سازمان نظام مهندسی ساختمان
استان البرز

راهنمای مبحث ۱۹ مقرّرات ملّی ساختمان

استان البرز

راهنمای مبحث ۱۹ مقرّرات ملّی ساختمان
(صرفه جویی در مصرف انرژی)

تاسیسات برقی استان البرز

راهنمای مبحث ۱۹ مقرّرات ملّی ساختمان

(صرفه‌جویی در مصرف انرژی)

تاسیسات برقی استان البرز

اسامی نویسندگان و اطلاعات کتاب

نام کتاب : راهنمای مبحث ۱۹ مقرّرات ملّی ساختمان (صرفه‌جویی در مصرف انرژی)

هیئت تدوین کنندگان بر اساس حروف الفبا خانم ها و آقایان :

مهندس مهدی اسماعیلی

مهندس ندا خسروی

مهندس علی داداشی

دکتر علی سعادتی

مهندس مینا کریمایی

مهندس الهه محمدی حبشی

پیشگفتار

درجهان امروزی بهینه‌سازی مصرف انرژی و به دنبال آن حفظ و نگهداری محیط زیست بسیار مهم است و برای حضور در عرصه‌ی بین‌الملل باید ملاک عمل قرار گیرد. بهینه‌سازی مصرف انرژی به معنای استفاده از پیشرفته‌ترین تکنولوژی‌ها و ایجاد آگاهی و فرهنگ صحیح مصرف انرژی است و این مهم در سه مسیر قابل اجراست: مسیر اول روش‌هایی هستند که هزینه‌ای نداشته باشند مثل استفاده‌کردن درست از وسایل و دستگاه‌ها، استفاده بیشتر از نور طبیعی در روز، استفاده از دورکند فن کویل‌ها، تنظیم دمای ترموستات چیلرها و خاموش‌کردن تجهیزات برقی در هنگام خروج از محل کار، خاموش کردن کلیه‌ی تجهیزات برقی غیرضروری، خاموش‌کردن سیستم‌های سرمایشی پس از ساعات اداری و ساعات اوج مصرف برق از ساعت ۱۵ به بعد و همچنین استفاده از مولدهای اختصاصی در شرایط خاص، نسبت به کاهش بار سرمایشی و روشنایی، مسیر دوم روش‌هایی که هزینه دارند ولی هزینه‌ی چندان زیادی نیست مثل نگهداری و تعمیرات تجهیزات مصرفی، اندازه‌گیری میزان مصرف انرژی در دستگاه‌های مختلف یک کارخانه و نظارت بر تغییر مصرف دستگاه‌ها، عایق کاری لوله‌ها و کانال‌ها، اجرای برنامه‌های آموزشی در خصوص روش‌های کاهش انرژی. مسیر سوم روش‌های پرهزینه هستند، در این روش‌ها باید تغییرات اساسی جهت بهبود مصرف انرژی دردستگاه‌ها و تاسیسات و ساختمان به وجود آورد. عدم استفاده از سه مسیر مطرح شده منجر به مصرف بی رویه انرژی می‌شود و پیامد آن، این است که سرمایه کشور به طور عمده برای ایجاد زیر ساخت‌های مورد نیاز عرضه انرژی اختصاص می‌یابد. تولید انرژی یکی از مهمترین اجزای زیر بنای اقتصادی جامعه بوده وتداوم فعالیت در بخش تولید و خدماتی و بهبود کیفیت زندگی مردم مستلزم تامین اشکال گوناگون انرژی به مقدار کافی است. همانطور که می‌دانیم انرژی تولیدی در یک کشور به طور عمده در سه بخش صنعت، ساختمان و حمل ونقل مصرف می‌شود. از آن‌جایی که امکان بالقوه کاهش انرژی در بخش ساختمان بیشتر از دو بخش دیگر است و کاهش مصرف انرژی در این حوزه ساده‌تر می باشد، این امر با سرمایه‌گذاری کمتری نسبت به بخش‌های دیگر قابل دسترس خواهد بود. در بخش ساختمان اصلاح رفتار مصرف‌کننده و فناوری‌های صرفه‌جویی انرژی مطرح است، اگر ساختمان‌ها بر اساس اصول صحیح ساخته نشده باشند، مصرف‌کننده هر چقدر هم تلاش کند نمی‌تواند در کاهش مصرف نقش داشته باشد. در این راستا دفتر مقرّرات ملّی اولین کتاب مبحث ۱۹ را در سال ۱۳۸۴ در اختیار مهندسان قرار داد و در سال ۱۳۹۹ پس از بازنگری و ویرایش جدید مبحث را ارائه نمود که البته در بخش برق بسیار کامل‌تر مطرح شده و با توجه به پیشرفت تکنولوژی هر روز جای به روزآوری و توسعه را دارد؛ کمااینکه در تاریخ نگارش این کتاب ویرایش بعدی

مبحث ۱۹ در حال بررسی و نظرسنجی است. با وجود اینکه سازندگان مکلف به اجرای این مبحث هستند، اما هنوز رعایت آن به طور تاثیرگذار و قوی انجام نمی‌شود و نتیجه‌ی آن صدور مجوزهای است که عملاً فاقد مبحث ۱۹بوده و موجب مصرف بیش از حد انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای می شود. کتاب حاضر برای ساده‌تر شدن مبحث ۱۹ و بازنمایی آن به عنوان راهنمای آن مبحث گردآوری شده است، شاید کمکی باشد در جهت نیل به اجرایی شدن آن مهم و در نهایت حفظ محیط زیست و سلامت انسان.

و در پایان از همکاران و اساتید بزرگواری که روشنایی بخش راه بودند قدردانی نموده و از همه مهندسان، دست اندرکاران و صاحبان صنایع ذیربط دعوت به عمل می‌آوریم در تکمیل موضوع یاریگر ما باشند. و همچنین از همکاران ارجمند و گرامی خواهشمندیم با نظرات و پیشنهادات خود ما را در جهت بهبود و به روزرسانی مطالب بهره‌مند فرمایند.

ومن الله توفیق

فهرست

مقدمه

فصل اوّل - حوزه شمول و کلیّات ۱

فصل دوّم - انشعابات برق ۱۲

فصل سوّم – انتخاب ترانسفورماتور..... ۱۹

فصل چهارم – مولد نیروی برق اضطراری ۲۱

فصل پنجم – منبع تغذیه برق بدون وقفه ۲۹

فصل ششم – بانک خازن ۴۱

فصل هفتم – تلفات ۵۲

فصل هشتم – روشنایی ۵۷

فصل نهم – انرژی‌های تجدیدپذیر ۸۲

فصل دهم – موتورهای برقی ۹۶

فصل یازدهم – آسانسور ۱۱۴

فصل دوازدهم – سیستم‌های اندازه‌گیری ۱۱۷

پیوست ۱ – نکات قابل توجه در نظارت و طراحی تاسیسات برقی ساختمان ها بر اساس مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

منابع

مقدمه

با توجه به کمبود ذخایر انرژی و بحرانی شدن اوضاع فعلی، مصرف بیش از حد انرژی علاوه بر دامن‌زدن به مساله بحران انرژی در جهان، سبب تشدید آلودگی محیط زیست نیز می‌گردند. ساختمان‌ها یکی از بزرگترین منابع اتلاف انرژی محسوب می شوند، که یکی از راه‌حل‌ها، کنترل و تنظیم شرایط محیط زندگی در داخل ساختمان می‌باشد.

در کشور ایران در تاریخ ۱۳۸۹/۱۲/۱۴ قانون اصلاح الگوی مصرف به تایید مجلس و شورای نگهبان رسید. ماده ۱۸ آن در اجرای قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان، وزارت راه و شهرسازی را مورد خطاب قرارداده است و از مفاد آن، جهت‌گیری به سمت ساختمان سبز و صدور گواهی ممیزی و تعیین رده انرژی ساختمان‌ها است، در تاریخ ۱۳۹۶/۰۷/۳۰ آیین‌نامه اجرایی صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها به تصویب هیأت وزیران رسید. در تاریخ ۱۴۰۰/۰۸/۲۴ ضوابط صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها مصوب هیأت وزیران گردید، به موجب آن پایان‌کار به ساختمان‌های جدیدالاحداث از ابتدای سال ۱۴۰۲ منوط به رعایت مبحث (۱۹) مقررات ملی ساختمان می‌باشد.

در تاریخ ۱۴۰۲/۰۸/۱۲ شورای عالی انرژی در ماده ۶ ، وزارت کشور را موظف نموده است با کمک شهرداری و همکاری وزارت راه و شهرسازی کنترل مضاعف بر اجرایی شدن مبحث ۱۹ از طریق سامانه پایش مصرف انرژی ساختمان داشته باشند.

با توجه به تاکید روی صرفه‌جویی انرژی و تاثیر بسزای آن روی محیط زیست، بهتر است کیفیت ساختمان‌ها و قیمت گذاری‌ها و رقابت‌ها بر مبنای مبحث ۱۹ شکل گیرد. در واقع هدف از رعایت مبحث ۱۹ و صرفه‌جویی انرژی، کاهش مصرف انرژی و آسایش ساکنین ساختمان توأمان می باشد.

در این کتاب، مبحث های مطرح شده در رشته برق در قالب ۱۲ عنوان، منطبق با کتاب مبحث ۱۹ تشریح و مصور شده است. در بعضی از قسمت‌های کتاب پیش رو، به منظور جلوگیری از تکرار مطالب و جهت توضیح بهتر ، به جداول، اشکال و بندهای مورد نظر از کتاب مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ارجاع شده و در پاورقی شماره بند مبحث آمده است. این عنوان‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

۱- حوزه شمول و کلیات : در این فصل نمودار مصرف برق یک مشترک مسکونی و تجاری از شرکت توزیع برق استان البرز برای نمونه آورده شده است و در مورد اثر شرایط محیط در محل نصب تجهیزات و... آمده است.

۲- انشعابات برق : فصل پیرامون مطالب مربوط به انشعابات فشار ضعیف ۴۰۰ ولت و فشار قوی ۲۰ کیلو ولت و... پرداخته است.

۳- انتخاب ترانسفورماتور : چرایی بررسی ترانسفورماتور در مبحث ۱۹ و تاثیر آن در صرفه‌جویی انرژی بررسی شده است.

۴- مولد نیروی برق اضطراری :موارد استفاده از ژنراتور، نحوه محاسبه ظرفیت ژنراتور ، اتاق ژنراتور و... برای مهندس طراح و ناظر گردآوری شده است.

۵- منبع برق بدون وقفه (UPS) : تاثیر UPS در صرفه‌جویی انرژی و نکات مهم انتخاب آن و... پیرامون مباحث کتاب تشریح شده است.

۶- بانک خازن : دلیل استفاده از بانک خازن در صرفه‌جویی انرژی و رگولاتر بانک خازن و... توضیحاتی آورده شده است.

۷- تلفات : نحوه محاسبه و انتخاب و چینش کابل و هارمونیک‌ها در این فصل مطابق مبحث ۱۳ مطرح گردیده است.

۸- روشنایی : روشنایی طبیعی، سطح کار، انواع لامپ‌ها و انتخاب آن‌ها بر اساس رده انرژی، مدیریت روشنایی و محاسبات روشنایی بیان شده است.

۹- انرژی تجدیدپذیر : اجزای اصلی سیستم خورشیدی و محاسبات آن و... آورده شده است.

۱۰- موتورهای برقی: راندمان و برچسب انرژی موتور وسافت استارتر و فن‌ها و پمپ‌ها و چیلرها و... بحث و بررسی گردیده است.

۱۱- آسانسور: در مورد آسانسور گیرلس و گیربکس‌دار بحث و مقایسه آن دو در صرفه‌جویی انرژی شده است.

۱۲- سیستم‌های اندازه‌گیری: انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری معرفی شده است و اهمیت این فصل در صرفه جویی انرژی مطرح گردیده است.

در پایان از کارگروه مبحث نوزده استان البرز، رییس و دبیر کارگروه و مسوولان نظام مهندسی و همه کسانی که یاریگر گردآوری این کتاب راهنما بودند، صمیمانه تشکر می‌گردد.

هیئت تدوین کنندگان راهنمای مبحث نوزده- تاسیسات برقی

فصل اول

حوزه شمول و کلیّات

هدف :

چه ساختمان هایی مشمول مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان هستند؟ این ساختمان ها با چه رده انرژی طراحی و اجرا می گردند؟

رده‌بندی انرژی ساختمان شاخصی است که حد کیفیت ساختمان از نظر مصرف انرژی را نشان می‌دهد که در جدول ۱-۱معرفی شده است.

جدول ۱-۱ رده انرژی

رده انرژی	میزان مصرف انرژی	اجباری
EC	پایین ترین رده انرژی مطابق مبحث ۱۹	اجباری برای همه ی ساختمان‌ها
EC^{+}	کم انرژی	نیست
EC^{++}	بسیار کم انرژی	نیست
ECNZ	نزدیک به صفر	نیست

تا زمانی که الزامی برای دستیابی به رده‌های انرژی (EC^{+})، (EC^{++})، (ECNZ) در دستورالعمل ها و بخش نامه های صادر شده توسط وزارت راه و شهرسازی مطرح نشده باشد، دستیابی به این رده‌ها اختیاری است.

چهار روش طراحی مطابق با مبحث ۱۹

تجویزی

موازنه‌ای (کارکردی)

نیاز انرژی

کارایی انرژی

نکته: در تاسیسات برقی در سه روش اول محاسبات یکسان است و در روش کارایی انرژی با نرم افزار شبیه سازی صورت می گیرد.

در طراحی، نظارت و اجرای مبحث ۱۹ ، چهار گام نخست شامل موارد زیر است:

گام ۱: تعیین لازم الاجرا بودن مبحث ۱۹ برای ساختمان مورد نظر(۱۹-۱-۱) از جدول ۱-۲

جدول ۱-۲ ساختمان های لازم الاجرای مبحث ۱۹

ساختمان‌های لازم الاجرا بودن مبحث ۱۹	ساختمان‌هایی که لازم نیست مبحث ۱۹اجرا شود
ساختمان‌های جدید که با مصرف انرژی، گرم و سرد می‌شوند	ساختمان نگهداری حیوانات
سیستم ها و تجهیزاتی که در تاسیسات برقی و مکانیکی سرمایش و گرمایش ساختمان، مورد استفاده قرار می‌گیرند.	فضای داخل ساختمان که در ارتباط مستقیم با فضای بیرون باشد
	ساختمان‌های موقت با دوره بهره‌برداری کمتر از ۲ سال
	ساختمان‌های موجود که اقدامات بازسازی و بهسازی روی آن دارای محدودیت باشد
	انرژی که برای فرآیند تولید در داخل ساختمان استفاده می‌شود.

گام ۲: تعیین گونه و گروه ساختمانی (۱۹-۲-۲ و پیوست‌های ۳و۴)

ابتدا از جدول پیوست ۳ کتاب مبحث ۱۹، مطابق جدول ۱-۳ درجه‌ی انرژی شهر مورد نظر را پیدا می‌کنیم. اگر آن شهر در جدول نبود، نزدیکترین شهر را انتخاب می‌کنیم. به عنوان مثال اشتهارد در جدول فوق نیست و از نظر جغرافیایی به بوئین زهرا نزدیکتر است.

جدول ۱-۳ گونه بندی درجه انرژی (گرماییی- سرمایی) سالانه شهرها

شماره	مناطق کرج	نام شهر نزدیک به منطقه	درجه انرژی	نیاز غالب	
				گرمایش	سرمایش
۱۸۱	شرق کرج	کرج	متوسط	*	
۱۸۱	هشتگرد	کرج	متوسط	*	
۱۸۱	چهارباغ	کرج	متوسط	*	
۱۸۱	غرب	کرج	متوسط	*	
۵۹	نظرآباد	بوئین زهرا	متوسط	*	
۱۸۱	مهرشهر	کرج	متوسط	*	

ادامه جدول ۱-۳ گونه بندی درجه انرژی (گرماییی- سرمایی) سالانه شهرها

شماره	مناطق کرج	نام شهر نزدیک به منطقه	درجه انرژی	نیاز غالب	
				گرمایش	سرمایش
۵۹	اشتهارد	بوئین زهرا	متوسط	*	
۱۷۱	طالقان	قزوین	متوسط	*	
۱۸۱	فردیس	کرج	متوسط	*	
۱۸۱	جنوب	کرج	متوسط	*	

گام ۳ : تعیین نوع کاربری ساختمان

بر اساس پیوست ۴-۱ مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان نوع کاربری ساختمان را انتخاب می‌کنیم.

گام۴: تعیین گروه ساختمانی

سپس با توجه به متراژ ساختمان مورد نظر از پیوست ۲-۴ مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان گروه ساختمانی را تعیین می کنیم.

با دانستن گروه، رده انرژی ساختمان مورد نظر با جدول ۱- ۴ تعیین می‌کنیم.

جدول۱-۴ تعیین رده انرژِی بر اساس گروه ساختمانی

گروه	اولویت صرفه‌جویی در مصرف	روش طراحی
گروه ۱	ساختمان‌های در اولویت بالا از نظرصرفه‌جویی در مصرف انرژی	ضوابط اجباری فصل ۴ مبحث ۱۹ + یکی از روش های تجویزی، کارایی، موازنه‌ای، نیاز انرژی
گروه ۲	ساختمان‌های در اولویت متوسط از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی	ضوابط اجباری فصل ۴ مبحث ۱۹ + یکی از روش های تجویزی، کارایی، موازنه‌ای، نیاز انرژی
گروه ۳	ساختمان‌های در اولویت پایین از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی	ضوابط اجباری فصل ۴ مبحث ۱۹ + یکی از روش‌های تجویزی، کارایی، موازنه‌ای، نیاز انرژی
گروه ۴	ساختمان‌های در اولویت بسیار پایین از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی	ضوابط اجباری فصل ۴ مبحث ۱۹

انتخاب یکی از روش های موازنه ای، تجویزی، نیاز انرژی و یا کارایی انرژی متناسب با گروه ساختمانی برای طراحی مورد استفاده قرار می گیرد. (۱۹_۳_۲) ، با توجه به جدول ۱-۴.

- در روش های طراحی تجویزی، موازنه ای ، نیاز انرژی طوری در نظر گرفته شده اند که مستقل از هم هستند و جداگانه محاسبه می شوند ولی در روش کارایی انرژی طراحی به صورت یکپارچه و با نرم افزار انجام می شود.

● استفاده از روش‌های تجویزی و موازنه‌ای محدودیت هایی دارد (۱۹-۳-۲-۱-۱)، از آنجا که روش عملکرد برای رشته برق در سه روش تجوبزی، موازنه‌ای و نیاز انرژی یکسان است ، محدودیت‌ها تاثیری درانتخاب روش طراحی مهندس برق ندارد ، فقط دقت در الزام‌ها در هر رده‌ی انرژی مهم است.

در طراحی سیستم‌های تاسیسات برقی، در جهت صرفه‌جویی در مصرف برق (انرژی الکتریکی)، باید موارد زیر که در راندمان کارکرد تجهیزات برقی و شبکه‌های سیستم‌های تاسیسات برقی موثرند، مد نظر قرارگیرد:

۱-۱ نمودارمصرف برق در دوره کارکرد و بهره برداری و مقدارسالیانه و روزانه آن

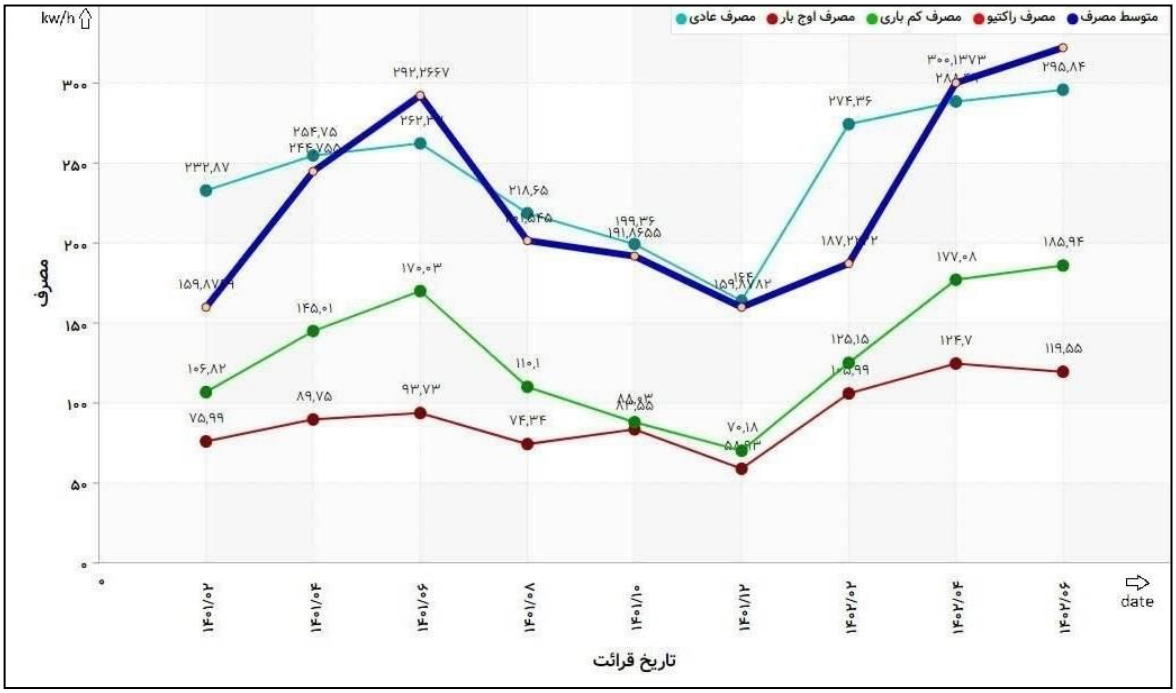
در نمودار مصرفی برق در مصرف‌کننده خانگی و تجاری (مانند شکل‌های ۱-۱ و ۱-۲) محور افقی بیانگر قرائت کنتور در بازه زمانی هر دو ماه است و محور عمودی، کیلووات ساعت برآورد مصرف انرژی برق مشترک مورد نظر می باشد.

در تابستان اوج بار مصرفی از ساعت ۱۳ الی ۱۶ و ۱۹ الی ۲۳ و در زمستان از ساعت ۱۹ الی ۲۳ می‌باشد. از ساعت ۲۳ الی ۶ صبح کم‌باری و سایر زمان‌ها مصرف به صورت میان‌بار محاسبه می‌گردد.

انشعاب برق فشار ضعیف باید با توجه به مقدار مصرف و شرایط حاکم، مطابق ضوابط و دستورالعمل‌های شرکت توزیع برق استان برای تأمین مصرف برق مورد نیاز ساختمان با انشعاب سه فاز با ولتاژ نامی ۲۳۰/۴۰۰ ولت و یا یک فاز با ولتاژ نامی ۲۳۰ ولت صورت گیرد.

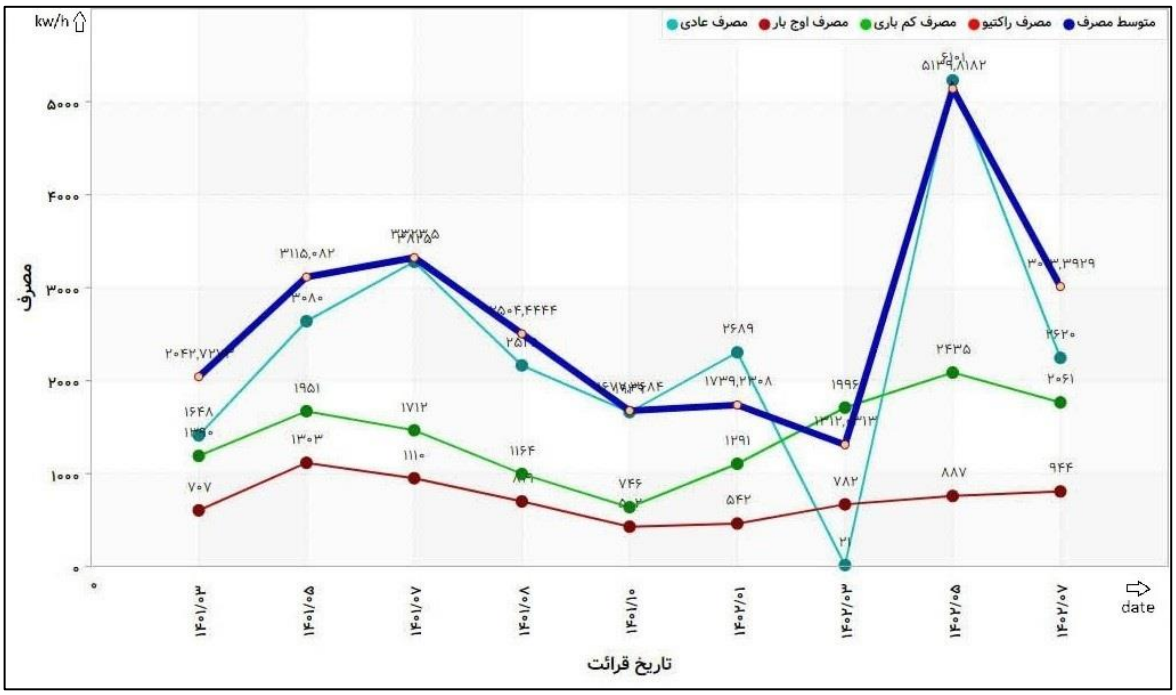
● یادآوری: در ساختمان‌هایی که با انشعاب برق فشار ضعیف تغذیه می‌شوند اقدامات صرفه جویی در مصرف برق به بعد از نقطه سرویس مشترک کنتور برق فشار ضعیف محدود می‌شود.

میانگین مصرف برق در استان البرز تقریبا در یک سطح است. شرکت توزیع برق استان جهت مشاهده رفتار مصرف‌کننده کنتور مشترکین را هر دوماه قرائت می‌کند. جهت طراحی تأسیسات برق ساختمان و اعلام دیماند مورد نیاز می‌توان از سایت شرکت توزیع برق استان که اطلاعات میانگین مصرف مشترکین از سه سال گذشته قابل دسترسی است، استفاده کرد.



شکل۱-۱ نمودار مصرف برق خانگی برای دو دوره قرائت

>



شکل۱-۲ نمودار مصرف برق تجاری

در جدول شماره ۱-۵ میانگین برق مصرفی مناطق مختلف استان البرز در سال ۱۴۰۱ آمده است. این جدول به منظور محاسبه دیماند اعلام نیاز برق مصرفی ساختمان متناسب با هر منطقه و نوع مصرف‌کننده و تفکیک نوع کنتور، مورد توجه قرار می‌گیرد. جداول میانگین مصرف به‌عنوان معیار مصرف منطقه و به منظور بهینه‌سازی و صرفه‌جویی مصرف انرژی از سه سال گذشته از سایت شرکت توزیع برق استان قابل دریافت است.

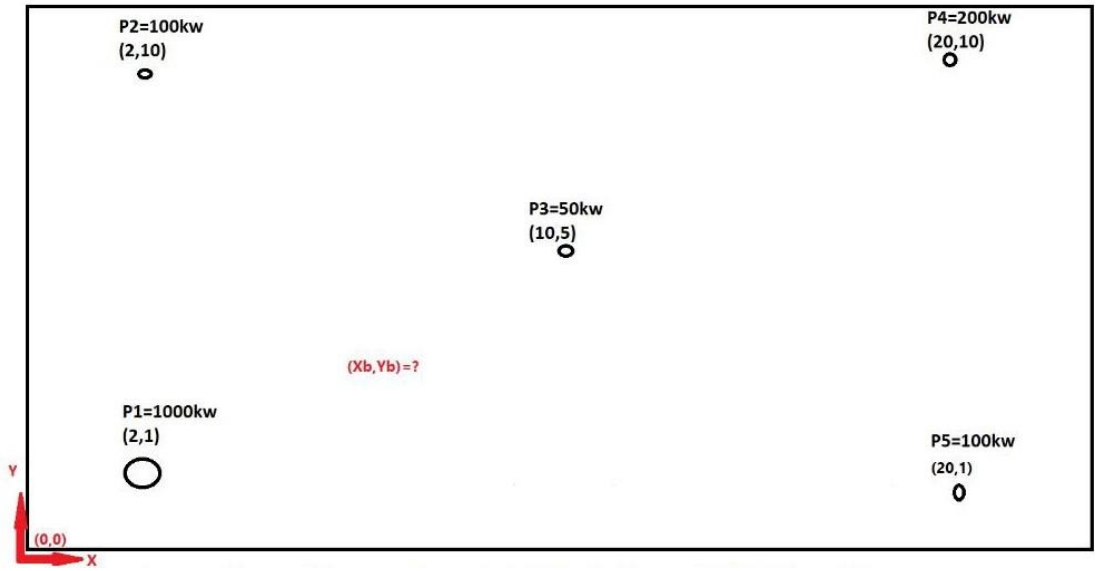
جدول ۱-۵ مصرف متعارف مدیریت‌های توزیع برق استان البرز ۱۴۰۱

شرکت توزیع نیروی برق استان البرز										
میزان کیلووات برآوردی متعارف درسال ۱۴۰۱ (kwh برای یک دوره ۶۰ روزه)										
		خانگی ۱۴۰۱		عمومی ۱۴۰۱		کشاورزی ۱۴۰۱		صنعتی ۱۴۰۱		تجاری ۱۴۰۱	
		تکفاز	سه فاز	تکفاز	سه فاز	تکفاز	سه فاز	تکفاز	سه فاز	تکفاز	سه فاز
منطقه	امور	متعارف	متعارف	متعارف	متعارف	متعارف	متعارف	متعارف	متعارف	متعارف	متعارف
شرق کرج	گرمدره	۱۸۱	۳۴۲	۱۷۴	۴۴۶	۸۰۳	۱۴۶۳	۶۴۸	۱۹۴۲	۳۰۳	۱۱۸۲
	جاده چالوس	۱۷۸	۴۲۶	۱۷۴	۴۴۶	۸۰۳	۱۴۶۳	۳۵۷	۱۳۲۱	۲۳۹	۸۸۲
	شرق شهر کرج	۱۹۵	۴۰۸	۱۷۴	۴۴۶	۸۰۳	۱۴۶۳	۳۱۴	۱۳۲۸	۲۵۸	۹۴۳
	حصار	۱۵۷	۵۳۵	۱۷۴	۴۴۶	۸۰۳	۱۴۶۳	۱۲۳۴	۴۰۰۲	۳۸۹	۱۶۰۷
هشتگرد	هشتگرد	۱۶۹	۷۱۱	۱۳۴	۳۰۰	۴۹۸	۲۱۷۰	۲۴۱	۱۱۶۱	۲۵۵	۱۲۱۹
	چندار	۲۰۶	۷۰۳	۱۳۴	۳۰۰	۴۹۸	۲۱۷۰	۹۵۵	۱۳۱۷	۲۸۷	۱۰۹۲
	مهستان	۱۶۹	۷۱۱	۱۳۴	۳۰۰	۴۹۸	۲۱۷۰	۲۴۱	۱۱۶۱	۲۵۵	۱۲۱۹
چهارباغ	چهارباغ	۲۰۳	۶۸۸	۳۶۹	۴۲۱	۵۳۷	۲۱۴۵	۱۷۹	۲۲۷۵	۲۸۳	۱۱۶۸
	چندار	۲۰۳	۶۸۸	۳۶۹	۴۲۱	۵۳۷	۲۱۴۵	۱۷۹	۲۲۷۵	۲۸۳	۱۱۶۸
غرب	غرب شهر کرج	۱۹۲	۳۵۹	۲۰۷	۴۴۵	۸۷۸	۱۵۱۰	۳۹۴	۱۷۷۷	۲۶۸	۱۰۹۶
	گلشهر	۱۹۳	۳۴۷	۲۰۷	۴۴۵	۸۷۸	۱۵۱۰	۴۷۶	۱۴۶۸	۲۶۰	۱۱۰۱
نظراباد	نظراباد	۱۹۳	۴۲۲	۱۸۶	۵۳۱	۴۰۹	۱۹۹۲	۳۲۰	۱۴۸۵	۲۲۴	۸۴۱
	تنکمان	۲۰۰	۴۲۳	۱۸۶	۵۳۱	۴۰۹	۱۹۹۲	۲۵۴	۱۳۴۷	۱۹۰	۸۸۸
مهرشهر	مهرشهر	۲۰۰	۴۶۷	۲۳۵	۵۴۳	۲۷۶	۲۱۴۸	۴۶۲	۱۷۷۵	۲۶۸	۱۲۳۷
	کمالشهر	۱۷۰	۴۲۰	۲۳۵	۵۴۳	۲۷۶	۲۱۴۸	۳۵۳	۱۵۱۹	۲۰۷	۷۳۰
اشتهارد	اشتهارد	۱۸۲	۲۶۸	۱۶۶	۴۵۹	۴۲۳	۲۲۳۰	۵۰۷	۱۳۵۳	۲۱۱	۶۶۴
طالقان	طالقان	۱۱۸	۳۲۳	۱۴۷	۶۴۹	۱۹۴	۱۱۶۹	۳۵۷	۹۹۶	۱۵۱	۸۲۱
فردیس	فردیس	۱۸۵	۴۶۸	۲۲۹	۴۸۸	۶۱۷	۱۴۷۷	۶۹۷	۱۹۹۲	۲۸۴	۱۱۶۸
	مشکین دشت	۱۸۸	۶۰۱	۲۲۹	۴۸۸	۶۱۷	۱۴۷۷	۴۱۰	۲۰۹۶	۲۳۵	۱۰۱۳
جنوب	ماهدشت	۱۷۲	۶۳۶	۲۲۹	۵۳۱	۷۴۹	۲۰۲۵	۵۷۹	۲۰۴۰	۲۵۴	۹۲۸
	جنوب شهر کرج	۱۸۱	۵۵۱	۲۲۹	۵۳۱	۷۴۹	۲۰۲۵	۶۲۱	۱۸۱۶	۲۴۷	۱۰۲۰
مصرف متعارف مناطق مدیریت های توزیع برق استان البرز ۱۴۰۱											

۲-۱ محل استقرار پست برق، تامین نیرو و محل تابلو برق

تابلوی کنتور برق (تابلوی اصلی)، معمولا در نزدیکی درب ورودی ساختمان جهت واگذاری انشعاب نصب می‌گردد. محل استقرار باید به گونه‌ای طراحی شود تا تلفات تا محل مصرف به حداقل برسد.

مثال : در یک پروژه مسطح (که اختلاف ارتفاع در نقاط مختلف پروژه وجود ندارد) پنج بار مقادیر و موقعیت‌های داده شده مستقر هستند. بهترین نقطه استقرار محل استقرار پست برق (ترانسفورماتور) چه نقطه‌ای می‌باشد ؟



(Xb,Yb) = {(۲،۱)*۱۰۰۰+(۲،۱۰)*۱۰۰+(۱۰،۵)*۵۰+(۲۰،۱۰)*۲۰۰+(۲۰،۱)*۱۰۰} / (۱۰۰۰+۱۰۰+۵۰+۲۰۰+۱۰۰)=(۸۷۰۰،۴۳۵۰)/۱۴۵۰=(۶،۳)

● همانطور که ملاحظه می‌شود ترانس به بار بزرگ‌تر (۱۰۰۰ کیلووات) نزدیک‌تر می‌باشد. نمونه ترانس حل شده را می توان به عنوان جانمایی تابلو اصلی، نیمه اصلی و فرعی نیز استفاده نمود.

۱-۳ اثر شرایط محیطی بر تجهیزات برقی[۱]

بحث شرایط محیطی از جمله ارتفاع از سطح دریا، حداکثر درجه حرارت و رطوبت در انتخاب تجهیزات برقی از جمله ترانسفورماتور، دیزل ژنراتور، فتوولتائیک و ... باید مد نظر قرارگیرد که در فصول آتی به آن اشاره شده است.

۱. مبحث ۱۹- فصل ۴ – قسمت ۴ – حوزه شمول و کلیّات- بخش پ

فصل دوم

انشعابات برق

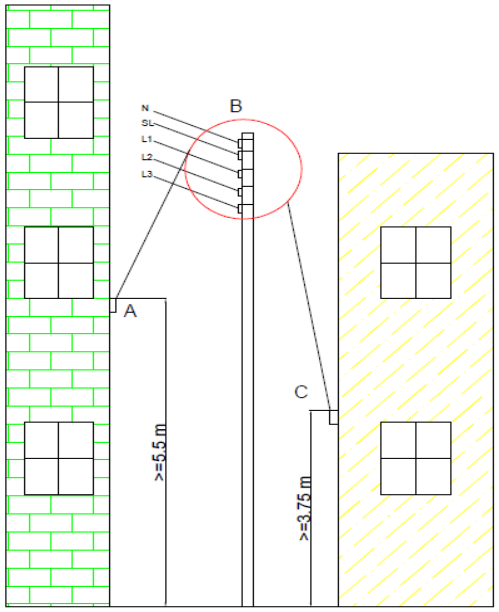
هدف: اقداماتی که طراح در موضوع صرفه جویی انرژی در خصوص انشعاب برق باید مد نظر قرار دهد.

۲ انشعابات برق به دو صورت واگذار می‌گردند[1]

۲-۱ انشعاب فشار ضعیف در سطوح ولتاژ ۲۳۰ ولت و ۴۰۰ ولت واگذار می‌گردد.

