابی رعایت اصول ایمنی	آرایش پنل‌ها مطابق نقشه و اصول فنی (سری و موازی، زاویه نصب، فاصله بین پنل‌ها) به‌درستی انجام شده، پنل‌ها پایدار و محکم نصب شده و قابلیت تولید انرژی بهینه را دارند.	۳	
				بیش از نیمی از مراحل آرایش پنل‌ها به‌درستی انجام شده، اما در نحوه اتصال سری و موازی، زاویه نصب یا فاصله بین پنل‌ها اشکالات جزئی وجود دارد که با راهنمایی قابل اصلاح است.	۲	
				آرایش پنل‌ها به‌صورت نادرست انجام شده، نصب ناپایدار است یا اتصال‌ها اشتباه است، به‌گونه‌ای که تولید انرژی بهینه ممکن نیست.	۱	
۲	سری و موازی کردن پنل‌ها	پنل‌های خورشیدی، کابل و اتصالات مناسب، مولتی‌متر یا ولت‌متر و آمپرمتر، نقشه مدار سری و موازی، جدول ثبت داده‌ها، تجهیزات حفاظتی و ایمنی، نور کافی یا شرایط آفتابی مناسب ۱۲۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده مستقیم، چک‌لیست مراحل اتصال، بررسی تطابق با نقشه، کنترل قرائت ولتاژ و جریان، پرسش شفاهی درباره اثر سری و موازی بر ولتاژ و جریان، ثبت نتایج	پنل‌ها مطابق نقشه و اصول فنی به‌صورت سری و موازی متصل شده‌اند، ولتاژ و جریان خروجی اندازه‌گیری و با محاسبات تطابق دارد، اتصالات امن و پایدار هستند.	۳	
				بیش از نیمی از اتصالات سری و موازی به درستی انجام شده است، اما در برخی نقاط اتصال، ولتاژ یا جریان قرائت شده با محاسبات اشکالات جزئی دارد که با راهنمایی قابل اصلاح است.	۲	
				اتصالات سری و موازی به صورت نادرست انجام شده، ولتاژ و جریان خروجی مطابق انتظار نیست و اتصالات ناایمن یا ناپایدار هستند.	۱	
۳	برآورد مدول و اتصالات آن	رایانه،نرم افزار ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	گزارش‌گیری کامل از اتصالات مدول‌های خورشیدی	۳	
				برآورد مدول و اتصالات آن	۲	
				شناخت انوع مدول	۱	
۴	شناسایی پارامترهای سازگار و ناسازگار در اتصال سری و موازی پنل‌ها	پنل‌های خورشیدی، مولتی‌متر یا ولت‌متر و آمپرمتر، بار مقاومتی یا شبیه‌ساز، جدول ثبت داده‌ها، نقشه مدار سری و موازی، تجهیزات حفاظتی و ایمنی، نور کافی یا شرایط آفتابی مناسب ۹۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده مستقیم، چک‌لیست مراحل آزمایش، پرسش شفاهی درباره ولتاژ، جریان، توان و پارامترهای پنل، بررسی ثبت داده‌ها و تحلیل سازگاری یا ناسازگاری، ارزیابی نحوه اجرای آزمایش	هنرجو پارامترهای سازگار و ناسازگار پنل‌ها را شناسایی و بررسی کرده، تغییرات ولتاژ و جریان در اتصالات سری و موازی را با دقت اندازه‌گیری و ثبت کرده و تحلیل درست ارائه می‌دهد.	۳	
				بیش از نیمی از شناسایی پارامترها و اندازه‌گیری‌ها درست انجام شده، اما در تحلیل یا ثبت داده‌ها اشکالات جزئی وجود دارد که با راهنمایی قابل اصلاح است.	۲	
				شناسایی پارامترها ناقص یا اشتباه انجام شده، اندازه‌گیری‌ها نادرست هستند و هنرجو قادر به تحلیل سازگاری یا ناسازگاری پنل‌ها نیست.	۱	
شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نظم و نظافت محیط کار، استفاده صحیح از ابزار و تجهیزات، مدیریت پسماندها و ضایعات، همکاری با دیگران، مسئولیت‌پذیری و رعایت اخلاق حرفه‌ای در طول انجام فعالیت‌ها	مشاهده مستقیم، چک‌لیست رفتاری، ثبت عملکرد، پرسش شفاهی، ارزیابی مستمر در حین کار	رعایت نسبی اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست محیطی، با خطاهای جزئی در حین انجام کار.	۲	
				عدم رعایت اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست محیطی، یا بروز خطاهای جدی در نگرش و رفتار کاری.	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:
۱ـ معیار شایستگی انجام کار:
ـ کسب حداقل نمره ۲ از مراحل سری و موازی کردن پنل‌ها و برآورد مدول و اتصالات آن (مراحل بحرانی)
ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش
ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار
۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.
* مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها
* تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

پودمان سوم

نصب سامانه‌های فتوولتاییک



واحد یادگیری ۱ : نصب سامانه مستقل از شبکه (Off_Grid)

آیا می‌دانید

۱ سیستم متصل به شبکه و مستقل از شبکه چه تفاوتی دارد؟
۲ انتخاب پنل، اینورتر و باتری در سیستم مستقل از شبکه چگونه انجام می‌شود؟
۳ ترتیب اتصال و توالی جداسازی تجهیزات مستقل از شبکه چگونه است؟
۴ هر سازه‌ای را نمی‌توان برای سیستم‌های فتوولتاییک به کار برد؟
۵ هم‌بندی و حفاظت چه نقشی در سیستم‌های فتوولتاییک دارند؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود، سامانه‌های مختلف فتولتاییک را شناسایی کرده، تجهیزات مناسب برای سامانه مستقل از شبکه را انتخاب نمایند. همچنین ضمن آشنایی با سازه‌ها بتوانند آن را هم‌بندی و زمین (ارت) نمایند.

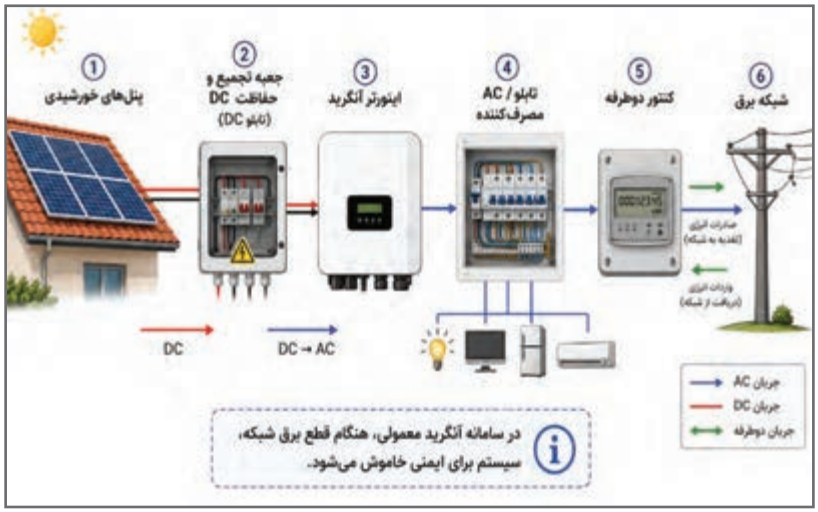
مقدمه

با گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، سامانه‌های فتوولتاییک به یکی از مهم‌ترین روش‌های تولید برق پاک تبدیل شده‌اند. این سامانه‌ها بسته به نوع کاربرد، شرایط محل نصب، میزان دسترسی به شبکه برق و نیاز به ذخیره‌سازی انرژی، در ساختارهای مختلفی طراحی می‌شوند. همان‌طور که در پودمان قبل اشاره شد، سه ساختار اصلی در سیستم‌های خورشیدی عبارت‌اند از:

- سامانه‌های متصل به شبکه
- سامانه‌های مستقل از شبکه
- سامانه‌های ترکیبی (هیبریدی)

در ادامه، عملکرد، اجزا، مزایا و محدودیت‌های هر یک بررسی می‌شود.

۱ـ سامانه متصل به شبکه (On_Grid): سامانه متصل به شبکه یا (آنگرید_On_Grid)، نوعی سیستم فتوولتاییک است که انرژی تولیدشده توسط پنل‌های خورشیدی را به کمک اینورتر به برق متناوب تبدیل کرده و به شبکه برق سراسری متصل می‌کند. در این سیستم، برق تولیدی می‌تواند برای مصرف داخلی ساختمان استفاده شود و در صورت تولید مازاد، به شبکه برق تزریق گردد. سامانه‌های متصل به شبکه معمولاً فاقد باتری هستند و به همین دلیل هزینه اولیه و نیاز به نگهداری کمتری نسبت به سیستم‌های باتری‌دار دارند. با این حال، یکی از محدودیت‌های مهم آنها این است که در زمان قطع برق شبکه، به دلیل رعایت ایمنی و جلوگیری از برق‌دار شدن شبکه، سیستم به‌طور خودکار از مدار خارج می‌شود. در شکل ۱ شماتیک سامانه متصل به شبکه نشان داده شده است.



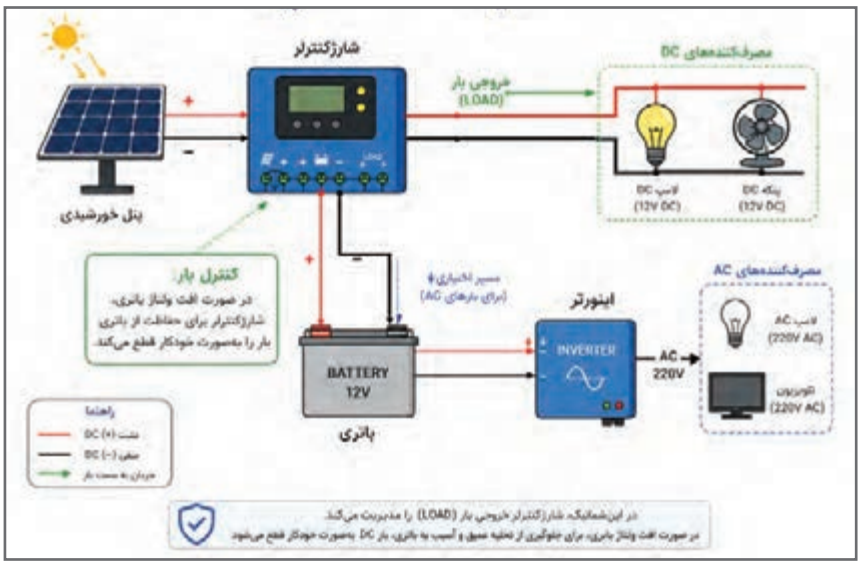
شکل ۱ـ نمایش سامانه متصل به شبکه

این نوع از شبکه‌ها در واحد یادگیری بعد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲ـ سامانه مستقل از شبکه (Off_Grid): سامانه مستقل از شبکه یا (آفگرید_ Off_Grid) یکی ازپایه‌ای‌ترین و درعین حال حساس‌ترین ساختارهای فتوولتاییک است که به‌طور کامل مستقل از شبکه برق سراسری کار می‌کند. در این سیستم، هدف اصلی تأمین برق پایدار در مکان‌هایی است که دسترسی به شبکه وجود ندارد یا اتصال به آن اقتصادی و عملی نیست.

در این ساختار، انرژی خورشیدی توسط پنل‌های فتوولتاییک به‌صورت جریان مستقیم (DC) تولید می‌شود. این انرژی ابتدا وارد شارژکنترلر (Charge Controller) می‌شود. وظیفه شارژکنترلر مدیریت هوشمند توان ورودی از پنل‌هاست؛ یعنی تنظیم ولتاژ و جریان، جلوگیری از شارژ بیش از حد باتری و محافظت از سیستم در برابر اضافه‌بار یا تخلیه عمیق باتری است. انرژی تنظیم‌شده سپس به باتری‌ها منتقل می‌شود. باتری‌ها نقش اصلی ذخیره‌سازی انرژی را دارند و امکان استفاده از برق در شب یا زمان‌های بدون تابش خورشید را فراهم می‌کنند. انتخاب نوع باتری، ظرفیت آن و تعداد سیکل‌های شارژ و دشارژ، تأثیر مستقیم بر پایداری کل سیستم دارد.

پس از باتری، اینورتر مستقل از شبکه قرار دارد که برق DC ذخیره‌شده را به برق AC استاندارد ۲۲۰ ولت تبدیل می‌کند تا بتوان مصرف‌کننده‌های معمولی مانند یخچال، روشنایی، تلویزیون، پمپ آب یا تجهیزات الکتریکی را تغذیه کرد. در برخی سیستم‌ها، بارهای DC نیز به‌صورت مستقیم از خروجی شارژکنترلر تأمین می‌شوند تا تلفات تبدیل کاهش یابد.در بخش مصرف، بارها به دو دسته AC و DC تقسیم می‌شوند. بارهای AC از طریق اینورتر تغذیه می‌شوند و بارهای DC مستقیماً از سیستم DC دریافت انرژی می‌کنند. مدیریت صحیح بارها در این سیستم اهمیت بسیار بالایی دارد، زیرا ظرفیت انرژی محدود است و هرگونه مصرف غیرضروری می‌تواند باعث تخلیه سریع باتری شود. در شکل ۲ نحوه اتصال سامانه مستقل از شبکه نشان داده شده است.



شکل ۲ـ نمایش سامانه مستقل از شبکه

۳ـ سامانه‌های ترکیبی (Hybrid PV System): سامانه هیبریدی یا Hybrid PV System پیشرفته‌ترین و انعطاف‌پذیرترین نوع سیستم‌های فتوولتاییک است که ترکیبی از ویژگی‌های سامانه‌های متصل به شبکه و مستقل از شبکه محسوب می‌شود. هدف اصلی این سیستم، تأمین برق پایدار در شرایط مختلف و افزایش بهره‌وری انرژی خورشیدی با استفاده هم‌زمان از شبکه برق و باتری است.

در این ساختار، انرژی تولیدشده توسط پنل‌های خورشیدی ابتدا به‌صورت جریان مستقیم (DC) تولید می‌شود و سپس وارد اینورتر هیبریدی یا کنترلر مرکزی انرژی می‌گردد. این تجهیز نقش مغز سیستم را دارد و وظیفه آن مدیریت جریان انرژی بین پنل‌ها، باتری، مصرف‌کننده‌ها و شبکه برق است.

در طول روز، زمانی که تابش خورشید وجود دارد، انرژی تولیدی پنل‌ها ابتدا مصرف لحظه‌ای ساختمان را تأمین می‌کند. اگر تولید بیشتر از مصرف باشد، مازاد انرژی به باتری‌ها برای ذخیره‌سازی منتقل می‌شود. در صورتی‌که باتری کاملاً شارژ شود، بسته به تنظیمات سیستم، انرژی اضافی می‌تواند به شبکه برق تزریق شود. در زمان‌هایی که تولید خورشیدی کافی نیست (مثل شب یا هوای ابری)، سیستم ابتدا از انرژی ذخیره‌شده در باتری استفاده می‌کند. اگر ظرفیت باتری نیز کافی نباشد، سیستم به‌طور خودکار برق مورد نیاز را از شبکه سراسری تأمین می‌کند. این رفتار هوشمند باعث می‌شود هیچ‌گونه وقفه‌ای در تأمین برق مصرف‌کننده‌ها ایجاد نشود.

یکی از ویژگی‌های مهم سامانه هیبریدی، قابلیت مدیریت هوشمند انرژی است. این سیستم می‌تواند بر اساس اولویت‌بندی بارها، شرایط باتری و وضعیت شبکه تصمیم‌گیری کند که انرژی از کدام منبع تأمین شود.

از نظر ساختار، سامانه هیبریدی شامل پنل‌های خورشیدی، اینورتر هیبریدی، باتری، مصرف‌کننده‌ها و اتصال به شبکه برق است. این ترکیب باعث می‌شود سیستم هم قابلیت استقلال نسبی داشته باشد و هم از پایداری شبکه برق بهره ببرد.

در نهایت، سامانه هیبریدی بهترین گزینه برای کاربرانی است که می‌خواهند هم از انرژی خورشیدی استفاده کنند، هم هزینه برق شبکه را کاهش دهند و هم در زمان قطعی برق، همچنان برق پشتیبان داشته باشند. البته این سیستم از نظر هزینه اولیه و پیچیدگی طراحی، بالاتر از متصل به شبکه و مستقل از شبکه است و نیاز به طراحی دقیق و حرفه‌ای دارد. در شکل ۳ نحوه اتصال تجهیزات در سامانه هیبریدی نشان داده شده است.



شکل ۳ــ نمایش سامانه هیبریدی (ترکیبی)

در جدول ۱ ویژگی‌های سه سامانه بالا مقایسه شده است.

جدول ۱ــ مقایسه سامانه‌های مختلف فتوولتاییک

ویژگی‌ها	سامانه متصل به شبکه (On_Grid)	سامانه مستقل از شبکه (Off_Grid)	سامانه هیبریدی (Hybrid)
اتصال به شبکه برق	دارد	ندارد	دارد
نیاز به باتری	ندارد	دارد (ضروری)	دارد (اختیاری/اصلی)
رفتار در قطع برق	خاموش می‌شود	فعال می‌ماند	فعال می‌ماند
هزینه اولیه	کم‌تر	متوسط تا زیاد	زیاد
پیچیدگی سیستم	کم	متوسط	زیاد
بهره‌وری انرژی	بالا (بدون ذخیره‌سازی)	وابسته به باتری	بسیار بالا (مدیریت هوشمند)
تزریق برق به شبکه	دارد	ندارد	دارد
مناسب برای	شهرها، کارخانه‌ها	مناطق بدون برق	خانه‌های مدرن، اضطراری
وابستگی به شبکه	کامل	صفر	کم تا متوسط
مدیریت انرژی	ساده	مستقل ولی محدود	هوشمند

مختصری در مورد محاسبه و انتخاب اجزای سیستم خورشیدی مستقل از شبکه

یکی از ویژگی‌های مهم سامانه مستقل از شبکه این است که کاملاً مستقل از شبکه برق عمل می‌کند؛ بنابراین در صورت قطع یا عدم وجود شبکه، سیستم بدون مشکل به کار خود ادامه می‌دهد. با این حال، طراحی این سیستم بسیار حساس است و باید بر اساس محاسبه دقیق بار مصرفی، ظرفیت باتری، توان پنل‌ها و راندمان اینورتر انجام شود.

در نهایت، سامانه مستقل از شبکه یک سیستم خودکفا محسوب می‌شود که اگر درست طراحی شود، می‌تواند یک منبع پایدار و قابل اعتماد برای تأمین برق در مناطق دورافتاده یا شرایط اضطراری باشد، اما اگر اشتباه طراحی شود، سریعاً دچار کمبود انرژی، افت ولتاژ و خرابی باتری خواهد شد.

در ادامه در قالب یک مثال، اجزای مناسب سامانه خورشیدی مستقل از شبکه محاسبه و انتخاب می‌شود.

مثال

یک سامانه فتوولتاییک مستقل از شبکه (Off_Grid) برای تأمین برق یک اتاق نگهبانی از باغ محاسبه و انتخاب کنید.

مرحله ۱ـ محاسبه انرژی دریافتی مصرف کننده‌ها در یک شبانه روز

در این مرحله، همه مصرف‌کننده‌ها به انرژی روزانه (Wh/day)تبدیل می‌شود. یعنی توان لحظه‌ای هر مصرف کننده در مدت زمانی که در یک شبانه روز کار می‌کند، محاسبه می‌شود.

جدول ۲ـ توان‌های مصرفی و ساعات فعال بودن

ردیف	مصرف‌کننده	توان لحظه‌ای (W)	زمان کارکرد در روز	انرژی روزانه (Wh/day)	توضیحات
۱	مانیتور کوچک	۳۰	۲۴ ساعت	۷۲۰	مصرف دائم
۲	یخچال ۱۲ فوت	۱۲۰	۲۴ ساعت (سیکل کاری)	۱۱۵۰	کمپرسوری
۳	روشنایی	۸۰	۱۲ ساعت	۹۶۰	مصرف متغیر
۴	دوربین IP (۴ عدد)	۴۰	۲۴ ساعت	۹۶۰	حدود W ۱۰ هر دوربین
۵	NVR	۲۰	۲۴ ساعت	۴۸۰	دائم روشن
۶	سوییچ شبکه	۱۰	۲۴ ساعت	۲۴۰	دائم روشن

توجه

در جدول مصرف‌کننده‌ها یخچال به دلیل اینکه کمپرسور آن دائم روشن نیست، به‌صورت سیکل کاری در نظر گرفته می‌شود. سیکل کاری یخچال بین ۳۰ تا ۵۰ درصد درنظر گرفته می‌شود. بنابراین برای یخچال داریم:

$$W = P \times t = ۱۲۰ \times ۲۴ = ۲۸۸۰ \text{ wh/day}$$

با درنظرگرفتن سیکل ۴۰ درصد به‌صورت تقریبی داریم:

$$W_{\text{یخچال}} = W \times ۴۰٪ = ۲۸۸۰ \times ۴۰٪ \approx ۱۱۵۰ \text{ wh/day}$$

مجموع انرژی الکتریکی مصرف کننده‌ها در یک شبانه روز برابر است با:

$$W_{\text{کل}} = ۷۲۰ + ۱۱۵۰ + ۹۶۰ + ۹۶۰ + ۴۸۰ + ۲۴۰ = ۴۵۱۰ \text{ wh/day} = ۴/۵۱ \text{ kwh/day}$$

مرحله ۲ـ در نظر گرفتن تلفات

در این مرحله مقدار انرژی محاسبه‌شده در مرحله ۱ واقعی‌سازی می‌شود. در سیستم مستقل از شبکه، انرژی در مسیرهای مختلف (باتری، کابل ، اینورتر و...) هدر می‌رود. بنابراین مقدار واقعی انرژی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$W_{\text{واقعی}} = \frac{W_{\text{کل}}}{\eta}$$

η بازده سیستم خورشیدی را نشان می‌دهد در این کتاب و به‌صورت تجربی ۷۵ درصد درنظر گرفته می‌شود. پس برای محاسبه انرژی دریافتی واقعی از رابطه زیر:

$$W_{\text{واقعی}} = \frac{۴۵۱۰}{۰/۷۵} \approx ۶۰۰۰ \text{ wh/day} = ۶ \text{ kwh/day}$$

مرحله ۳ـ تعیین ظرفیت باتری (Battery Sizing)

در این مرحله مشخص می‌شود که باتری باید چند کیلووات‌ساعت انرژی ذخیره کند تا سیستم بدون خورشید هم کار کند.

الف) ضریب استقلال تابش: در اینجا نکته‌ای که بسیار اهمیت دارد این است که چند روز استقلال از تابش خورشید[۱] در نظر گرفته شود. یعنی تعداد روزهایی که سیستم خورشیدی باید بدون تابش خورشید (یا در شرایط بد آب‌وهوایی) بتواند برق مصرفی را فقط از باتری تأمین کند.

این مقدار به شرایط اقلیمی منطقه نصب وابسته است. به‌عنوان مثال تعداد روزهای تابش در استان یزد با تعداد روزهای تابش در استان گیلان متفاوت است.

البته نوع کاربری سیستم نیز اهمیت دارد به‌عنوان مثال در سیستم‌های حساس مانند سیستم‌های دوربین مداربسته و... می‌توان این عدد را بالاتر در نظر گرفت. هرچقدر این عدد بالاتر در نظرگرفته شود سیستم ضریب اطمینان بیشتری دارد ولی در عوض هزینه باتری، پنل و دیگر تجهیزات بالاتر خواهد رفت.

مثلاً برای استان گیلان می‌توان این عدد را ۲ در نظر گرفت. برای استان یزد این عدد ۱ مناسب است.

فرض می‌شود این سیستم قرار است در استان گیلان نصب شود، بنابراین انرژی مورد نیاز باتری برابر خواهد بود با:

$$E_{\text{باتری}} = W_{\text{واقعی}} \times \text{ضریب استقلال تابش} = ۶ \text{ kwh/day} \times ۲ = ۱۲ \text{ kwh/day}$$

ب) انتخاب ولتاژ باتری: همان‌طور که در پودمان قبل گفته شد، در سیستم‌های مستقل از شبکه ولتاژ سمت DC مقدار ۱۲، ۲۴ یا ۴۸ ولت انتخاب می‌شود، این انتخاب برای سیستم‌های خیلی کوچک زیر ۱ کیلووات ۱۲ ولت، برای سیستم‌های تا ۴ کیلوات ۲۴ ولت و برای سیستم‌های بالاتر ۴۸ ولت درنظر گرفته می‌شود. در این مثال ولتاژ DC سیستم ۴۸ ولت انتخاب می‌شود.

ج) تبدیل انرژی به ظرفیت باتری: برای انتخاب باتری، انرژی محاسبه شده باتری ۱ به آمپر ساعت تبدیل می‌شود.

بنابراین:

$$Ah = \frac{E_{\text{باتری}}}{V_{DC}} = \frac{۱۲۰۰۰}{۴۸} = ۲۵۰ \text{ Ah}$$

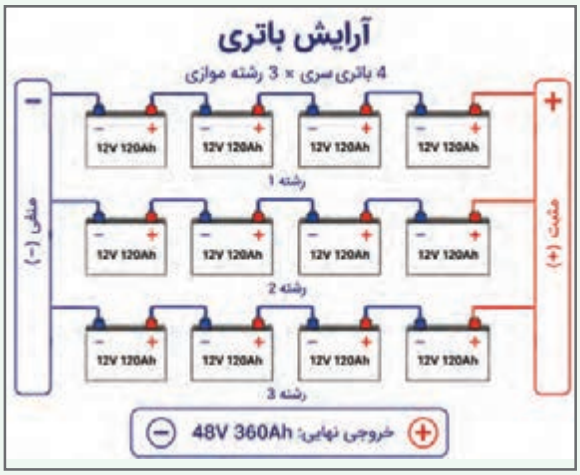
یعنی برای اینکه این مصرف‌کننده‌ها به مدت دو روز بدون تابش روشن شوند نیاز به باتری ۲۵۰ آمپر ساعت است.

۱ـ Autonomy of day

علاوه بر ضریب استقلال تابش، عمق دشارژ باتری (DOD[1]) نیز مهم است. یعنی چه درصدی از ظرفیت کل باتری در هر چرخه تخلیه شود. برای جلوگیری از آسیب و افزایش طول عمر باتری مثلاً تا ۸۰ درصد اجازه تخلیه باتری داده شود. در باتری‌های مختلف این مقدار متفاوت است.
با درنظر گرفتن عدد ۸۰ درصد:

$$Ah_{\text{واقعی}} = \frac{Ah}{DOD} = \frac{۲۵۰}{۰/۸} = ۳۱۲/۵$$

می‌توان گفت باتری ۳۶۰ آمپر ساعت و ۴۸ ولت برای این سیستم مناسب است.
تذکر (آرایش باتری‌ها): با توجه به سیستم ۴۸ ولت، ابتدا ۴ باتری ۱۲ ولت و ۱۲۰ آمپرساعت سری می‌شوند و تشکیل یک رشته باتری ۴۸ ولت ۱۲۰ آمپر ساعت را می‌دهند. برای تأمین ۳۶۰ آمپر ساعت، این سه رشته با یکدیگر موازی شده و یک بانک باتری ۴۸ ولت ۳۶۰ آمپر ساعت را تشکیل می‌دهند.
شکل ۴ آرایش باتری‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۴ـ آرایش باتری‌ها

مرحله ۴ـ انتخاب پنل مناسب

با توجه به انرژی واقعی پنل انتخاب می‌شود. انتخاب پنل وابسته به ساعات تابش روزانه (PSH) است. مثلاً مقدار PSH برای استان گیلان ۳/۵ است. بنابراین توان پنل برابر است با:

$$P_{\text{پنل}} = \frac{W_{\text{باتری}}}{PSH_{\text{شهر مورد نظر}}} = \frac{۶۰۰۰}{۳/۵} = ۱۷۱۴\ W$$

در انتخاب واقعی ۲۰ الی ۳۰ درصد پنل بزرگتر انتخاب می‌شود.(بدلیل آلودگی، زاویه نصب، تغییرات دما) بنابراین:

$$P_{\text{پنل ـ واقعی}} = ۱/۳ \times ۱۷۱۴ = ۲۲۲۸\ W$$

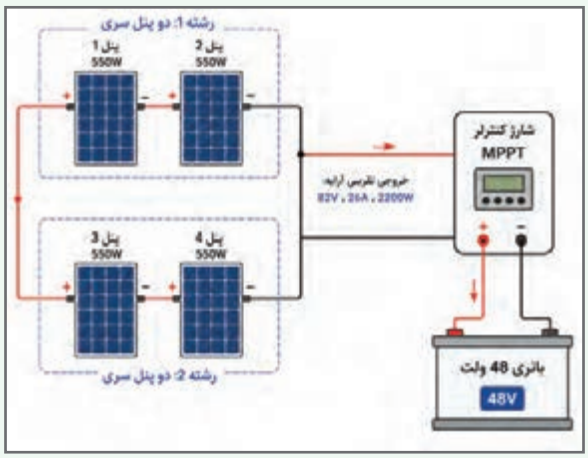
به‌صورت حدودی ۲۲۰۰ وات در نظر گرفته می‌شود.
می‌توان ۴ پنل ۵۵۰ وات انتخاب نمود. جدول ۳ مقدار ولتاژ، جریان و توان پنل‌ها را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است این جدول تقریبی است و برای شرکت‌های مختلف، ممکن است مقداری تفاوت داشته باشد.

۱ـ Depth of Discharge

مرحله ۵ـ نحوه اتصال پنل‌ها (آرایش پنل‌ها)

با توجه به جدول ولتاژ ۴۱ ولت است، برای شارژ باتری‌ها باید ولتاژ را بالا برد، بنابراین ابتدا دو پنل سری شده و سپس برای بالا بردن جریان دو رشته موازی می‌شود.

بنابراین ولتاژ هر رشته سری (۸۲v = ۴۱+۴۱) و جریان کل دو رشته موازی شده (۲۶A= ۱۳+۱۳) خواهد بود. خروجی این سیستم ۴ پنل ۵۵۰ وات نیز برابر با ۲۲۰۰ وات است(۲۲۰۰w= ۵۵۰ × ۴). شکل ۵ نحوه آرایش پنل‌های خورشیدی را نشان می‌دهد.



شکل ۵ـ آرایش مناسب برای این پنل‌ها

تذکر: صحت سنجی این آرایش که مناسب کنترلر شارژ است از سطح این کتاب خارج است.

جدول ۳ـ پارامترهای الکتریکی پنل بر حسب توان

توان پنل (W)	ولتاژ در نقطه توان ماکزیمم Vmp (V)	جریان Imp (A)	ولتاژ Voc (V)	ابعاد تقریبی (cm)
۱۰۰W	۱۸ـ۲۰V	۵ـ۶A	۲۲ـ۲۴V	۵۰×۱۰۰
۱۵۰W	۱۸ـ۲۰V	۸ـ۹A	۲۲ـ۲۴V	۶۷×۱۳۰
۲۰۰W	۲۴ـ۲۸V	۷ـ۹A	۳۰ـ۳۶V	۷۰×۱۵۰
۳۰۰W	۳۲ـ۳۶V	۹ـ۱۰A	۳۸ـ۴۵V	۱۰۰×۱۶۵
۴۰۰W	۳۶ـ۴۲V	۱۰ـ۱۱A	۴۵ـ۵۰V	۱۰۰×۲۰۰
۵۰۰W	۳۸ـ۴۲V	۱۲ـ۱۳A	۴۵ـ۵۲V	۱۰۵×۲۱۰
۵۵۰W	۴۰ـ۴۲V	۱۲ـ۱۴A	۴۸ـ۵۲V	۱۱۳×۲۲۷
۶۰۰W	۴۰ـ۴۵V	۱۳ـ۱۵A	۴۸ـ۵۵V	۱۱۵×۲۳۰
۷۰۰W+	۴۵ـ۵۰V	۱۵ـ۱۸A	۵۵ـ۶۰V	۱۳۰×۲۴۰

مرحله ۶ـ انتخاب کنترلر شارژ

با توجه به جدول ۴ ولتاژ و جریان پنل ۵۵۰ وات به ترتیب ۴۱ ولت و ۱۳ آمپر در نظر گرفته می‌شود. برای انتخاب کنترلر شارژ هم توان، هم جریان و هم ولتاژ باید درنظر گرفته شود. توان پنل‌ها ۲۲۰۰ وات، ولتاژ باتری ۴۸ ولت و جریان ۴۶ آمپر است. ($I = \frac{P}{V} = ۴۶A$) طبق جدول ۴، جریان کنترلر شارژ باید یک پله بالاتر (۶۰ آمپر یا ۸۰ آمپر) انتخاب شود. بنابراین از این جدول کنترلر شارژ ۲۵۰۰ وات، ۴۸ ولت، ۱۰۰ـ۶۰ آمپر انتخاب می‌گردد.

جدول ۴ـ انتخاب کنترلر شارژ و پنل‌ها

توان سیستم (PV)	ولتاژ باتری	جریان MPPT (A)	ولتاژ ورودی PV (Voc max)
۳۰۰–۶۰۰W	۱۲V	۲۰–۴۰A	۵۰–۱۰۰V
۶۰۰–۱۲۰۰W	۱۲-۲۴V	۴۰–۶۰A	۱۰۰–۱۵۰V
۱۲۰۰–۲۵۰۰W	۲۴-۴۸V	۵۰–۸۰A	۱۵۰–۲۵۰V
۲۵۰۰–۴۰۰۰W	۴۸V	۶۰–۱۰۰A	۱۵۰–۲۵۰V
۴–۸ kW	۴۸V	۱۰۰–۱۵۰A	۲۵۰–۴۵۰V
۱۰ kW+	۴۸–۱۲۰V	۱۵۰–۲۵۰A	۴۵۰–۶۰۰V

فکر کنید

اگر ولتاژ سمت DC را ۲۴ ولت در نظر می‌گرفتیم، چه تاثیراتی در محاسبات و انتخاب تجهیزات داشت؟

مرحله ۷ـ انتخاب اینورتر مناسب

برای انتخاب اینورتر ابتدا توان لحظه‌ای دربدترین حالت (همه مصرف‌کننده‌ها روشن و یخچال در حال استارت کمپرسور که حدوداً پنج برابر توان دریافت می‌کند که حدود ۶۰۰ وات درنظر گرفته می‌شود) محاسبه می‌شود. ازجدول ۱ استفاده شده و توان برابر خواهد بود با:

$$P_{\text{لحظه‌ای}} = P_{\text{یخچال در حالت استارت}} + P_{\text{مانیتور و مجموعه دوربین}} + P_{\text{روشنایی}} = ۶۰۰ + ۱۰۰ + ۸۰ = ۷۸۰W$$

برای توسعه در آینده و ضریب اطمینان از راه اندازی موتورها، توان دو برابر انتخاب می‌شود.

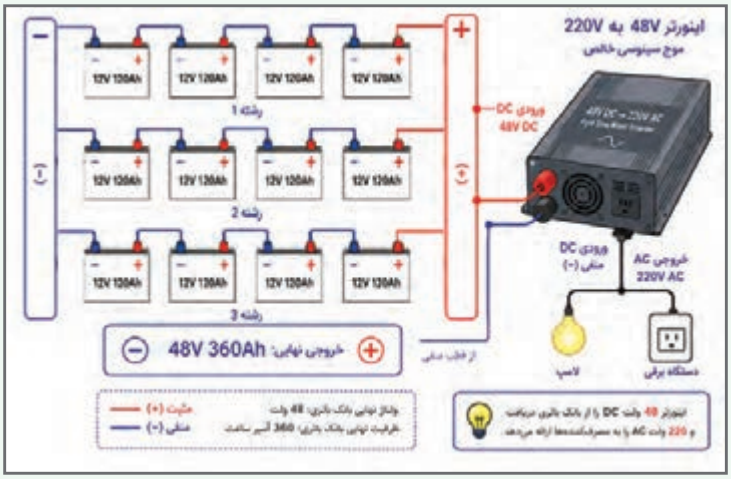
$$P_{\text{اینورتر}} = ۲ \times ۷۸۰W = ۱۵۶۰W$$

جدول ۵ پارامترهای الکتریکی اینورترهای استاندارد را نشان می‌دهد.

جدول ۵ـ پارامترهای الکتریکی استاندارد اینورتر

توان نامی (W)	ولتاژ ورودی DC	توان لحظه‌ای (Surge)	جریان تقریبی در ۴۸ ولت	کاربرد پیشنهادی
۳۰۰–۶۰۰W	۱۲V / ۲۴V	۶۰۰–۱۲۰۰W	۵–۲۰A	سیستم‌های خیلی کوچک
۶۰۰–۱۰۰۰W	۱۲V / ۲۴V	۱۲۰۰–۲۰۰۰W	۱۰–۳۰A	روشنایی + وسایل سبک
۱۰۰۰–۱۵۰۰W	۲۴V	۲۰۰۰–۳۰۰۰W	۲۰–۳۵A	خانه کوچک
۱۵۰۰–۲۰۰۰W	۲۴V / ۴۸V	۳۰۰۰–۴۰۰۰W	۳۰–۴۵A	سیستم خانگی متوسط
۲۰۰۰–۳۰۰۰W	۴۸V	۴۰۰۰–۶۰۰۰W	۴۰–۶۵A	خانه + یخچال + امنیتی
۳۰۰۰–۵۰۰۰W	۴۸V	۶۰۰۰–۱۰۰۰۰W	۶۰–۱۰۰A	ویلا / پمپ / مصرف سنگین
۵–۱۰kW	۴۸V / ۹۶V	۱۰–۲۰kW	۱۰۰–۲۰۰A	صنعتی / هیبریدی بزرگ
+۱۰kW	+۹۶V	بسیار بالا	+۲۰۰A	نیروگاهی

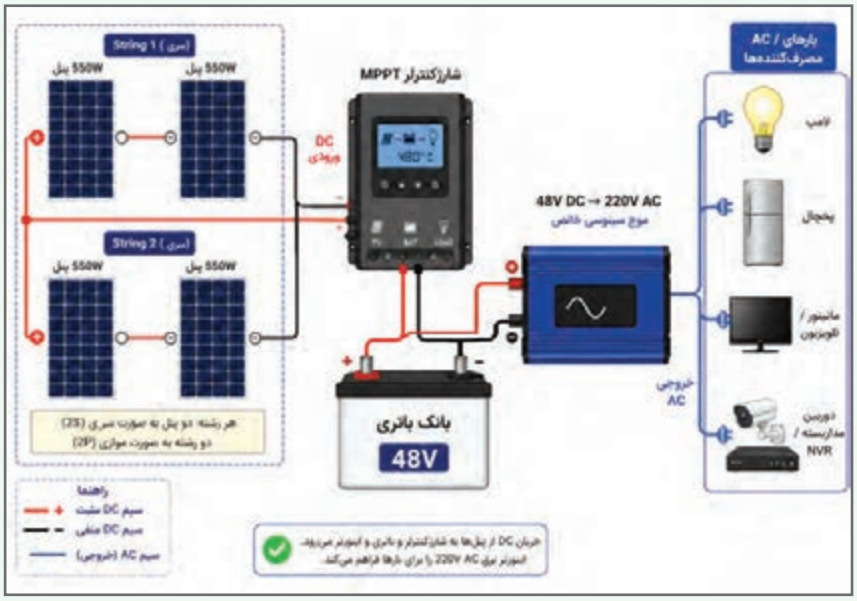
طبق جریان، توان و ولتاژ باتری، اینورتر ۲۰۰۰ـ۳۰۰۰ وات انتخاب می‌شود.
شکل ۶ اتصال اینورتر را به مجموعه باتری نشان می‌دهد.



شکل ۶ـ اتصال اینورتر به باتری

تذکر: انتخاب کابل مناسب نیز بسیار مهم است. با توجه به محاسبات پیچیده تر از ارائه آن در این کتاب خودداری می‌شود. هنرجویان علاقه مند می‌توانند با جست‌وجو در پایگاه‌های هوش مصنوعی سایز کابل مناسب برای این سیستم را محاسبه نمایند.

مدار نهایی این مثال در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷ــ مدار مثال ۱

تذکر

طراحی سیستم مستقل از شبکه جزئیات و نکات مهندسی زیادی دارد، اما در سطح هنرستان امکان پوشش کامل آن وجود ندارد و فقط به‌صورت خلاصه و کاربردی بیان می‌شود.

ترتیب اتصال تجهیزات مستقل از شبکه

ترتیب نصب در سیستم خورشیدی مستقل از شبکه به این صورت است که ابتدا باتری به کنترلر شارژ متصل می‌شود تا ولتاژ مرجع سیستم مشخص گردد. سپس پنل خورشیدی به کنترلر وصل می‌شود تا انرژی ورودی مدیریت شود. در مرحله بعد بار به خروجی کنترلر متصل می‌شود تا مصرف تحت کنترل باشد. در نهایت اینورتر مستقیماً به باتری وصل می‌شود تا توان‌های بالا بدون آسیب به کنترلر تأمین گردد.



شکل ۸ــ ترتیب اتصال و جداسازی تجهیزات از کنترلر شارژ

با توجه به اینکه طراحی سیستم مستقل از شبکه شامل انتخاب پنل و نحوه آرایش آنهاست، اکنون برای تکمیل این سیستم باید به بخش سازه‌های نگهدارنده و نحوه نصب پنل‌ها وارد شویم. در ادامه انواع سازه‌ها و نکات آن ارائه می‌گردد.

سازه‌های سیستم‌های خورشیدی

سازه‌های پنل خورشیدی نقش پایه و نگهدارنده را در سیستم‌های فتوولتاییک بر عهده دارند و وظیفه آنها تثبیت موقعیت پنل‌ها در زاویه مناسب نسبت به تابش خورشید است. این سازه‌ها باید در برابر باد، باران، برف و خوردگی مقاوم باشند تا عملکرد سیستم در طول عمر بهره‌برداری پایدار بماند. انتخاب صحیح نوع سازه تأثیر مستقیم بر راندمان تولید انرژی و ایمنی کل سیستم دارد.

وظایف اصلی سازه‌های خورشیدی

سازه‌های نصب پنل خورشیدی چند وظیفه مهم به‌عهده دارند:

- نگهداری فیزیکی پنل‌ها در ارتفاع مناسب
- ایجاد زاویه مناسب برای دریافت بیشترین تابش خورشید
- مقاومت در برابر نیروهای محیطی مانند باد و برف
- جلوگیری از لرزش و جابه‌جایی پنل‌ها
- افزایش ایمنی سیستم در طول زمان
- کمک به تهویه مناسب زیر پنل‌ها برای کاهش دما

شکل ۹ دو نمونه از انواع سازه‌ها را نشان می‌دهد. یک نمونه مربوط به سازه زمینی و دیگر سازه پشت بامی است.



شکل ۹ـ سازه‌های نگهدارنده صفحات خورشیدی

سازه‌ها بر اساس نوع کاربرد و محل نصب به چند دسته تقسیم می‌شوند:

الف) سازه ثابت (Fixed Structure)

در این نوع سازه، پنل‌ها با یک زاویه ثابت نصب می‌شوند و در طول سال تغییر نمی‌کنند.

ویژگی‌ها:

- ساده‌ترین نوع سازه
- هزینه پایین
- نگهداری کم
- نصب سریع

معایب:

- عدم تطبیق با تغییر زاویه خورشید در فصل‌های مختلف
- بازده کمتر نسبت به سیستم‌های متحرک

این نوع سازه بیشتر در سیستم‌های خانگی و مستقل از شبکه کوچک استفاده می‌شود.



شکل ۱۰ـ سازه‌های ثابت

ب) سازه قابل تنظیم (Adjustable Structure)

در این سازه، زاویه پنل‌ها به‌صورت دستی در فصل‌های مختلف تغییر داده می‌شود.

ویژگی‌ها:

- افزایش راندمان نسبت به سازه ثابت
- امکان تنظیم زاویه در تابستان و زمستان
- هزینه متوسط

معایب:

- نیاز به تنظیم دوره‌ای توسط کاربر
- عدم خودکار بودن





شکل ۱۱ـ سازه خورشیدی متغیر

ج) سازه متحرک یا ردیاب خورشیدی (Solar Tracker)

این سازه‌ها به‌صورت خودکار زاویه پنل را تغییر می‌دهند تا همیشه روبه‌روی خورشید قرار بگیرند. این سازه در انواع تک‌محوره و دومحوره ساخته می‌شود.

ویژگی‌ها:

- بیشترین راندمان تولید انرژی
- مناسب نیروگاه‌های بزرگ

معایب:

- هزینه بالا
- نیاز به نگهداری
- مصرف انرژی برای حرکت سیستم



شکل ۱۲ــ سازه ردیاب نور خوشید

شکل ۱۳ مقایسه بین این سه سازه را نشان می‌دهد.

ویژگی	سازه ثابت	سازه قابل تنظیم	سازه ردیاب خورشیدی
			
نحوه تغییر زاویه	ثابت و بدون تغییر	دستی و دوره‌ای	خودکار و پیوسته
هزینه اولیه	کم	متوسط	زیاد
پیچیدگی ساخت	کم	متوسط	زیاد
نیاز به نگهداری	کم	متوسط	زیاد
راندمان تولید انرژی	متوسط	خوب	بسیار خوب
مناسب برای	پشت‌بام‌ها و سیستم‌های کوچک	سیستم‌های آموزشی و پروژه‌های نیمه‌حرفه‌ای	نیروگاه‌ها و پروژه‌های بزرگ
مزیت اصلی	سادگی و قیمت مناسب	امکان تنظیم بهتر زاویه	بیشترین دریافت تابش خورشید
محدودیت اصلی	بازده کمتر نسبت به انواع دیگر	نیاز به تنظیم دستی	هزینه و نگهداری بیشتر

جمع‌بندی: سازه ثابت ساده و اقتصادی است، سازه قابل تنظیم انعطاف بیشتری دارد، و ردیاب خورشیدی بیشترین راندمان را فراهم می‌کند اما هزینه بالاتری دارد.

شکل ۱۳ــ مقایسه بین سه سازه مختلف

جنس سازه‌ها:

سازه‌های پنل خورشیدی معمولاً از آلومینیوم سبک، فولاد گالوانیزه یا استیل ضدزنگ ساخته می‌شوند که هرکدام بسته به شرایط محیطی و نوع پروژه انتخاب می‌گردند. انتخاب جنس سازه تأثیر مستقیم بر مقاومت در برابر باد، رطوبت و طول عمر سیستم دارد.



شکل ۱۴ـ اجزای سازه نصب پنل خورشیدی پیش از مونتاژ

در جدول ۶ یک مقایسه بین جنس سازه‌ها انجام شده است.

جدول ۶ـ انواع سازه‌ها از نظر جنس

جنس سازه	ویژگی‌ها	مزایا	معایب	کاربرد
آلومینیوم	سبک، مقاوم در برابر خوردگی	ضد زنگ، نصب آسان، ظاهر تمیز	قیمت بالاتر، تحمل بار کمتر نسبت به فولاد	پشت‌بام، سیستم‌های کوچک و متوسط
فولاد گالوانیزه	فولاد با پوشش روی (Zinc)	بسیار مقاوم، ارزان‌تر از آلومینیوم، تحمل بار بالا	سنگین‌تر، احتمال خوردگی در خط و خش	زمین، نیروگاه‌ها، مناطق بادخیز
استیل ضدزنگ (Stainless Steel)	آلیاژ مقاوم به خوردگی	بسیار بادوام، مناسب شرایط سخت	گران، سختی در ساخت و نصب	پروژه‌های خاص، مناطق مرطوب/شیمیایی
آلومینیوم آلیاژی تقویت‌شده	ترکیب سبک + مقاوم	وزن کم + استحکام بهتر از آلومینیوم معمولی	قیمت بالا	پروژه‌های پیشرفته و صنعتی

نکات مهم در طراحی و نصب سازه که می‌بایست رعایت شود عبارت‌اند از:

- مقاومت در برابر سرعت باد منطقه
- تحمل وزن برف در مناطق سردسیر
- انتخاب زاویه مناسب بر اساس عرض جغرافیایی
- جلوگیری از سایه‌اندازی بین پنل‌ها

- استفاده از پیچ و اتصالات مقاوم و استاندارد
- در نظر گرفتن انبساط حرارتی فلزات
- تهویه مناسب زیر پنل‌ها برای جلوگیری از افزایش دما

فاصله بین پنل‌ها برای جلوگیری از سایه‌اندازی بسیار مهم است در صورت عدم رعایت نکات اجرایی بازدهی و تولید را بسیار کاهش می‌دهد.

برای جلوگیری از سایه‌اندازی:

- پنل‌ها نباید خیلی نزدیک نصب شوند.
- فاصله باید طوری باشد که در زمستان سایه پنل جلو روی پنل عقب نیفتد.
- در نیروگاه‌ها این فاصله با محاسبات دقیق تعیین می‌شود.

در شکل ۱۵ نکات مربوط به نصب سازه نشان داده شده است.



شکل ۱۵ــ نکات لازم‌الاجرا برای نصب سازه

ارتفاع نصب پنل خورشیدی از زمین

ارتفاع نصب پنل از زمین روی باد، برف، امنیت و راندمان اثر مستقیم دارد. این فاصله معمولاً بین ۱۰ سانتی‌متر روی سقف شیروانی تا حدود ۲/۵ متر روی زمین متغیر است و کاملاً به شرایط باد، برف و دمای منطقه بستگی دارد. در جدول ۷ این فواصل در جاهای مختلف با ذکر دلیل آمده است.

جدول ۷ــ استاندارد ارتفاع پنل از زمین

نوع نصب / منطقه	فاصله استاندارد از سطح	دلیل اصلی	نکات مهم
مناطق گرم و کم‌باد	۰/۵ تا ۱ متر (زمین)	کاهش هزینه + تهویه کافی	گرد و خاک زیاد ← نیاز به نظافت
مناطق معمولی (مرکزی)	۱ تا ۱/۵ متر (زمین)	تعادل بین تهویه و امنیت	مناسب‌ترین حالت عمومی
مناطق بادخیز	۰/۸ تا ۱/۲ متر (زمین)	کاهش فشار باد روی سازه	ارتفاع زیاد خطرناک است
مناطق برف‌گیر	۱/۵ تا ۲/۵ متر (زمین)	جلوگیری از دفن شدن در برف	نیاز به زاویه بیشتر
سقف شیروانی	۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر	تهویه زیر پنل و جلوگیری از داغی	کمتر از ۸ سانت خطرناک است

کار عملی

هدف: انجام محاسبات پنل و مونتاژ سازه

ابزار، مواد و تجهیزات موردنیاز: پروفیل گالوانیزه یا آلومینیوم، پیچ، مهره و واشر، آچار رینگی و تخت

مراحل کار:

الف) محاسبه یک سیستم مستقل از شبکه آموزشی

هنرجویان را به دو گروه تقسیم کنید. هر گروه به طور جداگانه یکی از سیستم‌های زیر را انجام داده و نتایج را با یکدیگر مقایسه کنید.

جدول ۸ـ جدول مشخصات سیستم مورد محاسبه

گروه	انرژی مصرفی روزانه	شهر	تعداد روز استقلال	راندمان	عمق دشارژ باتری	ولتاژ باتری
اول	روشنایی ۴۰ وات به مدت ۱۰ ساعت و بار موتوری ۲۰۰ وات روزی ۲ ساعت	یزد با میزان تابش ۶/۳	۱	۷۵ درصد	۵۰ درصد	۱۲ ولت
دوم	روشنایی ۶۰ وات به مدت ۱۰ ساعت و بار موتوری ۱۰۰ وات روزی ۲ ساعت	قم با میزان تابش ۵/۶	۱	۸۰ درصد	۸۰ درصد	۲۴ ولت

۱ تفاوت انتخاب در ولتاژ باتری باعث چه مسئله‌ای می‌شود؟

۲ هردوگروه روزانه ۸۰۰ وات ساعت انرژی دریافت می‌کنند، آیا تجهیزات انتخاب شده متفاوت است؟ چرا؟

ب) مونتاژ سازه یک سیستم فتوولتاییک

یک سازه مناسب برای صفحات خورشیدی ۲۰ وات نصب کنید. این سازه شامل ۶ صفحه باشد که دو پنل سری و دو رشته ایجاد شده با یکدیگر موازی شوند.

تمامی نکات نصب اعم از زاویه، فاصله از سطح زمین (در مناطق معمولی)، جهت نصب، عدم سایه‌اندازی و ... را رعایت نمایید.

برای مستحکم کردن سازه، پایه‌ها در واقعیت بتن‌ریزی شده یا با بولت به زمین وصل می‌شود، می‌توانید برای محکم نمودن پایه‌ها، آنها را در سطلی قرار داده و داخل سطل ماسه یا خاک نرم بریزد تا سطل سنگین شده و تکان نخورد.

از این سازه در کارعملی بعدی استفاده خواهد شد.

با دقت در شکل ۱۶ یکی از ایرادات سازه مونتاژ شده را بنویسید.



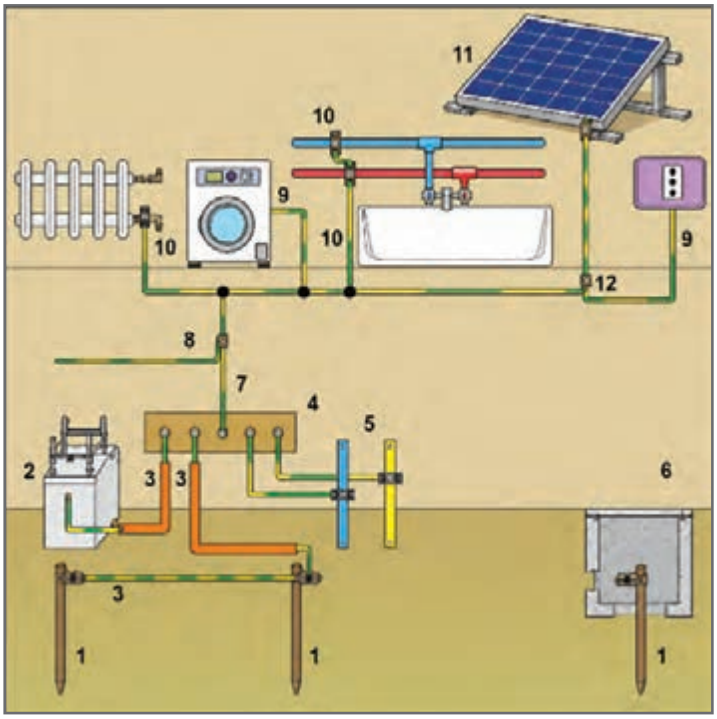
شکل ۱۶ـ سازه مونتاژ شده

در مراحل پایانی سیستم‌های خورشیدی، سازه‌های فلزی پنل‌ها باید حتماً به سیستم هم‌بندی و ارتینگ متصل شوند تا در صورت نشتی جریان یا صاعقه، جریان به‌صورت ایمن به زمین منتقل شود. این اتصال باعث می‌شود کل سازه هم‌پتانسیل شده و خطر برق‌گرفتگی و آسیب به تجهیزات به حداقل برسد. هم‌بندی تنها در بحث ایمن سازی سلول خورشیدی کاربرد نداشته و یکی از مباحث بسیار مهم حفاظت در ساختمان‌های مسکونی است، به همین منظور هم‌بندی با جزییات بیشتر ارائه می‌شود.

هم‌بندی

برقراری ارتباط الکتریکی با یک هادی بین اجزای فلزی ساختمان را هم‌بندی گویند. با اجرای هم‌بندی اجزای فلزی ساختمان به لحاظ الکتریکی هم پتانسیل خواهند شد. هادی که برای برقرای ارتباط الکتریکی بین اجزای فلزی استفاده می‌شود هادی هم‌بندی گفته می‌شود.

هادی هم‌بندی ارتباط الکتریکی بین اجزای فلزی ساختمان مانند لوله‌های فلزی آب و گاز، اسکلت فلزی ساختمان و شاسی آسانسور را توسط بست‌های مربوطه برقرار می‌سازد. اجزای فلزی ساختمان مانند لوله و اسکلت و شاسی‌های فلزی و نظایر آنها را هادی بیگانه گویند. هادی هم‌بندی که ارتباط الکتریکی بین هادی‌های بیگانه برقرار می‌سازد از جنس سیم مسی انتخاب می‌شود و سایز آن توسط مهندس طراح در نقشه‌های تأسیسات الکتریکی مشخص می‌باشد.



شکل ۱۷ـ سیستم هم‌بندی

ایجاد هم‌بندی در اسکلت‌های بتونی ساختمان‌ها نیز توسط سیم مسی یا میلگرد بدون آج موسوم به میلگرد فولادی هم‌بندی اجرا می‌شود که نوع و سایز آنها در نقشه‌های تأسیسات الکتریکی مشخص می‌باشد.

هم‌بندی الکتریکی می‌تواند علاوه بر هادی‌های بیگانه برای سایر قسمت‌های فلزی مانند بدنه ماشین لباسشویی یا ظرفشویی ویا رادیاتور شوفاژ و وان حمام اجرا شود که به آن هم‌بندی اضافی گویند.

نقشه‌های تأسیسات الکتریکی که مطابق با مقررات ملی ساختمان و استاندارد و آیین‌نامه‌های مربوطه که توسط مهندسان طراح برق تهیه می‌شود جزئیات اجرای هم‌بندی و هم‌بندی اضافی الکتریکی را در اختیار مجری برق قرار خواهد داد. لذا توجه به نقشه‌های الکتریکی ساختمان و دستور کارهای مربوطه هنگام اجرای هم‌بندی توسط مجری الزامی است.

با اتصال هم‌بندی به زمین حفاظتی، پتانسیل الکتریکی تمام اجزای فلزی ساختمان صفر خواهد شد. در دانش فنی پایه گفته شد که عامل جاری شدن جریان در مصرف‌کننده‌های الکتریکی اختلاف پتانسیل در دوسر مصرف‌کننده است. در این صورت چنانچه بدن شخصی به‌عنوان مصرف‌کننده قرار گیرد، جریان از بدن این فرد عبور کرده و دچار برق گرفتگی می‌شود.

با اجرای هم‌بندی و اتصال به سیستم زمین علاوه بر اینکه تمام نقاط فلزی در دسترس، هم پتانسیل می‌شوند و خطر برق‌گرفتگی را کاهش می‌دهند، مسیرهای موازی هدایت جریان به سوی زمین تشکیل می‌شود و چنانچه جریانی به این مسیرها وارد شود به زمین منتقل شده و شخص را محافظت می‌کند.

مزایای هم‌بندی

- مطمئن‌ترین روش جلوگیری از برق‌گرفتگی ناشی از تماس غیرمستقیم
- حفاظت از آسیب دیدن تجهیزات الکترونیکی، مخابراتی و اتوماسیون
- کاهش اثرات الکتریسیته ساکن
- ایجاد مسیرهای موازی برای هدایت جریان صاعقه به سمت زمین و جلوگیری از آسیب‌های ناشی از آن بر روی اشخاص و تجهیزات الکتریکی
- وسایل حفاظتی به کمک هم‌بندی اضافی
- بالا بردن ضریب اطمینان عملکرد وسایل حفاظتی به کمک هم‌بندی اضافی

هم‌بندی سازه‌های ساختمان مسکونی

هم‌بندی سازه‌های ساختمان مسکونی با توجه به نوع سازه متفاوت می‌باشد. معمولاً اسکلت سازه‌های ساختمان مسکونی به دو صورت زیر اجرا می‌شود:

۱. سازه‌های فولادی
۲. سازه‌های بتنی

اسکلت سازه‌های فولادی و یا بتنی بر روی یک شالوده بنا می‌شوند. شالوده به فونداسیون نیز معروف است. شالوده یا فونداسیون در قسمت تحتانی ساختمان بر روی زمین ایجاد می‌شود. برای ایجاد فونداسیون ابتدا شبکه‌ای متشکل از میلگردهای آجدار مطابق نقشه فندانسیون می‌سازند و در اطراف آنها قالب‌هایی فلزی قرار می‌دهند و سپس درون این قالب‌ها را بتن‌گیری می‌نمایند.

به هر یک از مسیرهای افقی که در شبکهٔ فونداسیون پس از بتن‌ریزی به‌وجود می‌آید شناژ گویند.

سازه‌های فولادی

اسکلت ساختمان سازه‌های فولادی توسط تیر آهن‌های فولادی اجرا می‌شود که بر روی فونداسیون به یک‌باره بر پا می‌شود. اسکلت سازه‌های بتنی در ادامه اجرای فوندانسیون توسط میلگردهای آجدار و قالب‌گیری و بتن‌ریزی به‌صورت مرحله‌ای در هر طبقه ایجاد می‌شود.



شکل ۱۸ـ شالوده (فنداسیون)

هم‌بندی سازه بتنی

اجرای هم‌بندی ساختمان باید قبل از بتن‌ریزی و هم‌زمان با اجرای شالوده ساختمان(فونداسیون) و درهمه طبقات ساختمان اجرا شود.

اجرا در شالوده

در شالوده (فونداسیون) ساختمان بایستی تمامی شناژهای ارتباطی هم‌بند شوند. منظور از شناژ، محوری است که همه ستون‌های ساختمان را به هم متصل می‌کند.

اجرا در ستون‌ها

در تمامی طبقات، ستون‌های واقع در گوشه‌های ساختمان، یکی از ستون‌های راه‌پله، تمام ستون‌های خرپشته و موتورخانه و در هر ۲۰ متر از طول و عرض ساختمان، شبکه هم‌بند باید به همدیگر متصل شود.

اجرا در سقف‌ها

در سقف ساختمان‌ها، شناژها و تیرهای فلزی دورتادور سقف، دورتادور آسانسور، یکی از شناژها و یا تیرهای فلزی در حمام، دستشویی، آشپزخانه، آبدارخانه و سایر فضاهایی که به‌طورمعمول در کف آنها آبریزی می‌شود، همچنین شناژها و یا تیرهای فلزی در طول و عرض ساختمان، حداقل در هر ۲۰ متر، بایستی هم‌بندی صورت گیرد.

اجرا در بام ساختمان

در پشت‌بام ساختمان(آخرین سقف) تمامی شناژها و تیرهای فلزی، مانند فونداسیون باید با هادی هم‌بند، هم‌بندی شود.

اجرا در سقف خرپشته و سقف موتورخانه‌های آسانسور

تمامی شناژها و تیرهای فلزی دورتادور سقف خرپشته و سقف موتورخانه آسانسور باید به شبکه هم‌بندی متصل شود.

هم‌بندی اسکلت‌های فلزی

در سازه‌های اسکلت فلزی که تیرها و ستون‌ها با استفاده از پیچ و مهره به یکدیگر متصل شده‌اند، برای ایجاد اتصال الکتریکی مطمئن بین قطعات فلزی شبکه هم‌بند از یک قطعه سیم مسی رابط استفاده می‌شود.البته اتصالات جوشی قطعات فلزی ازنظر اتصال الکتریکی مطمئن بوده و نیاز به اتصال اضافی ندارد.

سیم رابط که به قطعات فلزی متصل می‌شود، جوش ترمیت داده‌شده یا دو سر آن را کابل‌شو زده و به دو عدد پیچ جوشکاری شده به قطعات متصل شود.

هادی هم‌بندی

هادی هم‌بندی در یک ساختمان یکی از موارد زیر است که طبق نقشه هم‌بندی در شالوده، سقف و ستون‌های ساختمان قرار می‌گیرد:

- سیم مسی
- میلگرد حرارتی
- تسمه مسی
- تیر یا ستون فلزی در ساختمان‌هایی با سازه فلزی

هادی هم‌بندی مسی

چنانچه از سیم مسی برای هم‌بندی استفاده شود، سطح مقطع هادی هم‌بندی مسی نباید از $6mm^2$ کوچک‌تر باشد. استفاده از سطح مقطع $25mm^2$ ضروری نیست. البته برای اجرای هم‌بندی باید طبق نقشه که توسط مهندس طراح تأسیسات الکتریکی ارائه شده است، انجام شود و همچنین سطح مقطع هادی هم‌بندی اصلی نباید از نصف سطح مقطع بزرگ‌ترین هادی حفاظتی در تأسیسات الکتریکی کوچک‌تر باشد.

سیم‌ها یا تسمه‌های مسی باید به میلگردهای موجود سازه متصل شوند. برای این کار باید در هر ۶ متر با استفاده از جوش احتراقی (کدولد) و یا بست‌های پیچی مناسب، اتصالاتی ایجادشده و همچنین در فاصله بین بست‌های پیچی و یا جوش‌ها باید به کمک سیم آرماتوربندی معمولی، به میلگردهای سازه متصل شود. همچنین در تمامی انشعابات اعم از سه و چهارراهی باید سیم‌های مسی با استفاده از جوش کدولد به هم متصل شوند تا مقاومت الکتریکی آنها به حداقل ممکن رسیده و دارای استحکام مکانیکی کافی باشد.

هنگامی‌که دو فلز غیر هم‌جنس در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، به دلیل خواص شیمیایی متفاوت، تشکیل پیل الکتریکی می‌دهند و در مدت‌زمان طولانی باعث خورده شدن فلز در محل اتصال می‌شود. فلز مس و آهن نیز از همین قاعده برخوردار هستند ولی به خاطر خواص شیمیایی نزدیک به هم، پیل به‌وجود آمده بسیار ضعیف است.

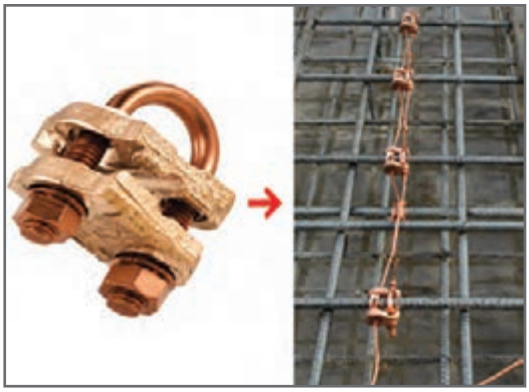
اتصال هادی هم‌بندی مسی به میلگردهای موجود در سازه

برای اتصال هادی مسی به میلگردهای موجود در سازه دو روش وجود دارد:

روش اول

استفاده از بست U_ Type: یکی از انواع کلمپ‌هایی که به‌منظور اتصال سیم به میله ارت به‌کاربرده می‌شود بست U_Type است. که در طراحی بست‌ها توجه به استحکام مکانیکی بست و مقاومت در برابر خوردگی از اهمیت بالایی برخوردار است. طراحی این بست‌ها به لحاظ ابعاد و ضخامت به‌گونه‌ای انجام‌شده که از استحکام مکانیکی بالایی برخوردار باشد.یکی دیگر از کاربردهای این بست اتصال سیم به میلگرد است.

نوعی از این بست‌ها وجود دارد که «بست بی متال» نامیده می‌شود. در قسمتی که میلگرد قرارگرفته می‌شود جنس بست از آهن و قسمتی که هادی مسی قرارگرفته می‌شود، از جنس مس می‌باشد. دلیل این کار جلوگیری از خوردگی است.



شکل ۱۹ـ بست U- type

روش دوم

استفاده از جوش کدولد: وسایل مورد نیاز استفاده از جوش کدولد دقیقاً مانند کار عملی اتصال سه راهه و چهاراهه سیم مسی می‌باشد و تفاوت آن در نوع قالب است.



شکل ۲۰ـ جوش کدولد جهت هم‌بندی

هم‌بندی با میلگرد حرارتی

هم‌بندی با میلگرد حرارتی یکی از روش‌های رایج هم‌بندی است. میلگرد حرارتی یکی از انواع میلگرد است که بدون آج تولید می‌شود و به‌واسطه عملیات حرارتی که در حین تولید آن انجام می‌شود، مقاومت الکتریکی کمتری نسبت به میلگردهای آجدار دارد.

میلگرد هم‌بندی در شناژها و ستون‌ها به میلگردهای اصلی سازه اضافه می‌شود و در کنار آنها قرار می‌گیرد. اجرای میلگرد هم‌بندی نباید به ساختار فنی سازه اصلی آسیب وارد کند.

قطر میلگرد هم‌بندی نباید از ۸ میلی‌متر کمتر باشد و اگر سطح مقطع هادی اصلی فاز ساختمان $95mm^2$ یا بیشتر باشد، قطر میلگرد به ۱۰ میلی‌متر افزایش می‌یابد.

تمامی قطعات شبکه هم‌بند از طریق اتصال الکتریکی مطمئن باید طوری به هم متصل شود که در محل اتصال، مقاومت الکتریکی به حداقل ممکن برسد.

اتصال بین قطعات میلگرد هم‌بندی به‌وسیله جوشکاری انجام می‌شود. معمولاً اتصال بین اجزا میلگرد هم‌بندی با جوشکاری با برق اجرا می‌شود.

جوشکاری میلگرد: جوشکاری میلگرد به معنی متصل کردن و جوش زدن دو قطعه میلگرد به همدیگر است. عملیات جوشکاری، پیچیدگی‌های خاص خود را داشته و هنگام اجرا دقت بسیار لازم دارد؛ چنانچه این جوشکاری صحیح انجام نشود استحکام مکانیکی لازم ایجاد نشده، در نتیجه مقاومت محل جوش بالا رفته و به مرور زمان خوردگی ایجاد می‌شود. جوشکاری میلگردهای طولی، جوشکاری میلگردها در یک تقاطع چهارراهه، جوشکاری میلگرد در یک‌گوشه، جوشکاری در تقاطع سه راهه و جوشکاری میلگردهای شناژ با شالوده به ستون از انواع جوشکاری‌های مورد استفاده در هم‌بندی هستند.

مراحل انجام جوشکاری

ایمنی قبل از کار: در این مرحله بایستی از ماسک مخصوص جوشکاری استفاده شود. دستکش مخصوص نیز برای جلوگیری از سوختن دست بسیار مهم است. عدم استفاده از ماسک باعث آسیب جدی و در مواقعی کوری موقت چشم می‌شود. قبل از شروع عملیات، جوش برق و سایر دستگاه‌های جوش باید در شرایط ایمن قرار بگیرند.

آماده کردن دستگاه جوش: آماده نمودن دستگاه جوش یا اینورتر نخستین گام برای شروع جوشکاری است. در ابتدا نیاز به دو کابل، یکی دارای گیره و دیگری دارای انبر اتصال می‌باشد.کابل اتصال یا کابل گیره‌دار به قطب منفی متصل شده و کابل انبردار به قطب مثبت وصل می‌شود. از این پس دستگاه با فشردن دکمه روشن و خاموش آماده می‌گردد.

برای جوشکاری میلگرد، تنظیم صحیح دستگاه بسیار مهم است. بسته به نوع دستگاه، ممکن است نیاز به تنظیمات مختلفی برای انواع جوشکاری برق داشته باشید. پس از آماده کردن دستگاه، باید دقت کنید که دستگاه در بهترین درجه برای جوشکاری تنظیم شده باشد تا از ایجاد مشکلاتی مانند ترک یا جوش ضعیف جلوگیری شود.

آماده کردن محل جوش: در این مرحله کابل گیره را به آهن متصل کنید. سیم گیره حتماً باید به آهن وصل شود تا اتصال با دستگاه نیز برقرار شود. اطمینان حاصل کنید که نوک سیم گیره، روی قطعه آهن لرزش نداشته باشد چون در غیر این‌صورت کابل، خیلی سریع داغ می‌شود.

انتخاب الکترود: الکترود در نوع جوش برق قوسی به یک سیم فلزی و رسانا گفته می‌شود که یک سر و تقریباً تمام بدنه آن روکش‌دار شده است. این سیم فلزی رابط بین جریان برق خروجی وارد شده به انبر جوش دستگاه اینورتر با قطعه و سطح کار است.

سایز الکترود مهمترین پارامتر انتخاب آن است. نمره و قطر الکترود ارتباط مستقیم با میزان قدرت و خروجی آمپر دستگاه دارد. هرچه قطر الکترود بیشتر باشد، توان ذوب بیشتری را می‌طلبد و به این ترتیب اینورتر جوشکاری نیز باید آمپراژ بالاتری داشته باشد.

نکته

در جوشکاری میلگردهای ۸ و ۱۰ از الکترود ۲,۶ و در میلگردهای ۱۴ از الکترود ۳,۲ استفاده می‌شود.

عملیات جوشکاری

حساس ترین بخش جوشکاری هم‌بندی است که اگر طبق اصول جوشکاری آهن انجام نشود باعث ایجاد خسارت و خراب شدن کار می‌شود. انبر نزدیک محل جوش قرار می‌گیرد ولی نباید خیلی نزدیک باشد چون الکترود به سطح کار چسبیده و ممکن است باعث سوختن دستگاه شود؛ در عین حال نباید خیلی دور باشد چون الکترود ذوب شده و به سطح آهن پاشیده می‌شود.

طبق اصول جوشکاری آهن، فاصله الکترود از محل جوش باید حدود دو الی سه میلی متر باشد. ابتدا برای متصل کردن دو قطعه آهنی به هم از چند خال جوش استفاده می‌گردد و به محض درست شدن خال جوش قوس الکتریکی، الکترود را از محل کار دور کنید.



شکل ۲۱ـ جوشکاری هم‌بندی

بعد از درست کردن خال‌جوش‌ها، زائده‌های جوش که به آنها به اصطلاح گل جوش یا سرباره می‌گویند با یک چکش کوچک از روی جوش جدا کنید. اگر این کار انجام نشود، سرباره یا گل جوش، هنگام انجام مجدد عملیات جوشکاری در حوضچه مذاب حبس شده و باعث ایجاد تخلخل و شکستن جوش می‌شود.

مراحل اجرای هم‌بندی بعد از بتون‌ریزی

همان‌طوری که گفته شد، اجرای هم‌بندی سازه‌های بتونی حتماً می‌بایست قبل از بتن ریزی انجام شود. چنانچه قبل از بتون ریزی در هر مرحله‌ای این کار انجام نشد باید طبق مراحل زیر هم‌بندی بر روی کار انجام شده و به قسمت های دیگر متصل گردد.

اجرا در فونداسیون و سقف‌ها: درصورتی‌که هم‌بندی قبل از بتون‌ریزی در فونداسیون و سقف‌ها انجام‌نشده باشد، باید باسیم مسی بدون روکش غیر افشان با سطح مقطع $16mm^2$ شبکه هم‌بند را بر روی سطح بتون اجرا نموده، و آن را به نزدیک‌ترین شبکه هم‌بند در دسترس متصل نمود.



شکل ۲۲ـ اجرای هم‌بندی در ستون‌ها

اجرا در ستون‌ها: درصورتی‌که هم‌بندی در یکی از ستون‌های طبقات ساختمان، خرپشته و یا موتورخانه آسانسور قبل از بتون‌ریزی انجام‌نشده باشد، ارتباط شبکه هم‌بند بین طبقات بالا و پایین قطع می‌شود، لذا باید یک‌رشته سیم مسی با سطح مقطع $16mm^2$ غیر افشان در کنار ستون‌های موردنظر قرار داده و آنها را به شبکه هم‌بندی طبقه بالاتر و همچنین طبقه یا طبقات پایین‌تر متصل نمود.

اتصال شبکه هم‌بند شده به سیستم اتصال زمین در جعبه هم‌بندی

سیستم اتصال زمین و هم‌بندی مکمل یکدیگر بوده و باید این دو سیستم به همدیگر متصل شوند. به چند دلیل باید این دو سیستم به همدیگر متصل شوند یکی از این علت‌ها را می‌توان وجود جریان‌های سرگردان در شبکه هم‌بند نام برد. چنانچه این جریان‌ها راه خروجی از شبکه هم‌بند نداشته باشند به‌مرور زمان موجب خوردگی در شبکه هم‌بند شده و از بین رفتن سازه را به دنبال دارد.

شبکه هم‌بند باید حداقل از سه‌نقطه به شینه اتصال زمین متصل شود.

نقاط اتصال شبکه هم‌بند به اتصال زمین ساختمان، روی ستون‌های هم‌بند شده، قرار می‌گیرد. یکی از این نقاط باید روی ستون هم‌بند شده شفت راه‌پله و یک نقطه دیگر روی ستونی جانمایی شود که از محل نصب شینه اصلی اتصال زمین فاصله کمتری داشته باشد. نقطه یا نقاط باقی‌مانده روی ستون‌هایی در نظر گرفته شود که دور از یکدیگر و نقاط قبلی باشد.

برای اتصال شبکه هم‌بند به اتصال زمین ساختمان از یک قطعه فولادی به نام قطعه اتصال استفاده می‌شود. این قطعه یک نبشی فولادی معمولی به ابعاد ۵mm×۵۰×۵۰ و یا بزرگ‌تر است. یکی از صفحات نبشی به

هادی هم‌بندی موجود در ستون، جوشکاری شده و صفحه دیگر برای اتصال شبکه هم‌بند به اتصال زمین مورداستفاده قرار می‌گیرد و در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از کف زمین و درجایی قرار می‌گیرد به زیبایی آن محل لطمه‌ای وارد نشود.

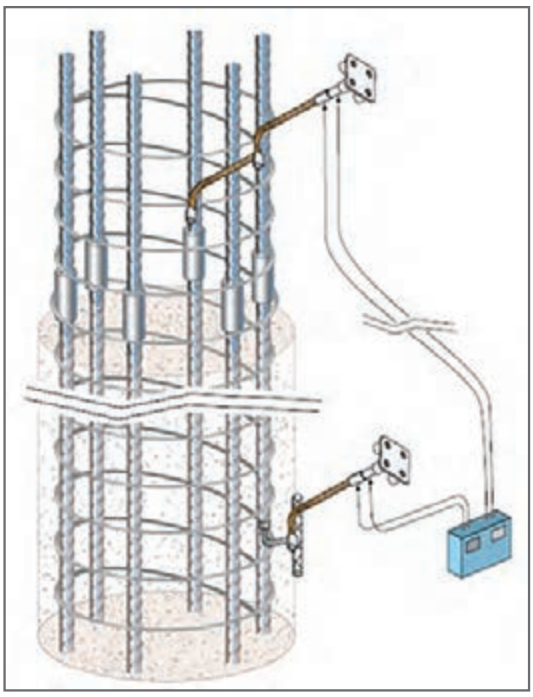
برای اتصال هادی‌های ارتباطی به قطعه اتصال باید از جوش ترمیت استفاده شود و یا یک عدد پیچ ضدزنگ روی این قطعه جوشکاری شده و هادی هم‌بند به کمک کابلشوی مناسب بر روی این پیچ بسته شود. همچنین تمامی اتصالات و پیچ‌ها در درون جعبه‌ای با درب بازشو برای بازدید و تست‌های اولیه و دوره‌ای قرار می‌گیرد.

تست مقاومت الکتریکی هم‌بندی

تست پیوستگی به منظور حصول اطمینان از برقراری مدار الکتریکی و رسانایی به حد کافی شبکهٔ هم‌بندی انجام می‌شود. این آزمایش بین شاخص‌های در دسترس اتصال شبکهٔ هم‌بندی و به‌صورت دو به دو انجام می‌شود.

مطابق استاندارد مقدار مقاومت اندازه‌گیری شده نباید از ۰/۲ اهم بیشتر باشد. آزمایش تست پیوستگی می‌تواند توسط یکی از دستگاه‌های زیر انجام شود:
ارت تستر، لوپ تستر و مولتی فانکشن تستر.

برای شبکهٔ هم‌بندی صرفاً تست پیوستگی انجام می‌شود. مفهوم مقاومت هم‌بندی اصطلاح غلط رایج است، که نباید به‌کار برده شود. زیرا شبکه هم‌بندی از انواع الکترودهای اتصال زمین نیست و نباید آنرا با الکترود یوفر به اشتباه گرفت.



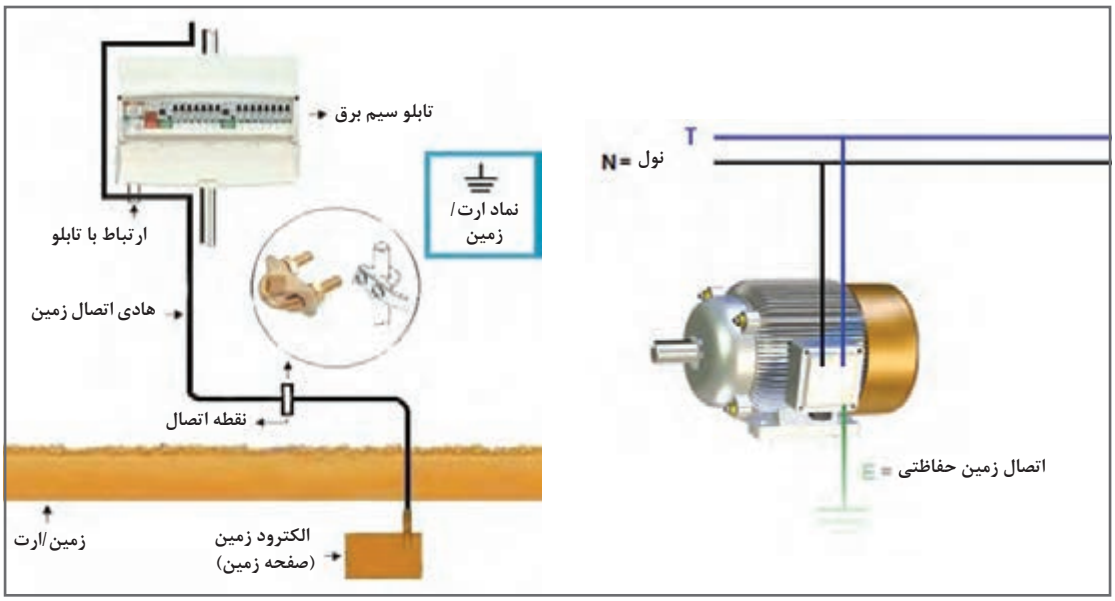
شکل ۲۳ــ تست مقاومت الکتریکی هم‌بندی

سیستم زمین

اتصال الکتریکی که به‌طور عمد بین بدنهٔ هادی تجهیزات برقی یا بدنه‌های هادی بیگانه (غیربرقی) که در نزدیکی مدارهای برقدار واقع شده‌اند، از طریق الکترودهایی مانند میله، تسمه یا صفحه به جرم کلی زمین را سیستم اتصال زمین گویند.

مزایای استفاده از سیستم اتصال زمین

- تأمین حد مجاز مقدار ولتاژ فاز به زمین در سیستم الکتریکی محل (ولتاژ ثابت).
- حفاظت در برابر برق‌گرفتگی با زمین کردن مناسب بدنه‌های هادی فلزی.
- حفاظت در برابر الکتریسیته ساکن حاصل از اصطکاک.
- حفاظت در برابر اثرات برخورد مستقیم صاعقه.
- حفاظت در برابر اثرات غیر مستقیم صاعقه.



شکل ۲۴ـ سیستم اتصال زمین

انواع الکترودهای سیستم اتصال زمین

طراحی سیستم اتصال زمین با اندازه‌گیری مقاومت ویژهٔ خاک شروع می‌شود. و سپس با محاسبهٔ مقدار جریان اتصال کوتاه و سایر ملاحظات الکتریکی، مکانیکی، جغرافیایی و نوع الکترود از یکی از انواع زیر انتخاب می‌شود:



شکل ۲۵ـ الکترود قائم

۱ـ الکترود قائم: مطابق استاندارد هر الکترود قائم باید حداقل به عمق ۸ فوت یا ۲۴۵ سانتی‌متر در خاک بکر یا دست نخورده کوبیده شود. الکترود قائم می‌تواند به‌صورت میله‌ای، لوله‌ای یا سیم مسی لخت باشد. جنس میله‌ها برای تحمل ضربات معمولاً از مغز فولادی به قطر ۱۴ میلی‌متر و روکش مس یا جوش ملکولی عجین شده به ضخامت حداقل ۲۵۰ میکرون انتخاب می‌شوند. از لوله‌های فولاد گالوانیزهٔ عمقی داغ به قطر ۲۵ میلی‌متر و همچنین سیم مسی با سطح مقطع ۲۵ میلی‌متر مربع نیز می‌توان به‌عنوان الکترود قائم استفاده نمود.

تحقیق کنید

از سیم مسی، چگونه به عنوان الکترود قائم استفاده می‌شود؟

فعالیت

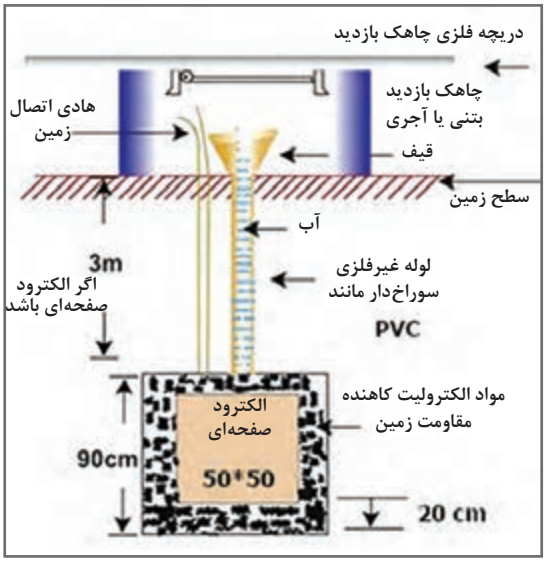
مطابق شکل ۲۶ در کنار باغچه هنرستان الکترود قائم (عمودی) را کوبیده و با انجام اتصالات آن سیم ارت را به جعبه بازدید متصل کنید



شکل ۲۶ـ کوبیدن الکترود قائم در زمین

۲ـ الکترودهای افقی: در مناطق سنگلاخی یا زمین‌هایی که نفوذ به عمق زمین با مشکل مواجه است (برخورد با تخته سنگ یا سفره‌های زیرزمینی آب) معمولاً از الکترود افقی استفاده می‌شود. بر اساس طراحی سیستم اتصال زمین و رسیدن به مقدار مقاومت زمین محاسبه شده، ابتدا اقدام به حفر ترانشه یا کانال افقی حداقل به عمق بین ۵۰ تا ۸۰ سانتی‌متر از عمق زمین نموده و سپس از یک تسمه مسی با ضخامت حداقل ۲ میلی‌متر و مقطع حداقل ۵۰ میلی‌متر مربع استفاده می‌شود.(طول کانال از محاسبه به‌دست می‌آید. معمولاً برای تک الکترود معادل الکترود قائم، طول ۵ متر انتخاب می‌شود).

۳ـ الکترود صفحه‌ای: از الکترودهای صفحه‌ای معمولاً در جایی استفاده می‌شود که جنس خاک خوب نیست. و نیاز به استفاده از بکفیل یا فراوری خاک است. ابعاد صفحه باید حداقل ۵۰×۵۰ سانتی‌متر و ضخامت آن حداقل ۲ میلی‌متر باشد. صفحه به‌صورت عمودی در عمق حداقل ۱۵۰ سانتی‌متر از سطح زمین نصب می‌شود. اتصال سیم به صفحه حتماً باید از نوع جوش احتراقی و حداقل در دو نقطه باشد. صفحه باید به‌طور کامل در بکفیل قرار گیرد. در این نوع الکترود از یک لوله پولیکا جهت تأمین نم و رطوبت به‌صورت مداوم و در فواصل زمانی معین استفاده می‌شود. الکترود صفحه‌ای از نظر ارجحیت در آخرین اولویت استفاده قرار دارد.



شکل ۲۷ـ الکترود صفحه‌ای

هدف: انجام پروژه روشنایی پارکینگ بین راهی آزاد راه (در مقیاس کوچک‌تر) به‌صورت مستقل از شبکه

ابزار، مواد و تجهیزات موردنیاز: سازه خورشیدی ساخته شده در کار عملی ۱، پنل‌های خورشیدی، اینورتر، باتری، کنترلر شارژ، اتصالات MC4، کابل، ابزار مربوط به سیم کشی، پرژکتور ۵۰ وات یا لامپ ال‌ای دی مشابه



شکل ۲۸ـ پروژه پارکینگ بین راهی

مرحله اول ـ اجرای هم‌بندی و سیستم ارت بر روی سازه‌ای ساخته شده

در این مرحله کلیه قسمت‌های فلزی سازه، پنل‌ها و تجهیزات الکتریکی به یکدیگر هم‌بند شده و سپس به سیستم ارت متصل می‌گردند تا در برابر خطاهای الکتریکی و صاعقه محافظت ایجاد شود.

- اتصال تمامی قسمت‌های فلزی سازه با سیم مسی لخت (حداقل $۶\,mm^۲$)
- اتصال بدنه پنل به سازه فلزی
- اتصال هادی هم‌بندی به میله ارت در زمین
- محکم کردن اتصالات با بست و پیچ و اطمینان از تماس مناسب



شکل ۲۹ـ اجرای هم‌بندی و ارت بر روی سازه

مرحله دوم ـ انجام محاسبات

هنرجویان عزیز، در یک سیستم روشنایی خورشیدی مستقل از شبکه مطابق شکل ۳۰، قرار است یک پرژکتور ۵۰ وات به مدت ۷ ساعت در شبانه‌روز روشن بماند. اگر تعداد پنل‌های خورشیدی موجود شش عدد و توان هر پنل ۲۰ وات باشد، ظرفیت باتری، آرایش پنل‌ها و سایر اجزای اصلی سیستم را محاسبه کنید.

مرحله سوم ـ تکمیل نقشه شماتیک

با توجه به آموخته‌های قبلی، آرایش پنل‌ها را انجام و سیم‌کشی اجزا را در دفتر گزارش کار به‌صورت شماتیک مطابق شکل ۳۰ رسم کنید.



شکل ۳۰ـ نقشه خام سیستم مستقل از شبکه

مرحله چهارم ـ اجرای سیستم مستقل از شبکه

با دریافت تجهیزات از انبار، این سیستم را بر روی سازه اجرا شده در کار عملی ۱ انجام دهید.
این سازه را در یکی از مکان‌های مناسب مدرسه قرار داده تا باتری شارژ شود. فتوسل قرار داده شده در سیستم را با یک پلاستیک تیره بپوشانید (شبیه‌سازی حالت شب) تا پرژکتور روشن شود.
مشاهدات خود را در دفتر گزارش کار ثبت نمایید.

خودآزمایی

۱ در طراحی یک سامانه فتوولتاییک مستقل از شبکه، مفهوم «ضریب استقلال تابش» (Days of Autonomy) و عمق دشارژ باتری (DOD) را تعریف کرده و توضیح دهید این دو پارامتر چگونه در تعیین ظرفیت نامی بانک باتری (برحسب آمپر ساعت) تأثیر می‌گذارند؟

۲ قانون طلایی ترتیب اتصال تجهیزات در هنگام راه‌اندازی و ترتیب جداسازی آنها در زمان دمونتاژ سیستم مستقل از شبکه نسبت به کنترلر شارژ چیست و عدم رعایت این ترتیب چه خطری برای دستگاه به‌همراه دارد؟

۳ جنس سازه‌های خورشیدی (آلومینیوم و فولاد گالوانیزه) را ازنظر مقاومت در برابر خوردگی، وزن استحکام دربرابر باد مقایسه کرده و توضیح دهید سیستم هم‌بندی (Equipotential Bonding) سازه به چه منظور اجرا می‌شود؟

۴ انواع الکترودهای سیستم اتصال زمین اکترود قائم (میله ارت) و الکترود افقی (تسمه) را مقایسه نموده و حداقل عمق کوبیدن الکترود قائم در خاک بکر را براساس استانداردهای تأسیسات الکتریکی بیان کنید.

ارزشیابی شایستگی نصب سامانه مستقل از شبکه (Off_Grid)

نام و نام خانوادگی:		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۴۱۱۱۲	**حرفه**	برقکاران	**کدپیمانه/پودمان**	۷۴۱۱۱۲۰۳۳
کد وظیفه شغل	۷۴۱۱۱۲۰۳	**وظیفه شغل**	طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان های هوشمند	**سطح صلاحیت**	L۲
کد کار	۷۴۱۱۱۲۰۳۳۱	**کار**	نصب سامانه مستقل از شبکه (off -grid)	**سطح شایستگی**	مهارت

استاندارد عملکرد کار:
توانایی نصب سامانه خورشیدی مستقل از شبکه

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	نصب پایه‌ها	مدول خورشیدی ـ باتری ـ کنترل شارژ؛ کابل واتصالات، جعبه ابزار کامل سیم‌کشی؛ وسایل اندازه‌گیری الکتریکی ۶۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	اتصال پایه‌ها و اتصال زمین	۳	
				اتصال پایه‌ها و تراز و زاویه‌یابی	۲	
				اتصال پایه‌ها	۱	
۲	اتصال مدول روی پایه	مدول خورشیدی-باتری ـ کنترل شارژ؛کابل و اتصالات، جعبه ابزار کامل سیم‌کشی؛ وسایل اندازه‌گیری الکتریکی ۷۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	اتصال مدول روی پایه متناظر کاتالوگ	۳	
				اتصال مدول روی پایه	۲	
				تعیین محل نصب مدول	۱	
۳	سیم‌کشی کامل مدول و تابلو	مدول خورشیدی ـ باتری ـ کنترل شارژ؛ کابل و اتصالات، جعبه ابزار کامل سیم‌کشی؛ وسایل اندازه‌گیری الکتریکی ۶۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	اتصال سری و موازی مدول تا تابلو و اجرای ارتینگ	۳	
				اتصال سری و موازی مدول تا تابلو	۲	
				اتصال سری مدول	۱	
۴	کار با نرم‌افزار PVsyst	رایانه مجهز به نرم‌افزار PVsyst، داده‌های اقلیمی (تابش خورشید، دما)، مشخصات پنل خورشیدی و اینورتر، فایل پروژه، ماشین‌حساب، فرم ثبت نتایج، تجهیزات ایمنی کار با رایانه ۱۲۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده مستقیم عملکرد هنرجو، چک‌لیست مراحل کار در نرم‌افزار، بررسی صحت ورود داده‌ها، ارزیابی خروجی‌های شبیه‌سازی (انرژی تولیدی، راندمان، نمودارها)، پرسش شفاهی	هنرجو به‌درستی پروژه را در PVsyst ایجاد کرده، داده‌های اقلیمی و مشخصات سیستم را دقیق وارد کرده، شبیه‌سازی را اجرا کرده و نتایج (توان تولیدی، تلفات و نمودارها) را به‌درستی تحلیل و تفسیر می‌کند.	۳	
				بیش از نیمی از مراحل کار در نرم‌افزار به‌درستی انجام شده است، اما در ورود داده‌ها، تنظیمات شبیه‌سازی یا تحلیل نتایج اشکالات جزئی وجود دارد که با راهنمایی قابل اصلاح است.	۲	
				کار با نرم‌افزار به‌صورت ناقص یا نادرست انجام شده، داده‌ها اشتباه وارد شده یا هنرجو قادر به تحلیل نتایج شبیه‌سازی نیست.	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نظم و نظافت محیط کار، استفاده صحیح از ابزار و تجهیزات، مدیریت پسماندها و ضایعات، همکاری با دیگران، مسئولیت‌پذیری و رعایت اخلاق حرفه‌ای در طول انجام فعالیت‌ها	مشاهده مستقیم، چک‌لیست رفتاری، ثبت عملکرد، پرسش شفاهی، ارزیابی مستمر در حین کار	رعایت نسبی اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، با خطاهای جزئی در حین انجام کار.	۲	
				عدم رعایت اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، یا بروز خطاهای جدی در نگرش و رفتار کاری.	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:
۱ـ معیار شایستگی انجام کار:
ـ کسب حداقل نمره ۲ از مراحل سیم کشی کامل مدول وتابلو و کار با نرم‌افزار PVsyst (مراحل بحرانی)
ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش
ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار
۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.
* مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها
* تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲ : نصب سامانه متصل به شبکه (On_Grid)

آیا می‌دانید

۱ کاربردهای سیستم‌های متصل به شبکه چیست؟
۲ سیستم‌های هیبریدی و سیستم‌های متصل به شبکه چه تفاوتی دارند؟
۳ در زمان قطع برق شبکه، وضعیت سیستم متصل به شبکه و هیبریدی چه وضعیتی دارند؟
۴ جزیره‌ای شدن چیست و چه پیامدهایی دارد؟
۵ با چه نرم‌افزارهایی می‌توان سامانه‌های خورشیدی را شبیه‌سازی نمود؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود، سامانه‌های متصل به شبکه را شناسایی نمایند و محاسبات مقدماتی سیستم متصل به شبکه را انجام داده و تجهیزات را شناسایی نمایند. همچنین با نرم‌افزار PVSOL سیستم‌های متصل به شبکه و مستقل از شبکه را شبیه سازی مقدماتی نموده و گزارش‌های لازم را استخراج نمایند.

مقدمه

سامانه‌های فتوولتاییک متصل به شبکه (متصل به شبکه یا On_Grid) سیستم‌هایی هستند که انرژی تولیدی پنل‌های خورشیدی را به برق AC تبدیل کرده و به شبکه برق سراسری تزریق می‌کنند. این سیستم‌ها برای عملکرد خود به شبکه برق وابسته هستند و بدون آن قادر به کارکرد مستقل نیستند. در این نوع سیستم از باتری برای ذخیره‌سازی انرژی استفاده نمی‌شود. هدف اصلی آنها کاهش مصرف برق از شبکه و بهینه‌سازی هزینه انرژی است. همچنین در صورت تولید مازاد، امکان تزریق برق به شبکه وجود دارد.
در شکل ۳۱ شماتیک سامانه‌های فتوولتاییک متصل به شبکه نشان داده است.



شکل ۳۱ـ شماتیک سامانه فتوولتاییک متصل به شبکه

کاربرد سیستم‌های متصل به شبکه

سیستم‌های متصل به شبکه، به دلیل عدم نیاز به باتری و هزینه راه‌اندازی پایین‌تر نسبت به سیستم‌های مستقل از شبکه، محبوب‌ترین و پرکاربردترین نوع سیستم‌های خورشیدی در دنیا هستند.
این سیستم‌ها کاربردهای بسیار متنوعی دارند که می‌توان آنها را به چهار گروه اصلی تقسیم کرد:

۱ـ کاربردهای خانگی

این رایج‌ترین کاربرد سیستم‌های متصل به شبکه است که روی پشت‌بام منازل مسکونی، ویلاها یا سایه‌بان پارکینگ‌ها نصب می‌شود. معمولاً کاربردهای خانگی با اهداف زیر دنبال می‌شود:

■ **کاهش یا صفر کردن قبض برق:** خانه در طول روز از برق تولیدی پنل‌ها استفاده می‌کند و در صورت کمبود، از شبکه برق می‌گیرد.

■ **درآمدزایی از طریق فروش برق:** در ساعاتی از روز که ساکنین خانه نیستند یا مصرف کمی دارند (مثل اواسط روز)، برق مازاد به شبکه فروخته می‌شود که در ایران از طریق قراردادهای تضمینی ۲۰ ساله با سازمان ساتبا (سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق) انجام می‌شود.



شکل ۳۲ـ کاربرد خانگی سیستم متصل به شبکه (پشت بام و پارکینگ مسقف خورشیدی)

۲ـ کاربردهای تجاری و اداری:

ساختمان‌های اداری، پاساژها، بانک‌ها، مدارس و هتل‌ها به دلیل الگوی مصرف خاص خود، بهترین گزینه برای سیستم‌های متصل به شبکه هستند.

■ **تطابق کامل زمان تولید و مصرف:** ادارات و مجتمع‌های تجاری دقیقاً در طول روز (ساعات اوج تابش خورشید) بالاترین مصرف برق را برای سیستم‌های سرمایشی، روشنایی و کامپیوترها دارند. این یعنی برق تولیدی پنل‌ها بدون نیاز به ذخیره‌سازی، فوراً در محل مصرف می‌شود.

■ **کاهش هزینه‌های مصرف (پیک‌سایی):** شرکت‌ها با تولید برق در ساعات اوج مصرف شبکه، پله‌های مصرفی خود را پایین می‌آورند و هزینه‌های مصرف (حق انشعاب سنگین) را به شدت کاهش می‌دهند.