۲-۲ انشعاب فشار متوسط در سطح ولتاژ ۲۰ کیلو ولت واگذار می‌گردد.

نکته: برای هر بلوک ساختمانی تنها یک انشعاب عمومی تعلق می‌گیرد که بسته به میزان مصرف آمپراژ، آمپر کنتور(مثل ۲۵، ۳۲، ۵۰ و...) تعیین می‌شود.



شکل ۲-۱ نحوه برقراری انشعاب برق از سر تیر

۱. مبحث ۱۹-۴-۴-۲

۲-۱ انشعاب فشار ضعیف

شرایط واگذاری انشعابات فشار ضعیف باتوجه به الزامات شرکت‌های توزیع برق هر استان تعیین می‌گردد. به عنوان مثال برای استان البرز تا سال ۱۴۰۲ مطابق جدول ذیل می‌باشد.

جدول ۲-۱ تعیین آمپراژ کنتور واحدهای مسکونی، اداری

سیستم سرمایش به صورت داکت اسپلیت،مینی چیلرو مشابه VRFوVRV	سیستم سرمایش به صورت اسپیلت	سیستم سرمایش به صورت متمرکز یا کولر آبی	حداقل آمپراژ کنتور
-	-	مساحت واحد تا ۱۲۰ متر	۲۵ آمپر تکفاز (۵kw)
مساحت واحد تا ۱۵۰ متر	مساحت واحد تا ۲۰۰ متر	مساحت واحد از ۱۲۱ تا ۳۰۰ متر	۳۲ آمپر تکفاز (۶/۴kw)
مساحت واحد از ۱۵۱ تا ۳۰۰ متر	مساحت واحد از ۲۰۱ تا ۳۰۰ متر	مساحت واحد بالاتر از ۳۰۰ متر	۲۵ آمپر سه‌فاز (۱۵kw)
مساحت واحد بالاتر از ۳۰۰ متر	مساحت واحد بالاتر از ۳۰۰ متر	باتوجه به برآورد طراح و تایید شرکت توزیع برق استان	۳۲ آمپر سه‌فاز (۱۹/۲kw) و یا دیماندی ۳۰کیلووات و بالاتر

جدول ۲-۲ تعیین آمپراژ کنتور واحدهای تجاری

واحد تجاری در داخل مجتمع تجاری	واحد تجاری مستقل و خارج از مجتمع	حداقل آمپراژ کنتور
مساحت واحد تا ۳۰ متر	-	۲۵ آمپر تکفاز (۵kw)
مساحت واحد از ۳۰ تا ۱۵۰ متر	مساحت واحد تا ۵۰ متر	۳۲ آمپر تکفاز (۶/۴kw)
مساحت واحد از ۱۵۱ تا ۳۰۰ متر	مساحت واحد از ۵۱ تا ۱۰۰ متر	۲۵ آمپر سه‌فاز (۱۵kw)
مساحت واحد بالاتر از ۳۰۰ متر	مساحت واحد بالاتر از ۱۰۱ متر	۳۲ آمپر سه‌فاز (۱۹/۲kw) و یا دیماندی ۳۰کیلووات و بالاتر

تذکر: انرژی مصرفی واحدهایی که حداکثر از یک اسپیلت به همراه کولر آبی در سیستم سرمایش استفاده می‌نمایند، بر مبنای کولر آبی محاسبه می‌شوند.

۲-۲ انشعاب فشار متوسط

محل تابلو برق و محل استقرار تابلو برق و تعداد بهینه پست‌ها بر اساس مرکز ثقل بار تعیین می‌گردد (منظور پراکندگی بار است) که بر اساس همین پراکندگی بار مطابق با مرکز ثقل بار، تعداد پست‌ها و محل نصب آن محاسبه می‌گردد.

در صورتی که پروژه ای نیاز به پست اختصاصی داشته باشد باید متناسب با الزامات و دستورالعمل های شرکت توزیع برق استان نسبت به طراحی و اجرای پست اقدام گردد. به عنوان مثال برای استان البرز می توان به جدول شماره ۲-۳ مراجعه کرد.

زمانی که جمع کل دیماند مصرفی محاسبه کردیم و در ۰/۴ ضریب همزمانی ضرب کردیم، اگر دیماند محاسبه شده بیشتر از ۲۵۰ کیلو وات باشد در طرح معماری، باید ساختمان پست زمینی درنظر بگیریم:

جدول شماره ۲-۳ ابعاد پست برق زمینی

ردیف	شرح	ابعاد پست (متر)	ارتفاع پست (متر)	حداقل برلازم در معبر (متر)	حداکثر سایز ترانس
۱	ساختمان پست زمینی (یک طبقه و تک ترانسه)	۶×۵/۵	۵/۶	۵/۴	۱۲۵۰KVA
۲	ساختمان پست زمینی (یک طبقه و دو ترانسه)	۱۰×۵/۷	۵/۶	۵/۶	۱۲۵۰KVA
۳	ساختمان پست زمینی (دو طبقه و تک ترانسه)	۶×۴	۹/۱	۴	۱۲۵۰KVA
۴	ساختمان پست زمینی (یک طبقه و بدون ترانس)	۵×۴	۵/۶	۴	فاقد ترانس
۵	پست کامپکت	* با توجه به تعداد کوبیکل، سایز ترانس، سایز تابلو توزیع و تعداد فیدرهای خروجی آن متغیر بوده و نیاز به استعلام از شرکت توزیع برق استان البرز می‌باشد.			
۶	پست پدمانتد	* با توجه به تعداد کوبیکل، سایز ترانس، سایز تابلو توزیع و تعداد فیدرهای خروجی آن متغیر بوده و نیاز به استعلام از شرکت توزیع برق استان البرز می‌باشد.			
مقایسه ابعادی انواع پست زمینی					
پست‌های ساختمانی (پست‌های کامپکت) پست‌های پدمانتد					

پست‌های پدمانتد[1] و کیوسک[2] هر دو زیر مجموعه پست‌های کمپکت[3] هستند. به عبارت دیگر، پست‌هایی هستند که به گونه‌ای طراحی شده‌اند تا فضای کمتری اشغال کنند. هر دوی این پست‌ها در معابر عمومی و بر روی فونداسیون‌های بتن مسلح نصب می‌شوند که معمولاً ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر از سطح زمین بالاتر هستند. بطور کلی از نظر ظاهر بیرونی، این دو پست تفاوت زیادی باهم ندارند و تنها ابعاد پست‌های پد مانتد مقداری کمتر از پست‌های کیوسک است. با این حال می‌توان به دو تفاوت عمدی داخلی در پست‌های پد مانتد و کیوسک اشاره نمود .

۱- در پست‌های کیوسک، بخش فشار متوسط (MV) در یک سمت پست و بخش فشار ضعیف (LV) در سمت دیگر پست قرار دارد و پست دارای دو درب جداگانه برای دسترسی به تابلوی MV و LV است؛ در صورتی که در پست‌های پد مانتد برای صرفه جویی بیشتر در فضا، ترمینال های فشار متوسط و فشار ضعیف هر دو در یک سمت و در کنار هم قرار دارند.

۲- با باز کردن درب پست کیوسک اجزای مختلف نظیر تابلوها، ترانسفورماتورها و کابل کشی‌های داخلی قابل تشخیص هستند، در حالی که در پست‌های پد مانتد، بیشتر اجزا در یک محفظه فلزی پر شده از روغن که ترانسفورماتور و کلید قطع و وصل آن را هم در برگرفته محصورند و به جز ترمینال‌ها، فرمان قطع و وصل کلید و نشان دهنده روغن و ترمومتر، چیز دیگر قابل مشاهده یا در دسترس نیست. همچنین اتصال کابل‌ها به ترمینال ها در پست‌های پد مانتد، به دلیل محدودیت فضا، توسط سرکابل‌های چپقی[4] انجام می‌شود.

---

۱. Pad Mounted

۲. Kiosk

۳. Compact

۴. Elbow Termination

متقاضی فشار ضعیفی که برق مورد نیاز وی از طریق پست زمینی تأمین می‌گردد، می‌بایست در تهیه زمین پست به شرح زیر مشارکت کند:

الف) متقاضی با قدرت درخواستی از ۳۰ کیلووات لغایت ۱۵۰ کیلووات از واگذاری زمین معاف می‌باشد.

ب) متقاضی با قدرت درخواستی بالاتر از ۱۵۰ کیلووات لغایت ۲۵۰ کیلووات که برق آن با فشار ضعیف تأمین می‌شود در صورت وجود ضرورت فنی به تشخیص شرکت توزیع برق استان می‌بایست زمین پست را واگذار نماید.

ج) متقاضی با قدرت ۲۵۰ کیلووات به بالا که برق وی با فشار ضعیف تأمین می‌شود، می‌بایست نسبت به واگذاری زمین پست اقدام نماید.

د) برای مجموعه‌ای متشکل از مشترکین متعدد خانگی و تجاری، در محاسبه مجموع قدرت درخواستی متوسط ضریب همزمانی ۵۰ درصد لحاظ می‌شود. هیئت مدیره شرکت توزیع برق استان می‌تواند به موجب بررسی‌های فنی ، ضریب همزمانی مذکور را تا ۲۰ درصد (۴۰ تا ۶۰ درصد) تغییر دهد.

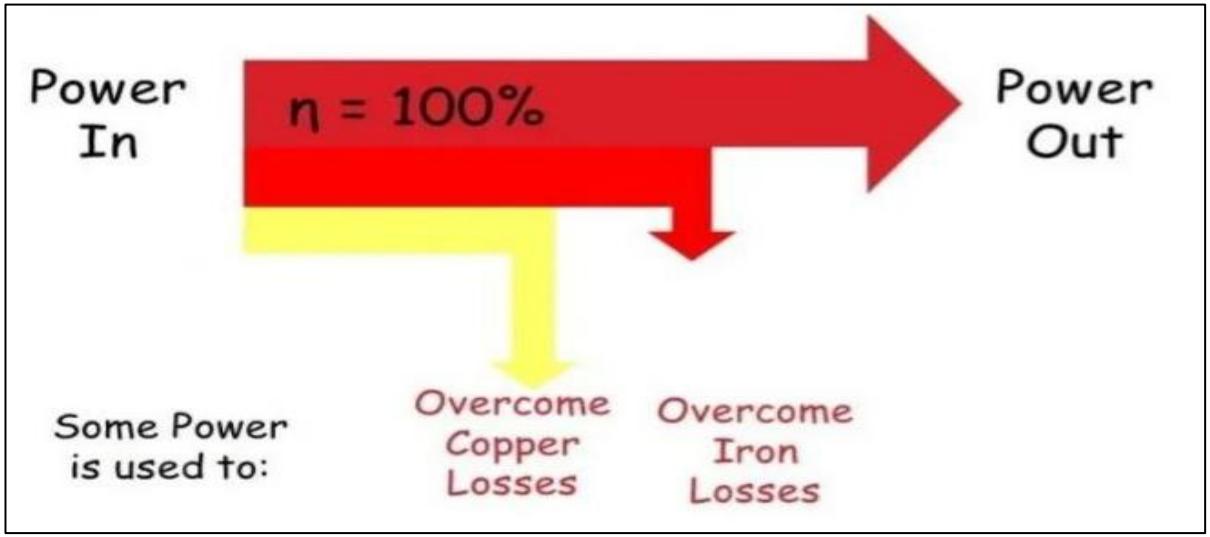
ه) در صورتی که مجموع قدرت درخواستی بلوک‌های ساختمانی اعم از تجاری، عمومی و مسکونی بیش از ۷ مگاوات باشد، متقاضی مکلف است که زمین پست فوق توزیع را تأمین و به شرکت توزیع برق استان واگذار نماید.

فصل سوم

انتخاب ترانسفورماتور

هدف: با توجه به نیاز طرح و شرایط اقلیمی از جمله ارتفاع از سطح دریا و حداکثر درجه حرارت مطابق مطالب پیش رو ، ترانسفورماتور به گونه ای انتخاب می شود که تلفات آن حداقل بوده و به عبارتی حداکثر صرفه جویی انرژی اتفاق بیفتد.

در ساختمانی که انشعاب فشار متوسط از شرکت توزیع برق استان دریافت می‌کند و پست اختصاصی دارد از نقطه دریافت ۲۰ کیلوولت به بعد مسئولیت صرفه‌جویی انرژی بر عهده طراح می‌باشد. بنابراین جانمایی پست، میزان تلفات ترانسفورماتور و... از اهمیت بالایی برخوردار است.
در بخش محاسبه قدرت ترانسفورماتور شرایط اقلیمی شامل ارتفاع نصب ، دمای محیط آلودگی هوا مد نظر قرار گرفته و مطابق با مبحث و جداول ۱۹-۵-۲۵ و ۱۹-۵-۲۶ و ۱۹-۵-۲۷ و ۱۹-۵-۲۸ ترانسفورماتور ضرایب اصلاحی اعمال می‌گردد.



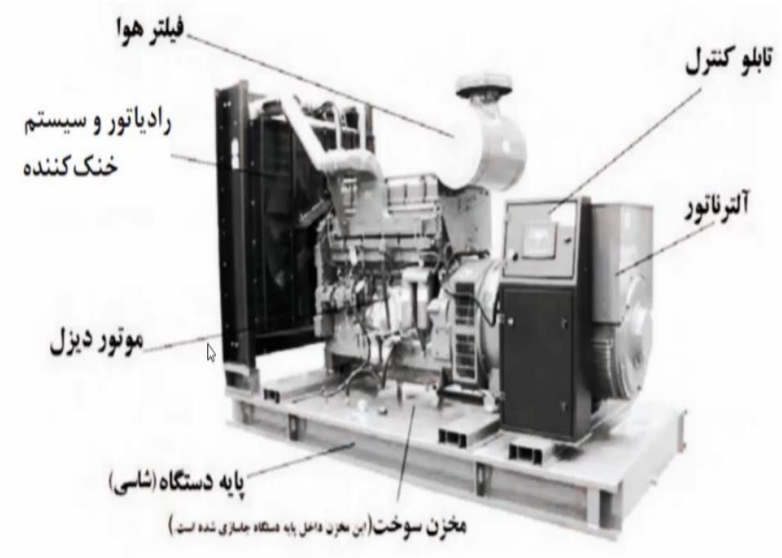
شکل ۳-۴ تلفات انرژی

فصل چهارم

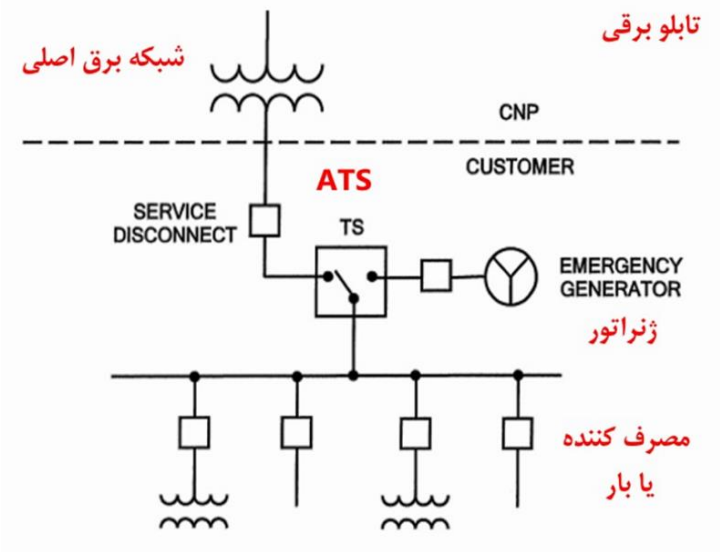
مولد نیروی برق اضطراری

هدف : در راندمان موتور نیروی محرکه و ژنراتور برق مولد نیروی برق اضطراری، عمدتاً ارتفاع از سطح دریا و دمای هوای محیط نصب، تامین مقدار هوای مورد نیاز خنک کردن موتور و ژنراتور مولد، هوای مورد نیاز احتراق موتور مولد، تخلیه مناسب دود ناشی از احتراق و مقدار ضریب توان بار مصرفی برق اضطراری، موثر می باشند. این پارامترها در راندمان موتور نیروی محرکه و ژنراتور برق و مقدار سوخت مصرفی سیستم مولد نیروی برق اضطراری و به تبع آن صرفه جویی در مصرف انرژی اثر مستقیم دارد.

در شکل های ۴-۱ و ۴-۲ اجزای تشکیل دهنده دیزل ژنراتور و چگونگی قرار گرفتن آن در مدار را مشاهده می کنید.



شکل ۴-۱ مولد نیروی برق اضطراری



شکل ۴-۲ شماتیک تک خطی مدار ژنراتور

۴-۲ مصارف اضطراری زیر باید از نیروی برق اضطراری تغذیه گردند:

الف) سردخانه های عمومی و صنعتی

ب) مراکز صنعتی که قطع برق طولانی مدت در آنها ممکن است موجب خسارت جبران ناپذیر شود.

پ) هر نوع ساختمان یا مجموعه با مرکز دیگری که به تشخیص مقامات ذیصلاح باید دارای نیروی برق اضطراری باشد.

ت) ساختمان هایی که نوع فعالیت آنها به نحوی است که ممکن است قطع برق، خطر یا خسارت جبران ناپذیر بوجود آورد.

ث) در ساختمان های مسکونی و اداری خصوصی (غیر عمومی) که دارای واحدهای مجزا از هم بوده و طول مسیر حرکت آسانسور(ها) بیش از ۲۱ متر از کف اصلی ورودی بوده که الزاماً دارای آسانسور حمل بیمار (برانکاردبر) می باشد.

۴-۳ نحوه محاسبه ظرفیت و توان مصرفی دیزل ژنراتور

یکی از موارد مهم در انتخاب دیزل ژنراتور توجه به حداقل توان مورد نیاز مصرف کننده است. انتخاب اشتباه، موجب هزینه کرد بالاتر یا عملکرد ناقص دستگاه خواهد شد. همیشه در زمان خرید بهتر است مقدارکمی اضافه‌تر از محاسبات توان را انتخاب کرد، چون هیچ‌گاه دیزل ژنراتور با توان ۱۰۰٪ کار نخواهد کرد. برای این منظور باید جدول ضریب اصلاحی سازنده ژنراتور را مد نظر قرار داد به طور مثال اگر طبق محاسبات برای یک ژنراتور ۵۰ KVA نیاز است بهتر است یک ژنراتور ۵۵ KVA در نظر گرفته شود، زیرا محاسبات برحسب نقطه صفر آب‌های آزاد است. نکته دیگر که بسیار مهم است ارتفاع دیزل ژنراتور از سطح دریاست. به طور معمول در شهرهای بالاتر از سطح دریا باید مقداری به توان دیزل ژنراتور اضافه شود. مثلاً اگر شهر مورد نظر ۱۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا باشد، باید ۱۰٪ به توان دیزل اضافه شود.

برای این کار لازم است ابتدا تمام دستگاه‌هایی که قرار است با برق دیزل ژنراتور کار کنند را یادداشت می کنند. در جدول ۴-۱ نمونه ای از برآورد توان در خصوص سیستم های سرمایش -گرمایش در واحدهای مسکونی ، اداری اشاره شده است.

جدول ۴-۱ دستگاه‌هایی که با دیزل کار می‌کنند

دستگاه	تعداد	برق مصرفی	برق کل
لامپ	۱۰	۵۰ وات	۵۰۰ وات
کامپیوتر	۲	۲۵۰ وات	۵۰۰ وات
یخچال	۱	۴۲۰ وات	۴۲۰ وات
جاروبرقی	۱	۲۰۰ وات	۲۰۰ وات
تلویزیون	۱	۱۲۰ وات	۱۲۰ وات
کولر	۱	۹۰۰۰ وات	۹۰۰۰ وات
شارژر موبایل	۳	۱۰ وات	۳۰ وات

بعد از لیست‌کردن دستگاه‌ها و میزان توان مصرفی هرکدام، نوبت آن است که جمع کل توان مصرفی محاسبه شود. برای این کار میزان توان مصرفی همه دستگاه‌ها باهم جمع می‌شود. به عنوان مثال مطابق با جدول فوق میزان توان مصرفی برابر با ۱۰۷۷۰ وات خواهد بود. با توجه به اینکه توان مصرفی دیزل ژنراتور،کیلو وات است؛ عدد به دست آمده را تقسیم بر ۱۰۰۰ کرده تا توان مصرفی دیزل ژنراتور انتخابی به دست بیاید.

۴-۴ ضرایب در محاسبه ظرفیت دیزل ژنراتور

در محاسبه ظرفیت دیزل ژنراتور گاه نیاز است تا ضرایب خاص در فرمول‌ها دخالت داده شود تا قدرت موتور دیزل ژنراتور و توان آن به درستی محاسبه شود. این ضرایب بسته به محیط و مکان متفاوت از یکدیگر است که در انتخاب دیزل ژنراتور از تولیدکنندگان اخذ می گردد.

الف) ضریب دما

این ضریب که تأثیر دما را در کارکرد دستگاه در نظر می‌گیرد بسته به سازنده دستگاه متفاوت خواهد بود. یعنی هر سازنده در کاتالوگ خود ضریب دمایی متفاوتی را ذکر کرده است.

ب) ضریب ارتفاع

مطابق ضریب دما بسته به سازنده دستگاه متفاوت خواهد بود. ضریب دیگری که در محاسبات در نظر گرفته می‌شود ضریب ارتفاع است. ازآنجا که محاسبات آزمایشگاهی در شرایط ایده‌ال در نقطه صفر دریا در نظر گرفته شده است؛ لذا با تغییر ارتفاع، محاسبات نیز متفاوت خواهد بود.

ج) شرایط کاری

این ضریب نشان می دهد یک دیزل ژنراتور تحت چه شرایطی و برای چه مدت می تواند بار اضافی را تحمل کند.

مثال: قدرت تابلوی ا صلی هتلی ۶۳ سه فاز بوده و هتل به آ ساند سوری به قدرت ۱۰KW و پمپ آتش ن شانی ۱۰hp می با شد اگر دمای محیط ۴۰ درجه سانتی گراد و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۰۰ متر باشد و cosø=۰.۸ و ضریب همزمانی ۰,۲۵ ، مطلوب است ظرفیت دیزل ژنراتور در حالت کاری

حل: توان تابلو(P_t):

$$P_t = \sqrt{۳} \times ۶۳ \times ۳۸۰ \times ۰.۸ = ۳۳.۲ \text{ Kw}$$

توان آسانسور($P_{uf\,t}$) و پمپ آتش نشانی(P_{FP}) را از توان تابلو کم میکنیم و با ضریب همزمانی ۰,۲۵ به توان دیزل اضافه میکنیم (توان خروجی اسب بخار با توان ورودی کیلووات برابر است).

۱۰ ۱۰

$$P_{EL} = P_{uf\,t} + P_{FP} + ۰.۲۵(۳۳.۲-۲۰) = ۲۳.۳\text{Kw}$$

- تعیین میزان نیاز انرژی الکتریکی و انتخاب مناسب مولدهای نیروی برق

ضریب دما، ارتفاع، ضریب قدرت و ضریب حالت کاری دیزل ژنراتور:

K_h=۰.۹۵ K_t=۰.۹۸ K_{wm}=۰.۷

محاسبه ظرفیت نهایی دیزل ژنراتور(S_{DG}):

$$S_{DG} = \frac{P_{EL}}{K_H\, K_T\, COSø\; K_{Wm}} = \frac{۲۳.۳ \text{ Kw}}{۰.۹۵ \times ۰.۹۸ \times ۰.۸ \times ۰.۷} = 44 \text{ KVA}$$

- حین حل مساله به عوامل موثر ذیل در محاسبات توجه گردد:

۱- دمای محیط : ۱٪ برای هر ۵ درجه بالاتر از ۳۰ درجه سانتی گراد (KT)

۲- ارتفاع از سطح دریا : ۱٪ برای هر ۱۰۰ متر بالاتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا (Kh)

۳- حالت های کاری دیزل (Kwm)

استندبای (آماده کار- اضطراری) ۶۰۰ ساعت کار در سال - درصد بارگیری ۱۰۰٪ - در موارد اضطراری قطع برق

پرایم (حالت اصلی یا پیوسته) - بیشتر از ۶۰۰ ساعت در سال - درصد بارگیری: ۹۰٪ - استفاده موقت و حداکثری

کانتینیوس (دائم) - استفاده دائم - روزی ۸ تا ۱۲ ساعت - درصد بارگیری: ۷۰٪ - استفاده در مرکز دیتا

- **تعیین میزان نیاز انرژی الکتریکی و انتخاب مناسب مولدهای نیروی برق**

بار اضطراری = ۲۵ درصد بار کل ساختمان

ساختمانهای بلند مرتبه = ۴۰ درصد بار ساختمان

بار اضطراری شامل آسانسور و پمپ آتش نشانی می باشد

توان موتور دیزل = ۳۰ درصد بیشتر از توان ژنراتور

توان نامی دیزل ژنراتور (KVA) = ۳۰-۳۳-۴۴-۷۰- ۲۲۰ - ۱۷۰ - ۱۳۲-۱۱۰

فصل پنجم

منبع تغذیه برق بدون وقفه

هدف : در صورتی که نصب UPS در ساختمانی الزام باشد رعایت نکاتی از جمله توان یا ظرفیت نامی، راندمان ، تلفات شارژ و دشارژ باتری و... در مقدار مصرف انرژی موثر است که در ادامه به آن پرداخته شده است.

۵-۱ نکات مهم در خصوص انتخاب UPS

طراح دستگاه باید نیاز را به درستی تامین کند و تلفات و زمان را مورد بررسی قرار داده و برآورد کند به‌عبارتی دیگر تلفات دستگاه و شارژ و دشارژ دستگاه را مورد بررسی قرار دهد و Over Design نکند.

الف) توان یا ظرفیت نامی دستگاه برق بدون وقفه

انواع مختلفی از دستگاه‌های UPS وجود دارد که توان بار مصرفی آن‌ها متفاوت است. توان سیستم‌های UPS را با ولت آمپر (VA) نمایش می‌دهند. در انواعی که در بازار وجود دارد معمولا توان به این صورت است.

۶۰۰ KVA ، ۱ KVA ، ۱,۵ KVA ، ۲ KVA ، ۳ KVA ، ۶ KVA ، ۱۰ KVA ، ۱۵ KVA ، ۲۰ KVA تا توان‌های بالاتر از ۵۰۰ KVA

هیچ‌گاه عین توان UPS که به ولت آمپر بیان می‌شود، جهت تامین خروجی مناسب دستگاه مصرفی که به ولت بیان می‌شود، کافی نیست. زیرا به دلیل داشتن مقاومت داخلی خود قادر نیست تمام برق تولیدی رابه مصرف کننده تحویل دهد و مقداری از آن داخل خود UPS هدر می‌رود. که در اینجا باید به ضریب توان UPS توجه کرد. بنابراین در محاسبه UPS به ضریب توان UPS (که درکاتالوگ سازنده موجود است) و توان واقعی مصرف‌کننده نیاز داریم.

در جدول ۵-۱ یک شرکت سازنده ظرفیت نامی و بهره وری UPS های مختلف را ارائه داده است.

جدول ۵-۱ جدول مقایسه ای یک شرکت سازنده بر اساس ظرفیت نامی و بهره وری UPS

Technical Specifications

CAPACITY	1kVA / 0.8kW	1.5kVA / 1.2kW	2kVA / 1.6kW	3kVA / 2.4kW
DC INPUT				
Rated voltage	24V		36 V (S), 48 V (H)	48V
DC input range (default)	20 ~ 30 V		30 ~ 45 V(S), 40 ~ 60 V(H)	40 ~ 60 V
AC INPUT				
AC input range (bypass mode)	0 ~ 242 V / 264 V / 267 V /288 Vac for 200 V / 220 V /230 V / 240 VAC ± 10 Vac			
AC input range (mains mode)	200 V: 145 ~ 260 Vac 220 V: 165 ~ 280 Vac 230 V: 175 ~ 290 Vac 240 V: 185 ~ 300 Vac			
Ferquency input range	50 Hz / 60 Hz(auto-sense), 50Hz / 60 Hz ± 5% ~ 15%			
Generator connection	Available (generator input power is settable)			
OUTPUT				
Inverter output range	200 V / 220 V / 230 V / 240 Vac ± 5%(settable)			
AC output range(bypass mode)	0 ~ 242 V / 264 V / 276 V / 288 Vac for 200 V / 220 V / 230 V / 240 Vac ± 10Vac			
AC output range(mains mode)	200 V: 166 ~ 226 Vac 220 V: 188 ~ 245 Vac 230V:199~254Vac 240 V: 210 ~ 264 Vac			
Output frequency	50 / 60 Hz ± 0.3 Hz (settable)			
Waveform	Pure sine wave			
inverter efficiency	Max,80%		Max,85%	
Energy saving mode	settable (<3% load), enter in 80 s			
No-load shutdown	settable (<3% load), shutdown in 80 s			
Transfer time	≤ 10 ms			
THDV(resistive load)	≤ 5 %			
Protections	Overload, short circuit (inverter), battery low voltage, battery overcharge, overtemperature			
Overload time (mains mode)	120 s for 110%, 60 s for 125%, 10 s for 150% (transfer to bypass mode)			
Overload time (inverter mode)	60 s for 110%, 10 s for 125%, 5 s for 150% (shutdown directly)			
Mute	Automatic mute in 60 s or by manual			

ب) زمان باردهی UPS :

زمان UPS backup یا همان زمان باردهی بسیار مهم است زیرا تعیین می‌کند که دستگاه‌های متصل چه مدت می‌توانند در طول قطع برق فعال بمانند. زمان برق ارائه شده توسط UPS باید به اندازه‌ای باشد که به کاربران اجازه دهد کار خود را ذخیره کنند و بدون از دست دادن داده‌ها، تجهیزات خود را با خیال راحت خاموش کنند. در جدول ۵-۲ یک شرکت سازنده جدول مقایسه ای چند باتری بر اساس زمان باردهی را ارائه داده است.

جدول ۵-۲ جدول مقایسه ای یک شرکت سازنده بر اساس زمان باردهی

Battery capacity(H: external expansion)	12 V / 7 Ah × 2	12V / 9Ah × 2	12V/9Ah×3 (H: 12V×4)	12V / 9 Ah × 4
Charging current	Standard model(S): 1A (default)			
	Long time model(H): 10A (default);< 10A, set step 1 A; ≥ 10A, set step 5 A			
	Max. 15 A (H)	/	Max. 20 A (H)	Max. 25 A (H)
Equalizing charge voltage	Single battery 14.1 Vdc (default), 13.6 ~ 15 Vdc adjustable			
Floating charge voltage	Single battery 13.5 Vdc (default), 13.2 ~ 14.6 Vdc adjustable			
low voltage alarm point	Single battery 10.8 Vdc (default), 9.6 ~ 13 Vdc adjustable			
low voltage shutdown point	Single battery 10.2 Vdc (default), 9.6 ~ 11.5 Vdc adjustable			

همانطور که در جدول ۵-۳ بیان شده است با افزایش زمان تلفات انرژی مصرفی بیشتر می شود، لذا در صورت نیاز به زمان باردهی بیشتر باید از باتری با ظرفیت بالاتر استفاده نمود.

جدول ۵-۳ دشارژ باتری با ولتاژ ۱۲ ولت (جدول بالا ۱۲Ah و جدول پایین ۱۸ Ah)

جریان دشارژ ثابت (آمپر) در دمای 25 درجه سانتیگراد (77درجه فارنهایت)											
F.V/Time	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	10 h	20 h
10.8V	30.7	22.4	17.6	11.5	6.76	3.90	3.00	2.42	1.99	1.12	0.600
10.5V	34.6	24.6	19.2	11.9	7.07	4.04	3.06	2.48	2.04	1.15	0.606
10.2V	38.1	26.9	20.5	12.4	7.29	4.14	3.15	2.54	2.09	1.17	0.617
9.90V	42.0	29.0	21.8	13.1	7.46	4.20	3.28	2.63	2.15	1.19	0.625
9.60V	46.3	31.5	23.3	13.8	7.54	4.38	3.38	2.71	2.22	1.21	0.629

دشارژ با توان ثابت (وات / سلول) در دمای 25 درجه سانتیگراد (77درجه فارنهایت)											
F.V/Time	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	10 h	20 h
10.8V	333.0	245.4	193.8	129.0	78.0	45.06	34.92	28.26	23.28	13.26	7.14
10.5V	367.2	265.8	209.4	133.2	81.0	46.56	35.46	28.80	23.82	13.56	7.20
10.2V	393.6	282.6	220.2	137.4	83.4	47.64	36.36	29.52	24.36	13.86	7.32
9.90V	427.8	302.4	232.2	144.0	84.6	48.06	37.74	30.42	24.96	14.10	7.38
9.60V	460.8	321.0	244.8	151.2	85.2	49.86	38.70	31.26	25.68	14.22	7.44

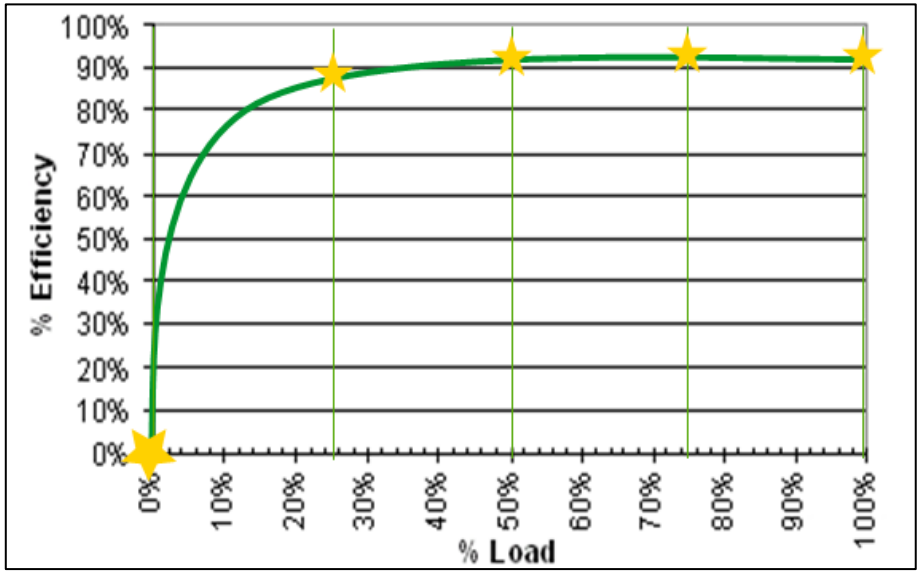
جریان دشارژ ثابت (آمپر) در دمای 25 درجه سانتیگراد (77درجه فارنهایت)											
F.V/Time	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	8 h	10 h	20 h
10.8V	50.40	40.90	23.70	14.80	8.74	6.31	5.04	4.29	2.77	2.37	1.27
10.5V	53.40	43.10	24.60	15.30	8.96	6.50	5.20	4.42	2.86	2.42	1.30
10.2V	55.80	44.70	25.20	15.60	9.10	6.55	5.24	4.45	2.88	2.43	1.31
9.90V	58.20	46.40	26.00	16.00	9.18	6.59	5.27	4.48	2.90	2.44	1.31
9.60V	60.00	47.50	26.50	16.30	9.24	6.63	5.30	4.51	2.92	2.45	1.32

دشارژ با توان ثابت (وات / سلول) در دمای 25 درجه سانتیگراد (77درجه فارنهایت)											
F.V/Time	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	8 h	10 h	20 h
10.8V	569	466	271	172	102	74.9	60.1	51.2	33.3	28.4	15.3
10.5V	602	492	282	177	105	77.2	61.9	52.8	34.3	29.0	15.6
10.2V	629	509	289	181	106	77.8	62.4	53.1	34.6	29.2	15.7
9.90V	656	529	298	185	107	78.3	62.8	53.5	34.8	29.3	15.8
9.60V	677	542	304	188	108	78.8	63.2	53.8	35.0	29.5	15.8

ت) راندمان دستگاه های برق UPS

مطابق شکل ۵-۱ هرچه UPS به ظرفیت بار کامل خود نزدیک شود ، کارایی آن بیشتر خواهد بود.

راندمان UPS تعیین می‌کند که چه مقدار انرژی می‌تواند از باتری به دستگاه‌های متصل تبدیل شود. یک UPS کارآمدتر می‌تواند انرژی بیشتری را به دستگاه‌های متصل منتقل کند و زمان برق را افزایش دهد. بنابراین، انتخاب یک UPS با راندمان بالا ضروری است.



شکل ۵-۱ راندمان UPS

حداقل راندمان لازم برای دستگاه‌های برق بدون وقفه (UPS) نوع استاتیک طبق جدول ۱۹-۵-۳۳ مبحث ۱۹ باشد.