شکل ۳۳ـ سیستم‌های متصل به شبکه در پشت بام مدارس

هنرستان شهید رجایی تهران (سمت راست) ـ هنرستان شهید بهشتی دزفول (سمت چپ)

فکر کنید

آیا پشت بام مدرسه شما (از نظر جغرافیایی، مساحت و...) مناسب استفاده برای سیستم‌های خورشیدی است؟ چرا؟

۳ـ کاربردهای صنعتی و کارگاهی

کارخانه‌ها، سوله‌های صنعتی و کارگاه‌های تولیدی معمولاً سقف‌های بسیار وسیع و صافی دارند که پتانسیل فوق‌العاده‌ای برای نصب پنل ایجاد می‌کند.



شکل ۳۴ ـ سیستم متصل به شبکه در پشت بام سوله‌های یک کارخانه صنعتی

- **تأمین بخشی از برق ماشین آلات:** خطوط تولید در طول روز مصرف انرژی بسیار بالایی دارند و تزریق برق خورشیدی به شبکه داخلی کارخانه، فشار را روی پست‌های برق کاهش می‌دهد.
- **مسئولیت اجتماعی و الزامات قانونی:** بسیاری از صنایع بزرگ طبق قوانین جدید موظف هستند درصدی از برق مصرفی خود را از انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین کنند.

۴ـ نیروگاه‌های بزرگ خورشیدی

نیروگاه‌های مگاواتی که در مناطق بیابانی و وسیع (مانند مناطق مرکزی ایران مثل یزد، کرمان و همدان و...) احداث می‌شوند.



شکل ۳۵ـ نیروگاه خورشیدی

- **تزریق مستقیم به شبکه سراسری:** در این کاربرد، هیچ مصرف‌کننده‌ای در محل وجود ندارد؛ هدف صرفاً تولید انبوه انرژی و تزریق آن به خطوط انتقال و پست‌های فشار قوی جهت تقویت شبکه برق کشوری است.

به این مدل نیروگاه‌های خورشیدی که در مناطق بیابانی احداث می‌شوند مزارع خورشیدی گفته می‌شود.

تحقیق کنید

با جست‌وجو در منابع معتبر، تحقیق کنید در حال حاضر، تولید کل برق در کشور چند مگاوات می‌باشد؟
تولید برق توسط سیستم‌های خورشیدی چند مگاوات است؟
چند درصد از تولید برق سهم انرژی‌های تجدید پذیر (بادی، خورشیدی و...) است؟

تجهیزات اصلی سامانه‌های متصل به شبکه (On-Grid)

ساختار سامانه‌های متصل به شبکه به دلیل نبود باتری و کنترلر شارژ ساده‌تر از سیستم‌های متصل به شبکه است. تجهیزات این نوع از سامانه‌ها عبارتند از:

۱ ـ پنل‌های خورشیدی

ماهیت ساختاری و جنس سلول‌های خورشیدی در دو سیستم متصل و مستقل از شبکه کاملاً یکسان بوده و تفاوت آنها تنها در مشخصات الکتریکی است، به طوری که در سیستم‌های متصل به شبکه از پنل‌هایی با توان و ولتاژ بالاتر جهت تأمین ولتاژ ورودی اینورتر استفاده می‌شود، اما در سیستم‌های مستقل از شبکه، انتخاب پنل‌ها مستقیماً بر اساس محدودیت ولتاژ بانک باتری صورت می‌گیرد.

نکته

در سیستم‌های متصل به شبکه به دلیل ولتاژ بالای اینورترها، پنل‌ها معمولاً در تعداد بالا با هم سری می‌شوند تا به ولتاژ کاری اینورتر (مثلاً ۵۰۰ تا ۸۰۰ ولت) برسند.

۲ـ اینورتر متصل به شبکه

مهم‌ترین و حساس‌ترین قطعه در سامانه متصل به شبکه است که به عنوان مغز سیستم عمل می‌کند.

- **وظیفه:** تبدیل برق DC پنل‌ها به برق متناوب AC سینوسی کاملاً هماهنگ با ولتاژ و فرکانس شبکه شهر.
- **ویژگی‌های کلیدی:** دارای سیستم حفاظتی خاص جهت قطع تولید برق پنل هنگام قطع برق شبکه، مجهز به سیستم ردیابی حداکثر توان (MPPT) برای گرفتن بیشترین راندمان از پنل‌ها.

۳ـ کنتور دوطرفه یا هوشمند

وظیفه این کنتور که توسط شرکت توزیع نیروی برق نصب می‌شود عبارت است از:

الف) میزان انرژی الکتریکی که مشترک از شبکه شهر مصرف می‌کند را می‌سنجد.

ب) میزان انرژی الکتریکی مازادی که پنل‌ها تولید کرده و به شبکه شهر تزریق کرده‌اند را اندازه می‌گیرد.

تعویض کنتور قدیمی خانگی به کنتور دوطرفه در سیستم متصل به شبکه الزامی است.

قانون اصلی در سامانه‌های متصل به شبکه

در سیستم‌های متصل به شبکه، به محض اینکه برق شبکه سراسری قطع شود یا نوسان شدید داشته باشد، اینورتر ظرف چند میلی‌ثانیه تولید برق را کاملاً متوقف و سیستم را خاموش می‌کند؛ حتی اگر وسط یک روز کاملاً آفتابی تابستان باشد.

سیستم‌های متصل به شبکه در صورت قطع برق شبکه سراسری به دو علت مهم قطع می‌شوند:

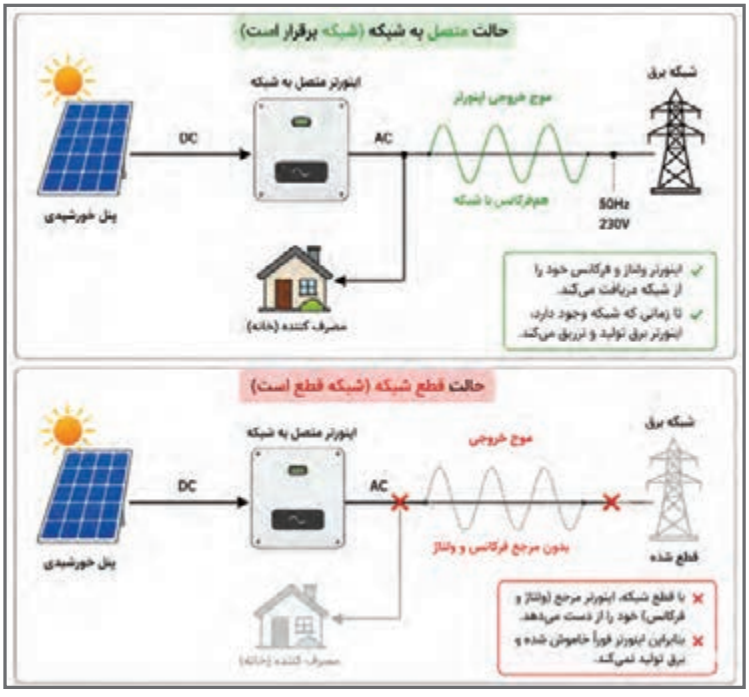
۱ـ حفاظت از جان تعمیرکاران اداره برق: اگر برق یک محله به دلیل تعمیرات توسط اداره برق قطع شده باشد و سیستم خورشیدی یک خانه در آن محله همچنان به شبکه برق تزریق کند، کابل‌های بیرون خانه برق‌دار می‌مانند. تعمیرکاری که بالای تیر برق رفته، فکر می‌کند شبکه بدون برق است، اما برق خورشیدی آن خانه می‌تواند باعث برق‌گرفتگی و حتی مرگ او شود.

به این پدیده ایجاد (جزیره برق) می‌گویند و اینورترها باید مجهز به سیستم ضد جزیره‌ای شدن[1] باشند تا فوراً دسترسی را قطع کنند.



شکل ۳۶ـ تعمیرات متداول شبکه و لزوم قطع برق پنل توسط اینورتر

۲ـ وجود نداشتن مرجع ولتاژ و فرکانس: اینورترهای متصل به شبکه، امکان ساختن موج سینوسی برق را به‌صورت مستقل ندارند. آنها مانند یک موج‌سوار هستند که برای کار کردن، نیاز به (موج اصلی) شبکه دارند. اینورتر خورشیدی ولتاژ و فرکانس خود را با فرکانس شبکه (در ایران ۵۰ هرتز) تنظیم می‌کند. وقتی شبکه قطع می‌شود، اینورتر دیگر مرجعی برای الگوبرداری ندارد و نمی‌تواند برق تولید کند. همانطور که قبلاً آموختید در مولدهای برق اضطراری این کار برعهده AVR و گاورنر بود اما در سیستم‌های متصل به شبکه اینورتر وظیفه تنظیم ولتاژ و فرکانس را بر عهده دارد.



شکل ۳۷ـ عملکرد تنظیم ولتاژ و فرکانس در دو حالت متصل به شبکه و قطع شبکه

۱ـ Anti islanding

پرسش

اگر کارفرما هم سیستم متصل به شبکه (برای درآمد و کاهش قبض) و هم برق اضطراری (برای زمان قطعی) را با هم بخواهد، چه باید کرد؟

سیستم‌های ترکیبی (هیبریدی)

برای حل مشکلات بالا و داشتن برق پشتیبان زمان قطع برق شبکه در سامانه‌های فتوولتاییک متصل به شبکه از سامانه‌های ترکیبی استفاده می‌شود.

تکنیک هوشمندانه‌ای که در اینورترهای هیبرید (Hybrid Inverters) استفاده می‌شود تا هم‌زمان امنیت تعمیرکار شبکه سراسری و هم برق اضطراری خانه را تأمین کند، استفاده از یک (کلید جداساز خودکار) در ساختار داخلی یا در کنار اینورتر است.

به زبان ساده، اینورتر هیبرید دارای دو خروجی مجزا است که جریان برق را مدیریت می‌کند. عملکرد این نوع سیستم در زمان قطعی برق به این صورت می‌باشد:

ـ گام اول

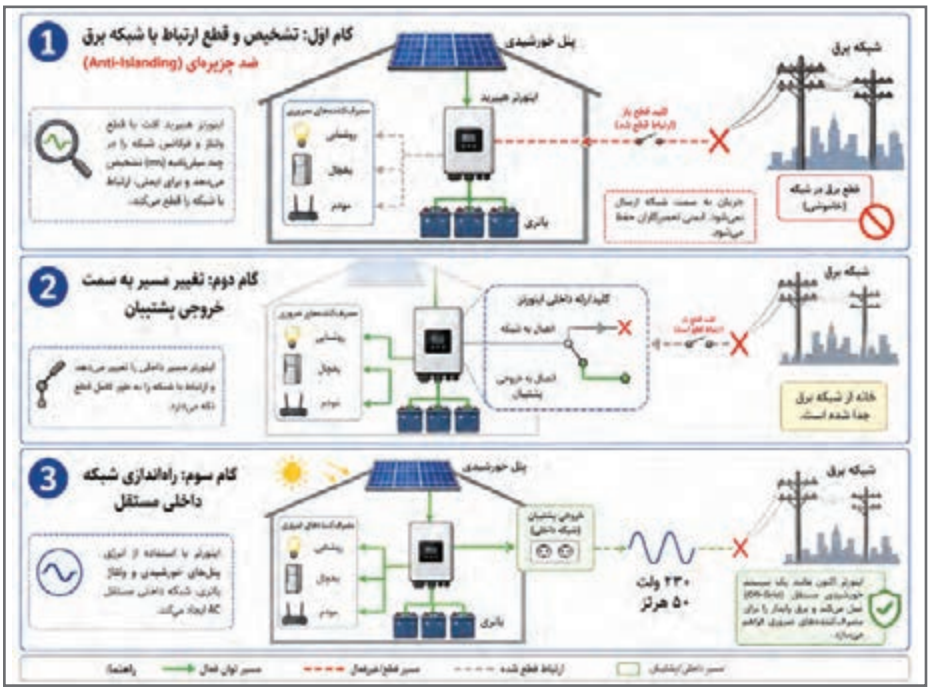
تشخیص و قطع ارتباط با شبکه برق (Anti_Islanding): به محض اینکه برق شبکه سراسری (شهر) قطع می‌شود، سنسورهای دقیق اینورتر هیبرید در چند میلی‌ثانیه متوجه این موضوع می‌شوند. اینورتر فوراً کلید خروجی متصل به شبکه را باز می‌کند. با این کار، ارتباط خانه با کابل‌های بیرون کاملاً قطع می‌شود و هیچ جریانی به سمت سیم‌های خیابان نمی‌رود. این امر به منظور امنیت کامل برای تعمیرکاران اداره برق است.

ـ گام دوم

تغییر مسیر به سمت خروجی پشتیبان: پس از جدا شدن کامل از شبکه، اینورتر مدار داخلی خود را تغییر داده و به بخش خروجی برق اضطراری متصل می‌کند.

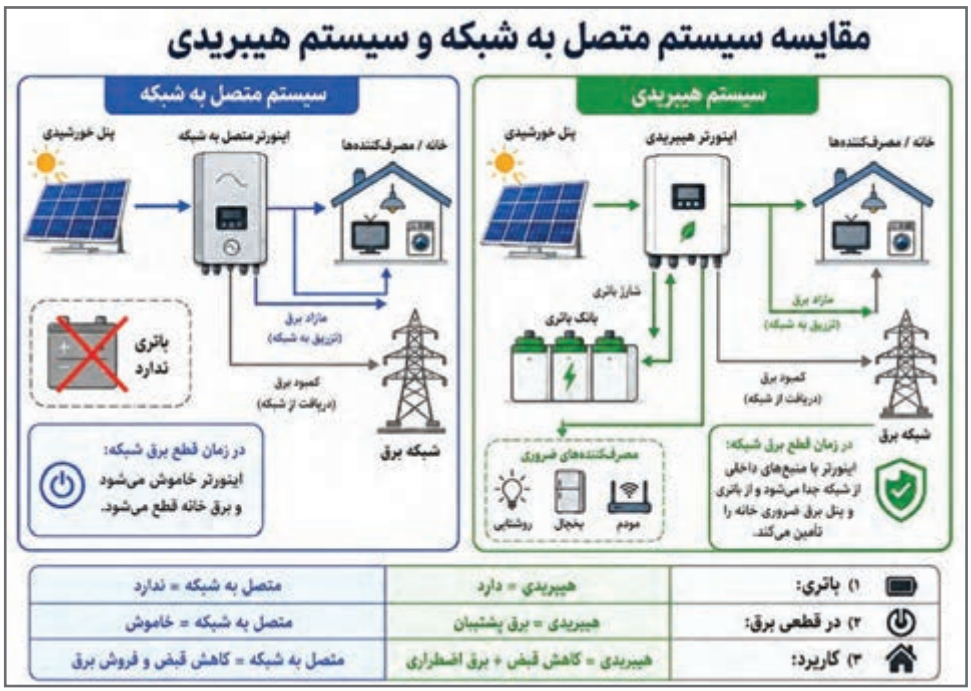
ـ گام سوم

راه‌اندازی شبکه داخلی مستقل: در این حالت، اینورتر دیگر به عنوان یک سامانه متصل به شبکه کار نمی‌کند، بلکه به یک سیستم مستقل تبدیل می‌شود. اینورتر با استفاده از ولتاژ بانک باتری، خودش یک موج سینوسی با فرکانس ۵۰ هرتز و ولتاژ ۲۳۰ ولت می‌سازد (یعنی خودش مرجع ولتاژ می‌شود) و برق تولیدی پنل‌ها و باتری را به مصرف‌کننده‌های ضروری خانه (مانند روشنایی، یخچال و مودم) می‌رساند.



شکل ۳۸ــ عملکرد اینورتر هیبریدی

در شکل ۳۹ مقایسه بین دو سامانه متصل به شبکه و سامانه ترکیبی (هیبریدی) انجام شده است.



شکل ۳۹ــ مقایسه سامانه متصل به شبکه و هیبریدی

نکته

به‌طور کلی و ساده می‌توان گفت سیستم‌های هیبریدی همان سامانه‌های متصل به شبکه‌ای هستند که قابلیت پشتیبانی برق اضطراری در زمان قطع برق شبکه را دارند.

مختصری در مورد محاسبه و انتخاب اجزای سامانه‌های فتوولتاییک متصل به شبکه[1]

در سیستم‌های متصل به شبکه، انرژی تولیدی پنل‌ها مستقیماً به اینورتر و سپس به شبکه برق تزریق می‌شود و به همین دلیل نیازی به باتری برای ذخیره‌سازی انرژی وجود ندارد. همچنین در این نوع سیستم‌ها کنترل شارژر حذف می‌شود، زیرا مدیریت ولتاژ و جریان توسط اینورترهای متصل به شبکه انجام می‌گیرد.
در قالب یک مثال، مختصری از محاسبات این نوع سامانه‌ها ارائه می‌گردد.

مثال

یک سامانه فتوولتاییک متصل به شبکه ۵ کیلووات مورد نیاز است، پنل‌ها و اجزای آن را محاسبه و انتخاب نمایید.

حل:

ـ مرحله اول

انتخاب پنل‌ها: توان مورد نیاز ۵ کیلووات است، با فرض شدت تابش استاندارد (PSH) ۵ ساعت، انرژی مورد نیاز تولیدی برابر خواهد بود:

$$W_{\text{موردنیاز}} = P \times t = ۵ \times ۵ = ۲۵ \text{ kwh/day}$$

با در نظر گرفتن تلفات ۸۰ درصد (تلفات کابل، اینورتر، دما، آلودگی):

$$W_{\text{واقعی مورد نیاز}} = \frac{W_{\text{مورد نیاز}}}{\eta} = \frac{۲۵ \text{ kwh/day}}{۰/۸} = ۳۱/۲۵ \text{ kwh/day}$$

برای محاسبه توان واقعی پنل خواهیم داشت:

$$P_{\text{مورد نیاز پنل}} = \frac{W_{\text{واقعی موردنیاز}}}{PSH} = \frac{۳۱/۲۵}{۵} = ۶/۲۵ \text{ KW}$$

نکته: در سامانه متصل به شبکه باتری حذف می‌شود چون شبکه نقش ذخیره‌ساز را دارد، اما PSH همچنان برای محاسبه انرژی تولیدی پنل ضروری است چون تعیین می‌کند سیستم در طول روز چه مقدار برق واقعی می‌تواند تولید کند.

فرض کنید پنل ۵۵۰ وات استاندارد انتخاب نموده‌ایم، تعداد پنل‌ها برابر است با:

$$n = \frac{P_{\text{مورد نیاز پنل}}}{P_{\text{هر پنل}}} = \frac{۶۲۵۰}{۵۵۰} = ۱۱/۳۶$$

بنابراین تعداد ۱۲ پنل انتخاب می‌شود.

۱ـ هنرآموزان عزیز، این بخش برای آشنایی هنرجویان با مقدمات طراحی است. لطفاً ازاین قسمت برای طرح سوالات امتحانی و کنکور استفاده نشود.

ـ مرحله دوم

آرایش پنل‌ها: بر خلاف حالت مستقل از شبکه که ولتاژ شارژ باتری در انتخاب آرایش تاثیرگذار بود (۱۲، ۲۴، ۴۸ ولت و..)

در حالت متصل به شبکه ولتاژ در محدوده‌های بالاتری انتخاب می‌شود. با توجه به اینکه ولتاژ پنل ۵۵۰ وات، حدوداً ۴۲/۳ ولت DC و جریان آن ۱۳ آمپر است و طبق شکل ۴۰، این ۱۲ پنل به‌صورت ۶ پنل سری و ۲ رشته موازی می‌شوند(6S2P) در این صورت ولتاژ هر رشته سری (۶ پنل سری) برابر خواهد بود با:

$$V_{\text{رشته}} = ۴۲/۳ + ۴۲/۳ + ۴۲/۳ + ۴۲/۳ + ۴۲/۳ + ۴۲/۳ = ۲۵۳/۸\ V$$

و جریان هر رشته در حالت سری ۱۳ آمپر خواهد بود.

حال این دو رشته موازی شده و در این حالت جریان هر رشته جمع می‌شود:

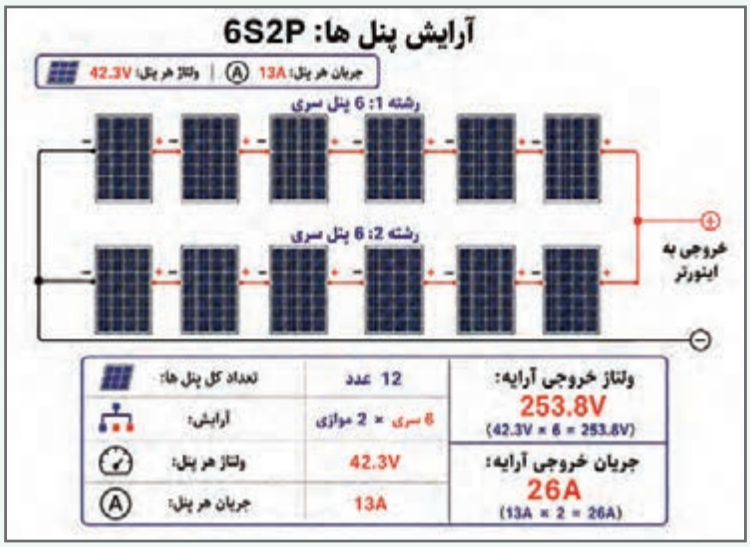
$$I_{\text{رشته}} = ۱۳ + ۱۳ = ۲۶A$$

یعنی یک مجموعه ۲۵۳/۸ ولتی، ۲۶ آمپری خواهد بود. که توان تولیدی آن برابر است با:

$$P = V \times I = ۲۵۳/۸ \times ۲۶ \approx ۶۶۰۰W$$

که نشان می‌دهد توان مورد نیاز را تأمین می‌کند.

انتخاب آرایش به نحوی است که ضمن بازدهی مناسب، جریان کل در محدوده‌ای قرار می‌گیرد که سطح مقطع کابل‌ها افزایش چشمگیری نداشته باشد. در شکل ۴۰ آرایش پنل‌ها نشان داده شده است.



شکل ۴۰ـ آرایش پنل‌ها

پرسش: اگر به جای انتخاب ۶ پنل سری و دو رشته موازی (۶S۲P)، دو پنل سری و ۶ رشته موازی انتخاب می‌کردیم، چه اتفاقی رخ می‌داد و شرایط چگونه می‌شد؟

ـ مرحله سوم

انتخاب اینورتر: در سیستم‌های متصل به شبکه معمولاً توان پنل ۲۰ الی ۳۰ درصد بیشتر از توان اینورتر انتخاب می‌شود.

با توجه به اینکه توان آرایه پنل‌ها ۶۶۰۰ وات است، با در نظر گرفتن نسبت استاندارد ۱/۳ برای DC به AC، توان نامی اینورتر خورشیدی برابر با ۵ کیلووات انتخاب می‌شود.

$$P_{\text{اینورتر}} = P_{\text{پنل}} \div ۱/۳ = ۶۶۰۰ \div ۱/۳ = ۵۰۷۶W$$

بنابراین یک اینورتر 5KW با ولتاژ ۲۰۰ـ۵۵۰ انتخاب می‌شود.

ـ مرحله چهارم

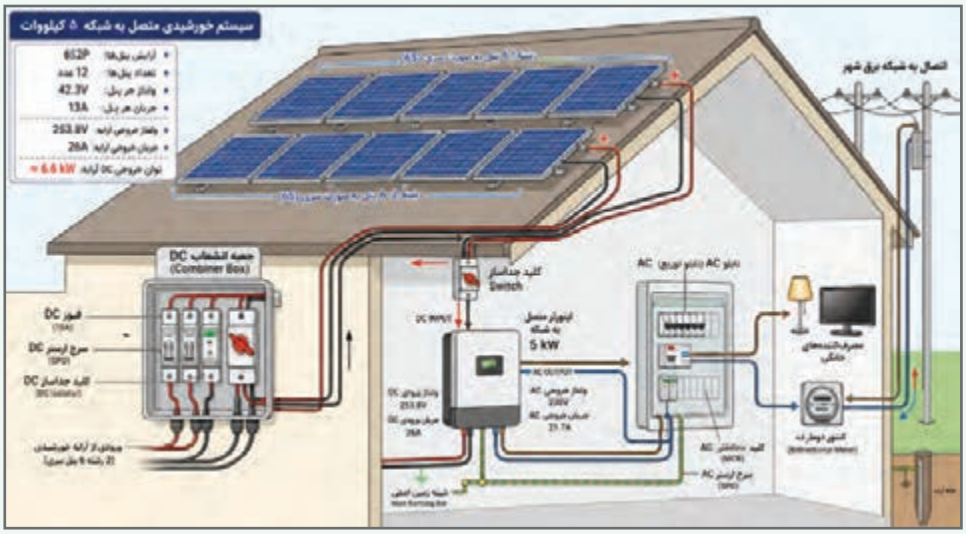
محاسبه جریان: جریان AC خروجی برابر است با:

$$I = \frac{P_{\text{اینورتر}}}{V} = \frac{۵۰۰۰}{۲۳۰} = ۲۱/۷A$$

کابل و فیوز مناسب این مقدار جریان را می‌توان انتخاب نمود.

فیوز DC هر رشته ۱۵ آمپر، فیوز AC با توجه به جریان AC برابر با ۳۲ آمپر انتخاب می‌شود.

شکل ۴۱ این سامانه متصل به شبکه را نشان می‌دهد.



شکل ۴۱ـ سامانه متصل به شبکه مثال

سرویس و نگهداری در سامانه‌های فتوولتاییک

سامانه‌های فتوولتاییک برای تولید برق از انرژی خورشید طراحی می‌شوند و به دلیل قرار گرفتن در فضای باز، نیاز به سرویس و نگهداری منظم دارند تا راندمان و عمر مفید آنها کاهش پیدا نکند.

۱ـ نظافت پنل‌ها

- پاکسازی سطح پنل از گرد و غبار، خاک، برگ و فضولات پرندگان
- انجام شست‌وشو با آب بدون املاح و دستمال نرم
- جلوگیری از ایجاد سایه و کاهش راندمان



شکل ۴۲ـ نظافت پنل ها

۲ـ بررسی اتصالات الکتریکی

- کنترل محکم بودن کابل‌ها و کانکتورها
- بررسی جعبه‌های اتصال (Junction Box)
- اطمینان از عدم سوختگی یا شل شدن اتصالات



شکل ۴۳ـ بررسی اتصالات الکتریکی



شکل ۴۴ـ بررسی و کنترل باتری

۳ـ بررسی عملکرد باتری (در سیستم‌های مستقل از شبکه و هیبرید)

- کنترل سطح شارژ و دشارژ
- بررسی سلامت سلول‌ها
- جلوگیری از دشارژ عمیق (Deep Discharge)



شکل ۴۵ـ کنترل اینورتر و کنترلر شارژ

۴ـ بررسی اینورتر و کنترلر شارژ

- کنترل خطاهای نمایش داده شده روی دستگاه
- بررسی دمای کاری اینورتر
- اطمینان از عملکرد صحیح MPPT



شکل ۴۶ـ کنترل حفاظتی

۵ـ ایمنی و سیستم ارت

- بررسی اتصال صحیح سیستم ارت
- کنترل هم‌بندی (Bonding) کل سازه
- اطمینان از عملکرد سیستم حفاظت در برابر صاعقه

نرم‌افزارهای مورد استفاده در سامانه‌های خورشیدی

نرم‌افزارهای طراحی و شبیه‌سازی در سلول‌ها و سیستم‌های خورشیدی نقش مهمی در تحلیل عملکرد، بهینه‌سازی توان تولیدی و انتخاب تجهیزات دارند. این نرم‌افزارها امکان بررسی شرایط تابش، زاویه نصب و راندمان سیستم را قبل از اجرای عملی فراهم می‌کنند. از جمله مهم‌ترین آنها می‌توان به PVsyst، PVSOL و HOMER اشاره کرد که در طراحی نیروگاه‌های خورشیدی کاربرد گسترده دارند.

در شکل ۴۷ مقایسه این سه نرم‌افزار نشان داده شده است.

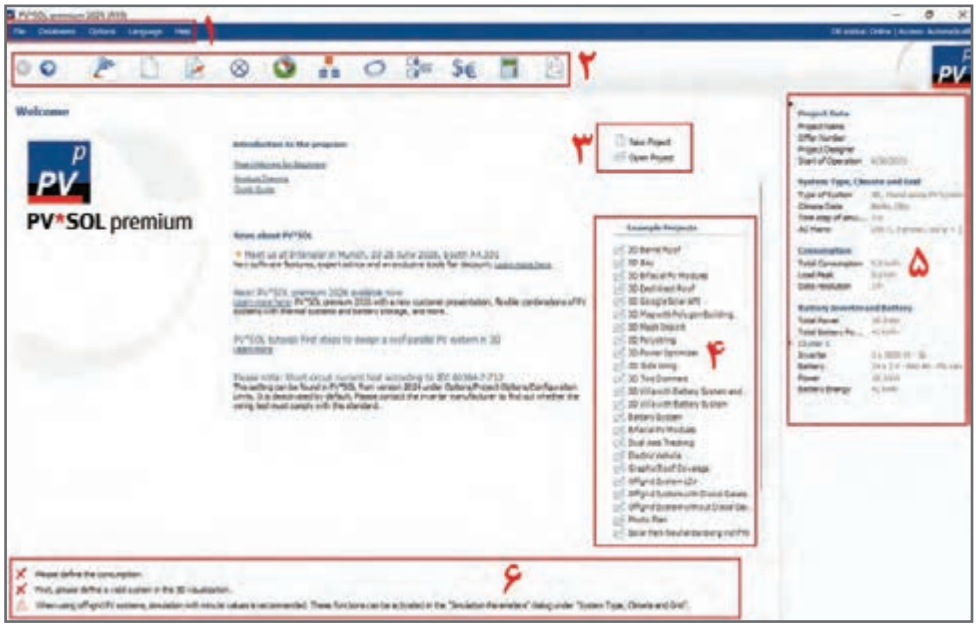
ویژگی	HOMER	PV*SOL	PVsyst
نوع کاربرد	تحلیل سیستم‌های هیبرید و ریزشبکه	طراحی سیستم‌های خورشیدی ساختمانی و خانگی	طراحی و شبیه‌سازی نیروگاه‌های خورشیدی بزرگ
سطح تخصص	تحلیل اقتصادی و بهینه‌سازی انرژی	متوسط تا حرفه‌ای	حرفه‌ای و صنعتی
نوع خروجی	تحلیل اقتصادی + سناریوهای انرژی	شبیه‌سازی سه‌بعدی و بصری	گزارش فنی دقیق تولید انرژی
ورودی‌ها	منابع انرژی مختلف (خورشیدی، بادی، دیزل)	طراحی معماری، زاویه، سایه‌اندازی	تابش، دما، تجهیزات دقیق
کاربرد اصلی	سیستم‌های مستقل و هیبریدی	پروژه‌های ساختمانی و پشت‌بامی	نیروگاه‌های بزرگ و اتصال به شبکه

شکل ۴۷ــ مقایسه نرم‌افزارهای مختلف سامانه‌های فتوولتاییک

با توجه به کاربرد خانگی و جلوه‌های بصری و سطح کاربری متوسط نرم‌افزار PVSOL بخشی از قابلیت‌های این نرم‌افزار در ادامه بیان می‌شود.

محیط نرم‌افزار PV SOL

در شکل زیر محیط اولیه نرم‌افزار PV SOL نشان داده شده است.



شکل۴۸ــ محیط اولیه نرم‌افزار

۱ **نوار منو و نوار ابزار اصلی:** شامل File، Database و...

۲ **آیکون‌های ناوبری (شکل‌های دایره‌ای و گرافیکی):** این آیکون‌ها فرایند گام‌به‌گام طراحی یک پروژه (از تعیین مشخصات آب‌وهوایی، طراحی سه بعدی سازه، کابل‌کشی، بررسی اقتصادی و در نهایت صدور گزارش نهایی) را به‌صورت متوالی نشان می‌دهند و وضعیت پیشرفت پروژه را مشخص می‌کنند.

۳ **منوی شروع سریع:** شامل

New Project جهت ایجاد یک پروژه خورشیدی کاملاً جدید از صفر.

Open Project برای باز کردن پروژه‌هایی که قبلاً طراحی و ذخیره شده‌اند.

۴ **پروژه‌های نمونه (Example Projects):** این بخش شامل انواع پروژه‌های آماده مانند سقف‌های منحنی (3D Barrel Roof)، سیستم‌های دووجهی (Bifacial)، سیستم‌های متصل به خودروهای برقی و انواع سیستم‌های مستقل از شبکه (Offgrid Systems) است که هنرجویان می‌توانند برای الگوبرداری و تمرین از آنها استفاده کنند.

۵ **پنل اطلاعات پروژه (Project Data Sidebar):** در سمت راست نرم‌افزار، یک نوار عمودی خاکستری رنگ دیده می‌شود که خلاصه مشخصات فنی پروژه جاری را نشان می‌دهد:

- Project Data شامل نام پروژه و طراح.
- System Type, Climate and Grid نوع سیستم که در اینجا روی Stand_alone یا همان مستقل از شبکه تنظیم شده، اطلاعات آب‌وهوایی (Berlin) و مشخصات شبکه.
- Consumption میزان مصرف انرژی و پیک بار شبکه.
- Battery Inverter and Battery مشخصات اینورتر خورشیدی، بانک باتری (شامل ولتاژ، ظرفیت به آمپر ساعت و انرژی کل باتری‌ها) که برای سیستم‌های مستقل از شبکه طراحی شده است.

۶ **نوار وضعیت و پیام‌های سیستم (Status & Message Bar):** در پایین‌ترین قسمت صفحه (با علامت‌های ضربدر قرمز و مثلث هشدار زرد) قرار دارد، این بخش به عنوان راهنما و خطایاب هوشمند نرم‌افزار عمل می‌کند.

تنظیمات اولیه پروژه و انتخاب موقعیت جغرافیایی و اطلاعات آب‌وهوایی (Climate Data):

تا زمانی که موقعیت جغرافیایی و میزان تابش مشخص نباشد، امکان هیچ‌گونه شبیه‌سازی سه بعدی یا محاسبات الکتریکی وجود ندارد.

با انتخاب new project یک صفحه جدید مانند شکل ۴۹ ایجاد شده که در آن اطلاعات وارد می‌شود.(نیازی به تکمیل تمامی کادرها نمی‌باشد، اما تکمیل اطلاعات باعث کامل شدن گزارش و ارائه به مشتری یا شرکت می‌شود.)



شکل ۴۹ــ صفحه ایجاد پروژه جدید

بعد از پر کردن اطلاعات وارد بخش بسیار مهمی خواهیم شد. از قسمت آیکون‌ها بر روی system type, climate and Grid می‌شویم.



شکل ۵۰ــ تعریف نوع سیستم، منطقه جغرافیایی و پارامترهای الکتریکی خروجی (AC)

در این بخش، باید به نرم‌افزار بگوییم که قرار است چه نوع پروژه خورشیدی را شبیه‌سازی کنیم.

در شکل ۵۰، قسمت‌های مختلف این بخش نشان داده شده است.

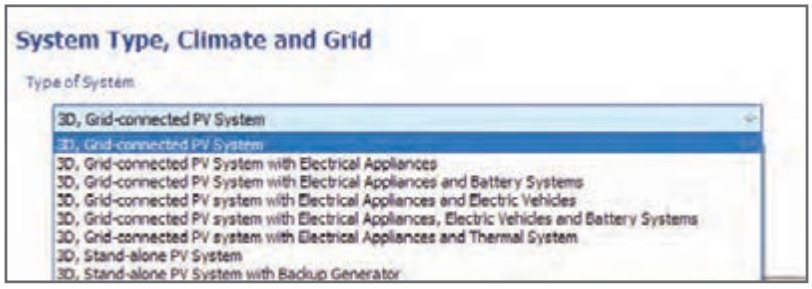


شکل ۵۱ــ شمای فنی پنل و اینورتر

شمای فنی پنل‌ها و اینورتر در شکل ۵۱ نشان داده است.

نکته

هنرجویان توجه داشته باشند انتخاب اشتباه شهر در این مرحله، کل خروجی پروژه را بی‌اعتبار می‌کند. برای مثال، اگر پروژه‌ای در شهر اصفهان قرار دارد اما داده‌های آب‌وهوایی شهر رشت انتخاب شود، به دلیل تفاوت فاحش در میزان ساعت تابش استاندارد (PSH) و میزان ابری بودن آسمان، نرم‌افزار میزان تولید سالانه را بسیار کمتر از واقعیت تخمین می‌زند و سیستم از نظر اقتصادی زیان‌ده دیده می‌شود.



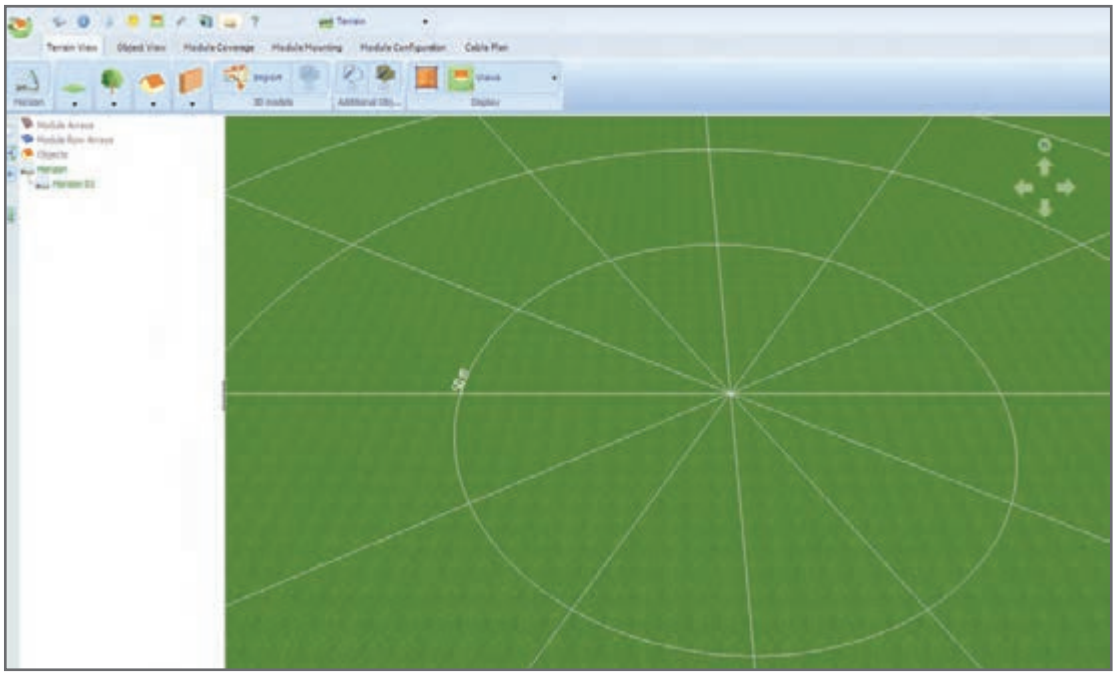
شکل ۵۲ــ انواع سیستم‌های فتوولتاییک قابل شبیه سازی در نرم‌افزار PV sol

تحقیق کنید

در قسمت نوع سیستم (system type)، چند مدل سیستم فتوولتاییک مطابق شکل ۵۲ نشان داده شده است. با جست‌وجو در پایگاه‌های وب در مورد هریک مطالعاتی انجام دهید. همچنین با انتخاب هر یک، مدل تک خطی نشان داده شده در زیر آن را به دقت بررسی نمایید.

بخش سه بعدی و تعیین میزان مصرف

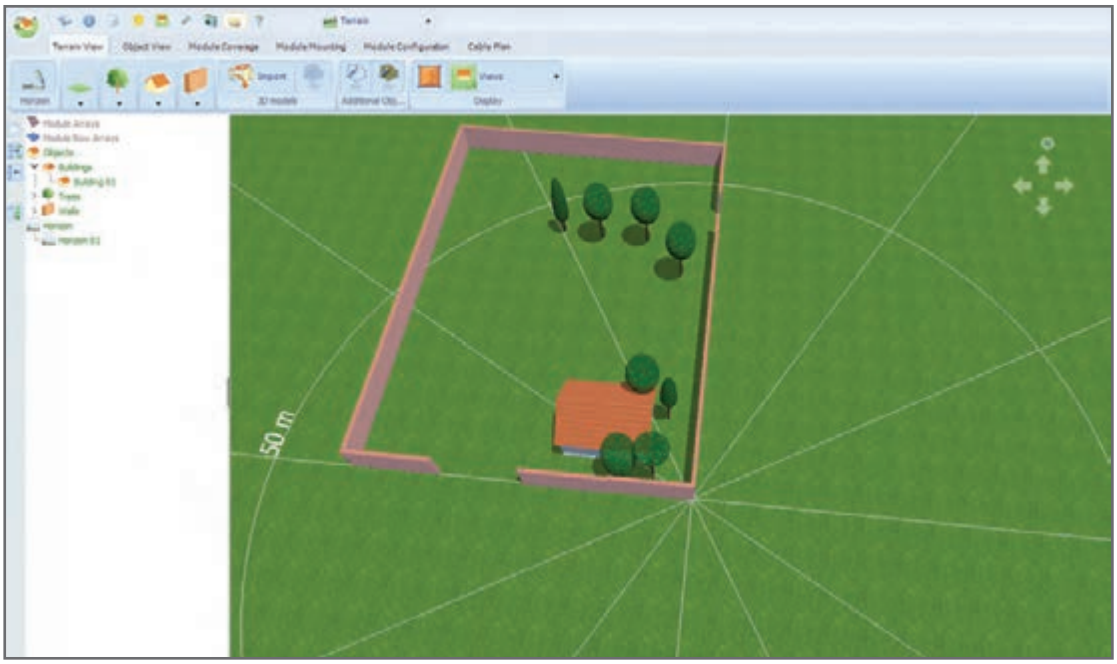
پس از مشخص کردن نوع سیستم و داده‌های آب‌وهوایی، پله سوم در روند طراحی نرم‌افزار PVSOL، تعریف فضای پروژه و محل نصب ۳D است. وارد بخش3D Design می‌شویم. (این آیکون)



شکل ۵۳ــ نمای قسمت 3D

همان‌طور که در شکل ۵۳ مشخص است، در این قسمت یک زمین وسیع خالی وجود دارد که با توجه به نوع پروژه می‌توان پلان را به‌صورت سه بعدی رسم نمود. با انتخاب هر یک از آیکون‌های دیوار، درخت، خانه و...

و کشیدن (Drag) آن به سمت زمین، المان مورد نظر در صفحه ایجاد می‌شود. با دوبار کلیک روی هر یک از قطعات (درخت، دیوار، خانه و...) می‌توان ارتفاع، طول و عرض و محل جغرافیایی آن را تغییر داد و به مقدار دلخواه و واقعی تنظیم نمود.
بدین منظور یک خانه مسکونی ویلایی که دور تا دور با دیوار محصور شده و چند درخت در نقاط مختلف آن قرار دارد رسم شده است. می‌توانید نوع بام خانه را شیروانی، تخت و... انتخاب نمایید. شکل ۵۴ یک طرح سه بعدی را که به عنوان نمونه ترسیم شده نشان می‌دهد. پس از رسم طرح دلخواه با زدن دکمه Save از بخش 3D می‌توان خارج شد.

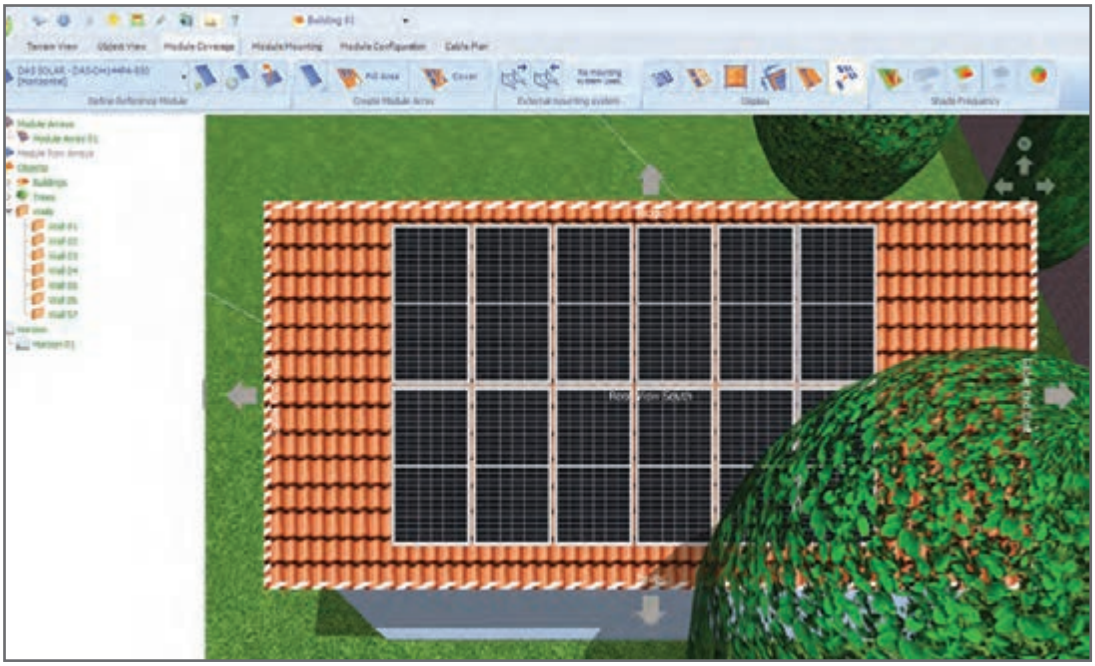


شکل ۵۴ــ طرح سه بعدی ترسیمی

انتخاب مدل پنل خورشیدی (PV Modules)

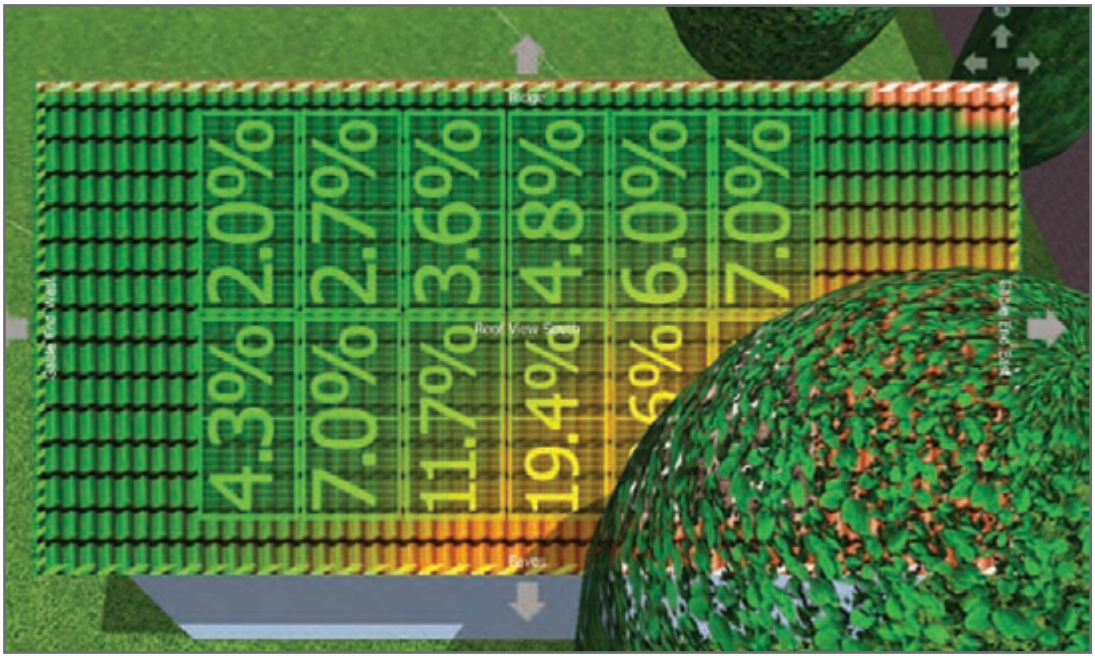
- وارد منوی **PV Modules** شوید آیکونی که شکل یک پنل خورشیدی آبی رنگ دارد.
- در بخش **Manufacturer** (سازنده)، برند پنل خود را انتخاب کنید.
- اگر برند خاصی مد نظر نیست، می‌توانید آن را روی حالت جستجوی عمومی بگذارید
- در کادر **Type** (مدل)، عبارتی مثل ۵۵۰ را تایپ کنید تا پنل‌های ۵۵۰ واتی دیتابیس ظاهر شوند. یک پنل ۵۵۰ وات استاندارد (که ولتاژ کارکرد آن حدود ۴۱ تا ۴۲ ولت است) انتخاب کنید.
- در کادر **Number of PV Modules** (تعداد کل پنل‌ها)، عدد ۱۲ را وارد کنید.

مطابق شکل ۵۵، پنل‌ها را روی سقف بچینید.



شکل ۵۵ـ چیدمان پنل‌ها روی سقف

در قسمت **Module coverage** با انتخاب **shade frequency**، اثر سایه بر روی آرایه‌ها نشان داده می‌شود. در این مثال، اثر درخت بر روی پنل‌ها در شکل ۵۶ نشان داده است. پنل‌هایی که با درصد پایین و رنگ سبز نشان داده شده اند مشکلی از نظر اثر سایه ندارند اما پنل‌های نارنجی و قرمز رنگ با درصد بالاتر نشان داده شده‌اند سایه بر آنها اثر گذاشته و بهتر است در جانمایی پنل‌ها به آن دقت نمود.



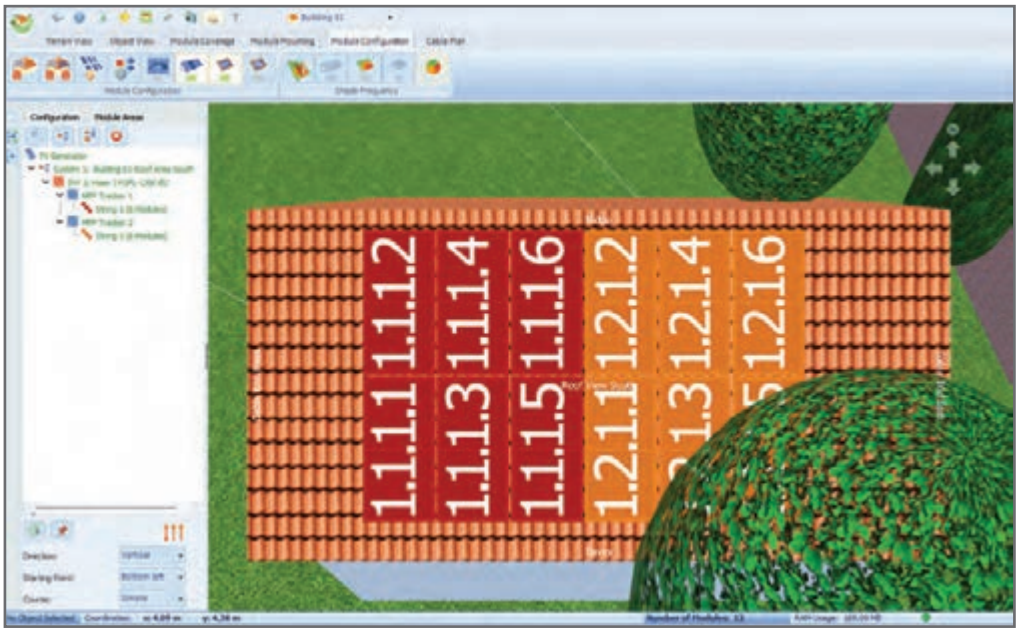
شکل ۵۶ـ اثر سایه بر روی پنل ها

با انتخاب **Module configuration** در بخش اول می‌توان اینورتر مناسب جهت این ترکیب را انتخاب نمود. با توجه به مثال حل شده درصفحات قبل (۱۲ پنل ۵۵۰ وات، در مجموع ۶۶۰۰ وات پنل، توان ۵ کیلووات اینورتر، ولتاژ ۲۵۳ ولت و جریان ۲۶ آمپر) اینورتر مناسب از میان برندهای مختلف انتخاب می‌شود. لازم به ذکر است همه پارامترهای الکتریکی ذکر شده اینورتر، در اینورتر انتخابی باید صدق کند. در غیر اینصورت اینورتر و آرایه مناسب انتخاب نشده و علامت ضربدر قرمز خواهد داشت. با کلیک بر روی ضربدر قرمز می‌توان ایراد و خطا را دنبال نمود. شکل ۵۷ عملیات انتخاب اینورتر را نشان می‌دهد.



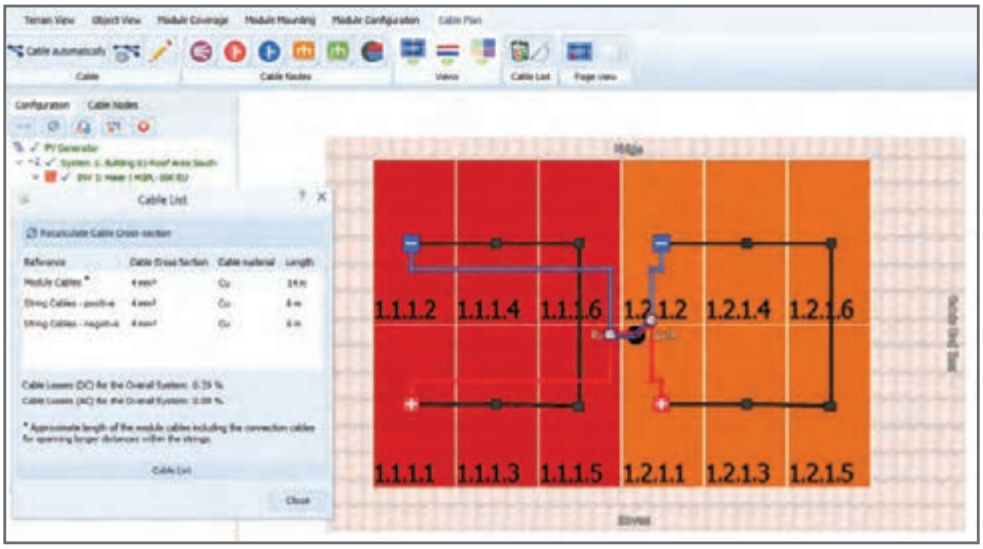
شکل ۵۷ـ انتخاب اینورتر

با تایید انتخاب اینورتر، آرایه‌ها مانند شکل زیر نشان داده خواهند شد. علامت قرمز و نارنجی پنل‌ها به منظور جداسازی دو رشته می‌باشد. همانطور که مشخص است کد هر پنل روی آن نوشته شده است. این امر در نیروگاه‌های بزرگ با صدها پنل کار عیب‌یابی و طراحی را راحت‌تر می‌نماید.



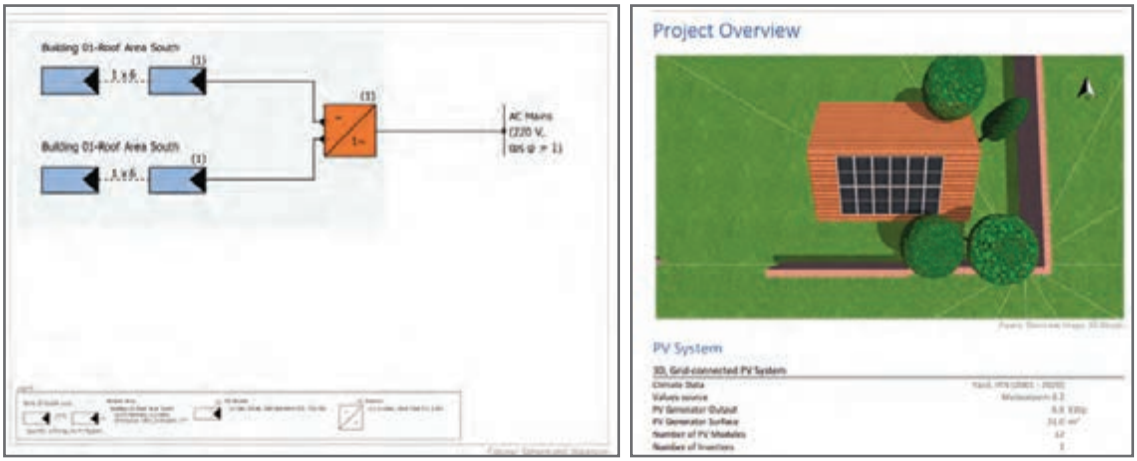
شکل ۵۸ـ آرایش پنل‌ها و جداسازی هر رشته با رنگ و کد مشخص

مرحله بعدی انتخاب کابل است که با عبارت cable plan از نوار ابزار مشخص است. با انتخاب این بخش و انتخاب cable automatically ، کابل کشی به‌صورت خودکار انجام می‌شود. با انتخاب cable list سطح مقطع کابل و متراژ آن نشان داده خواهد شد (شکل ۵۹).

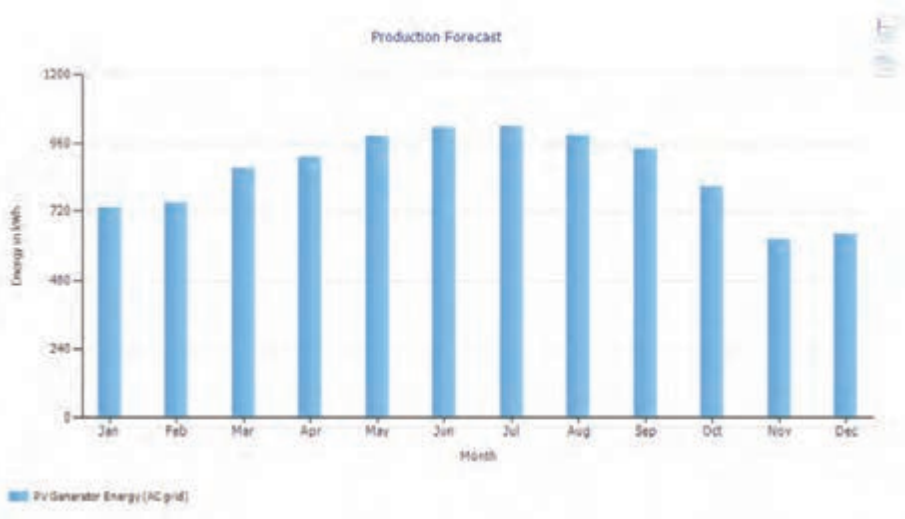


شکل ۵۹ــ اتصال کابل‌ها

پس از انجام کابل کشی، کار فنی تقریباً تمام است. با خروج و ذخیره از قسمت 3D وارد منوی اصلی شده و Simulation از بالای صفحه انتخاب می‌کنیم. با این کار این پروژه برای ۳۶۵ روز سال شبیه‌سازی شده و نتایج گزارش می‌شود. این نتایج به‌صورت فایل متنی (ورد و پی‌دی‌اف) قابل دانلود بوده و یک دفترچه کامل شامل، پلان سه بعدی، مدار تک خطی، میزان پیش بینی تولید در ماه‌های مختلف، برگشت سرمایه و... را گزارش می‌دهد. چند نمونه از این گزارشات در شکل‌های ۶۰ و ۶۱ آورده شده است.



شکل ۶۰ــ طرح سه بعدی و نمودار تک خطی



شکل ۶۱ـ نمودار پیش بینی تولید

هنرجویان عزیز دقت نمایند آموزش داده شده تنها مقدماتی از این نرم‌افزار کاربردی است. شرح کامل این نرم‌افزار به دلیل حجم بالا در این کتاب میسر نیست.

کار عملی

هدف: شبیه سازی یک پروژه مستقل از شبکه

شرح مسئله:

یک کارفرما قصد دارد برای ساختمان مسکونی خود که در مناطق ییلاقی اطراف شهر **اصفهان** واقع شده و به شبکه برق سراسری دسترسی ندارد، یک سیستم برق خورشیدی مستقل از شبکه (Off_Grid) طراحی کند. ساختمان مسکونی مجهز به یک سیستم پشتیبان اضطراری نیست و سیستم خورشیدی باید توانایی تأمین کل نیاز الکتریکی را در تمام طول سال داشته باشد.

هنرجویان موظف هستند با توجه به نیازمندی‌های اعلام‌شده زیر، تجهیزات سیستم را محاسبه، انتخاب و در نرم‌افزار شبیه‌سازی نمایند.

■ **گام اول: موقعیت جغرافیایی و اطلاعات آب‌وهوایی**

کشور: ایران

شهر: اصفهان (انتخاب از دیتابیس Meteonorm نرم‌افزار)

نوع سیستم در نرم‌افزار: Stand _alone System (Off_Grid)

■ **گام دوم: لیست مصرف‌کننده‌ها و پروفایل بار (Consumption)**

هنرجویان باید بارها را به‌صورت دستگاه به دستگاه (Individual Appliances) با مشخصات زیر در نرم‌افزار وارد کنند:

ـ روشنایی لامپ‌های LED: ۱۰ عدد، توان هر کدام ۲۰ وات، مدت زمان روشن بودن: ۶ ساعت در شبانه‌روزی (از ساعت ۱۸:۰۰ الی ۲۴:۰۰).

ـ یخچال خانگی کوچک ۱ عدد، توان متوسط ۱۵۰ وات، مدت زمان روشن بودن: ۲۴ ساعت شبانه‌روز.
ـ تلویزیون و دستگاه دیجیتال: ۱ عدد، توان مجموع ۱۲۰ وات، مدت زمان روشن بودن: ۴ ساعت در شبانه‌روزی (از ساعت ۱۹:۰۰ الی ۲۳:۰۰).
ـ پمپ آب تک‌فاز کوچک: ۱ عدد، توان ۴۰۰ وات، مدت زمان روشن بودن: ۲ ساعت در روز (۱ ساعت ظهر، ۱ ساعت عصر).
(محاسبات به‌صورت دستی نیز انجام شود)

گام سوم: تجهیزات مورد نیاز برای انتخاب

آرایه پنل‌های خورشیدی (PV Modules):

ـ انتخاب یک مدل پنل خورشیدی با توان بین ۳۵۰ تا ۴۵۰ وات از دیتابیس نرم‌افزار.
ـ تنظیم جهت پنل‌ها کاملاً رو به جنوب جغرافیایی (۰ درجه).
ـ با توجه به مستقل از شبکه بودن سیستم و نیاز به عملکرد بهینه در زمستان، زاویه شیب پنل‌ها را حدود ۱۰ درجه بیشتر از عرض جغرافیایی اصفهان تنظیم کنید.
ـ محاسبه و چیدمان الکتریکی رشته‌ها (تعداد سری و موازی) بدون بروز خطای ولتاژ یا جریان.

گام چهارم: بانک باتری و اینورتر مستقل از شبکه (Battery & Inverter):

ـ ولتاژ اسمی سیستم روی ۴۸ ولت تنظیم شود.
ـ انتخاب یک مدل باتری ژل (Gel) یا لید اسید (Lead_Acid) از دیتابیس نرم‌افزار با ظرفیت مناسب جهت تأمین حداقل ۲ روز پیاپی ابری (Days of Autonomy = ۲) بدون نیاز به شارژ.
ـ انتخاب یک اینورتر/شارژر مستقل از شبکه متناسب با توان پیک بار ویلا.

خروجی‌های مورد انتظار از هنرجو (تحویل پروژه):

در پایان دوره کارگاهی، هر هنرجو باید گزارش نهایی (Presentation) را به‌صورت فایل PDF خروجی گرفته و موارد زیر را در کلاس تحلیل کند:
حتماً آرایش نهایی سیم‌کشی پنل‌ها (چند پنل سری و چند رشته موازی) به همراه تیک سبز تایید نرم‌افزار.

کار عملی

هدف: طراحی، شبیه‌سازی و تحلیل فنی ـ اقتصادی یک سیستم برق خورشیدی متصل به شبکه (On_Grid) با ظرفیت نامی ۵۰ کیلووات در نرم‌افزار PVSOL.

مشخصات و فرضیات اولیه پروژه (Design Criteria): هنرجویان عزیز، موظف هستید پروژه خود را بر اساس داده‌های اولیه زیر در نرم‌افزار پیاده‌سازی کنید:

ـ **موقعیت مکانی (Location):** استان همدان
ـ **نوع سیستم (System Type):** متصل به شبکه بدون باتری (Grid_connected PV System).
ـ **ظرفیت نامی سیستم:** ۵۰ کیلووات
ـ **محل نصب:** پشت‌بام سوله صنعتی یا اداری (ترجیحاً سقف صاف با سازه استراکچر یا سقف شیب‌دار با زاویه ثابت).

ـ **ولتاژ شبکه:** متصل به شبکه فشار ضعیف (استثنائاً تکفاز و ۲۳۰ ولت)

تذکر

در عمل یک نیروگاه ۵۰kw به هیچ‌عنوان نباید به شبکه فشار ضعیف تکفاز متصل شود.
طبق ضوابط فنی اتصال به شبکه سازمان ساتبا، توانیر و استانداردهای جهانی، تزریق توان تکفاز حداکثر تا سقف ۵ کیلووات و در برخی کشورها تا ۷ کیلووات مجاز است.

مراحل اجرایی پروژه در PVSOL

شما باید مراحل زیر را به ترتیب در نرم‌افزار پیش ببرید و مستند کنید:

■ **گام اول: تنظیمات اولیه و اطلاعات هواشناسی**

ـ وارد کردن نام پروژه، نام طراح (خودتان) و مشتری.
ـ انتخاب موقعیت جغرافیایی **همدان** و بررسی نمودار تابش سالانه منطقه.

■ **گام دوم: شبیه‌سازی سه‌بعدی یا دوبعدی**

ـ یک سقف (صاف یا شیب‌دار) متناسب با فضای مورد نیاز برای چیدمان حدود ۱۰۰ تا ۱۲۰ عدد پنل خورشیدی طراحی کنید.
ـ موانع احتمالی سایه‌انداز (مثل دیوارهای جانبی، خرپشته یا درختان اطراف) را ایجاد کنید.

■ **گام سوم: انتخاب تجهیزات**

ـ **پنل خورشیدی (PV Modules):** از یک برند پنل‌های موجود در بازار ایران با توان بین ۴۵۰ تا ۵۵۰ وات انتخاب کنید.
ـ **اینورتر (Inverter):** انتخاب یک یا دو اینورتر متصل به شبکه

■ **گام چهارم: سیم‌کشی و اتصال‌دهی**

ـ پنل‌ها را به‌صورت رشته‌ای (Strings) به اینورتر متصل کنید.
ـ مطمئن شوید که ولتاژ و جریان رشته‌ها در محدوده مجاز MPPT اینورتر قرار دارد (نرم‌افزار نباید خطای قرمزرنگ صادر کند).
ـ زاویه شیب (Tilt) پنل‌ها را بین ۳۰ تا ۳۵ درجه (بهینه برای همدان) و جهت (Azimuth) را دقیقاً رو به جنوب (۰ درجه) تنظیم کنید.

■ **گام پنجم: تحلیل تلفات و سیم‌کشی (Losses)**

تلفات کابل‌های DC و AC را وارد کنید (افت ولتاژ مجاز کابل‌ها حداکثر ۱ تا ۲ درصد در نظر گرفته شود).

خروجی‌ها و موارد خواسته شده در گزارش نهایی

هر گروه از هنرجویان، یک گزارش PDF شامل موارد زیر را تحویل دهد:

ـ **میزان تولید انرژی سالانه:** کل برق تولیدی سیستم بر حسب کیلووات ساعت.
ـ **نمودار تلفات:** مشخص کردن بیشترین عامل تلفات سیستم (سایه، کثیفی، دما یا کابل).
ـ **تأییدیه طراحی:** عدم وجود خطا (Error) در بخش سیم‌کشی اینورترها.

استان همدان به دلیل ارتفاع بالا از سطح دریا و دمای هوای خنک در زمستان و تابستان مایل به خنک، یکی از بهترین پتانسیل‌های تابش و راندمان پنل (افت حرارتی کم) را در ایران دارد.

خودآزمایی

۱ پدیده «جزیره‌ای شدن» (Islanding) در سامانه‌های خورشیدی متصل به شبکه چیست و سیستم حفاظتی ضد جزیره‌ای (Anti-Islanding) اینورترها با قطع برق شبکه چه واکنشی نشان می‌دهد و چرا وجود آن برای ایمنی تعمیرکاران حیاتی است؟

۲ اینورترهای متصل به شبکه (Grid-Tied) و ترکیبی (Hybrid) را از نظر رفتار در زمان قطعی برق سراسری و توانایی تغذیه بارهای ضروری ساختمان مقایسه نمایید.

۳ مفهوم نسبت توان DC به توان AC اینورتر (DC-to-AC Overloading Ratio) در سامانه‌های متصل به شبکه چیست و چرا طراحان توان نامی آرایه پنل‌ها را بین ۲۰ تا ۳۰ درصد بیشتر از توان نامی اینورتر انتخاب می‌کنند؟

۴ وظیفه کنتور هوشمند دوطرفه (Bi-directional Meter) در سامانه On Grid چیست و چه تفاوتی با کنتورهای معمولی تک‌جهته خانگی دارد؟

ارزشیابی شایستگی نصب سامانه متصل به شبکه (On_Grid)

نام و نام خانوادگی:		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۴۱۱۱۲	حرفه	برقکاران	کدپیمانه/پودمان	۷۴۱۱۱۲۰۳۳
کد وظیفه شغل	۷۴۱۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان های هوشمند	سطح صلاحیت	L۲
کد کار	۷۴۱۱۱۲۰۳۳۲	کار	نصب سامانه متصل به شبکه on grid	سطح شایستگی	مهارت

استاندارد عملکرد کار:
توانایی نصب سامانه خورشیدی متصل به شبکه

ردیف	مرا حل کار	شرایط انجام کار (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	راه‌اندازی سیستم خورشیدی On-Grid	پنل‌های خورشیدی، استراکچر و پایه، اینورتر On-Grid، کابل و اتصالات مناسب، محافظ جان و فیوز، مولتی‌متر و آمپرمتر، بار الکتریکی، تجهیزات حفاظتی و ایمنی، نقشه سیستم، ابزار نصب و تنظیم زاویه پنل‌ها ۱۵۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده مستقیم عملکرد هنرجو، چک‌لیست مراحل نصب و راه‌اندازی، بررسی صحت اتصالات DC و AC، کنترل عملکرد اینورتر، اندازه‌گیری ولتاژ و جریان ورودی و خروجی، پرسش شفاهی درباره ایمنی و عملکرد سیستم	سیستم On-Grid به‌درستی نصب شده، پنل‌ها با زاویه مناسب و استراکچر پایدار قرار گرفته‌اند، اتصالات DC و AC صحیح و ایمن هستند، اینورتر عملکرد مطلوب دارد، جریان و ولتاژ ورودی و خروجی مطابق استاندارد اندازه‌گیری و ثبت شده و سیستم آماده تغذیه به شبکه است.	۳	
				بیش از نیمی از مراحل نصب و راه‌اندازی به‌درستی انجام شده، اما در اتصالات، تراز پنل‌ها، تنظیم اینورتر یا ثبت داده‌ها اشکالات جزئی وجود دارد که با راهنمایی قابل اصلاح است.	۲	
				نصب یا راه‌اندازی سیستم ناقص یا نادرست انجام شده، اتصالات ناایمن هستند، جریان و ولتاژها صحیح اندازه‌گیری نشده و سیستم آماده تغذیه شبکه نیست.	۱	
۲	نصب استراکچر پنل‌های خورشیدی	پروفیل و پایه استراکچر، پیچ و مهره، آچار و آچار فرانسه، دریل و مته، تراز دستی یا لیزری، متر، زاویه‌سنج، نقشه نصب، تجهیزات ایمنی (دستکش، کفش ایمنی، کلاه ایمنی)، پنل خورشیدی (در صورت نصب همزمان) ۱۵۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده مستقیم، چک‌لیست مراحل نصب، بررسی استحکام و تراز بودن سازه، کنترل زاویه نصب، پرسش شفاهی درباره اصول ایمنی و استاندارد نصب، ارزیابی نهایی پایداری سازه	استراکچر پنل‌ها مطابق نقشه و استانداردها به‌صورت کاملاً تراز، محکم و ایمن نصب شده، اتصالات بدون لقی هستند و زاویه نصب برای دریافت حداکثر تابش به‌درستی تنظیم شده است.	۳	
				بیش از نیمی از مراحل نصب به‌درستی انجام شده، اما در تراز بودن، استحکام اتصالات یا تنظیم زاویه نصب اشکالات جزئی وجود دارد که با راهنمایی قابل اصلاح است.	۲	
				نصب استراکچر ناپایدار یا ناتراز انجام شده، اتصالات ضعیف هستند یا زاویه نصب اشتباه است و سازه ایمنی کارایی لازم را ندارد.	۱	
۳	سیم کشی مدول و اینورتر	مدول خورشیدی، باتری، کنترل شارژ؛ اینورتر، کابل و اتصالات، جعبه ابزار کامل سیم‌کشی؛ وسایل اندازه‌گیری الکتریکی ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات و اجرای مستقل	اتصال سری و موازی مدول تا اینورتر و اجرای ارتینگ	۳	
				اتصال سری و موازی مدول تا اینورتر	۲	
				اتصال سری مدول	۱	
۴	اجرای همبندی و صاعقه گیر	تجهیزات همبندی وصاعقه گیر ۶۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	اجرای کامل همبندی و صاعقه‌گیر	۳	
				جوشکاری اتصالات همبندی و نصب صاعقه گیر	۲	
				جوشکاری اتصالات همبندی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:		استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نظم و نظافت محیط کار، استفاده صحیح از ابزار و تجهیزات، مدیریت پسماندها و ضایعات، همکاری با دیگران، مسئولیت‌پذیری و رعایت اخلاق حرفه‌ای در طول انجام فعالیت‌ها	مشاهده مستقیم، چک‌لیست رفتاری، ثبت عملکرد، پرسش شفاهی، ارزیابی مستمر در حین کار	رعایت نسبی اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، با خطاهای جزئی در حین انجام کار.	۲	
				عدم رعایت اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، یا بروز خطاهای جدی در نگرش و رفتار کاری.	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:
ـ کسب حداقل نمره ۲ از مراحل سیم‌کشی مدول و اینورتر و اجرای همبندی و صاعقه‌گیر (مراحل بحرانی)
ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش
ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.
❊ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها
❊ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

پودمان چهارم

شبیه‌سازی خانه هوشمند



واحد یادگیری ۱ : طراحی سناریو

آیا می‌دانید

۱ آیا می‌دانید خانه هوشمند می‌تواند هنگام ورود شما، بعضی وسایل را به‌صورت خودکار روشن کند؟
۲ آیا می‌دانید می‌توان با یک فرمان، چند چراغ و وسیله برقی را هم‌زمان کنترل کرد؟
۳ آیا می‌دانید بعضی تجهیزات خانه هوشمند می‌توانند بدون دخالت مستقیم انسان تصمیم بگیرند؟
۴ آیا می‌دانید یک خانه هوشمند می‌تواند در کاهش مصرف انرژی و افزایش امنیت نقش داشته باشد؟
۵ آیا می‌دانید می‌توان عملکرد بعضی کلیدهای هوشمند را متناسب با نیاز افراد تغییر داد؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود، اجزا، تجهیزات و روش‌های ارتباطی مورد استفاده در خانه هوشمند را شناسایی و کاربرد آنها را بیان کند همچنین نیازهای کاربران را بررسی کرده و برای بخش‌های مختلف ساختمان، سناریوی مناسب طراحی کند.

مقدمه

خانه هوشمند، خانه‌ای است که برخی کارها در آن به‌صورت خودکار یا برنامه‌ریزی‌شده انجام می‌شوند .در چنین خانه‌ای، کنترل روشنایی، دما و وسایل برقی آسان‌تر است. ساکنان می‌توانند چند وسیله را به‌صورت هم‌زمان کنترل کنند. بعضی کارها نیز بدون دخالت مستقیم افراد انجام می‌شوند. هدف از هوشمندسازی، افزایش آسایش، ایمنی و کاهش مصرف انرژی است. به همین دلیل، استفاده از خانه‌های هوشمند در ساختمان‌های جدید رو به افزایش است.



شکل ۱ـ یک نمونه خانه هوشمند

اهداف خانه هوشمند

هدف اصلی خانه هوشمند، افزایش آسایش، امنیت، ایمنی و بهره‌وری انرژی در ساختمان است. این هدف با کنترل هوشمند تجهیزات، خودکارسازی کارها و مدیریت بهتر مصرف انرژی به‌دست می‌آید. این اهداف عبارت‌اند از:

- افزایش آسایش و راحتی ساکنان
- کاهش مصرف انرژی و هزینه‌های جاری
- افزایش ایمنی و امنیت ساختمان
- کنترل و مدیریت آسان تجهیزات ساختمان
- اجرای خودکار کارهای تکراری روزمره
- ایجاد هماهنگی بین تجهیزات مختلف ساختمان
- امکان کنترل تجهیزات از راه دور
- بهبود کیفیت زندگی و رفاه کاربران
- کاهش خطاهای انسانی در کنترل تجهیزات
- افزایش بهره‌وری سیستم‌های روشنایی، سرمایش و گرمایش
- امکان تغییر عملکرد تجهیزات بدون تغییر سیم‌کشی
- فراهم‌کردن قابلیت توسعه و اضافه‌کردن تجهیزات جدید در آینده
- افزایش ارزش اقتصادی ساختمان
- کمک به حفظ محیط زیست با کاهش مصرف انرژی



شکل ۲ـ اهداف خانه هوشمند

تفاوت خانه سنتی و خانه هوشمند

شما در سال گذشته سیم‌کشی برق ساختمان را آموخته‌اید. در سیم‌کشی سنتی، کلید به‌طور مستقیم در مسیر چراغ قرار می‌گیرد و با فشردن آن، مدار وصل یا قطع می‌شود. بنابراین، عملکرد کلید از قبل با سیم‌کشی مشخص شده است.

برای مثال، فرض کنید در یک اتاق دو چراغ وجود دارد. در روش سنتی، برای کنترل هر چراغ باید سیم‌کشی و کلید مناسب آن اجرا شود. اگر پس از پایان کار بخواهیم یک کلید، هر دو چراغ را به‌صورت هم‌زمان کنترل کند، ممکن است لازم باشد سیم‌کشی مدار تغییر کند.



شکل ۳ــ تفاوت های سیم کشی سنتی و هوشمند

در خانه هوشمند، عملکرد کلیدها و بخش‌های مختلف ساختمان انعطاف‌پذیرتر است. برای مثال، می‌توان یک فرمان تعریف کرد که با اجرای آن، چند چراغ به‌صورت هم‌زمان خاموش شوند. همچنین می‌توان روشنایی را طوری تنظیم کرد که در زمان ورود فرد به یک فضا روشن و پس از خروج او خاموش شود. مثال دیگر مربوط به زمان خروج از خانه است. در یک خانه سنتی، فرد باید چراغ‌های اتاق‌ها، آشپزخانه و پذیرایی را جداگانه خاموش کند. در خانه هوشمند، می‌توان با یک فرمان، همه چراغ‌های غیرضروری را خاموش کرد.

بنابراین، تفاوت اصلی این دو روش در نحوه کنترل است. در خانه سنتی، عملکرد مدار بیشتر به سیم‌کشی وابسته است؛ اما در خانه هوشمند، می‌توان عملکرد بخش‌های مختلف را متناسب با نیاز ساکنان تنظیم کرد.



شکل ۴ــ مزایا و معایب خانه هوشمند

مزایا و معایب خانه هوشمند: خانه هوشمند با افزایش آسایش، ایمنی و کاهش مصرف انرژی، کنترل تجهیزات را ساده‌تر می‌کند؛ با این‌حال هزینه اولیه، نیاز به طراحی دقیق و نگهداری تخصصی از محدودیت‌های آن است. مهم‌ترین مزایا و معایب خانه هوشمند به‌صورت خلاصه در شکل ۴ نشان داده شده‌اند.

تعریف سیستم و اجزای آن

سیستم به مجموعه‌ای از اجزا و قطعات گفته می‌شود که با یکدیگر ارتباط دارند و برای رسیدن به یک هدف مشترک و مشخص با هم کار می‌کنند. اگر یکی از این اجزا حذف شود یا به‌درستی کار نکند، کل سیستم با مشکل مواجه می‌شود. هر سیستم معمولاً شامل سه بخش اصلی است

ورودی: اطلاعات یا فرمانی که وارد سیستم می‌شود.

پردازش: بررسی اطلاعات و تصمیم‌گیری براساس برنامه یا قوانین مشخص.

خروجی: نتیجه‌ای که سیستم ایجاد می‌کند یا کاری که انجام می‌دهد.

به عنوان مثال، در یک ساختمان، برای روشنایی راه‌پله می‌توان از یک سیستم ساده استفاده کرد. اجزای این سیستم با همکاری هم باعث روشن‌شدن چراغ‌ها می‌شوند:

۱ **ورودی (فرمان اولیه)**: فرد کلید راه‌پله را فشار می‌دهد.

۲ **پردازش و کنترل**: تایمر راه‌پله فرمان را دریافت می‌کند و مدت زمان روشن‌ماندن چراغ را تعیین می‌کند.

۳ **خروجی (انجام عمل)**: چراغ‌های راه‌پله روشن می‌شوند و پس از زمان تنظیم‌شده، به‌صورت خودکار خاموش می‌شوند.



شکل ۵ــ مثالی از یک سیستم

فکر کنید

سیستم زنگ در معمولی ساختمان را در نظر بگیرید. هنگامی که مراجعه‌کننده شستی زنگ را فشار می‌دهد، مدار الکتریکی وصل می‌شود و زنگ داخل ساختمان به صدا درمی‌آید.

به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱ ورودی این سیستم چیست؟

۲ پردازش یا انتقال فرمان توسط کدام اجزا انجام می‌شود؟

۳ خروجی سیستم چیست؟

۴ اگر شستی زنگ خراب شود، چه اتفاقی می‌افتد؟

۵ اگر سیم ارتباطی قطع شود، آیا زنگ به صدا درمی‌آید؟ چرا؟

معرفی اجزای خانه هوشمند

تجهیزات یک خانه هوشمند براساس وظیفه‌ای که دارند، به سه گروه اصلی ورودی‌ها (مانند حسگرها و کلیدها)، تابلوی مرکزی (مغز سیستم) و خروجی‌ها (مانند چراغ‌ها و موتورها) تقسیم می‌شوند. ورودی‌ها شرایط محیط یا دستور کاربر را ثبت کرده و اطلاعات را برای تصمیم‌گیری به ماژول‌های پردازش‌گر در تابلوی مرکزی ارسال می‌کنند. در نهایت، تابلوی مرکزی فرمان‌های لازم را صادر کرده و خروجی‌ها با دریافت این دستورات، کارهای فیزیکی مانند روشن شدن لامپ یا بازشدن پرده را اجرا می‌کنند. شکل ۶ این تجهیزات را نشان می‌دهد.



شکل ۶ــ تجهیزات سیستم هوشمند



شکل ۷ــ تجهیزات ورودی

۱ تجهیزات ورودی: این تجهیزات مانند «چشم، گوش و ابزار فرمان» ساختمان هوشمند عمل کرده و دستورات کاربران یا تغییرات محیطی (مانند دما، حرکت، دود و نشتی) را ثبت می‌کنند.
سپس اطلاعات جمع‌آوری‌شده را به صورت سیگنال‌های دیجیتال کم‌ولتاژ و ایمن، جهت تصمیم‌گیری به شبکه ارتباطی و تابلوی مرکزی ارسال می‌نمایند.

کلیدهای هوشمند برخلاف کلیدهای معمولی (سنتی)، برنامه‌پذیر هستند؛ یعنی با استفاده از نرم‌افزار می‌توان تعیین کرد که هر دکمه چه کاری انجام دهد. بسیاری از این کلیدها دارای

نور پس‌زمینه (LED) هستند تا برچسب روی دکمه‌ها در تاریکی شب به‌راحتی دیده شود.
با استفاده از کلیدهای هوشمند می‌توان کارهای زیر را انجام داد:

- روشن و خاموش کردن یک یا چند چراغ به‌صورت هم‌زمان
- تنظیم میزان روشنایی لامپ‌ها (کم یا زیاد کردن نور)
- کنترل حرکت پرده‌های برقی و سایبان‌ها

۲ **تجهیزات تابلویی (تابلوی مرکزی):** این تجهیزات به‌عنوان بخش اصلی سیستم‌های هوشمند، درون تابلوی برق ساختمان و روی ریل‌های استاندارد نصب می‌شوند. ماژول‌های تابلویی شامل منبع تغذیه، رابط‌های برنامه‌ریزی و عملگرهای مختلف (مانند رله، دیمر و کنترل پرده) هستند که فرمان‌ها را از شبکه دریافت کرده و مستقیماً تجهیزات مصرف‌کننده را کنترل می‌کنند. در شکل ۸ چند نمونه از این تجهیزات نشان داده شده است.



شکل ۸

ماژول منبع تغذیه (Power Supply)

منبع تغذیه یکی از تجهیزات مهم در تابلوی برق ساختمان هوشمند است که وظیفه تأمین انرژی مورد نیاز سایر قطعات را بر عهده دارد. این ماژول، برق ورودی ۲۲۰ ولت متناوب (AC) را دریافت کرده و آن را به ولتاژ مستقیم و ایمن (DC) تبدیل می‌کند تا تجهیزات الکترونیکی سیستم بتوانند با ولتاژ مناسب کار کنند. به زبان ساده، منبع تغذیه مانند بخش تأمین انرژی سیستم عمل می‌کند و باعث می‌شود تجهیزات مختلف بتوانند روشن بمانند، اطلاعات را دریافت و ارسال کنند و فرمان‌های خود را اجرا نمایند.

انواع منبع تغذیه بر اساس جریان خروجی

منابع تغذیه بر اساس مقدار جریانی که می‌توانند در اختیار تجهیزات قرار دهند، در مدل‌های مختلف تولید می‌شوند. سه مدل رایج عبارت‌اند از:

- ۱۶۰ میلی‌آمپر: مناسب پروژه‌های کوچک و ماکت‌های آموزشی
- ۳۲۰ میلی‌آمپر: مناسب پروژه‌های متوسط
- ۶۴۰ میلی‌آمپر: مناسب پروژه‌های بزرگ‌تر با تجهیزات بیشتر

هر تجهیز الکترونیکی هوشمند برای کارکرد خود مقدار مشخصی جریان مصرف می‌کند. برای محاسبات ساده آموزشی، می‌توان مصرف متوسط هر تجهیز را حدود ۱۰ میلی‌آمپر در نظر گرفت.

$$\text{تعداد تجهیزات قابل پشتیبانی} = \frac{\text{جریان خروجی منبع تغذیه}}{\text{جریان مصرفی هر تجهیز}}$$

به عنوان مثال:

- ۱۶۰ mA حدود ۱۶ تجهیز
- ۳۲۰ mA حدود ۳۲ تجهیز
- ۶۴۰ mA حدود ۶۴ تجهیز

نکته

در پروژه‌های واقعی، طراحان معمولاً از تمام ظرفیت منبع تغذیه استفاده نمی‌کنند و مقداری ظرفیت اضافی برای آینده (رزرو) در نظر می‌گیرند. این کار باعث افزایش طول عمر تجهیزات و امکان توسعه سیستم در آینده می‌شود.

ماژول عملگر رله‌ای (Relay Actuator)

ماژول عملگر رله‌ای (خروجی سوئیچ) یکی از پرکاربردترین تجهیزات در تابلوی برق ساختمان هوشمند است. این ماژول وظیفه روشن و خاموش کردن تجهیزات الکتریکی مانند چراغ‌ها، پریزها، فن‌ها و برخی شیرهای برقی را بر عهده دارد.

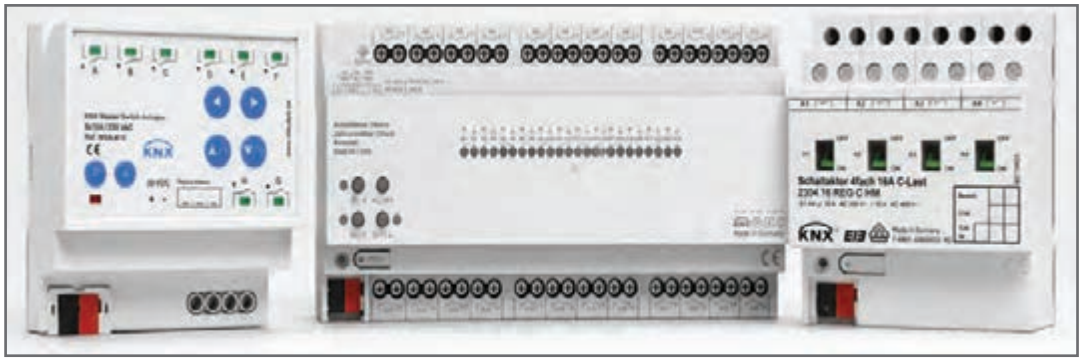
این دستگاه مانند مجموعه‌ای از کلیدهای الکترونیکیِ قابل برنامه‌ریزی عمل می‌کند که فرمان‌های دیجیتال و کم‌ولتاژ را از شبکه دریافت کرده و آنها را به قطع و وصل جریان برق شهر (220AC) تبدیل می‌نماید.

مفهوم کانال در ماژول رله

ماژول‌های رله در مدل‌های مختلف با تعداد کانال متفاوت (مانند ۲، ۴، ۸ و ۱۲ کاناله) تولید می‌شوند. هر کانال در واقع یک کلید مستقل است که می‌تواند یک مدار یا یک مصرف‌کننده مجزا را کنترل کند. برای مثال، یک ماژول ۴ کاناله دارای ۴ کلید داخلی مستقل است و می‌تواند ۴ مسیر روشنایی جداگانه را مدیریت کند.

کاربردهای رایج عملگر رله‌ای:

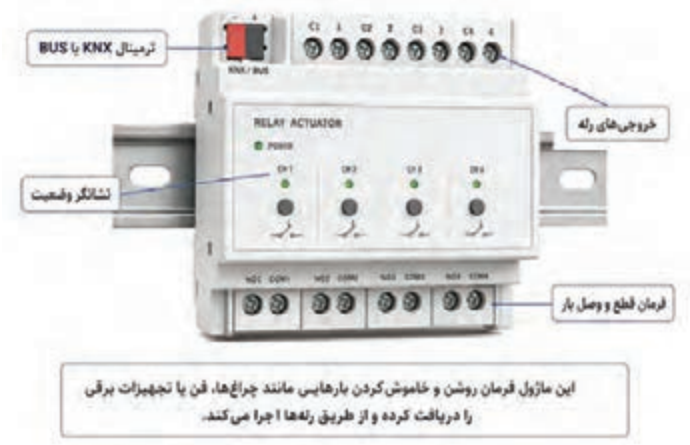
- کنترل روشن و خاموش شدن چراغ‌های ساختمان
- قطع و وصل کردن جریان برق پریزها (پریز هوشمند)
- فرمان دادن به فن‌ها و موتورهای الکتریکی کوچک
- اجرای سناریوهای مختلف (مانند سناریوی خروج برای خاموشی هم‌زمان چراغ‌ها)



شکل ۹ــ چند نمونه از ماژول عملگر رله‌ای

نکته مهم

کنتاکت‌های داخلی هر کانال از ماژول رله، برای جریان مشخصی (مثلاً ۱۰ آمپر یا ۱۶ آمپر) طراحی شده‌اند. همواره در زمان سیم‌کشی کارگاهی و طراحی سیستم، باید دقت کنید که جریان مصرفی تجهیزات متصل به هر کانال، از جریان مجاز نوشته‌شده روی بدنه ماژول بیشتر نشود؛ در غیر این صورت، کنتاکت‌های داخلی رله به دلیل جرقه شدید به یکدیگر می‌چسبند و ماژول آسیب می‌بیند. برای راه‌اندازی مصرف‌کننده‌های پرقدرت (مانند کولر گازی یا پمپ‌های آب بزرگ) حتماً باید از کنتاکتورهای کمکی استفاده شود.



شکل ۱۰ــ ماژول عملگر رله‌ای

ماژول رابط رایانه (درگاه USB)

برای برنامه‌ریزی تجهیزات خانه هوشمند، ابتدا باید پروژه را در نرم‌افزار کامپیوتر طراحی کنیم. اما این تنظیمات نرم‌افزاری چگونه به مغز تجهیزات تابلویی منتقل می‌شوند؟ پاسخ این سؤال ماژول رابط رایانه است. این ماژول به عنوان یک پل ارتباطی عمل می‌کند؛ به این صورت که با استفاده از یک کابل USB معمولی، رایانه یا لپ‌تاپ شما را به خط ارتباطی (باس) سیستم هوشمند متصل می‌سازد تا اطلاعات و تنظیمات به تجهیزات منتقل شوند.

ویژگی‌ها و کاربردها:

- **برنامه‌ریزی تجهیزات:** ارسال تنظیمات و آدرس‌های فیزیکی و گروهی از رایانه به ماژول‌ها.
- **عیب‌یابی و تست:** نظارت بر ترافیک داده‌ها و پیام‌های ارسالی در شبکه هوشمند جهت یافتن خطاهای احتمالی.
- **موقتی بودن اتصال:** نیازی نیست رایانه همواره به این ماژول متصل باشد؛ پس از اتمام دانلود و انتقال کامل تنظیمات، کابل USB رایانه را جدا می‌کنیم و سیستم هوشمند به‌طور مستقل به کار خود ادامه می‌دهد.

با جزئیات بیشتر تجهیزات در پودمان بعدی آشنا می‌شوید.



شکل ۱۱ــ چند نمونه ماژول USB

هدف: شناسایی قطعات خانه هوشمند (قطعه شناسی)

ابزار، مواد و تجهیزات موردنیاز: کلید منبع تغذیه، کلید هوشمند لمسی، فعال ساز رله‌ای و درگاه ارتباطی USB

شرح کار عملی: اولین قدم در راه آشنایی با تجهیزات هوشمند و توانایی در نصب، برنامه‌نویسی و پیشنهاد آن به کاربران، شناخت صحیح قطعات با استفاده از اطلاعات ارائه شده از سمت سازنده قطعات است. در این کار عملی می‌خواهیم با تعدادی از قطعات پرکاربرد خانه هوشمند آشنا شویم به همین منظور قطعات را از لحاظ سخت‌افزاری مورد بررسی قرار داده و کاتالوگ‌ها، برگه‌های مشخصات فنی و دستورالعمل‌های راه‌اندازی مربوط به هر یک از قطعات را می‌خوانیم.

قطعاتی که در این کار عملی مورد بررسی قرار می‌دهیم به شرح زیر است:

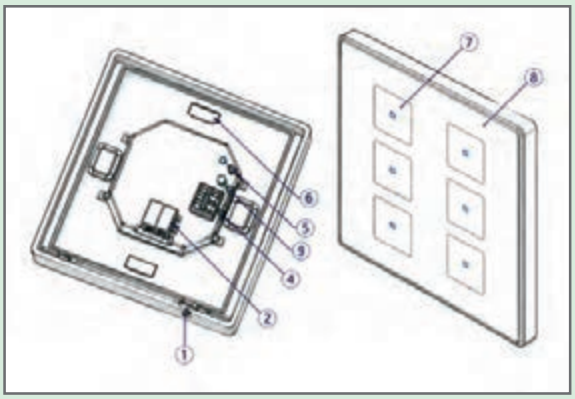
- منبع تغذیه
- کلید هوشمند لمسی KNX (۴ پل بدون صفحه نمایش)
- فعال ساز رله‌ای یا سوییچینگ
- درگاه ارتباطی USB

مراحل انجام کار عملی:

۱ ابتدا به سراغ تجهیزات موجود در کارگاه بروید. با توجه به نام شرکت سازنده و کد فنی (Model/Order Number) حک‌شده روی بدنه هر قطعه، کاتالوگ یا دفترچه راهنمای آن را از وب‌سایت رسمی شرکت سازنده دانلود کنید.

راهنمایی: سریع‌ترین راه برای دسترسی به فایل PDF مشخصات فنی هر قطعه، جستجوی (کد فنی قطعه + کلمه Datasheet) در موتورهای جستجوگر اینترنتی است.

۲ پس از دریافت کاتالوگ، نمای ظاهری قطعه را با دقت بررسی کنید. بخش‌های مختلف سخت‌افزاری آن (مانند ترمینال‌های اتصال، دکمه و چراغ برنامه‌ریزی، نشانگرهای وضعیت LED و دکمه‌های تست دستی) را روی خود قطعه شماره‌گذاری کنید. سپس نام علمی و کاربرد هر بخش را با کمک کاتالوگ استخراج کرده و بنویسید.



شکل ۱۲ــ نام‌گذاری کلید هوشمند

۳ هر تجهیز استاندارد در سیستم‌های هوشمند، اطلاعات حیاتی خود را روی بدنه یا بخش کناری خود به‌صورت خوانا حک یا چاپ می‌کند. با بررسی دقیق قطعات موجود در کارگاه، اطلاعات درخواستی را استخراج کرده و در جدول زیر بنویسید.

جدول ۱ـ اطلاعات تجهیزات هوشمند

نام قطعه	نام شرکت سازنده	مدل دستگاه	کد فنی / سفارش	ولتاژ باس (DC V)	جریان باس (mA)	کشور سازنده
منبع تغذیه						
کلید لمسی						
عملگر رله‌ای						
رابط USB						

تذکر: هر تجهیز هوشمند یک شناسه دقیق به نام کد فنی دارد. هنگام کار با نرم‌افزار(Order No. **یا** Art No.)، باید کاتالوگ مربوط به همان مدل دقیق وارد پروژه شود؛ زیرا هر مدل دارای تنظیمات و قابلیت‌های مخصوص به خود است.

۴ با توجه به کاتالوگ هر یک از قطعات جدولی تهیه کنید و مشخصات و پارامترهای مهم هر قطعه را از کاتالوگ استخراج کرده و در جدول یادداشت کنید.

جدول ۲ـ کاتالوگ خوانی

ردیف	نام قطعه	تعداد ورودی/ خروجی	جریان نامی خروجی و نوع بار قابل اتصال	ابعاد و طریقه نصب (روی ریل/ داخل قوطی)	نسخه نرم‌افزار تحت پوشش (Application Program)	سایر مشخصات مهم کاتالوگ (مانند کلاس حفاظتی IP)
۱	ماژول منبع تغذیه		ندارد		ندارد	
۲	کلید لمسی هوشمند		ندارد			
۳	عملگر (اکچویتور) رله‌ای					
۴	ماژول رابط USB		ندارد			

۵ هر تجهیز هوشمند علاوه بر مشخصات الکتریکی پایه، دارای یک سری قابلیت‌های کاربردی و برنامه‌پذیری خاص است که ارزش فنی آن را مشخص می‌کند. با مطالعه‌ی دقیق صفحات نخست کاتالوگ (Datasheet) هر یک از قطعات، قابلیت‌های کلیدی آنها را استخراج کرده و به‌صورت خلاصه در دفترچه گزارش کار خود بنویسید.
به عنوان مثال در منبع تغذیه، وجود حفاظت در برابر اتصال کوتاه (Short Circuit Protection)، حفاظت اضافه بار (Overload Protection) یا دکمه‌ی ریست (Reset Button).

۶ برای آشنایی بیشتر با قطعات، در کارگاه یا آزمایشگاه هنرستان، تجهیزات موجود در سیستم خانه هوشمند را بررسی کنید. برای هر تجهیز، کاتالوگ فنی آن یا کاتالوگ یک نمونه مشابه را مطالعه کرده و اطلاعات مهم آن را استخراج کنید.

سؤال:

ـ به نظر شما کدام مشخصات فنی یک تجهیز اهمیت بیشتری دارد؟ چرا؟

ـ شناسایی دقیق یک تجهیز چه تأثیری در انتخاب صحیح، طراحی پروژه و برنامه‌ریزی سیستم هوشمند دارد؟

ـ آیا می‌توان بدون بررسی کاتالوگ فنی، یک تجهیز را به‌درستی نصب و برنامه‌ریزی کرد؟ دلیل خود را بیان کنید.

ـ برای پیدا کردن اطلاعات یک تجهیز، از ابزارهای هوش مصنوعی استفاده کنید. اطلاعات به‌دست‌آمده را با کاتالوگ اصلی مقایسه کرده و پاسخ دهید:

الف) کدام اطلاعات صحیح بود؟

ب) کدام اطلاعات نیاز به بررسی بیشتر داشت؟

ج) چرا نباید بدون بررسی منبع اصلی، به تمام اطلاعات هوش مصنوعی اعتماد کرد؟

معرفی انواع پروتکل‌ها

در یک خانه هوشمند، تجهیزات مختلف باید بتوانند اطلاعات و فرمان‌ها را برای یکدیگر ارسال کنند. برای مثال، کلید باید بتواند فرمان روشن‌شدن را به بخش کنترل روشنایی منتقل کند و حسگر حرکت نیز باید وضعیت حضور افراد را گزارش دهد.