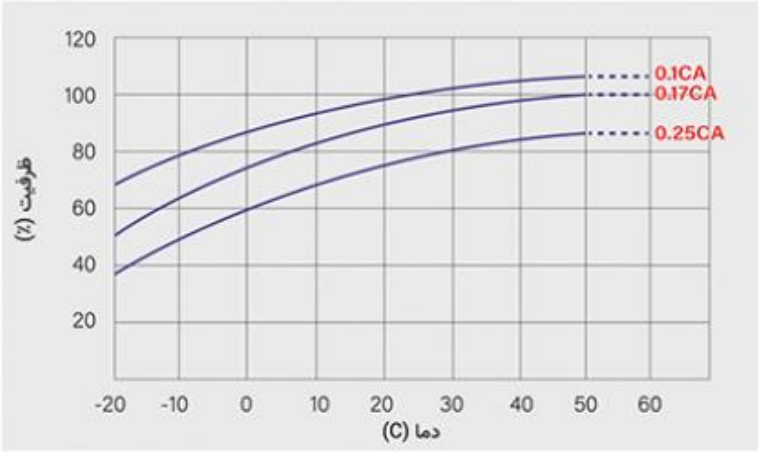
ث) مصرف برق مورد نیاز برای تهویه و یا تخلیه هوای لازم برای کاهش دمای محیط و افزایش راندمان دستگاه برق بدون وقفه استاتیک، اتاق باتری‌های آن، و نیز نحوه ی تأمین هوای لازم برای احتراق کردن و خنک‌کردن موتور نیروی محرکه، موتور راه اندازو ژنراتور برق نوع دینامیک در محاسبات راندمان مورد توجه قرار گیرد.

ج) عمر باتری‌ها و هزینه جایگزین آن‌ها با باتری‌های نو

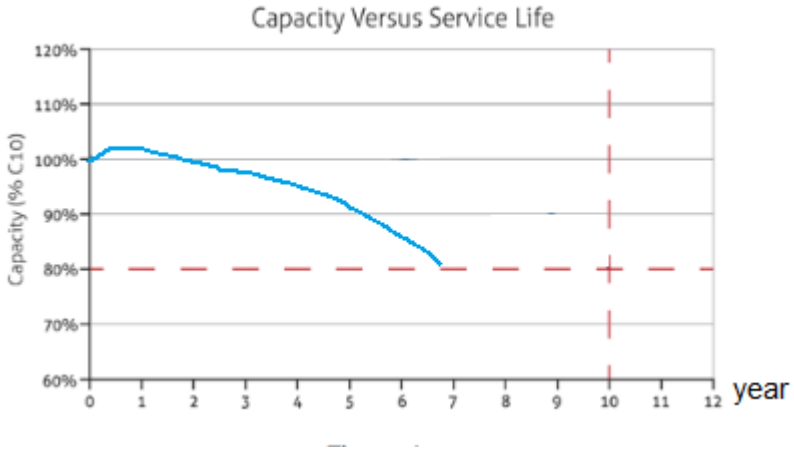
با وجود اینکه بیشتر تولیدکنندگان باتری اعلام می‌کنند که باتری‌های آن‌ها ۵ تا ۱۰ سال طول عمر طراحی دارد اما به‌طور دقیق‌تر می‌توان گفت که بر طبق دستورالعمل‌های بین‌المللی EUROBAT (انجمن تولیدکنندگان باتری‌های صنعتی و خودروسازی اروپا) یک باتری زمانی در پایان عمر مفید خود قرار گرفته که ظرفیت آن به زیر ۸۰ درصد مقدار نامی خود برسد.

در واقع، این بدان معناست که یک باتری با عمر طراحی ۱۰ ساله با فرض شرایط عملیاتی عالی به مدت ۱۰ سال دوام می‌آورد اما راندمان عملکرد آن در طول این زمان به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد تا جایی که استفاده از آن در UPS ایمن نیست.

عمر واقعی باتری به عوامل مختلفی بستگی دارد، از جمله کیفیت ساخت باتری، دمای محیط نگهداری، کیفیت شارژ، عمق دشارژ تعریف شده و تعداد دفعات شارژ و دشارژ. شکل ۵-۲ تاثیر دما را در ظرفیت باتری نشان داده است.



شکل ۵-۲ اثر دما نسبت به ظرفیت باتری UPS



شکل ۵-۳ راندمان عملکرد باتری UPS

در شکل ۵-۳ نمودار افت عملکرد یک باتری با عمر طراحی ۱۰ سال را در یک محیط نصب معمولی مشاهده می‌کنید که راندمان عملکرد آن در پایان سال ششم به زیر ۸۰ درصد کاهش پیدا کرده است. با توجه به این نمودار می‌توان گفت زمان مناسب تعویض این باتری‌ها در پایان سال ششم و یا کمی زودتر است.

در این نمودار همه عوامل خارجی تاثیرگذار بر عمر باتری‌های UPS در نظر گرفته شده است. به طور مشابه برای باتری‌های با طول عمر طراحی پنج سال می‌توان زمان دقیق تعویض باتری‌ها را بین سال‌های سوم تا چهارم برآورد نمود.

چ) مصرف برق موتور راه اندازدستگاه برق بدون وقفه دینامیک

ح) مصرف سوخت و نیزتامین شرایط و فضای لازم برای نصب منبع سوخت موتور نیروی محرکه UPS

جدول های ۵-۴و ۵-۵ نمونه مشخصات UPS دینامیک و باتری آن توسط سازنده ارائه شده است.

جدول ۵-۴ یک نمونه مشخصات UPS دینامیک ارائه شده سازنده

مدل			DSS1500BW	DSS1500B-RT	DSS1500X-RT	DSS2000X-RT	DSS3000X-RT
تکنولوژی			Line Interactive				
توان نامی			1500VA - 1500W			2000VA - 2000W	3000VA - 3000W
ورودی	ولتاژ نامی		220VAC				
	محدوده ولتاژ		در بار 0% تا 70% نامی (148~270 VAC) در بار 70% تا 100% نامی (170~270 VAC)				
	ماکزیمم جریان		10A			13A	20A
	فرکانس		50±3Hz یا ±5Hz				
	فاز		تک فاز				
	ولتاژ	برق	220± 10% VAC				
		باتری	220± 1% VAC				
خروجی	جریان		6.8A			9.09A	13.63A
	فرکانس		در حالت برق شهر: برابر ورودی و در حالت باتری: 50Hz±0.1				
	فاز		تک فاز				
	ضریب قدرت نامی		1				
	THD		در بار غیرخطی: 5%>			در بارغیر خطی: 6%>	در بار غیرخطی: 5%>
	تحمل اضافه بار		از ۱۰۵٪ تا ۱۲۵٪ توان نامی به مدت ۱۰ ثانیه				

جدول ۵-۵ یک نمونه مشخصات باتری UPS دینامیک ارائه شده سازنده

باتری	نوع	سیلد اسید بدون نیاز به نگهداری		
	ولتاژ	48VDC		96VDC
	باتری داخلی	4X9AH	ندارد(دارای شارژر قوی جهت کابینت باتری با آمپرساعت بالا)	
	زمان شارژ مجدد	حدود ۱۰ ساعت پس از تخلیه کامل تا ۹۰٪		
	باتری خارجی	ندارد	مجهز به کانکتور مخصوص جهت اتصال به کابینت باتری	
	راندمان	در حالت برق شهر >95%		
	زمان سوئیچ	2-4msec		
شرایط محیطی	محدوده کاری	دما	0~40C°	
		رطوبت	0~80% غیر فشرده	
		ارتفاع	تا ارتفاع ۱۰۰۰ متری از سطح دریا (بر اساس استاندارد IEC62040)	

خ) مدت زمان لازم برای قرار گرفتن در مدار تغذیه مصارف برق بدون وقفه و یا مدت زمان وقفه (مدت زمانی که کل بار را تامین کند) برای هر یک از دستگاه‌های استاتیک و دینامیک مشخصه مهمی است و عبارت است از حداکثر زمان لازم برای UPS تا بتواند خط قدرت را به باتری منتقل کند. یعنی اولویت در اتصال به UPS به خصوص اگر بار موتوری باشد؛ با دستگاهی است که باید در زمان کمتری به UPS متصل شود.

د) اثر شرایط محیط (محل نصب) دستگاه‌های برق بدون وقفه دینامیک در راندمان آن

- اثر دمای محیط از عوامل موثر در ظرفیت و طول عمر باتری است و توصیه می‌شود باتری‌ها را در گرمای بالای ۲۰ یا ۳۰ درجه نگه‌داری نشود به همین منوال هم نگهداری باتری در مجاورت عوامل گرمازا مانند نور خورشید و مکان‌های بسته توصیه نمی‌شود (هر چه دما کمتر، عمر باتری بیشتر).
- قرار دادن هر نوع وسیله روی UPS، باعث اختلال در تبادل حرارت CPU با محیط می‌شود در نتیجه طول عمر UPS و باتری UPS کم می‌شود.
- محیطی که UPS در آن نصب می‌شود باید به دور از گرد و غبار باشد چرا که تبادل حرارت را با اختلال مواجه می‌کند و باعث کم شدن طول عمر آن می‌شود. بررسی و انجام سرویس‌های دوره‌ای در این زمینه راهگشا است.

• شرایط محیطی مکان انتخابی مناسب باشد همانطور که مطابق با جدول ۵-۶ شرایط محیطی توسط یک سازنده ارائه شده است، حرارت کارکرد UPS ۴۰°C - ۰ می‌باشد و رطوبت بین ٪۹۰ –٪۲۰ باشد نویز محیط زیاد نباشد که روی کارکرد UPS تاثیر بگذارد.

ذ) یکی از مزایای دستگاه برق بدون وقفه دینامیک نسبت به دستگاه برق بدون وقفه استاتیک ضریب توان بالای آن است تا جایی که امکان حذف بانک خازن اصلاح ضریب توان در دستگاه را به ما می‌دهد. با توجه به اینکه از یک UPS دینامیک می توانیم توان راکتیو بدست آوریم لذا در جایی که UPS دینامیک استفاده می شود؛ امکان حذف بانک خازنی وجود دارد.

جدول ۵-۶ شرایط محیطی UPS ارائه شده سازنده

Protections	Short circuit - battery overcharge - overdischarge - overload - surge		
Humidity	20 ~ 90% RH @ 0 ~ 40°C (non-condensing)		
Noise level	≤ 45dB (1m)		
Net / Gross weight (kg)	5.0 / 5.4	9.4 / 9.9	9.8 / 10.3
Dimensions(W × D × H)(mm)	90 × 305 × 165	115 × 320 × 220	
Packaged dimensions (W × D × H)(mm)	133 × 349 × 232	161 × 369 × 290	

فصل ششم

بانک خازن

هدف: نصب خازن در نزدیکی بارها موجب کاهش مقدار توان راکتیو در شبکه بالادستِ محل نصب خازن می گردد؛ که پیامد آن کاهش تلفات بار در شبکه توزیع و اجزای تابلو برق می شود ؛ در نتیجه صرفه جویی در مصرف انرژی اتفاق خواهد افتاد.

با توجه به نیاز و شرایط طرح، در جهت کاهش مقدار توان رِاَکتیو (شکل ۶-۱) در شبکه توزیع بالادست محل نصب خازن، لازم است روی هر دستگاه و یا تجهیزات (منفرد)، یا برای گروهی از آنها در تابلوهای فرعی (گروهی) و یا بانک خازن متصل به تابلوهای برق نیمه اصلی، به صورت نیمه متمرکز و یا تابلوهای برق اصلی (مرکزی و متمرکز) خازن‌های الکتریکی در نظر گرفته شود، تا بهبودهای زیر حاصل گردد :

الف) افزایش قابلیت و راندمان شبکه در تأمین توان اکتیو

ب) کاهش تلفات بار در شبکه توزیع و بهبود کارایی شبکه توزیع و اجزای تابلوهای برق

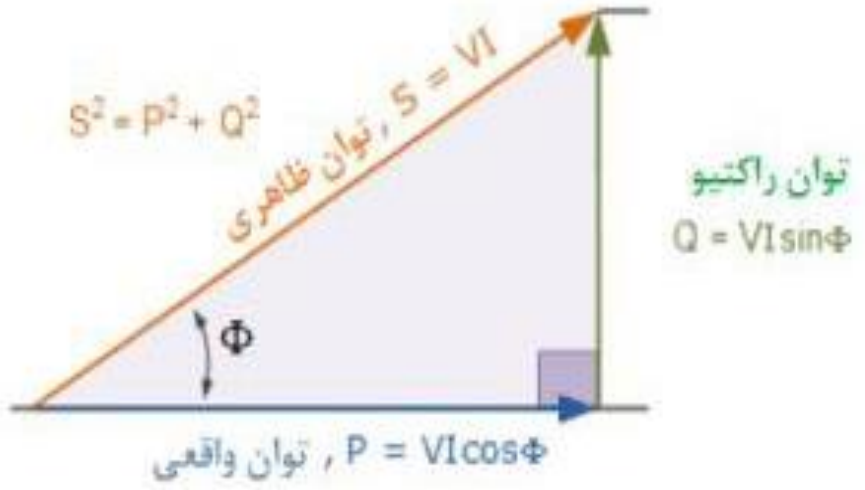
پ) کاهش هزینه بهره برداری

ت) کاهش توان راکتیو و صرفه جویی در هزینه پرداختی بابت آن

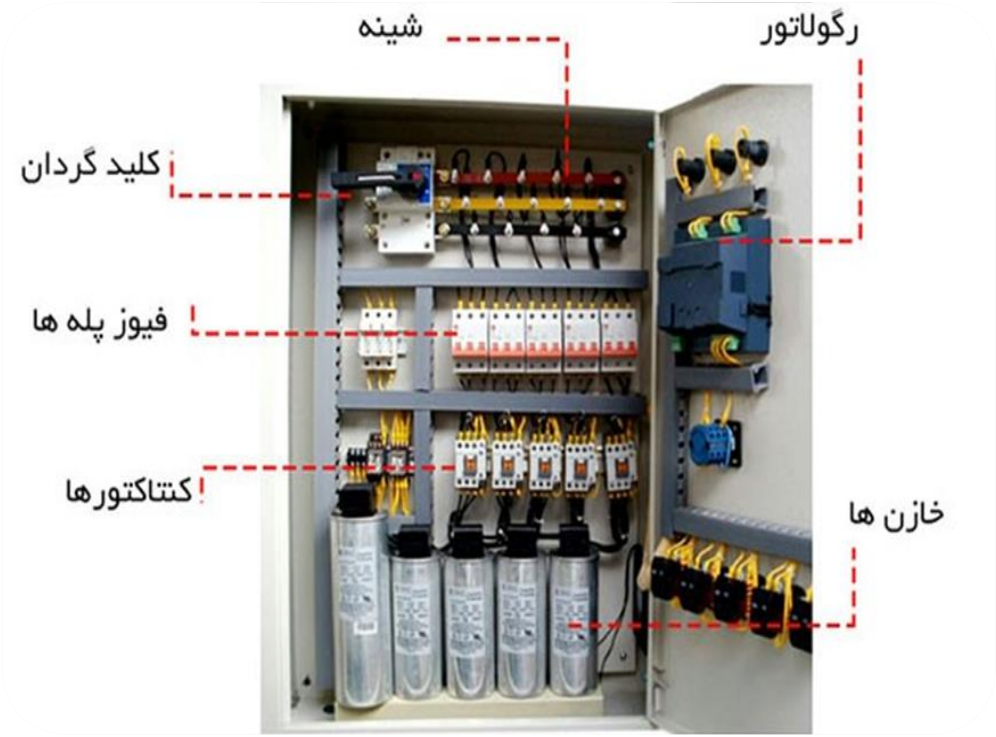
این خازن ها باید متناسب با توان اَکتیو مورد نظر و مقدار متوسط و یا معادل ضریب توان مصرف‌کننده‌های برقی (ضریب توان اولیه) و ضریب توان اصلاح شده شبکه برق، محاسبه، انتخاب و نصب گردند. خازن منفرد بر اساس مقدار توان اَکتیو ضریب اولیه دستگاه و ضریب توان اصلاح شده و نیز ظرفیت خازن گروهی و یا بانک خازن باید بر اساس مقدار توان اکتیو مورد نظر و مقدار متوسط و یا معادل ضریب توان مصرف‌کننده‌های برقی (ضریب توان اولیه) و ضریب توان اصلاح شده شبکه برق محاسبه گردد.

سیستم‌های متعددی برای تولید انرژی رِاَکتیو وجود دارد که ازجمله آن می‌توان به متعادل کننده آسنکرون خاص و خازن شنت یا خازن‌های سری برای سیستم های انتقال بزرگ اشاره کرد .

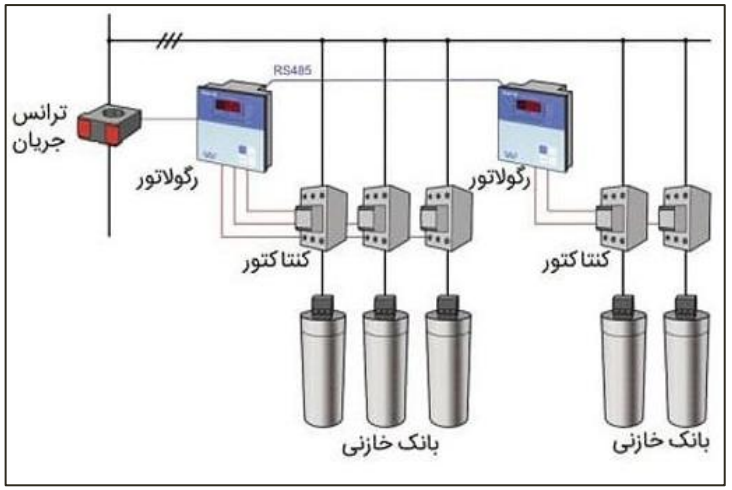
در شکل ۶-۲ تابلو بانک خازن، در شکل ۶-۳ شماتیک تابلو خازن و ۶-۴ نمودار تک خطی بانک خازن آورده شده است.



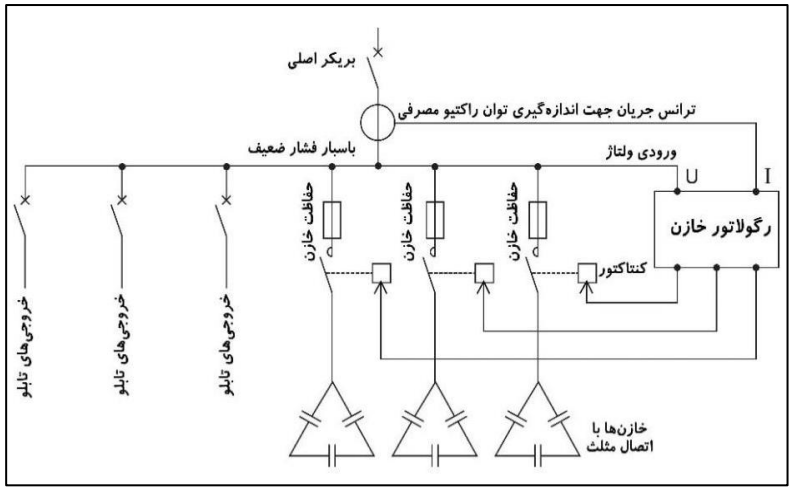
شکل ۶-۱ مثلث توان



شکل ۶-۲ تابلو بانک خازن



شکل ۶-۳ (شماتیک تابلو بانک خازن)



شکل ۶-۴ (نمودار تک خطی بانک خازن)

۶-۱ محاسبه بانک خازنی

رابطه ۶-۱ $$\mathbf{Q_2 = Q_1 - Q_C}$$

رابطه ۶-۲ $$\mathbf{Q_C = Q_1 - Q_2}$$

رابطه ۶-۳ $$\mathbf{Qc = P\tan\varphi_1 - P\tan\varphi_2}$$

رابطه ۶-۴ $$\mathbf{Qc = P(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)}$$

رابطه ۶-۵ $$\mathbf{Qc = P \times K}$$

Q_1 ظرفیت اولیه، Q_2 ظرفیت مورد نظر، Q_C ظرفیت بانک خازنی، $\boldsymbol{\varphi_1}$ زاویه فاز اولیه ،φ_2 زاویه فاز ثانویه ، P توان ظاهری و K ضریب توان می باشد.

در جدول ۶-۱ با دانستن ضریب توان اولیه ($COS\varphi_1$) و ضریب توان مورد نیاز($COS\varphi_2$) میزان K بانک خازن را بدست می آوریم.

جدول ۶-۱ ضریب توان

Final power factor		Capacitor power in kVAr to be installed per kW of load to increase the power factor to:										
cosφ		0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1
	tgφ	0.48	0.46	0.43	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.20	0.14	0.0
0.40	2.29	1.805	1.832	1.861	1.895	1.924	1.959	1.998	2.037	2.085	2.146	2.288
0.41	2.22	1.742	1.769	1.798	1.831	1.840	1.896	1.935	1.973	2.021	2.082	2.225
0.42	2.16	1.681	1.709	1.738	1.771	1.800	1.836	1.874	1.913	1.961	2.002	2.164
0.43	2.10	1.624	1.651	1.680	1.713	1.742	1.778	1.816	1.855	1.903	1.964	2.107
0.44	2.04	1.568	1.595	1.614	1.647	1.677	1.712	1.751	1.790	1.837	1.899	2.041
0.45	1.98	1.501	1.532	1.561	1.592	1.626	1.659	1.695	1.737	1.784	1.846	1.988
0.46	1.93	1.446	1.473	1.502	1.533	1.567	1.600	1.636	1.677	1.725	1.786	1.929
0.47	1.88	1.397	1.425	1.454	1.485	1.519	1.532	1.588	1.629	1.677	1.758	1.881
0.48	1.83	1.343	1.730	1.400	1.430	1.464	1.467	1.534	1.575	1.623	1.684	1.826
0.49	1.78	1.297	1.326	1.355	1.386	1.420	1.453	1.489	1.530	1.578	1.639	1.782
0.50	1.73	1.248	1.276	1.303	1.337	1.369	1.403	1.441	1.481	1.529	1.590	1.732
0.51	1.69	1.202	1.230	1.257	1.291	1.323	1.357	1.395	1.435	1.483	1.544	1.686
0.52	1.64	1.160	1.188	1.215	1.249	1.281	1.315	1.353	1.393	1.441	1.502	1.644
0.53	1.60	1.116	1.144	1.171	1.205	1.237	1.271	1.309	1.349	1.397	1.458	1.600
0.54	1.56	1.075	1.103	1.130	1.164	1.196	1.230	1.268	1.308	1.356	1.417	1.559
0.55	1.52	1.035	1.063	1.090	1.124	1.156	1.190	1.228	1.268	1.316	1.377	1.519
0.56	1.48	0.996	1.024	1.051	1.085	1.117	1.151	1.189	1.229	1.277	1.338	1.480
0.57	1.44	0.958	0.986	1.013	1.047	1.079	1.113	1.151	1.191	1.239	1.300	1.442
0.58	1.40	0.921	0.949	0.976	1.010	1.042	1.073	1.114	1.154	1.202	1.263	1.405
0.59	1.37	0.884	0.912	0.939	0.973	1.005	1.039	1.077	1.117	1.165	1.226	1.368
0.60	1.33	0.849	0.878	0.905	0.939	0.971	1.005	1.043	1.083	1.131	1.192	1.334
0.61	1.30	0.815	0.843	0.870	0.904	0.936	0.970	1.008	1.048	1.096	1.157	1.299
0.62	1.27	0.781	0.809	0.836	0.870	0.902	0.936	0.974	1.014	1.062	1.123	1.265
0.63	1.23	0.749	0.777	0.804	0.838	0.870	0.904	0.942	0.982	1.030	1.091	1.233
0.64	1.20	0.716	0.744	0.771	0.805	0.837	0.871	0.909	0.949	0.997	1.058	1.200
0.65	1.17	0.685	0.713	0.740	0.774	0.806	0.840	0.878	0.918	0.966	1.007	1.169
0.66	1.14	0.654	0.682	0.709	0.743	0.775	0.809	0.847	0.887	0.935	0.996	1.138
0.67	1.11	0.624	0.652	0.679	0.713	0.745	0.779	0.817	0.857	0.905	0.966	1.108
0.68	1.08	0.595	0.623	0.650	0.684	0.716	0.750	0.788	0.828	0.876	0.937	1.079
0.69	1.05	0.565	0.593	0.620	0.654	0.686	0.720	0.758	0.798	0.840	0.907	1.049
0.70	1.02	0.536	0.564	0.591	0.625	0.657	0.691	0.729	0.796	0.811	0.878	1.020
0.71	0.99	0.508	0.536	0.563	0.597	0.629	0.663	0.701	0.741	0.783	0.850	0.992
0.72	0.96	0.479	0.507	0.534	0.568	0.600	0.634	0.672	0.721	0.754	0.821	0.963
0.73	0.94	0.452	0.480	0.507	0.541	0.573	0.607	0.645	0.685	0.727	0.794	0.936
0.74	0.91	0.425	0.453	0.480	0.514	0.546	0.580	0.618	0.658	0.700	0.767	0.909
0.75	0.88	0.398	0.426	0.453	0.487	0.519	0.553	0.591	0.631	0.673	0.740	0.882
0.76	0.86	0.371	0.399	0.426	0.460	0.492	0.526	0.564	0.604	0.652	0.713	0.855
0.77	0.83	0.345	0.373	0.400	0.434	0.466	0.500	0.538	0.578	0.620	0.687	0.829
0.78	0.80	0.319	0.347	0.374	0.408	0.440	0.474	0.512	0.552	0.594	0.661	0.803
0.79	0.78	0.292	0.320	0.347	0.381	0.413	0.447	0.485	0.525	0.567	0.634	0.776
0.80	0.75	0.266	0.294	0.321	0.355	0.387	0.421	0.459	0.499	0.541	0.608	0.750
0.81	0.72	0.240	0.268	0.295	0.329	0.361	0.395	0.433	0.473	0.515	0.582	0.724
0.82	0.70	0.214	0.242	0.269	0.303	0.335	0.369	0.407	0.447	0.489	0.556	0.698
0.83	0.67	0.188	0.216	0.243	0.277	0.309	0.343	0.381	0.421	0.463	0.530	0.672
0.84	0.65	0.162	0.190	0.217	0.251	0.283	0.317	0.355	0.395	0.437	0.504	0.645
0.85	0.62	0.136	0.164	0.191	0.225	0.257	0.291	0.329	0.369	0.417	0.478	0.602
0.86	0.59	0.109	0.140	0.167	0.198	0.230	0.264	0.301	0.343	0.390	0.450	0.593
0.87	0.57	0.083	0.114	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.317	0.364	0.424	0.567
0.88	0.54	0.054	0.085	0.112	0.143	0.175	0.209	0.246	0.288	0.335	0.395	0.538
0.89	0.51	0.028	0.059	0.086	0.117	0.149	0.183	0.230	0.262	0.309	0.369	0.512
0.90	0.48		0.031	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.234	0.281	0.341	0.484

مثال: محاسبه ظرفیت بانک خازنی برای یک مجتمع مسکونی

در نظر بگیرید:

بار کل مجتمع: ۵۰۰ کیلووات

ضریب توان فعلی: ۰,۸

ضریب توان مطلوب: ۰,۹۵

ولتاژ شبکه: ۳۸۰ ولت

فرکانس شبکه: ۵۰ هرتز

محاسبه زاویه فاز اولیه:

$\theta_1 = \arctan(Q_1)/P = \arctan((۵۰۰\ kW \times \tan(\arccos(۰.۸))) / ۵۰۰\ kW) \approx ۳۶.۸۷$ درجه

محاسبه زاویه فاز نهایی:

$\theta_2 = \arctan(Q_2)/P = \arctan((۵۰۰\ kW \times \tan(\arccos(۰.۹۵))) / ۵۰۰\ kW) \approx ۱۸.۱۹$ درجه

محاسبه توان راکتیو خازنی:

$Qc = ۵۰۰\ kW \times (\tan(۳۶.۸۷\ \text{درجه}) - \tan(۱۸.۱۹\ \text{درجه})) \approx ۲۱۰,۵$ کیلووار

همچنین می توان با استفاده از جدول ۶-۱ عدد K را بدست آورده و در فرمول فوق به جای $(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$ جاگذاری کرد.

نتیجه گیری:

برای بهبود ضریب توان از ۰.۸به ۰.۹۵در یک مجتمع مسکونی با بار ۵۰۰ کیلووات و ولتاژ ۳۸۰ ولت، به یک بانک خازن حدود ۲۱۰,۵کیلووار نیاز است.

در مجتمع‌های مسکونی، بار به صورت مداوم تغییر می‌کند. بنابراین، بهتر است از بانک خازنی خودکار استفاده شود که بتواند به صورت خودکار ظرفیت خازنی را بر اساس تغییرات بار تنظیم کند.
وجود تجهیزات الکترونیکی در مجتمع‌های مسکونی می‌تواند باعث ایجاد هارمونیک در شبکه شود. بانک خازنی باید بتواند با هارمونیک‌ها مقابله کند.
قبل از نصب بانک خازنی، باید با شرکت توزیع برق استان هماهنگی لازم انجام شود.

۶-۲ رگولاتور بانک خازنی

شکل ۶-۵ رگولاتور بانک خازن

رگولاتور بانک خازنی مغز متفکر یک بانک خازنی در سیستم برق صنعتی می‌باشد. این رله الکترونیکی و میکرو پروسسوری تصمیم می‌گیرد چه زمانی کدام پله به مدار وصل شده و کدام پله از مدار قطع شود و با اندازه‌گیری ضریب توان شبکه و مقایسه آن با ضریب توان هدف، تصمیم می‌گیرد چند پله در مدار قرار بگیرد.

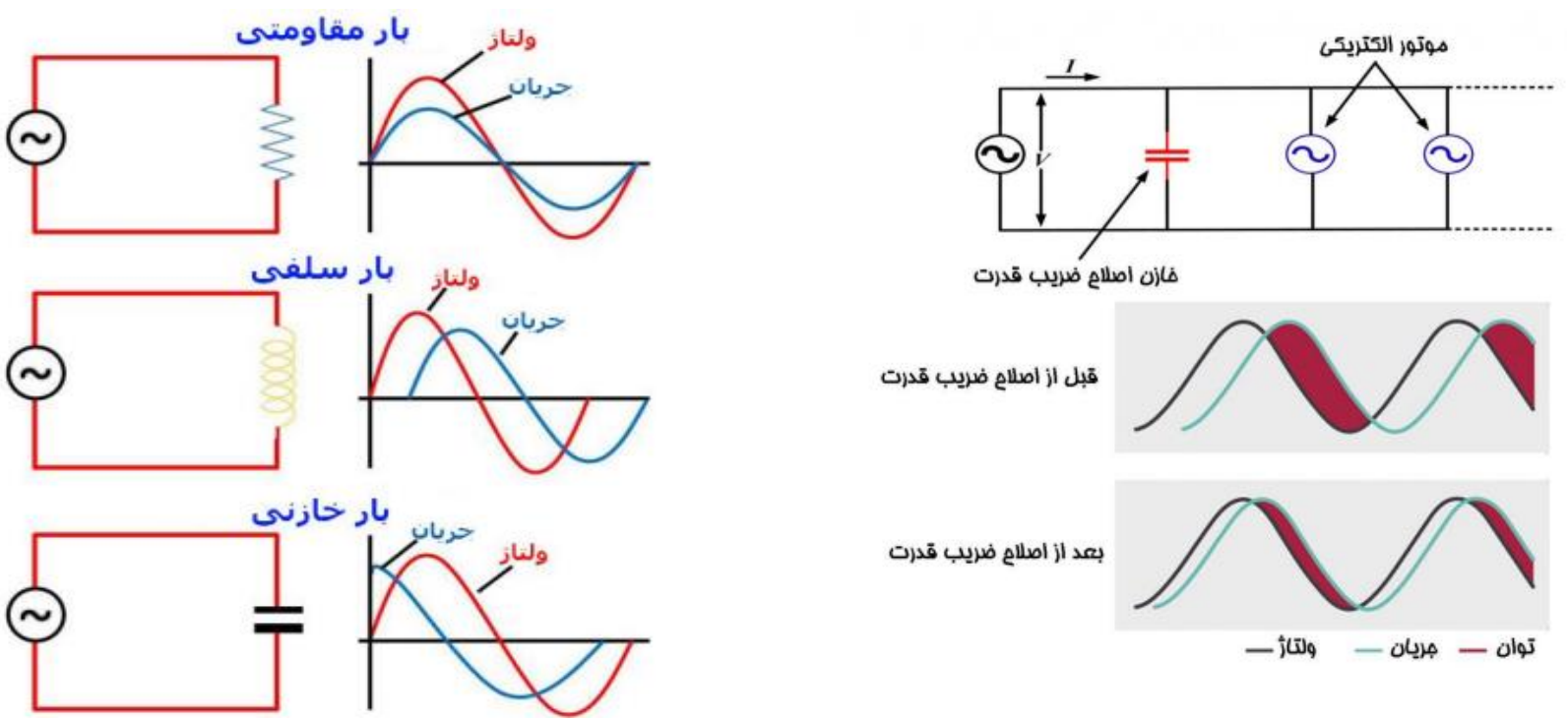
در صنعت بیشتر مصرف کننده‌ها سلف مقاومتی هستند، برای تامین توان راکتیو مورد نیاز سلف‌ها، نیاز به استفاده از خازن می‌باشد. رله کنترل توان راکتیو به صورت تک‌فاز و سه‌فاز طراحی و تولید می‌شود.

هر پله از خازن‌ها با استفاده از یک کنتاکتور مخصوص که توانایی تحمل جریان‌های هجومی خازن‌ها را هنگام وصل و نیز قطع جریان‌های خازنی را داشته باشد و یک کلید فیوز که قدرت قطع بالا را دارد به شینه های برق شبکه متصل می‌شود.

۶-۲-۱ مشخصات فنی رگولاتور بانک خازنی

رگولاتور بانک خازنی با اندازه‌گیری ضریب توان شبکه و مقایسه آن با ضریب توان هدف که معمولا به صورت تجربی بین ۰.۹ تا ۰.۹۵ تنظیم می‌شود، مطابق شکل ۶-۶ تعیین می‌کند که چه تعداد پله و با چه ظرفیتی در مدار قرار گیرد.

باید خاطر نشان کرد برای قراردادن رگولاتور خازنی در مدار عموما از ترانس جریان ۵ آمپر ثانویه استفاده می‌شود به شکلی که یکی از فازها به ترانس جریان متصل شده و سپس به ورودی ترانس جریان رگولاتور متصل می‌شود دو فاز دیگر از یک فیوز عبور کرده و جهت نمونه‌گیری به رگولاتور متصل می‌شود. یادآور می شود که جهت حفاظت از سیستم و ترانس ثانویه، ترانس حتما باید زمین شود.



شکل ۶-۶ رگولاتور بانک خازنی

۶-۲-۲ انواع رگولاتور بانک خازنی

الف) رگولاتور بانک خازنی تک‌فاز: رگولاتور بانک خازنی در برخی مدل ها به صورت تکفاز تولید می‌شود، بطور کلی این مدل از رگولاتور بانک خازنی با توجه به نمونه‌برداری فقط از یک فاز دارای خطا بوده و نتایج مطلوبی در اختیار مصرف‌کننده قرار نمی‌دهند. این خطا به دلیل عدم تقارن و تعادل شبکه سه‌فاز می‌باشد. همچنین برخی از مدل‌های سه‌فاز توانایی نمایش پارامترهای شبکه را نیز دارند، که در صورت استفاده از رگولاتور بانک خازنی تک‌فاز این ویژگی در اختیار مصرف‌کننده قرار نمی‌گیرد، پس استفاده از رله کنترل توان راکتیو به صورت تکفاز توصیه نمی‌شود.

ب) رگولاتور بانک خازنی سه‌فاز: برخی از رله‌های کنترل ضریب توان تولید شده قابلیت نمونه‌برداری از سه‌فاز را دارند. این نوع از رگولاتورهای بانک خازنی توانایی اندازه‌گیری دقیق‌تر، قابلیت کاهش تعداد سوئیچینگ و در نهایت افزایش عمر خازن‌ها را دارند.
همچنین این نوع از رگولاتور بانک خازنی قابلیت اندازه‌گیری و نمایش پارامترهای مختلف شبکه مانند جریان سه‌فاز، ولتاژ سه‌فاز و غیره را دارد که استفاده از این نوع رگولاتور در بانک خازنی، بیشتر توصیه می‌شود.
اولین فاکتور متمایزکننده رله کنترل توان راکتیو یا رگولاتور بانک خازنی در تعداد پله‌های آن بوده و در انواع ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۲، ۱۴ پله موجود هستند، البته بیشتر موارد مصرف شده در صنعت از دو نوع ۱۲ پله و ۶ پله می‌باشد. در بعضی از رگولاتور بانک خازنی می‌توان هارمونیک‌های ولتاژ را (معمولا تا هارمونیک ۱۳ ام) نمایش داد و با درصد مشخص و تعیین شده‌ای فیلتر کرد.

۶-۳ نکات مهم انتخاب خازن[1]

با توجه به گستردگی استفاده از لامپ‌های تخلیه در گاز (از قبیل لامپ‌های فلورسنت معمولی و یا کمپکت ،گازی بخار، سدیم بخار، جیوه متال هالید و...) و چراغ‌های LED در سیستم روشنایی و همچنین مصرف‌کننده‌های غیرخطی از قبیل دستگاه‌های برق بدون وقفه سیستم سرعت متغیر موتورها و یا راه‌انداز نرم موتورهای، برقی منابع تغذیه الکترونیکی و... در ، ایجاد جریان هارمونیک می‌گردند، الزامی است که ولتاژ نامی و کار خازن (بانک‌خازن) حداقل ۴۴۰ولت انتخاب گردد.