برای اینکه این تجهیزات پیام یکدیگر را درست بفهمند، باید از مجموعه قوانین مشترکی پیروی کنند. به این قوانین پروتکل ارتباطی گفته می‌شود.

پروتکل، مجموعه‌ای از قوانین و روش‌های مشخص برای برقراری ارتباط و تبادل اطلاعات بین تجهیزات است. به زبان ساده، پروتکل مانند یک زبان مشترک است. همان‌طور که دو نفر برای گفت‌وگو باید زبان یکدیگر را بفهمند، تجهیزات خانه هوشمند نیز برای تبادل فرمان و اطلاعات باید از یک روش ارتباطی مشترک استفاده کنند.

به عنوان مثال فرض کنید یک کلید، فرمان «روشن‌شدن چراغ» را ارسال می‌کند. برای اجرای درست این فرمان باید موارد زیر مشخص باشند:

- پیام از چه مسیری منتقل شود؟

- فرستنده و گیرنده پیام کدام تجهیزات هستند؟
- فرمان روشن و خاموش چگونه نوشته شود؟
- گیرنده چگونه دریافت پیام را تشخیص دهد؟
- در صورت نرسیدن پیام چه اتفاقی بیفتد؟
- پروتکل، قواعد مربوط به این موارد را تعیین می‌کند.



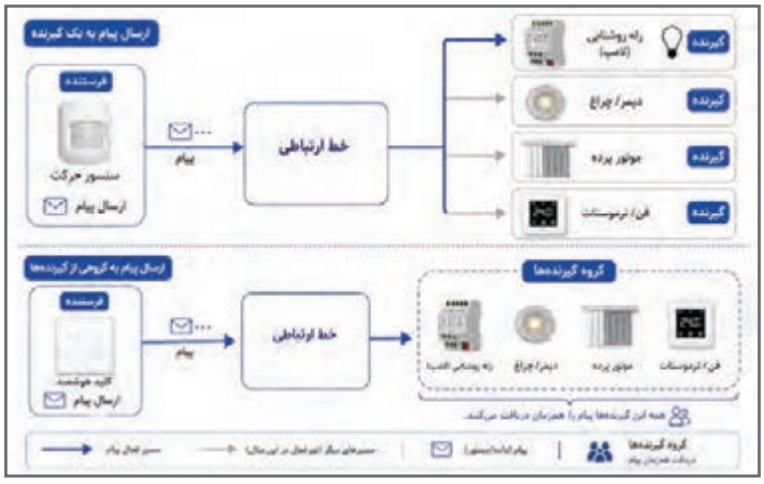
شکل ۱۳ــ مفهوم پروتکل

وظایف پروتکل در خانه هوشمند

پروتکل فقط وسیله انتقال پیام نیست، بلکه نحوه ارتباط تجهیزات را نیز مشخص می‌کند. یعنی:

۱ــ تعیین روش ارسال اطلاعات: پروتکل مشخص می‌کند پیام‌ها از طریق کابل، امواج رادیویی یا شبکه رایانه‌ای منتقل شوند.

۲ــ شناسایی فرستنده و گیرنده: در یک سیستم ممکن است ده‌ها تجهیز وجود داشته باشد. پروتکل کمک می‌کند پیام به تجهیز یا گروه موردنظر برسد.



شکل ۱۴ــ مزایای پروتکل

۳ـ تعریف نوع فرمان: فرمان‌های مختلف می‌توانند شامل موارد زیر باشند:

- روشن یا خاموش کردن
- افزایش یا کاهش نور
- ارسال مقدار دما
- اعلام تشخیص حرکت
- باز یا بسته‌کردن پرده
- گزارش وضعیت یک وسیله



شکل ۱۵ـ انواع فرمان

۴ـ هماهنگ‌کردن تجهیزات: به کمک پروتکل، یک کلید می‌تواند یک یا چند خروجی را کنترل کند و چند تجهیز نیز می‌توانند در اجرای یک سناریو با یکدیگر همکاری کنند.

۵ـ بررسی صحت ارتباط: بعضی پروتکل‌ها امکان بررسی دریافت پیام، تکرار ارسال یا گزارش وضعیت تجهیزات را فراهم می‌کنند.

۶ـ ایجاد امنیت: در سیستم‌های جدید، برای جلوگیری از دسترسی افراد غیرمجاز می‌توان از روش‌هایی مانند احراز هویت و رمزنگاری پیام‌ها استفاده کرد.

در شکل ۱۶ چهار بخش ارتباط در پروتکل خانه هوشمند نشان داده شده است.



شکل ۱۶ـ بخش های ارتباطی در خانه هوشمند

فکر کنید

در یک بیمارستان، سیستم روشنایی و تهویه باید با کمترین قطعی کار کند.
کدام ویژگی‌های پروتکل برای چنین پروژه‌ای اهمیت بیشتری دارند؟
ـ پایداری
ـ سرعت
ـ امنیت
ـ هزینه
ـ مصرف انرژی
ـ امکان تعمیر و نگهداری
سه مورد مهم‌تر را انتخاب و دلیل خود را بیان کنید.

انواع روش‌های ارتباطی

به‌طور کلی، روش‌های ارتباطی در پروژه‌های هوشمندسازی ساختمان به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند:
۱ـ روش سیمی: در روش سیمی، تجهیزات مختلف مانند کلیدها، حسگرها، عملگرها، رله‌ها و کنترل‌کننده‌ها از طریق کابل ارتباطی به یکدیگر متصل می‌شوند. در بسیاری از سیستم‌های سیمی، از یک کابل مخصوص برای انتقال داده استفاده می‌شود که به آن **باس** می‌گویند.
در این روش، فرمان‌ها و اطلاعات از طریق کابل بین تجهیزات جابه‌جا می‌شوند. برای مثال، وقتی کلید هوشمند فشرده می‌شود، فرمان روشن یا خاموش شدن چراغ از طریق کابل باس به عملگر یا ماژول رله ارسال می‌شود و سپس مدار روشنایی کنترل می‌گردد.
KNX، Modbus و BACnet از پروتکل‌های پرکاربرد در سیستم‌های سیمی ساختمان هوشمند هستند.
در جدول ۳ به چند نمونه از این پروتکل‌ها اشاره شده است.

جدول ۳ـ چند نمونه از پروتکل‌های سیمی

پروتکل	کاربرد اصلی	بستر ارتباطی	ویژگی مهم
KNX	هوشمندسازی کامل ساختمان	زوج سیم به‌هم‌تابیده یا شبکه IP	کنترل غیرمتمرکز تجهیزات ساختمان
Modbus	تجهیزات صنعتی و تأسیساتی	RS-485 یا اترنت	ساده، اقتصادی و پرکاربرد
BACnet	مدیریت تأسیسات ساختمان	RS-485 یا شبکه IP	مناسب ساختمان‌های بزرگ
DALI	کنترل سیستم روشنایی	کابل دو سیمه	کنترل جداگانه چراغ‌ها
LonWorks	اتوماسیون ساختمان و صنعت	زوج سیم یا شبکه	ارتباط غیرمتمرکز تجهیزات
M-Bus	قرائت کنتورها	کابل دو سیمه	جمع‌آوری اطلاعات مصرف انرژی

۲ـ روش بی‌سیم: در روش بی‌سیم، بین تجهیزات کابل ارتباطی جداگانه کشیده نمی‌شود. تجهیزات از طریق امواج رادیویی با یکدیگر یا با کنترل‌کننده مرکزی ارتباط برقرار می‌کنند. در این روش، هر تجهیز دارای فرستنده و گیرنده بی‌سیم است و فرمان‌ها از طریق سیگنال‌های رادیویی منتقل می‌شوند.

برای مثال، حسگر حرکت حضور فرد را تشخیص می‌دهد و پیام آن را به کنترل‌کننده مرکزی یا سایر تجهیزات ارسال می‌کند. سپس کنترل‌کننده یا تجهیز مقصد، فرمان روشن شدن چراغ را اجرا می‌کند. Zigbee، Z-Wave و Wi-Fi از پروتکل‌های پرکاربرد در سیستم‌های بی‌سیم خانه هوشمند هستند.

در شکل ۱۷ ویژگی‌ها، چالش‌های هر یک از روش‌های ارتباطی نشان داده شده است.

روش ارتباطی	ویژگی‌ها	چالش‌ها	مناسب برای
سیمی 	پایداری بسیار بالا ارتباط مطمئن و کم‌خطا مقاومت بیشتر در برابر نویز مناسب برای پروژه‌های حرفه‌ای طول عمر و اطمینان بالا	نیاز به طراحی دقیق نیاز به لوله‌گذاری و کابل‌کشی اجرای دشوار در ساختمان آماده احتمال نیاز به تخریب و شیار زنی هزینه اجرای اولیه بیشتر	ساختمان‌های نوساز پروژه‌های در حال ساخت بازسازی‌های اساسی پروژه‌های بزرگ و حرفه‌ای
بی‌سیم 	نصب سریع و آسان بدون نیاز به کابل کشی جدید بدون تخریب دیوارها افزودن آسان تجهیزات جدید انعطاف‌پذیری بالا	برد محدود امواج تاثیرپذیری از دیوارهای ضخیم احتمال تداخل امواج رادیویی نیاز برخی حسگرها به باتری پایداری کمتر نسبت به سیستم سیمی	ساختمان‌های ساخته‌شده خانه‌های مسکونی آماده پروژه‌های کوچک و متوسط نصب سریع بدون تخریب

شکل ۱۷ـ ویژگی‌ها و چالش‌های روش‌های ارتباطی در ساختمان هوشمند

تحقیق کنید

آیا Wi-Fi همان اینترنت است؟

درباره تفاوت این مفاهیم پژوهش کنید:

ـ Wi-Fi

ـ شبکه داخلی

ـ اینترنت

ـ پروتکل ارتباطی

سپس توضیح دهید آیا یک وسیله Wi-Fi می‌تواند در زمان قطع اینترنت، داخل خانه همچنان کار کند یا خیر؟

فعالیت

برای هر شرایط، روش مناسب را پیشنهاد دهید و علت را بنویسید.

جدول ۴ــ بررسی شرایط پروژه

شرایط پروژه	روش پیشنهادی	دلیل انتخاب
ساختمان نوساز		
ساختمان تکمیل‌شده		
پروژه بزرگ		
تجهیزات باتری‌خور		
نیاز به پایداری زیاد		
توسعه مرحله‌ای		

پروتکل KNX

KNX یک استاندارد باز در ساختمان هوشمند است که امکان ارتباط تجهیزات مختلف مانند کلیدها، حسگرها و عملگرها را از طریق یک شبکه مشترک فراهم می‌کند. این پروتکل در پروژه‌های حرفه‌ای ساختمان هوشمند به‌دلیل پایداری و قابلیت توسعه، کاربرد گسترده‌ای دارد.

مزایا:

- استاندارد باز و مستقل از یک شرکت خاص
- پایداری و اطمینان بالا
- قابلیت اتصال تجهیزات برندهای مختلف
- مناسب برای پروژه‌های بزرگ و حرفه‌ای
- امکان توسعه و تغییر سیستم در آینده

معایب:

- هزینه اولیه بیشتر نسبت به برخی سیستم‌های ساده
- نیاز به طراحی و برنامه‌ریزی تخصصی
- نیاز به نرم‌افزار ETS برای پیکربندی
- نصب و راه‌اندازی پیچیده‌تر

پرسش

۱ چرا تجهیزات مختلف یک ساختمان هوشمند نمی‌توانند بدون وجود پروتکل به‌راحتی با یکدیگر ارتباط برقرار کنند؟

۲ اگر یک ساختمان هوشمند با KNX اجرا شود، آیا در آینده می‌توان تجهیزات جدید به آن اضافه کرد؟ دلیل خود را بنویسید.

تحقیق کنید

سه شرکت تولیدکننده تجهیزات KNX را پیدا کنید و نام چند تجهیز KNX تولیدی آنها را بنویسید.

سناریو در خانه هوشمند

در یک خانه هوشمند، گاهی لازم است چندین وسیله به‌صورت هماهنگ و هم‌زمان عمل کنند. برای مثال، با خروج ساکنان از خانه، چند چراغ خاموش شود، سیستم سرمایش کاهش پیدا کند و تجهیزات غیرضروری قطع شوند. انجام تک‌تک این کارها به صورت سنتی زمان‌بر است، اما در سیستم هوشمند، این کار تنها با فشردن یک کلید انجام می‌شود

به مجموعه‌ای از فرمان‌ها و عملکردهای هماهنگ که با یک دستور، یک زمان مشخص یا یک شرایط خاص اجرا می‌شوند، سناریو گفته می‌شود.



شکل ۱۸ـ مفهوم سناریو

اجزای اصلی یک سناریو

برای اینکه بتوان یک سناریو را در خانه هوشمند طراحی و برنامه‌نویسی کرد، ابتدا باید ساختار آن را شناخت. هر سناریو، هر چقدر هم که پیچیده باشد، از سه جزء اصلی تشکیل می‌شود:

۱ محرک یا عامل فعال‌ساز (Trigger)

محرک، همان عامل شروع‌کننده سناریو است، یعنی مشخص می‌کند چه اتفاقی رخ دهد تا سناریو به جریان بیفتد. محرک‌ها می‌توانند از جنس‌های مختلفی باشند:

- **محرک دستی:** فشردن یک دکمه روی کلید هوشمند یا لمس یک گزینه روی صفحه تلفن همراه (مانند فشردن دکمهٔ سناریوی سفر)
- **محرک زمانی (تایمر):** رسیدن به یک ساعت خاص از شبانه‌روز (مانند ساعت ۷:۰۰ صبح برای سناریوی صبح بخیر)
- **محرک حسگری (سنسوری):** تحریک شدن یک حسگر در محیط (مانند تشخیص حرکت توسط حسگر راهرو یا بالا رفتن دمای اتاق بیش از حد مجاز).



شکل ۱۹ــ انواع محرک‌ها

۲ تجهیزات هدف (Target Devices)

به تمام تجهیزاتی که قرار است در یک سناریو تغییر وضعیت دهند و تحت کنترل درآیند، تجهیزات هدف می‌گویند. این تجهیزات می‌توانند شامل موارد زیر باشند:

- خطوط روشنایی و دیمرها
- سیستم سرمایش و گرمایش (ترموستات)
- موتور پرده برقی
- سیستم صوتی یا پریزهای هوشمند

۳ فرمان‌ها یا وضعیت خروجی‌ها (Actions / States)

برای هر یک از تجهیزات هدف، باید با دقت مشخص شود که پس از فعال شدن سناریو، چه واکنشی نشان دهند و به چه وضعیتی برسند.
مثال: لامپ پذیرایی ← **خاموش شود**، پرده اتاق ← **بسته شود**، دمای کولر ← **روی ۲۴ درجه تنظیم شود**.



شکل ۲۰ــ فرمان و اهداف

مراحل طراحی یک سناریو در ساختمان هوشمند

برای طراحی و اجرای صحیح یک سناریو، ابتدا باید نیاز کاربر مشخص شود و سپس عملکرد تجهیزات مرحله‌به‌مرحله تعریف و برنامه‌ریزی شود.

۱ــ نیازسنجی و تعریف سناریو: در اولین مرحله، هدف از ایجاد سناریو مشخص می‌شود. طراح باید بررسی کند که کاربر چه عملکردهایی را می‌خواهد به‌صورت خودکار یا با یک فرمان اجرا کند.

به عنوان مثال، سناریوی سینما در خانه: ایجاد نور مناسب و آماده‌سازی فضا جهت تماشای فیلم (به سبک سینما)

۲ــ تعیین محرک یا عامل فعال‌کننده (Trigger): در این مرحله مشخص می‌شود سناریو چگونه شروع شود. مثلاً با زدن یک نماد خاص در صفحه نمایش لمسی.

۳ـ مشخص کردن تجهیزات مورد نیاز: تمام تجهیزاتی که در اجرای سناریو نقش دارند، مشخص می‌شوند.
به عنوان مثال در سناریوی سینما:

- چراغ‌های روشنایی
- دیمر نور
- موتور پرده برقی
- پریز هوشمند تلویزیون و سیستم صوتی

۴ـ تعیین فرمان‌ها و وضعیت تجهیزات: در این مرحله مشخص می‌شود هر تجهیز پس از اجرای سناریو چه تغییری کند. این اطلاعات معمولاً در جدولی به نام جدول سناریو ثبت می‌شود.

مثال

جدول سناریوی سینما در یک خانه هوشمند را بنویسید.

حل: برای شبیه ساختن محیط خانه به سینما هنگام تماشای فیلم، وضعیت روشنایی، پرده و تلویزیون را قبل، حین و پس از اتمام تماشای فیلم بررسی می‌کنیم و به مانند جدول ۵ آنها را می‌نویسیم.

جدول ۵ـ سناریوی سینما در خانه هوشمند

نام تجهیزات	وضعیت قبل از سناریو (حالت عادی)	وضعیت هنگام اجرای سناریو (شروع فیلم)	وضعیت در زمان توقف موقت (Pause)	وضعیت پس از پایان سناریو (خروج)	ملاحظات و تنظیمات هوشمند
روشنایی اصلی (سقف)	روشن (۱۰۰٪)	خاموش (۰٪)	روشن ملایم (۳۰٪)	روشن (۱۰۰٪)	خاموش و روشن شدن باید به‌صورت تدریجی در ۵ ثانیه رخ دهد.
نورهای مخفی و دکوراتیو (LED)	روشن یا خاموش (طبیعی)	روشن (۱۰٪ـ رنگ آبی/بنفش ملایم)	روشن (۵۰٪ـ رنگ زرد گرم)	بازگشت به حالت پیش‌فرض	ایجاد اتمسفر سینمایی بدون ایجاد بازتاب روی صفحه نمایش.
پرده‌های برقی	باز (بسته به نور روز)	کاملاً بسته (۱۰۰٪)	بدون تغییر (بسته)	بازگشت به حالت قبلی	جلوگیری از ورود نور طبیعی و بازتاب آن روی صفحه.
تلویزیون یا ویدئو پروژکتور	خاموش یا روی شبکه عادی	روشن (ورودی HDMI اصلی/ Cinema Mode)	پخش در حالت توقف (Pause)	خاموش	در صورت استفاده از پروژکتور، پرده نمایش برقی به‌طور خودکار پایین می‌آید.
سیستم صوتی (آمپلی‌فایر)	خاموش	روشن (حالت Surround Sound ـ ولوم متوسط)	قطع صدا یا ولوم بسیار کم (۵٪)	خاموش	سوئیچ خودکار روی ورودی HDMI ARC یا Optical.

فعالیت

فرض کنید صاحب یک خانه هوشمند می‌خواهد هنگام خروج از خانه، با لمس یک کلید مخصوص کنار درب خروج (کلید سناریوی Away) یا از طریق اپلیکیشن موبایل، خانه را به حالت آماده‌باش و ایمن درآورد.
جدول ماتریس عملکرد تجهیزات را برای این سناریو بنویسید.
(توجه داشته باشید که برخی از اقدامات باید بلافاصله و برخی با تأخیر زمانی مثلاً ۱ یا ۲ دقیقه تأخیر انجام شوند تا فرد فرصت خروج از خانه را داشته باشد).

سؤال:

۱ چرا نباید با زدن کلید «خروج از خانه»، جریان برق کل خانه را از جعبه فیوز اصلی قطع کنیم؟

۲ چرا برای خاموش شدن چراغ راهرو و فعال شدن دزدگیر به تأخیر زمانی نیاز داریم؟ اگر این تأخیر اعمال نشود چه مشکلی پیش می‌آید؟

۳ اگر مسافرت طولانی برویم، چطور می‌توانیم از تجهیزات هوشمند برای فریب دادن سارقان استفاده کنیم؟

انواع سناریوها در خانه هوشمند

در پروژه‌های خانه هوشمند، سناریوها براساس روش شروع شدن و نحوه اجرای عملکردها به گروه‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. هر سناریو با هدف مشخصی طراحی می‌شود تا چندین تجهیز بتوانند به‌صورت هماهنگ و هوشمند عمل کنند.

۱ سناریوهای دستی

این سناریوها توسط کاربر و با یک فرمان مشخص فعال می‌شوند. معمولاً برای شرایطی که کاربر می‌خواهد چند عملکرد را هم‌زمان کنترل کند، استفاده می‌شوند.

محرک: فشردن کلید هوشمند، لمس گزینه در صفحه لمسی و یا ارسال فرمان از تلفن همراه

مثال

سناریوی ورود به خانه

این سناریو هنگامی اجرا می‌شود که ساکن وارد خانه شود و فرمان ورود را از طریق کلید هوشمند، صفحه لمسی یا تلفن همراه فعال کند.

با فعال‌شدن این سناریو:

- چراغ‌های ورودی، راهرو و فضاهای موردنیاز روشن می‌شوند.
- سیستم سرمایش یا گرمایش از حالت اقتصادی خارج شده و روی دمای مناسب تنظیم می‌شود.
- پرده‌های برقی متناسب با زمان روز باز یا بسته می‌شوند.
- پریزها و تجهیزات موردنیاز فعال می‌شوند.
- سیستم امنیتی از حالت آماده‌باش خارج می‌شود.
- در صورت نیاز، سیستم صوتی یا سایر تجهیزات رفاهی روشن می‌شوند.



شکل ۲۱ـ سناریوی ورود به خانه

۲ سناریوهای زمان‌بندی‌شده (Schedule-Based)

در این نوع سناریو، عملکردها براساس زمان مشخص و بدون دخالت مستقیم کاربر اجرا می‌شوند.

محرک (Trigger):

- ساعت داخلی سیستم
- برنامه زمانی تعریف‌شده

مثال

سناریوی آبیاری باغچه

هر روز ساعت ۲۰، آب به مدت ۱۵ دقیقه باز شده و سپس به‌صورت خودکار بسته می‌شود.

کاربردها:

- روشنایی محوطه
- آبیاری
- کنترل سیستم گرمایش و سرمایش
- باز و بسته‌کردن پرده‌ها



شکل ۲۲ـ سناریو زمان‌بندی شده

۳ سناریوهای حسگرمحور (Sensor-Based)

در این سناریوها، عملکرد سیستم براساس اطلاعات دریافت‌شده از حسگرها اجرا می‌شود.

محرک (Trigger):

- حسگر حرکت
- حسگر نور
- حسگر دما
- حسگر رطوبت
- حسگر باد
- حسگر حضور

مثال

کنترل پرده در هوای نامناسب

در صورت تشخیص باد شدید توسط حسگر باد، سیستم می‌تواند فرمان جمع شدن پرده یا سایه‌بان را صادر کند تا از آسیب جلوگیری شود.



شکل ۲۳ـ سناریو حسگر محور

۴ سناریوهای تأخیری (Delay-Based)

در این نوع سناریو، اجرای فرمان‌ها با یک فاصله زمانی مشخص انجام می‌شود.

محرک (Trigger):

- یک فرمان اولیه از کاربر یا حسگر

شکل ۲۴ یک نمونه از سناریو تأخیری را نشان می‌دهد.



شکل ۲۴ـ سناریو با عملکرد تأخیری

۵ سناریوهای متوالی (Sequential)

در سناریوهای متوالی، چند عملکرد با ترتیب مشخص و مرحله‌به‌مرحله اجرا می‌شوند.

محرک (Trigger):

- یک فرمان از طرف کاربر



شکل ۲۵ـ اجرای سناریو سینما

۶ سناریوهای امنیتی و هشدار (Security & Alarm)

این سناریوها برای افزایش ایمنی ساختمان و واکنش سریع در شرایط خطر طراحی می‌شوند.

محرک (Trigger): حسگر نشت گاز، حسگر نشت آب، حسگر دود، حسگر شکستن شیشه، سیستم اعلام خطر

مثال

تشخیص نشت گاز

ـ در صورت دریافت هشدار:

ـ فرمان قطع شیر برقی گاز صادر می‌شود.

ـ هشدار صوتی یا پیام اطلاع‌رسانی فعال می‌شود.

ـ اقدامات ایمنی تعریف‌شده اجرا می‌شوند.



شکل ۲۶ـ سناریو امنیتی و هشدار

۷ سناریوهای ترکیبی (Hybrid)

این سناریوها از ترکیب چند شرط یا چند روش فعال‌سازی استفاده می‌کنند و برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش آسایش کاربرد دارند.

محرک (Trigger): ترکیبی از چند شرط مانند زمان، وضعیت حسگرها یا فرمان کاربر.

مثال

روشنایی هوشمند حیاط

چراغ‌های حیاط فقط زمانی روشن شوند که:

- ساعت بعد از ۱۹ باشد و حسگر حضور، حرکت فردی را تشخیص دهد.

در این حالت سیستم بدون روشن نگه‌داشتن بی‌دلیل چراغ‌ها، فقط در زمان مورد نیاز عمل می‌کند.



شکل ۲۷ـ عملکرد سیستم هوشمند ترکیبی

کار عملی

هدف: طراحی یک سناریوی کامل برای خانه هوشمند و مشخص‌کردن محرک‌ها، تجهیزات هدف، فرمان‌ها، ترتیب اجرا و تأخیرهای زمانی.

نکته اجرایی

در این فعالیت لازم نیست نوع، مدل، مشخصات فنی، روش سیم‌کشی یا نحوه برنامه‌ریزی تجهیزات را تعیین کنید. تجهیزات موردنیاز و محل تقریبی آنها در پلان مشخص شده‌اند. شما باید با توجه به خواسته‌های کاربر، منطق اجرای سناریو را طراحی کنید.

صورت مسئله:

صاحب یک خانه هوشمند قصد دارد هنگام خروج چندروزه از منزل، با فعال‌کردن سناریوی «مسافرت»، خانه را در وضعیت کم‌مصرف، ایمن و آماده‌باش قرار دهد.

سناریو باید با فشردن کلید هوشمند کنار در خروجی، لمس گزینه‌ای روی صفحه لمسی یا ارسال فرمان از تلفن همراه آغاز شود.

با توجه به پلان و تجهیزات مشخص‌شده، خواسته‌های زیر را بررسی کرده و سناریوی مناسب را طراحی کنید.

تجهیزات موجود در پلان

در این فعالیت تجهیزات زیر در اختیار شما قرار دارند:

جدول ۶ـ تجهیزات کار عملی شماره ۲

تجهیز	وظیفه
کلید هوشمند	شروع یا لغو سناریو
حسگر حرکت و حضور	تشخیص حرکت افراد
حسگر دود	تشخیص دود و احتمال آتش‌سوزی
حسگر نشت گاز	تشخیص نشت گاز
حسگر نشت آب	تشخیص نشت یا آب‌گرفتگی
حسگر شکست شیشه	تشخیص شکسته‌شدن شیشه
عملگر رله‌ای	قطع و وصل چراغ‌ها و وسایل برقی
شیر برقی آب	قطع جریان آب
شیر برقی گاز	قطع جریان گاز
آژیر	ایجاد هشدار صوتی
پرده برقی	باز یا بسته‌شدن پرده
سیستم سرمایش و گرمایش	تنظیم دمای ساختمان
دوربین مداربسته	ثبت تصاویر هنگام خطر
تلفن همراه یا صفحه لمسی	نمایش وضعیت و دریافت هشدار

تجهیزات نشان‌داده‌شده در جدول و پلان، فقط برای کمک به سناریونویسی، ایده‌پردازی و درک ارتباط میان محرک‌ها و عملکردها ارائه شده‌اند.

خواسته‌های کاربر

۱ سناریو با کلید هوشمند، صفحه لمسی یا تلفن همراه فعال شود.
۲ پس از فعال‌شدن سناریو، چراغ‌های غیرضروری اتاق‌ها، آشپزخانه و پذیرایی خاموش شوند.
۳ چراغ ورودی و راهرو به مدت دو دقیقه روشن بماند تا ساکنان فرصت خروج داشته باشند و سپس خاموش شود.
۴ تلویزیون، سیستم صوتی و پریزهای غیرضروری قطع شوند.
۵ برق یخچال، تجهیزات امنیتی، مودم و وسایل ضروری برقرار بماند.
۶ سیستم سرمایش یا گرمایش روی حالت اقتصادی قرار گیرد.
۷ پرده‌های برقی در وضعیت مناسب قرار گیرند.
۸ سیستم اعلام سرقت، حسگرهای حرکت و حسگر شکست شیشه دو دقیقه پس از فعال‌شدن سناریو وارد حالت آماده‌باش شوند.
۹ برای شبیه‌سازی حضور ساکنان، چراغ پذیرایی از ساعت ۱۹ تا ۲۱ و چراغ یکی از اتاق‌ها از ساعت ۲۱ تا ۲۲ روشن شود.

۱۰ چراغ‌های حیاط فقط زمانی روشن شوند که ساعت بعد از ۱۹ باشد و حسگر حضور، حرکت فردی را تشخیص دهد.
۱۱ چراغ‌های حیاط دو دقیقه پس از پایان تشخیص حرکت خاموش شوند.
۱۲ آبیاری باغچه هر روز ساعت ۲۰ به مدت ۱۵ دقیقه انجام شود.
۱۳ در صورت تشخیص باد شدید، سایبان یا پرده خارجی جمع شود.
۱۴ در صورت تشخیص نشت آب، شیر برقی آب بسته و پیام هشدار ارسال شود.
۱۵ در صورت تشخیص نشت گاز، شیر برقی گاز بسته، آژیر فعال و پیام هشدار ارسال شود.
۱۶ در صورت تشخیص دود، آژیر حریق فعال و اقدامات ایمنی تعیین‌شده اجرا شود.
۱۷ در صورت تشخیص ورود غیرمجاز یا شکست شیشه، آژیر فعال، دوربین وارد حالت ضبط و پیام هشدار ارسال شود.
۱۸ فرمان‌های ایمنی و امنیتی باید حتی هنگام قطع اینترنت نیز در داخل ساختمان اجرا شوند.
۱۹ کاربر بتواند وضعیت سناریو و هشدارهای ایجادشده را روی تلفن همراه یا صفحه لمسی مشاهده کند.
۲۰ کاربر بتواند پس از بازگشت، سناریو را لغو کرده و خانه را به حالت عادی بازگرداند.



خواسته از هنرجو

با استفاده از پلان نشان داده شده و تجهیزات مشخص‌شده در جدول ۶:

۱ هدف اصلی سناریو را بنویسید.
۲ محرک اصلی سناریو را مشخص کنید.
۳ محرک‌های فرعی، مانند زمان یا حسگرها، را تعیین کنید.
۴ تجهیزات هدف هر فرمان را مشخص کنید.
۵ فرمان‌های فوری و تأخیری را از یکدیگر جدا کنید.
۶ ترتیب اجرای فرمان‌ها را بنویسید.
۷ برای هر حسگر، واکنش مناسب سیستم را تعیین کنید.
۸ مشخص کنید هر بخش، نمونه کدام نوع سناریو است: دستی، زمان‌بندی‌شده، حسگرمحور، تأخیری، متوالی، امنیتی یا ترکیبی.
۹ جدول عملکرد سناریو را کامل کنید.
۱۰ نحوه بازگشت خانه به حالت عادی را توضیح دهید.

در گروه‌های دونفره، خواسته‌های سناریو را بررسی کنید، محرک‌ها، تجهیزات هدف، فرمان‌ها، ترتیب اجرا و تأخیرهای زمانی را در دفتر گزارش کار ثبت کرده و پس از تکمیل جدول سناریو، نتیجه را به مربی کارگاه گزارش دهید.

خودآزمایی

۱ برای خانه‌ای مجهز به کلید هوشمند، حسگر حرکت، حسگر شکست شیشه، عملگر رله‌ای، پرده برقی، سیستم سرمایش و گرمایش، آژیر و دوربین مداربسته، سناریوی «مسافرت» طراحی کنید. در پاسخ خود موارد زیر را مشخص کنید:

- محرک اصلی و محرک‌های فرعی
- تجهیزات هدف
- فرمان‌های فوری و فرمان‌های تأخیری
- ترتیب اجرای فرمان‌ها
- تجهیزاتی که نباید برق آنها قطع شود.
- نحوه بازگشت خانه به حالت عادی
- نوع هر بخش از سناریو: دستی، زمان‌بندی‌شده، حسگرمحور، تأخیری، امنیتی یا ترکیبی

۲ فرض کنید در زمان فعال‌بودن سناریوی مسافرت، ابتدا حسگر نشت گاز و چند ثانیه بعد حسگر دود فعال شوند. یک سناریوی ایمنی مرحله‌به‌مرحله طراحی کنید و توضیح دهید:

- کدام فرمان باید در اولویت قرار گیرد؟
- شیر برقی گاز، آژیر، دوربین و تجهیزات تهویه چه وضعیتی پیدا کنند؟
- چه پیامی برای کاربر ارسال شود؟
- کدام عملیات باید حتی در زمان قطع اینترنت اجرا شوند؟
- اگر یکی از فرمان‌ها اجرا نشد، سیستم چگونه باید وضعیت خطا را گزارش کند؟

۳ قرار است یک بیمارستان پنج‌طبقه هوشمند شود. پایداری ارتباط، امنیت، امکان توسعه، تعمیر و نگهداری و کارکرد تجهیزات در زمان قطع اینترنت اهمیت زیادی دارد. با مقایسه روش‌های سیمی و بی‌سیم و پروتکل‌هایی مانند KNX، Modbus، BACnet و DALI، روش مناسب را پیشنهاد دهید و توضیح دهید:

- برای کنترل عمومی ساختمان از چه پروتکلی استفاده می‌کنید؟
- برای روشنایی، تأسیسات و اندازه‌گیری مصرف چه پروتکل‌هایی مناسب‌ترند؟
- چرا استفاده از یک پروتکل برای تمام بخش‌های بیمارستان ممکن است مناسب نباشد؟
- ارتباط میان پروتکل‌های مختلف چگونه باید برقرار شود؟

۴ در یک پروژه، ۴۸ تجهیز هوشمند وجود دارد و برای محاسبات آموزشی، مصرف هر تجهیز ۱۰ میلی‌آمپر در نظر گرفته می‌شود.

الف) جریان تقریبی موردنیاز شبکه را محاسبه کنید

ب) از میان منابع تغذیه ۱۶۰، ۳۲۰ و ۶۴۰ میلی‌آمپر، گزینه مناسب را انتخاب کنید.

ج) توضیح دهید چرا نباید از تمام ظرفیت نامی منبع تغذیه استفاده کرد؟

د) اگر یک عملگر رله‌ای ۸ کاناله با جریان مجاز ۱۰ آمپر برای هر کانال داشته باشیم، آیا می‌توان یک مصرف‌کننده ۱۶ آمپری را مستقیماً به یکی از کانال‌ها متصل کرد؟ دلیل خود را بنویسید و راه‌حل مناسب را پیشنهاد دهید.

ارزشیابی شایستگی طراحی سناریو

نام و نام خانوادگی:		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۴۱۱۱۲	حرفه	برقکاران	کدپیمانه/پودمان	۷۴۱۱۱۲۰۳۴
کد وظیفه شغل	۷۴۱۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان های هوشمند	سطح صلاحیت	L۲
کد کار	۷۴۱۱۱۲۰۳۴۱	کار	طراحی سناریو	سطح شایستگی	مهارت

استاندارد عملکرد کار:
توانایی طراحی سناریوهای مختلف خانه هوشمند

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد(شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	شناسایی قطعات خانه هوشمند	رایانه، نرم‌افزار ETS ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	آشنایی با قطعات جدید	۳	
				توانایی جانمایی وکاربرد قطعات	۲	
				آشنایی با قطعات	۱	
۲	شناسایی انواع سناریو	رایانه، نرم‌افزار ETS ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	پیشنهاد سناریو های جدید	۳	
				انتخاب سناریو برای موقعیت های مختلف	۲	
				تعریف سناریو	۱	
۳	طراحی سناریو	رایانه، نرم‌افزار ETS ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	طراحی خلاقانه سناریو های جدید	۳	
				طراحی برای موقعیت های مختلف	۲	
				تعریف طراحی سناریو	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت،توجهات‌زیست‌محیطی و نگرش:		استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نظم و نظافت محیط کار، استفاده صحیح از ابزار و تجهیزات، مدیریت پسماندها و ضایعات، همکاری با دیگران، مسئولیت‌پذیری و رعایت اخلاق حرفه‌ای در طول انجام فعالیت‌ها	مشاهده‌مستقیم، چک‌لیست رفتاری، ثبت عملکرد، پرسش شفاهی، ارزیابی مستمر در حین کار	رعایت نسبی اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، با خطاهای جزئی در حین انجام کار.	۲	
				عدم رعایت اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، یا بروز خطاهای جدی در نگرش و رفتار کاری.	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از مراحل شناسایی انواع سناریو و طراحی سناریو (مراحل بحرانی)

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

* مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سر و کار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

* تسلط(سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲ : بارگذاری سناریو روی سامانه

آیا می‌دانید

۱ می‌توان قبل از اجرای واقعی یک خانه هوشمند، عملکرد تجهیزات آن را در رایانه طراحی و بررسی کرد؟
۲ با چند تنظیم نرم‌افزاری می‌توان تعیین کرد هر کلید، کدام چراغ یا وسیله را کنترل کند؟
۳ یک برنامه طراحی‌شده در رایانه می‌تواند به تجهیزات واقعی ساختمان منتقل شود؟
۴ در نرم‌افزار ETS می‌توان بخش‌های مختلف ساختمان، مانند طبقه‌ها و اتاق‌ها را شبیه‌سازی کرد؟
۵ پس از برنامه‌ریزی تجهیزات، می‌توان عملکرد آنها را آزمایش کرد و خطاهای احتمالی را پیدا کرد؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود ، یک پروژه جدید در نرم‌افزار ETS ایجاد کرده و ساختار فیزیکی ساختمان و تجهیزات KNX را در آن تعریف کند. آدرس‌های فیزیکی و گروهی را ایجاد کرده و ارتباط میان ورودی‌ها و خروجی‌ها را مطابق سناریوی طراحی‌شده تنظیم کند. پروژه را از طریق رابط ارتباطی روی تجهیزات بارگذاری کرده، عملکرد آن را آزمایش و خطاهای احتمالی را برطرف کند.

مقدمه

پس از طراحی سناریوهای خانه هوشمند، لازم است فرمان‌ها و ارتباط میان تجهیزات در نرم‌افزار تعریف و سپس روی سامانه اجرا شوند. در این واحد یادگیری با نرم‌افزار ETS 6 آشنا می‌شوید و مراحل ایجاد پروژه، تعریف ساختار ساختمان و افزودن تجهیزات KNX را فرا می‌گیرید. سپس ارتباط میان کلیدها و عملگرها را با استفاده از آدرس‌های گروهی تنظیم می‌کنید و برنامه آماده‌شده را روی تجهیزات بارگذاری و آزمایش خواهید کرد.

نرم‌افزار ETS6

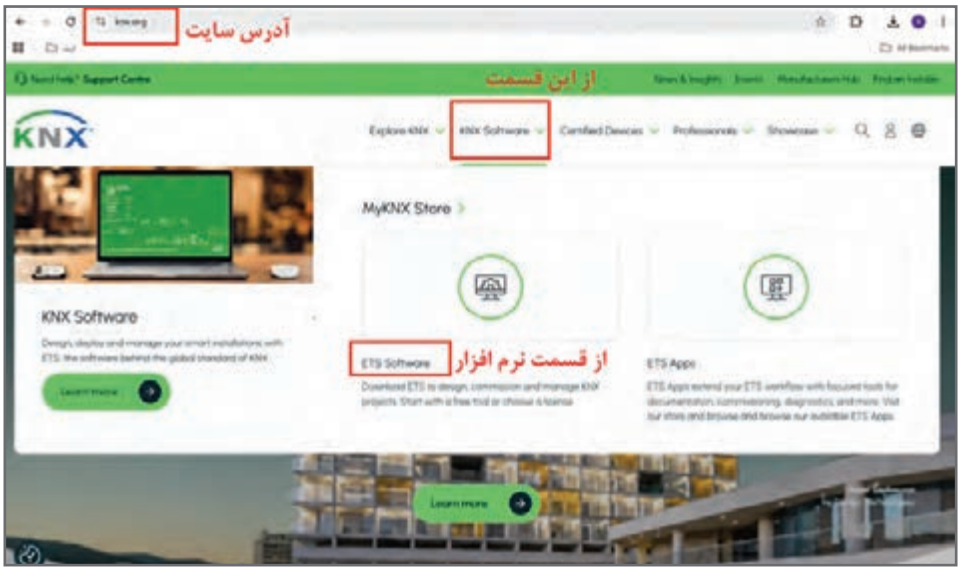
نرم‌افزار ETS6 ابزار اصلی طراحی، برنامه‌ریزی و راه‌اندازی سیستم‌های هوشمند مبتنی بر پروتکل KNX است. این نرم‌افزار امکان تعریف تجهیزات، ایجاد ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها و تنظیم عملکرد سناریوهای هوشمند را فراهم می‌کند. با استفاده از ETS6، طراحی انجام‌شده روی کاغذ به یک پروژه واقعی KNX تبدیل شده و به تجهیزات منتقل می‌شود.

نصب نرم‌افزار ETS6

برای طراحی و برنامه‌ریزی تجهیزات KNX، ابتدا باید نرم‌افزار ETS6 روی رایانه نصب شود. این نرم‌افزار مانند سایر برنامه‌های کاربردی نصب شده و پس از فعال‌سازی، امکان ایجاد و مدیریت پروژه‌های KNX را فراهم می‌کند.

مراحل نصب ETS6

۱ دریافت فایل نصب نرم‌افزار ETS6 از سایت رسمی KNX یا منبع معتبر.
۲ اجرای فایل نصب و شروع فرایند نصب.
۳ تأیید قوانین و شرایط استفاده از نرم‌افزار.
۴ انتخاب مسیر نصب برنامه در رایانه.
۵ انتخاب گزینه نصب (Install) و منتظر ماندن تا پایان فرایند.
۶ پس از پایان نصب، اجرای نرم‌افزار ETS6



شکل ۲۸ـ سایت نرم افزار KNX

در سایت شرکت سازنده سه نسخه، Home، Lite و Professional موجود است. در جدول زیر مقایسه‌ای بین این سه نسخه آمده است.

جدول ۷ـ مقایسه نسخه‌های مختلف

ویژگی	ETS 6 Home	ETS 6 Lite	ETS 6 Professional
کاربرد اصلی	آموزش و پروژه‌های کوچک خانگی	پروژه‌های کوچک تا متوسط	پروژه‌های حرفه‌ای و بزرگ
تعداد تجهیزات قابل استفاده	محدود (حداکثر یک پروژه و تعداد ۶۴ دستگاه)	محدودتر از Professional (حدود ۲۰ دستگاه در هر پروژه)	بدون محدودیت عملی در تعداد تجهیزات
مناسب برای	کاربران خانگی و آموزش مقدماتی	آموزش مقدماتی، پروژه‌های بسیار کوچک تجاری/ مسکونی کاربرد دارد	مهندسان، شرکت‌ها و پروژه‌های بزرگ
استفاده از تمام امکانات ETS	محدود	بیشتر امکانات فعال است	کامل‌ترین امکانات
مناسب هنرستان	بصورت تک پروژه	مناسب‌تر برای تمرین و پروژه	مناسب کار حرفه‌ای

نکته

در آموزش هنرستان از نسخه ETS6 Demo استفاده می‌شود. این نسخه رایگان (ولی دارای محدودیت از نظر تعداد تجهیزات) بوده و برای یادگیری مراحل طراحی پروژه، آدرس‌دهی و ارتباط تجهیزات KNX در پروژه‌های کوچک آموزشی مناسب است. نسخه‌های Home، Lite و Professional برای استفاده عملی با تعداد تجهیزات و امکانات بیشتر ارائه شده‌اند.

آشنایی با محیط اولیه نرم‌افزار ETS 6

پس از اجرای نرم‌افزار ETS6، صفحه اصلی برنامه نمایش داده می‌شود. این صفحه برای مدیریت پروژه‌های KNX استفاده می‌شود و کاربر می‌تواند پروژه‌های جدید ایجاد کرده، پروژه‌های قبلی را باز کند یا پروژه‌های ذخیره‌شده را وارد نرم‌افزار نماید.



شکل ۲۹ـ محیط اولیه نرم افزار ETS6

در این صفحه چند بخش اصلی وجود دارد:

۱ـ Projects (پروژه‌ها): در این قسمت پروژه‌های ایجادشده در ETS نمایش داده می‌شوند. هر پروژه شامل اطلاعات ساختمان، تجهیزات KNX، تنظیمات و ارتباطات بین تجهیزات است.

۲ـ New Project (ایجاد پروژه جدید): با انتخاب این گزینه، یک پروژه جدید KNX ساخته می‌شود. در پروژه جدید، تجهیزات مورد نیاز مانند کلیدها، عملگرها و دیمرها اضافه شده و ارتباط بین آنها تعریف می‌شود.

۳ـ Import Project (وارد کردن پروژه): با استفاده از این گزینه می‌توان پروژه‌ای که قبلاً ایجاد و ذخیره شده است را وارد نرم‌افزار کرد. این قابلیت برای انتقال پروژه بین رایانه‌ها یا پشتیبان‌گیری کاربرد دارد.

۴ـ Start Project Wizard (راهنمای ایجاد پروژه): این بخش به کاربر کمک می‌کند تا مراحل اولیه ایجاد یک پروژه جدید را به‌صورت مرحله‌به‌مرحله انجام دهد.

۵ـ Settings (تنظیمات): در این بخش تنظیمات عمومی نرم‌افزار مانند زبان، اطلاعات کاربر، ارتباطات و گزینه‌های نرم‌افزار قابل تغییر است.

۶ـ Help (راهنما): برای دسترسی به راهنمای نرم‌افزار و اطلاعات آموزشی ETS استفاده می‌شود.

ساخت پروژه جدید:

با زدن بر روی New Project کار یک پروژه جدید آغاز می‌شود. در ابتدای کار یک صفحه جدید مطابق شکل ۳۰ برای وارد کردن اطلاعات پروژه باز می‌شود.



شکل ۳۰ـ ایجاد ساختار مناسب پروژه جدید

آدرس‌دهی گروهی: همان‌طور که در شکل ۳۰ ملاحظه می‌شود در قسمت Group Address Style به گزینه Free، Two Level و Three Level وجود دارد.

در روش Free، کاربر بدون ساختار مشخص آدرس‌ها را تعریف می‌کند. به عنوان مثال، ۱، ۸، ۱۰ و ... در این دسته‌بندی مشخصی بین فرمان‌ها وجود ندارد. عیب این روش این است که با افزایش تعداد تجهیزات، مدیریت پروژه دشوار می‌شود.

در روش دوسطحی (Two Level)، آدرس گروهی از دو بخش تشکیل می‌شود:

گروه فرعی/ گروه اصلی

اعداد از چپ به راست نوشته می‌شود. به عنوان مثال، ۱/۱، عدد یک سمت چپ گروه اصلی (روشنایی) و عدد یک سمت راست نور چراغ اصلی است. آدرس ۱/ ۲، عدد دو مربوط به کنترل پرده و عدد یک مربوط به پرده اتاق خواب است.

در روش سه سطحی (Three Level)، آدرس‌دهی گروهی به‌صورت زیر می‌باشد:

زیر گروه / گروه میانی / گروه اصلی

به عنوان مثال: ۰/۱/۱، گروه ۰ مربوط به روشنایی، ۱ از سمت چپ سالن پذیرایی، ۱ سمت راست مربوط به لوستر اصلی است.

در پروژه‌های واقعی KNX معمولاً از ساختار Three Level استفاده می‌شود، زیرا امکان دسته‌بندی بهتر تجهیزات و مدیریت آسان‌تر پروژه را فراهم می‌کند.

آشنایی با محیط پروژه در ETS6

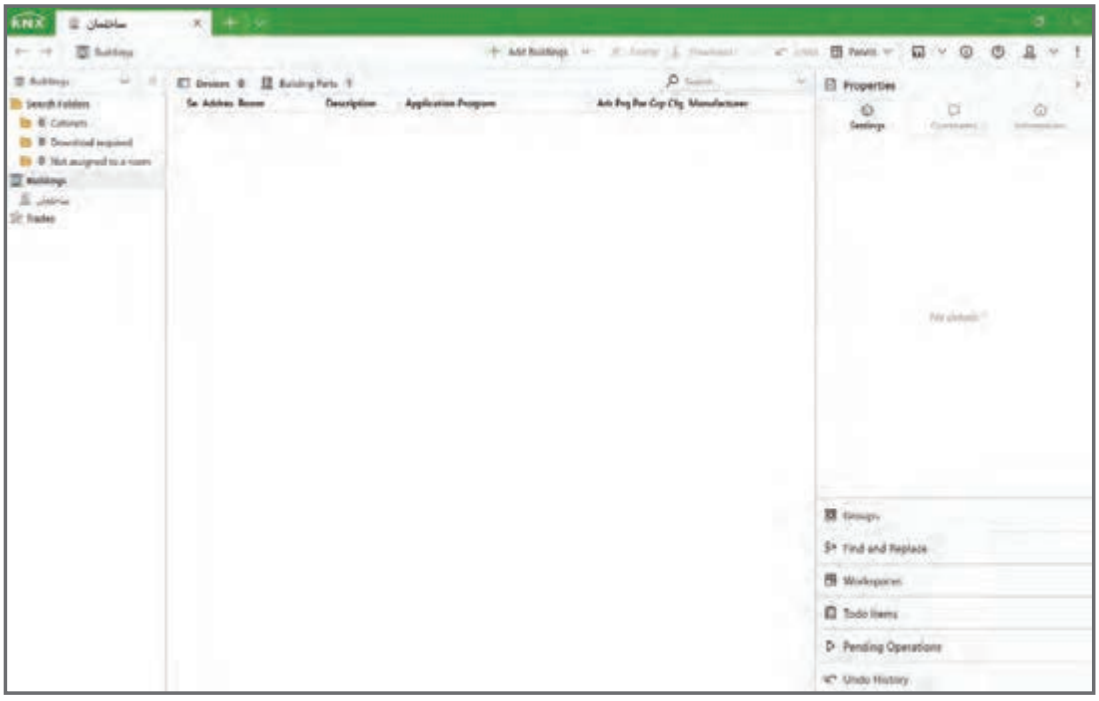
پس از ایجاد پروژه، نرم‌افزار ETS6 وارد محیط طراحی پروژه می‌شود. در این بخش، تمام اطلاعات مربوط به ساختمان، تجهیزات KNX، اتصالات و تنظیمات پروژه مدیریت می‌شود.

صفحه پروژه شامل چند بخش اصلی است:

۱ـ Buildings (بخش ساختمان): همانطور که در قسمت سمت چپ شکل ۳۱ نشان داده شده است، بخش Buildings قرار دارد. این قسمت برای ایجاد ساختار فیزیکی ساختمان استفاده می‌شود. معمولاً ساختار فیزیکی به صورت زیر است :

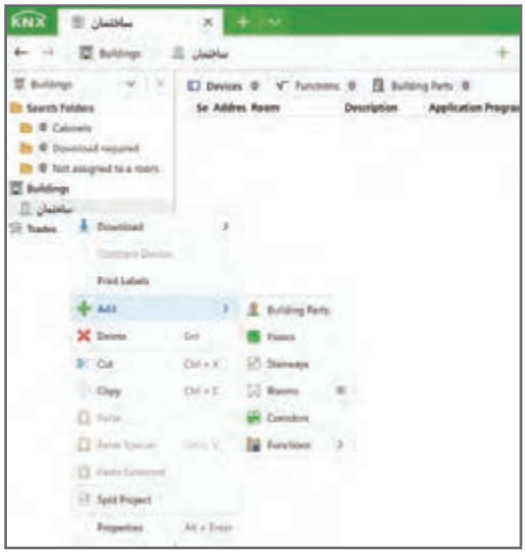
Building (ساختمان) ← floor (طبقه) ← room (اتاق) ← Devices (تجهیزات)

با انتخاب نام پروژه در شکل ۳۱، به عنوان مثال اسم ساختمان خواهد شد.



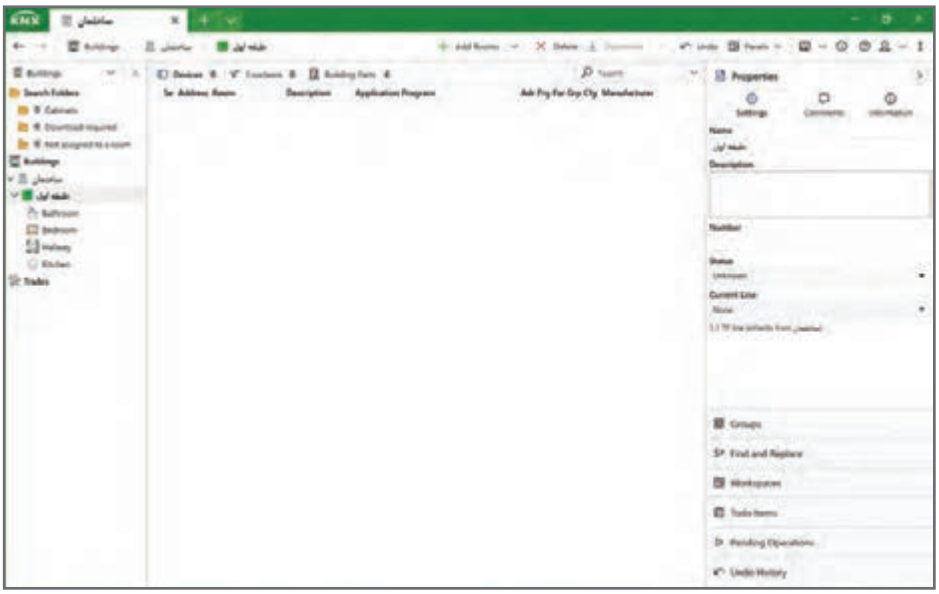
شکل ۳۱ـ ایجاد فضای ساختمان

با کلیک راست بر روی کلمه ساختمان در قسمت چپ و انتخاب گزینه ADD، مشخصات فیزیکی ساختمان اعم از طبقه (Floor)، راه پله (Stairway) و ... انتخاب می‌شود (شکل ۳۲).



شکل ۳۲ـ اضافه کردن طبقه (Floor)

مطابق با شکل ۳۳ ابتدا طبقه، سپس اتاق و سپس نوع فضای اتاق (هال، اتاق نشیمن، اتاق خواب و ...) یا دیگر موارد موجود در آن طبقه انتخاب شود. در شکل ۳۳ چند فضا به طبقه اول، اضافه شده است.



شکل ۳۳ـ اضافه کردن فضاهای مختلف به طبقه

ساختار فیزیکی ساختمان مورد نظر ایجاد گردید. در مرحله بعد باید تجهیزات مورد نیاز را به پروژه اضافه کرده و ارتباط بین آنها را برای انجام یک عملکرد ساده تعریف کنیم.

افزودن تجهیزات KNX به پروژه (Devices): تا اینجا ما فقط ساختار فیزیکی ساختمان را تعریف کردیم؛ یعنی مشخص کردیم ساختمان چه فضاهایی دارد.

اکنون باید تجهیزات واقعی KNX را وارد پروژه کنیم برای این کار، فایل محصول هر یک از تجهیزات را از وب‌سایت شرکت سازنده دریافت و در پایگاه داده نرم‌افزار ETS وارد کرده‌ایم، در فضای مناسب ساختمان قرار می‌دهیم.

ابتدا در بخش Buildings، قسمت هال (Hallway) را انتخاب کنید. سپس در قسمت Devices روی گزینه Add (+) کلیک کنید تا پنجره کاتالوگ محصولات باز شود.

با توجه به پروژه و تجهیزات مورد نیاز در آن، لازم است اطلاعات مربوط به تجهیزات واقعی (برند و نوع) را در نرم‌افزار ETS وارد نمود تا بتوان تجهیزات را برنامه‌ریزی کرد. برای این کار وارد بخش کاتالوگ در نرم افزار ETS می‌شویم. برای رفتن به بخش کاتالوگ از قسمت Panels در بالا صفحه، با کلیک بر روی Catalog، پنجره مربوط به آن در پایین صفحه باز می‌شود و در قسمت چپ صفحه، اسامی شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات KNX نشان داده شده است.

با کلیک بر روی هر کدام از برندها، تمامی تجهیزات و قطعات تولیدی آنها اعم از کلیدها، عملگرها، حسگرها و ... نشان داده خواهد شد. اگر تجهیزی که به‌صورت واقعی خریداری شده در قسمت کاتالوگ نرم‌افزار وجود نداشته باشد، می‌توان با مراجعه به سایت و دانلود کاتالوگ آن، از بخش Import در بالای صفحه به نرم‌افزار اضافه نمود. در ادامه برای روشن و خاموش نمودن روشنایی هال، تجهیزات را به فضای موردنظر لیست می‌کنیم.

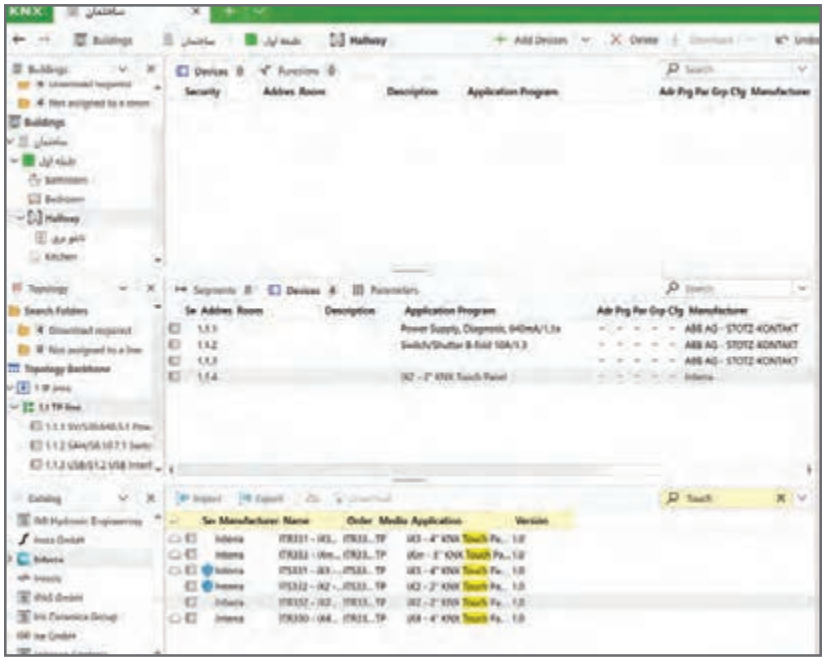
نکته

تجهیزات تابلویی مانند عملگرها، منابع تغذیه، رابط USB و... می‌بایست در تابلو برق نصب شوند بنابراین آنها را در قسمت Cabinet قرار می‌دهیم. کابینت ممکن است در هر فضایی باشد اما معمولاً در فضای هال یا راهرو در نظر گرفته می‌شود. بنابراین در هنگام طراحی فضای فیزیکی آن را لحاظ می‌نماییم.



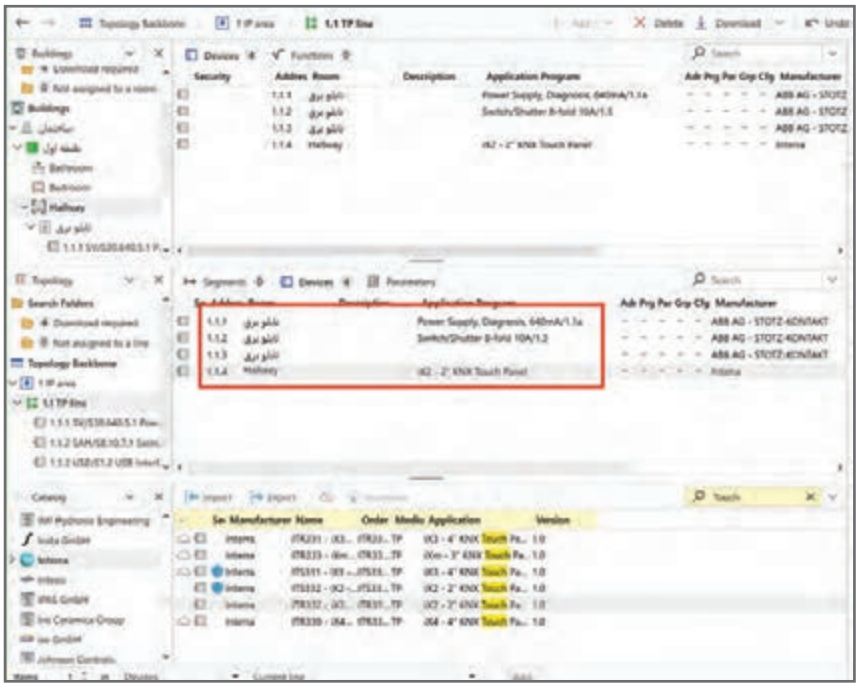
شکل ۳۴ـ ایجاد کابینت در فضای هال(پذیرایی)

با رفتن به قسمت کاتالوگ تجهیزات مختلف مانند منبع تغذیه، رابط USB، عملگر و صفحه نمایشگر لمسی را برای روشن و خاموش نمودن فضای هال انتخاب و اضافه می‌نماییم (شکل ۳۵).



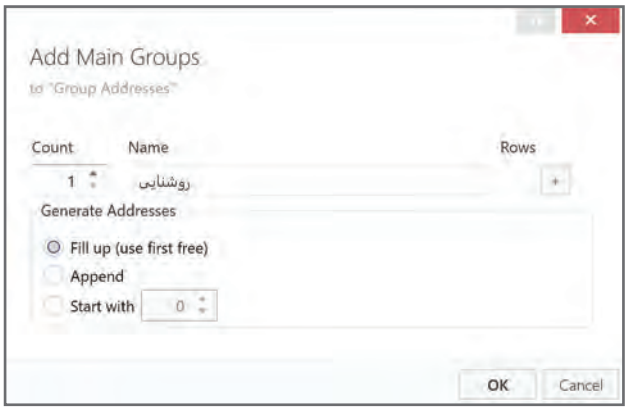
شکل ۳۵ـ اضافه نمودن تجهیزات در نرم‌افزار

همانطور که در این شکل مشخص است، هر تجهیز یک آدرس از نرم‌افزار دریافت نمود. حال می‌بایست تجهیزات را به فضاهای موردنظر انتقال داد. بدین منظور تجهیزات تابلویی به تابلو برق و پنل لمسی به هال منتقل می‌شود. با انتخاب تجهیزات تابلویی آنها را کشیده و در داخل تابلو برق رها می‌کنیم. صفحه لمسی را نیز در فضای هال رها می‌کنیم. در شکل ۳۶ فضای هر تجهیز مشخص شده است.



شکل ۳۶ـ انتقال تجهیزات به فضای موردنظر

ایجاد آدرس گروهی: برای آدرس‌دهی قطعات، از قسمت Panels، گزینه Group Addresses را باز می‌کنیم. سپس روی گزینه Add Main Address کلیک نموده و اسم عملکرد کلی را انتخاب می‌کنیم. به عنوان مثال قرار است روشنایی را کنترل نماییم. (شکل ۳۷).



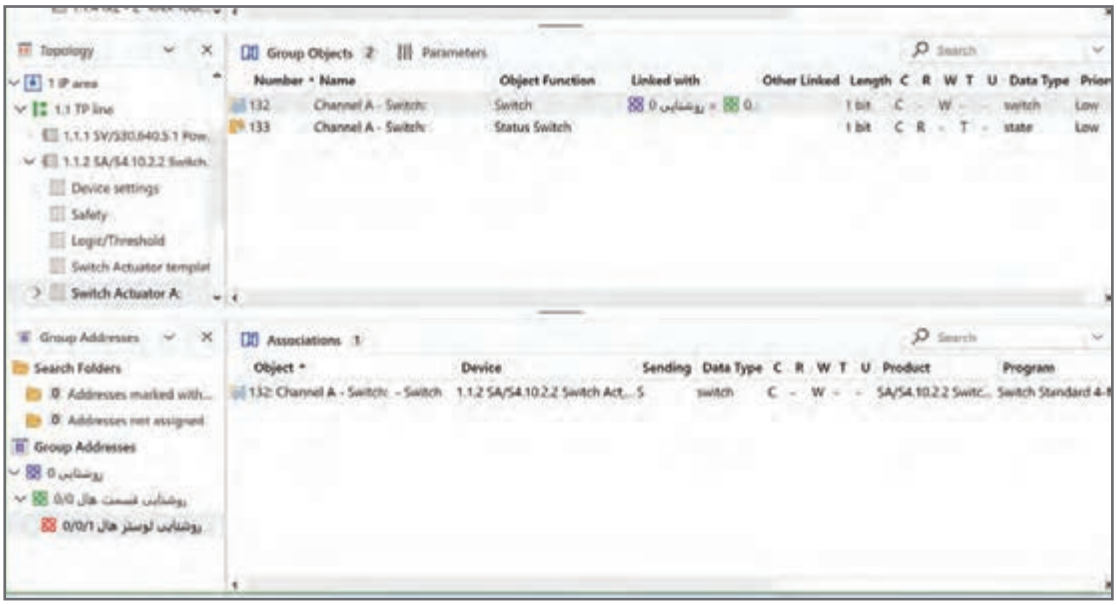
شکل ۳۷ـ ایجاد آدرس اصلی

سپس با کلیک بر روی آدرس اصلی، آدرس میانی را تعریف می‌کنیم، به‌عنوان مثال روشنایی قسمت هال و در نهایت با انتخاب Add group Address قسمت سوم آدرس را تعیین می‌کنیم. به‌عنوان مثال، روشنایی لوستر هال. در شکل ۳۸ آدرس‌دهی گروهی نشان داده شده است.



شکل ۳۸ـ آدرس دهی گروهی

برای عملکرد صحیح عملگر، می‌بایست گروه آدرس به کانال خروجی عملگر ارتباط داده شود. بدین منظور بر روی عملگر کلیک نموده و کانال مدنظر (مثلاً کانال ۱ یا A) را انتخاب کرده و کشیده و در قسمت آدرس روشنایی لوستر هال رها می‌کنیم. (شکل ۳۹).



شکل ۳۹ـ ارتباط بین عملگر و روشنایی لوستر هال

برای صفحه نمایش لمسی نیز این کار را تکرار می‌کنیم.
بعد از پارامتر دهی، در این مرحله، برنامه نوشته بر روی پروژه واقعی و فیزیکی دانلود می‌شود.
از منوی باس، باید رابط USB را شناسایی نمود. روی تجهیز موردنظر کلیک کرده و دانلود را انجام می‌دهیم.

کار عملی

هدف: ایجاد ساختار فیزیکی یک واحد مسکونی در نرم‌افزار ETS 6
ابزار، مواد و تجهیزات: رایانه دارای نرم افزار ETS، دفتر گزارش کار
شرح کار: در شکل ۴۰ پلان یک واحد مسکونی که قرار است هوشمندسازی شود نشان داده شده است. این فضاها را در نرم افزار ETS وارد نمایید. تابلو برق را در آشپرخانه قرار دهید.



شکل ۴۰ـ پلان معماری کار عملی

پس از ایجاد و انجام پروژه آن را ذخیره نمایید.

کار عملی

هدف: برنامه‌ریزی روشنایی و پرده برقی یک واحد مسکونی در ETS 6
ابزار، مواد و تجهیزات: رایانه دارای نرم‌افزار ETS، دفتر گزارش کار
شرح کار: در کار عملی قبل، ساختار فیزیکی یک واحد مسکونی شامل هال، آشپزخانه، اتاق خواب، توالت و تابلوی برق در نرم‌افزار ETS ایجاد شد.
اکنون باید تجهیزات KNX را به پروژه اضافه کرده و عملکردهای زیر را اجرا کنید:
ـ چراغ اصلی هال روشن و خاموش شود.
ـ چراغ آشپزخانه روشن و خاموش شود.
ـ چراغ اصلی اتاق خواب روشن و خاموش شود.
ـ چراغ توالت روشن و خاموش شود.
ـ یک چراغ شب‌خواب در اتاق خواب به‌صورت مستقل روشن و خاموش شود.
ـ پرده برقی هال باز، بسته و متوقف شود.
نکته
برای سازگاری پروژه آموزشی با محدودیت پنج تجهیز، می‌توان چهار کلید هوشمند و یک عملگر ترکیبی را به پروژه ETS اضافه کرد. رابط USB از بخش Connections انتخاب می‌شود و لازم نیست به‌عنوان یکی از تجهیزات اصلی ساختمان در پروژه قرار گیرد.

جدول ۸ـ عملکرد تجهیزات

محل	وسیله تحت کنترل	فرمان موردنیاز	کلید کنترل‌کننده
هال	چراغ اصلی	روشن و خاموش	دکمه اول کلید هال
آشپزخانه	چراغ آشپزخانه	روشن و خاموش	دکمه اول کلید آشپزخانه
اتاق خواب	چراغ اصلی	روشن و خاموش	دکمه اول کلید اتاق خواب
اتاق خواب	چراغ شب‌خواب	روشن و خاموش	دکمه دوم کلید اتاق خواب
توالت	چراغ توالت	روشن و خاموش	دکمه اول کلید توالت
هال	پرده برقی	بازکردن	دکمه دوم کلید هال
هال	پرده برقی	بستن	دکمه سوم کلید هال
هال	پرده برقی	توقف	دکمه چهارم کلید هال

موارد زیر را در نرم‌افزار انجام دهید.

ـ ساختار فیزیکی پروژه قبلی را باز کرده و تجهیزات را در محل مناسب قرار دهید.

ـ آدرس فیزیکی هر تجهیز را تعیین کنید.

ـ جدول کانال‌های عملگر را کامل کنید.

ـ آدرس‌های گروهی روشنایی و پرده را ایجاد کنید.

ـ اشیای ارتباطی کلیدها و عملگر را به آدرس‌های گروهی متصل کنید.

ـ برنامه را روی تجهیزات بارگذاری کنید.

ـ عملکرد پنج چراغ و پرده هال را آزمایش کنید.

ـ از بخش Buildings و Group Addresses تصویر تهیه کنید.

ـ نتیجه آزمایش و خطاهای مشاهده‌شده را در دفتر گزارش کار بنویسید.

نرم‌افزار شبیه ساز (KNX Virtual)

KNX Virtual یک شبیه‌ساز رایانه‌ای است که عملکرد یک سامانه واقعی KNX را بدون نیاز به تجهیزات فیزیکی نمایش می‌دهد. در این نرم‌افزار می‌توان با استفاده از ETS، تجهیزات مجازی را برنامه‌ریزی کرد و عملکردهایی مانند روشنایی، پرده، دیمر و سناریوها را آزمایش نمود. این ابزار محیطی ایمن و کم‌هزینه برای آموزش، تمرین و آشنایی هنرجویان با راه‌اندازی سیستم‌های KNX فراهم می‌کند.

برای دانلود این نرم افزار وارد سایت KNX شده و با نام کاربری ایجاد شده، نرم‌افزار KNX Virtual را دانلود می‌کنیم. پس از دانلود برنامه، آن را از حالت فشرده خارج نموده و نرم افزار را اجرا می‌نماییم. این نرم افزار به‌صورت پرتابل (بدون نیاز به نصب) می‌باشد.

با اجرای نرم‌افزار صفحات مختلف و تجهیزات گوناگون نشان داده شده است (شکل ۴۱).

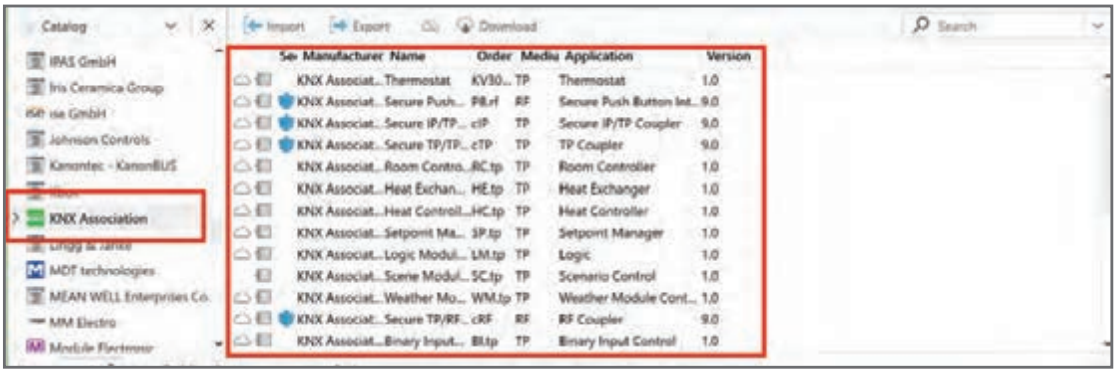


شکل ۴۱ـ صفحه اصلی نرم افزار KNX Virtual

با یک مثال روشنایی آموزش این نرم‌افزار را دنبال می کنیم. فرض کنید بخواهیم روشنایی یک اتاق را کنترل نماییم.
ابتدا مطابق آموخته‌های قبلی در نرم‌افزار ETS، فضاهای موردنظر را ایجاد می کنیم، سپس تجهیزات موردنیاز برای روشنایی را اضافه می کنیم.

نکته مهم

جهت شبیه‌سازی در این نرم‌افزار تجهیزات هیچ کدام از شرکت‌ها قابل استفاده نبوده بلکه می‌بایست تجهیزاتی را که انجمن KNX Association معرفی نموده انتخاب و اضافه نماییم.



شکل ۴۲ـ اضافه کردن تجهیزات از قسمت کاتالوگ

برای کنترل روشنایی یک فضا، با جست‌وجوی D4 (شستی) و D7 (سوئیچ) را اضافه می‌کنیم. در قسمت Help نرم‌افزار KV (شبیه‌ساز KNX) علائم اختصاری هر تجهیز در یک جدول مطابق شکل ۴۳ نشان داده شده است.

ID	OrderNr	Description	DevType	Supported ProgVersion(s)	Segment
D0	DA.tp	Dimming Actuator	$2500	v1.0	S2
D1	PB.tp	Push Button Interface (AES)	$2501	v9.0	S3
D2	BS.tp	Blinds/Shutter Actuator	$2502	v1.0	S2
D3	BO.tp	Binary Output (AES)	$2503	v9.0	S3
D4	KX.tp	KNX	$2504	v1.0	S2
D5	cTP	TP/TP Coupler (AES)	$2505	v9.0	S3
D6	VA.tp	Valve Actuator	$2506	v1.0	S3
D7	SA.tp	Switching Actuator	$2507	v1.0	S2
D8	AM.tp	Alarm Module	$2508	v1.0	S3
D10	MP.tp	Movement/Presence Detector	$2510	v1.0	S3
D11	BI.tp	Binary Input Module	$2511	v1.0	S3
D12	WM.tp	Weather Module	$2512	v1.0	S3
D13	SC.tp	Scenario Controller	$2513	v1.0	S2
D14	LM.tp	Logic Module	$2514	v1.0	S2
D15	SP.tp	Setpoint Manager	$2515	v1.0	S3
D16	HC.tp	Heat Controller	$2516	v1.0	S3
D17	HE.tp	Heat Exchanger	$2517	v1.0	S3
D18	cRF	TP/RF Coupler (AES)	$2518	v9.0	S4
D19	cIP	IP/TP Coupler (AES)	$2519	v9.0	S2
D21	RC.tp	Room Controller	$2521	v1.0	S3
D22	RC.tp	Room Controller	$2521	v1.0	S3
D23	RC.tp	Room Controller	$2521	v1.0	S3
D24	RC.tp	Room Controller	$2521	v1.0	S3
D25	BO.ip	Binary Output (AES)	$2525	v9.0	S1
D26	PB.if	Push Button Interface (AES)	$2526	v9.0	S4

شکل ۴۳ــ علائم اختصاری تجهیزات شبیه‌ساز

پس از اضافه نمودن این دو تجهیز، می‌بایست آدرس دهی گروهی را مانند قبل انجام دهیم. آدرس اصلی، میانی و انتهایی را مشابه قبل انجام می‌دهیم. پارامتردهی تجهیزات نیز انجام می‌شود. با ورود به داخل هر تجهیز، کانال موردنظر انتخاب و نوع عملکرد هر کانال مشخص می‌شود.
پس از تنظیم پارامترها، کانال های مدنظر را به قسمت موردنظر (روشنایی لوستر هال) متصل می‌کنیم.



شکل ۴۴ــ تنظیم کانال تجهیزات و فضای روشنایی موردنظر

پس از آدرس‌دهی، نوبت به دانلود تجهیزات می‌رسد. برای این کار می‌بایست نرم‌افزار KV در حال اجرا باشد. همچنین اگر قبلاً این نرم‌افزار استفاده شده و تجهیزات فعال است، می‌بایست آنها را از ذخیره نرم‌افزار KV پاک نمود. برای این کار در قسمت Installation و بخش Device EX-factory تجهیزاتی که برنامه‌ریزی شده بودند را انتخاب نموده و پاک می‌نماییم، نرم‌افزار بسته شده و مجدداً اجرا خواهد شد.



شکل ۴۵ــ نحوه دانلود تجهیزات بر روی شبیه‌ساز

با دانلود تک تک تجهیزات، مطابق شکل ۴۵ درخواست کلیک بر روی تجهیز در نرم‌فزار KV دارد. بنابراین در نرم‌افزار KV و در قسمت configuration تجهیز موردنظر را کلیک کرده تا عملیات دانلود انجام شود. پس از پایان دانلود، وارد نرم‌افزار شده و ملاحظه می‌شود با فشردن دکمه ۱ در بخش D4، لامپ ch1 در بخش D7 روشن می‌شود.



شکل ۴۶ـ روشن و خاموش شدن کانال مربوط به عملگر

کار عملی

هدف: کنترل پرده برقی با نرم‌افزار ETS 6 و KNX Virtual

ابزار، مواد و تجهیزات مورد نیاز: رایانه دارای نرم افزار ET6 و KNX Virtual

شرح کار:

در هال یک واحد مسکونی، پرده برقی نصب شده است. کاربر می‌خواهد با استفاده از یک کلید هوشمند بتواند:

ـ پرده را باز کند.
ـ پرده را ببندد.
ـ پرده را هنگام حرکت متوقف کند.

در این فعالیت، پرده برقی با یک Shutter مجازی در KNX Virtual شبیه‌سازی می‌شود. فرمان‌های بازشدن، بسته‌شدن و توقف آن از طریق ETS تعریف خواهند شد.

خودآزمایی

۱ نسخه‌های ETS 6 Home، Lite، Professional و Demo را از نظر تعداد تجهیزات، نوع پروژه و کاربرد مقایسه کنید. برای آموزش مقدماتی در هنرستان کدام نسخه مناسب‌تر است و چرا؟

۲ برای ایجاد پروژه یک واحد مسکونی در ETS 6، مراحل کار را از انتخاب New Project تا تشکیل ساختار زیر به‌ترتیب توضیح دهید:

Building → Floor → Room → Device

همچنین مشخص کنید تجهیزات تابلویی و کلید هوشمند هرکدام باید در کدام بخش قرار گیرند.

۳ تفاوت روش‌های آدرس‌دهی گروهی Two Level و Three Level را توضیح دهید. سپس برای کنترل چراغ اصلی هال، یک آدرس سه‌سطحی مناسب پیشنهاد کرده و مفهوم هر قسمت آن را بنویسید.

۴ فرض کنید فایل محصول یک کلید هوشمند در کاتالوگ ETS موجود نیست. مراحل دریافت، واردکردن و افزودن آن به پروژه را توضیح دهید. چرا فایل محصول باید دقیقاً با برند، مدل و کد فنی تجهیز واقعی مطابقت داشته باشد؟

ارزشیابی شایستگی بارگذاری سناریو روی سامانه

نام و نام خانوادگی:		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۴۱۱۱۲	حرفه	برقکاران	کدپیمانه/پودمان	۷۴۱۱۱۲۰۳۴
کد وظیفه شغل	۷۴۱۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان های هوشمند	سطح صلاحیت	L۲
کد کار	۷۴۱۱۱۲۰۳۴۲	کار	بارگذاری سناریو روی سامانه	سطح شایستگی	مهارت
استاندارد عملکرد کار: توانایی بارگذاری سناریو خانه هوشمند روی سامانه					

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد(شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	جانمایی قطعات خانه هوشمند	رایانه، نرم‌افزار ETS ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	جانمایی بهینه قطعات خانه هوشمند	۳	
				جانمایی قطعات خانه هوشمند	۲	
				تعریف صرف قطعات	۱	
۲	ارتباطات قطعات در نرم افزار	رایانه، نرم‌افزار ETS ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	پیشنهاد ارتباطات جدید	۳	
				ارتباطات قطعات در نرم‌افزار	۲	
				جانمایی قطعات	۱	
۳	تست عملکرد خروجی نرم افزار	رایانه، نرم‌افزار ETS ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	طرح خروجی های جدید	۳	
				تست عملکرد خروجی نرم‌افزار	۲	
				بررسی ارتباط قطعات	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:		استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نظم و نظافت محیط کار، استفاده صحیح از ابزار و تجهیزات، مدیریت پسماندها و ضایعات، همکاری با دیگران، مسئولیت‌پذیری و رعایت اخلاق حرفه‌ای در طول انجام فعالیت‌ها	مشاهده مستقیم، چک‌لیست رفتاری، ثبت عملکرد، پرسش شفاهی، ارزیابی مستمر در حین کار	رعایت نسبی اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، با خطاهای جزئی در حین انجام کار.	۲	
				عدم رعایت اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، یا بروز خطاهای جدی در نگرش و رفتار کاری.	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ارتباطات قطعات در نرم‌افزار و تست عملکرد خروجی نرم‌افزار (مراحل بحرانی)

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

* مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سر و کار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

* تسلط(سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

پودمان پنجم

راه‌اندازی خانه هوشمند



واحد یادگیری ۱ : نصب تجهیزات

آیا می‌دانید

۱ در سیستم هوشمند، کابل باس می‌تواند هم‌زمان انرژی موردنیاز تجهیزات شبکه و پیام‌های کنترلی را انتقال دهد؟

۲ کلید هوشمند معمولاً برق چراغ را مستقیماً قطع و وصل نمی‌کند، بلکه فرمان را از طریق شبکه برای عملگر ارسال می‌کند؟

۳ تجهیزات هوشمند را می‌توان به‌صورت خطی، ستاره‌ای، درختی یا ترکیبی از این روش‌ها متصل کرد؛ اما ایجاد حلقه بسته در کابل باس مجاز نیست؟

۴ حسگرهای هوشمند تنها شرایط محیط را تشخیص می‌دهند و برای اجرای فرمان‌هایی مانند بستن شیر گاز، خاموش‌کردن چراغ یا کنترل فن به عملگر نیاز دارند؟

۵ با استفاده از ورودی باینری یا رابط یونیورسال می‌توان بعضی کلیدها، شستی‌ها و حسگرهای معمولی را به شبکه هوشمند متصل کرد؟

استاندارد عملکرد

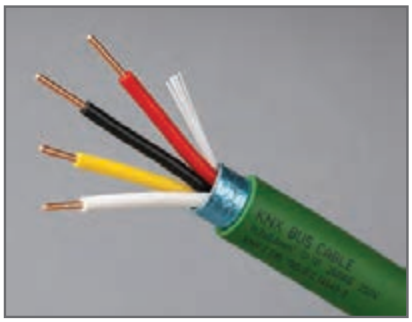
هنرجو پس از پایان این واحد یادگیری می‌تواند با رعایت اصول ایمنی، تجهیزات KNX را شناسایی، نصب و سیم‌کشی کند؛ ارتباطات آنها را در ETS تعریف و برنامه را بارگذاری نماید؛ سپس عملکرد روشنایی، دیمر، پرده، کنترل دما و سناریوهای هوشمند را آزمایش و گزارش کند.

مقدمه

نصب تجهیزات هوشمند، یکی از مهم‌ترین مراحل اجرای ساختمان هوشمند است و دقت در این مرحله، تأثیر مستقیمی بر عملکرد صحیح سیستم دارد. در این واحد یادگیری ابتدا نصب تجهیزات سیمی بررسی می‌شود، زیرا این روش پایه و ساختار اصلی بسیاری از پروژه‌های حرفه‌ای ساختمان هوشمند را تشکیل می‌دهد. در سیستم‌های سیمی، تجهیزات از طریق کابل ارتباطی و تابلوی مرکزی با یکدیگر ارتباط دارند و پس از نصب صحیح، مرحله برنامه‌ریزی و تنظیمات انجام می‌شود. شناخت اصول کابل‌کشی، نصب تابلو، اتصال تجهیزات ورودی و خروجی و آزمایش عملکرد سیستم، مهارت‌های اصلی یک تکنسین خانه هوشمند هستند.
در پودمان قبل با برخی از تجهیزات اساسی خانه هوشمند مانند ماژول عملگر رله، ماژول رابط رایانه‌ای و ماژول منبع تغذیه آشنا شدیم. در این بخش، با نحوه نصب و اجرای تجهیزات هوشمند، آشنا می‌شویم.

کابل و اتصالات در خانه هوشمند با ارتباط سیمی

در سیستم‌های هوشمند سیمی، کابل ارتباطی نقش مهمی‌در انتقال اطلاعات و فرمان‌ها بین تجهیزات دارد. برخلاف سیم‌کشی سنتی که بیشتر برای انتقال توان الکتریکی استفاده می‌شود، در سیستم هوشمند کابل ارتباطی وظیفه انتقال داده و ایجاد ارتباط بین تجهیزات را بر عهده دارد.
در پروژه‌های مختلف، نوع کابل مورد استفاده به پروتکل ارتباطی سیستم بستگی دارد.
در سیستم KNX، از کابل مخصوصی به‌نام کابل باس KNX استفاده می‌شود. باس مسیر ارتباطی مشترکی است که تجهیزات هوشمند از طریق آن اطلاعات و فرمان‌ها را با یکدیگر رد و بدل می‌کنند. به زبان ساده، باس مانند یک راه مشترک برای گفت‌وگوی تجهیزات است تا کلیدها، حسگرها و ماژول‌ها بتوانند با هم ارتباط داشته باشند.



شکل ۱ــ کابل باس KNX

کابل KNX معمولاً دارای دو زوج سیم به هم تابیده است:

- یک زوج برای انتقال اطلاعات و تغذیه تجهیزات شبکه استفاده می‌شود.
- زوج دوم معمولاً به‌عنوان رزرو یا برای کاربردهای جانبی در نظر گرفته می‌شود.

مشخصات رایج کابل KNX:

- نوع: زوج تابیده (Twisted Pair)
- تعداد رشته: ۴ رشته (۲ زوج)
- رنگ‌بندی معمول: قرمز (مثبت باس)، مشکی (منفی باس)، زرد (مثبت رزرو) و سفید (منفی رزرو)
- ولتاژ کاری باس: حدود ۳۰ ولت DC


شکل ۲ــ کانکتور کابل KNX

کانکتور قرمز و مشکی یکی از اجزای اتصال در سیستم KNX است که برای اتصال کابل باس به تجهیزات هوشمند استفاده می‌شود. این کانکتور معمولاً روی تجهیزاتی مانند کلید هوشمند، ماژول‌های ورودی، حسگرها و برخی عملگرها وجود دارد.

ساختار اتصال تجهیزات در شبکه KNX

تجهیزات KNX می‌توانند به روش‌های مختلف به باس متصل شوند:

- خطی (Line)
- ستاره‌ای (Star)
- درختی (Tree)

نکته

اتصال تجهیزات به‌صورت حلقه بسته مجاز نیست و ابتدا و انتهای شبکه نباید به یکدیگر متصل شوند.



شکل ۳ـ توپولوژی شبکه

تجهیزات مورد استفاده در خانه هوشمند

کلید هوشمند (Smart Switch)

کلید هوشمند در پودمان قبل به‌طور اجمالی معرفی گردید، کلید لمسی هوشمند در حقیقت یکی از مهم‌ترین تجهیزات ورودی در ساختمان هوشمند است که برای دریافت فرمان کاربر و ارسال آن به سیستم کنترل

استفاده می‌شود. این کلیدها برخلاف کلیدهای سنتی، فقط وظیفه قطع و وصل مستقیم مدار روشنایی را ندارند؛ بلکه می‌توانند فرمان‌های مختلفی را برای تجهیزات هوشمند ارسال کنند.
در این نوع کلیدها، با لمس صفحه کلید، یک پیام کنترلی به سیستم ارسال می‌شود و تجهیزات مربوطه براساس برنامه‌ریزی انجام‌شده واکنش نشان می‌دهند.



شکل ۴ـ کلیدهای لمسی هوشمند

کاربردها:

- روشن و خاموش کردن چراغ‌ها
- اجرای سناریوها
- کنترل پرده‌ها
- ارسال فرمان‌های گروهی

به‌عنوان مثال، با فشردن کلید خروج، چراغ‌های غیرضروری خاموش و سیستم امنیتی فعال می‌شود.

نکته

در سیستم‌های هوشمند، کلید لمسی معمولاً یک تجهیز ورودی است، یعنی فرمان را تولید می‌کند، اما لزوماً توان مصرف‌کننده (مانند چراغ) را مستقیماً قطع و وصل نمی‌کند. اجرای فرمان معمولاً توسط تجهیزات خروجی مانند ماژول رله یا دیمر انجام می‌شود.

صفحه لمسی (Touch Panel)

صفحه لمسی یا تاچ پنل یکی از تجهیزات رابط کاربری در خانه هوشمند است که امکان کنترل و مدیریت تجهیزات ساختمان را از طریق یک صفحه نمایش فراهم می‌کند. کاربر می‌تواند با لمس گزینه‌های موجود روی صفحه، تجهیزاتی مانند روشنایی، پرده برقی، سیستم سرمایش و گرمایش و سناریوهای مختلف را کنترل کند.
تاچ پنل علاوه بر ارسال فرمان به تجهیزات، در مدل‌های پیشرفته می‌تواند وضعیت تجهیزات ساختمان را نمایش داده و نقش رابط مرکزی بین کاربر و سیستم هوشمند را ایفا کند.
در سیستم‌های KNX، تاچ پنل از طریق شبکه ارتباطی به تجهیزات متصل شده و فرمان‌ها را به عملگرها ارسال می‌کند.



شکل ۵ـ ارتباط بین تاچ پنل و تجهیزات

هدف: روشن و خاموش کردن یک چراغ توسط کلید لمسی هوشمند و ماژول فعال‌ساز رله

مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه KNX، ماژول فعال‌ساز رله، کلید لمسی هوشمند، ماژول رابط USB، کابل باس KNX، کابل برق، رایانه دارای نرم‌افزار ETS، لامپ و سرپیچ

مراحل کار

۱ نصب تجهیزات روی تابلو

ابتدا با توجه به شکل ۶، تجهیزات را روی تابلو نصب نمایید.

تجهیزات داخل تابلو مانند:

ـ منبع تغذیه

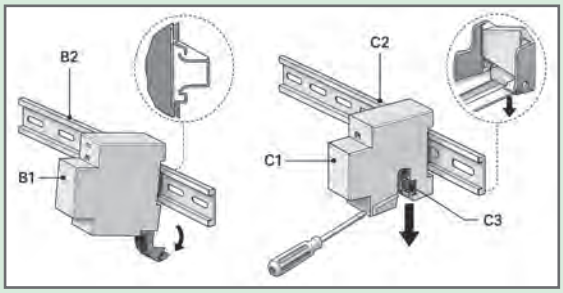
ـ ماژول فعال‌ساز رله

ـ رابط USB

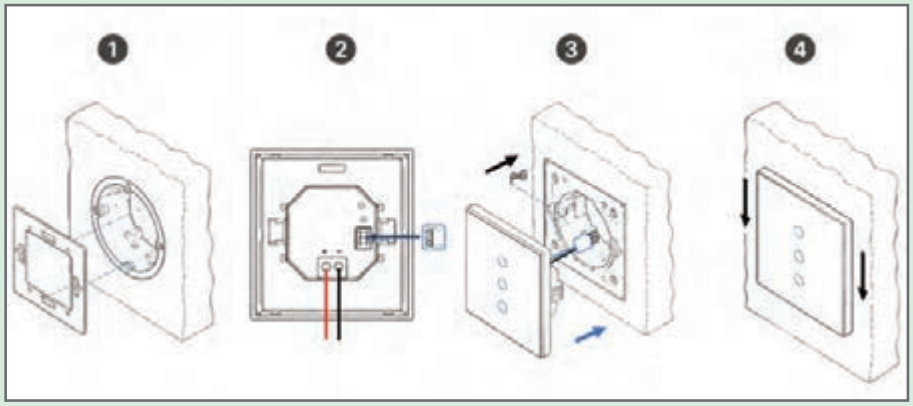
بر روی ریل استاندارد DIN Rail نصب می‌شوند.

کلید لمسی هوشمند نیز در محل مورد نظر روی دیوار نصب می‌شود.

برای نصب صحیح هر تجهیز، باید به نقشه اتصال و کاتالوگ سازنده مراجعه شود.



شکل ۶ـ نصب تجهیزات روی ریل



شکل ۷ـ نصب کلید هوشمند در قوطی

۲ کابل‌کشی شبکه KNX

کابل باس KNX بین تجهیزات هوشمند عبور داده می‌شود.

در اجرای واقعی ساختمان، کابل باس می‌تواند به روش‌های مختلف بین تجهیزات قرار گیرد، اما باید توجه داشت:

ـ اتصال تجهیزات به‌صورت حلقه بسته انجام نشود.

ـ ابتدا و انتهای شبکه نباید به یکدیگر متصل شوند.

ـ مسیر کابل‌کشی باید مطابق نقشه اجرایی باشد.



شکل ۸ـ اتصال کابل KNX

۳ اتصال مدار قدرت روشنایی

برای اتصال برق قدرت، مراحل زیر انجام شود:

ـ برق ورودی ۲۲۰ ولت شامل فاز و نول به منبع تغذیه متصل می‌شود.

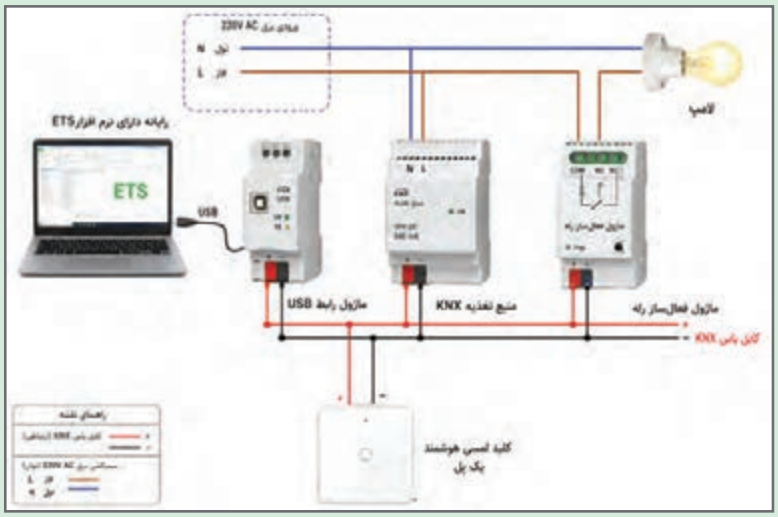
ـ سیم فاز به ورودی یکی از کانال‌های رله فعال‌ساز متصل می‌شود.

ـ خروجی رله به لامپ متصل می‌شود.

ـ سیم نول به‌صورت مستقیم به سرپیچ لامپ متصل می‌شود.

تذکر

در مدارهای روشنایی، معمولاً نول مستقیماً به مصرف‌کننده متصل می‌شود و به کنتاکت رله وارد نمی‌شود.



شکل ۹ـ اتصال کلید هوشمند لمسی به عملگر برای کنترل یک لامپ

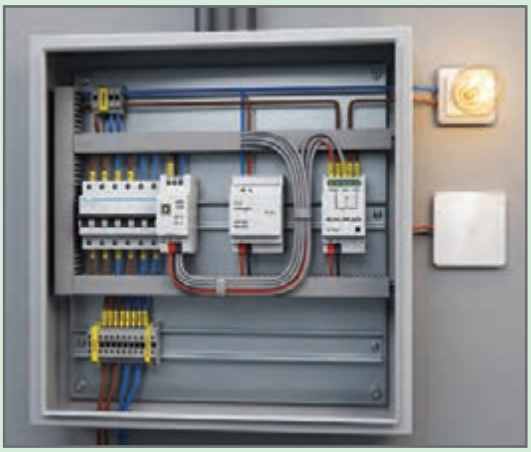
۴ برنامه‌نویسی

در پودمان قبل با نرم‌افزار ETS و نحوه برنامه‌ریزی تجهیزات سیستم KNX آشنا شدید. در این فعالیت، برنامه مربوط به ارتباط بین کلید لمسی هوشمند و ماژول فعال‌ساز رله از قبل در نرم‌افزار ایجاد شده است.

۵ انتقال برنامه از رایانه به سخت‌افزار

اکنون با استفاده از تنظیمات انجام‌شده، مراحل نصب، سیم‌کشی و آزمایش عملکرد مدار را انجام دهید و صحت اجرای فرمان روشن و خاموش شدن چراغ را بررسی کنید.

در حضور مربی کارگاه، صحت اجرای فرمان روشن و خاموش شدن چراغ را بررسی کنید.



شکل ۱۰ـ اتصال تجهیزات کار عملی

سؤال

۱ تفاوت این مدار با مدار روشنایی تک‌پل سنتی که در سال گذشته اجرا کرده‌اید چیست؟

۲ وظیفه کابل باس KNX در این مدار چیست؟

حسگر

حسگر (سنسور[۱]) یکی از تجهیزات ورودی در سیستم خانه هوشمند است که وظیفه دریافت اطلاعات از محیط اطراف و ارسال آن به سیستم کنترل را بر عهده دارد. حسگرها تغییرات فیزیکی مانند حرکت، دما، نور، رطوبت یا شرایط غیرعادی محیط را تشخیص داده و آنها را به پیام قابل پردازش برای سیستم هوشمند تبدیل می‌کنند.

به زبان ساده، حسگر مانند چشم و گوش ساختمان هوشمند عمل می‌کند؛ یعنی شرایط محیط را بررسی کرده و اطلاعات لازم را برای تصمیم‌گیری سیستم فراهم می‌سازد.

در یک سیستم هوشمند، حسگر معمولاً به‌تنهایی فرمان نهایی را اجرا نمی‌کند، بلکه اطلاعات را به کنترل‌کننده یا ماژول عملگر ارسال می‌کند تا تجهیزات خروجی مانند چراغ‌ها، پرده‌ها یا سیستم سرمایش و گرمایش واکنش نشان دهند. در شکل ۱۱ ارتباط حسگر با سایر تجهیزات نشان داده شده است.



شکل ۱۱ــ ارتباط حسگر با سایر تجهیزات

نکته

عملکرد صحیح حسگر به محل نصب آن وابسته است. حسگر دما نباید نزدیک منبع گرما یا سرما قرار گیرد. حسگر نور باید در محلی نصب شود که میزان واقعی روشنایی محیط را اندازه‌گیری کند.



شکل ۱۲ــ تأثیر محل نصب بر عملکرد حسگرها

۱ـ sensor

فعالیت

یک سناریو طراحی کنید که با تشخیص حرکت توسط حسگر، چراغ راهرو روشن شود و پس از ۳۰ ثانیه خاموش گردد. تجهیزات مورد نیاز و مسیر ارتباط را مشخص کنید.

حسگرها را می‌توان از نوع نقشی که در ساختمان ایفا می‌کنند تقسیم‌بندی نمود:

۱ حسگرهای مدیریت انرژی (برای کاهش مصرف انرژی و بهینه‌سازی عملکرد تجهیزات)

۲ حسگرهای ایمنی و حفاظت ساختمان (برای تشخیص خطرات مانند نشت گاز، دود و آب)

۳ حسگرهای امنیتی و حفاظتی (برای جلوگیری از ورود غیرمجاز و افزایش امنیت)



شکل ۱۳ـ دسته‌بندی حسگرها

تحقیق کنید

۱ تفاوت‌های سه حسگر معمولی حرکت (روشنایی)، حسگر حرکت امنیتی (دزدگیر) و حسگر حضور چیست؟

۲ قابلیت تشخیص حیوانات خانگی و شاسی تمپر (Tamper) در کدام‌یک از این حسگرها تعبیه می‌شود و چه کاربردی دارد؟

۳ مشخص کنید برای هر یک از فضاهای زیر، استفاده از کدام حسگر از نظر فنی و اقتصادی مناسب‌تر است:

الف) راه‌پله و راهروی عبوری ساختمان — حسگر .....