استفاده و یا عدم استفاده از فیلترهای حذف هارمونیک در بانک خازن پس از بهره‌برداری از تأسیسات برقی ساختمان و با اندازه‌گیری میزان هارمونیک‌ها قابل تعیین است. در صورت استفاده از فیلترهای حذف هارمونیک‌ها ولتاژ نامی و کار خازن (بانک‌خازن) متناسب با مقدار جریان هارمونیک‌ها و شرایط لازم محاسبه و انتخاب می‌گردد.

۱. مبحث ۱۳ پیوست ۵-۱-۷و۸و۹

فصل هفتم

تلفات

هدف: با به‌کارگیری روش های پیش گفته تلفات بار شبکه توزیع کاهش می یابد که این خود باعث صرفه جویی انرژی خواهد بود.

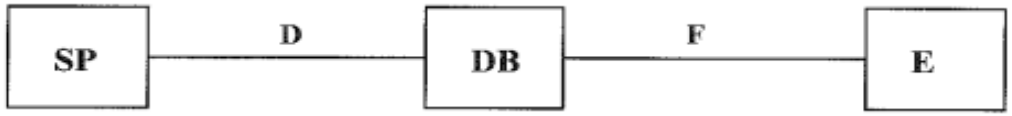
۷-۱ تلفات بار در شبکه توزیع برق و سیم کشی برق

الف) مقادیر افت ولتاژ در شبکه توزیع برق و سیم کشی[۱]

کاهش افت ولتاژ باعث کاهش مقدار تلفات در شبکه توزیع می‌شود.

جدول ۷-۱ دیاگرام و جدول افت ولتاژ در مدار توزیع و نهایی مطابق با بند ۱۳-۷-۱-۵ کتاب مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان می باشد.

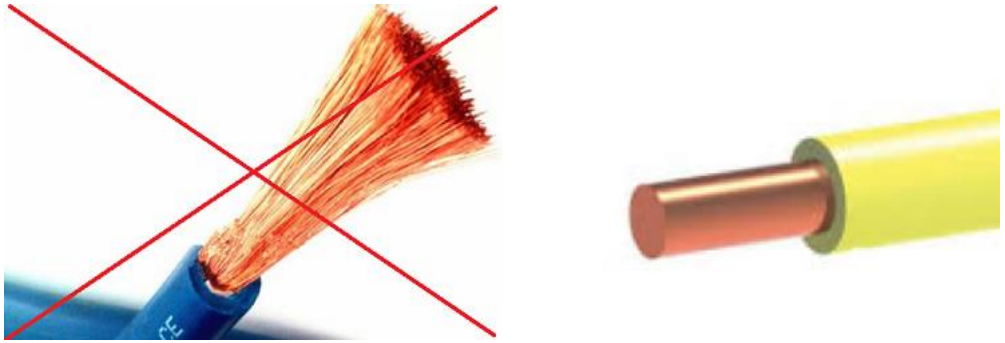
نوع مدار	نوع مصرف یا لوازم وصل شده	افت ولتاژ مجاز
توزیع (مدارهای اصلی) (D)	تابلوی اصلی یا ورودی سرویس مشترک (DB)	٪۵
تاسیسات (مدارهای نهایی) (F)	روشنایی (E)	٪۳
	تجهیزات (E)	٪۵



۱. مبحث ۱۳- بند ۱۳-۷-۱-۵

ب) استفاده از سیم تک مفتولی به جای سیم افشان

افت ولتاژ مصرف انرژی را بالا می‌برد و باعث افزایش تلفات در سیستم می‌شود.



شکل ۷-۱

کاهش سطح مقطع تلفات را بالا می‌برد، لذا از سیم‌های رشته‌ای نباید استفاده کرد. طبق توصیه مبحث ۱۳ تا سیم مقطع ۱۰ از تک مفتولی(شکل ۷-۱) استفاده شود.[۱]

پ) نحوه آرایش و فاصله کابل ها از هم نوع کابل ها و انتخاب مقاطع مناسب[۲]

با توجه به تاثیر آرایش کابل ها در تلفات به مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان بند ۱۳-۷-۱-۷-۱ مراجعه شود.

۱. مبحث ۱۳- بند ۱۳-۷-۳-۱۴

۲. مبحث ۱۳-۷-۱-۷-۱

۷-۲ تاثیر هارمونیک‌ها در مصرف انرژی

الف) عوامل تولید هارمونیک‌ها

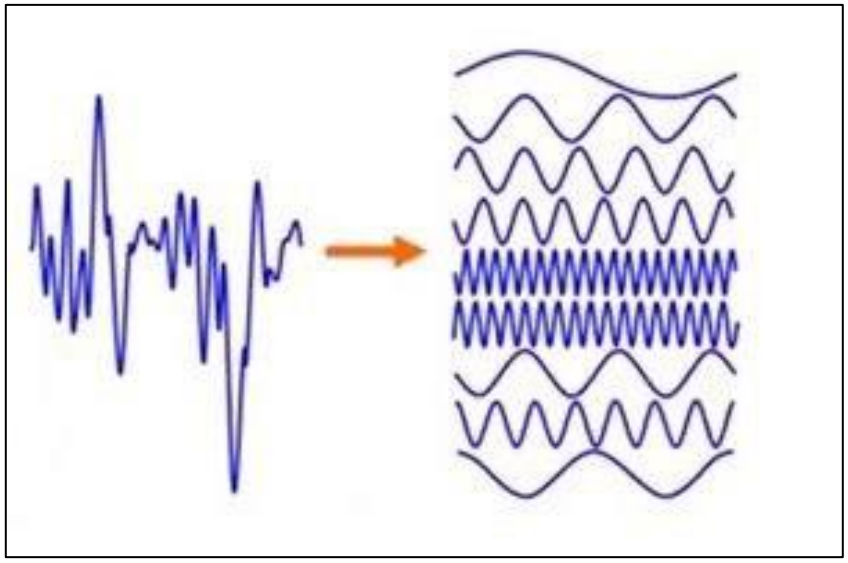
سیگنال هارمونیک مطابق شکل ۵-۷ توسط عوامل مختلفی از جمله موارد زیر تولید می‌شود:

مبدل‌های الکترونیکی مانند یکسوسازها و اینورترها

ادوات فرومغناطیسی مانند ترانس‌ها و ماشین‌های الکتریکی

تجهیزات تخلیه‌ای مانند لامپ‌های فلورسنت و با فشار گاز بالا مانند بخار سدیم

شارژهای باتری، مبدل‌های فرکانسی، درایورها، بانک‌های خازنی، کامپیوترها و...



شکل ۷-۲ سیگنال دارای هارمونیک

ب) اثرات منفی متعدد هارمونیک‌ها از جمله :

اثرات بر عایق‌های تجهیزات

اثرات گرمایی بر تجهیزات

عملکرد نامناسب تجهیزات شبکه قدرت و اتلاف

تاثیر روی مدارهای ارتباطی

در بسیاری از مراکز مانند پست‌ها ،نیروگاه‌ها،کارخانه‌ها و کاربردهایی مانند UPS ها،مبدل‌های فرکانسی ،یکسوسازها استانداردهایی بیان می‌شوند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها ضریب توان جریان کشیده شده از شبکه باید در حالت بار نامی نزدیک به یک و یا با ضریب خطای در حدود یک درصد به یک نزدیک شود. بنابراین فارغ از آن‌که بار چه جریان (خطی یا غیرخطی) مصرف می‌کند باید جریان کشیده شده از شبکه سینوسی بماند.

همانطور که در شکل ۷-۲ مشهود است، هارمونیک ها جریان با فرکانس های مختلف هستند و هدف فیلتر فکانس های مختلف اضافی است تا اثرات منفی را برطرف کند. بنابراین نیاز به فیلتر است.

ج) افزایش مناسب مقطع کابل و یا سیم مدار تغذیه کننده آن‌ها

د) استفاده از خازن برای کاهش تلفات بار در شبکه

با گذاشتن خازن توان راکتیو مورد نیاز بار در محل مصرف تولید می شود و اجازه عبور جریان راکتیو از داخل شبکه توزیع داده نمی شود که این خود باعث کاهش تلفات می شود.

ه) استفاده از تجهیزات یا دستگاه‌های با ضریب توان بالاتر

در این صورت نیاز به استفاده از بانک خازن نخواهد بود که مزایای بند قبل در این مورد نیز قابل بیان است.

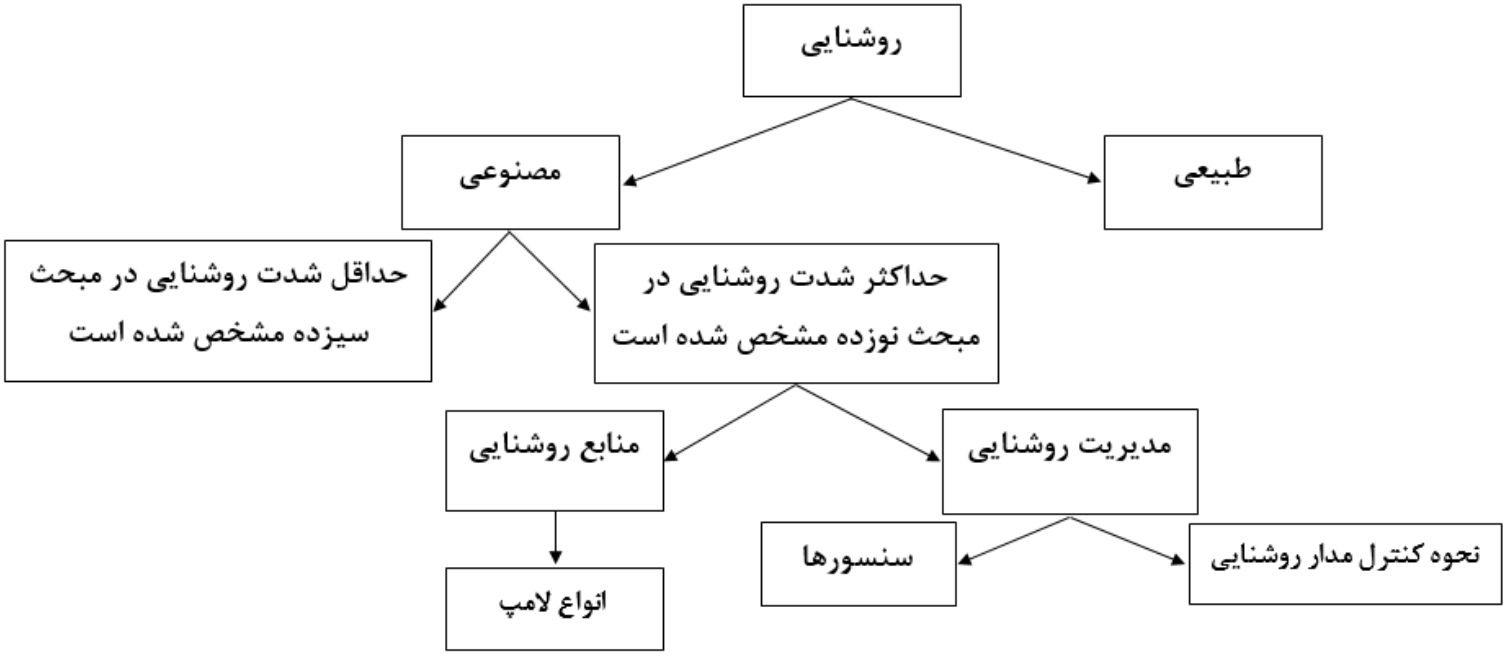
فصل هشتم

روشنایی

هدف: از آنجایی که روشنایی سهم موثر و ویژه ای از مصرف انرژی را به خود اختصاص می دهد لذا با بکارگیری منابع روشنایی(لامپ) و مدیریت روشنایی صحیح و همچنین بهره گیری از نور طبیعی برای تامین روشنایی محیط می توان تاثیر به سزایی درمبحث صرفه جویی انرژی در ساختمان ها ایفا می کند.

شدت روشنایی فضاهای داخلی ساختمان به دو روش روشنایی طبیعی و روشنایی مصنوعی و یا ترکیب هر دو تامین می شود. میزان روشنایی در سلامت روان و جسم انسان تاثیر بسزایی دارد و مقادیرحداقل شدت روشنایی، برای افراد با بینایی معمولی، در مبحث سیزده و حداکثر آن در مبحث نوزده تعیین شده است. نمودار ۸-۱ خلاصه‌ای از روشنایی ساختمان را نمایش می‌دهد.

شکل ۸-۱ نمودار انواع روشنایی در ساختمان



۸-۱ روشنایی طبیعی[۱]

هرچه بتوانیم از روشنایی نور طبیعی استفاده کنیم قطعا در مصرف انرژی صرفه جویی خواهیم داشت که این مهم توسط همکاران معمار در زمان طراحی مدنظر
قرار می گیرد.

۸-۲ سطح کار[۲]

در صورت نیاز به تعیین سطح کار می‌توان شدت روشنایی را مطابق مبحث ۱۳ جدول پ ۲-۵ مشخص کرد.چنانچه ارتفاع سطح کار مشخص نباشد مطابق مبحث ۱۹ بند ۱۹-۴-۲-۹-۲ بسته به نوع کاربری، ارتفاع سطح کار باید در نظر گرفته شود؛(اداری۰,۷۶، مسکونی و صنعتی۰,۸۵، راهروها۰,۱۵ – متر بالاتر از کف) که میزان تاثیر درنظر گرفتن سطح کار در موضوع صرفه جویی مصرف انرژی با مثال زیر قابل توجه خواهد بود.

مثال ۱ :

فرض کنید می‌خواهیم یک اتاق با کاربری اداری با مساحت ۲۰ متر مربع را با شدت نور ۳۰۰ لوکس روشن کنیم. اگر ازLED هایی با شار نوری ۱۰۰۰ لومن و ضریب بهره ۰.۶ استفاده کنیم، تعدادLED های مورد نیاز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

برای محاسبه دقیق تعدادLED های مورد نیاز، می‌توانید از فرمول زیر استفاده کنید:

(ضریب بهره × شدت نور هر LED) / (مساحت فضا × سطح روشنایی مورد نیاز) = تعداد LED

۱. مبحث ۱۹- بند۱۹- ۴-۲-۹-۱

۲. مبحث ۱۹- بند۱۹- ۴-۲-۹-۲

به طور کلی، برای فضاهای اداری با سطح کار ۰,۷۶ متر بالاتر از کف، شدت نور بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ لوکس توصیه می‌شود. اما برای کارهای دقیق‌تر مانند طراحی گرافیکی یا مطالعه جزئیات کوچک، ممکن است به شدت نور بیشتری نیاز باشد.

عوامل موثر بر شدت نور مورد نیاز

- نوع لامپ: لامپ‌هایLED ، فلورسنت و هالوژن هر کدام راندمان نوری متفاوتی دارند.
- ارتفاع نصب چراغ‌ها: هرچه چراغ‌ها بالاتر نصب شوند، شدت نور در سطح کار کمتر خواهد بود.
- توزیع نور: نوع لنز و رفلکتور چراغ‌ها بر روی توزیع نور تاثیرگذار است.
- ضریب نگهداری: با گذشت زمان، گرد و غبار روی چراغ‌ها نشسته و شدت نور کاهش می‌یابد.

تعداد LED = (۲۰ × ۳۰۰) / (۱۰۰۰ × ۰.۶) ≈ ۱۰ عدد

مثال۲ :

فرض کنید می‌خواهیم یک اتاق نشیمن ۲۵ متر مربعی را روشن کنیم. اگر ازLED هایی با شار نوری ۱۰۰۰ لومن و ضریب بهره ۰.۶ استفاده کنیم، تعداد LEDهای مورد نیاز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

شدت نور مورد نیاز برای یک فضای مسکونی با سطح کار افقی ۰٫۸۵ متر بالاتر از کف در نظر گرفته می شود.

مطابق مبحث ۱۳ شدت نور برای فضاهای مسکونی:

- اتاق نشیمن: ۱۰۰-۳۰۰ لوکس

تعداد LED= (۲۵ × ۲۰۰) / (۱۰۰۰×۰.٦) ≈ ۸ (عدد)

مثال۳ :

فرض کنید می‌خواهیم یک راهرو با ابعاد ۵ متر در ۲ متر را با شدت روشنایی ۱۵۰ لوکس روشن کنیم. ضریب بهره لامپ نیز ۰.۶ است.

محاسبه شار نوری کل:

۱۵۰ لوکس × ۵ متر × ۲ متر = شار نوری کل = ۱۵۰۰لومن

انتخاب لامپ:

فرض می‌کنیم از لامپ‌های LED با شار نوری هر لامپ ۱۰۰۰ لومن استفاده می‌کنیم.

محاسبه تعداد لامپ‌ها:

بنابراین، به ۳ عدد لامپ LED با شار نوری ۱۰۰۰ لومن نیاز داریم. ۱۵۰۰ / (۱۰۰۰ لومن × ۰.۶) ≈ ۲.۵لامپ

نکته: اگر هنگام طراحی محل سطح کار مشخص نباشد، یا احتمال تغییر در دوره بهره‌برداری وجود داشته باشد، باید حداقل ۷۰ درصد سطح آن فضا، در ارتفاع مورد نظر برای سطح کار، دارای شدت روشنایی مساوی یا بیشتر از حداقل مقدار تعیین شده از مبحث ۱۳ باشد.

مثال۴:

فرض کنید می‌خواهیم یک اتاق(نوع بهره برداری مشخص نیست) با ابعاد ۵ متر در ۴ متر را روشن کنیم. ارتفاع سقف ۳ متر است. ضریب بهره (CU) را ۰.۶ در نظر می‌گیریم و سطح روشنایی مورد نیاز را ۵۰۰ لوکس فرض می‌کنیم.

محاسبه مساحت مفید:

مساحت کل اتاق: ۵ متر × ۴ متر = ۲۰ متر مربع

مساحت مفید (۷۰٪): ۲۰ متر مربع × ۰.۷ = ۱۴ متر مربع

محاسبه شار نوری کل:

شار نوری کل (لومن) = سطح روشنایی مورد نظر (لوکس) × مساحت سطح مفید (متر مربع) / ضریب بهره(CU)

شار نوری کل ۷۰۰۰ لومن = ۰.۶/ ۳۰۰ لوکس × ۱۴ متر مربع

انتخاب لامپ:

فرض کنید از لامپ‌های LED با شار نوری ۱۰۰۰ لومن استفاده می‌کنیم.

۷عدد لامپ=۱۰۰۰ لومن / ۷۰۰۰ لومن

نتیجه:

برای روشنایی ۷۰ درصد از اتاق فوق به ۷ عدد لامپ با شار نوری ۱۰۰۰ لومن نیاز داریم.

۸-۴ محیط مجاور سطح کار[1]

مقادیر شدت روشنایی محیط مجاور سطح کار (شکل ۸-۲) باید مطابق جدول ۱۹-۴-۴ باشد.

مثال۵:

---

۱. مبحث ۱۹- بند۴-۲-۹-۳

فرض کنید می‌خواهیم یک اتاق کار با ابعاد ۴ متر در ۳ متر را روشن کنیم. سطح کار (میز) به مساحت ۲ متر مربع است. می‌خواهیم سطح کار را با شدت روشنایی ۵۰۰ لوکس روشن کنیم. ضریب بهره را نیز ۰.۷ فرض می‌کنیم.

محاسبه شار نوری کل برای سطح کار:

شار نوری کل برای سطح کار: ۱۴۲۹ لومن = ۰.۷ /۵۰۰ لوکس × ۲ متر مربع

محاسبه شار نوری کل برای محیط مجاور:

برای محاسبه شار نوری کل محیط مجاور، ابتدا باید مساحت محیط مجاور را محاسبه کنیم. فرض می‌کنیم که محیط مجاور به مساحت ۸ متر مربع باشد.

مطابق جدول ۱۹-۴-۴ محیط مجاور را با شدت روشنایی ۳۰۰ لوکس در نظر می گیریم.

شار نوری کل برای محیط مجاور: ۳۴۲۹ لومن =۰.۷ /۳۰۰ لوکس × ۸ متر مربع

شار نوری کل مورد نیاز:

شار نوری کل = شار نوری سطح کار + شار نوری محیط مجاور = ۱۴۲۹ لومن + ۳۴۲۹ لومن = ۴۸۵۸ لومن

انتخاب لامپ:

فرض کنید از لامپ‌های LED با شار نوری ۱۰۰۰ لومن استفاده می‌کنیم. در این صورت:

۴۸۵۸ لومن / ۱۰۰۰لومن =۴.۹ ≈۵

به ۵ عدد لامپ نیاز داریم.

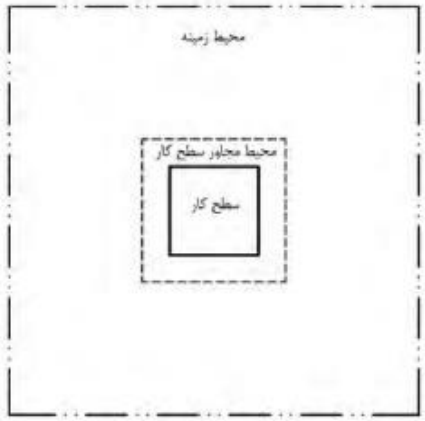
نکات مهم:

توزیع لامپ‌ها: لامپ‌ها را به گونه‌ای قرار دهید که نور به طور یکنواخت بر روی سطح کار و محیط مجاور بتابد.

ارتفاع نصب: ارتفاع نصب لامپ‌ها بر میزان روشنایی سطح کار و محیط مجاور تأثیرگذار است.

نورپردازی کمکی: برای تأمین روشنایی محیط اطراف سطح کار، می‌توانید از نورپردازی کمکی استفاده کنید.

ضریب ایمنی: بهتر است تعداد لامپ‌ها را کمی بیشتر از محاسبات اولیه در نظر بگیرید تا اطمینان حاصل شود که روشنایی کافی وجود دارد.



شکل ۸-۲ محدوده‌های سطح کار، محیط مجاور سطح کار و محیط زمینه

همان‌طور که در شکل ۸-۲ مشهود است نیم متر از هر طرف سطح کار را محیط مجاور سطح کار گویند. و عمق سه‌متری از محدوده ی مجاور سطح کار محیط زمینه خوانده می‌شود. شدت روشنایی محیط زمینه باید حداقل ۳۳ درصد محیط مجاور سطح کارباشد.

۸-۵ منابع روشنایی مصنوعی[۱]

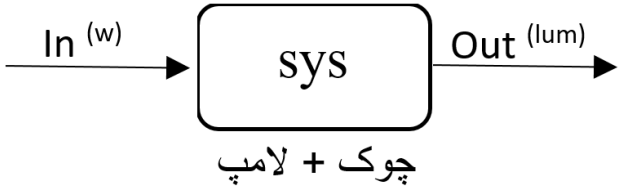
از دید صرفه جویی انرژی برای انتخاب لامپ نکات زیر را باید مدنظر قرارداد:

۸-۵-۱ راندمان

مهمترین ویژگی لامپ در صرفه جویی انرژی، راندمان یا بهره نوری (لومن بر وات) بالا است. حداقل راندمان لامپ ها مطابق جدول ۱۹-۵-۳۵ با توجه به رتبه انرژی ساختمان و نوع لامپ مورد استفاده قرار میگیرد.

استفاده از لامپ با فیلمان تنگستن و یا هالوژن با راندمان (یا بهره نوری) کمتر از ۱۴ لومن بر وات لامپهای بخار جیوه با راندمان کمتر از ۵۵ لومن بر وات و نیز لامپهای گازی با راندمان کمتر از ۲۲ لومن بروات مجاز نمی باشد مگر این که در طراحی و یا بهره برداری ویژگیهای خاصی مدنظر باشد که با دیگر لامپها قابل تأمین نباشد در این حالت لازم است طراح دلایل توجیهی خود را برای انتخاب های غیر مجاز ارائه نماید.

نکته۱: مقادیر لومن بر وات بدون لحاظ مصرف چوک و با در نظر گرفتن تغذیه لامپ با ولتاژ نامی است. (شکل ۸-۳)



$$\eta = \frac{out}{in} = \frac{lum}{w} = \frac{lum}{w_{۱} + w_{۲}} = \frac{lum}{w_{۱}}$$

(چوک + لامپ)

شکل ۸-۳ راندمان لامپ های دارای چوک

مشخصات فنی لامپ ها و اجزای آن‌ها، از جمله بالاست‌ها و منابع تغذیه در انتخاب مناسب ترین گزینه‌ها برای تامین روشنایی مصنوعی تعیین‌کننده هستند.

نکته۲: اعداد مندرج در جدول ۱۹-۵-۳۵ با فرض تغذیه لامپ با ولتاژ نامی می باشد.

---

۱. مبحث ۱۹- بند۵-۴-۹-۱

۸-۵-۲ با توجه به طول عمر بالای لامپ‌های LED لومن بر وات (راندمان) بین ۷۰ تا ۱۴۰ آن‌ها استفاده از این نوع لامپ‌ها با استاندارد تولید معتبر در کلیه رتبه‌های انرژی ساختمان توصیه می‌شود. این لامپ ها جایگزین مناسبی به‌جای لامپ‌ها با راندمان و طول عمر کم به حساب می‌آیند. انواع لامپ ها در شکل های ۸-۶ و ۸-۷ آورده شده است.

در صورت استفاده از LED به نکات زیر باید توجه گردد:

نکته ۱: محدود کردن نوسانات برق در لامپ LED با منبع تغذیه ولتاژ پایین الکترونیک، کارکرد این منبع را مختل می‌کند و باعث کاهش عمر لامپ و میزان نور آن می‌گردد.

نکته۲: توجه به جریان هارمونیک تولید شده در مدار تغذیه و مقدار اعوجاج کل جریان ناشی از منبع تغذیه لامپ.

استفاده از بالاست الکترونیکی استاندارد به‌جای بالاست القایی که برای لامپ‌های فلورسنت معمولی یا کمپکت مجاز نیست. (شکل۸-۸)

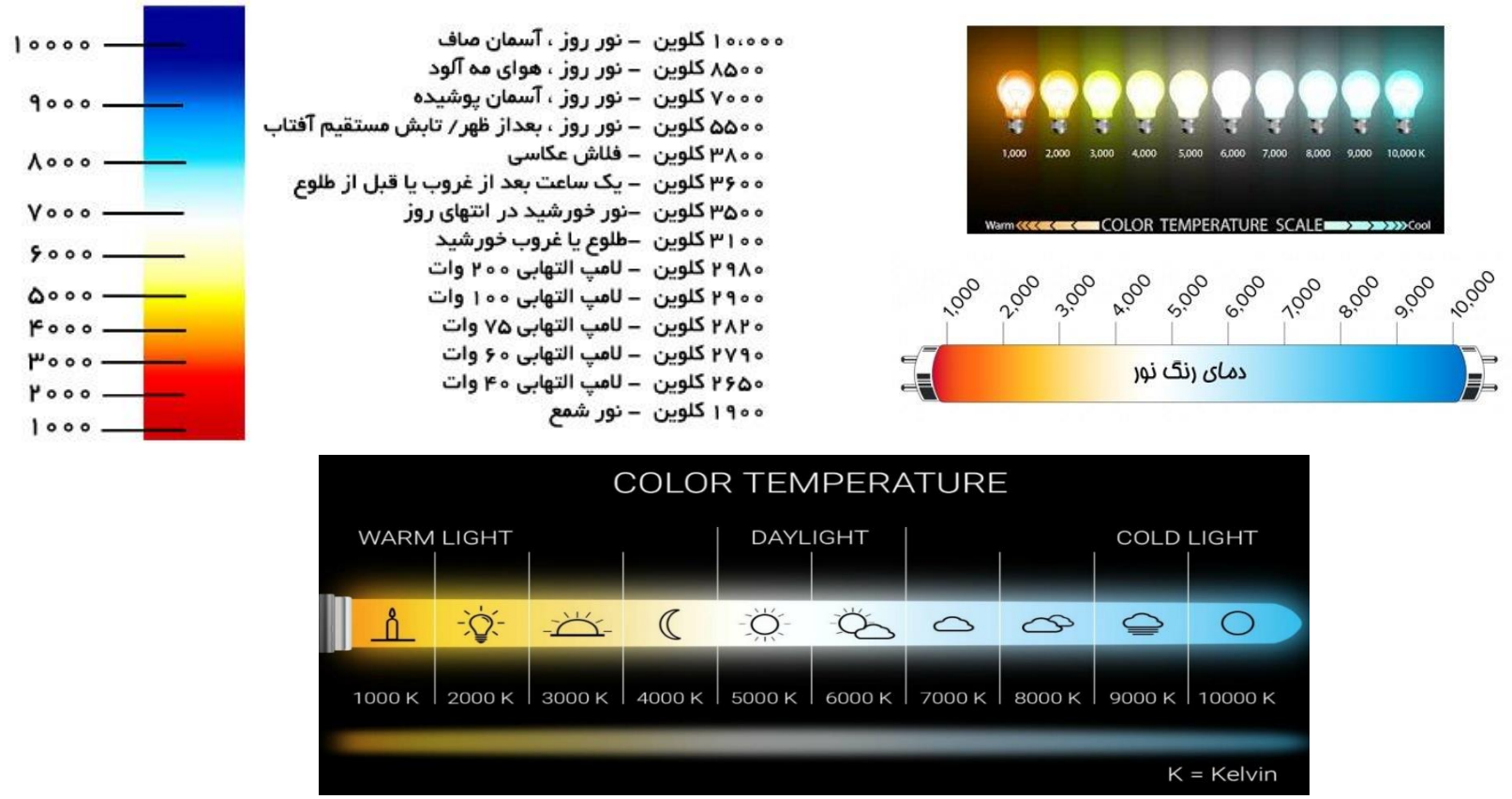
۸-۵-۳ برچسب انرژی لامپ در سیستم روشنایی

راندمان یکی از پارامترهای اصلی در انتخاب نوع و کاربرد لامپ به‌شمار می‌آید و با توجه به تنوع لامپ ها کاربردهای آن ها برای تامین روشنایی فضاهای داخلی و محیط اطراف ساختمان متفاوت می باشد.

با توجه به اینکه کلیه تجهیزات برقی باید دارای برچسب انرژی باشند مطابق جدول ۱۹-۴-۶ مبحث۱۹ مقررات ملی ساختمان حداقل رده برچسب انرژی برای رده‌های مختلف انرژی مشخص شده است.

۸-۵-۴ دمای رنگ نورCCT :

دمای رنگ نور به رنگ نور خروجی از یک لامپ یا منبع نوری می‌گویند. دمای رنگ نور یک پارامتر فیزیکی است که با واحد کلوین مشخص می‌شود. همانطور که در شکل ۸-۴ نشان داده شده است، هرچه دمای رنگ نور بیشتر باشد، رنگ آن سردتر و بازه آن از ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ کلوین است.

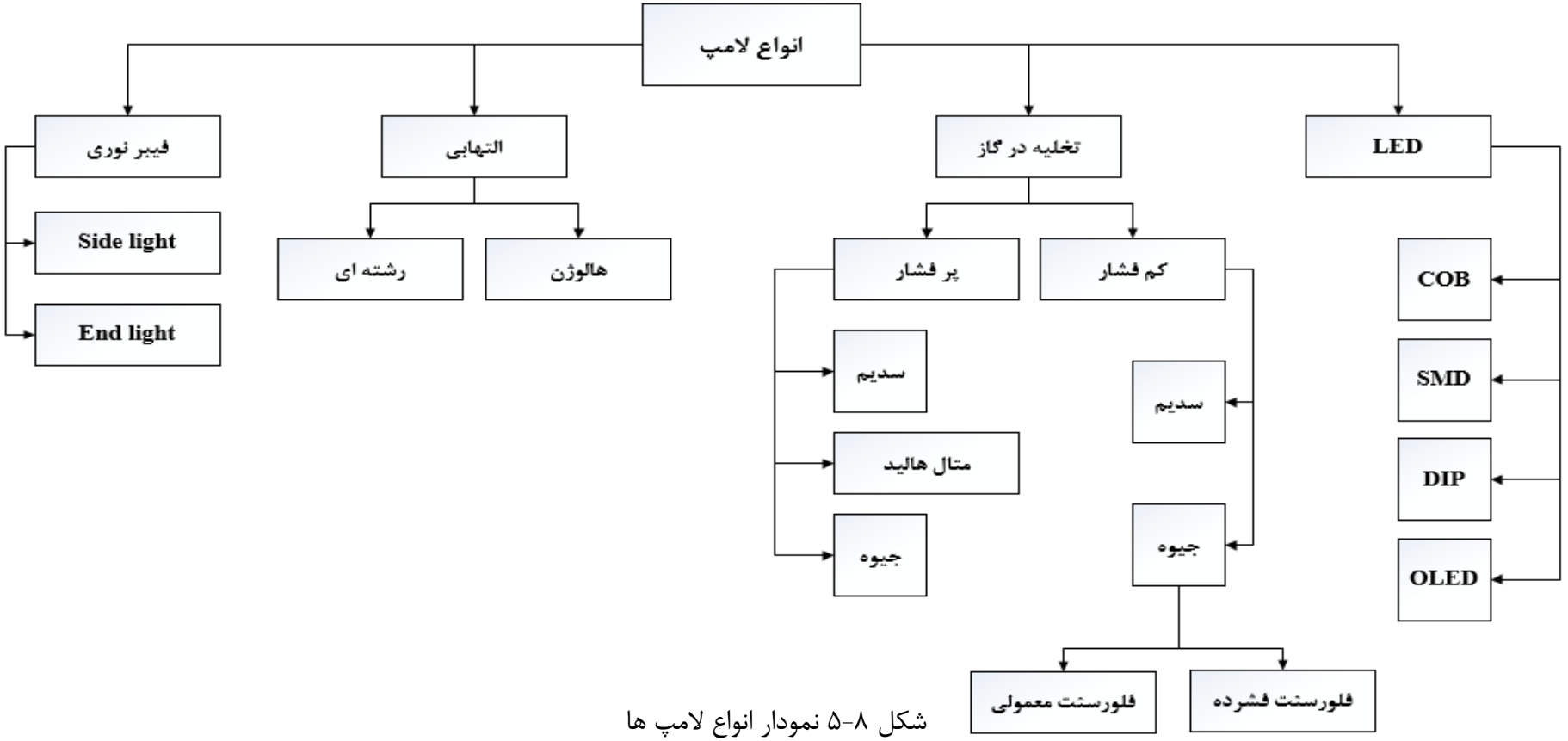


شکل ۸-۴ دمای رنگ نور

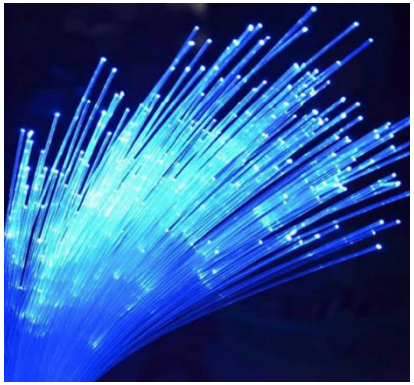
۸-۵-۵ شاخص نمود رنگ (Color Rendering Index)

CRI به زبان ساده بیان می کند که این منبع نور مصنوعی چه میزان رنگ دیده شده را مطابق با رنگ واقعی نشان می دهد.

در سالن ها، کارخانه ها، نمایشگاه ها، آزمایشگاه ها و اتاق عمل CRI باید بالا و نزدیک به ۱۰۰ باشد. هرچه شاخص نمود منابع نوری بیشتر باشد رنگ دیده شده اجسام به رنگ واقعی نزدیکتر است و احتمال بروز خطا کاهش پیدا می کند. CRI در کاتالوگ تولید کننده ارائه می گردد.



شکل ۸-۵ نمودار انواع لامپ ها

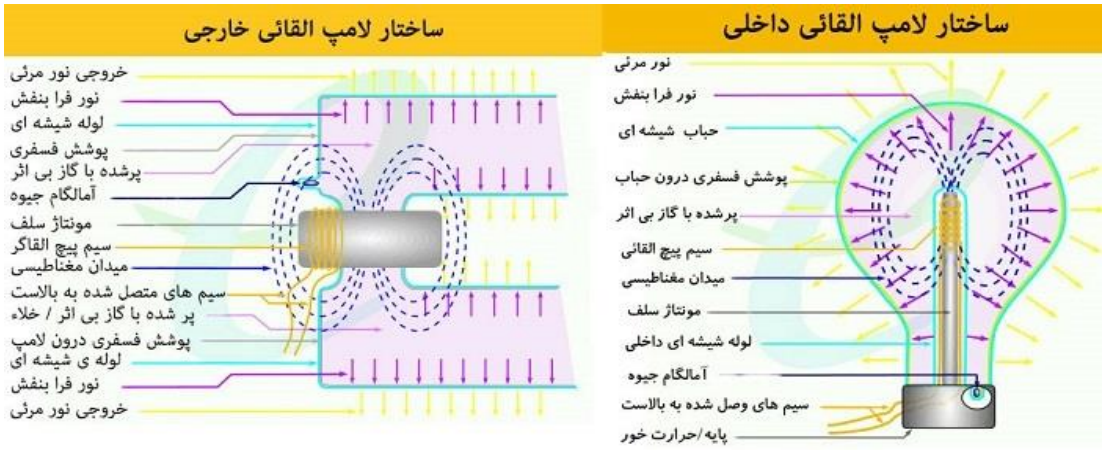


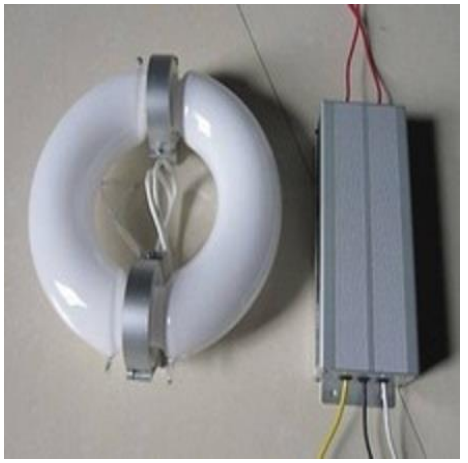
(فیبر نوری)

(OLED)

نئون

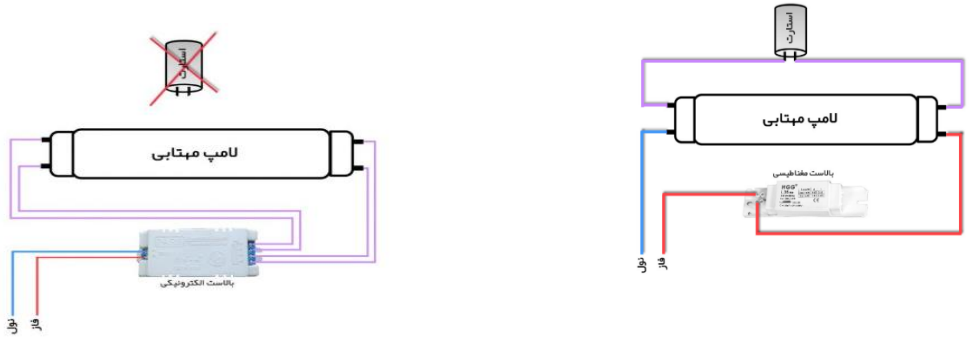
شکل ۸-۶ انواع لامپ‌ها





شکل ۸-۷ انواع لامپ القایی

نکته: استفاده از بالاست مغناطیسی درلامپ‌ها مهتابی ممنوع است.



شکل ۸-۸ مدار لامپ فلورسنت

۸-۶ چگالی توان سیستم روشنایی

مقدار حداقل و یا پیشنهادی روشنایی فضاهای مختلف در مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان مشخص شده است. اما راجع به اینکه برای تامین این مقدار روشنایی چه مقدار توان باید مصرف نماییم صحبتی نشده است. در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان با محاسبه مقدار چگالی توان سیستم روشنایی درواقع مقدار حداکثر توان مصرفی برای روشنایی محیط داخل یا فضاهای خارج ساختمان مشخص می گردد. این مقدار چگالی توان سیستم روشنایی در جدول ۱۹-۵-۳۶ مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان آمده است. برای محاسبه چگالی شدت روشنایی می توان مطابق پیوست ۱۲-۴ مبحث ۱۹ عمل نمود.

مثال ۶:

فرض کنید می‌خواهیم یک اتاق نشیمن با ابعاد ۴ متر در ۵ متر را روشن کنیم. برای این کار از ۴ عدد لامپ فلورسنت ۴۰ واتی استفاده می‌کنیم. می‌خواهیم چگالی توان این سیستم روشنایی را محاسبه کنیم.

حل:

محاسبه مساحت اتاق: ۲۰ متر مربع = ۴ متر × ۵ متر

محاسبه کل توان مصرفی:

کل توان = تعداد لامپ‌ها × توان هر لامپ ۱۶۰ وات = ۴ لامپ × ۴۰ وات

محاسبه چگالی توان:

$$\text{چگالی توان} = \frac{\text{توان کل}}{\text{مساحت}}$$ ۸ وات بر متر مربع = ۲۰ متر مربع/ ۱۶۰ وات

نتیجه:

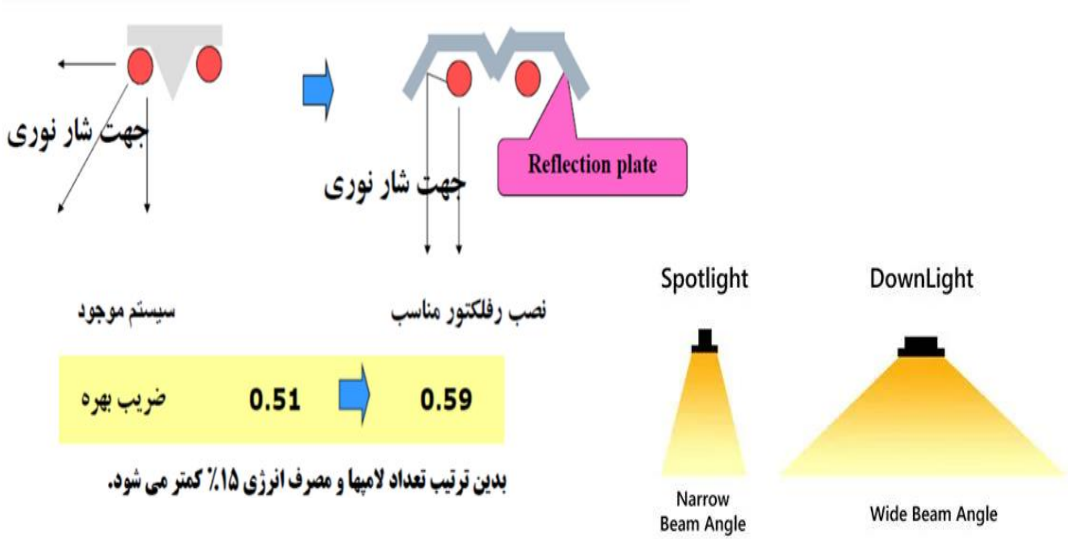
چگالی توان سیستم روشنایی اتاق نشیمن در این مثال ۸ وات بر متر مربع است. این بدان معنی است که به ازای هر متر مربع از سطح اتاق، ۸ وات انرژی مصرف می‌شود.

۸-۷ تاثیر زاویه تابش در صرفه‌جویی مصرف انرژی

- تنظیم منحنی نور لامپ‌ها به کمک رفلکتورها (مطابق شکل ۸-۹)
- استفاده از چراغ مناسب
- استفاده بهینه از آینه‌ها و عدسی‌ها برای کاهش افت روشنایی
- اصلاح سیستم نگهداری و نظافت لامپ‌ها و چراغ ها نظیر جلوگیری از گرد خاک
- عمر لامپ مورد استفاده در تامین روشنایی (لامپی انتخاب شود که عمر مفید بالایی داشته باشد.)
- انتخاب چوک یا بالاست باتلفات بار کم یعنی مصرف برق کمتر برای لامپ های تخلیه در گاز مانند لامپ‌های فلورسنت معمولی با کمپکت، متال هالید، بخار سدیم، بخار جیوه، و نیزمنابع تغذیه ولتاژ پایین برای لامپ‌های LED و OLED.
- مشخصات کیفی نور، از جمله دمای رنگ، شاخص نور آن باعث تغییر رنگ اجسام مختلف از نظر بیننده نشود.

جدول ۸-۱ تاثیر زاویه تابش در نورپردازی

زاویه تابش (درجه)	وسعت نور	نوع نورپردازی یا محل نصب مناسب
۸ تا ۱۳	خیلی باریک	نورپردازی تاکیدی در موزه، گالری یا کافی شاپ
۱۴ تا ۱۹	باریک	نورپردازی تاکیدی در موزه، گالری یا کافی شاپ
۲۰ تا ۴۰	متوسط	نورپردازی عمومی در ساختمان‌های مسکونی، تجاری و رستوران
۴۱ تا ۶۰	گسترده	نورپردازی عمومی در ساختمان‌های مسکونی، تجاری و رستوران
بیشتر از ۶۰	خیلی گسترده	نورپردازی عمومی محیطهای تجاری، سالن‌های همایش یا تئاتر و محیطهایی با مساحت زیاد



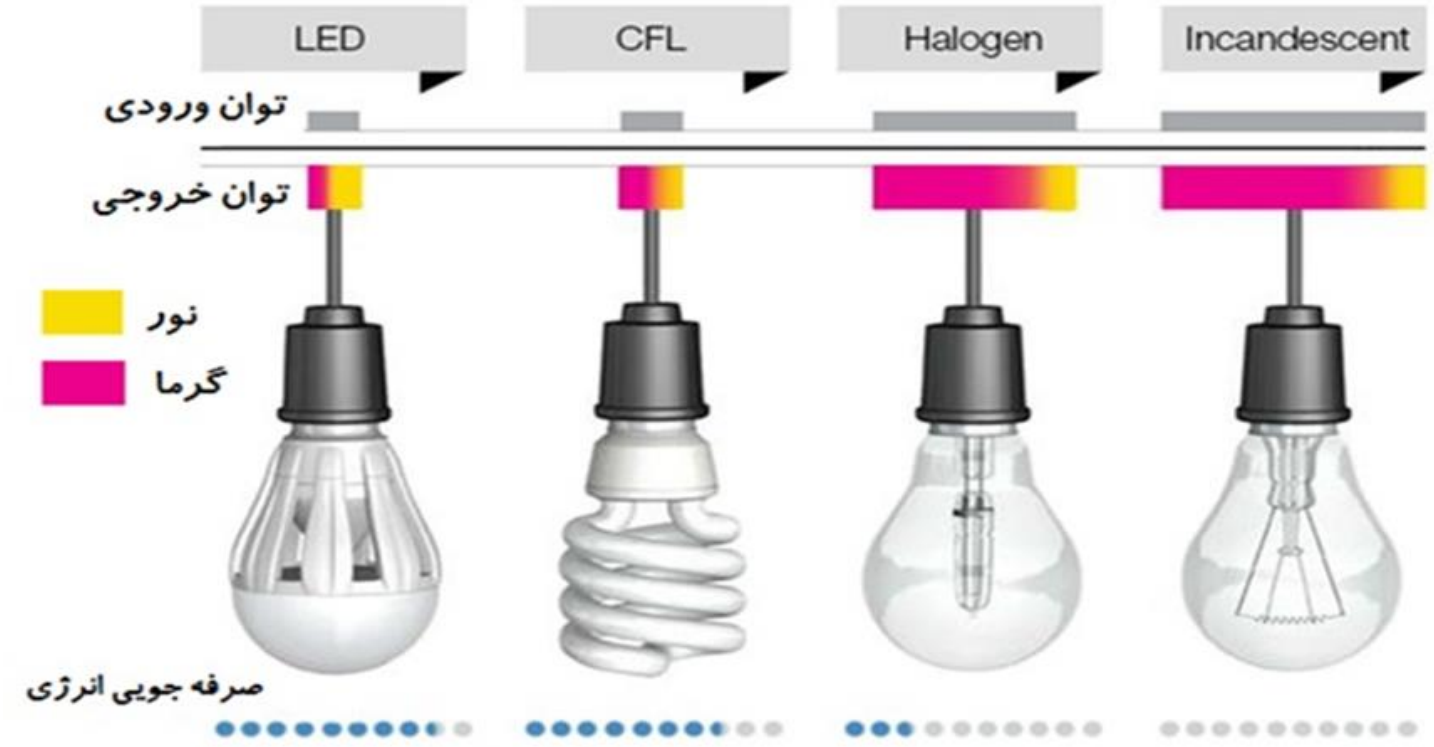
شکل ۸-۹ زاویه تابش لامپ‌ها

پارامترهای لامپ های مذکور در صفحات قبل براساس اطلاعات یکی از سازندگان لامپ به عنوان نمونه در ذیل آمده است

جدول ۸-۲ بر اساس پارامترهای مهم منابع روشنایی

پارامتر	رشته ای	هالوژن	بخار جیوه	متال هالید	بخار سدیم پرفشار	بخار سدیم کم فشار	فلورسنت	فلورسنت فشرده	LED
طول عمر متوسط(ساعت)	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۱۶۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۸۰۰۰	۱۶۰۰۰	۱۲۰۰۰	۸۰۰۰	۵۰۰۰۰
بهره‌ی نوری (lm/w)	۱۰	۲۰	۶۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۶۰	۸۰	۸۰	بیش از ۱۶۰
ضریب تشخیص رنگ (R_a)	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	۸۰-۹۵	۲۵	کمتر از ۲۰	۸۰	۸۰	۷۰-۹۲
دمای رنگ (کلوین)	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۳۰۰۰-۴۵۰۰	۳۰۰۰-۷۰۰۰	۲۰۰۰-۲۷۰۰	۲۰۰۰	۲۷۰۰-۶۵۰۰	۲۷۰۰-۶۵۰۰	۲۷۰۰-۱۸۰۰۰
سازگاری با محیط زیست	متوسط	متوسط	ضعیف	متوسط	متوسط	متوسط	ضعیف	ضعیف	عالی
امکان کاهش نور (درصد)	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰	۴۰-۱۰۰	ندارد	۵۰-۱۰۰	۵۰-۱۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰	۰-۱۰۰
زمان راه اندازی متوسط (دقیقه)	صفر	صفر	۵	۷	۵	۱۵	۰/۵	۰/۵	صفر
وابستگی طول عمر به روشن خاموش شدن مکرر	زیاد	زیاد	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	ندارد
محدوده انتخاب توان (وات)	۱-۵۰۰	۵-۲۰۰۰	۵۰-۱۰۰۰	۲۰-۳۵۰۰	۳۵-۲۰۰۰	۱۰-۹۰	۴-۸۰	۴-۲۵۰	گسترده
نیاز به راه انداز	ندارد	ندارد	دارد	دارد	دارد	دارد	دارد	ندارد	دارد

شکل ۸-۱۰ انواع لامپ ها را بر اساس صرفه جویی در مصرف انرژی نمایش می دهد.



شکل ۸- ۱۰ انواع لامپ از نظر صرفه‌جویی مصرف انرژی

۸-۸ مدیریت روشنایی[۱]

استفاده از سیستم مدیریت روشنایی برای ساختمان های بسیار کم انرژی الزامی است و این سیستم باید دارای قابلیت های درج شده در بند ۱۹-۵-۴-۷ مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان باشد.

در اجرا سیستم مدیریت هوشمند ساختمان باید دارای حداقل امکانات و قابلیت های زیر باشد:

ساختار دیجیتالی آدرس‌پذیر و با توپولوژی آزاد

BMS باید تعامل پذیر باشد.

۸-۹ سیستم‌های کنترل روشنایی

ناظر ساختمان باید به منحنی پوشش و نحوه عملکرد، زاویه پوشش، ارتفاع نصب، فاصله افقی عملکرد در سطح مکان، فضای مورد نظر و نحوه اسکن سنسورهای مورد استفاده در سیستم‌های کنترل روشنایی توجه نماید.

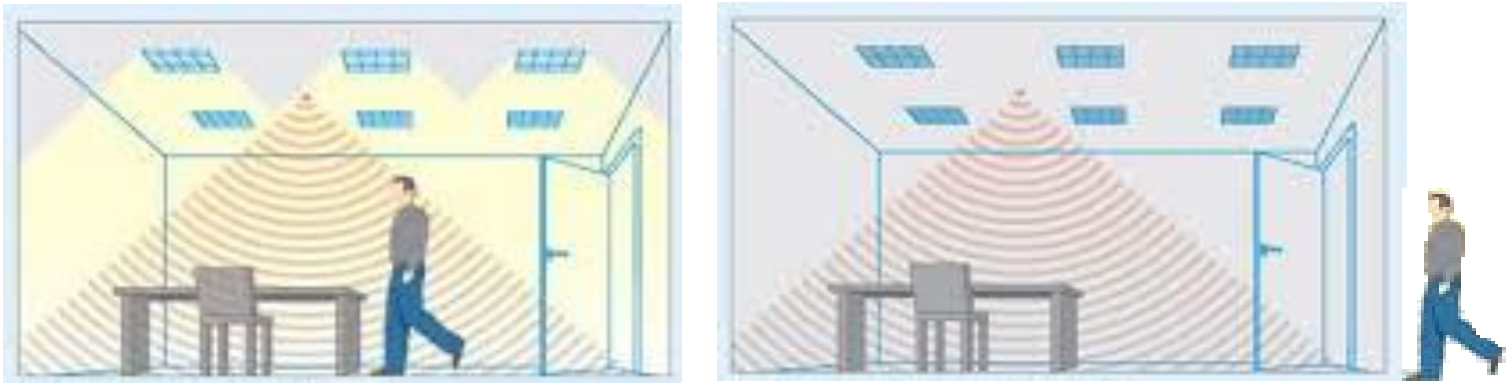
برای سیستم‌های کنترل روشنایی درکلیه رتبه‌های ساختمانی ترکیبی از روش‌های زیر به‌کار گرفته می‌شود:

کلیدهای قطع و وصل

حسگرهای حرکت وحسگرهای حضور

۱. مبحث ۱۹- ۵-۴-۷

۸-۸-۱ حسگرهای حرکت وحسگرهای حضور

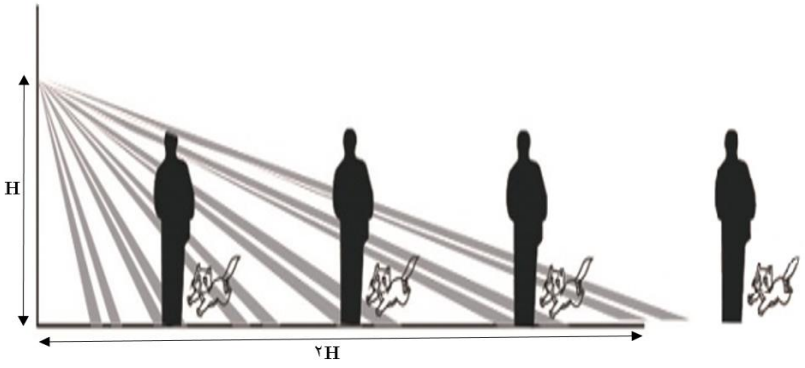


شکل ۸-۱۱ سنسور حرکت

الف) حسگرهای حرکتی در محل ورود و خروج افراد نصب می شود.(مطابق شکل ۸-۱۱)

حسگر حرکتی حداقل یک متر مانده به فضای مورد نظرقرار می‌گیرد و حرکت و تغییر مکان افراد به اندازه ی ۵۰ سانتی‌متر در فضای پوشش دامنه حسگر قابل تشخیص است و حسگر فرمان می‌دهد برای مدت معینی مدار روشنایی و یا سایر مدارها فعال یا غیرفعال شود.

ب) اگر حسگر حرکتی برای مدار روشنایی پیرامون ساختمان با محوطه به‌کار رود، باید توانایی تشخیص حرکت فرد، درفاصله‌ای برابر با دو برابر ارتفاع نصب چراغ‌های روشنایی محوطه را داشته باشد و یا توانایی تشخیص حرکت فرد در محدوده ی تحت پوشش چراغ‌های محوطه برابر با ۸۰ درصد محوطه ی تحت پوشش چراغ ها را داشته باشد.

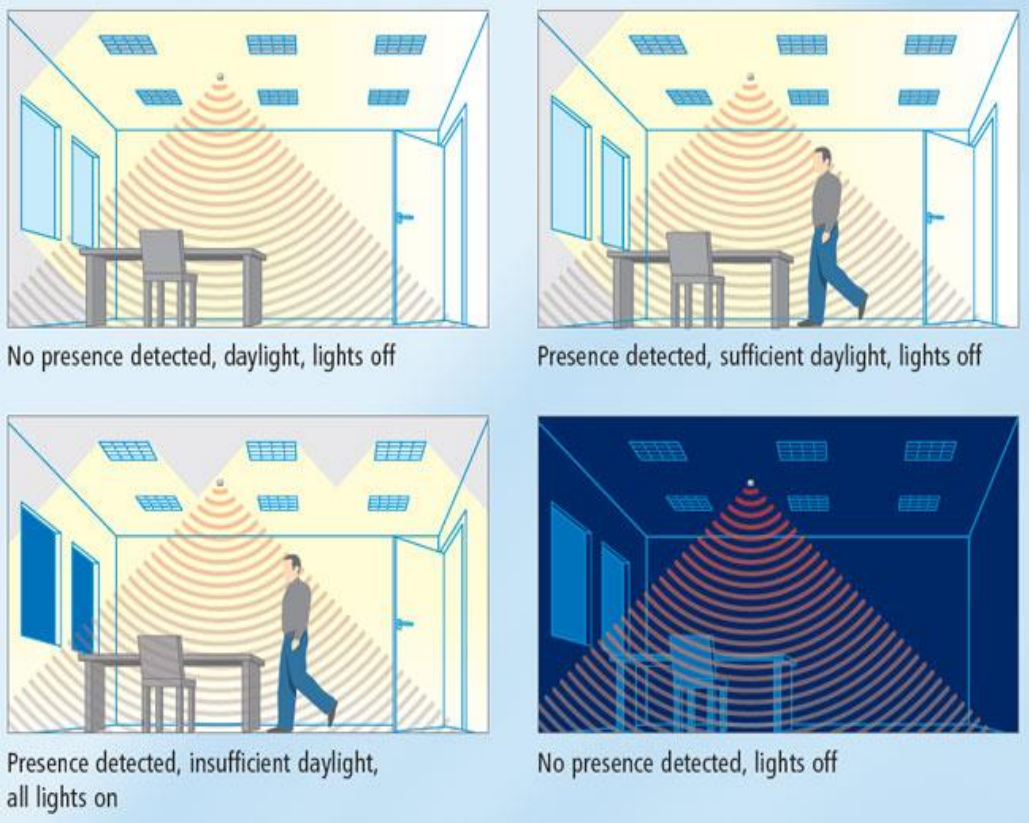


شکل ۸-۱۲ سنسور حرکت پیرامون ساختمان

۸-۸-۲ عدم نصب حسگر فراصوتی در کنار سیستم تهویه

۸-۸-۳ ترجیح استفاده از حسگر فراصوتی نسبت به مادون قرمز به دلیل حسایت بالا

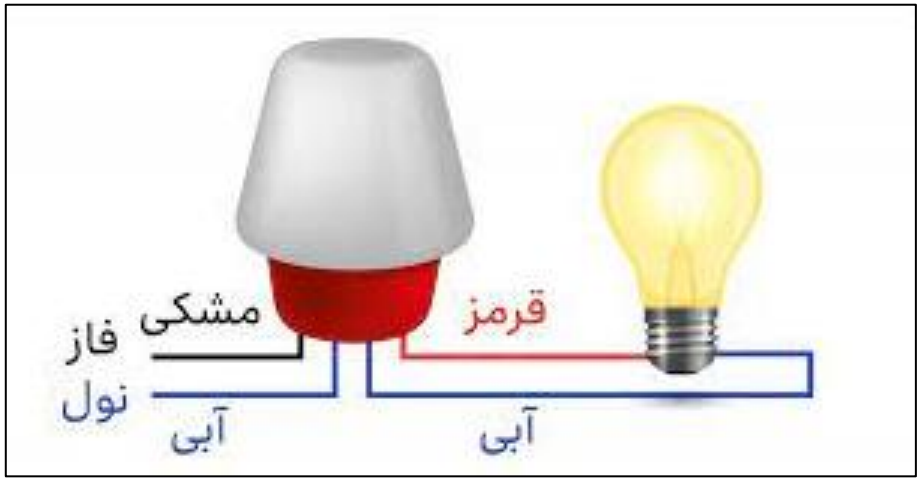
برخی حسگرهای حرکتی و نوری باهم ترکیب شده‌اند (شکل ۸-۱۳) که علاوه بر حرکت افراد به مقدار روشنایی محیط هم حساس هستند. در صورت وجود حرکت و کافی نبودن شدت روشنایی دستور فعال شدن مدار روشنایی صادر می‌کنند.



شکل ۸-۱۳ سنسور حضور + کنترل شدت روشنایی (روشن / خاموش)

۸-۸-۴ فتوسل

طبق تحقیقات LBNL (آزمایشگاه ملی لارنس برکلی آمریکا) استراتژی استفاده از فتوسل موجب ٪ ۲۸ صرفه جویی در مصرف انرژی می شود.



شکل ۸-۱۴ حسگر نوری فرمان مدار روشنایی

۸-۸-۵ ساعت فرمان روشنایی

ساعت نجومی یکی از مواردی است که برای کنترل خودکار روشنایی استفاده می‌کنیم، ساعت نجومی در داخل تابلو نصب می‌شود و از آسیب‌های شرایط محیطی در امان است و این نکته‌ی ارزشمند باعث می‌شود که طول عمر آن افزایش پیدا کند. ساعت فرمان روشنایی به منظور قطع و وصل یک مدار روشنایی طبق یک برنامه زمانی از قبل تعریف شده مورد استفاده قرار می گیرد که با این روش از اضافه روشن ماندن لامپ جلوگیری شده و باعث صرفه جویی انرژی می گردد. (شکل ۸-۱۵)

۸-۸-۶ تایمر مدار روشنایی

در مدار تایمر روشنایی (شکل ۸-۱۶) کلید فشاری باید دارای چراغ نشانگر باشد تا در شرایط نبود روشنایی قابل تشخیص باشد.

لازم است در فاصله حداکثر دو متری از ورودی قابل دسترس افراد نصب شوند و حداکثر مساحت فضا یا فضاها نباید بیشتر از ۱۰۰ متر مربع باشد. این تایمر بیشتر در راه پله ها مورد استفاده قرار می گیرد تا در زمان روشن نمودن راه پله و فراموشی در خاموش کردن آن باعث شود که به طور اتوماتیک بعد از گذشت زمان مشخص چراغ ها خاموش شوند که این عمل باعث کاهش مصرف انرژی و صرفه جویی می گردد.

شکل ۸-۱۶ تایمر

شکل ۸-۱۵ ساعت فرمان

۸-۸-۷دیمر یا کاهنده روشنایی

دیمر وسیله ای است برای کنترل میزان روشنایی لامپ ها که در اکثر پروژه های الکترونیکی مورد استفاده قرار می گیرد. به کارگیری آن در ساختمان باعث می شود میزان نور مورد نیاز با توجه به ساعت های مختلف شبانه روز تغییر کند و نور کافی و مناسبی را در محیط ایجاد نماید.در صورت استفاده از سیستم کاهنده نور نباید کیفیت روشنایی بیش از حد کاهش یابد و عملکرد فضای مورد نظر تحت‌الشعاع قرار گیرد. (شکل ۸-۱۷)

شکل ۸- ۱۷ دیمر

۸-۸-۹ پرده کرکرده خودکار اتوماتیک

به منظور استفاده از نور طبیعی و صرفه جویی در مصرف انرژی در سیستم هوشمند با استفاده از سناریوی پرده ی برقی به راحتی می توانید، ساعت دلخواهی را جهت باز و بسته شدن پرده های خانه انتخاب نمایید. بدین صورت اگر کاربر در نظر دارد نحوه باز و بسته شدن پرده از طریق فوتوسل صورت بگیرد، می بایست از روی مانیتور لمسی خانه ی هوشمند خود کلید فوتوسل را لمس نماید. که در این صورت پرده ها با توجه به نورخورشید در ابتدای روز باز شده

و در هنگام غروب بسته خواهند شد. در صورتی که کاربر قصد داشته باشد پرده هوشمند در ساعت خاصی باز یا بسته شود می تواند با فعال نمودن کلید ساعت از روی مانیتور زمان دلخواه خود را برنامه ریزی نماید و یا به وسیله ی اپلیکیشن نصب شده بر روی گوشی وتبلت خود در سناریو های متفاوت، از راه دور میزان نور وارد شده به منزل را تنظیم وکنترل نماید (شکل ۸-۱۸). این پرده در انواع پرده های رول ، پرده های از کنار جمع شو و پرده های سایه روشن

موجود می باشند.

نکته : استفاده ازسیستم مدیریت روشنایی برای ساختمان‌های بسیار کم انرژی الزامی است.

شکل ۸- ۱۸ پرده های هوشمند

فصل نهم

انرژی تجدیدپذیر

هدف : با استفاده از سیستم های تجدیدپذیرکاهش آلودگی محیط خواهیم داشت، همچنین سبب کاهش تلفات سیستم توزیع و انتقال می گردد. از دیدگاه پدافند غیرعامل هم می تواند موثر باشد.

۹-۱ مطالعات و پیش بینی های لازم

در طراحی پروژه ساختمان لازم است فضای اختصاصی و مسیرهای نصب و راه اندازی مدارهای آتی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر و زیرساخت‌های مرتبط مشخص شود.

در چک لیست انرژی لازم است میزان انرژی سالیانه تأمین شده در طرح و میزان انرژی سالیانه قابل تأمین در آینده در صورت بهسازی توسط سامانه‌های بر پایه انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک درج شود.

حداقل میزان انرژِی سالیانه تامین شده توسط سامانه‌های تجدیدپذیر در جدول ۱۹-۵-۳۷ مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ارائه شده است.

نکته: در صورتی که امکان استفاده از سیستم‌های تجدیدپذیر نبود از CCHP[۲] و یا CHP[۱] استفاده می‌کنند. CHP یکی از روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژِی است که در آن برق و حرارت به طور همزمان تولید می‌شود.

موارد خاص

در موارد و در شرایط خاص که امکان استفاده از سیستم‌های بر پایه انرژی تجدیدپذیر به دلیل وضعیت استقرار ساختمان ازجمله سایه‌اندازی ساختمان‌های مجاور و یا امکان تأمین مقادیر حداقل فراهم نمی‌باشد لازم است دلایل فنی توجیهی ارائه گردد و در مدارک فنی ساختمان عدم امکان بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر به صراحت قید شود.

---

۱. Combined Heat and Power

۲. Combined Cooling Heat and Power

۹-۳ اجزای اصلی سیستم خورشیدی(شکل ۹-۱) عبارتند از:

۱- ماژول (پنل خورشیدی) PV که نورخورشید رو به برق DC تبدیل می‌کند.

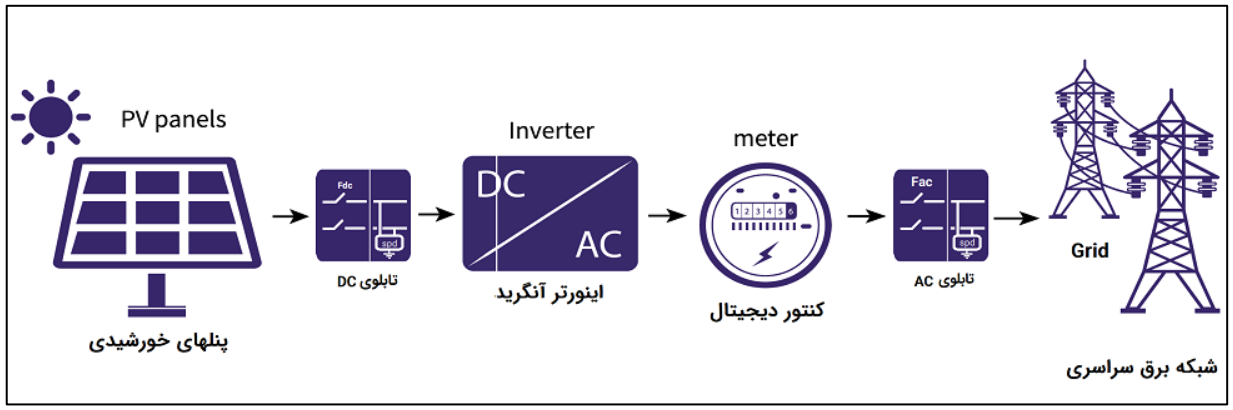
۲- اینورتر که برق DC تولید شده توسط پنل‌های خورشیدی را به برق AC مصرفی تبدیل می‌کند.

۳- شارژ کنترلر که ولتاژ و جریان خروجی از پنل به سمت باتری را تنظیم می‌کند و از باتری در مقابل شارژ و دشارژ بیش از حد حفاظت می‌کند که موجب افزایش طول عمر باتری می‌شود. باتری که برای ذخیره انرژی مورد نیاز وسایل برقی در طول شب و در روزهای ابری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۹-۴ محاسبات طراحی سیستم های خورشیدی

گام ۱: تعیین میزان مصرف توان

اولین مرحله در طراحی سیستم فتوولتائیک خورشیدی این است که کل توان و انرژی مصرفی برای تمام بارهایی که نیاز به تغذیه دارند را مشخص می‌شود.

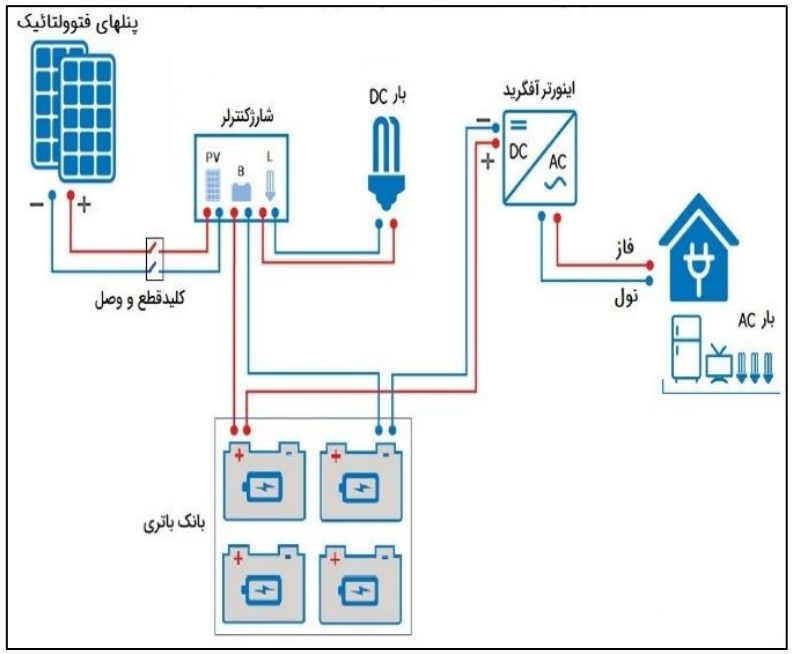


شکل ۹-۱ نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه on-grid

گام ۲: انتخاب اینورتر

در صورت نیاز به خروجی AC بایستی از یک اینورتر استفاده کنیم. نکته بسیار مهم در انتخاب اینورتر این است که ورودی اینورتر به هیچ وجه نبایستی از مجموع توان تمام وسایل برقی (یا پیک مصرف برق همزمان) کمتر باشد.

برای سیستم‌های مستقل از شبکه آفگرید (off-grid)، اینورتر باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا بتواند تمام وات مصرفی را تأمین نماید. اندازه اینورتر حدوداً ۱۰ تا ۲۰ درصد بزرگتر از پیک مصرف همزمان در نظر گرفته می‌شود. اگر از موتور یا کمپرسور استفاده شود باید اینورتر تحمل اضافه جریان‌های زمان راه‌اندازی را داشته باشد. در شکل ۹-۲ دیاگرام اتصال سیستم خورشیدی آفگرید آورده شده است



شکل ۹-۲ دیاگرام اتصال سیستم خورشیدی آفگرید

گام ۳ : تعیین بانک باتری مورد نیاز

بانک باتری باید بتواند میزان انرژی مورد نیاز برای دو روز ابری را در خود ذخیره داشته باشد.

رابطه ۹-۱ تعداد باتری شاخه‌های موازی بانک باتری :

$$Nparallel = \frac{Et.day \times TB.backup}{DOD \times CB \times Vinvt}$$

Et.aay: انرژی کل مصرفی روزانه (۲۴ ساعته) وات ساعت

TB.backup: تعداد روزهای بکاپ باتری (بیشتر از ۱ مثل ۱٫۵ یا ۲ و...)

DOD : عمق دشارژ (مثلاً ۰٫۸ یا ...)

CB : ظرفیت هر باتری (آمپرساعت)

Vin : ولتاژ طراحی (ورودی اینورتر مثلاً ۲۴ یا...) ولت

رابطه ۹-۲ تعداد باتری‌های هر شاخه - سری شده

$$Nseries = \frac{Virut}{V_B}$$

Vinvt : ولتاژ ورودی اینورتر یا همان ولتاژ طراحی بانک باتری

VB : ولتاژ هر باتری

رابطه ۹-۳ محاسبه تعداد کل باتری‌های بانک باتری

$$Nseries \times Nparallel = NB.bank$$

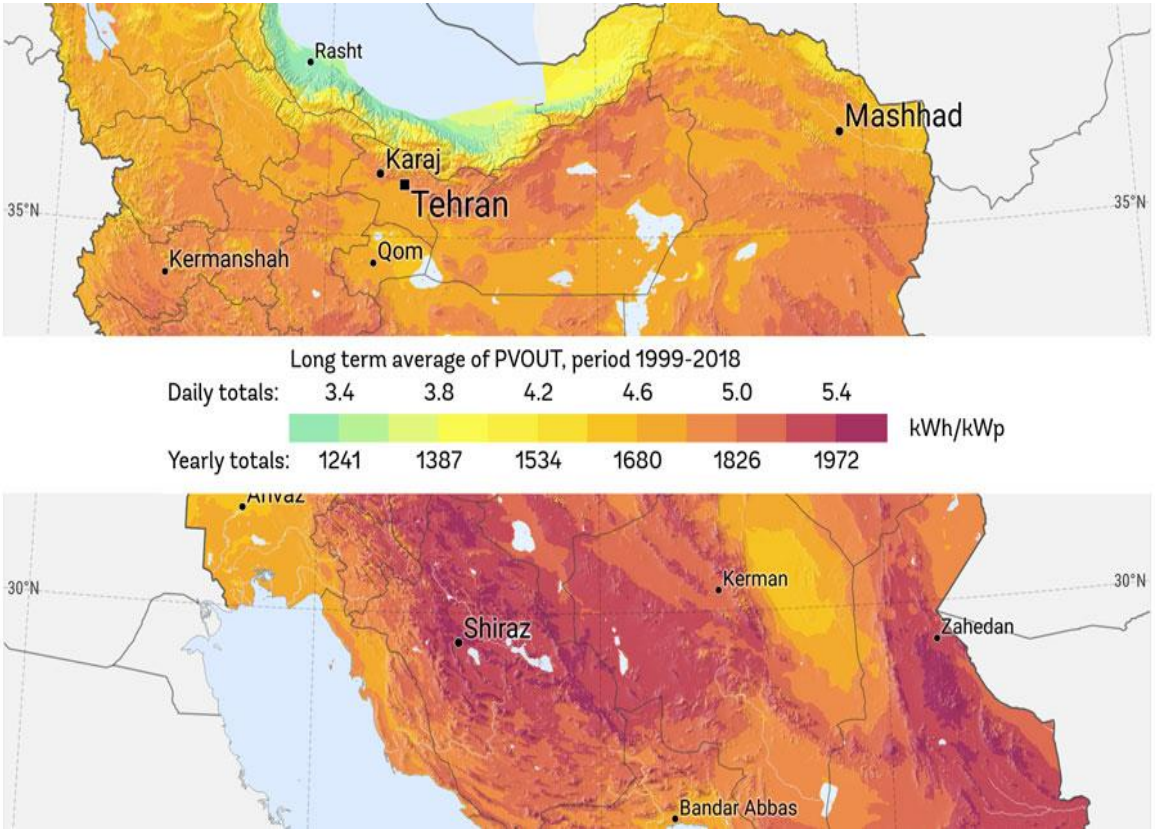
گام ۴: تعیین اندازه ماژولPV

پنل‌های PV خورشیدی مختلف مقادیر متفاوت توان تولید می‌کنند. هر چه اندازه پنل بزرگتر باشد و راندمان بالاتر باشد به همان میزان توان بیشتری تولید خواهد نمود. برای مشخص‌کردن اندازه ماژول (پنل)PV ، باید ابتدا بیشترین توان تولیدی را بدست آورد. بیشترین توان تولیدی یا وات پیک (Wp) بستگی به ماژول PV و آب و هوای منطقه مورد نظر دارد. بدین منظور به فاکتوری به نام "متوسط حداکثر پتانسیل تابشی" که در هر مکانی متفاوت است نیاز هست. مطابق با جدول ۹-۱ بهترین زاویه برای پنلهای خورشیدی ثابت به منظور دریافت بیشترین تابش در شهر های مختلف ارائه شده است.

جدول ۹-۱ زاویه بهینه پنلهای خورشیدی ثابت برای دریافت بیشترین تابش

شهر ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالیانه
اراک	۱۸/۸	۵/۲	−۴	−۳/۳	۷/۹	۲۳/۸	۳۹/۴	۴۸/۵	۵۳/۹	۵۳/۹	۴۷/۲	۳۴	۲۷/۱
اردبیل	۱۸/۲	۷/۳	−۱/۳	−۰/۵	۱۰/۷	۲۵/۴	۴۰/۴	۵۱/۹	۵۵/۷	۵۲/۹	۴۳/۱	۳۰/۲	۲۷/۸
ارومیه	۲۰	۷/۶	−۲	−۱/۲	۱۱/۷	۲۶	۳۹/۵	۴۹/۵	۵۳/۹	۵۰/۸	۴۳/۴	۳۲/۲	۲۷/۶
اصفهان	۱۹/۴	۴/۶	−۵/۴	−۴/۶	۷/۲	۲۴	۴۰/۴	۵۲	۵۷	۵۵/۷	۴۹/۵	۳۴/۶	۲۷/۹
اهواز	۱۵/۷	۲/۶	−۶/۲	−۵/۳	۵/۳	۲۱/۶	۳۷/۸	۴۵	۵۰/۱	۴۵/۵	۴۲/۳	۲۹/۵	۲۳/۷
ایلام	۱۸/۴	۴/۸	−۴/۷	−۴	۸/۳	۲۵/۱	۴۰/۹	۴۹/۵	۵۲/۶	۵۱	۴۱/۸	۳۰	۲۶/۱
بجنورد	۲۱/۴	۷/۸	−۱/۹	−۱/۱	۱۰/۲	۲۵	۴۱/۴	۵۳/۱	۵۹/۲	۵۹/۲	۵۱/۱	۳۷	۳۰/۲
بندرعباس	۱۲/۹	−۰/۱	−۸	−۶/۷	۱/۵	۱۵/۸	۳۱/۹	۴۳/۹	۴۸/۴	۴۷/۱	۳۹/۹	۲۵/۴	۲۱
بوشهر	۱۲/۴	۰	−۸/۳	−۷/۲	۲/۱	۱۶/۸	۳۰/۹	۴۰/۵	۴۳/۳	۴۱/۶	۳۵	۲۳/۳	۱۹/۲
بیرجند	۱۹/۳	۴/۸	−۵/۲	−۴/۶	۷/۸	۲۵/۱	۴۱/۵	۵۳	۵۸/۷	۵۷	۴۹/۲	۳۵/۱	۲۸/۵
تبریز	۱۹/۲	۸/۷	−۱/۴	−۰/۲	۱۳/۹	۳۰	۴۵/۴	۵۴/۴	۵۳	۴۲/۶	۴۴/۸	۳۰/۶	۲۸/۴
تهران	۱۹/۵	۶/۶	−۳/۳	−۲/۴	۹/۸	۲۶/۱	۴۰/۹	۵۰/۲	۵۳	۵۳/۲	۴۶/۷	۳۳/۲	۲۷/۸
خرم‌آباد	۲۱/۳	۶/۳	−۴/۳	−۳/۳	۹/۶	۲۶/۶	۴۳/۲	۵۳/۳	۵۸/۲	۵۷/۶	۵۰/۸	۳۶/۲	۲۹/۶
رشت	۷/۹	۱/۸	−۲/۶	−۲/۳	۳	۹	۱۹	۲۳/۹	۲۹/۴	۲۸/۸	۲۰/۲	۱۲/۹	۱۲/۶
زاهدان	۱۶/۸	۱/۶	−۷/۵	−۶/۸	۳/۸	۲۰/۱	۳۶/۴	۴۹/۲	۵۴/۹	۵۳/۶	۴۵/۸	۳۲/۴	۲۵
زنجان	۱۸/۳	۶/۷	−۲/۴	−۱/۶	۱۰/۱	۲۵/۹	۳۹	۴۸/۸	۵۳/۱	۵۴/۳	۴۳/۹	۳۱	۲۷/۳
سمنان	۲۰/۴	۶/۵	−۳/۲	−۲/۵	۱۰/۲	۲۶/۳	۴۰/۹	۵۰/۱	۵۲/۹	۵۳/۹	۴۷/۳	۳۴/۱	۲۸/۱
سنندج	۲۰/۷	۶/۶	−۳/۷	−۲/۸	۱۰/۱	۲۵/۷	۳۸/۹	۵۵/۳	۵۵/۱	۵۴/۴	۴۷/۸	۳۵/۱	۲۸/۶
شهرکرد	۱۶/۴	۳/۶	−۵/۴	−۴/۸	۶/۳	۲۱/۵	۳۵/۴	۴۴/۳	۴۸/۲	۴۵/۳	۳۹/۵	۲۸/۸	۲۳/۲
شیراز	۱۶/۴	۲	−۷/۷	−۶/۶	۴/۲	۲۱/۳	۳۷/۹	۴۹	۵۵/۱	۵۲/۸	۴۵/۵	۳۱/۷	۲۵/۱
قزوین	۲۰/۴	۶/۸	−۲/۸	−۲	۱۰	۲۵/۷	۴۱/۴	۵۱/۹	۵۶/۱	۵۶/۷	۴۸/۷	۳۶	۲۹/۱
قم	۱۹	۵/۷	−۳/۹	−۳/۲	۸/۸	۲۵/۳	۴۰/۴	۴۹/۷	۵۳/۴	۵۲/۷	۴۵/۴	۳۲/۲	۲۷/۱
کرج	۱۹/۹	۶/۳	−۳/۱	−۲/۴	۹/۴	۲۵/۱	۴۰/۸	۵۱/۳	۵۶/۱	۵۶/۱	۴۸/۷	۳۴/۷	۲۸/۶
کرمان	۱۷/۴	۲/۵	−۷	−۶/۶	۵/۳	۲۲/۵	۳۹	۵۰/۶	۵۵/۲	۵۱/۶	۴۵/۵	۳۱/۲	۲۵/۶
کرمانشاه	۱۸/۵	۵/۴	−۴/۳	−۳/۴	۸/۷	۲۵/۱	۴۰/۱	۴۷/۹	۵۴/۹	۵۲/۵	۴۵/۲	۳۰/۶	۲۶/۸
گرگان	۱۰/۶	۳/۵	−۱/۳	−۰/۹	۴/۹	۱۵/۵	۲۹	۳۶/۲	۴۱/۲	۴۰/۵	۳۰/۵	۱۶/۹	۱۸/۹
مشهد	۲۱/۳	۷/۶	−۳/۲	−۲/۲	۱۱/۳	۲۸/۲	۴۳/۹	۵۲/۷	۵۸/۱	۵۳/۷	۵۰/۱	۳۵/۲	۲۹/۷
همدان	۱۷/۶	۶/۱	−۲/۵	−۱/۷	۹/۷	۲۴/۹	۳۸/۸	۴۶/۷	۴۹/۲	۵۴/۸	۴۵/۷	۳۰/۷	۲۶/۷
یاسوج	۱۸	۳	−۶/۴	−۵/۴	۴/۳	۱۷/۴	۳۲/۸	۴۵/۹	۵۲/۷	۵۲/۶	۴۵/۳	۳۳/۷	۲۴/۵
یزد	۱۸/۹	۴/۴	−۶/۴	−۵/۶	۷/۳	۲۵/۵	۴۲/۸	۵۲/۲	۵۸/۲	۵۵/۶	۴۸/۸	۳۳/۹	۲۸

بدترین شرایط وقتی است که باتری‌ها کاملا دشارژ شده باشند و پنل‌های خورشیدی بخواهند همزمان هم بار مصرفی روزانه را تامین کنند و هم باتری‌ها را شارژ کنند لذا باید مجموع انرژی مصرفی روزانه و انرژی مورد نیاز برای شارژ بانک باتری را هم، باهم جمع کرده و سپس بر PSH (Peak Sun hours) منطقه تقسیم می شود تا مجموع توان پنل‌های مورد نیاز بدست‌آید. در شکل ۹-۳ PSH مناطق مختلف ایران آورده شده است.



شکل ۹-۳ ضریب psh

نکته: کل انرژی مصرفی خانه در روز مصرف نمی‌شود و بخشی در شب استفاده می‌شود (که پنل ها بخواهند همزمان هم این مقدار انرژی را تامین کنند و هم باتری‌ها را شارژ کنند) لذا بهتر است برای تخمین تعداد پنل‌ها حداکثر انرژی را لحاظ کنید اما اگر از لحاظ اقتصادی هزینه‌های شما را خیلی بالا می‌برد، می‌توانید همان مقدار مصرف روزانه را لحاظ کنید، مثلاً نصف انرژی کل مصرفی.

گام ۵: انتخاب جریان شارژ کنترلر

کنترلر شارژ خورشیدی یا کنترل کننده شارژ سولار پنل، یک سیستم الکترونیکی است که حداقل و حداکثر شارژ ورودی و خروجی باتری را کنترل می‌کند. در نهایت هم عملکرد مناسب و بهینه‌ای برای باتری ایجاد می‌کند.

توجه مهم:

در محاسبه دقیق به اثر آلایندگی‌ها و دما بر پنل‌ها، اثر خطای سازنده و افت راندمان سالانه پنل‌ها، اثر راندمان باتری‌ها بر طراحی، اثر دمای بهره‌برداری از باتری‌ها (دما در ظرفیت در دسترس خیلی تاثیر دارد)، اثر جریان شارژ و دشارژ باتری‌ها، محدودیت اضافه جریان راه‌اندازی، راندمان اینورتر، راندمان شارژ کنترل کننده ها، دمای بهره‌برداری از پنل‌ها (دما روی توان تولیدی پنل‌ها خیلی تأثیرگذار است)، زمان شارژ و دشارژ (سرعت شارژ و دشارژ)، تعداد روزهای آفتابی بعد از روزهای ابری (فرصت شارژ کردن بانک باتری توسط شارژ کنترلر)، انواع باتری و ظرفیت دسترس در شرایط مختلف بهره‌برداری و... پرداخته می‌شود.

نرم‌افزارهای تخصصی:

PVsyst: یکی از نرم‌افزارهای پرکاربرد برای طراحی سیستم‌های فتوولتائیک است.

Homer Energy: نرم‌افزاری برای شبیه‌سازی و ارزیابی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر است.

PVGis: یک ابزار آنلاین رایگان برای محاسبه تابش خورشید و تولید انرژی پنل‌های خورشیدی است.

توصیه می‌شود برای طراحی و اجرای سیستم فتوولتائیک خود از یک شرکت معتبر و متخصص در این زمینه کمک بگیرید.

مثال: طراحی سیستم فتوولتائیک منزل مسکونی در کرج

اطلاعات مسئله:

مصرف روزانه انرژی: ۱۵.۶ کیلووات ساعت

تابش خورشیدی متوسط روزانه در کرج: ۵.۵ کیلووات ساعت بر متر مربع

راندمان پنل: ۲۰%

مساحت هر پنل: ۱.۷متر مربع

✎ تعیین مصرف انرژی روزانه:

مصرف همه وسایل برقی: لیستی از همه وسایل برقی که از انرژی خورشیدی استفاده خواهند کرد تهیه کنید و مصرف هر یک را در وات ساعت محاسبه کنید.

ضریب افزایش مصرف: به دلیل تلفات سیستم و افزایش مصرف در آینده، معمولاً یک ضریب ۱,۲ تا ۱,۳ به مصرف کل اضافه می‌شود.

(در این مساله مصرف روزانه انرژی محاسبه و اعلام شده است.)

✎ محاسبه انرژی تولیدی روزانه هر پنل:

* انرژی تولیدی روزانه هر پنل = تابش خورشیدی متوسط روزانه × مساحت پنل × راندمان پنل

انرژی تولیدی روزانه هر پنل ۱.۸۷ کیلووات ساعت = ۵.۵ کیلووات ساعت/متر مربع × ۱.۷ متر مربع × ۰.۲

پس هر پنل به طور متوسط ۱.۸۷ کیلووات ساعت انرژی در روز تولید می‌کند.

تعیین تعداد پنل‌های مورد نیاز:

* تعداد پنل مورد نیاز = مصرف روزانه انرژی / انرژی تولیدی هر پنل

تعداد پنل مورد نیاز $\approx$ پنل ۸.۳۴ $= \frac{\text{۱۵.۶ساعت کیلووات}}{\text{۱.۸۷ کیلووات ساعت–پنل}}$

از آنجایی که نمی‌توانیم کسری از یک پنل داشته باشیم، به ۹ پنل نیاز داریم.

✎ انتخاب اینورتر:

* انتخاب اینورتر مناسب یکی از مراحل کلیدی در طراحی یک سیستم فتوولتائیک است. اینورتر وظیفه تبدیل جریان مستقیم (DC) تولید شده توسط پنل‌های خورشیدی به جریان متناوب (AC) قابل استفاده در شبکه برق را بر عهده دارد.

عوامل موثر در انتخاب ظرفیت اینورتر:

مجموع توان پنل‌ها: اینورتر باید توانایی تبدیل کل انرژی تولید شده توسط پنل‌ها را داشته باشد.

حاشیه اضافه: معمولاً ۱۰ تا ۲۰ درصد حاشیه اضافه برای افزایش طول عمر اینورتر و امکان افزودن پنل‌های بیشتر در آینده در نظر گرفته می‌شود.

نوع اینورتر: اینورترهای هیبریدی قابلیت اتصال به شبکه و ذخیره انرژی در باتری را دارند و برای سیستم‌های خانگی مناسب‌تر هستند.

تلفات سیستم: تلفات در سیستم‌های واقعی معمولاً بین ۱۰ تا ۱۵ درصد در نظر گرفته می‌شود.

روش محاسبه تقریبی:

محاسبه مجموع توان پنل‌ها: تعداد پنل‌ها را در توان هر پنل ضرب کنید.

اضافه کردن حاشیه: حاصل مرحله قبل را در ضریبی بین ۱.۱ تا ۱.۲ ضرب کنید.

با فرض اینکه هر پنل ۱۸۷۰ وات باشد:

۱۶۸۳۰وات = مجموع توان پنل‌ها ۹ پنل × ۱۸۷۰وات-پنل

۱۶۸۳۰×۱.۲=۲۰۱۹۶ W وات

بنابراین، اینورتر با ظرفیت ۲۵۰۰ وات یا بالاتر مناسب خواهد بود.

نکات مهم:

۱- اینورتر باید با استانداردهای شبکه برق منطقه سازگار باشد.

۲- برخی از اینورترها دارای ویژگی‌های اضافی مانند مانیتورینگ از راه دور، قابلیت اتصال به اینترنت و قابلیت شارژ خودروهای برقی هستند.

۳-اگر بارهای خاص مانند پمپ آب یا سیستم تهویه مطبوع وجود داشته باشد، باید توان راکتیو مورد نیاز نیز در نظر گرفته شود.

۴- دما، رطوبت و گرد و غبار بر عملکرد اینورتر تأثیر می‌گذارند.

تعیین ظرفیت باتری:

انرژی مورد نیاز برای پشتیبان‌گیری: این مقدار برابر است با مصرف روزانه انرژی ضربدر تعداد روزهای پشتیبان‌گیری مورد نیاز.

ظرفیت باتری مورد نیاز: ظرفیت باتری باید به گونه‌ای انتخاب شود که بتواند انرژی مورد نیاز برای پشتیبان‌گیری را تأمین کند و عمق دشارژ از حد مجاز تجاوز نکند.

فرمول تقریبی برای محاسبه ظرفیت باتری (آمپر ساعت):

$$\text{ظرفیت باتری (ساعت آمپر)} = \frac{\frac{\text{پشتیبان‌گیری برای نیاز مورد انرژی}}{\text{باتری ولتاژ}}}{\text{دشارژ عمق}}$$

فرض کنید:

مصرف روزانه انرژی در ساعات پیک ۱۰ کیلووات ساعت و در بقیه ساعات ۵.۶ کیلووات ساعت باشد.

تعداد روزهای پشتیبان‌گیری مورد نیاز ۲ روز باشد.

عمق دشارژ ۸۰ درصد باشد.

ولتاژ باتری ۴۸ ولت باشد.

برای محاسبه نیاز است میانگین مصرف روزانه را به دست آوریم. فرض می‌کنیم که ساعات پیک و بقیه ساعات به طور مساوی در طول روز تقسیم شده‌اند (۱۲ ساعت پیک و ۱۲ ساعت غیر پیک). با این حساب، میانگین مصرف روزانه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

*میانگین مصرف روزانه:

$$\text{ساعت کیلووات ۷.۸} = \frac{\text{ساعت ۱۲} \times \text{ساعت کیلووات ۵.۶} + \text{ساعت ۱۲} \times \text{ساعت کیلووات ۱۰}}{\text{ساعت ۲۴}}$$

حالا از فرمول کلی محاسبه ظرفیت باتری استفاده می‌کنیم:

$$\text{ظرفیت باتری } (\text{Ah}) = \frac{\text{مصرف انرژی روزانه/ولتاژسیستم } (\text{Wh}) \times \text{روزهای خودمختاری}}{\text{عمق دشارژ} - ۱}$$

$$\frac{۲ \times ۴۸/۷۸۰۰ \text{ (Wh)}}{۱ - ۰.۸} = ۳۲۵۰ \text{ (Ah)}$$

با توجه به اطلاعات ارائه شده، برای تامین انرژی سیستم شما به مدت ۲ روز با شرایط ذکر شده، به باتری با ظرفیت تقریبی ۳۲۵۰ آمپر ساعت نیاز دارید.

✎ جریان شارژ کنترلر:

عوامل موثر در محاسبه جریان شارژ کنترلر:

جریان اتصال کوتاه پنل‌ها :(Isc) این مقدار حداکثر جریانی است که پنل خورشیدی می‌تواند تولید کند.

ضریب ایمنی: برای جلوگیری از آسیب به اجزای سیستم، معمولاً ضریبی بین ۱.۲ تا ۱.۵ به جریان اتصال کوتاه اضافه می‌شود.

تلفات سیستم: تلفات در سیم‌ها، اتصالات و سایر اجزای سیستم نیز باید در نظر گرفته شود.

شرایط محیطی: دما، تابش خورشید و سایر شرایط محیطی بر جریان خروجی پنل‌ها تأثیر می‌گذارند.

ولتاژ سیستم: ولتاژ سیستم باید با ولتاژ شارژ کنترلر و باتری سازگار باشد.

نوع شارژ کنترلر: شارژ کنترلرهای MPPT (Maximum Power Point Tracking) راندمان بالاتری دارند و انرژی بیشتری را از پنل‌های خورشیدی استخراج می‌کنند.

ویژگی‌های اضافی: برخی از شارژ کنترلرها دارای ویژگی‌های اضافی مانند نمایشگر، پورت ارتباطی و قابلیت برنامه‌ریزی هستند.

روش محاسبه تقریبی:

* محاسبه جریان کل پنل‌ها: جریان اتصال کوتاه هر پنل را در تعداد کل پنل‌ها ضرب کنید.

*ضرب در ضریب ایمنی: حاصل مرحله قبل را در ضریب ایمنی ضرب کنید.

فرض کنید ۹ پنل خورشیدی با جریان اتصال کوتاه هر کدام ۸ آمپر داریم و ضریب ایمنی را ۱.۲ در نظر می‌گیریم.

* جریان کل پنل‌ها: ۹×۸=۷۲ آمپر

* جریان شارژ کنترلر: ۷۲×۱.۲=۸۶.۴

بنابراین، در این مثال به شارژ کنترلر با ظرفیت ۱۰۰ آمپر نیاز داریم.

* انتخاب شارژ کنترلر با ظرفیت بیشتر: بهتر است شارژ کنترلر با ظرفیت کمی بیشتر از مقدار محاسبه شده انتخاب شود تا در آینده امکان افزایش تعداد پنل‌ها وجود داشته باشد.

توجه:

محاسبات بالا یک تخمین تقریبی است و عوامل دیگری مانند نوع باتری، عمق دشارژ، و شرایط محیطی نیز بر انتخاب شارژ کنترلر تأثیرگذار هستند.

در محاسبات قبلی، به منظور ارائه یک مثال کلی، مصرف روزانه را به صورت یک مقدار کلی (مثلاً ۱۵.۶کیلووات ساعت) در نظر گرفت. اما در واقعیت، برای طراحی دقیق یک سیستم فتوولتائیک، باید مصرف هر وسیله برقی را به صورت جداگانه در نظر گرفت.

چرا باید مصرف هر وسیله را به صورت جداگانه بررسی کرد؟

دقت بیشتر در محاسبات: با مشخص کردن دقیق مصرف هر وسیله، می‌توان طراحی سیستم را دقیق‌تر و کارآمدتر انجام داد.

بهینه‌سازی مصرف: با دانستن مصرف هر وسیله، می‌توان عادات مصرف خود را تغییر داده و از وسایل کم مصرف‌تر استفاده کرد.

برنامه‌ریزی بهتر برای ذخیره انرژی: با دانستن الگوی مصرف، می‌توان ظرفیت باتری را بهینه کرد و انرژی را در زمان‌هایی که به آن نیاز نیست ذخیره نمود.

مثالی از یک لیست وسایل برقی و مصرف تقریبی آن‌ها:

وسیله برقی	توان (وات)	ساعت کارکرد روزانه (ساعت)	مصرف روزانه (وات ساعت)
یخچال	۱۵۰	۲۴	۳۶۰۰
فریزر	۲۰۰	۲۴	۴۸۰۰
کولر گازی	۲۵۰۰	۸	۲۰۰۰۰
تلویزیون	۱۰۰	۴	۴۰۰
کامپیوتر	۳۰۰	۵	۱۵۰۰
روشنایی	۲۰۰	۶	۱۲۰۰
سایر وسایل	۵۰۰	۲	۱۰۰۰

عمر مفید تجهیزات: عمر مفید پنل‌های خورشیدی حدود ۲۵ سال و باتری‌ها حدود ۱۰ سال است. در طول این مدت، ممکن است نیاز به تعویض برخی از تجهیزات باشد.

عوامل موثر دیگر در محاسبات :

* سایه اندازی: سایه اندازی بر روی پنل‌ها باعث کاهش تولید انرژی می‌شود.
* جهت و شیب نصب: جهت جنوب و شیب ۲۵ تا ۳۵ درجه برای مناطق ایران بهینه است.
* دمای محیط: افزایش دما باعث کاهش راندمان پنل‌ها می‌شود.
* تلفات سیستم: در سیستم‌های واقعی، تلفات انرژی در اجزای مختلف وجود دارد که باید در نظر گرفته شود.
* کیفیت پنل‌ها: کیفیت پنل‌ها و سازنده آن‌ها بر روی عمر مفید و راندمان سیستم تأثیرگذار است.
* سیاست‌های تشویقی دولت: برخی از دولت‌ها برای تشویق استفاده از انرژی خورشیدی، یارانه‌ها و تسهیلات خاصی ارائه می‌دهند.

فصل دهم

موتورهای برقی

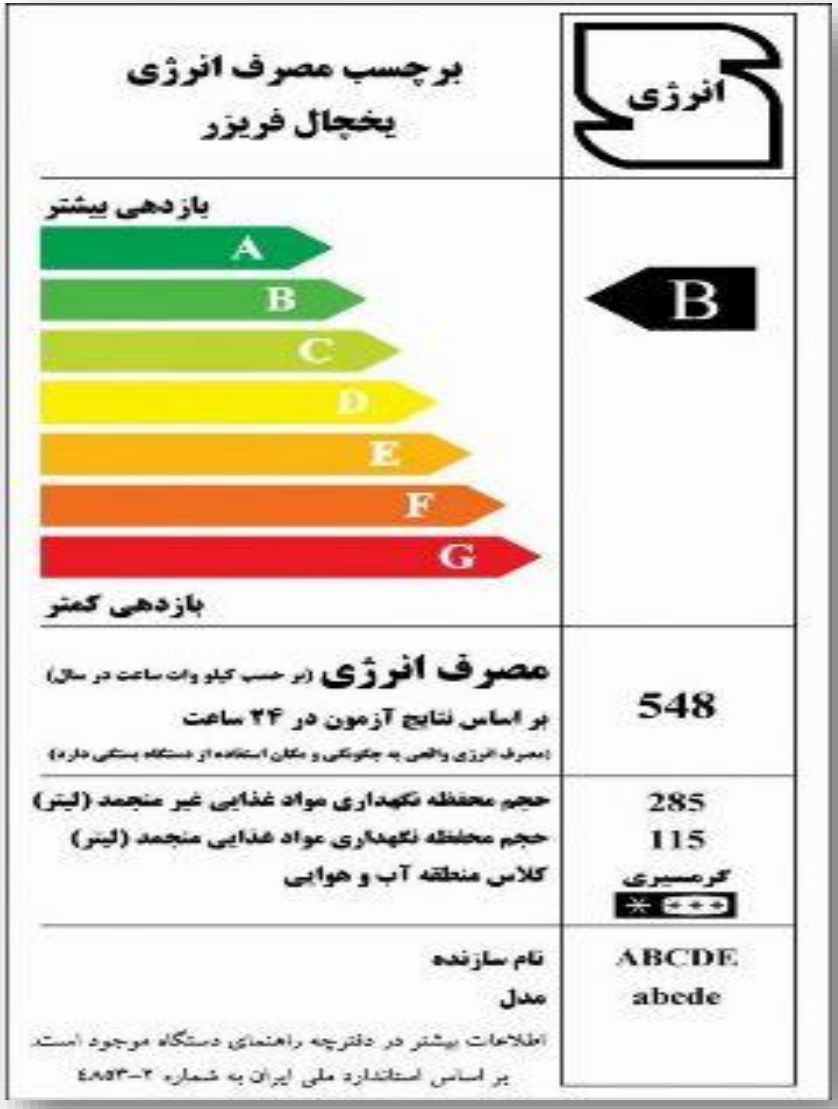
هدف : از آنجایی که بسیاری از تاسیسات مکانیکی و الکتریکی ساختمان از جمله پمپ های تامین آب، گرمایش ساختمان، پمپ های آتش نشانی، پمپ های تامین آب معدنی، آسانسور، پلکان برقی، کولرها، فن کویل ها، هواکش ها یا فن های تهویه هوا موتور الکتریکی به کار رفته است؛ سهم به سزایی در مصرف انرژی الکتریکی دارد. لذا لازم است در خصوص نکاتی که منجر به صرفه جویی انرژی در آنها می گردد، بپردازیم.

۱۰-۱ برچسب انرژی موتور

برچسب انرژی برچسبی است که روی کالاهای مورد استفاده در ساختمان‌ها نصب می‌شود و نشان‌دهنده کیفیت محصولات از نظر مصرف انرژی است. در این برچسب که برای وسیله‌های انرژی بر به کار می‌رود، شاخص مصرف انرژی وسیله با استفاده از حروف لاتین A تا G مشخص می‌شوند که هر حرف دارای رنگی مخصوص به خود از سبز تا قرمز است و فلش مقابل هر یک از این حروف نشان دهنده ی رده انرژی کالایی است که برچسب روی آن نسب شده است. به عنوان مثال در شکل ۱۰-۱ برچسب انرژی یخچال – فریزر برابر با B خواهد بود. بعد از این در مبحث هرجا به برچسب انرژی اشاره شده است (مخصوصا جدول ۱۹-۴-۶ در مبحث ۱۹مقررات ملی ساختمان)، منظور برچسب مشابه این شکل خواهد بود که مهندسان باید توجه نمایند.

برچسب انرژی در موتورهای الکتریکی باید در زمان طراحی و اجرا مطابق جدول ۱۹-۴-۶ لحاظ شود و مورد توجه ناظر قرار گیرد.

شکل ۱۰-۱ برچسب انرژی موتور تک فاز و سه فاز



۱۰-۲ راندمان الکتروموتور

راندمان موتور به عنوان نسبت توان مکانیکی خروجی به توان الکتریکی ورودی تعریف می‌شود. و از آنجایی که انرژی به اشکال مختلف در طول تبدیل (الکتریکی به مکانیکی)، مانند گرما و اصطکاک، هدر می‌رود، توان مکانیکی خروجی همیشه کمتر از توان الکتریکی ورودی است.

لذا هرچه راندمان موتور بالاتر باشد، تلفات کمتر و صرفه جویی بیشتر خواهد بود.

- **کلاس‌های راندمان موتور چیست؟**

کلاس راندمانی استانداردی است که برای نشان‌دادن کارایی موتور الکتریکی استفاده می‌شود.

جدول ۱۰-۱ برای استانداردهای طبقه‌بندی‌های بازده موتورهای الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- **چرا راندمان موتور مهم است؟**

صرفه جویی بیشتر در مصرف انرژی

هزینه نگهداری کمتر

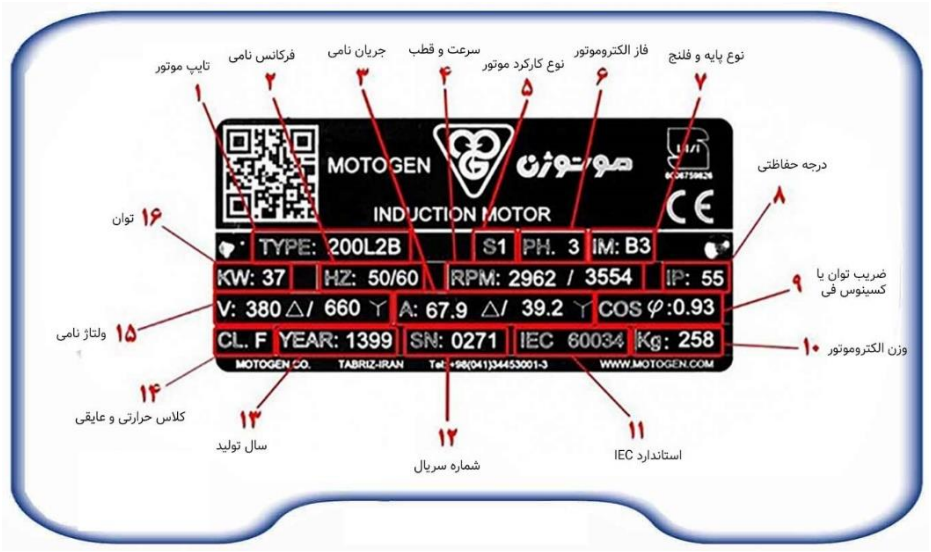
اثر محیطی بهتر، انتشار CO_2 کمتر

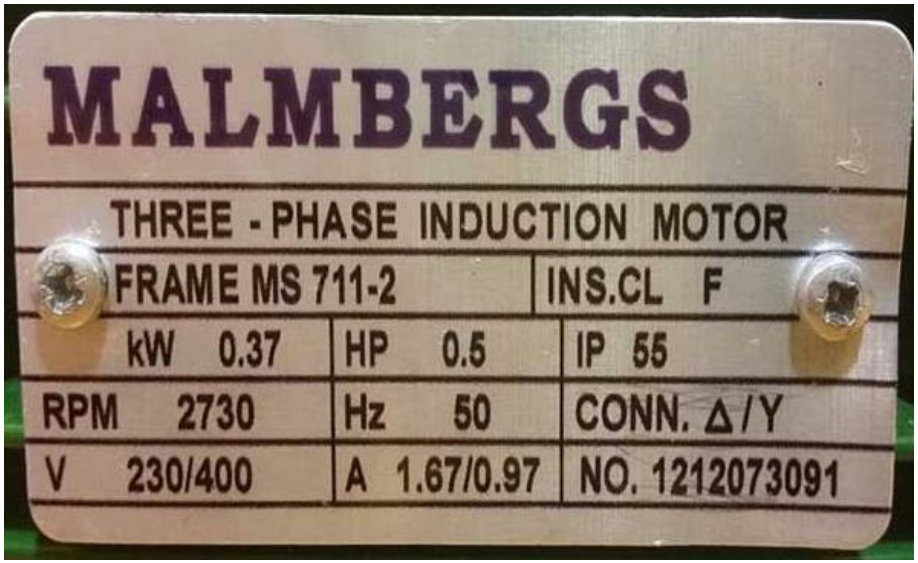
جدول ۱۰-۱ استانداردهای طبقه بندی های بازده موتورهای الکتریکی در مقایسه با۱-۳۰-۶۰۰۳۴ IEC

IEC 60034-30-1		CEMEP	NEMA MG1	CSA C390-10
IE4	Super Premium خیلی عالی	-	Super Premium	Super Premium
IE3	Premium عالی	-	Premium	Premium
IE2	High زیاد	EFF1	High	High
IE1	Standard استاندارد	EFF2	Standard	Standard
None	Below standard efficiency پایین تر از راندمان استاندارد	EFF3	-	-

۱۰-۳ مشخصات فنی موتور

پلاک مشخصات بر روی بدنه الکتروموتور نصب می‌شود و به منزله شناسنامه الکتروموتور است. در واقع، از روی پلاک مشخصات می‌توانیم تشخیص دهیم که موتور تک فاز است یا سه فاز، دارای چه قدرتی است، همچنین تعداد دور روتور، جریان و ولتاژ نامی، فرکانس، نوع اتصال (ستاره یا مثلث)، ضریب قدرت، درجه حرارت عایقی، نوع حفاظت و سایر شرایط کار موتور روی پلاک قید می‌شود. زیرا آشنایی با پلاک مشخصات موتورها، یکی از مهم‌ترین نکاتی است که باید قبل از هر چیز مورد توجه طراح قرار گیرد. مشخصات فنی، قدرت نامی ولتاژ و راندمان کارکرد برای عملکرد مورد نظر باید باهم هماهنگی داشته باشند.





شکل ۱۰-۲ پلاک الکتروموتور

۱۰-۴ قدرت نامی

متناسب با نیاز طراح یا پروژه، قدرت موتور مورد نیاز را مشخص می کنیم و به گونه ای انتخاب شود که تناسب بیین نیاز و پیشنهاد طرح وجود داشته باشد، به عنوان مثال (برای درک بهتر مفهوم) فرض کنید:

یک الکتروموتور ۱ اسب بخار با راندمان ۹۰ درصد داریم.این موتور به مدت یک ساعت با بار کامل کار می‌کند.محاسبه تقریبی تلفات:

توان مصرفی: ۱ اسب بخار تقریباً برابر با ۷۴۶ وات است. پس در یک ساعت، موتور ۷۴۶ وات ساعت انرژی مصرف می‌کند.

انرژی مفید: ۹۰ درصد انرژی مصرفی به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود، یعنی ۶۷۱,۴ وات ساعت.

تلفات: ۱۰ درصد انرژی مصرفی به صورت گرما تلف می‌شود، یعنی ۷۴,۶ وات ساعت.

به عبارت دیگر در این مثال، موتور در هر ساعت کارکرد، ۷۴,۶ وات ساعت انرژی را به صورت گرما از دست می‌دهد.

توجه: این محاسبات بسیار ساده شده‌اند و در واقعیت، تلفات انرژی به عوامل بسیار بیشتری بستگی دارد.

روش‌های تعیین دقیق تلفات انرژی:

برای تعیین دقیق تلفات انرژی یک الکتروموتور، روش‌های مختلفی وجود دارد، از جمله:

* اندازه‌گیری مستقیم: با استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری مانند وات‌متر، جریان‌سنج و ولت‌متر می‌توان مصرف انرژی موتور را اندازه‌گیری کرد و با استفاده از روابط مهندسی، تلفات انرژی را محاسبه کرد.
* استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی: با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی، می‌توان عملکرد موتور را شبیه‌سازی کرده و تلفات انرژی را تخمین زد.
* مراجعه به منحنی‌های مشخصه موتور: منحنی‌های مشخصه موتور، اطلاعاتی در مورد راندمان موتور در شرایط کاری مختلف ارائه می‌دهند.

۱۰-۴-۱ فرمول محاسبه توان برای موتورهای سه فاز

رابطه ۱۰- ۱

$$I = \frac{P}{\sqrt{۳} \times V \times cos\,\varphi}$$

رابطه ۱۰- ۲

$$P = \sqrt{۳} \times V \times I \times cos\,\varphi$$

P : توان موتور به وات W

I : جریان مصرفی به آمپر A

V : ولتاژ موتور به ولت V

$cos\,\varphi$: ضریب توان

۱۰-۴-۲ فرمول محاسبه توان برای موتورهای تک فاز

رابطه ۱۰- ۳ $P = I . V . Cos \varphi$

- به کمک این روابط می توان براحتی جریان موتور را محاسبه کرد.

مثال ۱- الکتروموتوری با قدرت ۱۵ اسب بخار داریم که در شبکه سه‌فاز، به‌صورت مثلث راه‌اندازی می‌شود. ضریب توان این موتور ۰.۷۵ می‌باشد.
شدت جریان موتور چقدر است؟
ابتدا باید اسب بخار را به وات تبدیل کنیم:
۰.۷۴۵ کیلووات = ۱ اسب بخار
بنابراین توان نامی موتور ۱۱ کیلو وات می‌باشد .

رابطه ۱۰-۴ $۱۱.۱ KW = ۰.۷۴۵ HP \times ۱۵$

رابطه ۱۰-۵ $P = \sqrt{۳}IVCOS\phi \rightarrow ۱۱۰۰۰=(۱.۷۳)I(۳۸۰)(۰.۷۵) \rightarrow I=۴۹۳/۱۱۰۰۰. ۰۵\rightarrow I=۲۲.۳A$

نکته: در مواقعی که پلاک مشخصات موتور موجود نیست؛ باید از طریق اندازه‌گیری محاسبه شود. برای دقت بیشتر در محاسبه، باید تمامی مقادیر را نیز با اندازه گیری مشخص نمود. مثلا، با اینکه ولتاژ سه فاز خط ، ۳۸۰ ولت است، بهتر است بوسیله ولت متر نیز، ولتاژ خط را اندازه گیری شود.

۱۰-۵ کاهش جریان راه اندازی

کنترل راه اندازی موتور به روش های مختلفی انجام می شودکه از آن جمله می توان به روش ستاره مثلث و راه انداز سافت استارتر اشاره کرد.

۱۰-۵-۱ Soft starter

یکی از روش‌های کنترل جریان راه اندازی الکتروموتورها استفاده از سافت استارتر یا راه انداز نرم می‌باشد. بنابراین با وصل کرد این دستگاه به الکتروموتور می‌توان الکتروموتور را به صورت نرم راه‌اندازی کرد. در موتور های القایی جریان راه اندازی بسته به نوع موتور حداقل بیش از سه برابر جریان نامی موتور می باشد. چنانچه از سافت استارتر استفاده نماییم و جریان راه اندازی را در حالت ایده آل به جریان نامی موتور تقلیل دهیم؛ قطعا صرفه جویی انرژی اتفاق خواهد افتاد. شکل ۱۰-۳ نحوه قرارگیری سافت استارتر در مدار را نمایش می دهد.

کاربرد سافت استارتر:

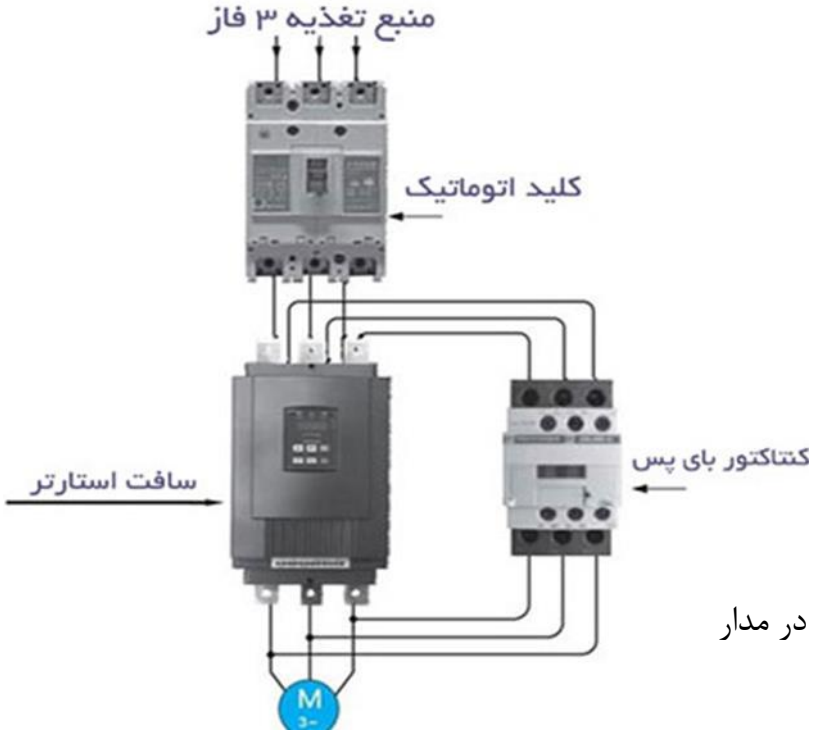
۱- پمپ

۲- فن

۳- کمپرسور

۴- نوار نقاله پلکان برقی

۵- آسانسور



شکل ۱۰-۳ نحوه قرارگیری سافت استارتر در مدار

۱۰-۶ انتخاب سیستم کنترل کارآمد جهت تنظیم دور و نقطه کار مناسب برای موتور:

موتورهای القایی AC به دلیل کاربردهای زیاد، بیشتر و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما نیاز به رفع مشکل موتور القایی AC و راه‌اندازی آن به روشی بسیار کارآمد وجود دارد. برای این موضوع، دستگاه‌های زیادی استفاده می‌شود، اما بهترین در بین همه دستگاه‌ها درایو فرکانس متغیر است.

درایو فرکانس متغیر

درایو فرکانس متغیر(شکل ۱۰-۴) دستگاهی است که یک ولتاژ و فرکانس AC ثابت را به یک ولتاژ و فرکانس متناوب قابل تنظیم تبدیل می‌کند. برای کنترل سرعت موتور AC استفاده می‌شود. با تنظیم ولتاژ و فرکانس موتور القایی AC می‌تواند با سرعت‌های مختلف کار کند. درایو فرکانس متغیر قادر است هم سرعت و هم گشتاور موتور القایی را تنظیم کند. درایو فرکانس متغیر ممکن است با نام‌های مختلف دیگری داشته باشد، مانند:

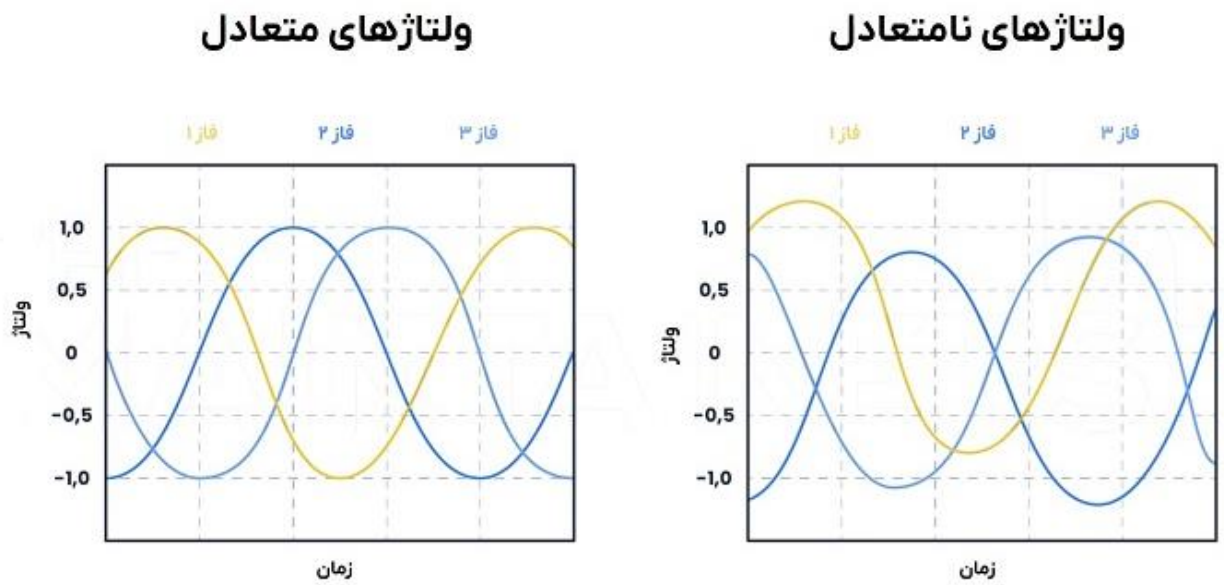
- مبدل فرکانس
- AC Drive
- اینورتر فرکانس
- درایو فرکانس متغییر
- درایو فرکانس قابل تنظیم
- معکوس کننده

موتورهای سرعت ثابت در اکثر سیستم ها کاربرد دارند. در این سیستم ها از عناصر کنترلی مانند دمپرها و شیرها برای تنظیم جریان و فشار استفاده می شود. این دستگاه ها معمولاً به دلیل عملکرد دریچه گاز خود منجر به عملکرد ناکارآمد و اتلاف انرژی می‌شوند. با این حال، اغلب مطلوب است که یک موتور با دو یا چند سرعت مجزا کار کند، یا عملکرد سرعت کاملاً متغیر داشته باشد. المان‌های کنترل معمولی را اغلب می‌توان با ترکیب عملکرد سرعت متغیر با استفاده از درایو فرکانس متغییر جایگزین کرد.

شکل ۱۰- ۴ درایو فرکانس متغییر

۱۰-۷ محدود نگه‌داشتن میزان عدم تعادل ولتاژ در فازها در دوره بهره‌برداری از موتور به کمتر از ۱ درصد برای جلوگیری از کاهش راندمان موتور:

سیستم‌های توزیع سه‌فاز بعضاً بارهای تک‌فاز را هم تغذیه می‌کنند.که این موضوع باعث عدم تقارن بارها در هر فاز می گردد و همچنین عدم تعادل در امپدانس یا توزیع بار می‌تواند باعث عدم تقارن در میان هر سه‌فاز گردد. این عدم تقارن باعث کاهش راندمان در موتورها خواهد شد(شکل ۱۰-۵).



شکل ۱۰-۵ عدم تعادل ولتاژ بار

مثال: فرض کنید یک پمپ آبی داریم که توسط یک موتور الکتریکی سه فاز به حرکت در می‌آید. این موتور برای کارکرد صحیح به ولتاژ ۳۸۰ ولت نیاز دارد.

سناریو ۱: ولتاژ کمتر از نامی (مثلاً ۳۵۰ ولت)

افزایش جریان: موتور برای تولید گشتاور مورد نیاز، مجبور می‌شود جریان بیشتری بکشد.

افزایش تلفات مس: افزایش جریان، تلفات مس در سیم‌پیچ‌های موتور را افزایش می‌دهد.

کاهش فلکس مغناطیسی: کاهش ولتاژ، باعث کاهش فلکس مغناطیسی می‌شود که به نوبه خود گشتاور موتور را کاهش می‌دهد.

افزایش لغزش: برای جبران کاهش گشتاور، روتور موتور مجبور می‌شود با سرعت بیشتری بچرخد (لغزش افزایش می‌یابد).

گرم شدن موتور: افزایش جریان و تلفات مس، باعث افزایش دمای موتور می‌شود.

کاهش راندمان: مجموع این عوامل منجر به کاهش راندمان موتور می‌شود.

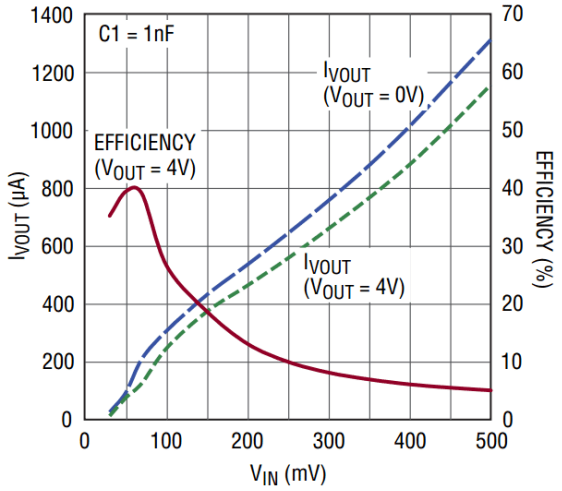
سناریو ۲: ولتاژ بیشتر از نامی (مثلاً ۴۱۰ ولت)

افزایش تلفات هسته: ولتاژ بالاتر، باعث افزایش چگالی شار مغناطیسی در هسته موتور می‌شود. این امر منجر به افزایش تلفات هسته و گرم شدن موتور می‌شود.

افزایش تنش مکانیکی: ولتاژ بالاتر می‌تواند تنش مکانیکی در قسمت‌های مختلف موتور را افزایش داده و احتمال خرابی مکانیکی را بالا ببرد.

خطر آسیب به عایق‌ها: ولتاژ بیش از حد می‌تواند به عایق‌بندی سیم‌پیچ‌ها آسیب برساند.

کاهش راندمان: افزایش تلفات و احتمال خرابی، منجر به کاهش راندمان موتور می‌شود.



شکل ۱۰-۶ نمودار تغییرات راندمان بر حسب ولتاژ

در شکل ۱۰-۶ می‌توان مشاهده کرد که راندمان موتور در ولتاژ نامی به حداکثر مقدار خود می‌رسد و با دور شدن از ولتاژ نامی، به سمت پایین کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

* ولتاژ نامی: بهترین عملکرد و راندمان موتور در ولتاژ نامی حاصل می‌شود.
* ولتاژ کمتر از نامی: باعث کاهش راندمان، افزایش تلفات و احتمال آسیب به موتور می‌شود.
* ولتاژ بیشتر از نامی: باعث افزایش تلفات، کاهش عمر مفید موتور و احتمال خرابی می‌شود.

برای حفظ راندمان و افزایش عمر مفید موتور، توصیه می‌شود: ولتاژ ورودی به موتور به دقت تنظیم شود .از سیستم‌های حفاظت در برابر اضافه ولتاژ و کم ولتاژ استفاده شود. موتورها به طور مرتب سرویس و نگهداری شوند.

نکته: مطابق زیربند ۱۹-۵-۴-۲ توصیه می‌شود حتی الامکان برای تمامی موتور الکتریکی مورد استفاده در تجهیزات با بار متغیر از جمله برج خنک‌کن سیستم تغییر دور درنظر گرفته شود تا در زمان‌هایی که بار ساختمان کم است با استفاده از سیستم کنترلی امکان تغییر وضعیت و کاهش دور موتور به میزان حداقل یا قراردادن آن در حالت خاموش فراهم باشد.

استفاده از راه‌انداز نرم(Soft Starte) به منظور کاهش مقدار جریان راه‌اندازی موتورها به‌جای سیستم متعارف راه‌اندازی ستاره مثلث برای موتورهای با توان بالا خصوصاً موتورهای با توان نامی ۱۱ کیلووات (KW) و به بالا توصیه می‌شود. فن‌ها و پمپ‌ها بخش بزرگی از انرژی مورد استفاده در موتورهای صنعتی را مصرف می‌کنند. جایی که فن‌ها و پمپ‌ها به عنوان یک فرایند بار متغییر عمل می‌کنند، یک روش ساده برای تغییر در خروجی فن یا پمپ استفاده از دمپر یا شیر می باشد که این موضوع باعث از دست دادن مصرف انرژی بیهوده است.

طبق توصیه مبحث بهتر است که در برخی از دستگاه‌هایی که میزان اتلاف انرژی زیادی دارند از VSD (variable speed drive) استفاده شود. با یک درایو VSD در پمپ یا فن، می‌توان مطابقت با تقاضا، جریان خروجی را تنظیم نموده و تلفات انرژی را به حداقل برسانیم.

۱۰-۸ پمپ‌ها

برچسب انرژی مطابق بند ۱۰-۱ همین کتاب و استفاده از جدول ۱۹-۴-۶ مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان برای حداقل رده برچسب انرژی اجباری می باشد.

کلاس انرژی		مقدار EEI
A++	A^{++}	EEI<0.2
A+	A^{+}	0.2 < EEI < 0.3
A	A	0.3 < EEI < 0.4
B	B	0.4 < EEI < 0.6
C	C	0.6 < EEI < 0.8
D	D	0.8 < EEI < 1.0
E	E	1.0 < EEI < 1.2
F	F	1.2 < EEI < 1.4
G	G	EEI ≥ 1.4

شکل ۱۰-۷ شاخص راندمان و کلاس انرژی

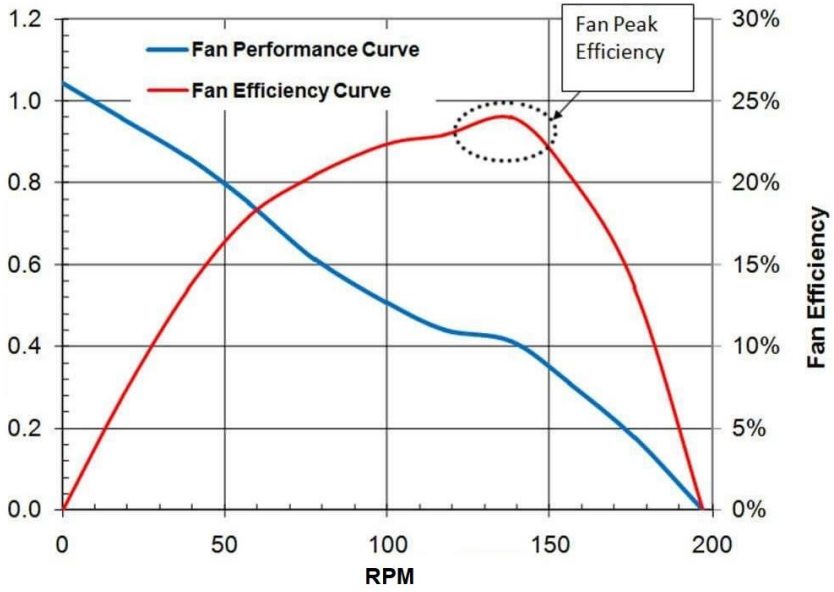
EEI[1] شاخص حداقل راندمان مورد نیاز پمپ است، اگر EEI بین ۰.۳ و ۰.۴ باشد پمپ دارای کلاس A می‌باشد، این جدول را شرکت تولیدکننده پمپ ارائه می‌دهد.

۱. Energy Efficiency Index

۱۰-۹ فن‌ها و سیستم کنترل سرعت

الف) برچسب انرژی تعیین شده در جدول ۱۹-۴-۶ اجباری است ویژگی لازم برای موتور و سیستم کنترل سرعت فن کویل زمینی سقفی و داکتی در جدول جدول ۱۹-۵-۳۱ است.

ب) راندمان موتورها یا فن ها در یک دور موتور مشخص، حداکثر می باشد. نکته مبحث(بند ب ۱۹-۵-۴-۲-۲) اشاره به این دارد که دور موتور در حداکثر راندمان، نباید ۱۵ ٪ از این نقطه یا این دور موتور فاصله بگیرد. با استفاده از سیستم های کنترل دور (VSD) دور مناسب باید به گونه ای تعیین گردد که موضوع فوق تحقق پذیرد. مطابق شکل ۱۰-۸ نمودار عمودی سمت راست راندمان و محور افقی دور موتور است. نمودار قرمز رنگ راندمان بر حسب دور موتور را نشان می دهد که در نقطه مشخص شده حداکثر راندمان مشهود است. در این نقطه جهت حفظ راندمان حداکثری دور موتور نباید از $\pm 15\%$ فاصله بگیرد.



شکل ۱۰-۸ نمودار راندمان فن کویل

پ) سیستم کنترل سرعت فن کویل ها زمینی و سقفی و با داکتی در رتبه بندی های مختلف ساختمان در جدول ۱۹-۵-۳۱ ارائه شده است.

شکل ۱۰-۹

۱۰-۱۰ استفاده از VSD

کنترل فرایند و صرفه‌جویی در انرژی، دو دلیل اصلی برای استفاده از درایوVSD هستند. صرفه‌جویی در انرژی به‌عنوان هدف به همان اندازه مهم است که تولید و عملکرد دستگاه‌ها و کارخانه‌ها اهمیت دارند. با توجه به اینکه در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان هدف اصلی دستیابی به صرفه جویی انرژی می باشد؛ لذا به منظور تحقق کاهش مصرف انرژی استفاده از VSD پیشنهاد می گردد.

۱۰-۱۱

کولر آبی

اگر بخواهیم یکی از پرطرفدارترین انواع تجهیزات سرمایشی در ایران را معرفی کنیم قطعا باید از کولر آبی نام ببریم. ویژگی های لازم برای موتور و سیستم کنترل کولر آبی در رتبه های مختلف انرژی ساختمان می بایست مطابق جدول های ۱۹-۵-۳۲ و ۱۹-۴-۶ می باشد.

فصل یازدهم

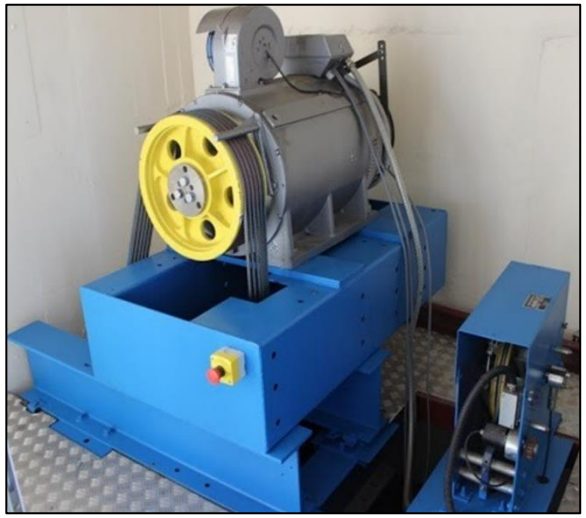
آسانسور

هدف : آسانسورها به عنوان یکی از مصرف کنندگان عمده انرژی در ساختمان ها پتانسیل بالایی برای کاهش مصرف انرژی دارند. بهینه سازی مصرف انرژی در آسانسورها به عنوان بخشی از یک استراتژی کلی برای افزایش بهره وری و صرفه جویی انرژی در ساختمان ها در نظر گرفته می شوند. موتورها با راندمان بالا ، سیستم های کنترل هوشمند و اجزای با کیفیت بالا و بهینه کردن عملکرد آسانسور می تواند به طور قابل توجهی مصرف انرژی را کاهش دهد.

۱۱-۱ به‌طور کلی موتور آسانسور به دو نوع تقسیم می‌شوند :

- موتور آسانسور گیربکس‌دار
- موتور آسانسور گیرلس

شکل ۱۱-۱ آسانسور گیربکس دار



شکل ۱۱-۱ آسانسور گیرلس

۱۱-۱-۱ موتور آسانسور گیربکس‌دار

راندمان آسانسور گیرلس بیشتر از آسانسور گیربکس دار است. برای آسانسور با موتورهای گیرلس از جدول ۱۹-۴-۶ استفاده می کنیم و برای موتورهای گیربکس دار در جدول ۱۹-۴-۶ باید معادل برچسب انرژی موتور آسانسور را انتخاب کنیم. به این معنی که موتوری که انتخاب می کنیم باید دارای برچسب انرژی بالاتری باشد تا تلفات گیربکس را جبران نماید.اطلاعات تلفات گیربکس از شرکت سازنده و یا همکاران مهندس مکانیک قابل تهیه می باشد. مطابق استاندارد درج شده در جدول ۱۹-۴-۶ مقابل موتورهای الکتریکی سه فاز تفاوت تلفات بین دو برچسب انرژی را پیدا کرده (مثلا برچسب های رده C و B) و این تفاوت باید جبران تلفات گیربکس را نماید.

فصل دوازدهم

سیستم های اندازه‌گیری

هدف: سیستم‌های اندازه‌گیری در تاسیسات برقی ساختمان، نقش بسیار مهمی در شناسایی نقاط مصرف انرژی بالا، پایش مصرف انرژی و در نهایت کاهش آن ایفا می‌کنند. این سیستم‌ها با ارائه داده‌های دقیق و به روز درباره مصرف انرژی، امکان اتخاذ تصمیمات آگاهانه برای بهبود بهره‌وری انرژی را فراهم می‌آورند و با استفاده از سنسورها و تجهیزات اندازه‌گیری، داده‌هایی مانند مصرف برق، ولتاژ، جریان و قدرت را در نقاط مختلف ساختمان جمع‌آوری می‌کنند. داده‌های جمع‌آوری شده پردازش شده و به صورت نمودارها، گزارش‌ها و شاخص‌های عملکرد انرژی ارائه می‌شوند. با تحلیل داده‌ها، می‌توان نقاط مصرف انرژی بالا، الگوهای مصرف و عوامل موثر بر مصرف انرژی را شناسایی کرد. با استفاده از نتایج تحلیل، می‌توان اقدامات لازم برای کاهش مصرف انرژی را انجام داد.

۱۳-۱ سیستم‌های اندازه‌گیری

الف: اندازه‌گیری مقادیر توان مصرفی برق

برق مصرف شده همان کار الکتریکی می‌باشد یا به عبارت دیگر کار و برق مصرف شده از یک جنس می‌باشد.

کار الکتریکی عبارت است از حاصل‌ضرب قدرت مصرفی در زمان می‌باشد. اگر بخواهیم کاری را که توسط برق انجام می‌شود را بدست آوریم باید میزان توان مصرف شده را برحسب کیلووات در زمان مصرف‌کردن وسیله مربوطه ضرب نماییم. البته حاصل‌ضرب فوق فقط زمانی که مقدار قدرت مصرف شده ثابت باشد صادق است و در صورتی که قدرت مصرفی ثابت نباشد باید توسط دستگاه اندازه‌گیری در هر لحظه از زمان قدرت مصرفی را در زمان ضرب کرده و سپس مقادیر حاصله را با هم جمع نماییم. در عمل که توان مصرفی ثابت نمی‌باشد بدست‌آوردن کار الکتریکی در هر لحظه از زمان به سادگی مقدور نمی‌باشد.

تنها وسیله اندازه گیری که این کار را انجام می دهد کنتور برق می باشد.

در ادامه چند نمونه از کنتورهای هوشمند کنتورسازی ایران را مشاهده می‌نمایید:

۱۳-۱-۱ کنتورهای تک فاز :

شکل ۱۳-۱ کنتورهای تک فاز

۱۳-۱-۲ کنتورهای سه فاز:

شکل ۱۳-۲ کنتورهای سه فاز

ب : بهبود مدیریت مصرف برق با کمی کردن و مشاهده میزان صرفه جویی در مصرف برق

برای اینکه میزان صرفه جویی انجام شده در زمان استفاده از مدیریت مصرف برق را مشخص نماییم، باید با اندازه گیری میزان مصرف انرژی قبل و بعد از به کاربردن روش های صرفه جویی نسبت به موثر بودن روش انجام اطمینان حاصل نماییم. به عنوان مثال یکی از روش ها استفاده از وسایل کم مصرف در زمان پرباری است.

پ : تعیین میزان اثربخشی مدیریت هوشمند مصرف انرژی EMS و سیستم مدیریت هوشمند ساختمان BMS

ارزیابی اثربخشی سیستم‌های EMS و BMS یک فرآیند پیچیده و چند مرحله‌ای است. انتخاب روش‌های ارزیابی مناسب و تعریف شاخص‌های کلیدی عملکرد مناسب، نقش مهمی در موفقیت این فرآیند دارد. با استفاده از روش‌های ارزیابی مناسب، می‌توان به طور دقیق اثربخشی این سیستم‌ها را تعیین کرد و از نتایج آن برای بهبود عملکرد سیستم در جهت صرفه جویی مصرف انرژی استفاده کرد.

ت : تعیین هزینه تفکیکی مصرف برق

تفکیک هزینه مصرف برق به معنای شناسایی دقیق میزان مصرف برق هر دستگاه یا گروهی از دستگاه‌ها در یک ساختمان یا تاسیسات است. این کار به شما کمک می‌کند تا بفهمید کدام دستگاه‌ها بیشترین انرژی را مصرف می‌کنند و در نتیجه بتوانید اقدامات لازم برای کاهش مصرف انرژی را انجام دهید. تفکیک هزینه مصرف برق یک سرمایه‌گذاری بلندمدت است که می‌تواند منجر به کاهش قابل توجه هزینه‌های انرژی و بهبود بهره‌وری انرژی شود.

ث : اندازه گیری پارامترهای شبکه توزیع و تابلوهای برق

اندازه گیری دقیق و مداوم پارامترهای مختلف در شبکه های توزیع و تابلو برق، نقش بسیار مهمی در تضمین کیفیت و پایداری برق، کاهش تلفات انرژی، تشخیص و رفع به موقع عیوب و بهینه سازی عملکرد سیستم دارد. این پارامترها شامل ولتاژ، جریان، فرکانس، توان اکتیو، توان راکتیو، ضریب قدرت، هارمونیک ها و بسیاری موارد دیگر می شود.

۱۳-۵ انواع دستگاه‌های اندازه گیری در تابلو برق

لوازم اندازه‌گیری در تابلو برق به سه دسته پرتابل، آزمایشگاهی و تابلویی یا ثابت تقسیم می‌شوند. که هر یک از این گروه‌ها کاربردهای متفاوتی دارند. مثلاً گروه اول توسط متخصصین برق و برای اندازه‌گیری‌های میدانی مورد استفاده قرار می‌گیرند وگروه دوم در محیط‌های آزمایشگاهی برای اتصال به مدارها کاربرد دارند و گروه سوم که به تجهیزات اندازه‌گیری تابلویی معروف‌اند در تابلوهای برق، پست ها و ایستگاه‌های اندازه‌گیری نصب می‌شوند.

تجهیزات اندازه‌گیری انواع و کاربردهای گوناگون دارند که بنا به نیاز سیستم و کارایی آن انتخاب می‌شوند. در ادامه به معرفی هر یک می‌پردازیم.

- ولت‌متر تابلویی
- اندازه‌گیر انرژی
- مولتی‌متر تابلویی
- پاورمتر تابلویی
- آمپرمتر تابلویی
- کسینوس فی‌متر تابلویی
- فرکانس‌متر تابلویی
- سنکروسکوپ تابلویی
- وات‌متر تابلویی
- پاور آنالایزر تابلویی

شکل ۱۳-۳ دستگاه‌های اندازه‌گیری

- **ولت‌متر**

برای اندازه‌گیری ولتاژ مدار از ولت‌متر که به صورت موازی با آن قرار می‌گیرد، استفاده می‌شود. ولت‌متر مانند آمپرمتر در دو نوع AC و DC ساخته می‌شود. برای توسعهٔ اندازه‌گیری در جریان مستقیم و متناوب یک‌فاز فشار ضعیف از مقاومت های سری (Rs) جهت زیادشدن مقاومت داخلی استفاده می‌کنند. در صورتی که بخواهیم ولتاژ شبکه را در تابلو اندازه‌گیری کنیم، باید دو سر ولت‌متر را مستقیماً به شین های موردنظر مثلاً فاز R و سیم MP یا دو فاز R ، S وصل کنیم.

- **آمپرمتر**

آمپرمتر تابلویی یا ثابت از مهم‌ترین لوازم اندازه‌گیری در تابلوهای برق هستند و در آمپرهای پایین به صورت مستقیم می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. در حالت مستقیم سه آمپرمتر به صورت سری با سیم‌های فاز قرار می‌گیرند. همچنین در آمپرهای بالا که امکان اتصال مستقیم وجود ندارد از ترانس جریان استفاده می‌شود که به صورت غیر مستقیم ترانس جریان می‌تواند میزان آمپراژ عبوری از سیم‌ها را اندازه‌گیری کند و آن را تبدیل به خروجی استاندارد ۱ یا ۲.۵ یا ۵ آمپر نماید. برای مشاهده جریان به صورت مستقل در تاسیسات و تابلوهای برق سه فاز از سه آمپرمتر استفاده می‌شود. همچنین در این حالت در مدار یک آمپرمتر سوئیچ‌دار یا یک آمپرمتر تابلویی و یک کلید آمپر برای کاهش تعداد دستگاه‌های اندازه‌گیری نصب می‌گردد.

- **فرکانس‌متر تابلویی**

فرکانس‌متر یکی از پرکاربردترین لوازم اندازه‌گیری در تابلو برق‌ها است که می‌تواند فرکانس شبکه را اندازه‌گیری کرده و به صورت دیجیتال یا آنالوگ نمایش دهد. نوع آنالوگ فرکانس‌متر تابلویی برای تاسیسات دارای ژنراتور کاربرد داشته و به صورت عقربه‌ای و ارتعاشی ساخته شده است.

- **واتمتر تابلویی**

واتمتر یکی دیگر از دستگاه‌های اندازه‌گیری الکتریکی است که برای اندازه‌گیری توان حقیقی مصرف‌کننده‌ها از واتمتر استفاده می‌شود. واتمتر دارای یک سیم‌پیچ جریان و یک سیم‌پیچ ولتاژ است. واتمتر توان اکتیو و وارمتر توان راکتیو مدار را اندازه‌گیری می‌کند. این نوع لوازم اندازه‌گیری ورودی‌های جریان و ولتاژ را با هم دارند زیرا برای اندازه‌گیری توان، هم ولتاژ و هم جریان مورد نیاز است. مجموعه وات متر از دو المان گالوانومتر و ترانسدیوسر تشکیل شده است.

- **مولتی‌متر تابلویی**

برای اندازه‌گیری پارامترهای مختلف در یک تابلو برق به چندین دستگاه نیاز است که موجب افزایش حجم سیم کشی و ابعاد تابلو می‌شود. مولتی مترهای تابلویی از لوازم اندازه‌گیری در تابلو برق هستند که باعث ساده‌تر شدن و بالا رفتن کیفیت کار می‌شوند. مولتی‌متر تابلویی می‌تواند ولتاژ ، جریان فازهای مختلف و فرکانس شبکه را به‌طور ساده نمایش دهد در این حالت نیازی به دستگاه‌های مختلف و کلیدهای اندازه‌گیری نیست.(شکل ۱۳-۴)

شکل ۱۳-۴ مولتی‌متر تابلویی

- **پاورمتر تابلویی**

پاورمتر به منظور اندازه‌گیری و محاسبه توان، انرژی، توان اکتیو، توان راکتیو، ضریب توان یا Power Factor ، جریان و ولتاژ طراحی و تولید شده است. پاورمتر تابلویی یا پاور آنالایزر از دستگاه‌های اندازه‌گیری الکتریکی است که برای سنجش و مانیتورینگ پارامترهای متعددی در زمینه توان و انرژی، در صنایع برق، کارخانجات بزرگ و کوچک، اپراتورهای برق صنعتی و تست ترانسفورماتورهای قدرت تک‌فاز و سه‌فاز استفاده می‌شود.

- **کسینوس فی متر تابلویی**

معمولاً از این دستگاه در تأسیسات بزرگ رآکتیوی استفاده می‌کنند. برای نصب آن باید ورودی ولتاژ و جریان وجود داشته باشد .کسینوس فی‌متر از دسته لوازم‌های تک‌فاز هستند که نمایش پاور فکتور فازها را برعهده دارند. این دستگاه معمولاً در بانک خازن‌ها نصب می‌شوند. همچنین بخش جریان آن از طریق رگولاتور خازن به شکل سری در می‌آید. البته برای مشاهده ضریب توان همه فازها باید از کلید کسینوس فی‌متر یا دستگاه‌های مجتمع دیجیتال و دستگاه اندازه‌گیری استفاده می‌کنند.

۱۳-۵-۱ محدوده در دستگاه‌های اندازه‌گیری چیست؟

طبق تعریف حدود اندازه‌گیری یا رنج در یک دستگاه اندازه‌گیری عبارت است از ماکزیمم مقداری را که یک دستگاه اندازه گیری می‌تواند مورد اندازه‌گیری قرار دهد که در بیشتر موارد بیشترین عددی است که بر روی یک دستگاه اندازه‌گیری نوشته شده است.

(۱۹-۵-۴-۶-۱ اندازه‌گیری توان راکتیو و دیگر پارامترها در انشعاب برق فشار ضعیف)

شکل ۱۳- ۵ کسینوس فی متر

کسینوس فی متر

در کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها که باید ضریب قدرت مدار تحت کنترل باشد از کسینوس فی‌متر برای اندازه گیری آن استفاده می‌شود. کسینوس فی‌متر یکی دیگر از دستگاه‌های اندازه‌گیری الکتریکی است که دارای دو سیم‌پیچ متحرک و یک سیم‌پیچ ثابت بوده و در مجموع دارای چهار یا پنج پیچ اتصال است و در مدارهای سه‌فاز و یک‌فاز به‌کار می‌رود. باید توجه داشت که کسینوس فی‌متر چه به‌صورت تک‌فاز و چه به‌صورت سه‌فاز فقط کسینوس فی فازی را که سیم‌پیچ ثابتش بر روی آن بسته شده است نشان می‌دهد. اگر ضریب قدرت مدار کمتر از حد مجاز باشد، در قبوض برق بهایی به عنوان جریمه لحاظ می‌شود. لذا کنترل و اندازه‌گیری پارامتر الکتریکی مذکور $\cos\varphi$ متر انجام می‌شود.

کسینوس فی‌مترها که برای نصب روی تابلو استفاده می‌شوند معمولاً برای ولتاژهای ۱۱۰، ۲۲۰، ۳۸۰ و ۵۰۰ ولت و جریان پنج‌آمپر و یک‌آمپر ساخته می‌شوند. برای ولتاژها و جریان‌های بیشتر از مقدار نامی ذکر شده باید از مبدل ولتاژ و مبدل جریان استفاده کرد.

در جریان سه‌فاز چنانچه بار متعادل باشد، اتصال یک کسینوس فی متر کافیست. ولی اگر بار نامتعادل باشد، سر راه هر فاز از یک کسینوس فی‌متر جداگانه استفاده می‌شود.

کسینوس فی‌متر در مدار به شکل سری و موازی بسته می‌شود. دارای یک سیم‌پیچ ثابت جریان (سری) و دو سیم‌پیچ متحرک برای ولتاژ است از یک مقاومت اهمی خالص و یک مقاومت تقریباً سلف خالص نیز استفاده شده است که هر کدام با یکی از سیم‌پیچ‌های ولتاژ سری بسته می‌شوند.

هر کسینوس فی‌متر چه در مدار تک‌فاز بسته شده باشد و یا در مدار سه‌فاز، فقط ضریب توان فازی را نشان می‌دهد که سیم‌پیچ جریان روی آن قرار گرفته، مقدار ولتاژ و جریان در سیم پیچ‌ها همانند وات‌متر است به همین جهت برای نصب روی تابلوهای صنعتی حتماً به ترانسفورماتور جریان احتیاج است.

صفحه نشان‌دهنده برای کسینوس فی‌مترها به طور معمول در سه مدل طراحی و ساخته می‌شوند. زمانی که بار مصرفی فقط سلفی باشد از مدل ۹۰ درجه که در انتها مقدار عدد ۱(Cos φ) نشان داده‌شده است، استفاده می‌شود.

اگر بار فقط سلفی (اندوکتیو) و یا خازنی (کاپاسیتیو) باشد از کسینوس فی‌متر با صفحه مدرج یک طرفه و در صورتی که به هر دو صورت سلفی یا خازنی باشد از صفحه مدرج دو طرفه و یا دوار (۳۶۰ درجه) استفاده می‌شود.

در کارخانه‌هایی که به غیر از بار سلفی از بار خازنی هم استفاده می‌کنند (اصلاح ضریب توان) از صفحه نشان‌دهنده ۹۰ درجه ای که عدد ۱ در وسط قرار دارد استفاده می‌کنند.

مشخصات کنتور

ولتاژ نامی، جریان نامی، فرکانس نامی، تعداد دور بر حسب کیلو وات ساعت، نوع توان مورد سنجش (اکتیو و راکتیو) را مورد پایش قرار می دهد.

در صورت استفاده از ترانسفورماتور ولتاژ یا جریان برای تغذیه دستگاه‌های اندازه‌گیری دقت شود که VA دستگاه‌های تغذیه‌شونده از VA ترانسفورماتور موردنظر بیشتر نشود.

در مسیر تغذیه ترانسفورماتور جریان C.T، هرگز از فیوز استفاده نشود.

برای محاسبه تجهیزات تابلو هر کدام از خطوط تغذیه شونده از تابلو باید به صورت مستقل مورد بررسی قرار گیرند.

اطلاعات اولیه مورد نیاز برای محاسبات عبارتند از:

قدرت مصرف کننده، ولتاژ اسمی، جریان اسمی، فرکانس اسمی، ضریب قدرت، راندمان، نوع اتصال به شبکه (تک‌فاز، سه‌فاز، مثلث، ستاره و...)، فاصله از تابلو، درجه حرارت محیط (ضریب حرارتی)، هم جواری هادی ها، همزمانی مصرف کننده ها.

تابلوهای فرعی نسبت به تابلوی اصلی به عنوان مصرف‌کننده بوده و در محاسبه سطح مقطع کابل اصلی تغذیه کننده تابلوی فرعی باید محاسبات لازم صورت گیرد.

تجهیزات حفاظتی خطوط و دستگاه‌های تغذیه شونده از تابلو و همچنین نحوه بهره‌برداری از دستگاه‌ها در انتخاب وسایل درون تابلو و تعداد و نوع آن‌ها دخیل هستند.

توان مورد نیاز برای محاسبه تجهیزات توان اکتیو است و فقط در محاسبه تابلوی خازنی توان راکتیو مورد نظر قرار می‌گیرد.

پس‌از بدست‌آوردن مشخصات تمام خطوط خروجی از هر سلول با رسم مدار تک‌خطی تجهیزات موردنظر هر مصرف‌کننده را تعیین و مشخصات هر یک را در روی آن می‌نویسیم و در نهایت مجموع قدرت کشیده شده از شینه تابلو و کلید اصلی بدست می‌آید.

اندازه گیری پارامترهای برق شبکه فشار ضعیف در انشعاب برق فشار متوسط

کاربرد ترانس جریان CT ترانس ولتاژ PT

یکی از نیازمندی‌های اصلی شبکه‌های برق (یا سیستم قدرت)، اندازه‌گیری پیوسته پارامترهای مهم الکتریکی است. برای مثال به منظور اندازه‌گیری برق مصرف شده توسط یک مشترک جهت تعیین هزینه‌های آن (مانند کنتور برق مشترکین منازل) و یا جهت کنترل مقدار ولتاژ برق یک کارخانه که از یک بازه محدودی خارج نشود (تا آسیبی به سیستم وارد کند) باید مقادیر پارامترها را به طور مستمر اندازه گرفت.

از آن‌جا که دو پارامتر ولتاژ و جریان از شاخص‌های مادر و اصلی جهت محاسبه سایر پارامترهای الکتریکی می‌باشند، عموماً در عمده سیستم‌ها هر دو پارامتر ولتاژ و جریان اندازه‌گیری و پایش می‌شوند. برای مثال ضریب قدرت که نتیجه اختلاف فاز ولتاژ و جریان است و یا توان مصرفی که حاصل‌ضرب دو پارامتر یادشده در ضریب توان می‌باشد از اندازه‌گیری ولتاژ و جریان در دسترس خواهند بود.

امّا اندازه‌گیری مقادیر ولتاژ و جریان بالا به دلیل موارد ایمنی و نیازمندی‌های فنی آن‌ها، به‌طور مستقیم ممکن نمی‌باشد. به عبارتی می‌بایست مقادیر ولتاژ و جریان را از مقدار بالا به مقدار امن و قابل اندازه‌گیری تبدیل و سپس وارد سیستم‌های اندازه‌گیر و یا پایشگر نمود. ترانسفورماتور ولتاژ و ترانسفورماتور جریان برای این منظور، طراحی و به‌کار گرفته می‌شوند.

برای مثال در شبکه فشار متوسط، ترانس ولتاژ و ترانس جریان ، مقادیر ولتاژ و جریان فشار متوسط را در سمت اولیه دریافت و در خروجی به مقادیر فشار ضعیف استاندارد تبدیل و در اختیار لوازم اندازه‌گیری (کنتورها) و ادوات حفاظتی (رله‌ها) قرار می‌دهند. مقادیر واقعی سمت اولیه با ضرب مقدار اندازه‌گیری شده ثانویه در نسبت تبدیل ترانس محاسبه و نمایش داده می‌شود.

نکات قابل توجه در نظارت و طراحی تاسیسات برقی ساختمان ها بر اساس مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

نام مالک		شماره تماس:
نوع کاربری		زیربنا:
آدرس ملک		
پلاک ثبتی :		کد نوسازی:
متراژ :	تعداد طبقه ارتفاع از روی شالوده :	گروه ساختمانی:

مشخصات طراحان	مهندس/شرکت طراح سازه	مهندس/شرکت طراح معماری	مهندس/شرکت طراح تاسیسات برقی	مهندس/شرکت طراح تاسیسات مکانیکی
نام و نام خانوادگی				
پایه				
شماره پروانه اشتغال				
مهر و امضا				
تاریخ طراحی				

تعیین گروه ساختمان از نظر میزان نیاز به صرفه جویی در مصرف انرژی (برگرفته از اطلاعات بند یک چک لیست)	گروه یک ☐	گروه دو ☐	گروه سه ☐	چهار گروه ☐
روش طراحی	روش تجویزی ☐	روش کارایی انرژی ☐	روش موازنه ای ☐	روش نیاز انرژی ☐
رتبه انرژی (کیفیت)ساختمان	ساختمان منطبق با مبحث ۱۹(EC) ☐ ساختمان کم انرژی (EC+) ☐ ساختمان بسیار کم انرژی(EC++) ☐ ساختمان(با مصرف)انرژی نزدیک به صفر(ENZEB) ☐			
توضیحات تکمیلی				

۱-۱ گروه کاربری ساختمان (مبحث ۱۹ پیوست ۴) :

کاربری الف ☐ کاربری ب ☐ کاربری ج ☐ کاربری د ☐

❖ دارای بخش با کاربری متفاوت با کاربری عمومی (بخش بزرگتر ساختمان) می باشد. گروه کاربری .....

۱-۲- نیاز انرژی محل احداث ساختمان (مبحث ۱۹ پیوست ۳):

زیاد ☐ متوسط ☐ کم ☐

۱-۳- تعداد طبقات و سطح زیربنای مفید ساختمان :

ساختمان ۹ طبقه و کمتر با زیربنای کمتز از ۲۰۰۰متر مربع ☐
بیش از ۹ طبقه یا زیربنای مفید مساوی یا بیش از ۲۰۰۰مترمربع ☐

۱-۴ - نحوه استفاده از ساختمان های غیرمسکونی:

استفاده منقطع ☐ استفاده مداوم ☐

۱-۵- کاربری ساختمان (مطابق زیر بند ۱۹-۲-۲-۱-۱ و پیوست ۴) :

مسکونی ☐ اداری ☐ تجاری ☐ دیگر موارد ☐ عنوان کاربری :

۱-۶- درجه انرژی سالانه محل استقرار ساختمان (مطابق زیر بند ۱۹-۲-۲-۱-۲ و پیوست ۳):

زیاد ☐ متوسط ☐ کم ☐

۱-۷- نیاز غالب : گرمایی ☐ سرمایی ☐

۱-۸-گروه ساختمان (بر اساس عوامل ویژه اصلی و مطابق بند ۱۹-۲-۲-۲) :

گروه ۱ ☐ گروه ۲ ☐ گروه ۳ ☐

۱-۹- سطح زیز بنای ساختمان (مطابق زیر بند ۱۹-۲-۲-۱-۳):

فضای کنترل شده : متر مربع فضای کنترل نشده : متر مربع

۱-۱۰ نحوه استفاده از ساختمان (مطابق زیر بند ۱۹-۲-۲-۱-۵) :

☐ منقطع ☐ غیر منقطع

۱-۱۱ روش مورد استفاده برای طراحی (مطابق بخش ۱۹-۳-۲) و رتبه مورد نظر برای ساختمان :

		روش مورد استفاده برای طراحی			
		تجویزی	موازنه ای	نیاز انرژی	کارایی انرژی
رتبه مورد نظر	ساختمان مطابق مبحث ۱۹				
	ساختمان کم انرژی				
	ساختمان بسیار کم انرژی				
	ساختمان با مصرف انرژی نزدیک به صفر	غیر مجاز	غیر مجاز	غیر مجاز	

۱-۱- کلیه تجهیزات برقی دارای برچسب انرژی و با حداقل رده انرژی مطابق جدول ذیل می باشد:
(جداول ۱۹-۴-۶ و ۱۹-۴-۷ مورد بررسی‌قرار گیرند.)

محصول/نام تجهیز	ظرفیت/توان	نوع عملکرد	حداقل رده برچسب انرژی یا راندمان تجهیزات جهت کسب رده انرژی ساختمان			شماره استاندارد ملی
			EC	EC+	EC++	

۱-۲- طراحی روشنایی‌طبیعی

به منظور طراحی روشنایی طبیعی باید بر اساس جدول زیر و با در نظر گرفتن موانع مقابل پنجره به کمک نرم افزارهای مربوطه مانند Radiance توسط مهندس طراح معمار انجام گرفته است. (رجوع به قسمت طراحی معماری)

- ✓ **طراحی روشنایی مصنوعی:**

به منظور حداکثر بهره وری از روشنایی طبیعی و صرفه جویی در مصرف انرژی امکان تغییر روشنایی مصنوعی **در نقاط مختلف فضاهای** داخلی باید توسط مهندس طراح برق به صورت دستی یا خودکار (سیستم روشنایی هوشمند) انجام گرفته باشد (قابلیت روشن و خاموش کردن چراغ ها یا کم و زیاد کردن چراغ های روشن حداقل در سه سطح مختلف با توجه به فاصله از پنجره

۱-۲-۱- طراحی روشنایی مصنوعی

۱- **جدول زیر برای چراغ های بکار رفته در فضاهای مختلف توسط طراح کامل شود.**

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵
نام فضا					
نوع چراغ مناسب					
توان هر چراغ (وات)					
راندمان چراغ (لومن بر وات)					
حداقل راندمان چراغ A (لومن بر وات)					
برچسب انرژی لامپ					
برچسب انرژی قابل قبول B لامپ					
مناسب CCT					
مناسب CRI					
شدت روشنایی مورد نیاز C (لوکس)					
ابعاد فضای مورد نظر(طول – عرض – ارتفاع مفید)					
رنگ دیوارها-رنگ سقف					
(RcR) شاخص فضا					
(CU) ضریب بهره چراغ					
تعداد چراغ طراحی شده					
کل توان مصرفی فضا (وات)					
حداکثر چگالی توان فضا D (وات بر متر مربع)					
چگالی توان فضا (وات بر متر مربع)					

جدول ۱۹-۵-۳۶ مبحث ۱۹D : جدول پیوست دوم مبحث ۱۳-C : جدول ۱۹-۴-۶ مبحث ۱۹-B: بند ۱۹-۴-۴-۷ و جدول ۱۹-۵-۳۵ مبحث ۱۹-A

✓ بند ۱۹-۴-۴-۷ : استفاده از لامپ با فیلامان تنگستن یا هالوژن با راندمان(یا بهره نوری) کمتر از ۱۴ لومن بر وات، لامپ بخار جیوه با راندمان کمتر از ۵۵ لومن بر وات و نیز لامپ های گازی با راندمان کمتر از ۲۲ لومن بر وات مجاز نمی‌باشند مگر اینکه در طراحی و یا بهره‌برداری ویژگی‌های خاصی مد نظر باشد که با دیگر لامپ ها قابل تامین نباشد. در این حالت لازم است طراح دلایل توجیهی خود را برای انتخاب های غیر مجاز ارائه نماید.

۲- دمای رنگ نور (CCT) و شاخص نمود رنگ (CRI) مناسب با کاربری فضا مطابق بند ۱۹-۵-۴-۹ و بر اساس جداول پیشنهادی زیر مد نظر قرار گیرد.

مقادیر CCT مناسب بر اساس کاربری		
فضای باز / پارکینگ	روشنایی فضای باز، پارکینگ، روشنایی ایمنی	۳۰۰۰-۴۰۰۰K
فروشگاه	فروشگاه عمومی	۲۷۰۰-۴۰۰۰K
	طلافروشی، جواهرفروشی، نقره فروشی	۳۵۰۰-۴۵۰۰K
رستوران	رستوران های سطح بالا	۱۸۰۰-۲۷۰۰K
	رستوران های سرو سریع	۲۷۰۰-۳۵۰۰K
هتل	لابی، مشاعات و راه روها	۱۸۰۰-۳۰۰۰K
	اتاق مهمان	۲۷۰۰-۳۰۰۰K
دفتر بازرگانی	فضای دفتر	۳۰۰۰-۴۰۰۰K
مراقبت های بهداشتی	بیمارستان	۳۵۰۰-۵۰۰۰K
مدارس و دانشگاه ها	غذاخوری	۲۷۰۰-۳۵۰۰K
	مشاعات و کلاس های درس	۳۵۰۰-۵۰۰۰K

	انولع لامپ	درصد CRI
عالی (۱۰۰-۹۰)	لامپ رشته ای و هالوژن	۱۰۰
	انواع لامپ ال ای دی	۷۰-۱۰۰
خوب (۸۵-۶۰)	لامپ فلورسنت تری فسفر	۸۵
	لامپ متال هالید	۸۵
	لامپ فلورسنت معمولی و فشرده	۵۰-۷۰
ضعیف (۵۵-۵)	لامپ گازی جیوه مات	۴۹
	لامپ گازی سدیم پرفشار	۲۴
	لامپ گازی جیوه شفاف	۱۷
	لامپ گازی سدیم کم فشار	۵

۲- استفاده از بالاست های الکترونیکی به جای در لامپ های فلورسنت و کمپکت و همچنین استفاده از بالاست کم تلفات برای انواع لامپ های تخلیه در گاز مطابق بند ۱۹-۵-۴-۹ و همچنین رعایت برچسب انرژی زیر مدنظر قرار گیرد.

۳- در طرح معماری داخلی استفاده از رنگ های روشن با ضریب انعکاس بالا مد نظر قرار گیرد.

۴- برای ساختمان با رده بسیار کم انرژی(EC++) سیستم مدیریت روشنایی براساس بند۱۹-۵-۴-۷ طراحی شود.

الف	انتخاب لامپ با راندمان مناسب برای فضا بر اساس جدول ۱۹-۵-۳۵	
ب	انتخاب مناسب شاخص نور (CCT) مناسب برای لامپ ها	
پ	انتخاب شاخص نور (CCT بر حسب کلوین) مناسب برای لامپ‌ها	
ت	انتخاب لامپ با طول عمر زیاد	
ث	استفاده از بالاست الکترونیکی استاندارد با تلفات بار کمتر	
ج	انتخاب چوک یا بالاست با تلفات بار کم	
چ	آیا از لامپ LED استفاده شده است؟	
ح	آیا استاندارد در انتخاب لامپ LED رعایت شده است؟	
خ	در صورت مثبت بودن بند (ح) شماره استاندارد مربوطه قید شود.	

۱-۳- سیستم هوشمند ساختمان

در سیستم روشنایی ساختمان سیستم حسگر مورد استفاده قرار گرفته است؟ بلی ☐ خیر ☐

آیا سامانه کاهنده روشنایی مورد استفاده قرار گرفته است؟ بلی ☐ خیر ☐

در صورت عدم استفاده از سامانه کاهنده روشنایی دلایل طراح ذکر شود:

آیا از درب اتوماتیک جدا شونده بسته به کاربری ساختمان استفاده شده است؟ بلی ☐ خیر ☐

برای ساختمان با رده بسیار کم انرژی (EC++) سیستم مدیریت روشنایی بر اساس بند ۱۹-۵-۴-۷ طراحی شود.

۱-۴- طراحی بانک خازنی و اصلاح ضریب‌توان

چنانچه ضریب توان سیستم الکتریکی ساختمان کمتر از۰,۹ باشد ، طراحی تابلو خازن جهت دستیابی به حداقل رده انرژی EC الزامی می باشد.

الف -مشخصات مصارف

ردیف	نام مصرف کننده (تابلو نصب‌خازن)	نوع برق (تک فاز یا سه فاز)	توان برحسب کیلووات	ضریب‌توان	ضریب همزمانی

ب- پارامترهای طراحی

نام و مشخصه تابلو یا مصرف کننده مورد نظر			
نوع خازن گذاری	انفرادی □	گروهی □	متمرکز □
ضریب توان کل تابلو			
توان نامی کل تابلو بر حسب کیلووات			
جریان معادل کل تابلو			
ضریب توان حداقل اصلاحی مطابق با جدول ۱۹-۵-۳۴	EC □ ۰,۹۰	EC+ □ ۰,۹۳	EC++ □ ۰,۹۵
ضریب توان اصلاحی مورد نظر طراح			
توان کل خازن طراحی شده برای اصلاح ضریب توان			
پله های خازنی مورد استفاده			
دلایل توجیهی در صورت عدم استفاده ازبانک‌خازنی بر اساس بند ۱۹-۵-۴-۵			

۱-۵- طراحی موتورهای الکتریکی پمپ ها و فن ها

جدول مشخصات فن ها ، موتورها و پمپ های به کار رفته در تاسیسات ساختمان و انتخاب رده انرژی دستگاه							
رده انرژی مورد نظر در پروژه □ EC □ EC+ □ EC++							
ردیف	نام تجهیزات موتوری	ولتاژ نامی، تکفاز یا سه فاز	توان بر حسب کیلووات	ضریب توان	راندمان	حداقل رده انرژی (جدول ۶-۴-۱۹)	رده انرژی استفاده شده

۱-۵-۱- مشخصات سیستم کنترل سرعت

مشخصات سیستم کنترل سرعت سیستم کولر آبی□ فن کوئل□ هیچکدام□			
رده انرژی مورد نظر در پروژه □ EC □ EC+ □ EC++			
ردیف	نام تجهیز	نوع سیستم کنترل سرعت مناسب بر اساس جدول ۱۹-۵-۳۱ و۳۲	نوع سیستم کنترل سرعت به کار رفته

آیا تمام پمپ های مورد استفاده در تاسیسات الکتریکی و مکانیکی دارای برچسب انرژی تعیین شده می باشد؟

بلی □ خیر □

محصول	شماره استاندارد ملی	رده انرژیEC	رده انرژی+EC	رده انرژی++EC
پمپ(گریز از مرکز، مختلط ، محوری)	۷۸۱۷-۲	**B**	**A**	**A**

بازده کل فن نصب شده در فاصله حداکثر ۱۵ درصد از نقطه حداکثر کارایی کل فن است؟

بلی ☐ خیر ☐

آیا ویژگی های لازم برای موتور و سیستم کنترل سرعت فن کویل زیرزمینی ، سقفی و یا داکتی طبق جدول زیرمی باشد؟

ویژگی های لازم برای فن کویل	
موتور	**سیستم کنترل سرعت**
حداقل سه سرعته	**سیستم کنترل سرعت متعارف سه سرعته**

۱-۶- طراحی ترانسفورماتور)برای ساختمان هایی که طبق مقررات به ترانسفورماتور اختصاصی مجهز می شوند)س در صورتی که دیماند مشترک بیش از ۲۵۰ کیلو وات باشد طراحی ترانسفورماتور الزامی است و مشخصات توسط طراح باید در بخش زیر درج شود.

الف-مشخصات مصارف:

ردیف	نام مصرف کننده (تابلو ترانس)	نوع برق (تک فاز یا سه فاز)	توان بر حسب کیلووات	ضریب توان	ضریب هم زمانی

ب- پارامترهای طراحی

ارتفاع شهر محل نصب از سطح دریا = .	تا ۱۰۰۰	تا ۱۵۰۰	تا ۲۰۰۰	تا ۲۵۰۰
ضریب کاهش ناشی از ارتفاع شهر محل نصب ۱۹-۵-۲۶ یا ۲۸	□ ۱,۰	□ ۰,۹۷۵	□ ۰,۹۵	□ ۰,۹۲۵
سایر ضرایب کاهشی باردهی ترانسفورماتور				
ضریب کل باردهی ترانسفورماتور با توجه به مقادیر فوق				
توان نامی اولیه ترانسفورماتور بر اساس ضریب فوق				
ضریب باردهی راندمان ماکزیمم ترانسفورماتور طراحی شده بر اساس جدول پ ۱۲-۱ یا ۳				
ضریب باردهی مناسب براساس جدول ۱۹-۵-۳۰				
ضریب باردهی انتخابی طرح (کوچک تر یا مساوی ردیف قبل)				
توان نامی نهایی ترانسفورماتور				
تلفات هسته و تلفات مس ترانسفورماتور فوق بر اساس جدول پ۱۲-۱ یا۳				
راندمان و تلفات کل ترانسفورماتور طراحی شده در شرایط ضریب باردهی انتخابی طرح				
مختصات محل اتاق ترانسفورماتور در ساختمان مبتنی بر مرکز ثقل بار و بر اساس فرمول های پ۱۲-۹ و پ۱۲-۱۰				
مختصات محل اتاق ترانسفورماتور در ساختمان بر اساس طرح معماری				

رده انرژی مورد نظر	EC □	EC+ □	EC++ □	
نوع انتخابی ترانسفورماتور بر اساس شرایط محیطی و .	□روغنی (OIT)	□ خشک (CRT)		
رده ترانسفورماتور مورد استفاده بر اساس جدول ۱۹-۵-۲۹	□رده اول	□ رده دوم	□رده سوم	
سیستم کاهش دمای اتاق ترانسفورماتور مطابق بند ۱۹-۵-۴-۱-۷				
ضریب توان کل تابلو ترانسفورماتور				
توان مصرفی کل تابلو با توجه به ضرایب همزمانی بر حسب کیلووات				
جریان معادل کل تابلو				
دمای حداکثر محیط شهر محل نصب = .	تا ۴۰°C	۴۰-۴۵°C	۴۵-۵۰°C	بیش از ۵۰°C
ضریب کاهش ناشی از دمای محیط بر اساس جدول ۱۹-۵-۲۵ (ترانس روغنی)	□ ۱,۰	□ ۰,۸۸	□ ۰,۸۰	□ ۰,۷۲
دمای حداکثر محیط شهر محل نصب = .	۳۰°C	۴۰°C	۵۰°C	
ضریب کاهش ناشی از دمای محیط بر اساس جدول ۱۹-۵-۲۵ (ترانس خشک)	□ ۱,۰۶	□ ۱,۰۰	□ ۰,۹۳	

۱-۷- طراحی برق اضطراری (ژنراتور)

الف- مشخصات مصارف تابلو اضطراری

ردیف	نام مصرف کننده (تابلو برق اضطراری)	نوع مصرف کننده (اضطراری یا ایمنی)	نوع برق (تک فاز یا سه فاز)	توان بر حسب کیلووات	ضریب توان	ضریب همزمانی

ب- پارامترهای طراحی

ژنراتور طراحی شده	دیزل □ گازی □
نوع کارکرد دیزل ژنراتور	آماده بکار□ پرایم □ دائمی□
ابعاد دریچه های ورود و خروج هوای اتاق مولد (بمنظور تامین هوای مورد نیاز برای خنک شدن و احتراق) بر اساس بند ۱۹-۴-۴-۳ و بند پ۱۲-۱	
مقدار فشار معکوس مجاز توسط سازنده برای طراحی سیستم تخلیه دود اندازه ، نوع و طول لوله اگزوز باید بر اساس فشار معکوس مجاز که توسط سازنده در مشخصات فنی دستگاه قید شده و با هدف افزایش راندمان طراحی و محاسبه گردد	
توان نامی کل تابلو بر حسب کیلو وات	
ضریب توان کل تابلو	
ضریب کاهش باردهی در اثر ارتفاع	

ضریب کاهش باردهی در اثر دمای محیط	
توان نامی محاسبه شده برای دیزل ژنراتور	
سیستم اتصال مرحله ای دستگاه های پرمصرف	
استفاده از تابلو سنکرون در صورت وجود دو یا چند ژنراتور	
مختصات محل اتاق دیزل ژنراتور در ساختمان با توجه به مسیرهای تامین هوای سوخت، مسیر تخلیه دود و سایر محدودیت های طرح معماری‌جدول ۱۳ پیوست	

۱-۹-طراحی برق ایمنی(UPS)

در صورت نیاز ساختمان به دستگاه های برق بدون وقفه (UPS) موارد زیر توسط طراح تکمیل گردد.

۱- در صورت طراحی ژنراتور از نوع گازسوز، بر اساس محدودیت های بند ۱۳-۵-۴ مبحث سیزدهم باید فقط مصارف اضطراری از این تابلو تغذیه شوند. و در صورت مصارف ایمنی در تابلو برق اضطراری مانند پمپ آب آتش نشانی، باید حتما از دیزل ژنراتور استفاده نمود.

۲- در طراحی مولد نیروی برق اضطراری (در صورت نیاز پروژه) بر اسا بند ۱۹-۴-۴-۳ و بندپ۱۲-۱ باید ضریب کاهشی دمای هوای محیط نصب و همچنین ضریب کاهشی ارتفاع شهر محل نصب بر اساس کاتالوگ سازندگان مدنظر قرار گیرد.

۳- ۱-۸-آسانسورها و پلکان های برقی

آیا رده انرژی موتورهای بدون گیربکس وگیر بکس دار آسانسور و پلکان برقی مطابق جدول می باشد؟

محصول	شماره استاندارد ملی	رده انرژیEC	رده انرژی+EC	رده انرژی++EC
الکتروموتور(تک فاز و سه فاز)	۳۷۷۲-۳۰-۱-۱ ۳۷۷۲-۳۰-۱-۲ ۳۷۷۲-۳۰-۱-۳	C	B	A

۱-۹- طراحی برق ایمنی (UPS)

در صورت نیاز ساختمان به دستگاه های برق بدون وقفه (UPS) موارد زیر توسط طراح تکمیل گردد.

الف- مشخصات مصارف

ردیف	نام مصرف کننده (تابلو برق ایمنی)	نوع برق (تک فاز یا سه فاز)	توان بر حسب کیلووات	ضریب توان	ضریب همزمانی

ب) پارامترهای طراحی

ضریب توان کل تابلو			
توان نامی کل تابلو بر حسب کیلووات			
ضریب کاهش باردهی یو پی اس			
جریان مورد نیاز برای شارژ باتری های تابلو			
جریان معادل کل تابلو			
توان نامی محاسبه شده برای منبع برق ایمنی بر حسب کیلو ولت آمپر			
حداقل راندمان دستگاه UPS بر اساس جدول ۱۹-۵-۳۳	EC □ ۰,۹۰	EC+ □ ۰,۹۱	EC++ □ ۰,۹۳
نوع UPS بکاررفته	□ ۱→۱	□۳→۳	□۳→۱
	LINE INTERACTIVE□		STANDBY□
	DOUBLE CONVERSION□		
راندمان دستگاه UPS طراحی شده			

آیا به عوامل موثربر افزایش راندمان انواع دستگاه برق بدون وقفه توجه شود.

استاتیک	دینامیک
مصرف برق مورد نیاز برای تهویه	خنک کردن موتور نیروی محرکه
تخلیه هوای لازم برای کاهش دمای محیط	خنک کردن موتور راه انداز
تخلیه هوای لازم اتاق باطری	خنک کردن ژنراتور برق

۵- سیستم ها برپایه انرژی های تجدید پذیر

در صورت وجود الزام تولید برق بر اساس انرژی های تجدید پذیر (خورشیدی، بادی،CHP و یا CCHP) مشخصات و جزئیات طراحی در این قسمت اضافه شود.

میزان انرژی سالیانه سیستم بر پایه انرژی های تجدید پذیر مطابق جدول ۱۹-۵-۳۷ باشد.

میزان انرژی تامین شده طرح (واحد)	میزان انرژی سالیانه قابل تامین در آینده (واحد)	میزان انرژی اعم از برق، حرارت و ...	نوع تجهیز	مشخصات فنی	متراژ محل نصب	توضیحات تکمیلی

در صورت عدم امکان تامین مقادیر تعیین شده در جدول ۱۹-۵-۳۷ لازم است یکی از اقدامات زیر صورت گیرد :

۱- برای ساختمان های با رده انرژی EC مقدار مقاومت حرارتی بام از جدول ۱۹-۵-۳۸ به جای بخش ۱۹-۵-۲ استفاده شده است که میزان آن برابر .....

۲- به جای نصب سیستم بر پایه انرژی های تجدید پذیر، از سایر سیستم های تولید همزمان (CCHP و CHP) استفاده شده است که مشخصات به شرح زیر می باشد:

نوع تجهیز	میزان توان/ظرفیت بار الکتریکی (واحد)	میزان توان / ظرفیت بار حرارتی و برودتی (واحد)	متراژ محل نصب	شرکت سازنده	مشخصات فنی	توضیحات تکمیلی
امکان تامین مقادیر حداقل انرژی های تجدید پذیر فراهم نمی باشد و دلایل فنی و توجیهی آن شامل موارد ذکر شده در ستون مقابل می باشد						

- ✓ فضای اختصاص جهت استقرار سامانه انرژی های تجدید پذیر در طراحی ساختمان لحاظ شده است؟
- ✓ مسیرهای نصب و راه اندازی مدارهای آتی سیستم های تجدید پذیردر نظر گرفته شده است؟
- ✓ زیر ساخت های مرتبط در نقشه و مشخصات فنی لحاظ شده است؟

میزان انرژی سالیانه قابل تامین در آینده توسط سامانه های بر پایه انرژی های تجدید پذیر در طرح در نقشه و مشخصات تاسیسات الکتریکی مشخص گردیده است؟ بله ☐ خیر ☐

آیا حداقل میزان انرژی سالیانه تامین شده توسط سامانه های تجدید پذیر (کیلو وات ساعت بر متر مربع بام) مطابق جدول زیر تامین گردیده است؟

حداقل انرژی سالیانه توسط سامانه تجدید پذیر (کیلو وات ساعت بر متر مربع بام)	
یک طبقه	بیش ازیک طبقه
۱۴	۲۲,۴

درصورت عدم امکان استقرار سیستم های انرژی تجدید پذیر در شناسنامه انرژی ساختمان دلایل عدم احراز قید گردد.

در صورت عدم امکان استقرار سیستم های انرژی تجدید پذیر کدامیک از روش های زیرجهت تامین حداقل انرژی سالیانه توسط سامانه تجدیدپذیر بکار گرفته شده است؟

مقاومت حرارتی افزایش یافته ☐ فناوری های دیگر، نظیرسیستم های تولید همزمان ☐

فهرست منابع

۱. دستورالعمل‌های شرکت توزیع برق

۲. استاندارد انشعاب شبکه توزیع جلد اول مبانی استاندارد انشعابات و جداول کاربردی

۳. آیین‌نامه تکمیلی تعرفه‌های برق شرکت توزیع برق

۴. استاندارد ۱-۶۰۴۳۹IEC

۵. دستورالعمل (۱۸) تعیین آمپراژ کنتور واحدهای مسکونی، اداری، تجاری و مصارف عمومی مجموعه‌های شرکت توزیع برق

۶. The art of electronics/Paul Horowitz-Winfield Hill

۷. مبحث ۱۳

۸. a literature Review on design and development of Industrial lencer/ patel praful m gujjon sulasik, India

۹. راهنمای جامع حمل، جابجایی، نصب و راه‌اندازی دیزل ژنراتور/ ترجمه و تألیف: مهرداد مظفر نجفی، سید محمد مجرد، محمد رحمانیان عقدا

۱۰. استاندارد B۵۷۶۷

۱۱. نشریه ۱۱۰ / سازمان مدیریت برنامه و بودجه

۱۲. همه چیز در مورد UPS / مؤلف محمدعلی محمدی

۱۳. کاتالوگ UPS

۱۴. کتاب جبران‌سازی توان راکتیو / مؤلفان: ولفانگ هوفان، یورگن، شلباخ

۱۵. کاتالوگ رگولاتور بانک خازنی فراکو/ اشنایدر

۱۶. هارمونیک‌های سیستم قدرت و طراحی سیستم‌های پسیو / نویسنده: جی سی وان/ مترجم: علیرضا صدیقی انارکی، محمدرسول جان نثار/ مؤلف: دکتر علی اصغر امینی
۱۷. مهندسی روشنایی / دکتر حسن کلهر
۱۸. تاسیسات الکتریکی در صنعت و ساختمان جلد دوم تابلو و مدارهای آن / مؤلف دکتر علی اصغر امینی
۱۹. Grid Integration of Solar Photovoltaic Systems / Jamil Majid, M Rizwan, Dwarkadas Pralhaddas Kothari
۲۰. Operating Principles, Technology and System Applications / Martin A. Green
۲۱. هفدهمین کنفرانس سراسری شبکه‌های توزیع نیروی برق / سال انتشار ۱۳۹۱ / جواد مدرسی، مسعود علی اکبری
۲۲. فصلنامه علمی و پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیای ایران سال ۱۶ شماره ۵۹ زمستان۱۳۹۷
۲۳. سازمان ملی استاندارد
۲۴. Circuit analysis,s-theory and practice/allan H.Robbins
۲۵. راهنمای جامع اینورتر و ساخت استارتر / شهروز بیگی، حسین باوند سوادکوهی
۲۶. HVAC water chilers and Costing towers -Herbert, w. staford III fundamentals, Application and Opration
۲۷. کنتور سازی ایران
۲۸. کاتالوگ Schneider electric
۲۹. کاتالوگ mag electric

سازمان نظام مهندسی
استان البرز

WWW.ALBORZ-NEZAM.IR

INFO@ALBORZ-NEZAM.IR