ب) اتاق کنفرانس و سرویس بهداشتی — حسگر .....

ج) کنج دیوار سالن اصلی یک طلافروشی — حسگر .....

حسگر نشت گاز (Gas Leakage Sensor)

حسگر نشت گاز یکی از تجهیزات ایمنی ساختمان هوشمند است که برای تشخیص وجود گازهای خطرناک در محیط استفاده می‌شود. این حسگر به‌صورت پیوسته هوای محیط را بررسی کرده و در صورت افزایش غلظت گاز از مقدار مجاز، یک پیام هشدار به سیستم هوشمند ارسال می‌کند.

در ساختمان‌هایی که از گاز شهری، گاز مایع یا سایر گازهای قابل اشتعال استفاده می‌شود، نشت گاز می‌تواند باعث ایجاد خطراتی مانند آتش‌سوزی یا انفجار شود. استفاده از حسگر نشت گاز باعث می‌شود سیستم قبل از وقوع حادثه، شرایط خطر را تشخیص داده و واکنش مناسب را انجام دهد.



شکل ۱۴ــ حسگر نشت گاز

نکته

حسگر نشت گاز به تنهایی خطر را برطرف نمی‌کند؛ بلکه با ارسال اطلاعات به سیستم هوشمند، باعث می‌شود تجهیزات دیگر مانند شیر برقی یا سیستم هشدار، اقدام لازم را انجام دهند.



شکل ۱۵ــ شیربرقی گازی

برای قطع خودکار گاز در سیستم ساختمان هوشمند، تجهیز اصلی شیر برقی گاز است. این تجهیز با دریافت فرمان از سیستم هوشمند، مسیر عبور گاز را باز یا بسته می‌کند. چون حسگر نشت گاز فقط پیام ارسال می‌کند، برای قطع برق شیر برقی یا ارسال فرمان به آن معمولاً از یک عملگر استفاده می‌شود.

مسیر عملکرد حسگر گاز در شکل ۱۶ نشان داده شده است.



شکل ۱۶ــ مسیر عملکردی حسگر گاز

تحقیق کنید

در یک پروژه هوشمندسازی ساختمان، کارفرما برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها قصد دارد به‌جای سنسور هوشمند، از دتکتور گاز معمولی (اعلام حریق) استفاده کند؛ آیا این کار امکان‌پذیر است؟ نحوه اتصال آن به شبکه هوشمند و محدودیت‌های این روش را تحقیق کنید.

حسگر نشت آب



شکل ۱۷ـ حسگر نشت آب

حسگر نشت آب یکی از تجهیزات ایمنی ساختمان هوشمند است که برای تشخیص حضور ناخواسته آب در محل‌هایی مانند آشپزخانه، حمام، موتورخانه، زیر سینک ظرف‌شویی و کنار تجهیزات تأسیساتی استفاده می‌شود.

این حسگر معمولاً دارای دو یا چند الکترود است که در تماس با آب، تغییر در هدایت الکتریکی را تشخیص داده و وجود نشتی را به سیستم هوشمند اعلام می‌کند.



شکل ۱۸ـ نمونه‌های مختلف شیربرقی آب

در ساختمان هوشمند، این حسگر می‌تواند به یک ماژول ورودی یا شبکه هوشمند متصل شود تا در صورت تشخیص نشتی، فرمان‌هایی مانند قطع شیر برقی آب، فعال کردن آژیر یا ارسال هشدار به تلفن همراه اجرا شود.

شیر برقی آب یک تجهیز خروجی است که با دریافت فرمان الکتریکی، مسیر عبور آب را باز یا بسته می‌کند.

این تجهیز در سیستم‌های هوشمند برای قطع آب هنگام تشخیص نشتی، کنترل آبیاری هوشمند باغ و باغچه و مدیریت مصرف آب استفاده می‌شود.

مسیر عملکردی قطع آب در شکل ۱۹ نشان داده شده است.



شکل ۱۹ـ مسیر عملکرد قطع آب هنگام نشتی

حسگر دما و کنترل هوشمند دمای محیط

در یک ساختمان هوشمند، کنترل دما معمولاً با همکاری چند تجهیز انجام می‌شود. هر تجهیز وظیفه مشخصی دارد و عملکرد صحیح سیستم به ارتباط بین آنها وابسته است.

حسگر دما وظیفه اندازه‌گیری دمای محیط را برعهده دارد. این تجهیز مانند یک حسگر اطلاعاتی، مقدار دمای اتاق را اندازه‌گیری کرده و آن را به سیستم هوشمند ارسال می‌کند. حسگر دما به‌تنهایی قادر به تنظیم دمای محیط نیست و فقط اطلاعات لازم را در اختیار سیستم قرار می‌دهد.

در برخی تجهیزات مانند **ترموستات هوشمند KNX**، حسگر دما به همراه واحد کنترل در یک تجهیز قرار گرفته است. ترموستات هوشمند علاوه بر اندازه‌گیری دما، مقدار دمای مطلوب را از کاربر دریافت کرده و با مقایسه دمای فعلی و دمای تنظیم‌شده، فرمان لازم را برای سیستم سرمایش و گرمایش ارسال می‌کند.

در سیستم‌های سنتی، کاربر معمولاً با یک ترموستات دستی دما را تنظیم می‌کند؛ اما در ساختمان هوشمند، حسگر دما می‌تواند به‌صورت خودکار شرایط محیط را بررسی کرده و باعث اجرای فرمان‌های هوشمند شود.

در شکل ۲۰ انواع حسگرهای دما نشان داده شده است.



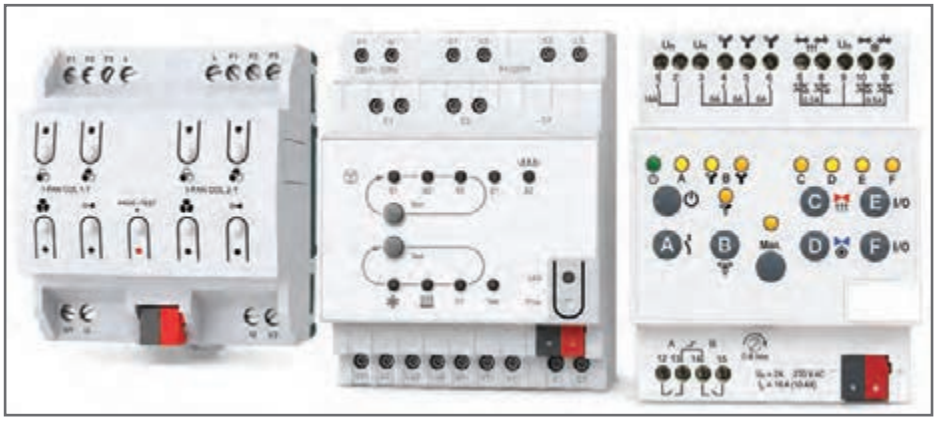
شکل ۲۰ــ انواع حسگرهای دما

برای اجرای فرمان‌های ارسالی از ماژول فن‌کوئل (Fan Coil Actuator) استفاده می‌شود. این ماژول یک تجهیز خروجی در سیستم KNX است که فرمان‌های دریافتی را اجرا کرده و عملکرد فن‌کوئل را کنترل می‌کند.

وظایف ماژول فن‌کوئل شامل موارد زیر است:

- روشن و خاموش کردن فن‌کوئل
- کنترل سرعت فن (کم، متوسط و زیاد)
- کنترل شیرهای آب سرد و گرم
- هماهنگی عملکرد سیستم سرمایش و گرمایش با دمای محیط

در شکل ۲۱ چند نمونه از عملگر سرمایش گرمایش نشان داده شده است.



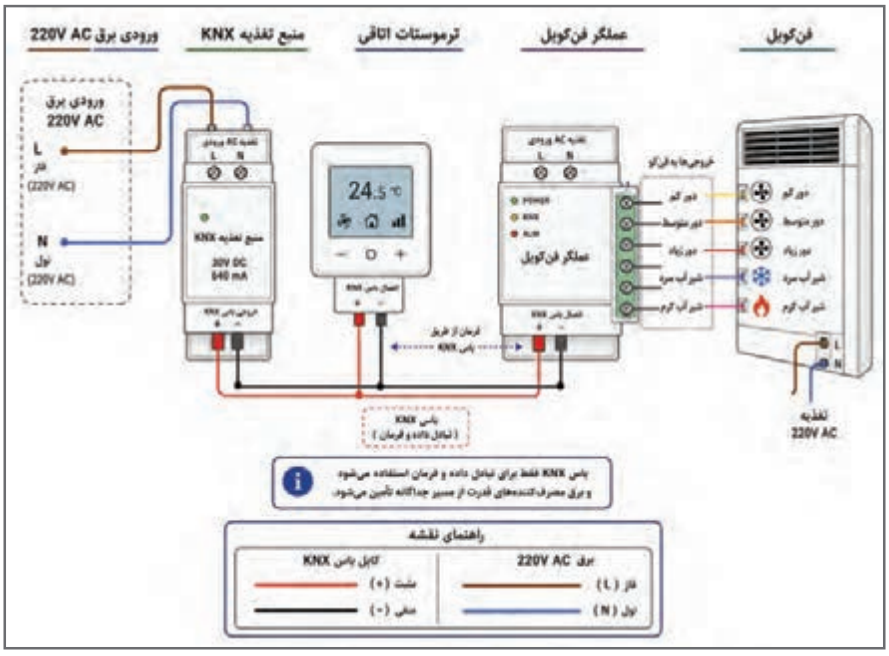
شکل ۲۱ــ چند نمونه از عملگر سرمایش گرمایش

مسیر عملکردی حسگر هوشمند به شکل زیر است.



شکل ۲۲ـ مسیر عملکردی تنظیم دما

مدار به صورت زیر است :



شکل ۲۳

حسگر شدت نور

حسگر شدت نور وسیله‌ای است که میزان روشنایی محیط را اندازه‌گیری می‌کند. مقدار روشنایی معمولاً با واحد **لوکس (Lux)** بیان می‌شود و حسگر آن را به سیستم کنترل خانه هوشمند ارسال می‌کند.

سیستم براساس مقدار دریافت‌شده تصمیم می‌گیرد تجهیزات روشنایی یا پرده‌ها چگونه عمل کنند. برای مثال، اگر نور محیط کم شود، چراغ‌ها روشن می‌شوند و اگر نور طبیعی کافی باشد، شدت نور چراغ‌ها کاهش می‌یابد یا چراغ‌ها خاموش می‌شوند.

کاربردهای حسگر شدت نور:

- روشن و خاموش‌کردن خودکار چراغ‌ها
- تنظیم شدت روشنایی چراغ‌های دیمرپذیر
- کنترل پرده و کرکره برقی
- روشن‌کردن چراغ‌های محوطه هنگام تاریک‌شدن هوا
- کاهش مصرف انرژی با استفاده بهتر از نور طبیعی

به‌عنوان مثال اگر شدت نور کلاس از مقدار تنظیم‌شده کمتر شود، حسگر این وضعیت را اعلام می‌کند و سیستم، چراغ‌های کلاس را روشن می‌نماید. با افزایش نور خورشید، چراغ‌ها کم‌نور یا خاموش می‌شوند.



شکل ۲۴ـ سنسور شدت نور

تجهیزات تابلویی مهم

در کار عملی شماره ۱، با استفاده از ماژول روشنایی، یک لامپ کنترل گردید. در ادامه چند عملگر دیگر معرفی می‌گردد:

ماژول تغییر شدت روشنایی لامپ (دیمر)

ماژول دیمر (Dimmer Module) یکی از تجهیزات عملگر در سیستم خانه هوشمند است که وظیفه کنترل شدت روشنایی لامپ‌ها را بر عهده دارد. برخلاف ماژول رله که مانند یک کلید تک‌پل معمولی فقط امکان قطع و وصل (روشن/خاموش) مدار را فراهم می‌کند، دیمر هوشمند می‌تواند توان الکتریکی خروجی را به‌صورت پیوسته تغییر دهد و نور چراغ را از صفر تا صد درصد تنظیم کند.

در یک شبکه هوشمند، وقتی کاربر از طریق کلید دیواری، تاچ‌پنل یا اپلیکیشن موبایل شدت نور را تغییر می‌دهد، یک فرمان دیجیتال (تحت پروتکل‌هایی مثل KNX، Zigbee یا Wi-Fi) به ماژول دیمر ارسال می‌شود، این ماژول میانگین ولتاژ و توان ورودی به لامپ را کنترل می‌کند.

نکته

همه لامپ‌ها قابلیت اتصال به دیمر را ندارند، نوع چراغ باید با دیمر سازگار باشد. توان مصرفی چراغ‌ها نباید از ظرفیت مجاز کانال دیمر بیشتر شود. هنگام انتخاب دیمر باید نوع بار مصرفی (LED، هالوژن و...) بررسی شود. نصب و تنظیمات باید مطابق کاتالوگ سازنده انجام شود.



شکل ۲۵ـ ماژول دیمر

ماژول کنترل پرده برقی (Blind/Shutter Actuator)

ماژول کنترل پرده یکی از عملگرها در سیستم ساختمان هوشمند است که برای کنترل موتور پرده‌های برقی، کرکره‌ها و سایه‌بان‌ها استفاده می‌شود. این ماژول فرمان‌های دریافت‌شده از کلید هوشمند، تاچ پنل یا سناریوهای تعریف‌شده را اجرا کرده و حرکت پرده را در جهت باز یا بسته شدن کنترل می‌کند.

با استفاده از این ماژول می‌توان علاوه بر باز و بسته کردن پرده، میزان بازشدگی پرده و کنترل ورود نور طبیعی به محیط را نیز مدیریت کرد. این تجهیز معمولاً در تابلوی برق و روی ریل DIN نصب می‌شود و از طریق شبکه KNX با سایر تجهیزات ارتباط دارد.



شکل ۲۶ـ نمونه هایی از ماژول کنترل پرده

ماژول کنترل پرده به موتور پرده هوشمند که وظیفه باز و بسته کردن خودکار پرده‌ها را بر عهده دارد فرمان می‌دهد. این موتورها می‌توانند حرکت پرده را در جهت باز شدن، بسته شدن و در برخی مدل‌ها تنظیم میزان بازشدگی پرده کنترل کنند.

موتورهای پرده هوشمند معمولاً به یک ریل مخصوص پرده متصل می‌شوند و با استفاده از یک موتور الکتریکی، حرکت پرده را انجام می‌دهند. این موتورها می‌توانند از طریق ماژول کنترل پرده، کلید هوشمند، تاچ پنل، برنامه زمان‌بندی یا سناریوها کنترل شوند.



شکل ۲۷ـ مسیر کنترل پرده

در شکل ۲۸ مشخصات و یک نمونه از موتور پرده نشان داده شده است.



شکل ۲۸ـ مشخصات موتور پرده هوشمند

کار عملی

هدف: کنترل شدت روشنایی اتاق

مواد، ابزار و تجهیزات: منبع تغذیه KNX، ماژول دیمر، کلید لمسی هوشمند، ماژول رابط USB، کابل باس KNX، کابل برق، رایانه دارای نرم‌افزار ETS، لامپ با قابلیت دیم و سرپیچ

مراحل کار

۱ نصب تجهیزات روی تابلو

ابتدا با توجه به شکل ۲۹ تجهیزات را روی تابلو نصب نمایید.

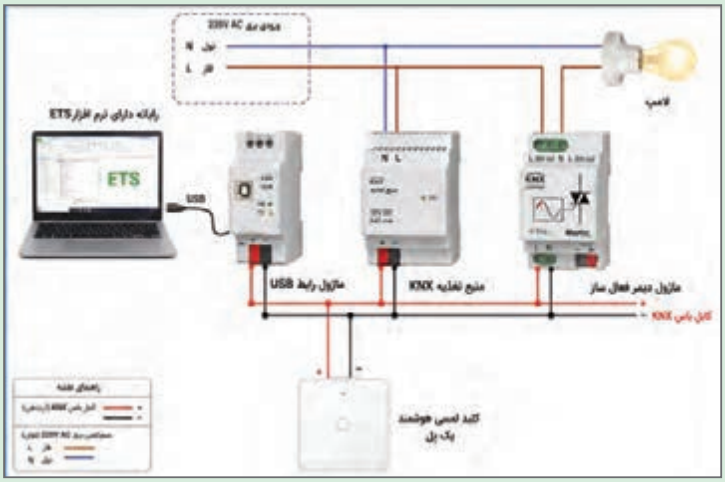
تجهیزات داخل تابلو مانند:

- منبع تغذیه
- ماژول دیمر
- رابط USB

بر روی ریل استاندارد DIN Rail نصب می‌شوند.

کلید لمسی هوشمند نیز در محل مورد نظر روی دیوار نصب می‌شود.

برای نصب صحیح هر تجهیز، باید به نقشه اتصال و کاتالوگ سازنده مراجعه شود.



شکل ۲۹ـ اتصال مدار دیمر

۲ برنامه‌نویسی

برنامه‌ای بنویسید که با لمس کلید هوشمند، نور محیط به ۳۰ درصد کاهش یابد و بعد از فرمان مجدد به حالت روشنایی کامل (۱۰۰ درصد) باز گردد.

۳ انتقال برنامه از رایانه به سخت‌افزار

اکنون با استفاده از تنظیمات انجام‌شده، مراحل نصب، سیم‌کشی و آزمایش عملکرد مدار را انجام دهید و صحت اجرای فرمان روشن و خاموش شدن چراغ را بررسی کنید.

در حضور مربی کارگاه، صحت اجرای فرمان تغییر شدت روشنایی لامپ را بررسی کنید.

سؤال :

۱ تفاوت این مدار با مدار تغییر شدت روشنایی دیمر سنتی چیست؟

تبدیل کلیدهای سنتی به هوشمند

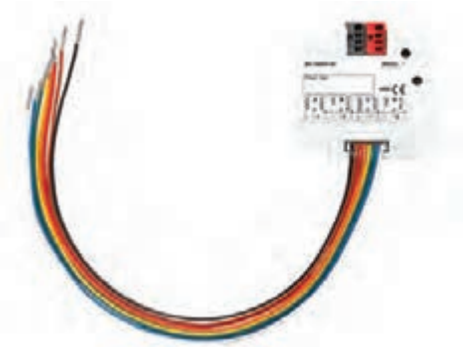
گاهی ممکن است کلیدهای خانه معمولی تعویض نشده ولی ساختار هوشمند شود، در این حالت از رابط‌های یونیورسال و باینری استفاده می‌شود.

ماژول رابط یونیورسال (Universal Interface Module)

ماژول رابط یونیورسال یک واسط ارتباطی در سیستم ساختمان هوشمند است که برای اتصال تجهیزات معمولی و غیرهوشمند به شبکه هوشمند استفاده می‌شود. این ماژول امکان دریافت سیگنال از تجهیزات مختلف مانند کلیدهای سنتی، حسگرها، کنتاکت‌ها و تجهیزات خارجی را فراهم می‌کند و آنها را به فرمان قابل فهم برای سیستم هوشمند تبدیل می‌کند.

به عبارت ساده، این ماژول مانند یک مترجم بین تجهیزات معمولی و سیستم هوشمند عمل می‌کند.

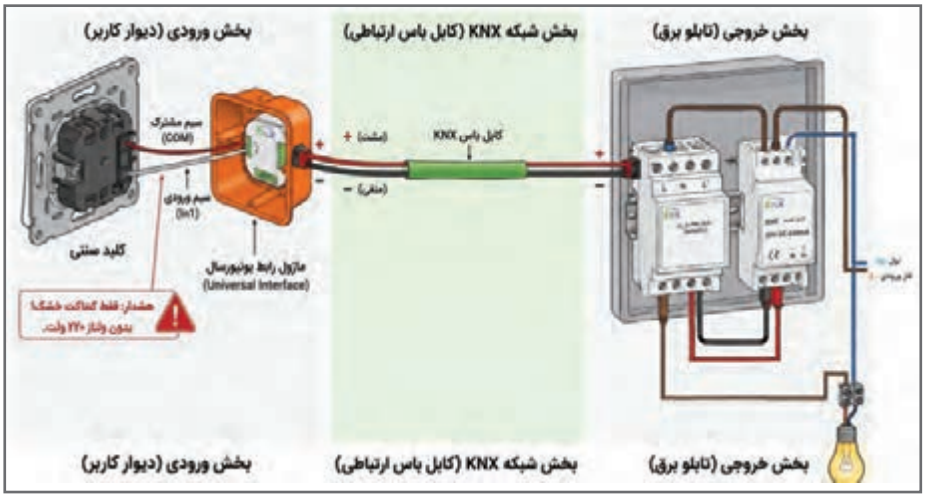
در شکل ۳۰ یک رابط یونیورسال نشان داده شده است.



شکل ۳۰ـ رابط یونیورسال

سیم‌های رنگی بخش ورودی، برای دریافت فرمان از کلید یا حسگر استفاده شده و ماژول پس از تشخیص تغییر وضعیت، آن را به پیام KNX تبدیل و در شبکه ارسال می‌کند.

این تجهیز معمولاً در پشت کلید یا داخل قوطی برق نصب می‌شود و توانایی قطع و وصل مستقیم لامپ یا مصرف‌کننده را ندارد؛ بلکه فرمان را به عملگرهایی مانند رله یا دیمر ارسال می‌کند.



شکل ۳۱

کاربردهای ماژول رابط یونیورسال:

- اتصال کلیدهای سنتی به سیستم KNX
- اتصال حسگرهای دارای خروجی کنتاکت خشک
- دریافت فرمان از شستی‌ها و تجهیزات مکانیکی
- اتصال تجهیزات قدیمی‌به ساختمان هوشمند

فکر کنید

اگر یک کلید سنتی را با استفاده از ماژول رابط یونیورسال به سیستم ساختمان هوشمند متصل کنیم، چه مزیتی نسبت به یک کلید سنتی معمولی ایجاد می‌شود؟ آیا فقط روشن و خاموش کردن چراغ با همان کلید انجام می‌شود؟ توضیح دهید.

ورودی باینری (Binary Input)

ورودی باینری یکی از تجهیزات ورودی در سیستم ساختمان هوشمند است که برای دریافت سیگنال‌های ساده دوحالته استفاده می‌شود. این تجهیز اطلاعات را از کلیدها یا تجهیزات معمولی دریافت کرده و آن را به یک پیام قابل فهم برای سیستم هوشمند تبدیل می‌کند. به عبارت دیگر ورودی باینری تبدیل‌کننده تجهیزات سنتی به تجهیزات هوشمند است.



شکل ۳۲ـ ورودی باینری ۸ کانال

این تجهیز بین تجهیزات معمولی ساختمان و شبکه KNX قرار می‌گیرد. مسیر عملکرد این تجهیز به صورت شکل ۳۳ است.



شکل ۳۳ــ مسیر عملکرد و هماهنگی ورودی باینری

ورودی باینری و رابط یونیورسال به هم نزدیک هستند، اما دقیقاً یکی نیستند. هر دو برای دریافت سیگنال ورودی در ساختمان هوشمند استفاده می‌شوند، اما دامنه کاربرد و انعطاف‌پذیری آنها متفاوت است. تفاوت‌های ورودی باینری و رابط یونیورسال در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ــ تفاوت های ورودی باینری و رابط یونیورسال

Binary Input	Universal Interface
برای دریافت سیگنال‌های ساده دوحالته طراحی شده	رابط چندمنظوره است
معمولاً به صورت ماژول تابلویی نصب می‌شود	معمولاً کوچک‌تر و نزدیک کلید نصب می‌شود
مناسب تابلوی برق و ورودی‌های متعدد	مناسب اتصال کلیدهای معمولی
طول سیم‌کشی بیشتر	مناسب فواصل کوتاه (چند سانتی‌متر)

کار عملی

هدف: طراحی و اجرای سناریوی سینما با استفاده از تجهیزات ساختمان هوشمند

مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز: منبع تغذیه KNX، کلید هوشمند KNX، ماژول عملگر رله‌ای، ماژول دیمر روشنایی، ماژول کنترل پرده، موتور پرده هوشمند، چراغ‌های اصلی فضا، چراغ‌های دکوراتیو آبی، فن یا سیستم تهویه، تابلوی آموزشی یا تجهیزات شبیه‌سازی ساختمان هوشمند، کابل‌ها و تجهیزات اتصال مورد نیاز، رایانه و نرم‌افزار(ETS) سیستم هوشمند

مراحل انجام کار:

۱ ابتدا ماتریس سناریوی لازم را بنویسید.

یک فضای فرضی مانند اتاق سینمای خانگی درنظر بگیرید. کاربر با فشردن کلید هوشمند با عنوان شروع سینما (یا سنتی با روالی که آموختید)، شرایط مناسب برای تماشای فیلم را ایجاد می‌کند.

عملکرد مورد انتظار:

ـ چراغ‌های اصلی خاموش شوند.

ـ چراغ‌های دکوراتیو آبی با شدت روشنایی ۳۰ درصد روشن شوند.

ـ فن روشن شود.

ـ پرده‌ها بسته شوند.

همچنین با فشردن کلید هوشمند (پایان سینما)، فضا به حالت اولیه بازگردد:

ـ چراغ‌های اصلی روشن شوند.

ـ چراغ‌های دکوراتیو خاموش یا به حالت اولیه بازگردند.

ـ فن خاموش شود.

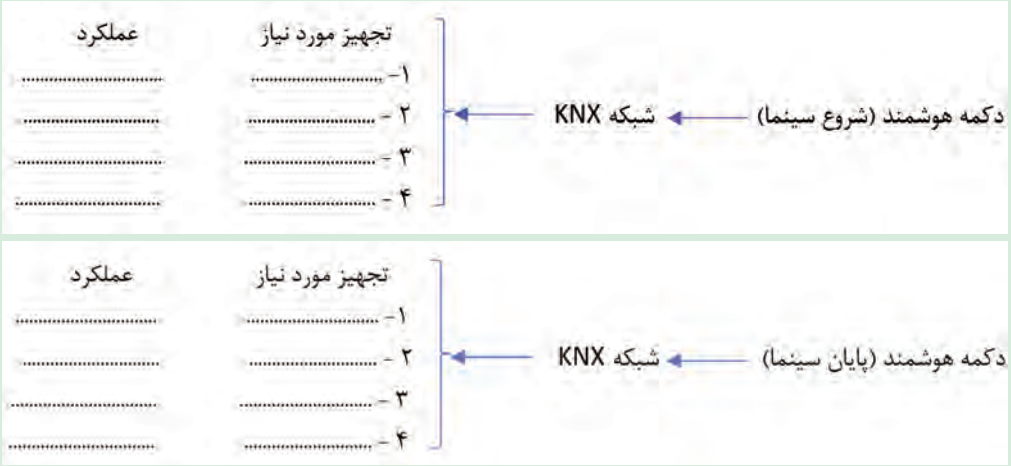
ـ پرده‌ها باز شوند.

۲ متناسب با سناریو، تجهیزات لازم را انتخاب کنید.

هنرجو باید پس از تأیید مربی کارگاه مبنی بر درست بودن ماتریس سناریو، تجهیزات مورد نیاز برای اجرای سناریو را مشخص کند.

۳ مسیر عملکرد متناسب با سناریو را بنویسید.

ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها را در حالت زیر مشخص کنید.



۴ نصب و اجرای تجهیزات
ـ تجهیزات را مطابق طراحی به روی ریل ببندید. ارتباط بین اجزا را با کابل‌های مناسب برقرار نمایید
۵ برنامه‌نویسی
ـ آدرس‌دهی تجهیزات را انجام دهید.
ـ ارتباط بین کلیدها و عملگرها را در نرم‌افزار تعریف کنید.
ـ برنامه را به تجهیزات منتقل کنید.
ـ عملکرد سناریوی شروع و پایان سینما را آزمایش کنید.
۶ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.
ـ چرا برای اجرای یک سناریو به‌جای یک کلید معمولی از کلید هوشمند استفاده می‌شود؟
ـ در این سناریو کدام تجهیزات نقش ورودی و کدام تجهیزات نقش خروجی را دارند؟
ـ برای کنترل شدت روشنایی چراغ‌های دکوراتیو از چه تجهیزی استفاده می‌شود و چرا؟
ـ اگر بخواهیم بعد از فعال شدن سناریوی سینما، دمای اتاق نیز تنظیم شود، چه تجهیزاتی باید به سیستم اضافه شود؟
ـ مسیر انتقال فرمان از کلید هوشمند تا موتور پرده را رسم کنید.
تحقیق کنید: اگر بخواهیم به‌جای کلید هوشمند از تلفن همراه فرمان بدهیم چه تجهیزاتی به تابلو اضافه خواهند شد؟

خودآزمایی

۱ کابل باس هوشمند چه وظایفی در شبکه دارد؟ رنگ و کاربرد زوج اصلی سیم‌های این کابل را توضیح دهید و بیان کنید چرا ایجاد حلقه بسته در شبکه مجاز نیست.
۲ در یک مدار روشنایی هوشمند، مسیر اجرای فرمان را از لحظه لمس کلید هوشمند تا روشن‌شدن چراغ مرحله‌به‌مرحله توضیح دهید. در این مدار کدام تجهیزات ورودی و کدام تجهیزات خروجی هستند؟
۳ حسگر نشت آب یک نشتی را در آشپزخانه تشخیص داده است. برای قطع خودکار آب و اعلام هشدار، تجهیزات موردنیاز و مسیر ارتباط میان آنها را مشخص کنید.
۴ تفاوت عملگر رله‌ای، ماژول دیمر و عملگر پرده را از نظر نوع فرمان، خروجی و مصرف‌کننده قابل‌کنترل توضیح دهید. چرا نمی‌توان هر نوع لامپی را به دیمر متصل کرد؟
۵ برای یک اتاق سینمای خانگی سناریویی طراحی کنید که با فشردن دکمه «شروع سینما»، چراغ اصلی خاموش، چراغ دکوراتیو روی ۳۰ درصد تنظیم، پرده بسته و فن روشن شود. تجهیزات لازم و وضعیت هر تجهیز در سناریوی «پایان سینما» را نیز بنویسید.

ارزشیابی شایستگی نصب تجهیزات

نام و نام خانوادگی:		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:		
کد حرفه	۷۴۱۱۱۲	حرفه	برقکاران	کدپیمانه/پودمان	۷۴۱۱۱۲۰۳۵	استاندارد عملکرد کار: توانایی نصب تجهیزات و قطعات خانه هوشمند
کد وظیفه شغل	۷۴۱۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان های هوشمند	سطح صلاحیت	L۲	
کد کار	۷۴۱۱۱۲۰۳۵۱	کار	نصب تجهیزات	سطح شایستگی	مهارت	

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	جانمایی قطعات خانه هوشمند	ماژول وقطعات سامانه خانه هوشمند، رایانه، جعبه‌ابزار سیم‌کشی ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	نصب متشابه کاتالوگ قطعات	۳	
				جانمایی قطعات خانه هوشمند و مصرف‌کننده‌ها	۲	
				نصب قطعات	۱	
۲	نصب نهایی قطعات ماژول روی دین ریل	ماژول وقطعات سامانه خانه هوشمند، رایانه، جعبه‌ابزار سیم‌کشی ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	نصب مشابه دستورالعمل شرکت سازنده	۳	
				نصب قطعات خانه هوشمند و مصرف‌کننده‌ها	۲	
				نصب قطعات	۱	
۳	سیم‌کشی قطعات	ماژول و قطعات سامانه خانه هوشمند، رایانه، جعبه ابزار سیم‌کشی ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	سیم‌کشی مشابه دستورالعمل شرکت سازنده	۳	
				سیم‌کشی قطعات خانه هوشمند و مصرف‌کننده‌ها	۲	
				سیم‌کشی قطعات	۱	
۴	تست عملکرد قطعات	ماژول و قطعات سامانه خانه هوشمند، رایانه، جعبه ابزار سیم‌کشی ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	تست قطعات مطابق با دستورالعمل شرکت سازنده	۳	
				تست راه اندازی قطعات خانه هوشمند و مصرف‌کننده‌ها	۲	
				ارزیابی قطعات	۱	
شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:		استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نظم و نظافت محیط کار، استفاده صحیح از ابزار و تجهیزات، مدیریت پسماندها و ضایعات، همکاری با دیگران، مسئولیت‌پذیری و رعایت اخلاق حرفه‌ای در طول انجام فعالیت‌ها	مشاهده مستقیم، چک‌لیست رفتاری، ثبت عملکرد، پرسش شفاهی، ارزیابی مستمر در حین کار	رعایت نسبی اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، با خطاهای جزئی در حین انجام کار.	۲	
				عدم رعایت اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، یا بروز خطاهای جدی در نگرش و رفتار کاری.	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از مراحل نصب نهایی قطعات ماژول روی دین ریل و سیم‌کشی قطعات (مراحل بحرانی)

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

* مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

* تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲ : ارزیابی عملکرد سناریو در خانه هوشمند

آیا می‌دانید

۱ در بسیاری از ساختمان‌های ساخته‌شده می‌توان بدون تخریب دیوار و اجرای کابل ارتباطی جدید، تجهیزات هوشمند بی‌سیم نصب کرد؟

۲ تجهیزات بی‌سیمی که از یک پروتکل مشترک مانند Zigbee استفاده می‌کنند، لزوماً با هر هاب یا محصول Zigbee دیگری سازگار نیستند؟

۳ در شبکه‌های Mesh، بعضی تجهیزات علاوه بر دریافت فرمان، پیام تجهیزات دیگر را نیز منتقل می‌کنند و به افزایش پوشش شبکه کمک می‌نمایند؟

۴ قطع اینترنت همیشه باعث توقف کنترل محلی تجهیزات نمی‌شود و در بعضی سامانه‌ها، کلیدها و تجهیزات می‌توانند از طریق شبکه داخلی یا پیوند مستقیم به کار خود ادامه دهند؟

۵ یک خطای خانه هوشمند ممکن است از برق ورودی، منبع تغذیه، کابل، کیفیت سیگنال، تنظیمات نرم‌افزاری، عملگر یا خود مصرف‌کننده ایجاد شده باشد و نباید بدون آزمایش، یک تجهیز را خراب فرض کرد؟

استاندارد عملکرد

هنرجو پس از پایان این واحد می‌تواند روش و پروتکل مناسب هوشمندسازی را انتخاب کند، تجهیزات بی‌سیم و اجزای آنها را بشناسد، سامانه Zigbee را نصب و پیکربندی نماید، سناریوهای روشنایی را اجرا کند و خطاهای فیزیکی، ارتباطی و نرم‌افزاری را شناسایی، برطرف و گزارش کند.

مقدمه

هوشمندسازی بی‌سیم روشی برای کنترل و پایش تجهیزات ساختمان بدون نیاز به کابل‌کشی ارتباطی جدید است. در این روش، حسگرها، کلیدها و عملگرها از طریق امواج رادیویی با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. نصب سریع، توسعه آسان و امکان اجرا در ساختمان‌های ساخته‌شده از مهم‌ترین مزایای این روش است.

در پودمان قبل هوشمندسازی ساختمان به‌صورت سیمی بیان گردید. در روش سیمی تجهیزات توسط کابل ارتباطی به یکدیگر متصل می‌شوند. بنابراین ارتباط پایدار است اما اجرای آن به کابل‌کشی و طراحی اصولی نیاز دارد. در هوشمندسازی بی‌سیم، اطلاعات از طریق امواج رادیویی منتقل می‌شود؛ در نتیجه نصب سریع‌تر است و برای ساختمان‌های ساخته‌شده مناسب‌تر است، اما ممکن است تحت‌تأثیر فاصله، موانع و تداخل امواج قرار گیرد.

در جدول ۲ روش هوشمندسازی سیمی و بی‌سیم مقایسه شده است.

جدول ۲ــ مقایسه بین پروتکل سیمی و بی‌سیم

معیار مقایسه	ساختمان هوشمند سیمی	ساختمان هوشمند بی‌سیم
روش ارتباط	انتقال اطلاعات از طریق کابل و باس ارتباطی	انتقال اطلاعات از طریق امواج رادیویی مانند Wi-Fi، Zigbee یا Z-Wave
پایداری ارتباط	بسیار بالا و مطمئن	وابسته به کیفیت سیگنال و شرایط محیط
مقاومت در برابر نویز	بیشتر، به‌ویژه در سیستم‌های صنعتی و حرفه‌ای	ممکن است تحت‌تأثیر تداخل امواج قرار گیرد
سرعت و تأخیر	معمولاً سریع و با تأخیر کم	ممکن است کمی تأخیر داشته باشد
نیاز به کابل‌کشی	نیازمند کابل‌کشی و لوله‌گذاری	معمولاً بدون کابل‌کشی جدید
هزینه اولیه	معمولاً بیشتر	معمولاً کمتر
هزینه توسعه و تغییرات	اضافه‌کردن تجهیزات جدید دشوارتر است	اضافه‌کردن تجهیزات جدید آسان‌تر است
وابستگی به باتری	بیشتر تجهیزات از سیم تغذیه می‌شوند	برخی حسگرها و کلیدها به باتری نیاز دارند
نگهداری	نگهداری کمتر و طول عمر بیشتر	نیاز به بررسی باتری و کیفیت ارتباط
نمونه سیستم‌ها	KNX، BACnet، Modbus	Zigbee، Z-Wave، Wi-Fi، Bluetooth
قابلیت اطمینان	بسیار بالا	متوسط تا بالا، بسته به نوع فناوری

سیستم‌های هوشمند بی‌سیم

به‌طور کلی، در پروژه‌های نوساز، به‌دلیل امکان زیرساخت‌سازی و لوله‌گذاری، استفاده از سیستم‌های سیمی (مانند KNX) ثبات، طول عمر بالا و امنیت عملکردی فوق‌العاده‌ای ارائه می‌دهد. در مقابل، برای ساختمان‌های ساخته‌شده یا در حال سکونت، سیستم‌های بی‌سیم بدون نیاز به تخریب، کابل‌کشی و کنده‌کاری، فرایند هوشمندسازی را سریع و مقرون‌به‌صرفه می‌کنند.

همچنین امروزه سیستم‌های ترکیبی (Hybrid) یکی از رایج‌ترین و هوشمندانه‌ترین راهکارها هستند؛ به این صورت که هسته اصلی، خطوط اصلی کنترل و تجهیزات ثابت (مثل روشنایی اصلی، سرمایش/گرمایش و تابلوها) به‌صورت سیمی اجرا می‌شوند و برای بخش‌های توسعه‌پذیر، سنسورهای اضافی یا نقاطی که دسترسی کابل به آنها دشوار است، از تجهیزات بی‌سیم استفاده می‌شود.



شکل ۳۴ـ نحوه ارتباط تجهیزات بی‌سیم و باسیم

اجزای سیستم هوشمند بی‌سیم

اجزای مورد استفاده در یک سیستم هوشمند بی‌سیم از نظر عملکرد، شباهت زیادی به سیستم‌های هوشمند سیمی دارند. در هر دو روش، تجهیزات شامل حسگرها، کلیدها، کنترل‌کننده‌ها و عملگرها هستند و هدف آنها دریافت اطلاعات، پردازش فرمان‌ها و کنترل تجهیزات ساختمان است.

تفاوت اصلی در روش ارتباط و انتقال اطلاعات بین تجهیزات است.

در سیستم‌های بی‌سیم، علاوه بر تجهیزات اصلی، معمولاً یک تجهیز به نام هاب یا Gateway نیز وجود دارد که وظیفه ایجاد ارتباط بین تجهیزات بی‌سیم، مدیریت شبکه و در برخی موارد اتصال سیستم به اینترنت را بر عهده دارد.

هاب (Hub / Gateway) در سیستم هوشمند بی‌سیم

در سیستم‌های هوشمند بی‌سیم، به دلیل اینکه تجهیزات از طریق امواج رادیویی با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند، معمولاً به یک تجهیز مرکزی برای مدیریت ارتباطات نیاز است. این تجهیز که هاب (Hub) یا دروازه ارتباطی (Gateway) نامیده می‌شود، نقش واسط بین تجهیزات بی‌سیم و سایر شبکه‌ها را بر عهده دارد.

هاب را می‌توان مرکز مدیریت یک سیستم هوشمند بی‌سیم دانست که اطلاعات را از حسگرها دریافت کرده، آنها را پردازش کرده و فرمان‌های لازم را به تجهیزات اجرایی ارسال می‌کند.

وظایف اصلی هاب در خانه هوشمند

ـ **ایجاد ارتباط بین تجهیزات:** هاب امکان ارتباط بین تجهیزات مختلف را فراهم می‌کند. به‌عنوان مثال یک حسگر دما ممکن است با پروتکل بی‌سیم کار کند، در حالی که تلفن همراه کاربر از طریق اینترنت به سیستم متصل است. هاب این دو شبکه را به یکدیگر متصل می‌کند.

ـ **دریافت اطلاعات از حسگرها:** هاب اطلاعات تجهیزات ورودی را دریافت می‌کند، مانند: دمای محیط، شدت نور، تشخیص حضور افراد و وضعیت باز یا بسته بودن درها

ـ **اجرای منطق و تصمیم‌گیری:** در برخی سیستم‌ها، هاب علاوه بر انتقال اطلاعات، وظیفه پردازش و اجرای قوانین را نیز انجام می‌دهد. به‌عنوان مثال، اگر دمای اتاق از ۳۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر باشد هاب فرمان ارسال می‌کند سیستم سرمایش روشن شود.

اتصال به تلفن همراه و اینترنت امکان کنترل از راه دور: یکی از مهم‌ترین وظایف هاب، فراهم کردن امکان کنترل از راه دور است.

به کمک این ارتباط، کاربر می‌تواند به‌عنوان مثال چراغ‌ها را کنترل کند، دمای خانه را تغییر دهد و یا وضعیت امنیتی ساختمان را بررسی کند.



شکل ۳۵ـ ارتباط هاب با تجهیزات

تفاوت هاب با عملگر (Actuator)

گاهی هاب و عملگر به‌دلیل ارتباط هر دو با تجهیزات هوشمند، اشتباه گرفته می‌شوند اما وظیفه آنها متفاوت است. هاب وظیفه مدیریت ارتباط و انتقال اطلاعات بین تجهیزات را دارد، درحالی‌که عملگر فرمان دریافت‌شده را به یک عملکرد فیزیکی مانند روشن‌کردن چراغ، تغییر شدت نور یا کنترل فن‌کوئل تبدیل می‌کند.

پروتکل‌های ارتباطی بی‌سیم در ساختمان هوشمند

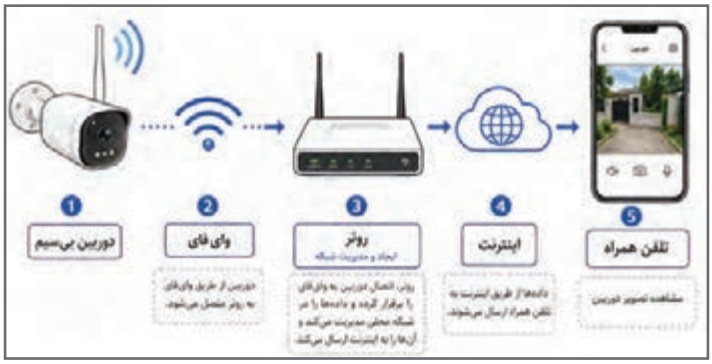
با توجه به مطالب ارائه‌شده در بخش‌های قبل، پروتکل ارتباطی مجموعه‌ای از قوانین و استانداردها است که نحوه تبادل اطلاعات بین تجهیزات هوشمند را مشخص می‌کند. در سیستم‌های سیمی، پروتکل‌هایی مانند Modbus، KNX و BACnet برای ارتباط تجهیزات از طریق کابل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در سیستم‌های هوشمند بی‌سیم نیز تجهیزات برای تبادل اطلاعات از پروتکل‌های مخصوص ارتباط رادیویی استفاده می‌کنند. این پروتکل‌ها با توجه به عواملی مانند برد ارتباطی، میزان مصرف انرژی، سرعت انتقال داده، امنیت و نوع کاربرد انتخاب می‌شوند.

Wifi ،Bluetooth، Zigbee، Z-wave از مهم‌ترین پروتکل‌های ارتباطی بی‌سیم در ساختمان هوشمند هستند که در ادامه هر یک از این پروتکل‌ها و ویژگی‌های آنها بررسی خواهد شد.

۱ـ پروتکل Wi-Fi: Wi-Fi یکی از شناخته‌شده‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ارتباط بی‌سیم است که امکان تبادل اطلاعات بین تجهیزات هوشمند را از طریق امواج رادیویی فراهم می‌کند. این فناوری معمولاً در ساختمان‌های هوشمند برای اتصال تجهیزات به شبکه محلی (LAN) و اینترنت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سیستم‌های هوشمند مبتنی بر Wi-Fi، تجهیزات می‌توانند مستقیماً به روتر یا شبکه بی‌سیم ساختمان متصل شوند و از طریق تلفن همراه، تبلت یا رایانه کنترل شوند.

به‌عنوان مثال، در یک محیط اداری یا مسکونی، دوربین بی‌سیم از طریق فناوری Wi-Fi به روتر (تجهیزی برای ایجاد و مدیریت شبکه ارتباطی بین دستگاه‌ها و اینترنت) متصل می‌شود و تصاویر دوربین را از طریق شبکه به تلفن همراه کاربر ارسال می‌کند تا امکان مشاهده و کنترل از راه دور فراهم شود. شکل ۳۶ یک نمونه از کاربردهای پروتکل وای فای را نشان می‌دهد.



شکل ۳۶ـ مسیر عملکردی یک تجهیز در پروتکل وای‌فای

تحقیق کنید

آیا در یک سیستم مبتنی بر پروتکل Wi-Fi، برای ارتباط بین تجهیزات حتماً باید به اینترنت متصل باشد؟ توضیح دهید.

کار در کلاس

چند نمونه از کاربردهای پروتکل وای فای را در اطراف خود شناسایی و در دفتر گزارش کار خود بنویسید.

۲ـ پروتکل Bluetooth: بلوتوث یکی از پروتکل‌های ارتباطی بی‌سیم است که برای انتقال اطلاعات در فاصله‌های کوتاه و با مصرف انرژی بسیار کم طراحی شده است. این فناوری در مقایسه با بلوتوث معمولی، انرژی کمتری مصرف می‌کند و به همین دلیل برای تجهیزات کوچک و حسگرهایی که با باتری کار می‌کنند، مناسب است.

در ساختمان هوشمند، بلوتوث امکان ارتباط بین تجهیزاتی مانند حسگرها، کلیدهای هوشمند، قفل‌های دیجیتال و تجهیزات پوشیدنی را فراهم می‌کند. در جدول ۳ مزایا و معایب این پروتکل آمده است.

جدول ۳ـ مزایا و معایب پروتکل بلوتوث

مزایا	معایب
مصرف انرژی بسیار کم و مناسب تجهیزات باتری‌دار	برد ارتباطی محدود نسبت به برخی پروتکل‌ها
هزینه پایین و موجود در بسیاری از تجهیزات هوشمند	مناسب نبودن برای ساختمان‌های بسیار بزرگ
اتصال آسان به تلفن همراه	تعداد زیاد تجهیزات نیازمند مدیریت شبکه است

به‌عنوان مثال، همان‌گونه‌که تلفن همراه از طریق بلوتوث به یک هدفون متصل می‌شود، در ساختمان هوشمند نیز حسگر یا تجهیز کوچک می‌تواند از همین روش برای ارسال اطلاعات استفاده کند، با این تفاوت که بلوتوث برای مصرف انرژی کمتر بهینه شده است.



شکل ۳۷ـ ارتباط تجهیزات در پروتکل بلوتوث

تحقیق کنید

پروتکل Bluetooth چه تفاوتی با Wi-Fi دارد و چرا برای حسگرهای هوشمند باتری‌دار مناسب‌تر است؟

۳ـ پروتکل Z-Wave: Z-Wave یکی از پروتکل‌های ارتباطی بی‌سیم مخصوص ساختمان هوشمند است که برای ایجاد ارتباط کم‌مصرف و پایدار بین تجهیزات هوشمند طراحی شده است. این پروتکل بیشتر برای کاربردهایی مانند کنترل روشنایی، سیستم‌های امنیتی، قفل‌های هوشمند، حسگرها و تجهیزات کنترلی ساختمان استفاده می‌شود.

برخلاف Wi-Fi که معمولاً برای انتقال حجم بالای اطلاعات استفاده می‌شود، Z-Wave برای ارسال فرمان‌های کنترلی و اطلاعات کم‌حجم طراحی شده است و به همین دلیل مصرف انرژی بسیار کمتری دارد. در یک شبکه Z-Wave، تجهیزات معمولاً از طریق یک هاب (Z-Wave Hub/Controller) مدیریت می‌شوند.

جدول ۴ـ مزایا و معایب پروتکل Z-wave

مزایا	معایب
مصرف انرژی کم و مناسب تجهیزات باتری‌دار	سرعت انتقال داده پایین‌تر نسبت به Wi-Fi
ارتباط پایدار و مناسب خانه هوشمند	نیاز به هاب یا کنترل‌کننده مرکزی
قابلیت شبکه Mesh و افزایش برد ارتباطی	تنوع تجهیزات کمتر نسبت به Wi-Fi
امنیت مناسب با رمزنگاری اطلاعات	هزینه برخی تجهیزات بیشتر است

در شکل ۳۸ مثالی از پروتکل Z-Wave نشان داده شده است.



شکل ۳۸ـ مسیر عملکردی پروتکل Z-Wave

فعالیت

طراحی یک سناریو با پروتکل Z-Wave

فرض کنید می‌خواهید روشنایی راهروی یک ساختمان را با استفاده از تجهیزات Z-Wave هوشمند کنید. تجهیزات زیر در اختیار شما قرار دارد:

- یک حسگر حرکت Z-Wave
- یک هاب هوشمند Z-Wave
- یک عملگر روشنایی Z-Wave
- یک لامپ روشنایی

سؤال:

۱ مسیر انتقال اطلاعات را از زمان تشخیص حضور فرد تا روشن شدن چراغ رسم کنید.

۲ نقش هریک از تجهیزات زیر را توضیح دهید:

- حسگر حرکت
- هاب هوشمند
- عملگر روشنایی

۳ اگر بخواهیم چراغ‌ها را از خارج ساختمان با تلفن همراه کنترل کنیم، چه تجهیز دیگری به سیستم اضافه می‌شود؟

۴ـ پروتکل Zigbee: Zigbee یکی از مهم‌ترین پروتکل‌های ارتباطی بی‌سیم در ساختمان هوشمند است که برای اتصال تجهیزات کم‌مصرف مانند حسگرها، کلیدهای هوشمند، تجهیزات روشنایی و سیستم‌های امنیتی طراحی شده است. این پروتکل با تمرکز بر مصرف انرژی کم، قابلیت اطمینان بالا و ایجاد شبکه Mesh توسعه یافته است.

برخلاف Wi-Fi که بیشتر برای انتقال حجم بالای اطلاعات استفاده می‌شود، Zigbee برای ارسال فرمان‌های کنترلی و اطلاعات کم‌حجم بین تجهیزات هوشمند مناسب است.

در یک شبکه Zigbee، تجهیزات معمولاً از طریق یک هماهنگ‌کننده یا هاب مدیریت می‌شوند. برخی تجهیزات نیز می‌توانند پیام‌ها را دریافت کرده و به تجهیزات دیگر منتقل کنند؛ به همین دلیل شبکه Zigbee قابلیت Mesh دارد.

جدول ۵ـ مزایا و معایب شبکه هوشمند بی‌سیم

مزایا	معایب
مصرف انرژی بسیار کم و مناسب حسگرهای باتری‌دار	معمولاً نیاز به هاب یا Coordinator دارد
قابلیت شبکه Mesh و افزایش برد ارتباطی	سرعت انتقال داده کمتر از Wi-Fi است
امکان اتصال تعداد زیادی تجهیز به شبکه	سازگاری تجهیزات برندهای مختلف همیشه یکسان نیست

در شکل ۳۹ مسیر عملکردی پروتکل Zigbee نشان داده شده است.



شکل ۳۹ـ مسیر عملکردی پروتکل Zigbee

تحقیق کنید

در مورد دو پروتکل Thread و Matter با استفاده از پایگاه‌های اینترنتی یا هوش مصنوعی تحقیق نموده و گزارش را به کلاس ارائه دهید.

انتخاب پروتکل

انتخاب پروتکل مناسب در یک سیستم هوشمند به عوامل مختلفی مانند نوع کاربرد، تعداد تجهیزات، فاصله تجهیزات، میزان مصرف انرژی، نیاز به اینترنت، امنیت و هزینه اجرا بستگی دارد. هیچ پروتکلی برای همه کاربردها بهترین گزینه نیست و باید متناسب با شرایط پروژه انتخاب شود.

جدول ۶ـ معیارهای انتخاب پروتکل مناسب در سیستم‌های هوشمند

عامل انتخاب	توضیح
نوع کاربرد	برای دوربین و انتقال تصویر، Wi-Fi مناسب‌تر است؛ برای حسگرهای کم‌مصرف، Zigbee و Z-Wave گزینه‌های بهتری هستند.
مصرف انرژی	تجهیزات باتری‌دار معمولاً به پروتکل‌های کم‌مصرف مانند BLE، Zigbee و Z-Wave نیاز دارند.
مسافت و اندازه ساختمان	در ساختمان‌های بزرگ، پروتکل‌های دارای شبکه Mesh مانند Zigbee و Z-Wave پوشش بهتری ایجاد می‌کنند.
تعداد تجهیزات	برای تعداد زیاد حسگرها، شبکه‌های Mesh قابلیت توسعه بیشتری دارند.
امنیت	در کاربردهای امنیتی مانند قفل هوشمند و سیستم حفاظتی باید پروتکل دارای روش‌های مناسب رمزنگاری انتخاب شود.
هزینه و زیرساخت موجود	استفاده از Wi-Fi ممکن است هزینه نصب را کاهش دهد، زیرا زیرساخت آن در بسیاری از ساختمان‌ها وجود دارد.

در بسیاری از پروژه‌های خانه هوشمند، پروتکل Zigbee به‌دلیل مصرف انرژی پایین، پایداری ارتباط و قابلیت شبکه Mesh، گزینه‌ای مناسب برای اتصال حسگرها و تجهیزات کنترلی بی‌سیم است.

نکته

ممکن است تجهیزات برندهای مختلف به‌راحتی با یکدیگر ارتباط برقرار نکنند. هرچند دو تجهیز ممکن است از یک پروتکل مشترک مانند Zigbee یا Z-Wave استفاده کنند، اما گاهی به‌دلیل تفاوت در نسخه پروتکل، نوع پیاده‌سازی، محدودیت‌های نرم‌افزاری، نیاز به هاب اختصاصی یا پشتیبانی نکردن از برخی فرمان‌ها، سازگاری کامل بین آنها وجود ندارد.



شکل ۴۰ـ سازگاری و عدم‌سازگاری تجهیزات مختلف در پروتکل‌های متفاوت

البته حتی ممکن است دو تجهیز از یک پروتکل مشترک مانند Zigbee استفاده کنند، اما همیشه با یکدیگر کار نکنند. این به‌دلیل خود پروتکل Zigbee نیست، بلکه به نحوه پیاده‌سازی و امکاناتی که هر شرکت در محصول خود قرار داده است مربوط می‌شود.

مثلاً ممکن است یک حسگر Zigbee از برند A و یک هاب از برند B از نظر استاندارد Zigbee با هم سازگار باشند، اما اگر:

- هاب، مدل تجهیز موردنظر را پشتیبانی نکند؛
- فرمان‌ها و پروفایل‌های Zigbee مشترک نباشند؛
- نسخه Zigbee یا استانداردهای مورد استفاده متفاوت باشد؛
- شرکت سازنده محدودیت نرم‌افزاری ایجاد کرده باشد.

ارتباط کامل برقرار نمی‌شود، بنابراین داشتن پروتکل مشترک Zigbee همیشه به معنی سازگاری کامل تجهیزات برندهای مختلف نیست و نقش هاب، پروفایل‌ها و پشتیبانی نرم‌افزاری را هم باید درنظر گرفت.

در شکل ۴۱ برخی از تجهیزات هوشمند بی‌سیم پروتکل Zigbee نشان داده شده است.



شکل ۴۱ــ تعدادی از تجهیزات Zigbee

کار عملی

هدف: کنترل شدت نور یک لامپ در خانه هوشمند با ارتباط بی سیم تحت پروتکل Zigbee

مواد، ابزار و تجهیزات: هاب یا هماهنگ‌کننده (Coordinator) تحت پروتکل Zigbee 3.0، ماژول رله هوشمند توکار کاناله Zigbee، دو عدد چراغ یا لامپ معمولی LED، هالوژن یا رشته‌ای، کلید دیواری دوپل سنتی، قوطی برق توکار عمیق (حداقل عمق ۶ سانتی‌متر)، سیم، فازمتر و ابزار سیم‌کشی

فرض کنید کارفرمایی از شما درخواست دارد روشنایی یکی از فضاهای ساختمان را با استفاده از لامپ هوشمند و ماژول هوشمند Zigbee اجرا کنید. سامانه را طوری طراحی کنید که امکان روشن و خاموش‌کردن چراغ و کنترل آن از طریق تلفن همراه فراهم باشد.

مراحل کار:

۱ مشخص کردن نیاز کارفرما

ابتدا بپرسید:

- چراغ فقط روشن و خاموش شود یا شدت نور هم تغییر کند؟
- کنترل با کلید دیواری، تلفن همراه یا هر دو انجام شود؟
- کنترل از راه دور خارج از خانه لازم است؟
- چراغ فعلی حفظ شود یا لامپ هوشمند جدید نصب شود؟
- در محل کلید، سیم نول وجود دارد یا فقط فاز رفت‌وبرگشت چراغ موجود است؟

این اطلاعات تعیین می‌کند از لامپ Zigbee استفاده کنید یا ماژول Zigbee.

۲ اتصال تجهیزات به یکدیگر



شکل ۴۲ـ ماژول کنترل دو کاناله Zigbee

L: ورودی فاز برق شهر
N و N: ورودی/عبور نول؛ معمولاً یکی برای نول ورودی و دیگری برای نول بارهاست و داخل ماژول مشترک‌اند.
L_1: خروجی فاز کانال اول به چراغ یا بار اول
L_2: خروجی فاز کانال دوم به چراغ یا بار دوم
S_1: ورودی کلید دیواری برای کنترل کانال اول
S_2: ورودی کلید دیواری برای کنترل کانال دوم
در واقع S_1 و S_2 باعث می‌شوند کلیدهای سنتی ساختمان نیز در کنار کنترل هوشمند Zigbee قابل استفاده باشند

۳ انتخاب تجهیزات مناسب

ـ یک هاب یا هماهنگ‌کننده Zigbee
ـ یک چراغ یا لامپ Zigbee برای روشنایی هوشمند
ـ یک ماژول دیمر Zigbee یا لامپ Zigbee قابل تنظیم
ـ یک کلید یا ریموت Zigbee
ـ لامپ LED دارای عبارت Dimmable
ـ قوطی مناسب، سیم و تجهیزات حفاظتی متناسب با مدار

۴ بررسی سازگاری تجهیزات

قبل از خرید، چهار مورد را کنترل کنید:
ـ همه تجهیزات Zigbee ترجیحاً نسخه Zigbee 3.0 و سازگار با هاب انتخابی باشند.
ـ لامپ متصل به دیمر حتماً قابل‌دیم باشد.
ـ توان چراغ از حداقل و حداکثر بار دیمر خارج نباشد.
ـ نوع دیمر با LED مورد استفاده سازگار باشد.

تحقیق کنید

همه LEDها قابل‌اتصال به دیمر (دیم) نیستند و استفاده از LED غیرقابل‌اتصال به دیمر ممکن است باعث چشمک‌زدن، صدا یا عملکرد نامناسب شود. حتی میان LED قابل‌دیمر و خود دیمر نیز باید سازگاری وجود داشته باشد.
بررسی کنید در صورتی‌که ماژول از نوع «بدون نول» انتخاب شده و توان LEDها بسیار پایین است (زیر ۱۰W)، برای جلوگیری از چشمک‌زدن لامپ‌ها در حالت خاموش چه کاری می‌توان انجام داد؟

۵ آزمایش اولیه روی میز

پیش از نصب داخل قوطی:
ـ هاب را روشن و به شبکه متصل کنید.
ـ اپلیکیشن مربوطه را نصب و فعال کنید.

ـ ماژول ۲ کاناله را روشن کرده و با نگه‌داشتن دکمه Reset به حالت Pairing ببرید.
ـ ماژول را در اپلیکیشن شناسایی کرده و کانال‌ها را نام‌گذاری کنید (مثلاً «چراغ پذیرایی» و «چراغ ناهارخوری»).
ـ قطع و وصل هر دو کانال را از طریق اپلیکیشن تست کنید.

۶ بدون برق کردن مدار

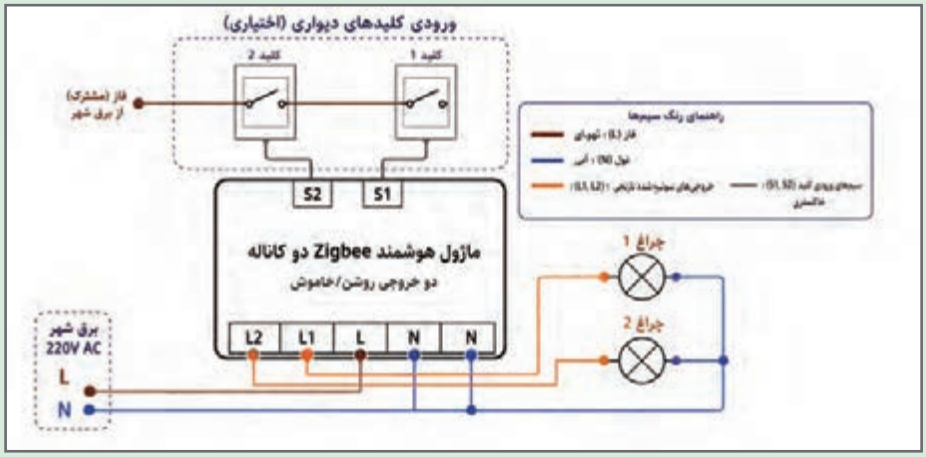
قبل از بازکردن کلید یا چراغ:
ـ فیوز مدار روشنایی را قطع کنید.
ـ نبود ولتاژ را با وسیله اندازه‌گیری مناسب کنترل کنید.
ـ فاز، نول، برگشت چراغ و ارت را شناسایی کنید.
ـ از تشخیص سیم‌ها فقط براساس رنگ اعتماد نکنید.

۷ نصب و سیم‌کشی ماژول هوشمند ۲ کاناله

ـ فاز ورودی برق شهر را به ترمینال L ماژول و همچنین به پایه مشترک کلید دوپل متصل کنید.
ـ نول برق شهر را به ترمینال N ماژول متصل کنید.
ـ سیم برگشتی چراغ ۱ را به L_1 و سیم برگشتی چراغ ۲ را به L_2 وصل کنید.
ـ نول چراغ‌ها را به ترمینال N دوم ماژول (یا شمش نول) متصل نمایید.
ـ خروجی پل اول کلید دیواری را به S_1 و خروجی پل دوم را به S_2 متصل کنید.
ـ ماژول را به همراه کلید دوپل داخل قوطی برق قرار دهید.

۸ تعریف عملکرد کلید دیواری و پیوند مستقیم

کلید سنتی دوپل: با تغییر وضعیت پل ۱، چراغ ۱ و با تغییر وضعیت پل ۲، چراغ ۲ خاموش و روشن می‌شود.
قابلیت Direct Binding: در صورت استفاده از کلید/ ریموت بی‌سیم Zigbee، می‌توانید کلید را مستقیماً به ماژول Bind کنید تا حتی در صورت قطعی اینترنت یا خاموش شدن هاب مرکزی، فرمان روشن/ خاموش به سرعت اجرا شود.



شکل ۴۳ـ اتصال تجهیزات روشنایی در پروتکل Zigbee

۹ ساخت سناریوهای روشنایی

چند نمونه سناریوی کاربردی در اپلیکیشن:

ـ سناریوی ورود: چراغ ۱ و چراغ ۲ هم‌زمان روشن شوند.

ـ سناریوی شب / مطالعه: چراغ ۱ خاموش و چراغ ۲ روشن بماند.

ـ سناریوی مهمانی: هر دو چراغ روشن باشند.

ـ سناریوی خروج: هر دو چراغ به‌طور کامل خاموش شوند.

۱۰ آزمایش عملکرد

این موارد را بررسی کنید:

ـ قطع و وصل مستقل هر چراغ از طریق کلید دوپل دیواری

ـ قطع و وصل مستقل هر چراغ از طریق اپلیکیشن موبایل

ـ عدم وجود چشمک‌زدن (Flicker) لامپ‌ها در حالت خاموش

ـ عملکرد درست سناریوها هنگام قطع و وصل مجدد برق شهر

ـ عدم داغ شدن غیرعادی ماژول رله داخل قوطی برق

۱۱ تحویل به کارفرما

در پایان:

ـ نام تجهیزات را در اپلیکیشن مرتب کنید.

ـ سناریوها را به کارفرما آموزش دهید.

ـ نحوه کنترل دستی در زمان قطع اینترنت را نشان دهید.

ـ دفترچه‌ها و رمز حساب کاربری را تحویل دهید.

ـ محل هاب، دیمر و فیوز مرتبط را ثبت کنید.

ـ از مدار و تنظیمات نهایی نسخه پشتیبان یا عکس تهیه کنید.

سؤال

۱ ترمینال‌های S_1 و S_2 روی ماژول هوشمند دقیقاً چه نقشی دارند؟ اگر کلید دیواری سنتی به آنها متصل نشود، آیا امکان کنترل چراغ‌ها از طریق گوشی همچنان وجود دارد؟

۲ فرض کنید کارفرما می‌خواهد به جای لامپ‌های LED، به هر کانال این ماژول یک پرژکتور ۱۰۰۰W متصل کند. آیا این کار از نظر فنی مجاز است؟ دلیل خود را با توجه به جریان مجاز ماژول توضیح دهید.

بیشتر بدانید

در پروژه‌های پیشرفته خانه هوشمند، ممکن است یک پروتکل به‌تنهایی پاسخ‌گوی تمام نیازهای ساختمان نباشد. به‌همین دلیل، سیستم KNX می‌تواند با کمک تجهیزات رابط یا گیت‌وی (Gateway) به سامانه‌های تخصصی روشنایی، تهویه مطبوع و دستیاران صوتی متصل شود. گیت‌وی پیام‌های دو سامانه متفاوت را دریافت کرده و به فرم قابل‌فهم برای سامانه دیگر تبدیل می‌کند.

DALI یک پروتکل تخصصی برای کنترل روشنایی است. با استفاده از آن می‌توان چراغ‌ها را به‌صورت جداگانه یا گروهی روشن و خاموش کرد، شدت نور را تغییر داد، سناریوهای روشنایی ایجاد کرد و وضعیت بعضی چراغ‌ها و درایورها را دریافت نمود. برای اتصال DALI به KNX از گیت‌وی KNX–DALI استفاده می‌شود. در این حالت، فرمان کلید یا حسگر KNX از طریق گیت‌وی به چراغ‌های DALI منتقل می‌شود؛ برای مثال، با فشردن یک کلید KNX می‌توان شدت نور چند چراغ DALI را هم‌زمان روی مقدار مشخصی تنظیم کرد.

کنترل تجهیزات HVAC با توجه به نوع دستگاه به روش‌های متفاوت انجام می‌شود. اسپلیت‌های معمولی ممکن است از طریق فرستنده مادون‌قرمز هوشمند، کنتاکت خشک یا گیت‌وی اختصاصی کنترل شوند. داکت‌اسپلیت‌ها و سیستم‌های VRF/VRV نیز معمولاً از طریق رابط‌های ارتباطی سازنده یا گیت‌وی‌هایی مانند KNX، Modbus و BACnet به سامانه هوشمند متصل می‌شوند. پس از ایجاد ارتباط، می‌توان روشن و خاموش‌شدن دستگاه، دمای مطلوب، حالت سرمایش یا گرمایش و سرعت فن را کنترل کرد؛ البته باید امکانات قابل‌کنترل هر دستگاه از روی کاتالوگ آن بررسی شود.

دستیاران صوتی مانند Google Assistant و Amazon Alexa امکان کنترل تجهیزات با فرمان صوتی را فراهم می‌کنند. برای این کار، سامانه خانه هوشمند از طریق یک سرور، کنترل‌کننده مرکزی یا گیت‌وی سازگار به دستیار صوتی متصل می‌شود. کاربر می‌تواند با گفتن فرمان‌هایی مانند «چراغ هال را خاموش کن» یا «پرده را ببند»، تجهیزات را کنترل کند. بهتر است عملکردهای اصلی و ایمنی ساختمان به اینترنت وابسته نباشند و دستیار صوتی تنها به‌عنوان یک روش کنترلی تکمیلی در نظر گرفته شود.



شکل ۴۴ــ هوشمندسازی پیشرفته

عیب‌یابی و نگهداری سیستم‌های هوشمند

در هر سیستم هوشمند، خطا ممکن است از منبع تغذیه، سیم‌کشی، شبکه ارتباطی، تنظیمات نرم‌افزاری، عملگر یا مصرف‌کننده نهایی ایجاد شده باشد. هدف عیب‌یابی آن است که محل خطا با روشی ایمن، مرحله‌به‌مرحله و بدون ایجاد تغییرات غیرضروری مشخص و برطرف شود. عیب‌یابی در این بخش فقط به یک برند یا پروتکل خاص محدود نیست و اصول کلی بررسی سامانه‌های هوشمندسازی ساختمان را بیان می‌کند.

اصول کلی عیب‌یابی سیستم هوشمند: سامانه هوشمند ساختمان از چند بخش مرتبط با یکدیگر تشکیل شده است. برای مثال، در یک مدار روشنایی KNX، کلید هوشمند فرمان را ایجاد می‌کند، شبکه باس آن را منتقل می‌کند، عملگر رله‌ای فرمان را دریافت می‌کند و در پایان چراغ روشن یا خاموش می‌شود. ایجاد مشکل در هریک از این بخش‌ها می‌تواند باعث عمل‌نکردن چراغ شود.

بنابراین، هنگام عیب‌یابی نباید بدون بررسی، مستقیماً یک تجهیز را خراب فرض کرد. بهتر است سیستم به پنج لایه تقسیم شود:

جدول ۷ــ لایه‌های عیب‌یابی

لایه	موارد قابل بررسی
تأمین انرژی	برق ورودی، فیوزها، منبع تغذیه، ولتاژ باس و تغذیه کمکی
بخش فیزیکی	کابل‌ها، ترمینال‌ها، قطب‌بندی، قطعی، اتصال کوتاه و حلقه ناخواسته
ارتباط شبکه	رابط USB یا IP، توپولوژی، آدرس فیزیکی و دسترسی به تجهیزات
برنامه‌ریزی	پارامترها، اشیای ارتباطی، آدرس‌های گروهی و برنامه بارگذاری‌شده
خروجی و مصرف‌کننده	رله، دیمر، موتور پرده، کنتاکتور، سیم‌کشی قدرت و خود مصرف‌کننده

قاعده اصلی این است که عیب‌یابی از ساده‌ترین و قابل‌مشاهده‌ترین موارد آغاز شود. برای مثال، پیش از تغییر آدرس‌های گروهی باید بررسی کرد که منبع تغذیه روشن است، ترمینال باس جدا نشده و تجهیز آسیب ظاهری ندیده باشد.

در هر مرحله فقط یک تغییر انجام دهید و نتیجه آن را ثبت کنید. تغییر هم‌زمان چند پارامتر باعث می‌شود مشخص نشود کدام تغییر مشکل را برطرف کرده یا خطای جدیدی ایجاد کرده است.

رعایت ایمنی پیش از شروع عیب‌یابی: در تابلوهای هوشمند، مدار باس کم‌ولتاژ در کنار مدار برق شهر، خروجی‌های رله، کنتاکتورها و تجهیزات قدرت قرار دارد. پایین‌بودن ولتاژ باس به این معنی نیست که تمام قسمت‌های تابلو ایمن هستند. بازکردن تابلو، اندازه‌گیری مدارهای برق شهر و تغییر سیم‌کشی قدرت باید در حالت بی‌برق و توسط فرد دارای صلاحیت انجام شود.

پیش از شروع کار باید موارد زیر انجام شوند:

۱ نقشه و پروژه مربوط به تابلو شناسایی شود.

۲ مدار معیوب و مصرف‌کننده مربوط به آن مشخص شود.

۳ برق بخش قدرت، در صورت نیاز، قطع و بی‌برقی آن آزمایش شود.
۴ از وضعیت اولیه سیم‌ها و ترمینال‌ها تصویر تهیه شود.
۵ پیش از تغییر برنامه، از پروژه ETS نسخه پشتیبان گرفته شود.
۶ از اتصال‌دادن سیم‌ها به‌صورت آزمایشی و بدون مراجعه به نقشه خودداری شود.

آزمون مقاومت و پیوستگی کابل باید فقط روی مدار بی‌برق انجام شود؛ زیرا مولتی‌متر در حالت اهم یا پیوستگی، جریان آزمایشی کوچکی وارد مدار می‌کند و اتصال آن به مدار برق‌دار ممکن است به مولتی‌متر یا تجهیزات متصل آسیب برساند. خاموش‌کردن کلید کافی نیست و باید بی‌برقی مدار نیز بررسی شود.

تذکر

هنرجو نباید بدون حضور مربی، ولتاژ برق شهر را در تابلو اندازه‌گیری یا سیم خروجی عملگرها را جابه‌جا کند.



شکل ۴۵ـ ایمنی پیش از عیب‌یابی

جمع‌آوری اطلاعات پیش از بازکردن تابلو

اولین مرحله عیب‌یابی، مشخص‌کردن دقیق نشانه خطاست. عبارت‌هایی مانند «سیستم کار نمی‌کند» یا «هوشمندسازی خراب شده» برای عیب‌یابی کافی نیستند. باید مشخص شود کدام عملکرد، در چه شرایطی و از چه زمانی دچار مشکل شده است.

پرسش‌های جدول ۸ به محدودکردن محل خطا کمک می‌کنند:

جدول ۸ــ اطلاعات قبل از عیب‌یابی

پرسش	نتیجه احتمالی
آیا کل سیستم از کار افتاده است؟	احتمال اشکال در برق، منبع تغذیه، شبکه اصلی یا رابط مرکزی
آیا فقط یک طبقه یا یک خط کار نمی‌کند؟	احتمال قطعی کابل، خرابی کوپلر یا مشکل منبع تغذیه همان خط
آیا فقط یک تجهیز پاسخ نمی‌دهد؟	احتمال قطع ترمینال، آدرس اشتباه، خرابی یا برنامه ناقص
آیا خروجی با دکمه دستی عمل می‌کند؟	بخش قدرت احتمالاً سالم و مشکل در فرمان یا برنامه‌ریزی است
آیا فرمان در Group Monitor دیده می‌شود؟	کلید و مسیر ارسال پیام احتمالاً سالم‌اند
آیا چراغ خروجی عملگر روشن می‌شود؟	رله فرمان را گرفته و مشکل ممکن است در سیم قدرت یا مصرف‌کننده باشد
آیا مشکل پس از تغییر برنامه ایجاد شده است؟	احتمال خطای پارامتر، آدرس گروهی یا Download
آیا مشکل گاهی ایجاد و گاهی برطرف می‌شود؟	احتمال اتصال شل، افت ولتاژ، نویز، تداخل یا تغذیه ناپایدار

همچنین باید مشخص شود آخرین تغییر سیستم چه بوده است. تعویض یک کلید، افزودن تجهیز جدید، تغییر سیم‌کشی، قطع برق، به‌روزرسانی برنامه یا تغییر شبکه رایانه‌ای می‌تواند نقطه شروع مناسبی برای جست‌وجوی خطا باشد.

عیب‌یابی فیزیکی شبکه KNX

الف) بازدید ظاهری

پیش از استفاده از ابزار اندازه‌گیری، تابلو و تجهیزات را به‌صورت ظاهری بررسی کنید. بسیاری از خطاها بدون مولتی‌متر قابل مشاهده‌اند.

موارد زیر باید بررسی شوند:

- خاموش‌بودن چراغ منبع تغذیه؛
- قرمزبودن یا چشمک‌زدن چراغ خطا؛
- خارج‌شدن ترمینال قرمز و مشکی باس؛
- شل‌شدن پیچ‌های خروجی؛
- تغییر رنگ، سوختگی یا بوی غیرعادی؛
- شکستگی بدنه یا ترمینال؛



شکل ۴۶ــ جمع‌آوری اطلاعات تابلو

- جابه‌جایی سیم‌ها پس از تعمیرات؛
- فعال‌ماندن حالت دستی روی عملگر؛
- قطع‌بودن فیوز تغذیه عملگر یا مصرف‌کننده؛
- اشتباه‌بودن شماره کانال و سیم خروجی.

وجود چراغ روشن روی یک تجهیز، به‌تنهایی سالم‌بودن کامل آن را ثابت نمی‌کند. ممکن است تغذیه برقرار باشد، اما برنامه کاربردی دانلود نشده یا ارتباط آن با باس قطع شده باشد.

ب) بررسی منبع تغذیه و ولتاژ باس

در شبکه KNX TP، منبع تغذیه انرژی لازم برای ارتباط تجهیزات را فراهم می‌کند. خروجی بسیاری از منابع تغذیه KNX حدود ۲۹ ولت DC است؛ بااین‌حال مقدار مجاز دقیق باید از کاتالوگ منبع تغذیه و تجهیزات همان پروژه بررسی شود.

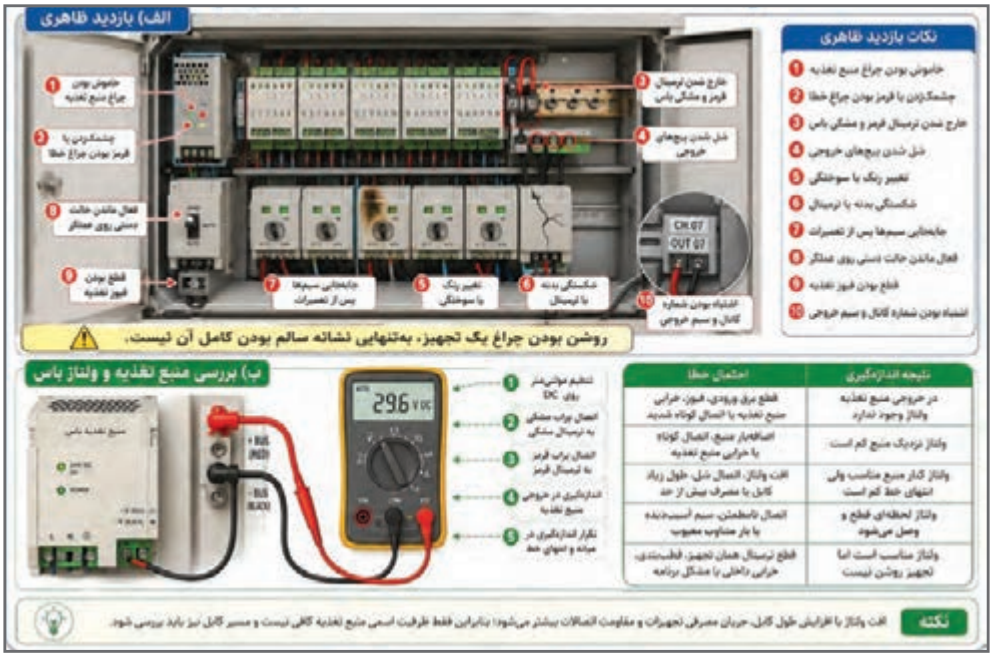
مراحل اندازه‌گیری ولتاژ باس

۱. مولتی‌متر را روی اندازه‌گیری ولتاژ مستقیم DC قرار دهید.
۲. پراب مشکی را به ترمینال مشکی و پراب قرمز را به ترمینال قرمز باس متصل کنید.
۳. ابتدا ولتاژ را در خروجی منبع تغذیه اندازه بگیرید.
۴. سپس اندازه‌گیری را در میانه شبکه و دورترین نقطه تکرار کنید.
۵. مقادیر را در جدول گزارش کار ثبت و با یکدیگر مقایسه کنید.

جدول ۹ــ اندازه‌گیری‌های مختلف جهت عیب‌یابی

نتیجه اندازه‌گیری	احتمال خطا
در خروجی منبع تغذیه ولتاژ وجود ندارد	قطع برق ورودی، فیوز، خرابی منبع تغذیه یا اتصال کوتاه شدید
ولتاژ نزدیک منبع کم است	اضافه‌بار منبع، اتصال کوتاه یا خرابی منبع تغذیه
ولتاژ کنار منبع مناسب ولی انتهای خط کم است	افت ولتاژ، اتصال شل، طول زیاد کابل یا مصرف بیش از حد
ولتاژ لحظه‌ای قطع و وصل می‌شود	اتصال نامطمئن، سیم آسیب‌دیده یا بار متناوب معیوب
ولتاژ مناسب است اما تجهیز روشن نیست	قطع ترمینال همان تجهیز، قطب‌بندی، خرابی داخلی یا مشکل برنامه

افت ولتاژ با افزایش طول کابل، جریان مصرفی تجهیزات و مقاومت اتصالات بیشتر می‌شود. برای نمونه، در یکی از مطالب فنی KNX نشان داده شده است که تعداد زیاد تجهیزات در یک کابل طولانی می‌تواند افت ولتاژ قابل‌توجهی ایجاد کند؛ بنابراین فقط ظرفیت اسمی منبع تغذیه کافی نیست و مسیر کابل نیز باید بررسی شود.



شکل ۴۷ــ عیب‌یابی شبکه هوشمند

ج) تشخیص قطعی کابل باس

اگر یک گروه از تجهیزات از شبکه خارج شده‌اند، ممکن است کابل پیش از آنها قطع شده باشد. نشانه‌های قطعی کابل عبارت‌اند از:

- چند تجهیز پشت سر هم قابل دسترسی نیستند؛
- در ابتدای مسیر ولتاژ وجود دارد ولی در ادامه وجود ندارد؛
- با تکان‌دادن کابل یا ترمینال، ارتباط لحظه‌ای برقرار می‌شود؛
- پس از تعمیرات ساختمانی یا سوراخ‌کاری، یک بخش از شبکه از کار افتاده است.

روش بررسی قطعی

۱ منبع تغذیه باس را خاموش کنید.
۲ بی‌برقی خط را با مولتی‌متر کنترل کنید.
۳ تجهیزات یا شاخه مورد آزمایش را از مدار جدا کنید.
۴ مولتی‌متر را روی حالت پیوستگی قرار دهید.
۵ ابتدا سلامت سیم‌های رابط مولتی‌متر را بررسی کنید.
۶ دو سر هر رشته کابل را آزمایش کنید.
۷ در صورت نبود پیوستگی، مسیر را از جعبه‌های تقسیم میانی به بخش‌های کوچک‌تر تقسیم کنید.
۸ محل آخرین نقطه سالم و اولین نقطه معیوب را مشخص کنید.

اندازه‌گیری مقاومت روی شبکه‌ای که تجهیزات الکترونیکی متعدد به آن متصل‌اند ممکن است نتیجه گمراه‌کننده ایجاد کند. بنابراین بهتر است بخش مورد آزمایش تا حد امکان از تجهیزات و شاخه‌های موازی جدا شود.

د) تشخیص حلقه یا Loop در کابل‌کشی

در KNX TP می‌توان از ساختار خطی، درختی، ستاره‌ای یا ترکیبی از این ساختارها استفاده کرد؛ اما بستن ابتدا و انتهای مسیر به یکدیگر و ایجاد ساختار حلقوی مجاز نیست.

در یک حلقه ناخواسته، یک نقطه شبکه از دو مسیر به منبع یا نقطه قبلی متصل می‌شود. این وضعیت می‌تواند باعث شود هنگام جداکردن یک کابل، تجهیزات همچنان از مسیر دیگری تغذیه شوند و پیداکردن محل قطعی یا شاخه‌ها دشوار شود.

روش تشخیص حلقه

۱ نقشه کابل‌کشی و جعبه‌های تقسیم بررسی شوند.

۲ در نقطه‌ای مشخص، یکی از شاخه‌ها جدا شود.

۳ بررسی شود آیا سمت جداشده همچنان ولتاژ دارد.

۴ اگر پس از قطع مسیر اصلی، ولتاژ از جهت دیگری باقی مانده باشد، احتمال مسیر بازگشتی وجود دارد.

۵ شاخه‌های متصل به جعبه‌های تقسیم به‌ترتیب جدا و نام‌گذاری شوند.

۶ مسیر اضافی پیدا و مطابق نقشه اصلاح شود.

در اینجا منظور از حلقه، شکل ظاهری خم‌شدن کابل نیست؛ بلکه ایجاد یک مسیر الکتریکی بسته و بازگشت کابل به نقطه قبلی است.

عیب‌یابی رابط ارتباطی و توپولوژی

رابط ارتباطی، رایانه را به شبکه هوشمند متصل می‌کند. در سیستم KNX معمولاً از رابط USB یا KNX/IP استفاده می‌شود. اگر رابط به‌درستی انتخاب نشده باشد، ETS نمی‌تواند تجهیزات را برنامه‌ریزی یا پایش کند، حتی اگر شبکه و تجهیزات سالم باشند.

موارد قابل بررسی در رابط USB

- اتصال کابل USB به رایانه؛
- سالم‌بودن کابل؛
- شناسایی رابط در ETS؛
- اتصال رابط به باس؛
- روشن‌بودن LEDهای USB و KNX؛
- استفاده‌نشدن رابط توسط برنامه یا پنجره دیگر؛
- تطابق آدرس رابط با خط پروژه؛
- نصب صحیح درایور، در صورت نیاز سازنده.

موارد قابل بررسی در رابط IP

- روشن‌بودن رابط یا روتر KNX/IP؛
- اتصال کابل شبکه؛
- قرارداشتن رایانه و رابط در شبکه مناسب؛
- تنظیم درست IP، Subnet و Gateway؛
- شناسایی رابط در Connection Manager؛
- اشغال‌نبودن همه اتصال‌های Tunneling؛

- تطابق رسانه و توپولوژی پروژه؛
- نبود محدودیت فایروال یا شبکه محلی.

ETS می‌تواند از اتصال تعیین‌شده برای پروژه یا اتصال انتخاب‌شده عمومی‌استفاده کند. اگر اتصال پروژه تعریف شده ولی در دسترس نباشد، نرم‌افزار هشدار می‌دهد. همچنین بازماندن یک ارتباط آنلاین می‌تواند باعث شود رابط برای عملیات بعدی در حال استفاده تشخیص داده شود.

نکته

هشدار ناهماهنگی رسانه

اگر خط پروژه از نوع IP تعریف شده باشد ولی رابط به یک خط TP متصل باشد، ETS ممکن است پیام Interface Check یا هشدار ناهماهنگی رسانه نمایش دهد. در این وضعیت باید توپولوژی واقعی پروژه بررسی شود؛ نه اینکه هشدار بدون بررسی نادیده گرفته شود.

خطاهای رایج Download در ETS

خطاهای Download ممکن است در مرحله انتقال آدرس فیزیکی، برنامه کاربردی، پارامترها یا ارتباطات گروهی رخ دهند.

جدول ۱۰ـ خطاهای رایج در هنگام دانلود در نرم‌افزار

نشانه یا پیام خطا	علت احتمالی	اقدام پیشنهادی
تجهیز پاسخ نمی‌دهد	قطع باس، ولتاژ نامناسب یا آدرس اشتباه	ولتاژ، ترمینال و آدرس را بررسی کنید
دکمه Programming درخواست می‌شود	تجهیز مناسب مشخص نشده است	دکمه همان تجهیز را فشار دهید
چند تجهیز در Programming Mode هستند	بیش از یک LED برنامه‌ریزی روشن است	حالت Programming سایر تجهیزات را خاموش کنید
آدرس از قبل استفاده شده است	دو تجهیز آدرس فیزیکی یکسان دارند	Line Scan و آدرس‌ها را بررسی کنید
رابط در حال استفاده است	Bus Monitor یا اتصال دیگری فعال است	ابزار آنلاین دیگر را متوقف کنید
رسانه رابط و خط متفاوت است	خط IP، TP یا RF اشتباه تعریف شده	توپولوژی و Interface را اصلاح کنید
برنامه کاربردی ناسازگار است	فایل محصول با مدل واقعی مطابقت ندارد	کد فنی و فایل knxprod. را کنترل کنید
Download نیمه‌کاره متوقف می‌شود	قطع ارتباط، تغذیه یا کابل	اتصال و پایداری شبکه را بررسی و دوباره دانلود کنید
فقط پارامتر جدید اجرا نمی‌شود	Application Download کامل نشده	Download Application یا Download All انجام دهید

نگهداری پیشگیرانه

هدف نگهداری پیشگیرانه این است که خطا پیش از ایجاد توقف جدی شناسایی شود. برنامه نگهداری باید متناسب با نوع ساختمان، حساسیت سیستم و دستورالعمل سازندگان تنظیم شود.

اقدامات پیشنهادی عبارت‌اند از:

۱. نگهداری آخرین نسخه پروژه ETS؛
۲. تهیه نسخه پشتیبان پس از هر تغییر؛
۳. ثبت نام، مدل، کد فنی و آدرس هر تجهیز؛
۴. نصب برچسب روی کابل‌ها و کانال‌های عملگر؛
۵. ثبت تغییرات برنامه‌ریزی؛
۶. بررسی دوره‌ای ترمینال‌ها و علائم گرم‌شدن؛
۷. کنترل وضعیت منبع تغذیه و چراغ‌های خطا؛
۸. آزمایش دستی خروجی‌های مهم؛
۹. آزمایش سناریوهای ایمنی مانند نشت گاز و آتش؛
۱۰. بررسی باتری تجهیزات بی‌سیم؛
۱۱. ذخیره گزارش‌های خطا و زمان وقوع آنها؛
۱۲. تهیه نقشه نهایی اجراشده یا As-Built.

قبل از تعویض یا بازنشانی کارخانه‌ای یک تجهیز، باید پروژه و اطلاعات آن ذخیره شود. بازنشانی بدون برنامه ممکن است آدرس فیزیکی، کلیدهای امنیتی یا پارامترهای تجهیز را حذف کند و خطای اولیه را پیچیده‌تر سازد.

در عیب‌یابی سیستم هوشمند نباید نرم‌افزار، کابل یا تجهیز خاصی بدون آزمایش مقصر شناخته شود. ابتدا باید مشخص شود فرمان تولید می‌شود یا نه، پیام به شبکه وارد می‌شود یا نه، عملگر آن را دریافت می‌کند یا نه و خروجی فیزیکی سالم است یا خیر.

بهترین روش، جداکردن سیستم به بخش‌های کوچک و آزمایش مرحله‌ای آنهاست. اندازه‌گیری ولتاژ، تست دستی عملگر و استفاده از Group Monitor سه آزمایش اصلی هستند که در بسیاری از موارد، محل خطا را بین بخش فیزیکی، برنامه‌ریزی و خروجی مشخص می‌کنند.

پس از رفع عیب نیز باید سیستم در حالت‌های مختلف آزمایش، حالت دستی غیرفعال، پروژه ذخیره و گزارش تعمیر تکمیل شود. عیب‌یابی زمانی کامل است که علاوه بر رفع نشانه، علت اصلی خطا نیز شناسایی و از تکرار آن جلوگیری شود.



شکل ۴۸ــ اقدامات پیشگیرانه

کار عملی

هدف: طراحی و اجرای سناریوی «خروج از خانه» با نرم‌افزار ETS 6، نرم‌افزار KNX Virtual و تجهیزات واقعی KNX

ابزار، مواد و تجهیزات: کلید هوشمند، عملگر رله‌ای، عملگر پرده، منبع تغذیه، رابط USB، رایانه دارای نرم‌افزار و...

بخش اول: طراحی سناریو روی کاغذ

هر هنرجو می‌بایست روی کاغذ سناریو را طراحی و جدول را رسم نموده و محرک ها و اهداف را بنویسد.

بخش دوم: ایجاد پروژه در ETS 6

هنرجویان با توجه به گروه‌بندی اعلامی‌توسط مربی کارگاه با استفاده از رایانه، پروژه‌ای ایجاد نموده، ساختار فیزیکی فضاها را وارد نرم‌افزار نموده، تجهیزات را ثبت و آدرس‌های مناسب را ایجاد نمایند.

بخش سوم: شبیه‌سازی با KNX Virtual

ابتدا با توجه به آموخته‌های قبلی و با استفاده از نرم‌افزار KNX Virtual، شبیه‌سازی را انجام داده و نتیجه را به مربی کارگاه نشان دهند.

بخش چهارم: نصب فیزیکی تجهیزات

هنرجویان مدار اتصالات تجهیزات را در دفتر گزارش کار رسم نمایند. سپس به‌صورت گروهی تجهیزات را روی تابلو مونتاژ نموده و با اتصال به رایانه برنامه را روی تجهیزات دانلود نموده و در حضور مربی کارگاه عملکرد مدار و سناریو را آزمایش نمایند.

بخش پنجم: پرسش

هنرجویان پرسش‌های زیر را در دفتر گزارش کار نوشته و پاسخ‌های آنها را یادداشت نمایند.

۱ تفاوت آدرس فیزیکی و آدرس گروهی چیست؟

۲ چرا برای چراغ‌های مختلف از آدرس‌های گروهی جداگانه استفاده شد؟

۳ نقش کنترل‌کننده سناریو در این پروژه چیست؟

۴ اگر کنترل‌کننده سناریو حذف شود، آیا کنترل محلی چراغ‌ها باید همچنان کار کند؟

۵ چرا برای کنترل پرده از دو فرمان Move و Step/Stop استفاده می‌شود؟

۶ اگر پرده در جهت مخالف حرکت کند، کدام موارد باید بررسی شوند؟

۷ چگونه با Group Monitor مشخص می‌کنید کلید فرمان را ارسال کرده است؟

۸ اگر خروجی عملگر با دکمه دستی کار کند اما از طریق کلید عمل نکند، خطا احتمالاً در کدام بخش است؟

۹ هنگام انتقال پروژه مجازی به تجهیزات واقعی، کدام قسمت‌ها ثابت می‌مانند و کدام قسمت‌ها تغییر می‌کنند؟

۱۰ چرا پس از برنامه‌ریزی، جداکردن رابط USB نباید عملکرد سیستم را متوقف کند؟

خودآزمایی

۱ روش‌های هوشمندسازی سیمی و بی‌سیم را از نظر پایداری ارتباط، کابل‌کشی، هزینه اولیه، توسعه‌پذیری، نگهداری و وابستگی به باتری مقایسه کنید. برای یک ساختمان نوساز و یک ساختمان ساخته‌شده، روش مناسب را پیشنهاد دهید.

۲ وظایف هاب یا Gateway را در یک سیستم بی‌سیم توضیح دهید. سپس تفاوت هاب با عملگر را با ذکر یک مثال از کنترل روشنایی بیان کنید.

۳ برای کاربردهای زیر پروتکل مناسب‌تر را از میان Z-Wave، Bluetooth، Wi-Fi و Zigbee انتخاب کرده و دلیل خود را بنویسید:

الف) دوربین انتقال تصویر؛ ب) حسگر باتری‌دار در و پنجره؛

ج) قفل هوشمند نزدیک تلفن همراه؛ د) شبکه‌ای شامل تعداد زیادی حسگر در یک واحد مسکونی.

۴ دو تجهیز با نشان Zigbee تهیه شده‌اند، اما به یکدیگر متصل نمی‌شوند. چهار علت احتمالی این ناسازگاری را بنویسید و توضیح دهید پیش از خرید تجهیزات چه مواردی باید بررسی شوند.

۵ در یک مدار Zigbee، چراغ از طریق کلید دیواری روشن می‌شود، اما در برنامه تلفن همراه پاسخ نمی‌دهد. یک روند عیب‌یابی مرحله‌ای طراحی کنید و وضعیت برق، ماژول، هاب، Pairing، شبکه، نام‌گذاری کانال‌ها، اینترنت و کنترل محلی را بررسی نمایید.

ارزشیابی شایستگی ارزیابی عملکرد سناریو در خانه هوشمند

نام و نام خانوادگی:		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:		
کد حرفه	۷۴۱۱۱۲	حرفه	برقکاران	کدپیمانه/پودمان	۷۴۱۱۱۲۰۳۵	استاندارد عملکرد کار: توانایی راه اندازی تجهیزات و سامانه خانه هوشمند
کد وظیفه شغل	۷۴۱۱۱۲۰۳	وظیفه شغل	طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان های هوشمند	سطح صلاحیت	L۲	
کد کار	۷۴۱۱۱۲۰۳۵۲	کار	ارزیابی عملکرد سناریو در خانه هوشمند	سطح شایستگی	مهارت	

ردیف	مرا حل کار	شرایط انجام کار (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	بررسی نرم افزار	ماژول و قطعات سامانه خانه هوشمند، رایانه، جعبه ابزار سیم‌کشی ۶۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	خروجی نرم افزار متناسب با دستورالعمل‌های جدید	۳	
				تطبیق سناریو وعملکرد	۲	
				بررسی نرم افزار	۱	
۲	ارزیابی خروجی نرم افزار	ماژول و قطعات سامانه خانه هوشمند، رایانه، جعبه ابزار سیم‌کشی ۶۰ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	گزارش‌گیری از خروجی و تحلیل آن	۳	
				گزارش‌گیری از خروجی	۲	
				اطلاع از عملکرد خروجی	۱	
۳	تست سامانه خانه هوشمند	ماژول و قطعات سامانه خانه هوشمند، رایانه، جعبه ابزار سیم‌کشی ۴۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	سیم‌کشی مشابه دستورالعمل شرکت سازنده	۳	
				تطبیق سیم‌کشی قطعات خانه هوشمند ومصرف کننده ها	۲	
				بررسی سیم‌کشی قطعات	۱	
۴	کنترل روشنایی‌ها مطابق سناریو	ماژول و قطعات سامانه خانه هوشمند، رایانه، جعبه ابزار سیم‌کشی ۷۵ دقیقه کارگاه فتوولتاییک و خانه هوشمند	مشاهده کار عملی و محاسبات	تغییر سناریو و بررسی مجدد	۳	
				کنترل روشنایی‌ها مطابق سناریو	۲	
				تعریف سناریو	۱	
شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:		استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نظم و نظافت محیط کار، استفاده صحیح از ابزار و تجهیزات، مدیریت پسماندها و ضایعات، همکاری با دیگران، مسئولیت‌پذیری و رعایت اخلاق حرفه‌ای در طول انجام فعالیت‌ها	مشاهده مستقیم، چک‌لیست رفتاری، ثبت عملکرد، پرسش شفاهی، ارزیابی مستمر در حین کار	رعایت نسبی اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، با خطاهای جزئی در حین انجام کار.	۲	
				عدم رعایت اصول ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست‌محیطی، یا بروز خطاهای جدی در نگرش و رفتار کاری.	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از مراحل تست سامانه خانه هوشمند و کنترل روشنایی‌ها مطابق سناریو (مراحل بحرانی)

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

* مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

* تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

منابع

- برنامه درسی درس طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند رشته الکتروتکنیک ۱۴۰۳، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی ـ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
- سایت سازمان بهره‌وری و انرژی‌های تجدیدپذیر (سابتا)
- مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۳
- طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند، محمد حسن اسلامی و دیگران، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۴۰۳

Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز الکتروتکنیک (۱) و (۲)

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز الکتروتکنیک

خرید و دانلود

دانلود منابع آزمون استخدامی استادکار الکتروتکنیک

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات عمومی و تخصصی استخدام آموزش و پرورش

خرید و دانلود

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن

و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس: ۰۲۱-۹۱۳۰۰۱۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir